

PEMANFAATAN AIR LIMBAH PABRIK PUPUK KADAR AMONIA TINGGI SEBAGAI MEDIA KULTUR MIKROALGA UNTUK PEROLEHAN SUMBER MINYAK NABATI SEBAGAI BAHAN BAKAR BIODIESEL

Anita Faradilla (L2C007008) dan Asmi Rima Juwita (L2C007016)

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058
Pembimbing: Ir. Indro Sumantri, M. Eng.

Abstrak

Mikroalga jenis chlorophyta merupakan mikroalga autotrof yang mampu memanfaatkan $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ dan $\text{NH}_3\text{-N}$ sebagai sumber nitrogen dan gas karbondioksida sebagai sumber karbon. Dengan kandungan minyak mencapai 77%, mikroalga juga sangat berpotensi digunakan sebagai biodiesel yang merupakan sumber energi alternatif. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan proses activated microalgae yang optimal untuk unit pengolahan limbah pabrik pupuk urea yang tahan terhadap kadar amonia tinggi dan mengetahui kondisi optimal laju degradasi $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ dan $\text{NH}_3\text{-N}$ terhadap konsentrasi mikroalga, rasio N:P, dan waktu tinggal. Rancangan penelitian yang dilakukan yaitu memvariasikan konsentrasi NH_3 (60, 80, 100, 200, 300 ppm). Parameter yang dipakai adalah penurunan harga OD, konsentrasi NH_3 , dan MLSS yang menunjukkan batas maksimum pertumbuhan mikroalga. Berdasarkan penelitian, didapatkan rata-rata pertumbuhan mikroalga mencapai fase stasioner pada hari ke-6, biomassa tertinggi yaitu sebesar 1,5 gram/liter pada hari ke-5 diperoleh pada variabel 300 ppm, penurunan NH_3 tertinggi yaitu sebesar 98,24% diperoleh pada variabel 80 ppm, sedangkan laju pertumbuhan spesifik mikroalga tertinggi sebesar $0,028 \text{ h}^{-1}$ didapatkan pada mikroalga yang dikultivasi dengan nutrisi 300 ppm.

Kata kunci: chlorophyta; mikroalga; penurunan kadar NH_3 .

Abstract

Chlorophyta microalgae is a autotrophic microalgae which can use $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ dan $\text{NH}_3\text{-N}$ as nitrogen source and carbon dioxide as carbon source. It contains oil until 77%, so it's very useful to be biodiesel as alternative energy source. The goals of this research are to get optimal activated microalgae process for the waste of urea fertilizer factory which resists to high ammonia and to know optimal condition of degradation rate of $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ and $\text{NH}_3\text{-N}$ on the concentration of microalgae, N:P ratio, and dwell time. The design of this research is regulating NH_3 's concentration (60, 80, 100, 200,300 ppm). The parameters are reduction of OD value, NH_3 concentration, and MLSS value which show the maximum line of microalgae growth. Based on the research, the average microalgae growth gets the stationary phase on the sixth day, the highest biomass is 1,5 gram/liter on the fifth day from 300 ppm variable, the highest NH_3 reduction is 98,24% from 80 ppm variable, and the highest specific growth rate of microalgae is $0,028 \text{ h}^{-1}$ of cultivated microalgae in 300 ppm nutrient.

Keywords: chlorophyta; microalgae; reduction of NH_3 concentration.

1. Pendahuluan

Urea adalah senyawa yang larut dalam air, $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$, dengan kandungan nitrogen yang merupakan komponen utama dari urine mamalia dan organisme lain seperti fungi, sebagai hasil akhir dari metabolisme protein. Sedangkan amonia adalah senyawa kimia yang terbentuk dari dua gas, nitrogen dan hidrogen dengan formula kimia NH_3 . Di Indonesia terdapat enam pabrik pupuk urea dengan karakteristik limbah cair yang mengandung $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (urea) $\pm 2300 \text{ mg/l}$, $\text{NH}_3\text{-N}$ (amonia-nitrogen) $\pm 675 \text{ mg/l}$, dan pH $\pm 9,7$. Meskipun $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ dan $\text{NH}_3\text{-N}$ tidak termasuk

senyawa B3, tetapi limbah cair pabrik pupuk urea dapat menimbulkan kerusakan ekosistem badan air yang sangat serius. Pengolahan limbah cair berkadar urea dan amonia-nitrogen tinggi merupakan salah satu permasalahan yang dihadapi oleh pabrik pupuk urea di Indonesia. Sampai saat ini ada dua penanganan yang biasa digunakan, yaitu: proses nitrifikasi dan denitrifikasi heterotrofik kolam terbuka atau ditampung dalam *pond* besar sehingga terjadi pelepasan amonia ke udara. Kedua metode ini tidak memberikan banyak manfaat, hanya menambah biaya.

Mikroalga adalah organisme yang hidup di lingkungan perairan dan menggunakan cahaya dan karbondioksida (CO_2) untuk membentuk biomassa. Biomassa yang dihasilkan oleh alga dapat dibakar seperti kayu, untuk membangkitkan panas dan listrik. Salah satu klasifikasi mikroalga, yaitu mikroalga merupakan mikroba autotrof yang mampu memanfaatkan $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ dan $\text{NH}_3\text{-N}$ sebagai sumber nitrogen dan sebagai sumber karbon. Mikroalga mengandung banyak senyawa yang sangat potensial untuk dijadikan produk, misalnya untuk farmasi: *Eicosapentaenoic acid* (EPA) berguna untuk status vaskular tubuh manusia, *Docosahexaenoic acid* (DHA) untuk jaringan saraf otak, β -*carotene* sebagai pro-vitamin A dan *astaxanthin* sebagai anti oksidan. Dengan kandungan minyak mencapai 77%, mikroalga juga sangat berpotensi digunakan sebagai biodiesel yang merupakan sumber energi alternatif. Berdasarkan penelitian, mikroalga mampu menghasilkan minyak 200 kali lebih banyak dibandingkan sumber nabati lainnya. Beberapa jenis mikroalga berpotensi sebagai sumber minyak. Kandungan minyak mikroalga bervariasi tergantung jenis mikroalganya.

Tabel 1. Kandungan minyak dari beberapa jenis mikroalga (Chisti, 2007)

Mikroalga	Kandungan minyak (%)
<i>Botryococcus Braunii</i>	25-75
<i>Chlorella sp</i>	28-32
<i>Cryptocodinium cohnii</i>	20
<i>Cylindrotheca sp.</i>	16-37
<i>Dunaliella primolecta</i>	23
<i>Isochrysis sp.</i>	25-33
<i>Monallanthus salina</i>	>20
<i>Nannochloris sp.</i>	20-35
<i>Nannochloropsis sp.</i>	31-68
<i>Neochloris oleoabundans</i>	35-54
<i>Nitzschia sp.</i>	45-47
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	20-30
<i>Schizochytrium sp.</i>	50-77
<i>Tetraselmis sueica</i>	15-23

Mikroalga yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis chlorophyta (*mixed cultures*) yang dikultivasi di sistem *open pond*, yaitu sistem kolam terbuka yang memiliki sistem aerasi. Penggunaan sistem ini memiliki beberapa manfaat yaitu mudah dibuat dan efisien untuk kultivasi mikroalga dalam jumlah besar (Ugwu dkk., 2007). Mikroalga hanya membutuhkan beberapa komponen dasar untuk membantu pertumbuhannya, yaitu CO_2 , air, sinar matahari, dan nutrien. Mikroalga, berdasarkan proses fotosintesis, dapat digunakan untuk mengurangi CO_2 dan nitrogen oksida yang dilepaskan ke atmosfer. CO_2 digunakan untuk menciptakan lipid dalam alga yang selanjutnya dapat digunakan untuk produksi energi pada *power plant* ataupun bahan bakar transportasi. Mikroalga memerlukan sejumlah kecil nutrien untuk tumbuh dibandingkan tanaman yang lain karena struktur sel mikroalga yang sederhana. Akan tetapi, mikroalga harus diberikan berbagai macam nutrien sebab mikroalga adalah tanaman yang tidak dapat berfungsi membentuk campuran organik dengan sendirinya. Tanaman tingkat tinggi bisa membentuk campuran berbeda dan oleh karena itu memerlukan suatu keanekaragaman nutrien yang lebih kecil. Kebutuhan nutrien untuk mikroalga adalah nitrogen dan fosfor, keduanya biasa didapat dari produksi pupuk (David dkk, 2008). Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa kultivasi mikroalga sangat bermanfaat terutama untuk mengolah limbah pabrik pupuk berkadar amonia tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah Mendapatkan proses *activated microalgae* yang optimal untuk unit pengolahan limbah pabrik pupuk urea yang tahan terhadap kadar amonia tinggi serta mengetahui kondisi optimal laju degradasi $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ dan $\text{NH}_3\text{-N}$ terhadap konsentrasi mikroalga, laju aerasi, rasio N:P, dan waktu tinggal. Penelitian lebih lanjut mengenai kultivasi mikroalga ini dapat memberikan manfaat bagi industri untuk mengolah lombahnya yang berkadar amonia tinggi, bagi mahasiswa untuk mengembangkan dan menerapkan ilmu pengetahuan yang didapatkan di bangku

perkuliahan ke dalam dunia nyata, sedangkan bagi masyarakat dapat dikembangkan lebih lanjut sebagai salah satu energi alternatif terbarukan.

2. Bahan dan Metode Penelitian

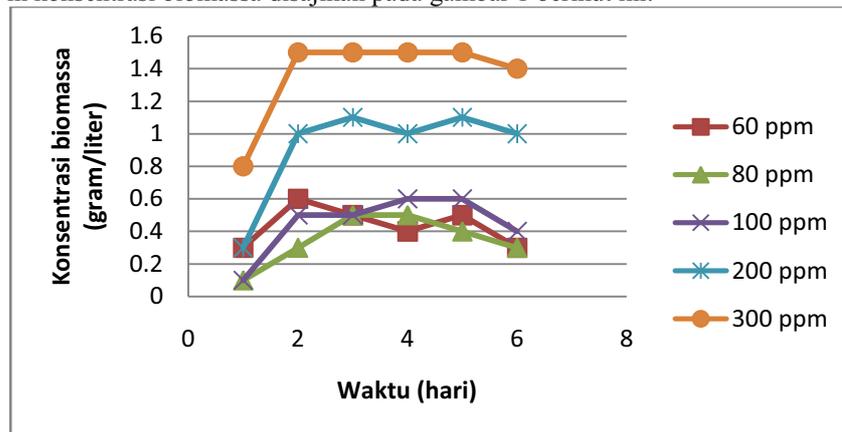
Bahan. Bahan yang digunakan adalah suspensi mikroalga (*mixed culture*). Suspensi mikroalga ini didapat dari perbanyakan starter kultur mikroalga. Nutrien berupa NaHCO_3 sebagai sumber karbon, amonia sebagai sumber nitrogen, H_3PO_4 sebagai sumber fosfor, serta air.

Optimasi proses *activated microalgae*. Merangkai alat sesuai susunannya. Mengisi bak fotosintesis dengan mikroalga sampai volume 15 L dan menyalakan aerator serta lampu. Memasukkan NaHCO_3 sesuai variabel ke dalam bak fotosintesis mikroalga. Memasukkan amonia dan H_3PO_4 sesuai variabel ke dalam bak fotosintesis mikroalga. Mengambil sampel ke-0 dari bak fotosintesis mikroalga untuk dianalisis optical density (OD), gram per liter dari biomassa (MLSS), dan kadar NH_3 . Pengambilan sampel dilakukan setiap hari sampai didapat penurunan data OD dan MLSS (menunjukkan batas maksimum pertumbuhan mikrolaga).

Analisis Hasil. Setiap sampel dianalisis untuk mengetahui nilai *optical density* (OD), gram per liter dari biomassa (MLSS), dan kadar NH_3 . Analisis OD menggunakan spektrofotometer yang diatur pada panjang gelombang (λ) 450 nm dan 680 nm. Analisis MLSS dengan cara mengeringkan 100 ml sampel sehingga didapatkan berat kering biomassa mikroalga, sedangkan analisis kadar NH_3 menggunakan alat Amonia MR Reagent C99 Multiparameter Bench Photometer.

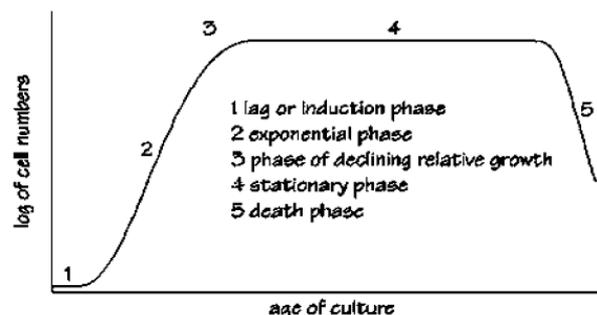
3. Hasil dan Pembahasan

Pengaruh penambahan amonia terhadap konsentrasi biomassa. Data hubungan antara waktu terhadap ln konsentrasi biomassa disajikan pada gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Grafik hubungan waktu versus ln konsentrasi biomassa

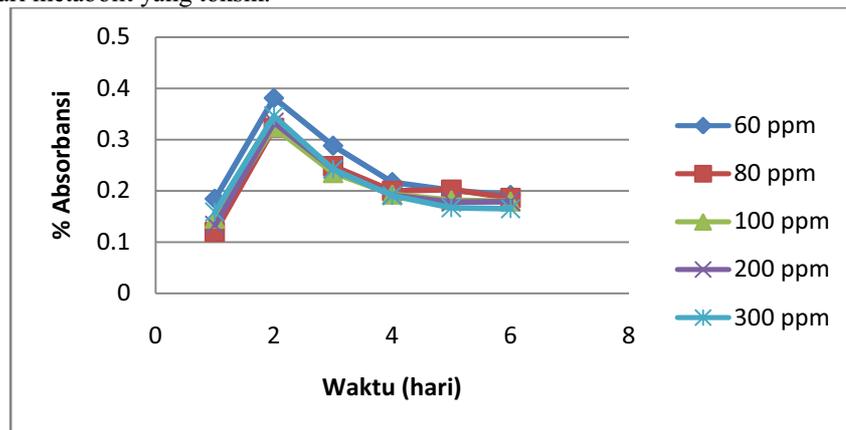
Gambar 1. menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi biomassa mikroalga pada hari ke-2, kemudian mulai konstan pada hari ke-3 hingga akhirnya terlihat mengalami penurunan pada hari ke-6. Mikroalga tumbuh jika lingkungannya sesuai. Jika tidak optimal maka laju pertumbuhan menjadi rendah bahkan mungkin mati. Fase pertumbuhan kultur mikroalga dapat dilihat dari grafik di bawah ini:



Gambar 2. Fase pertumbuhan kultur mikroalga

Nutrien adalah substansi yang dibutuhkan untuk bertahan hidup atau dibutuhkan untuk sintesis komponen organik sel (pertumbuhan sel). Nilai nutrisi dari mikroalga tidak dapat diperbaiki jika

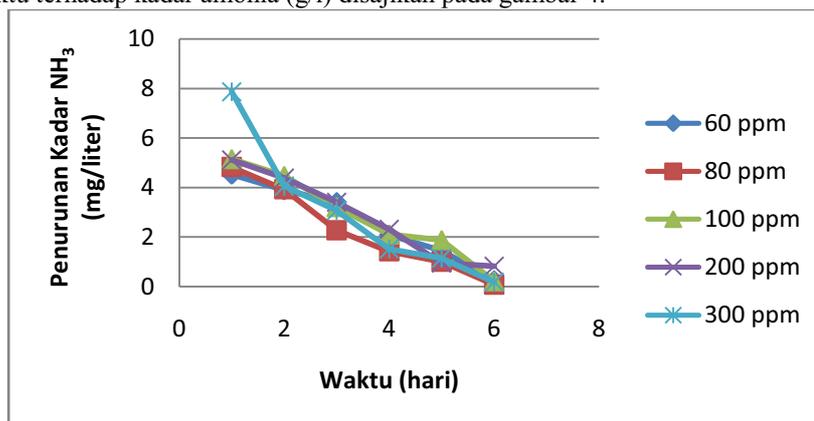
kultur sudah melewati fase 3 karena penurunan daya cerna, defisiensi nutrisi dan kemungkinan produksi dari metabolit yang toksik.



Gambar 3. Grafik hubungan waktu versus % absorbansi

Berdasarkan gambar 3 pertumbuhan mikroalga paling tinggi pada hari ke-2 sesuai dengan data konsentrasi biomassa pada gambar 1. Pertumbuhan pada hari ke-2 dapat diinterpretasikan sebagai fase ke-3 (*phase of declining relative growth*) pada pertumbuhan mikroalga. Dimana mikroalga mencapai fase puncak untuk mencerna nutrisi, kemudian menuju fase ke-4 (*stationary phase*) dan terakhir menuju fase ke-5 (*death phase*).

Pengaruh waktu kultivasi mikroalga terhadap penurunan kadar amonia. Data hubungan antara waktu terhadap kadar amonia (g/l) disajikan pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan waktu versus kadar NH₃ akhir

Dari grafik di atas, terlihat bahwa semakin lama waktu, kadar amonia pada limbah sintesis semakin berkurang. Hal ini terjadi karena amonia pada limbah sintesis tersebut digunakan mikroalga sebagai nutrisi untuk pertumbuhannya, yaitu untuk membantu di dalam sintesis protein. Terlihat pada grafik 4.2, semakin lama waktu hingga mencapai fase ke-4 (*stationary phase*) maka semakin mengalami peningkatan konsentrasi biomassa dari mikroalga tersebut. Alga membutuhkan amonium untuk pertumbuhannya. Alga harus mengkonversi nitrat -bentuk utama nitrogen dalam air- menjadi amonium sebelum dapat menggunakannya. Ketika amonia dalam air siap untuk digunakan alga tidak harus menghabiskan energi untuk mengubah apapun, jadi lebih banyak nutrisi yang digunakan untuk pertumbuhan. Berdasarkan hasil penelitian, mikroalga mampu menurunkan kadar amonia sebesar 83-98% yang dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Penurunan kadar NH₃

Kadar Nutrien (ppm)	Kadar NH ₃ Awal (mg/l)	Masa Kultivasi (hari)	Kadar NH ₃ Akhir (mg/l)	Persen Penurunan Kadar NH ₃ (%)
60	4,79	6	0,27	94,36
80	5,11	6	0,09	98,24
100	5,46	6	0,24	95,60
200	5,42	6	0,88	83,76
300	8,33	6	0,2	97,60

Hubungan antara konsentrasi substrat dengan laju pertumbuhan spesifik mikroalga

Hubungan antara konsentrasi substrat dengan laju pertumbuhan spesifik dituliskan dalam persamaan Monod, sebagai berikut:

$$\mu = \mu_m \left[\frac{S}{K_s + S} \right] \quad (1)$$

Berdasarkan data percobaan dengan menggunakan persamaan di atas, didapatkan laju pertumbuhan spesifik tiap konsentrasi nutrien yang ditampilkan pada Tabel 4. berikut ini:

Tabel 3. Laju Pertumbuhan Spesifik untuk Tiap Konsentrasi Nutrien

Kadar Nutrien (ppm)	μ (Laju Pertumbuhan Spesifik, h ⁻¹)
60	0,0185
80	0,011
100	0,0165
200	0,0235
300	0,028

Pada tabel 3 di atas menunjukkan kecenderungan kenaikan μ (laju pertumbuhan spesifik) pada saat kadar nutrien ditingkatkan. Tiap-tiap suspensi mikroalga tidak diaklimatisasi dengan cara penambahan nutrien sedikit demi sedikit sampai mencapai kadar yang diinginkan namun langsung dikultivasi dengan penambahan nutrien secara langsung sesuai kadar yang ditentukan. Berdasarkan data yang didapatkan dari hasil penelitian, keseluruhan suspensi mikroalga dalam kadar nutrien yang berbeda menunjukkan tren pertumbuhan yang sama sesuai dengan fase pertumbuhan kultur mikroba namun dengan jumlah biomassa yang berbeda untuk setiap kadar nutrien. Semakin tinggi kadar nutrien menyebabkan kenaikan jumlah biomassa mikroalga yang berdampak pada kenaikan laju pertumbuhan spesifiknya. Penambahan nutrien dari kadar 60-300 ppm tidak memberikan efek merusak pada biomassa mikroalga namun dapat dimanfaatkan oleh mikroalga tersebut sebagai nutrisi untuk menambah biomasanya sampai pada batas waktu tertentu saat mikroalga telah mencapai fase ke-4 (*stationary phase*). Dari penelitian yang dilakukan, rata-rata suspensi mikroalga pada kadar nutrien yang berbeda mencapai fase ke-4 dalam pertumbuhannya pada hari ke-6. Biomassa mikroalga terbanyak didapatkan pada suspensi mikroalga yang dikultivasi pada kadar nutrien 300 ppm. Ini berarti mikroalga jenis Chlorophyta mampu dikultivasi pada kadar nutrien yang tinggi hingga 300 ppm.

4. Kesimpulan

- Mikroalga dapat dikultivasi pada konsentrasi nutrien 60-300 ppm.
- Penurunan kadar NH₃ menggunakan mikroalga membutuhkan waktu rata-rata selama 6 hari.
- Mikroalga dapat menurunkan kandungan NH₃ dalam limbah pupuk sintesis sebesar 83-98% dalam waktu 6 hari.
- Laju pertumbuhan spesifik mikroalga tertinggi sebesar 0,028 h⁻¹ didapatkan pada mikroalga yang dikultivasi dengan nutrien 300 ppm.
- Biomassa tertinggi yaitu sebesar 1,5 gram/liter pada hari ke-5 diperoleh pada variabel 300 ppm.
- Penurunan NH₃ tertinggi yaitu sebesar 98,24% diperoleh pada variabel 80 ppm.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih diucapkan kepada Ir. Indro Sumantri, M. Eng. selaku dosen pembimbing dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian makalah ini.

Daftar Notasi

μ = laju pertumbuhan spesifik (h^{-1})

μ_m = laju pertumbuhan spesifik maksimum (h^{-1})

S = konsentrasi substrat (gram/liter)

K_s = konstanta separuh jenuh (*half saturation constant*)

Daftar Pustaka

Chisti Yusuf. 2007. *Biodiesel from Microalgae*. Biotechnology Advances 25:294-306.

Gouveia Luisa, Ana Cristina Oliveira. 2009. *Microalgae as A Raw Material for Biofuels Production*. J Ind Microbiol Biotechnol 36:269-274.

Wogan David M, Alex K. Da Silva, Michael E. Webber, Edward Stautberg. 2008. *Algae: Pond Powered Biofuels*. Ati Cleanenergy Incubator. The University of Texas at Austin.