

# Pengaruh Konsentrasi Substrat dan Konsentrasi Bakteri Pada Produksi Alga Dalam Sistem Bioreaktor Proses *Batch*

Febri Indah Sri Utami dan Joni Hermana  
Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia  
*e-mail*: hermana@enviro.its.ac.id

**Abstrak**—Pesatnya perkembangan zaman juga diiringi meningkatnya kebutuhan akan Bahan Bakar Minyak (BBM) yang merupakan sumberdaya energi yang tidak dapat diperbarui. Salah satu energi alternatif yang termasuk energi terbarukan adalah biodiesel. Alga merupakan salah satu alternatif bahan yang dikembangkan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Pada penelitian ini akan dilakukan penumbuhan alga dengan konsentrasi substrat dan konsentrasi bakteri yang berbeda-beda sehingga didapatkan konsentrasi ideal pada produksi alga untuk bahan baku biodiesel. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengkaji pengaruh konsentrasi substrat dan konsentrasi bakteri pada produksi alga dalam bioreaktor sistem *batch*. Pada penelitian ini akan dilakukan penelitian mengenai pengaruh konsentrasi substrat sebesar 50 mg/L, 100 mg/L dan 150 mg/L dan untuk konsentrasi bakteri sebesar 50 mL, 100 mL dan 150 mL. Pengambilan sampel dilakukan satu kali dalam sehari pada pagi hari dan dilakukan setiap hari selama pelaksanaan penelitian berlangsung. Penambahan konsentrasi substrat yang tepat pada bioreaktor dengan sistem *batch* ini yaitu 100 mg/L dengan konsentrasi bakteri sebesar 150 mg/L. Hal ini disebabkan konsentrasi klorofil a memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan reaktor lainnya. Pada produksi alga pengaruh konsentrasi substrat dibutuhkan oleh alga untuk tumbuh dimana bakteri akan menghasilkan karbon dioksida yang akan digunakan alga sebagai proses fotosintesis. Sehingga penambahan substrat yang tepat dapat memproduksi alga dengan jumlah yang berkecukupan.

**Kata Kunci**—Alga, Bakteri, Reaktor *Batch*, Substrat

## I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk dan kemajuan teknologi yang semakin pesat pada daerah perkotaan tentunya tidak terlepas dari peningkatan akan kebutuhan energi khususnya energi yang tidak dapat diperbarui seperti minyak bumi. Tingkat konsumsi minyak rata – rata naik 6% pertahunnya termasuk Bahan Bakar Minyak (BBM) [1]. Hal ini tentu berbanding terbalik dengan kondisi dimana peningkatan kebutuhan BBM yang semakin melonjak tinggi tetapi tidak diimbangi dengan pasokan BBM yang cukup.

Salah satu energi alternatif yang termasuk energi terbarukan adalah biodiesel. Alga merupakan salah satu alternatif bahan yang dicoba untuk dikembangkan sebagai pembuatan

biodiesel. Sebab alga mengandung Lemak Sel Tunggal (LST) yang sangat tinggi, bahkan diantaranya mempunyai kandungan LST lebih dari 50% [2]. Alga adalah tumbuhan paling efektif proses fotosintesisnya karena kemampuan alga yang dapat mengoptimalkan sinar matahari dalam proses fotosintesis, walaupun sinar matahari terhalang oleh permukaan air [2]. Selain sinar matahari dan karbondioksida, alga juga membutuhkan beberapa nutrisi tambahan seperti substrat dan nutrisi agar pertumbuhannya cepat dan optimal. Fungsi substrat yang terpenting adalah sebagai sumber energi disamping itu juga sebagai bahan pembentuk sel dan produk metabolisme [3]. Selain substrat, alga juga membutuhkan asupan nutrisi berupa nitrogen dan fosfat untuk berkembang secara efektif. Jika nutrisi tersebut tersedia dengan cukup, maka alga akan berkembang secara pesat [4].

Pada penelitian ini akan dilakukan penelitian mengenai pengaruh konsentrasi substrat dan konsentrasi bakteri pada laju pertumbuhan alga dalam bioreaktor sistem *batch* sehingga akan diketahui penambahan konsentrasi substrat dan konsentrasi bakteri yang tepat pada produksi alga untuk bahan baku biodiesel. Parameter yang akan diuji meliputi COD, MLVSS, Klorofil a, pH, DO dan temperatur. Sedangkan variabel penelitian yang akan digunakan yaitu konsentrasi substrat dan konsentrasi bakteri.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan tahapan penelitian sebagai berikut.

### A. Persiapan Alat dan Bahan

Pada tahap ini dilakukan persiapan alat-alat dan bahan-bahan yang digunakan dan dibutuhkan untuk penelitian. Bahan yang dibutuhkan telah dipersiapkan sesuai metode analisis yang akan digunakan, dimana metode analisis COD menggunakan *Closed Reflux Titimetric*.

### B. Analisis Karakteristik Awal Air Pada Saluran Drainase Jl. Arif Rahman Hakim

Pada tahap ini dilakukan analisis COD, N-Nitrat, N-Ammonia dan Fosfat sehingga diperoleh rasio COD:N:P. Dari

hasil analisis diketahui rasio COD:N:P Pada Saluran Drainase Jl. Arif Rahman Hakim sebesar 28:7:1. Rasio 28:7:1 inilah yang akan digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian.

**C. Seeding**

Pada tahap ini dilakukan *seeding* atau pembibitan pada air alga agar dapat diperoleh konsentrasi klorofil a yang tinggi. Konsentrasi klorofil a setelah seeding sebesar 1,8 mg/L. *Seeding* dilakukan dengan menambahkan gula dimana gula ini sebagai kandungan COD dan pupuk NPK sebagai kandungan nutrisi. Penambahan gula dan pupuk NPK disesuaikan dengan rasio C:N:P ideal bagi pertumbuhan alga yaitu sebesar 106:16:1 [5].

**D. Pembuatan Reaktor**

Pada tahap ini dilakukan pembuatan reaktor. Reaktor yang digunakan yaitu dengan sistem *batch* sebanyak 9 buah dengan variasi konsentrasi substrat dan konsentrasi bakteri yang berbeda-beda. Konsentrasi substrat dan konsentrasi bakteri ini dapat mempengaruhi produksi alga dalam reaktor. Masing-masing variasi konsentrasi substrat dan konsentrasi bakteri adalah 3 reaktor pertama dengan variasi konsentrasi substrat sebesar 50 mg/L dan konsentrasi bakteri sebesar 50mL, 100mL dan 150mL, 3 reaktor kedua dengan variasi konsentrasi substrat sebesar 100 mg/L dan konsentrasi bakteri sebesar 50mL, 100mL dan 150mL dan 3 reaktor terakhir dengan variasi konsentrasi substrat sebesar 150 mg/L dan konsentrasi bakteri sebesar 50mL, 100mL dan 150 mL. Reaktor sistem batch ini juga menggunakan cahaya lampu buatan dengan daya 40 watt selama 12 jam dan mixing pompa dengan head pompa sebesar 1,2 rpm selama 24 jam yang berfungsi sebagai pengadukan agar dapat mengoptimalkan kinerja reaktor alga sehingga terhindar dari pengendapan.

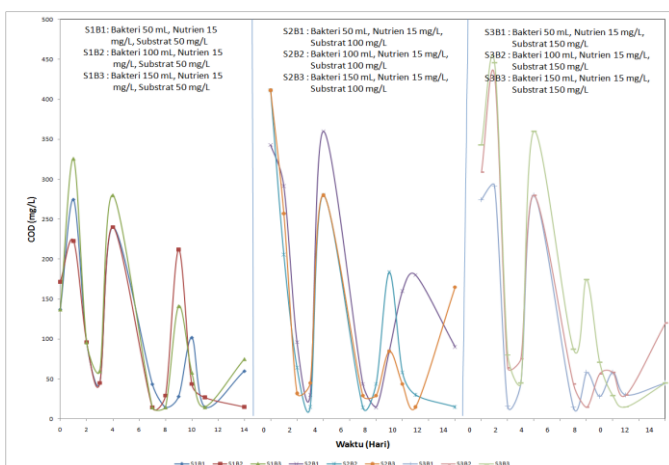
**E. Aklimatisasi**

Aklimatisasi merupakan proses pengkondisian air alga hasil *seeding* dengan air limbah buatan dengan konsentrasi COD, N dan P yang sama dengan konsentrasi air pada saluran drainase Jl. Arif Rahman Hakim yang akan dikondisikan pada reaktor sistem batch. Aklimatisasi dilakukan selama 6-10 hari.

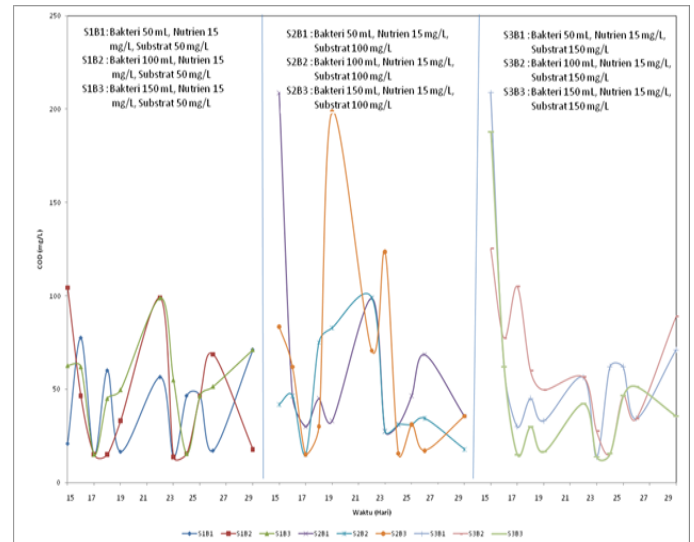
**F. Penelitian Pendahuluan**

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mempersiapkan hal-hal yang akan dilakukan saat pelaksanaan penelitian agar pada saat pelaksanaan penelitian dapat terhindar dari kendala-kendala yang mungkin terjadi.

**G. Pelaksanaan Penelitian**



Pelaksanaan penelitian dilakukan 2 tahap, yaitu penelitian tahap pertama menggunakan sampel air limbah asli yang didapat dari saluran drainase pada Jl. Arif Rahman Hakim sedangkan penelitian tahap kedua menggunakan sampel air limbah buatan dengan rasio dan konsentrasi yang sama dengan kondisi saluran drainase pada Jl. Arif Rahman Hakim, Gambar 1. COD RUN 1



Gambar 2. COD RUN 2

yaitu COD sebesar 71 mg/L, N sebesar 18,42 mg/L dan P sebesar 2,53 mg/L. Air limbah buatan dibuat dengan menggunakan air kran yang telah dilarutkan dengan gula sebagai sumber COD serta pupuk sebagai sumber N dan P.

Penelitian ini dilakukan 2 variasi, yaitu variasi konsentrasi substrat dan konsentrasi bakteri. Variasi konsentrasi substrat yang digunakan yaitu sebesar 50 mg/L, 100 mg/L dan 150 mg/L, sedangkan untuk variasi konsentrasi bakteri sebesar 50mL, 100mL dan 150 mL. Pada penelitian ini dilakukan sampling satu kali dalam sehari dilakukan pada pagi hari dan pelaksanaan penelitian berlangsung selama 14 hari pada masing-masing tahap.

**H. Analisis Data dan Kesimpulan**

Pada tahap ini analisis data dilakukan terhadap data-data yang diperoleh pada saat penelitian berlangsung. Analisis dilakukan pada parameter-parameter yang diukur ketika pelaksanaan penelitian. Kemudian dari hasil penelitian dapat ditarik suatu kesimpulan.

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Konsentrasi Substrat**

Konsentrasi substrat ditunjukkan dengan analisis COD. Dari hasil analisis selama 14 hari pada tiap-tiap tahap, menunjukkan bahwa konsentrasi COD dapat mengukur senyawa organik serta kebutuhan substrat dalam tiap-tiap reaktor. Pada RUN 1 menunjukkan konsentrasi COD berkisar antara 44-450 mg/L. Pada RUN 1 menunjukkan konsentrasi yang tinggi sebab menggunakan sampel air limbah asli dari saluran drainase Jl. Arif Rahman Hakim

yang mengandung konsentrasi COD cukup besar. Berikut merupakan grafik hasil analisis COD pada RUN 1 (Gambar 1).

Pada RUN 2 menunjukkan konsentrasi COD berkisar antara 15-200 mg/L. Analisis COD pada RUN 2 cenderung lebih stabil dibandingkan dengan RUN 1 sebab pada RUN 2 menggunakan sampel air buatan dimana konsentrasinya disesuaikan dengan rasio dan konsentrasi yang sama dengan kondisi saluran drainase pada Jl. Arif Rahman Hakim. Berikut merupakan grafik hasil analisis COD pada RUN 2 (Gambar 2). Konsentrasi COD sering mengalami kenaikan pada pertengahan analisis namun ketika hari terakhir analisis konsentrasi COD cenderung turun. Hal ini mengindikasikan kenaikan COD pada pertengahan analisis kemungkinan dapat disebabkan adanya *lysis* sehingga terdapat alga yang mati [6]. Selain itu *mixing* juga memberikan efek yang berbeda pada running 1 dan running 2, sebab *mixing* dapat mempengaruhi kinerja bakteri dalam mendekomposisikan bahan organik.

**B. Konsentrasi Bakteri**

Konsentrasi bakteri ditunjukkan dengan analisis Klorofil a. Dari hasil analisis selama 14 hari pada tiap-tiap tahap, menunjukkan bahwa konsentrasi klorofil a dapat mempresentasikan jumlah alga yang terdapat dalam tiap-tiap reaktor. Klorofil dapat mempresentasikan alga yang ada pada reaktor. Ketika klorofil tinggi, oksigen yang diproduksi cenderung bertambah. Selanjutnya produksi oksigen mempengaruhi dekomposisi bahan organik oleh bakteri [6]. Pada RUN 1 menunjukkan konsentrasi klorofil a berkisar antara 0,005 – 0,129 mg/L. Berikut merupakan grafik hasil analisis Klorofil a pada RUN 1 (Gambar 3).

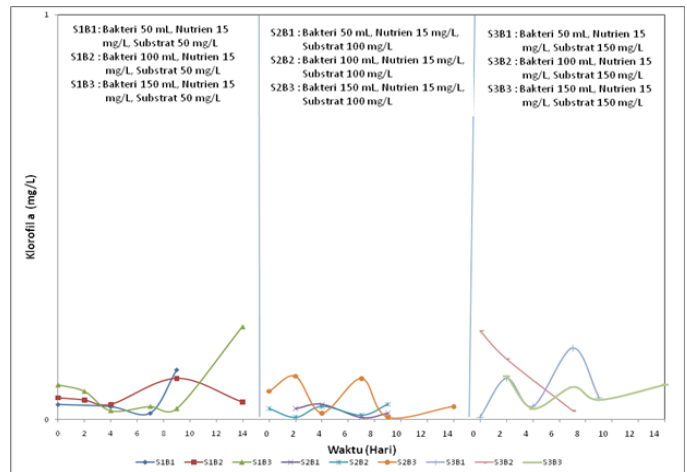
Sedangkan pada RUN 2 menunjukkan konsentrasi klorofil a berkisar antara 0,005 – 0,091 mg/L. Tetapi pada hari ke empat (atau hari ke sembilan belas pada grafik) hingga hari ke enam (atau hari ke dua puluh dua pada grafik) mengalami kenaikan yang drastis yaitu antara 0,011 - 0,465 mg/L hampir pada semua reaktor hal ini dapat disebabkan pada saat pengambilan sampel dilakukan pada waktu siang hari. Ketika siang hari, intensitas yang ditimbulkan oleh matahari mampu memicu klorofil untuk berfotosintesis dan menghasilkan oksigen [6].

Berikut merupakan grafik hasil analisis Klorofil a pada RUN 2 (Gambar 4).

Secara visual, pada RUN 1 terlihat kondisi alga berwarna hijau pupus kekuningan dan pada RUN 2 kondisi alga

berwarna hijau tua pekat.

Gambar 3. Klorofil a RUN 1



Gambar 4. Klorofil a RUN 2

**IV. KESIMPULAN**

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan konsentrasi substrat yang ideal pada bioreaktor dengan sistem batch ini yaitu 100 mg/L dengan konsentrasi bakteri sebesar 150 mg/L. Hal ini disebabkan konsentrasi klorofil a memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan reaktor lainnya. Pada produksi alga pengaruh konsentrasi substrat dibutuhkan oleh alga untuk tumbuh dimana bakteri akan menghasilkan karbon dioksida yang akan digunakan alga sebagai proses fotosintesis. Sehingga penambahan substrat yang tepat dapat memproduksi alga dengan jumlah yang berkecukupan.

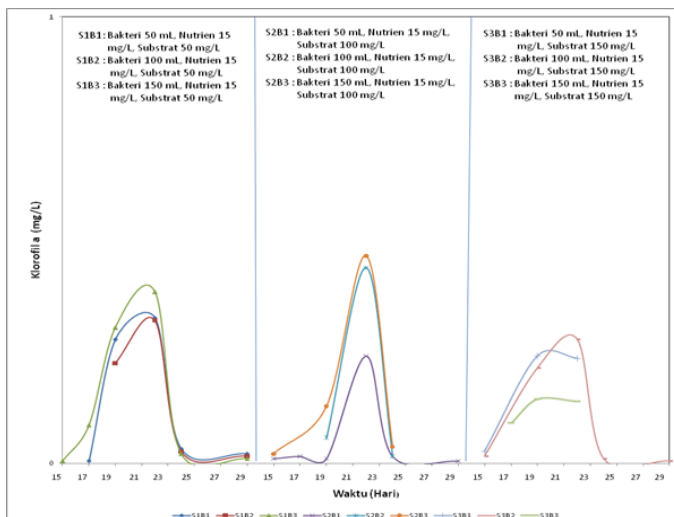
**UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Bapak Prof. Ir. Joni Hermana, MScES, Ph.D selaku dosen pembimbing tugas akhir atas segala arahan, motivasi, nasehat dan ilmu serta bimbingannya. Bapak Ir. Agus Slamet, MSc selaku co-dosen pembimbing tugas akhir atas segala motivasi, nasehat, ilmu serta bimbingannya. Bapak Alfian Purnomo, ST, MT., Bapak Arseto Yekti Bagastyo, ST, MPhil, Ph.D., Ibu Dr. Ir. Ellina Pandebesie, MT. dan Bapak Welly Herumurti, ST., MSc selaku dosen penguji tugas akhir atas segala informasi dan ilmu yang diberikan saat menguji. Partner dan teman-teman angkatan 2009 atas dukungannya selama ini. Keluarga tersayang yang selalu mendukung baik moril maupun materiil sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini tepat waktu.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] Rachmaniah, O, Elfera Y.R. dan Danang, H.W., 2010. Algae Spirulina Sp. Oil Extraction Method Using The Osmotic And Percolation And The Effect On Extractable Components. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Jurnal Teknik Kimia Vol.4, No.2. Surabaya.

[2] Briggs, M. 2004. Widescale Biodiesel Production From Algae. Diunggah pada tanggal 16/02/2013 dari <http://www.unh.edu/p2/biodiesel/article- algae.html>



- [3] Graham, P. (2000). *Industrial Wastewater Management, Treatment, and Disposal*. USA: Water Environment Federation.
- [4] Reynolds, TD dan Richards, PA. (1996). *Unit Operations And Processes in Environmental Engineering*. New York, USA: PWS Publishing Company.
- [5] Baird, M. E and Jason H. Middleton. (2004). On Relating Physical Limits to The Carbon: Nitrogen Ratio of Unicellular Algae and Benthic Plants. *Journal of Marine System, Volume 49*, Pages 169-175.
- [6] Iswara, A. P. 2011. Pengaruh Aerasi dan Pencahayaan Alami Terhadap Kemampuan High Rate Algae Reactor (HRAR) Dalam Penurunan Zat Organik Pada Limbah Domestik Perkotaan. FTSP. ITS.