

PEMODELAN DAN OPTIMASI PROSES BIOFIKSASI KARBONDIOKSIDA PADA BIOGAS MENGGUNAKAN JAVA MOSS (*TAXIPHYLLUM BARBIERI*) DENGAN RESPONSE SURFACE METHODOLOGY

Muhammad Adiansyah, Yusuf Hendrawan dan Sumardi Hadi Sumarlan

Jurusan Keteknikaan Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian - Universitas Brawijaya
Jl. Veteran, Malang 65145

*Penulis Korespondensi, Email: m.adiansyah@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan dunia di sektor ekonomi, sosial, ilmu pengetahuan dan teknologi menuntut dunia beralih ke sumber energi yang ketersediaannya lebih melimpah dan bersifat terbarukan seperti biogas. Pada proses pembentukan biogas selain CH₄ (55-75%) terdapat gas lain yang terbentuk seperti karbondioksida (24-45%). Hal tersebut menyebabkan menurunnya nilai kalor biogas sehingga perlu dilakukan proses penghilangan karbondioksida salah satunya dengan biofiksasi yang umumnya menggunakan mikroalga. Namun mikroalga masih memiliki kelemahan yaitu siklus hidup yang relatif singkat dan memiliki resistensi terhadap karbondioksida relatif rendah. Oleh karena hal tersebut penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil pemurnian karbondioksida menggunakan *Java Moss* (*Taxiphyllum barbieri*) dan hasil optimasi dari proses biofiksasi tersebut menggunakan dua variabel intensitas cahaya ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) dan waktu penyinaran (jam/hari) dengan metode *Response Surface Methodology* (RSM) dengan bantuan perangkat lunak *Design Expert 9.0.6.2 trial version*. Hasil optimasi menunjukkan nilai intensitas cahaya terbaik adalah 50 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ sedangkan waktu penyinaran terbaik adalah 15,73 jam/hari dengan prediksi penurunan karbondioksida sebesar 9,898%. Hasil verifikasi menunjukkan penurunan karbondioksida sebesar 9,8% yang memiliki nilai simpangan sebesar 1%.

Kata kunci: *Activator agent*, Adsorben, Karbon aktif, Karbonisasi

Modelling and Optimization of Carbondioxide Biofixation Process in Biogas Using Java Moss (Taxiphyllum barbieri) by Response Surface Methodology

ABSTRACT

Due to the improvement in economic, social, science and technology, the world nowadays need to explore bio-based energy sources as the availability of them is more abundant and renewable, such as biogas. The process of biogas formation resulting in another gases beside CH₄ (55-75%), such as carbon dioxide (24-45%). It causes a decrease in caloric value of biogas. It is necessary to do a process of carbon dioxide removal. One of carbon dioxide removal process is a process called bio-fixation which generally uses microalgae as the biological agent. However microalgae relatively has a short life cycle and it has a low resistance to carbon dioxide. Therefore in this study, the results of carbon dioxide purification using Java Moss (*Taxiphyllum barbieri*) is done and the results was optimized using two variable: light intensity ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) and the exposure time (hours / day) with Response Surface Methodology (RSM) with the help of software Design Expert 9.0.6.2 trial version. Optimization results showed the best light intensity value was 50 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ while the best exposure time is 15,73 hours /

day with a predicted decrease in carbon dioxide by 9,898%. The verification results showed a decrease of 9,8% in carbon dioxide content which a standard deviation of 1%.

Key words: Bio-fixation, Biogas, CO₂, Java Moss, RSM

PENDAHULUAN

Perkembangan dunia di sektor ekonomi, sosial, ilmu pengetahuan dan teknologi menuntut upaya peningkatan penyediaan energi. Namun hal tersebut terkendala semakin menipisnya sumber Energi konvensional dunia yaitu minyak bumi, sehingga membuat dunia beralih ke energi yang ketersediaannya lebih melimpah dan bersifat terbarukan (renewable energy) seperti biogas. Biogas merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang berpotensi besar untuk dikembangkan dan dimanfaatkan di Indonesia. Hal tersebut dikarenakan pembangunan teknologi biogas yang relatif lebih mudah, murah dan ramah lingkungan serta bahan utama pembuatan biogas sangat melimpah ketersediaannya di Indonesia. Biogas merupakan gas yang dihasilkan oleh aktivitas atau fermentasi dari bahan-bahan organik dalam kondisi anaerobik. Kandungan utama dalam biogas adalah gas metana (CH₄) sebesar 55-75% dan karbondioksida (CO₂) sebesar 24-45% (Abdurachman dkk, 2013). Biogas memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, yaitu antara 4800-6700 kkal/m³. Gas metana murni mempunyai nilai kalor 8900 kkal/m³. Biogas dengan volume 28,32 m³ memiliki nilai pembakaran yang sama dengan 3,785 liter butana atau 5,2 galon *gasoline* dan sebanding dengan 4,6 galon minyak diesel (Widodo dkk, 2005). Terdapat selisih yang cukup besar antara nilai kalor biogas dengan metana murni. Hal tersebut yang menjadi alasan utama dilakukan penghilangan kandungan selain metana dalam biogas khususnya karbondioksida yang merupakan gas paling tinggi persentasenya setelah metana.

Ada beberapa metode yang telah dikembangkan untuk pemurnian biogas dari karbondioksida, diantaranya adalah absorpsi kimia, absorpsi fisik, cryogenic, pemurnian menggunakan membran dan fiksasi CO₂ dengan metode kimia dan biologi (Nadliriyah dan Triwikantoro, 2014). Jika dibandingkan dengan teknologi pemurnian biogas yang ada, maka teknologi yang relatif lebih murah biayanya adalah dengan metode biofiksasi, yang umumnya menggunakan mikroalga. Siklus hidup mikroalga yang relatif singkat menyebabkan kebutuhan akan karbondioksida menjadi cukup tinggi (Kurniawan dan Gunarto, 1999). Namun, siklus hidup mikroalga yang relatif singkat juga menjadi kelemahan karena proses kultivasi harus terus dilakukan tiap jangka waktu tertentu. Setiap jenis mikroalga memiliki kemampuan fotosintesis yang berbeda-beda, khususnya kemampuan dan toleransi dalam menyerap karbondioksida. *Chlorella vulgaris* dan *Chlamydomonas* sp. memiliki toleransi terhadap karbondioksida sebesar 15% (v/v) sedangkan *Spirulina* sp. hanya 12% (v/v) (Ono dan Cuello, 2004). Hal tersebut tentu saja akan mengurangi efisiensi proses pemurnian karena biogas diproduksi terus-menerus dalam digester. Hal tersebut menjadi kendala karena produksi biogas terjadi sepanjang waktu sehingga diperlukan alternatif lain yang mudah proses persiapannya dan perlakuannya serta memiliki waktu hidup yang relatif panjang namun kualitas hasil biofiksasi CO₂ tidak kalah baik dengan menggunakan mikroalga. *Java Moss* (*Taxiphyllum barbieri*) dapat digunakan sebagai agen fiksasi CO₂ pada biogas. *Java moss* merupakan tumbuhan yang terkenal sangat toleran terhadap kondisi air, baik pada temperatur maupun terhadap keberadaan bahan kimia dalam air. *Java moss* dapat hidup tanpa pupuk, tanpa cahaya dan CO₂ tambahan serta dapat hidup hingga temperatur 30°C (Glime, 2012).



Gambar 1. *Java Moss* (*Taxiphyllum barbieri*) (Glime, 2012)

Pada penelitian Nurdiansyah (2012) menunjukkan bahwa *Java moss* sebanyak 150,23 gram dapat menurunkan kandungan karbondioksida biogas dari 17,853% menjadi 2,71% dalam

waktu 8 hari. Penelitian pemurnian biogas dari CO₂ menggunakan metode biofiksasi tergantung oleh proses fotosintesis yang sangat dipengaruhi oleh keberadaan cahaya. Fotosintesis merupakan dua proses yang terdiri dari berbagai langkah. Kedua tahap fotosintesis tersebut adalah reaksi terang (bagian *foto* dari fotosintesis) dan siklus Calvin (bagian sintesis). Reaksi terang merupakan tahap fotosintesis yang mengubah energi matahari menjadi energi kimia (Campbell *et al*, 2002). Faktor utama yang mempengaruhi fotosintesis adalah keberadaan cahaya baik intensitas maupun lama paparan cahaya yang diterima tumbuhan. Hubungan antara intensitas cahaya dan kecepatan fotosintesis tidak berhubungan linier. Kondisi tersebut terjadi karena kecepatan hilangnya CO₂ - dalam proses respirasi lebih besar dibandingkan dengan kecepatan penambahan CO₂ dalam proses fotosintesis. Apabila intensitas cahaya terus ditingkatkan maka suatu saat akan dicapai keseimbangan antara hilangnya CO₂ pada respirasi dan CO₂ yang ditambah pada proses fotosintesis yang biasa disebut dengan titik kompensasi (*Compensation Point*). Intensitas cahaya yang terus meningkat akan menyebabkan kecepatan fotosintesis menurun sampai pada titik saturasi (*Saturation Point*) dimana pada titik ini peningkatan intensitas cahaya hanya menghasilkan sedikit atau tidak ada peningkatan CO₂ yang ditambah. (Kimmins, 1987 dalam Utomo, 2007). Pengaruh pencahayaan pada kemampuan produksi biomassa berikut fiksasi CO₂ dari organisme fotosintesa bergantung pada kualitas cahaya, dalam hal ini adalah intensitas cahaya dan berapa lama waktu pencahayaan hariannya. Terdapat beberapa teknik pencahayaan. Ditinjau dari sumber cahayanya, terdapat teknik pencahayaan alami (sinar matahari) dan buatan/artifisial (sinar lampu). Teknik pencahayaan buatan menggunakan lampu atau led berdasarkan kontinuitas intensitas cahaya yang diberikan maka terbagi menjadi pencahayaan intensitas tetap, pencahayaan alterasi dan pencahayaan fotoperiodisitas (terang-gelap). Pencahayaan terang-gelap (fotoperiodisitas) merupakan teknik pencahayaan yang mengakomodasi kondisi nyata di lapangan atau alam (Dianursanti, 2012). Oleh karena hal tersebut penelitian ini menggunakan intensitas cahaya dan lama waktu penyinaran.

Guna mencari model terbaik dan hasil optimum proses biofiksasi. Metode yang digunakan dalam pemodelan dan optimasi adalah dengan metode permukaan respon (Response Surface Methodology). Metode permukaan respon (*Response Surface Methodology*-RSM) merupakan sekumpulan teknik matematika dan statistika yang berfungsi untuk menganalisis permasalahan dengan tujuan mengoptimalkan respon yang dipengaruhi variabel-variabel independen. Metode RSM berdasar pada pemanfaatan desain eksperimen dengan bantuan statistika untuk mencari nilai optimal dari suatu respon (Nuryanti dan Salimy, 2008). Desain yang digunakan adalah *Central Composite Design* (CCD) yang merupakan desain paling umum. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil biofiksasi CO₂ pada biogas menggunakan Java Moss dengan model dari *Response Surface Methodology* (RSM) serta mengetahui hasil optimasi dari proses biofiksasi CO₂ pada biogas menggunakan Java Moss dengan *Response Surface Methodology* (RSM).

METODE PENELITIAN

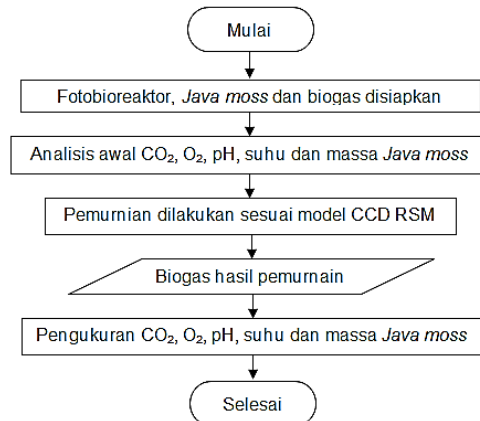
Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu sebuah sistem fotobioreaktor berdimensi 70x14x14 cm (**Gambar 4**), ban dalam mobil sebagai penampung biogas ukuran 5.50/6.0-13 merk KRC, lampu LED Visalux 30 watt, quantum meter merk Apogee tipe LQM50-6, *gas analyzer* merk Hanatech tipe IM2400, pH meter merk ATC, manometer 16 kPa merk Teenwin, termometer dan *software* Design Expert 9.0.6.2 *trial version* (DX9). Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu biogas yang diperoleh dari Desa Argosari, Jabung Malang. *Java moss* (*Taxiphyllum barbieri*), silika gel, pupuk cair makro merk Aqua Segar Macro plus.

Metode Penelitian

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini menggunakan *Central Composite Design* (CCD) yang ada di dalam *software Design Expert 9.0.6.2 trial version*. Variabel pada rancangan ini adalah intensitas cahaya (X_1 , $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) dan waktu penyinaran (X_2 , jam/hari) sedangkan respon yang dicari nilainya adalah besar penurunan CO_2 (Y , %v/v). Intensitas cahaya dan waktu penyinaran yang digunakan didasarkan pada penelitian pendahuluan yang dilakukan yang menghasilkan nilai $75 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ dan 16 jam/hari sebagai nilai terbaik. Hasil perancangan adalah 13 perlakuan yang selanjutnya dilakukan penelitian skala laboratorium. Berikut adalah diagram alir pelaksanaan penelitian.



Gambar 2. Diagram alir pelaksanaan penelitian

Setelah didapatkan hasil penelitian skala laboratorium, dilakukan optimasi dengan RSM hingga didapatkan nilai intensitas dan waktu penyinaran optimum. Tahap akhir adalah melakukan verifikasi hasil prediksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) dengan *Central Composite Design* (CCD) (**Tabel 1**) memiliki beberapa model statistik untuk menganalisis data hasil penelitian. Model statistik tersebut diantaranya adalah model linier dengan bentuk persamaan $y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2$, model interaksi dua faktor (2FI) dengan bentuk persamaan $y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_1x_2$, model kuadratik dengan bentuk persamaan $y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_1^2 + \beta_4x_2^2 + \beta_5x_1x_2$, dan model kubik. Kelima model tersebut dipilih yang paling sesuai dengan respon optimum berdasarkan dari *Sequential Model Sum of Squares*, *Lack of Fit Test* dan *Model Summary Statistic*.

Pemilihan model berdasarkan *Sequential Model Sum of Squares* (**Tabel 2**) menghasilkan model kuadratik sebagai model yang disarankan oleh *software DX9* dengan tercantum keterangan *suggested* pada tabel. Pemilihan model selanjutnya berdasarkan uji ketidaktepatan (*Lack of Fit Tests*). Model yang dianggap tepat adalah model dengan nilai P lebih besar dari 5% (0.05) yang menunjukkan ketidaktepatan model bersifat tidak nyata (Gaspersz, 1992). Hasil uji ketidaktepatan (**Tabel 3**) menghasilkan model kuadratik yang memiliki nilai p sebesar 19.95% (0.1995) sebagai model yang disarankan *software DX9*. Model kubik terpilih menjadi model yang tidak disarankan oleh *software DX9* dengan adanya keterangan *aliased* karena model kubik tidak mendukung untuk rancangan yang menggunakan 2 variabel. Metode terakhir pemilihan model adalah berdasarkan *Model Summary Statistic*. Penentuan model yang sesuai berdasarkan nilai standar deviasi dan nilai R^2 yang paling maksimal (Montgomery, 2001). Parameter yang digunakan dalam memilih model yang tepat adalah standar deviasi terendah, *R-square* tertinggi, *Adjusted R-square* tertinggi, *Predicted R-square* tertinggi dan PRESS terendah (Estiasih, 2013). Hasilnya (**Tabel 4**) adalah model kuadratik terpilih menjadi model yang paling sesuai dengan nilai standar deviasi 1.59, R^2 0.4611, *Adjusted R^2* 0.0761, *Predicted R^2* -1.7895 dan nilai PRESS 91.94.

Model kuadratik yang telah terpilih kemudian dianalisis menggunakan ANOVA. Berdasarkan hasil ANOVA (**Tabel 5**) diketahui bahwa model tidak signifikan dengan nilai F

sebesar 1.20 dan nilai P sebesar 0.3987 yang menunjukkan bahwa terdapat peluang sebesar 39.87% nilai F tersebut terjadi karena *noise*. Intensitas cahaya (A) dan waktu penyinaran juga tidak signifikan terhadap respon dengan nilai P masing-masing 0.8425 dan 0.7635. Interaksi dua faktor (AB), intensitas cahaya kuadrat (A²) dan lama waktu penyinaran (B²) juga memiliki nilai P lebih besar dari 5% (0.05) yaitu masing-masing 0.6888, 0.2740 dan 0.1003 yang menunjukkan bahwa ketiga variabel tersebut tidak signifikan terhadap respon. Namun pada tabel 4.5 menunjukkan bahwa ketidaktepatan (*Lack of Fit*) model tidak nyata yang ditunjukkan dengan nilai P sebesar 0.1995 (19.9%) yang menunjukkan di sisi lain bahwa model signifikan terhadap variabel-variabel yang diberikan. Sehingga model kuadratik merupakan model yang paling sesuai yang disarankan oleh *software* DX9.

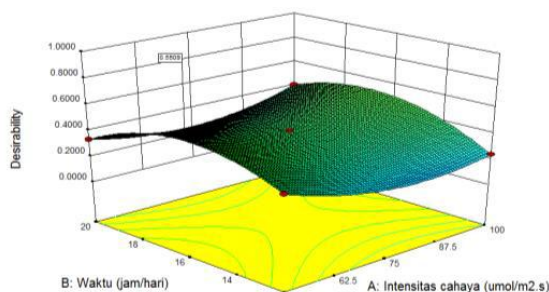
Dari analisis DX9 didapat persamaan polinomial model orde kedua dalam bentuk variabel kode dan variabel sebenarnya. Persamaan dalam bentuk variabel kode yaitu:

$$Y_{CO_2} = 9.06 - 0.12X_1 + 0.18X_2 + 0.33X_1X_2 + 0.72X_1^2 - 1.14X_2^2$$

Sedangkan persamaan polinomial ordo kedua bentuk variabel sebenarnya (*actual*) yaitu:

$$Y_{CO_2} = 0.85552 - 0.22990X_1 + 2.08092X_2 + 3.32500E-003X_1X_2 + 1.14700E-003X_1^2 - 0.071445X_2^2$$

Optimasi respon penurunan kadar CO₂ dilakukan untuk menentukan nilai perlakuan yang terbaik dalam menghasilkan nilai respon optimum. Nilai optimum dari kedua variabel dapat ditentukan melalui kurva permukaan respon pada **Gambar 2** yang menunjukkan titik optimum variabel intensitas cahaya dan lama waktu penyinaran. Hasil optimasi didapatkan nilai intensitas cahaya (A) optimum adalah 50 µmol/m²s dan waktu penyinaran optimum adalah 15.73 jam/hari serta respon penurunan karbondioksida yang didapat sebesar 9.898%. Nilai *desirability* digunakan untuk menentukan ketepatan hasil solusi optimal dengan kisaran nilai 0 sampai 1 dimana 1 menunjukkan bahwa respon *perfect case* sedangkan 0 menunjukkan respon harus dibuang (Laluce *et al.*, 2009). Nilai *desirability* sebesar 0.551 yang menunjukkan ketepatan respon sebesar 55.1%.

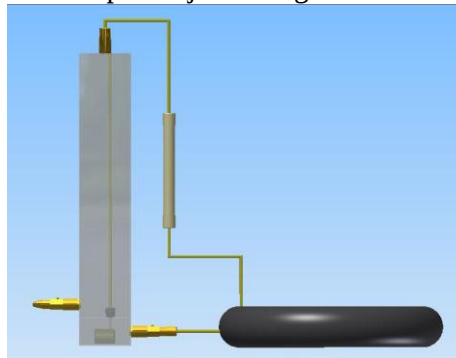


Gambar 3. Grafik 3D Interaksi Variabel Bebas terhadap Respon

Verifikasi model optimum dari DX9 diperlukan untuk menguji keakuratan model dalam menggambarkan kondisi empiris. Verifikasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil prediksi dengan hasil penelitian. Perbandingan hasil penelitian dan prediksi (**Tabel 6**) menunjukkan hasil verifikasi sebesar 9.8% berada dibawah nilai prediksi sebesar 9.898%. Nilai penurunan karbondioksida yang didapatkan dari hasil penelitian memiliki simpangan sebesar 1% Perbedaan hasil prediksi dan hasil penelitian (aktual) dapat terjadi karena hal-hal teknis saat penelitian namun perbedaan yang terjadi sangat kecil sekali.

Hasil optimasi biofiksasi karbondioksida pada biogas menggunakan *Java Moss* dengan hasil optimum biofiksasi sebesar 9.8% sudah cukup baik jika dibandingkan dengan penelitian pemurnian biogas dengan metode biofiksasi yang sama dan telah membuktikan hipotesis bahwa *java moss* dapat menyerap kandungan karbondioksida pada biogas. Namun, hasil penelitian ini masih belum bisa untuk diterapkan dan diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mencapai hasil yang diharapkan hingga bisa diterapkan.

Pada penelitian yang telah dilakukan Yuliandri dkk (2013) mengenai biofiksasi karbondioksida pada biogas selama 7 hari menggunakan *Spirulina sp* dengan variabel laju aliran dan komposisi gas menghasilkan penyerapan karbondioksida terbaik sebesar 0.47% pada laju aliran 0.5 L/menit dan komposisi gas karbondioksida 30%. Terjadi penurunan jumlah biomassa *Spirulina sp* pada laju aliran 1-1.5 L/menit dan komposisi karbondioksida 35- 40% dikarenakan karbondioksida pada persentase tersebut bersifat racun bagi *Spirulina sp*. Penelitian Abdurrachman dkk (2013) mengenai biofiksasi karbondioksida pada biogas menggunakan *Chlorella vulgaris*, *Chlamydomonas sp* dan *Spirulina sp* selama 7 hari juga menghasilkan persentase penyerapan karbondioksida yang tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian ini. Variabel yang digunakan adalah jenis mikroalga dan laju aliran biogas. Hasil penelitian menunjukkan laju aliran terbaik adalah 20 mL/menit dan mikroalga terbaik adalah *Spirulina sp* dengan penyerapan karbondioksida sebesar 8.91%. Penelitian Abdurrachman dkk (2013) ini juga mengalami masalah yang sama yaitu resistensi mikroalga terhadap karbondioksida yang rendah menyebabkan penelitian tidak dapat berjalan dengan baik.



Gambar 4. Gambar Alat Tampak samping keseluruhan sistem pemurnian biogas

Tabel 1. Data Hasil Penelitian pada Program *Design Expert DX 9.0.6*

No	Variabel Kode		Variabel Sebenarnya		Respon
	X ₁	X ₂	Intensitas Cahaya ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	Waktu Penyinaran (jam/hari)	CO ₂ (%)
1	-1	-1	50	12	7.66
2	1	-1	100	12	8.97
3	-1	1	50	20	6.83
4	1	1	100	20	9.47
5	-1.414	0	39.7	16	12.62
6	1.414	0	110.4	16	9.17
7	0	-1.414	75	10.3	6.56
8	0	1.414	75	21.7	7.79
9	0	0	75	16	9.40
10	0	0	75	16	10.31
11	0	0	75	16	7.25
12	0	0	75	16	8.39
13	0	0	75	16	9.95

Tabel 2. Pemilihan Model Berdasarkan *Sequential Model Sum of Squares*

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Mean Kuadrat	F Hitung	Nilai P Prob>F	Keterangan
Mean vs Total	1006.19	1	1006.19			<i>Suggested</i>
Linear vs Mean	0.36	2	0.18	0.055	0.9471	
2FI vs Linear	0.44	1	0.44	0.12	0.7331	
Quadratic vs 2FI	14.40	2	7.20	2.84	0.1252	<i>Suggested</i>
Cubics vs Quadratic	10.28	2	5.14	3.43	0.1152	<i>Aliased</i>
Residual	7.48	5	1.50			
Total	1039.15	13	79.93			

Tabel 3 Pemilihan Model Berdasarkan *Lack of Fit Tests*

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Mean Kuadrat	F Hitung	Nilai P Prob>F	Keterangan
Linear	26.41	6	4.40	2.84	0.1657	
2FI	25.96	5	5.19	3.35	0.1322	
Quadratic	11.57	3	3.86	2.49	0.1995	<i>Suggested</i>
Cubic	1.29	1	1.29	0.83	0.4134	<i>Aliased</i>
Pure Error	6.20	4	1.55			

Tabel 4 Pemilihan Model Berdasarkan Uraian Ringkasan Model secara Statistik

Sumber Keragaman	Standart Deviasi	R ²	Akar R ²	Prediksi R ²	PRESS	Keterangan
Linear	1.81	0.0108	0.1870	-0.9784	65.20	
2FI	1.89	0.0242	-3010	-1.6068	85.92	
Quadratic	1.59	0.4611	0.0761	-1.7895	91.94	<i>Suggested</i>
Cubic	1.22	0.7729	0.4551	-1.7948	92.11	<i>Aliased</i>

Tabel 5 Hasil Analisis ANOVA Respon Biofiksasi Karbondioksida

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Mean Kuadrat	F Hitung	Nilai P Prob>F	Keterangan
Model	15.20	5	3.04	1.20	0.3987	<i>not significant</i>
A-Intensitas Cahaya	0.11	1	0.11	0.043	0.8425	
B-Waktu Penyinaran	0.25	1	0.25	0.098	0.7635	
AB	0.44	1	0.44	0.17	0.6888	
A ²	3.58	1	3.58	1.41	0.2740	
B ²	9.09	1	9.09	3.58	0.1003	
Residual	17.76	7	2.54			
Lack of Fit	11.57	3	3.86	2.49	0.1995	<i>not significant</i>
Pure Error	6.20	4	1.55			
Cor Total	32.96	12				
Std. Dev.	1.59			R-square	0.4611	
Mean	8.80			Adj R-square	0.0761	
C.V. %	18.11			Pred R-square	-1.7895	
PRESS	91.94			Adeq Precision	3.819	

Tabel 6. Hasil Verifikasi Prediksi Model dari DX9

Variabel	Nilai Optimum DX9	Penurunan CO ₂ (%)	
		Prediksi	Aktual
Intensitas Cahaya (μmol/m ² s)	50		
Waktu Penyinaran (Jam/Hari)	15.73	9.898	9.800

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapatkan kesimpulan yaitu hasil dari proses biofiksasi karbondioksida pada biogas menggunakan *Java Moss* menghasilkan respon yang bersifat kuadrat dengan persamaan: $Y_{\text{penurunan CO}_2} = 9.06 - 0.12X_1 + 0.18X_2 + 0.33X_1X_2 + 0.72X_1^2 - 1.14X_2^2$ Dimana Y merupakan respon penurunan CO₂ (%v/v), X₁ merupakan intensitas cahaya (μmol/m²s) dan X₂ merupakan waktu penyinaran (jam/hari). Hasil optimasi proses biofiksasi karbondioksida dengan RSM menghasilkan nilai intensitas cahaya terbaik sebesar 50 μmol/m²s dan lama waktu penyinaran sebesar 15.73 jam/hari dengan hasil prediksi respon sebesar 9.898% penurunan kadar karbondioksida. Dari hasil verifikasi didapatkan nilai respon sebesar 9.8% dari selisih kadar karbondioksida awal sebesar 32.11% dengan kadar

karbondioksida akhir sebesar 22.97% yang memiliki simpangan sebesar 1% dari hasil prediksi *software Design Expert 9.0.6.2*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrachman, O, Mutiara, M, dan Buchori, L. 2013. **Pengikatan Karbondioksida dengan Mikroalga (*Chlorella vulgaris*, *Chlamydomonas* sp., *Spirulina* sp.) dalam Upaya untuk Meningkatkan Kemurnian Biogas**. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Campbell, Neil A., Reece, Jane B, dan Mitchell, L.G. 2002. **Biologi Edisi Kelima Jilid 1**. Erlangga. Jakarta. Hal. 185-196.
- Dianursanti. 2012. **Pengembangan Sistem Produksi Biomassa *Chlorella vulgaris* dalam Reaktor Plat Datar melalui Optimasi Pencacayaan Menggunakan Teknik Filtrasi pada Aliran Kultur Media**. Disertasi Doktor. Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok.
- Estiasih, Teti, K. Ahmadi, E. Ginting, dan D. Kuniawati. 2013. **Opimasi Rendemen Ekstraksi Lesitin dari Minyak Kedelai Varietas Anjasmoro dengan *Water Degumming***. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan. Vol. 24, No. 1. Halaman 97-104.
- Gaspersz, V. 1992. **Analisis Sistem Terapan: Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri**. Penerbit Tarsito. Bandung.
- Glime, JM. 2012. **Bryophyte Ecology Volume 1**. Michigan Technological University.
- Kimmins, J.P. 1987. **Forrest Ecology**. Macmillan Publishing Company. New York.
- Kurniawan, H., dan Gunarto, L. 1999. **Aspek Industri Sistem Kultivasi Sel Mikroalga Imobil**. *Journal of Science and Technology*. Volume (19):388.
- Laluce, C., Tognolli, J.O., Oliveria, K.F.D., Souza, C.S., dan Morais, M.R. 2009. **Optimization of Temperature Sugar Concentration and Inoculum Size to Maximize Ethanol Production without Significant Decrease in Yeast Cell Viability**. *Applied Microbiology and Biotechnology* 83: 627-637
- Montgomery, D.C. 2001. **Design and Analytical of Experiment 5th Edition**. John Willey and Sons. New York.
- Nadliriyah, Naqibat dan Triwikantoro. 2014. **Pemurnian Produk Biogas dengan Metode Absorpsi Menggunakan Larutan Ca(OH)_2** . Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Nurdiansyah, Agil S. 2012. **Teknologi Penyerapan Karbondioksida dalam Kandungan Biogas pada Fotobioreaktor dengan Fitoplankton *Chlorella* sp.** Universitas Brawijaya. Malang.
- Nuryanti dan Salimy, DH. 2008. **Metode Permukaan Respon dan Aplikasinya pada Optimasi Eksperimen Kimia**. Pusat Pengembangan Nuklir. Batan.
- Ono, E, Cuello, JL. 2004. **Design Parameter of Solar Concentrating System for CO_2 -Mitigating Algal Photobioreactors**. *Energy Int. J.* 29, 1651-1657.
- Utomo, Budi. 2007. **Fotosintesis pada Tumbuhan**. Karya Ilmiah. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Widodo, TW, Anna, N, A. Asari, R. Elita., dan U, Astu. 2005. **Pengembangan Teknologi Biogas untuk Memenuhi Kebutuhan Energi di Pedesaan**.
- Yuliandri, F, YD, Utama., dan L. Buchori. 2013. **Biofiksasi CO_2 oleh Mikroalga *Spirulina* sp dalam Upaya Pemurnian Biogas**. Universitas Diponegoro. Semarang.