

# Rekayasa Fotosintesis Alga *Scenedesmus sp.* dengan Variasi Metode Penyinaran untuk Peningkatan Produksi Gas Hidrogen

Kiki Rezki Lestari<sup>1</sup>, Ucuk Darusalam<sup>1</sup>, Fitria Hidayanti<sup>1</sup>

email: kikirezkiestari@gmail.com

<sup>1</sup>Program Studi Fisika Teknik, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional, Jakarta 12520

ucuk.darusalam@gmail.com, fitriahidayanti@gmail.com, kikirezkiestari@gmail.com

**ABSTRAK.** Pada penelitian ini menggunakan alga *Scenedesmus Sp.* dengan merekayasa proses fotosintesis yang terjadi. Penelitian berlangsung selama tiga bulan dari bulan Nopember 2012 sampai Januari 2013 yang berlokasi di ruang gelap dan atap genteng laboratorium teknik fisika, Universitas Nasional. Penelitian ini menggunakan tiga metode penyinaran berbeda dan untuk setiap metode dilakukan dua kali percobaan. Dengan menjaga range densitas sebesar  $16,7 \times 10^6 - 3,2 \times 10^{10}$  dan menjadikan waktu gelap menjadi variabel tetap yaitu 24 jam dapat mengoptimalkan produksi hidrogen sampai 32,0305 mL jumlah ini didapat pada metode pencahayaan matahari dari total volume alga sebesar 5200 mL.

**Kata kunci:** algae, hydrogen, photosynthesis, scenedesmus sp

## PENDAHULUAN

Krisis energi yang sedang melanda dunia saat ini, merupakan masalah yang harus segera ditanggulangi. Eksploitasi secara terus - menerus terhadap bahan bakar fosil yang merupakan energi yang tidak dapat diperbaharui (unrenewable energy) dari dalam perut bumi untuk konsumsi industri, transportasi, dan rumah tangga mengakibatkan keberadaannya di alam semakin menipis.

Sebuah aplikasi masa depan yang penting hidrogen bisa sebagai alternatif untuk bahan bakar fosil, setelah deposit minyak habis. Aplikasi ini namun tergantung pada pengembangan teknik penyimpanan untuk mengaktifkan penyimpanan yang tepat, distribusi dan pembakaran hidrogen. Jika biaya produksi hidrogen, distribusi, dan pengguna akhir teknologi berkurang, hidrogen sebagai bahan bakar bisa memasuki pasar pada tahun 2020 [1].

Mikroalga merupakan sumber bahan bakar bio yang menjanjikan. Di samping mudah untuk dikulturkan, juga mudah untuk dipelihara. Bahkan beberapa varietas diduga kaya dengan minyak yang mirip dengan minyak kedelai. Mikroalga tidak hanya menghasilkan minyak, hidrogen pun bisa diproduksi olehnya. Secara alami, mikroalga memproduksi hidrogen selama proses fotosintesis.

## LANDASAN TEORI

Gas hidrogen adalah gas yang mudah terbakar. Gas hidrogen bersifat eksplosif jika membentuk campuran dengan udara dengan perbandingan volume 4%-75% dan dengan klorin dengan perbandingan volume 5%-95%. Disebabkan gas hidrogen sangat ringan maka api yang disebabkan pembakaran gas hidrogen cenderung bergerak ke atas dengan cepat sehingga mengakibatkan kerusakan yang sangat sedikit jika dibandingkan dengan api yang berasal dari pembakaran hidrokarbon.

Hidrogen adalah unsur ketiga yang paling banyak terdapat di bumi yaitu kadar hidrogen di bumi adalah 1400 ppm (0,14% berat) atau 2,9% mol. Keunggulan lain dari hidrogen adalah jumlahnya di alam ini sangat melimpah, 93% dari seluruh atom yang ada di jagat raya ini adalah hidrogen, unsur yang paling sederhana dari semua unsur yang ada di alam ini.

Hidrogen adalah energi turunan (Sekunder) sebagaimana halnya listrik yang tidak bisa didapat langsung dari alam, melainkan harus diproduksi dengan menggunakan sumber energi lain seperti gas alam, minyak, batu bara, nuklir, energi matahari dan berbagai sumber energi lainnya.

Di mata Anastasios Melis, seorang profesor tumbuhan dan biologi mikroba, alga jika direkayasa secara genetik akan menjadi sumber hidrogen yang lebih produktif [2]. Para peneliti merekayasa gen yang berfungsi untuk mengendalikan jumlah klorofil di dalam kloroplas, organ sel yang menjadi pusat fotosintesa. Setiap kloroplas biasanya mempunyai 600 molekul klorofil. Sejauh ini, para peneliti berhasil mengurangi jumlah klorofil tersebut menjadi setengahnya. Mereka berencana mengurangi jumlah tersebut lebih banyak lagi, menjadi sekitar 130 molekul klorofil. 'Pada jumlah tersebut, algae yang dikulturkan di dalam sebuah bioreaktor besar akan menghasilkan hidrogen tiga kali lebih banyak dibandingkan dari yang diproduksi sekarang,' ujar Melis [3].

Sementara, para peneliti di National Renewable Energy Laboratory (NREL) sedang membuat kemajuan dalam meningkatkan efisiensi produksi hidrogen. Mereka berhasil memaksa algae tersebut untuk menghasilkan hidrogen selama 3 bulan. Seibert berharap algae yang direkayasa tersebut akan bermanfaat jika proses dialihkan menjadi bioreaktor skala besar [3].

Penelitian yang dilakukan oleh Hans Gaffron dan Jack Rubin pada tahun 1942 yang menemukan bahwa pada alga *Scenedesmus Obliquus* pada keadaan anaerobic dapat menghasilkan H<sub>2</sub> pada proses fotosintesisnya [4]. Anja Hemschemeler beserta temannya juga melakukan penelitian dalam jurnalnya "Hydrogen production by *Chlamydomonas reinhardtii* : an elaborate interplay of electron sources and sinks". Dari penelitiannya diperoleh hasil sebesar 40% mol H<sub>2</sub> dengan waktu inkubasi 96 jam dengan mengurangi sulfur dan kepadatan maksimum alga sebesar 27<sup>u</sup> g Chl/mL [5].

Federico Rossi beserta temannya juga melakukan penelitian dalam jurnalnya "Hydrogen Production From Biological Systems Under Different Illumination Condition : Photobioreactor Proposal". Dengan menggunakan metode pencahayaan buatan yang berbeda kondisi dengan alga hijau *Chlamydomonas R.* Dari penelitiannya diperoleh hasil maksimal sebesar 177 mmol selama 20 hari dengan media TAP-S menggunakan pencahayaan yang bersumber dari lampu xenon dengan daya 35 Watt. Dengan kepadatan alga sebesar 15 x 10<sup>6</sup> cell [6].

Ji Hye Jo beserta temannya juga melakukan penelitian dalam jurnalnya "Modeling and Optimization of Photosynthetic Hydrogen Gas Production by Green Alga *Chlamydomonas reinhardtii* in Sulfur-Deprived Circumstance". Dari penelitiannya diperoleh hasil maksimal sebesar 2,152 mL dengan komposisi media NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 8,00mM, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> 1,1mM, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 0,79mM pada TAP menggunakan pencahayaan yang bersumber dari lampu fluorescent dengan daya 20 Watt. Dengan kepadatan alga sebesar 6 x 10<sup>6</sup> cell/mL [7].

Biohydrogen didefinisikan sebagai hidrogen diproduksi secara biologis, paling sering dengan alga, bakteri dan archaea. Biohydrogen merupakan potensi biofuel diperoleh dari budidaya maupun dari bahan sampah organik. Pada akhir 1990-an profesor Anastasios Melis seorang peneliti di University of California di Berkeley menemukan bahwa jika media kultur alga kekurangan belerang akan beralih dari produksi oksigen (fotosintesis normal), untuk produksi hidrogen. Ia menemukan bahwa enzim yang bertanggung jawab untuk reaksi ini adalah hydrogenase, tetapi bahwa hydrogenase kehilangan fungsi ini di hadapan oksigen. Melis menemukan bahwa semakin menipis jumlah sulfur yang tersedia untuk ganggang terganggu aliran oksigen internal, memungkinkan hydrogenase suatu lingkungan di mana ia dapat bereaksi, menyebabkan ganggang untuk menghasilkan hidrogen. *Chlamydomonas moewusii* juga baik untuk produksi hidrogen.

Foto fermentasi mengacu pada metode fermentasi di mana cahaya diperlukan sebagai sumber energi. Fermentasi ini bergantung pada fotosintesis untuk mempertahankan tingkat energi sel. Fermentasi oleh fotosintesis dibandingkan dengan fermentasi lainnya memiliki keuntungan dari cahaya sebagai sumber energi pengganti gula. Gula biasanya tersedia dalam jumlah terbatas. Semua tanaman, alga dan beberapa bakteri mampu fotosintesis memanfaatkan cahaya sebagai sumber energi metabolik Cyanobacteria sering disebutkan mampu produksi hidrogen

dengan fotosintesis pemberian oksigen. Namun ungu non-sulfur (PNS) bakteri (misalnya genus *Rhodobacter*) menjanjikan signifikan untuk produksi hidrogen dengan fotosintesis anoxygenic dan foto-fermentasi. Penelitian telah menunjukkan bahwa *Rhodobacter sphaeroides* sangat mampu produksi hidrogen saat menyusu pada asam organik, mengkonsumsi 98% sampai 99% dari asam organik selama produksi hidrogen.

## METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Nopember 2012 – Januari 2013. Lokasi penelitian adalah di ruang gelap dan atap genteng, Laboratorium Teknik Fisika, Universitas Nasional, Ragunan. Pembuatan media kultur dilakukan di Laboratorium Kimia, Universitas Nasional, Ragunan. Penghitungan densitas alga dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Universitas Nasional, Ragunan. Pengujian gas hasil dari percobaan dilakukan di Laboratorium Techno Gas, Lemigas, Ciledug.

Alat dalam penelitian ini adalah ruang percobaan beserta peralatan laboratorium penunjang. Bahan yang digunakan adalah alga *Scenedesmus* Sp. Media kultur menggunakan media PHM. Dalam penelitian ini media untuk percobaan adalah Media PHM-S dibuat dengan zat yang sama dengan media PHM, dengan mengganti semua zat yang mengandung sulfur dengan garam-garaman/klorid(Cl).

### Konfigurasi Percobaan

Untuk memudahkan mengetahui perlakuan yang diberikan terhadap variabel – variabel setiap percobaan, di bawah ini terdapat tabel konfigurasi percobaan.

TABEL 1 Konfigurasi Percobaan

No	Metode	Percobaan	Input		
			Densitas Alga (sel/mL)	Kondisi Cahaya (Lux)	Waktu Gelap
1	Lampu	Pertama	5,37 x 10 <sup>8</sup>	3100 - 3680	24 jam
		Kedua	2,75 x 10 <sup>8</sup>	2800 - 2900	24 jam
2	Matahari	Pertama	5,44 x 10 <sup>8</sup>	0 - 56700	24 jam
		Kedua	2,16 x 10 <sup>8</sup>	0 - 51000	24 jam
3	Matahari dan Lampu	Pertama	2,76 x 10 <sup>8</sup>	3300 - 36000	24 jam
		Kedua	4,39 x 10 <sup>8</sup>	16000 - 38900	24 jam

## ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Kandungan gas pada metode pencahayaan lampu pada percobaan pertama dengan metode ini gas yang diambil didalam skala ukur memiliki tinggi 10 mL yaitu tanggal 2 Januari 2012 dan yang dimasukkan ke kantong gas hanya 6 mL. Dari komposisi kandungan gas yang diperoleh bahwa untuk kandungan gas yang dihasilkan dengan metode pencahayaan lampu terdeteksi ada sebanyak 1,73207 % mol hidrogen yang merupakan hasil fotosintesis dengan pencahayaan lampu. Jumlah gas ini sebanding dengan 0,289 mL karena gas yang ditambahkan sebesar 6 mL. Hasil inilah yang akan menjadi acuan untuk data yang lain pada percobaan pertama.

Kandungan gas pada metode pencahayaan lampu pada percobaan kedua dengan metode ini gas yang diambil didalam skala ukur memiliki tinggi 10 mL yaitu tanggal 22 Januari 2012. Dari komposisi kandungan gas yang diperoleh bahwa untuk kandungan gas yang dihasilkan dengan metode pencahayaan lampu terdeteksi ada sebanyak 0,866667 % mol hidrogen yang merupakan hasil fotosintesis dengan pencahayaan lampu. Jumlah gas ini sebanding dengan 0,087 mL karena gas yang ditambahkan sebesar 10 mL. Hasil inilah yang akan menjadi acuan untuk data yang lain pada percobaan kedua.

Kandungan gas pada metode pencahayaan matahari untuk percobaan pertama dengan metode ini gas yang diambil didalam skala ukur memiliki tinggi 8 mL yaitu tanggal 7 Januari 2012 dan yang dimasukkan ke kantong gas hanya 2 mL. Dari komposisi kandungan gas yang diperoleh

bahwa untuk kandungan gas yang dihasilkan dengan metode pencahayaan lampu terdeteksi ada sebanyak 0,553268 %mol hidrogen yang merupakan hasil fotosintesis dengan pencahayaan lampu. Jumlah gas ini sebanding dengan 0,277 mL karena gas yang ditambahkan sebesar 2 mL. Hasil inilah yang akan menjadi acuan untuk data yang lain pada percobaan pertama.

Kandungan gas pada metode pencahayaan matahari untuk percobaan kedua dengan metode ini gas yang diambil didalam skala ukur memiliki tinggi 10 mL yaitu tanggal 22 Januari 2012. Dari komposisi kandungan gas yang diperoleh bahwa untuk kandungan gas yang dihasilkan dengan metode pencahayaan lampu terdeteksi ada sebanyak 5,039919 %mol hidrogen yang merupakan hasil fotosintesis dengan pencahayaan lampu. Jumlah gas ini sebanding dengan 0,504 mL karena gas yang ditambahkan sebesar 10 mL. Hasil inilah yang akan menjadi acuan untuk data yang lain pada percobaan kedua. Kandungan gas pada metode pencahayaan matahari dan lampu untuk percobaan pertama dengan metode ini gas yang diambil didalam skala ukur memiliki tinggi 4 mL yaitu tanggal 19 Januari 2012.

Dari komposisi kandungan gas yang diperoleh bahwa untuk kandungan gas yang dihasilkan dengan metode pencahayaan lampu terdeteksi ada sebanyak 2,006352 %mol hidrogen yang merupakan hasil fotosintesis dengan pencahayaan lampu. Jumlah gas ini sebanding dengan 0,502 mL karena gas yang ditambahkan sebesar 4 mL. Hasil inilah yang akan menjadi acuan untuk data yang lain pada percobaan pertama. Kandungan gas pada metode pencahayaan matahari dan lampu untuk percobaan kedua dengan metode ini gas yang diambil didalam skala ukur memiliki tinggi 6 mL yaitu tanggal 31 Januari 2012.

Dari komposisi kandungan gas yang diperoleh bahwa untuk kandungan gas yang dihasilkan dengan metode pencahayaan lampu terdeteksi ada sebanyak 5,248968 %mol hidrogen yang merupakan hasil fotosintesis dengan pencahayaan lampu. Jumlah gas ini sebanding dengan 0,875 mL karena gas yang ditambahkan sebesar 6 mL. Hasil inilah yang akan menjadi acuan untuk data yang lain pada percobaan kedua. Dapat dilihat dari hasil analisis komposisi gas bahwa hasil terbanyak diperoleh dengan metode pencahayaan matahari dan lampu dan ini juga membuktikan alga *Scenedesmus Sp* dapat memproduksi hidrogen.

Analisis Pengaruh Variabel Densitas Alga, Pengkondisian Waktu dan Cahaya Terhadap Produksi Hidrogen. Dalam penelitian ini, untuk menganalisis data digunakan regresi linear ganda yang terdiri dari dua variabel bebas  $X_1$  ( densitas alga ),  $X_2$  ( intensitas cahaya ), dan  $X_3$  ( waktu gelap ) yang menjadi variabel konstan. Persamaan regresi linear ganda untuk dua variabel bebas  $X_1$  dan  $X_2$  serta satu variabel konstan  $X_3$  tersebut yaitu  $Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3$ .

Analisis regresi linear ganda pada penelitian ini menggunakan tools data analisis Microsoft Excel 2007. Dari hasil analisis dapat dikemukakan sebagai berikut : Koefisien Korelasi Pearson (Multiple R) sebesar 0,988 yaitu besarnya derajat keeratan hubungan antara dua variabel bebas  $X_1$  ( densitas alga ),  $X_2$  ( intensitas cahaya ), dan  $X_3$  ( waktu perlakuan gelap ) yang menjadi variabel konstan. Dengan variabel terikat  $Y$  (produksi hidrogen). Besarnya Koefisien Determinasi (R Square) 0,976 menunjukkan besarnya pengaruh variabel bebas  $X_1$  (densitas alga),  $X_2$  (intensitas cahaya), dan  $X_3$  (waktu perlakuan gelap) dengan variabel terikat  $Y$ (produksi hidrogen) sebesar 97,6 %. Sisanya sebesar 2,4 % dipengaruhi oleh variabel bebas lain yang tidak diteliti.

Koefisien Regresi (Coefficients) yaitu :

$a = 1,261$ ;  $b_1 = 3,08 \times 10^{-9}$  dan  $b_2 = 2,87 \times 10^{-5}$ , sehingga persamaan regresi yang dapat dibangun dari data di atas yaitu :

$$Y = 1,261 + (3,08 \times 10^{-9}) X_1 + X_2 + (2,87 \times 10^{-5}) X_3$$

Keterangan :

$X_1$  = densitas alga

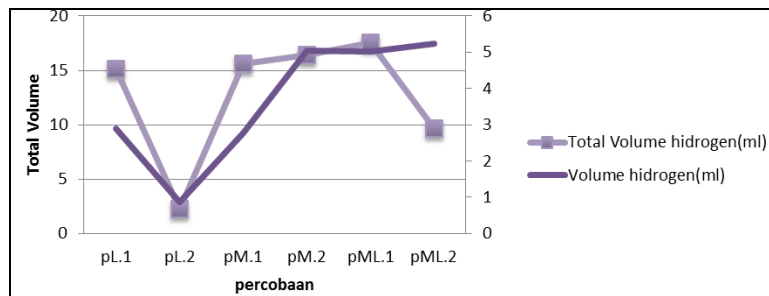
$X_2$  = intensitas cahaya

$X_3$  = waktu gelap

$Y$  = produksi hidrogen

Pemodelan ini menggunakan 3 variabel input yaitu densitas (X1), pengkondisian waktu perlakuan gelap (X2) dan intensitas cahaya (X3). Keakuratan dan kepresesian pemodelan ini bergantung pada rumus empiris yang digunakan untuk menentukan nilai pendugaan, dalam hal ini simpangan baku (standart error) dari rumus empiris tersebut adalah sebesar 0.637 ml.

Peneliti sudah mengoptimalkan hidrogen tetapi belum bisa memproduksi hidrogen dengan kandungan tinggi, karena banyaknya nilai input yang tidak tetap. Dengan memberikan nilai inputan X1=1.7 x 10<sup>11</sup> sel/ml dan X3=88300 lux dihasilkan nilai pendugaan produksi hidrogen sebesar 551,4 ml dengan simpangan baku sebesar 0.637 ml.



**GAMBAR 1.** Grafik volume dan total volume gas hidrogen.

Dari grafik pada gambar 1 diperoleh volume gas hidrogen terbesar pada percobaan kedua dengan metode penyinaran matahari dan lampu sebesar 5,25 mL dan total volume hydrogen pada percobaan pertama 17,57 mL. Hal ini disebabkan oleh perlakuan variabel pada percobaan pertama dengan metode penyinaran matahari dan lampu seperti berikut :

- Densitas alga sebanyak 2,76 x 10<sup>8</sup> sel /mL dan 4,39 x 10<sup>8</sup> sel/mL.
- Pengkondisian waktu perlakuan gelap selama 24 jam..
- Pengkondisian cahaya menggunakan matahari dan lampu.

Grafik produksi pada Gambar 1 menunjukkan bahwa pada setiap interval produksi hidrogen selalu diawali dengan masa alga tidak menghasilkan hidrogen. Secara teoritis dapat dijelaskan bahwa untuk setiap produksi hidrogen dari alga harus didahului dengan reaksi enzimatic dalam alga yang tidak menghasilkan hidrogen dalam rentang waktu tertentu, kemudian pada interval selanjutnya alga baru menghasilkan hidrogen.

Cepat lambatnya alga menghasilkan hidrogen sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya dan juga densitas alga tersebut, semakin tinggi intensitas dan semakin banyak densitas akan mempercepat proses terjadinya hidrogen dan meningkatkan laju aliran gas tetapi akan membuat lifetime dari alga semakin pendek. Dengan didasarkan pada hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa ketika alga diberi intensitas cahaya yang tinggi maka chlorofil yang terkandung di dalam alga akan mengalami pengecilan ukuran secara cepat dan memproduksi hidrogen semakin sering sehingga pada saat tersebut alga lebih cepat mengalami pemutihan.

### KESIMPULAN

Spesies alga *Scenedesmus* Sp. terbukti dapat memproduksi hidrogen dari perekayasa proses fotosintesisnya dengan tiga metode pengkondisian cahaya dan intensitas cahaya yang berbeda. Dengan menjaga range densitas sebesar 16,7 x 10<sup>6</sup> - 3,2 x 10<sup>10</sup> dan menjadikan waktu gelap menjadi variabel tetap yaitu 24 jam dapat mengoptimalkan produksi hidrogen sampai 32,01073675 mL. Berdasarkan keenam percobaan yang telah dilakukan dengan tiga metode pencahayaan berbeda pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa produksi hidrogen terbesar diperoleh pada percobaan kedua dengan metode pencahayaan matahari dan lampu sebesar 5,25 mL, hal ini dikarenakan range intensitas cahaya yang lebar dan penurunan intensitas yang tidak jauh. Untuk total volume hidrogen terbesar didapat dari metode pencahayaan dengan matahari sebesar 32,0305 ml, hal ini disebabkan intensitas yang tinggi.

**REFERENSI**

- [1] M. P. Brown and K. Austin, *The New Physique*, Publisher City: Publisher Name, 2005, pp. 25-30.
- [2] Richard M. Tetley, Norman I. Bishop, *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics* **546**, 43-53 (1979).
- [3] Taiz. L, Zeige. E. *Plant Physiology Third Edition*. Sunderland, 17-34 (2002).
- [4] Guan, Yingfu., Deng, Maicun., Yu, Xingju., Zhang, Wei., *Biochemical Engineering Journal* **19**, 69-73 (2004).
- [5] H. Gaffron, J. Rubin, *J. Gen. Physiol.* **26**, 219–240 (1942).
- [6] Hye Jo, Ji. *Biotechnology* **22**, 431-437 (2006).
- [7] Rossi, Federico. *Hidrogen Production From Biological Systems Under Different Illumination Conditions: Photobioreactor Proposal*, 27-1336.