

TEKNOLOGI PROSES *BIO OIL* DARI MIKROALGA SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF PROCESS TECHNOLOGY OF MICROALGAE *BIO OIL* AS ALTERNATIVE ENERGY SOURCE

Fina Uzwatania¹

¹Program Studi Tekonologi Industri Pertanian Fakultas Ilmu Pangan Halal Universitas
Djuanda Bogor, Jl. Tol Ciawi No. 1, Kotak Pos 35 Ciawi, Bogor 16720.

Korespondensi: Fina Uzwatania, E-mail: fina.uzwatania@unida.ac.id

ABSTRACT

The level of human energy needs have increased along with the development of human civilization. The fulfillment of human energy needs comes mostly from fossil fuels that aged millions of years old which are un-renewable, and the use of alternative energy from renewable sources took a small portion to fulfill the energy needs. One of the renewable energy that can be developed is biomass of microalgae as a raw material of *bio oil*. Microalgae *Bio oil* is one of many potential alternative energy and has not been developed, especially in Indonesia. Bio Oil production is very beneficial because there will be several Bio Fuel product obtained by conversing the Bio Oil, such as: Biokerosene, Biodiesel, Biomass, Biogas, etc. Process technology to produce microalgae bio-oil consists of cultivation, harvesting, drying and pyrolysis. Pyrolysis is biomass decomposition process at high temperature, more than 150 °C. The product of this pyrolysis process results in the form of liquids, gases and solids.

Keyword: *bio oil*, microalgae, pyrolysis

ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan peradaban manusia, tingkat kebutuhan energi manusia juga semakin meningkat. Pemenuhan energi di dunia sebagian besar dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil yang sudah berumur jutaan tahun berupa bahan yang tidak dapat diperbaharui, dan hanya sebagian kecil yang berasal dari penggunaan sumber energi lain yang berasal dari bahan terbarukan. Salah satu contoh energi terbarukan yang dapat dikembangkan diantaranya adalah energi biomassa dari mikroalga sebagai bahan baku alternatif penghasil *bio oil*. *Bio oil* merupakan salah satu energi alternatif yang potensial dan belum banyak dikembangkan terutama di Indonesia. Produksi *bio oil* dapat menghasilkan keuntungan karena konversi *bio oil* akan menghasilkan beberapa produk berupa bahan bakar, misalnya: biokerosene, biodiesel, arang, gas dan lain sebagainya. Teknologi proses untuk memproduksi *bio oil* dari mikroalga dimulai dari proses kultivasi, pemanenan, pengeringan dan pirolisis. Pirolisis merupakan penguraian biomassa karena panas pada suhu lebih dari 150 °C. Hasil proses pirolisis ini berupa cairan, gas, dan padatan.

Kata Kunci : *bio oil*, mikroalga, pirolisis.

PENDAHULUAN

Sumber energi terbarukan sangat dibutuhkan untuk memberikan alternatif sumber energi yang ramah lingkungan, dapat mengurangi dampak sosial, memiliki harga yang lebih murah dan merupakan sumber terbarukan sehingga dapat digunakan dalam jangka waktu yang panjang. Berbagai sumber energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan diantaranya adalah energi yang dihasilkan biomassa dari mikroalga.

Kegunaan dan nilai komersial dari mikroalga untuk kepentingan industri telah cukup lama diketahui. Sejak tahun 1940 penelitian dan pengembangan secara intensif telah dilakukan di beberapa negara, baik dalam skala laboratorium maupun lapang. Mikroorganisme fotosintetik ini telah digunakan untuk memproduksi biomassa, memproduksi sumber energi, produksi berbagai produk bermanfaat, bioakumulasi senyawa tertentu serta berbagai proses biotransformasi. Produk yang dihasilkan oleh mikroalga sebagian besar bersifat ekstraselular, yang berasal dari metabolit sederhana hingga antibiotik kompleks, toksin, pigmen serta sejumlah produk bermanfaat lainnya.

Selain sebagai bahan hasil pertanian dan makanan, mikroalga dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan berbagai jenis bahan bakar hayati diantaranya metana melalui proses pencernaan anaerobik biomasanya, biodiesel dari turunan minyak nabatnya dan biohidrogen dari proses fotosintesisnya (Kawaroe, 2010). Tujuan penggunaan mikroalga untuk diproduksi sebagai biofuel diantaranya adalah untuk energi non karbon seperti gas hidrogen dari biomassa mikroalga dan sebagai sumber energi terbarukan dari konversi biomassa mikroalga menjadi bahan bakar cair. Selain itu biomassa mikroalga juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku penghasil *bio oil*. Dari kelima energi alternatif yang dapat dihasilkan oleh

mikroalga, *Bio oil* merupakan salah satu energi alternatif yang memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut. Produksi *bio oil* sangat menguntungkan karena dengan konversi *bio oil* maka akan didapatkan produk berupa bahan bakar, misalnya: biokerosene, biodiesel dan lain-lain. *Bio oil* terdiri dari unsur karbon, hidrogen, dan oksigen dengan sedikit kandungan nitrogen dan sulfur. Hanya saja kandungan dari nitrogen dan sulfur dalam *bio oil* dapat dihilangkan (tidak begitu berarti). Komponen organik terbesar dalam *bio oil* adalah lignin, alkohol, asam organik, serta karbonil. Karakteristik yang dimiliki *bio oil* tersebut menjadikan *bio oil* sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan. Selain itu, *bio oil* mempunyai nilai bakar yang lebih besar dibandingkan dengan bahan bakar oksigen lainnya (seperti metanol) dan nilainya hanya lebih rendah sedikit dibandingkan dengan diesel dan *light fuel oil* lainnya (Hambali, 2007).

Menurut Demirbas (2010), *bio oil* dari mikroalga memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dari biomassa lainnya dan dapat menghasilkan energy sebesar 39,7 MJ/kg. Pengembangan *bio oil* dapat menjadi substitusi posisi bahan bakar hidrokarbon dalam penggunaan di industri, seperti untuk mesin pembakaran, boiler, mesin diesel statis, dan gas turbin. *Bio oil* sangat efektif digunakan sebagai pengganti diesel, *heavy fuel oil*, *light fuel oil*, serta dapat digunakan pada berbagai jenis boiler.

Bio oil adalah bahan bakar cair atau gas yang terbuat dari biomassa seperti pertanian limbah perkotaan, produk sampingan pertanian dan kehutanan melalui proses biokimia atau termokimia. *Bio oil* dari mikroalga memiliki kandungan energi yang tinggi berasal dari biomassa dengan pemanasan cepat dalam reaktor pirolisis yang diikuti dengan pendinginan. Hasil samping produksi *bio oil* adalah arang dan gas yang dapat digunakan kembali sebagai pemanas pada reaktor

pirolisis dan dapat sebagai produk selain *bio oil* yang dihasilkan. *Bio oil* dapat digunakan pada mesin kendaraan sebagai bahan bakar alternatif sebagai campuran atau digunakan keseluruhan.

TEKNOLOGI PROSES

Proses produksi *bio oil* dengan berbagai alternatif proses dan bahan baku dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Alternatif Proses Produksi Bio Oil dari Berbagai Macam Bahan Baku

No.	Alternatif Energi	Proses	Yield	Bahan	Produk
1.	Rancang Bangun Alat Pirolisis Untuk Pembuatan Asap Cair dengan Memanfaatkan Limbah Tempurung Kelapa (Harahap, 2011)	1. Pengecilan Ukuran 2. Pirolisis	41,07%	Tempurung Kelapa	<i>Bio oil</i>
2.	Algae Energy (Demirbas,2010)	1. Kultivasi mikroalga 2. Pemanenan mikroalga 3. Pirolisis cepat suhu 452 – 502°C	55,3 %	<i>Chlorella protothecoides</i>	<i>Bio oil</i>
3.	Pra Rancangan Pabrik Pembuatan <i>Bio oil</i> dari Batang Jagung dengan <i>Fast Pirolisis</i> dengan Kapasitas Produksi 2250 Ton/Tahun (Sinaga, 2012)	1. Pengecilan Ukuran 2. Penyaringan 3. Pirolisis suhu 480°C 4. Pemisahan	34,23 %	Tongkol Jagung	<i>Bio oil</i>
4.	Pirolisis Limbah Pelepah Kelapa Sawit Menjadi <i>Bio-oil</i> Menggunakan Katalis Lempung Cengar (Amelia, 2012)	1. Pencucian 2. Pengeringan 3. Pengecilan Ukuran 4. Penyaringan 5. Pirolisis suhu 320°C	39,31 %	Limbah Pelepah Kelapa Sawit	<i>Bio oil</i>
5.	Konversi Kulit Pinus menjadi <i>Bio oil</i> dengan Metode Pyrolisis Menggunakan Katalis CoMo/NZA (Natural Zeolit deAluminated) (Asril,2012)	1. Pengeringan 2. Pengecilan Ukuran 3. Pirolisis Suhu 320°C	51,76 %	Kulit Pinus	<i>Bio oil</i>

Tahapan Kultivasi Fotobioreaktor

Tahapan pertama yang dilakukan pada proses pembuatan *bio oil* dari mikroalga yaitu tahap kultivasi menggunakan fotobioreaktor (sistem tertutup). Tujuan penggunaan sistem tertutup pada tahapan kultivasi yaitu agar lebih mudah mengontrol kondisi lingkungan dibandingkan menggunakan sistem terbuka berupa bak - bak atau kolam. Keuntungan menggunakan fotobioreaktor ini yaitu mempercepat pertumbuhan alga dan meningkatkan efisiensi serta kemampuan menghasilkan minyak dari mikroalga. Proses kultivasi mikroalga berlangsung selama 10 hari.

Media yang digunakan adalah air laut dengan diperkaya CO₂ sebesar 5%. Gas CO₂ dialirkan kedalam reaktor melalui sistem tertutup dengan menggunakan *air distribution* berpori halus. Suhu optimum perkembangbiakan dan pertumbuhan berkisar antara 23 - 30°C dan pH 6-7. Sumber cahaya untuk penyinaran digunakan cahaya matahari dari pukul 06.00 - 18.00.

Tahapan Pemanenan

Pemanenan mikroalga dilakukan pada saat mikroalga melalui fase stasioner dalam pertumbuhannya, pada saat mikroalga mencapai konsentrasi 10⁷ sel/ml. Pemanenan mikroalga bertujuan untuk memperoleh biomassa mikroalga secara optimal. Teknik pemanenan mikroalga yang digunakan yaitu teknik filtrasi. Filtrasi merupakan cara pemanenan yang terbukti paling efektif dibandingkan dengan teknik pemanenan yang lain. Metode pemisahan ini menggunakan media yang sekaligus menahan pbatan padat sehingga kedua komponen ini dapat terpisah. Proses filtrasi memerlukan tekanan untuk mendorong cairan melewati media filter. Tekanan yang digunakan pada proses ini adalah gravitasi. Dengan menggunakan teknik ini efisiensi waktu pemanenan dapat diperbaiki dan mikroalga hasil panen dapat digunakan sebagai bibit

untuk kultivasi selanjutnya (Kawaroe *et al*, 2010).

Tekanan yang digunakan pada membrane mikrofiltrasi ini adalah 1 atm dengan laju alir 1,7 m/detik, membrane mikrofiltrasi berupa *conveyor* sebesar 145 l/m² jam serta suhu pada suhu ruang.

Tahapan Pengeringan

Tujuan pengeringan mikroalga adalah untuk menurunkan kadar air dari 50% - 55% menjadi 10 %- 12 %. Ada beberapa cara pengeringan yakni dengan sinar matahari. Caranya adalah mikroalga dtebarkan di area penjemuran di bawah sinar matahari langsung. Pada proses ini menggunakan alat pengering untuk mengurangi penggunaan tenaga manusia, terutama pada musim hujan yaitu dengan memanfaatkan aliran udara yang dipanaskan untuk menurunkan kandungan air di dalam mikroalga dengan panas pengeringan sekitar 100 °C - 200 °C, sehingga kadar air turun menjadi 10 % - 12 %. Proses perpindahan panas yang terjadi adalah secara konduksi dan konveksi. Udara bergerak melintasi tumpukan mikroalga setelah terlebih dahulu melewati penukar panas. Alat pengering dapat digunakan setiap saat dan dapat diatur suhunya sesuai dengan kadar air yang diinginkan. Cara ini lebih baik karena tidak tergantung cuaca dan bahan bakar lebih sedikit.

Tahapan Fast Pyrolysis

Mikroalga yang telah kering akan di masukkan ke dalam reaktor dengan menggunakan *belt-conveyor*. Proses selanjutnya pada produksi *bio oil* adalah *fast pyrolysis* yang merupakan dekomposisi termal dari komponen organik tanpa adanya oksigen dalam prosesnya untuk menghasilkan cairan, gas, dan arang. Cairan yang dihasilkan ini lebih lanjut dikenal sebagai *bio oil*. Rendemen cairan tertinggi yang dapat dihasilkandari prose *fast pyrolysis* berkisar 78 % dengan lama pemanasan 2 detik, suhu 480 °C, dan proses kondensasi yang cepat terjadi pada

akhir proses. Kondensasi yang cepat sangat penting untuk memperoleh produk dengan berat molekul tinggi sebelum akhirnya terkonversi menjadi senyawa gas yang memiliki berat molekul rendah. Proses *fast pyrolysis* terjadi di dalam reaktor pirolisis.

Reaktor *fast pyrolysis* yang digunakan yaitu tipe *Fluidized Bed*, dimana pemasukan biomassa mikroalga dari samping (*sidefeeding*), gas N₂ dari bagian bawah. Gaya dorong dari gas N₂ akan setimbang dengan gaya gravitasi sehingga mikroalga dalam keadaan mengambang pada saat terjadi proses pyrolysis. Tekanan yang digunakan pada proses ini kurang lebih 5 atm. Di dalam reaktor terjadi proses *fast pyrolysis* dengan kondisi operasi yaitu suhu 480 °C dan tekanan 4 atm.

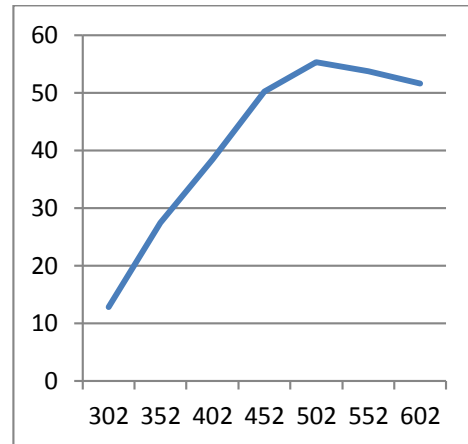
Pirolisis menghasilkan cairan berupa *bio oil* sebagai rendemen, arang sebagai sisa reaksi dan gas yang tidak terkondensasi. Proporsi ketiganya sangat tergantung dari parameter reaksi dan teknik pirolisis yang digunakan. Hasil penelitian Demirbas (2010) menunjukkan adanya hubungan antara suhu pirolisis dengan rendemen *bio oil* mikroalga yang dihasilkan.

Tabel 2. Pengaruh Suhu Terhadap Rendemen *Bio oil* Mikroalga

No.	Suhu (°C)	Rendemen (%)
1	302	12,8
2	352	27,4
3	402	38,4
4	452	50,2
5	502	55,3
6	552	53,7
7	602	51,6

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat hasil pirolisis menunjukkan peningkatan jumlah rendemen seiring dengan peningkatan suhu. Jumlah *bio oil* meningkat dari suhu 302°C hingga menghasilkan *bio oil* terbanyak pada suhu

502°C, kemudian mengalami penurunan pada suhu 552°C dan suhu 602°C. Pada suhu 552°C, rendemen *bio oil* menurun karena dengan peningkatan suhu yang lebih tinggi akan terjadi pemecahan kedua terhadap uap yang dominan sehingga menurunkan rendemen cairan yang dihasilkan dan meningkatkan jumlah gas yang dihasilkan.



Gambar 1. Grafik Pengaruh suhu terhadap rendemen *bio oil*

Dari grafik diatas memperlihatkan bahwa perlakuan optimum berada pada daerah puncak untuk variable suhu 502°C. Semakin turun posisinya dari puncak, perlakuan yang dilakukan yaitu suhu semakin jauh dari nilai optimum. Suhu optimum sebanding dengan rendemen *bio oil* terbanyak yang dihasilkan yaitu pada suhu 502°C. Ketika suhu optimum untuk suhu telah tercapai, rendemen mulai menurun yang direfleksikan sebagai bentuk puncak yang agak melengkung.

Tahapan Pemisahan

Keluaran dari reaktor *fast pyrolysis* yaitu berupa gas yang dapat dikondensasi, gas yang tidak dapat dikondensasi dan padatan arang selanjutnya akan diteruskan ke *cooler* tujuannya untuk menurunkan suhu dari 480 °C menjadi 195°C dan tekanan dari 4 atm menjadi 1,8 atm dengan bantuan air pendingin pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm. Kemudian keluaran dari *cooler* akan di teruskan ke *cyclone*.

Di *cyclone* arang dipisahkan dari gas yang dapat dikondensasi dan gas yang tidak dapat dikondensasi. Pemisahan tersebut terjadi karena pengaruh gaya gravitasi. Arang tersebut dikeluarkan dari bagian bawah *cyclone* dan di tampung di penampungan arang sedangkan gas yang dapat dikondensasi dan gas yang tidak dapat dikondensasi keluar dari atas dan di teruskan ke kondensor. Di dalam kondensor suhu diturunkan dari 195 °C menjadi 35 °C dan gas yang dapat dikondensasi akan dikondensasikan menjadi *bio oil* sedangkan gas yang tidak dapat dikondensasi akan diteruskan ke *combuster* yang berguna sebagai bahan bakar. Hasil kondensasi akan dipisahkan di dalam *Knock Out Drum*. *Bio oil* yang terbentuk akan keluar dari bawah dan di pompakan ke tangki penampungan *bio oil*.

KESIMPULAN

Mikroalga memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai energi alternatif terutama *bio oil* melalui proses pirolisis. Bahan bakar nabati (BBN) berupa *bio oil*, merupakan alternatif untuk menyelesaikan masalah ketersediaan bahan bakar yang saat ini masih tergantung pada bahan bakar minyak (BBM).

DAFTAR PUSTAKA

- Amelisa, Tika, Syaiful Bahri, Yusnimar. 2012. Pirolisis Limbah Pelepah Kelapa Sawit Menjadi *Bio-oil* Menggunakan Katalis Lempung Cengar. Program Studi Teknik Kimia. Universitas Riau, Pekanbaru.
- Asril, Defriano. 2012. Konversi Kulit Pinus menjadi *Bio oil* dengan Metode Pyrolisis Menggunakan Katalis CoMo/NZA (Natural Zeolit deAluminated). Program Studi Teknik Kimia. Universitas Riau, Pekanbaru.
- Demirbas, Ayhan dan M. Fatih Demirbas. 2010. *Alga Energy*. Springer-Verlag London Limited
- Hambali, E. 2007. *Teknologi Bioenergi*, Jakarta: AgroMedia
- Harahap, Henri Saputra. 2011. Rancang Bangun Alat Pirolisis Untuk Pembuatan Asap Cair dengan Memanfaatkan Limbah Tempurung Kelapa. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Kumar, P., Suseela, M.R. & Toppo, K., 2011. Physico-Chemical Characterization of Algal oil: a Potential Biofuel. *Applied Sciences*, 2(3), pp.493-497.
- Perry, R.H. and D.W. Green, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 7th Edition, McGraw Hill Companies Inc., United States of America, 1997.
- Sinaga, Elna Eliana. 2012. Pra Rancangan Pabrik Pembuatan *Bio oil* dari Batang Jagung dengan *Fast Pyrolysis* dengan Kapasitas Produksi 2250 Ton/Tahun. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Vashishta, B.R., 1979. *Botany Part: Algae*, 8thed. S.Chand & Company Ltd, New Delhi.