



Analisis Pengaruh Variasi Massa Terhadap *Yield* dan Kualitas Bio Oil Menggunakan Biomassa Duckweed Pada Proses Pirolisis

Muhammad Abdul Harits¹, Adi Syuriadi², dan Isnanda Nurikasari³

1Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

*Corresponding author E-mail address: adi.syuriadi@mesin.pnj.ac.id

Abstrak

Pemanasan global dan peningkatan emisi gas rumah kaca akibat penggunaan bahan bakar fosil menuntut pengembangan sumber energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan. Salah satu sumber energi terbarukan yang menjanjikan adalah bio-oil, yang dapat diproduksi melalui proses pirolisis dari biomassa. Penelitian ini dilakukan untuk memahami bagaimana variasi jumlah biomassa duckweed mempengaruhi hasil dan kualitas bio-oil yang dihasilkan melalui proses pirolisis. Duckweed dipilih karena ketersediaannya yang melimpah dan potensinya sebagai sumber energi terbarukan. Dalam penelitian ini, biomassa duckweed diuji dengan tiga variasi massa yang berbeda, yaitu 500 gram, 800 gram, dan 1100 gram pada suhu pirolisis 500°C. Hasilnya menunjukkan bahwa semakin besar massa biomassa yang digunakan, semakin banyak gas yang dihasilkan, namun justru mengurangi jumlah bio-oil dan bio-char yang dihasilkan. Misalnya, yield bio-oil tertinggi sebesar 14% ditemukan pada massa 500 gram. Penelitian ini memberikan wawasan penting tentang cara mengoptimalkan produksi bio-oil dan bio-char dari duckweed yang dapat membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mendukung penggunaan energi terbarukan.

Kata Kunci: Biomassa, Pirolisis, Duckweed, Bio-Oil, Energi Terbarukan.

Abstract

Global warming and the increase in greenhouse gas emissions due to fossil fuel usage demand the development of more environmentally friendly renewable energy sources. One promising renewable energy source is bio-oil, which can be produced through the pyrolysis process of biomass. This study aims to understand how varying the amount of duckweed biomass affects the yield and quality of bio-oil produced through pyrolysis. Duckweed was selected due to its abundant availability and potential as a renewable energy source. In this research, duckweed biomass was tested with three different mass variations: 500 grams, 800 grams, and 1100 grams at a pyrolysis temperature of 500°C. The results indicate that larger biomass masses produce more gas but reduce the yield of bio-oil and bio-char. For instance, the highest bio-oil yield of 14% was found with a biomass mass of 500 grams. This study provides important insights into optimizing bio-oil and bio-char production from duckweed, which can help reduce reliance on fossil fuels and support the use of renewable energy.

Keywords: Biomass, Pyrolysis, Duckweed, Bio-Oil, Renewable Energy.

1. PENDAHULUAN

Energi bahan bakar telah menjadi salah satu kebutuhan awal manusia khususnya masyarakat Indonesia. Saat ini masih banyak energi bahan bakar yang berasal dari fosil. Secara umum dapat dilihat salah satu dampak energi fosil yang digunakan untuk bahan bakar yaitu pencemaran udara yang berkontribusi terhadap pemanasan di seluruh dunia. Mayoritas pembangkit listrik menggunakan batubara, membuat sumber daya ini menjadi peran yang sangat penting dalam menjamin pemenuhan dan ketersediaan energi bagi sektor industri, rumah tangga. Lebih dari 70% produksi batubara Indonesia yang dialokasikan untuk pemakaian sekitar digunakan untuk pembangkit listrik [1].

Penggunaan energi fosil yang semakin tinggi menyebabkan kenaikan emisi gas rumah kaca sehingga iklim menjadi tidak stabil serta meningkatnya suhu bumi dan permukaan air laut (Pertamina, 2020). Indonesia juga sangat kosen terhadap pengembangan penggunaan Energi Baru Terbarukan (EBT). Terbukti pada Peraturan Pemerintah No. 79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) dan Peraturan Presiden No. 22 tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) memiliki target penggunaan EBT pada tahun 2025 dan 2050 masing masing sebesar 23% dan 31% dari total kebutuhan energi nasional. Akan tetapi sampai tahun 2020 realisasi pangsa EBT baru mencapai 11,31% [2].

Green fuel ini nantinya bisa di gunakan oleh kalangan masyarakat. Oleh karena itu, akan dilakukan optimasi alat pirolisis, Sedangkan untuk peningkatan jumlah bio-oil adalah dengan mengoptimalkan panas di reaktor dengan cara penambahan glasswool di sisi reaktor dan pengaturan aliran gasnya. Pirolisis agar ini bisa dibuat massal , tentu perlu ditambahkan kemampuannya dalam mengolah berbagai limbah biomassa menjadi bahan bakar hijau. Limbah yang akan di uji coba adalah duckweed, karena pasokan biomassa terbarunya melimpah, dan emisi gas rumah kaca juga lebih sedikit. Kegiatan penelitian metode pirolisis dengan menggunakan tanaman air Duckweed atau mata lele sebagai bahan baku. yang mencakup proses dari reaktor pirolisis, proses pembakaran dan Pirolisis Duckweed [3].

Duckweed merupakan salah satu jenis tanaman air family Lemnaceae yang dikenal sebagai gulma air. Famili Lemnaceae terdiri dari 4 genera yaitu Lemna, Spirodella, Wolffia, Wolfiaella [5][6]. Tanaman ini merupakan salah satu jenis tanaman air yang pertumbuhannya sangat cepat. Biomassa duckweed ini dapat bertambah dua kali lipat dalam waktu seminggu tergantung pada kondisi suhu dan ph ideal serta cahaya dan nutrisi yang cukup. Kandungan protein pada duckweed adalah 25–45% (berdasarkan presentase berat kering), kandungan nitrogen yang tinggi juga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik untuk peningkatan kesuburan tanah dan hasil tanaman[4]. Adapun tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi massa biomassa terhadap *yield* produk bio-oil dan bio-char dari hasil pirolisis menggunakan biomassa duckweed

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 2 metode yaitu menggunakan metode eksperimen dan komperatif. Menurut Solso & MacLin (2002) penelitian eksperimen merupakan metode yang didalamnya akan ditemukan satu variable untuk mempelajari sebab dan akibat. Sedangkan Menurut Sugiyono (2017) penelitian komparatif merupakan suatu metode dalam penelitian yang dilakukan dengan cara membandingkan dua atau lebih variable. Dalam penelitian ini variable bebas merupakan biomassa Duckweed sedangkan variable terikat yang meliputi *yield* produk, densitas, dan viskoitas bio-oil. Dan variable tetap yang dikendalikan selama penelitian meliputi suhu pirolisis dan jenis biomassa yang diggunakan.

Metode pengambilan sampel pada penelitian ini terkait data analisa kinerja dari biomassa duckweed yang di jadikan untuk bio-oil dan bio-chart. Yang di tentukan dengan cara menggunakan eksperimen langsung. Sampel yang di butuhkan adalah [7]:

- 1.) Hasil pembakaran dari pengujian pirolisis dengan menggunakan biomassa Duckweed yaitu bio-oil dan bio-char.
- 2.) Sampel Bio-oil yang sudah di ambil setelah itu dapat di uji laboratorium fisika untuk menentukan viskositas, densitas pada bio-oil.

Metode pengumpulan data yang digunakan untuk penelitian ini berasal dari data penelitian yang di kerjakan yaitu kinerja sistem pyrolisis yang menggunakan biomassa duckweed. Yang di mana duckweed di keringkan terlebih dahulu dengan menggunakan sinar matahari selama 3-5 hari. Setelah dikeringkan maka duckweed bisa digunakan untuk pembakaran di reaktor.

Metode analisa data yang digunakan untuk melakukan penelitian skripsi ini diawali dengan mengumpulkan data dan informasi terkait sistem pyrolysis untuk mencapai tujuan dari penelitian ini. Dalam hal ini, peneliti melakukan pengujian sebanyak tiga kali dengan metode pirolisis selama 1 jam dengan menggunakan massa biomassa yang berbeda beda yaitu 500 Gr, 800 Gr, dan 1100 Gr dan menggunakan suhu yaitu 500°C. Selama pengujian proses pirolisis mendapatkan data dan hasil dari perbedaan massa. Setelah alat pirolisis di matikan sampel dari biomassa duckweed yang berupa bio-oil dan bio-char bisa diambil dan langsung dianalisis berdasarkan viskositas, dan densitas dari masing-masing produk yang dihasilkan. Tujuan dilakukannya analisis ini adalah untuk mengetahui pada produk hasil pirolisis dari tumbuhan duckweed [8]. Untuk mendapat suhu yang sesuai peneliti menggunakan sensor thermocouple type K dan modul data logger yang menggunakan microcontroller arduino UNO untuk melakukan pengukuran suhu sensor thermocouple di letakan di satu titik pada alat pirolisis yang digunakan pada penelitian ini. Titik uji suhu terletak pada bagian reaktor.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh variasi massa biomassa terhadap yield produk bio-oil dan bio char dari hasil pirolisis menggunakan biomassa duckweed. Pengujian system kerja pirolisis yang menggunakan biomassa duckweed ini di ukur dengan menggunakan sensor thermocouple untuk mengukur suhu pembakaran biomassa di dalam reactor, semua data dapat tertampil dengan microcontroller arduino. Semua data dapat terekam langsung dengan Microsoft excel. Pengujian pada suhu 500°C dengan varian massa pada biomassa 500 gram, 800 gram dan 1100 gram. Dari hasil pengujian hasil pirolisis pada tanggal 5 & 8 agustus 2024 di PT After Oil Energi Utama didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 3.1 Hasil Pengujian Pirolisis dengan suhu 500°C dan massa biomassa yang berbeda

Temperatur pirolisis (°C)	Massa Biomassa (g)	Hasil Pirolisis	
		Bio Char	Bio Oil (mL)
500°C	500 g	90 g	70 mL
	800 g	115 g	95 mL
	1100 g	137 g	125 mL

Berdasarkan Tabel 3.1 dapat dilihat bahwa pengujian sebanyak 3 kali dapat mengalami kenaikan seiring meningkatnya massa duckweed yang berbeda yaitu :

Pada pengujian suhu 500 dengan variasi massa biomassa duckweed menghasilkan bio-oil dan bio-char yang meningkat seiring dengan peningkatan massa biomassa duckweed. Namun peningkatan massa biomassa duckweed juga menghasilkan peningkatan yield gas yang menunjukkan perubahan distribusi produk pirolisis. Yang dapat dilihat pada tabel 4.2.

Contoh perhitungan dengan data suhu 500°C dan dengan biomassa 500 gram

A. Perhitungan Yield Bio-oil yang didapatkan pada massa biomassa 500 gram dengan suhu 500°C

$$Yield \ bio \ oil \ (%) = \frac{bio \ oil \ (gr)}{feed \ masuk \ reaktor \ (gr)} \times 100$$

$$Yield \ bio \ oil \ (%) = \frac{86,1gr}{500 \ gr} \times 100$$

$$Yield \ bio \ oil \ (%) = 17,22\%$$

B. Perhitungan Yield Bio-char yang di dapat pada massa biomassa 500 gram dengan suhu 500°C

$$Yield \ bio \ char \ (%) = \frac{bio \ char \ (gr)}{feed \ masuk \ reaktor \ (gr)} \times 100$$

$$Yield \ bio \ char \ (%) = \frac{90 \ gram}{500 \ gram} \times 100$$

$$Yield \ bio \ char \ (%) = 18\%$$

Massa Biomassa (gr)	Bio oil (% wt)	Bio Char (% wt)
	Temperatur °C	Temperatur °C
	500 °C	500 °C
Massa 500 gr	17,22 %	18 %
Massa 800 gr	14,72 %	14,7 %
Massa 1100 gr	14,21 %	12,45 %

Berdasarkan tabel 3.2 di atas menunjukkan hasil pirolisis biomassa pada varian massa biomassa bahwa yield bio-oil menurun seiring dengan peningkatan massa biomassa dari 17,22% pada massa 500 g menjadi 14,21% pada massa 1100 g. Dan yield pada bio-char juga menurun dari yang 18% menjadi 12,45%.

Analisis Pengaruh Massa terhadap Yield yang di hasilkan

Pada analisis ini dapat dilihat dari tabel 3.2 hasil perhitungan yield pada pengaruh massa biomassa duckweed terhadap hasil dari produksi pirolisis yang di mana mengalami penurunan pada bio-oil dan bio-char sedangkan pada hasil yield gas mengalami kenaikan.

A. Tren yield pada bio-oil yaitu:

1. Pada massa biomassa 500 g, yield bio-oil tercatat sebesar 17,22%, yang merupakan nilai tertinggi dengan massa biomassa duckweed yang lebih besar.
2. Pada massa biomassa 800 g, yield bio-oil mengalami penurunan menjadi 14,72%
3. Pada massa biomassa 11000 g, yield bio-oil menurun lebih lanjut hingga mencapai 14,21 %

Penurunan ini bisa terjadi karena mekanisme reaksi pirolisis yang cenderung lebih kompleks dan melibatkan banyak reaksi sekunder pada massa biomassanya yang lebih besar. Pada massa yang lebih besar, waktu tinggal uap yang lebih panjang didalam reaktor pirolisis bisa memicu reaksi sekunder yang mengubah senyawa cair menjadi gas.

Selain itu peningkatan massa biomassa menyebabkan distribusi panas yang tidak merata didalam reaktor, yang dapat mengurangi efisiensi konversi biomassa menjadi bio-oil. Hal ini berarti sebagian senyawa yang seharusnya dapat berkontribusi dalam pembentukan bio-oil malah terkonversi menjadi produk yang berupa gas.

B. Tren yield bio-char

Pada tren yield bio-char dapat dilihat di tabel 4.2 mengalami penurunan seiring bertambahnya massa biomassa duckweed. Yang di mana pada massa :

1. 500 g, yield bio-char tercatat sebesar 18% yang merupakan nilai tertinggi diantara massa yang di uji.
2. 800 g, yield bio-char yang menurun menjadi 14,7% dan pada massa
3. 1100 g, yield bio-char mengalami penurunan yang lebih jauh yaitu menjadi 12,45%

Penurunan ini bisa terjadi karena dekomposisi lebih lanjut dari bio-char pada massa yang lebih besar, dimana peningkatan suhu lokal dan waktu tinggal menyebabkan bio-char yang terbentuk mengalami dekarbonisasi lebih lanjut dan berubah menjadi gas. Semakin besar massa biomassa duckweed semakin sulit bagi panas untuk menjangkau seluruh bagian biomassa secara merata, sehingga bagian dalam biomassa cenderung menghasilkan lebih sedikit bio-char Selain massa yang lebih besar cenderung menyebabkan penumpukan pada produk gas di dalam reaktor. Yang dapat mengakibatkan peningkatan tekanan gas dan mendorong lebih banyak konversi dari bentuk cair dan padat ke gas.

Berdasarkan analisis ini massa biomassa duckweed yang lebih kecil yaitu 500 g menghasilkan yield bio-oil dan bio-char yang lebih tinggi dan menjadikannya lebih optimal jika tujuan utamanya untuk memproduksi hasil pirolisis yang berupa bio-oil dan bio-char. Sedangkan pada massa biomassa duckweed yang lebih besar yaitu 1100 g dapat menghasilkan lebih banyak gas yang bisa diinginkan dalam aplikasi dimana gas dapat digunakan sebagai bahan bakar atau gas tersebut dapat dimanfaatkan dalam proses lain.

Untuk optimasi produksi bio-oil, massa biomassa yang lebih kecil seperti 500 g lebih disarankan. Tapi jika efisiensi energi keseluruhan dari sistem pirolisis lebih diutamakan atau jika gas yang dihasilkan dapat dimanfaatkan, maka massa biomassa yang lebih besar akan lebih cocok. Pemeliharaan massa biomassa harus mempertimbangkan tujuan akhir penggunaan produk pirolisis, baik sebagai bio-oil, bio-char, atau gas, supaya dapat mencapai hasil yang paling efisien dan sesuai dengan kebutuhan.

Berikut ini adalah beberapa hal yang perlu diperhatikan oleh penulis dalam mempersiapkan makalah yang Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, dengan hasil kesimpulan seperti dibawah ini :

1. Pengaruh Variasi Massa Biomassa terhadap Yield Produk Pirolisis:

Variasi massa biomassa duckweed yang digunakan dalam proses pirolisis memiliki pengaruh signifikan terhadap yield (hasil) produk bio-oil dan bio-char. Secara umum, peningkatan massa biomassa menghasilkan peningkatan yield produk gas dan penurunan yield bio-oil dan bio-char. Contohnya, massa biomassa 500 gram menghasilkan yield bio-oil sebesar 14% dan yield bio-char sebesar 18%, sedangkan pada massa 1100 gram, yield bio-oil menurun menjadi 11,36% dan yield bio-char menjadi 12,45%. Hal ini menunjukkan bahwa massa biomassa yang lebih kecil lebih optimal untuk produksi bio-oil dan bio-char.

REFERENSI

- [1] P.P.E.Outlook,“NoTitle.”[Online].Available:
<https://www.pertamina.com//Media/File/Pertamina-Energi-Outlook-2020>
- [2] PP No. 79, “PP No. 79 Thn 2014.pdf.” pp. 1–36, 2014.
- [3] S. P. Terapan, “2.2 : Format Substansi Proposal Penelitian Terapan,” 2016.
- [4] K. Ridhuan, Y. A. Putra, and A. Arasyd, “Analisa Kinerja Ruang Bakar Reaktor Pirolisis menggunakan Bahan Bakar Biomassa dalam Menghasilkan Bioarang dan Asap Cair,” *SNPPM-2 (Seminar Nas. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masyarakat)*, vol. 2, no. 2013, pp. 207–215, 2020.
- [5] S. Sapril, A. T. Kusuma, A. Aswan, A. Zikri, and I. Hajar, “Pirolisis Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair Menggunakan Katalis Zeolit Teraktivasi,” *Publ. Penelit. Terap. dan Kebijak.*, vol. 5, no. 1, pp. 9–18, 2022, doi: 10.46774/pptk.v5i1.364.
- [6] K. Ridhuan, D. Irawan, and R. Inthifawzi, “Pyrolysis Combustion Process with Biomass Type and Characteristics of The Liquid Smoke Produced,” *Turbo*, vol. 8, no. 1, pp. 69–78, 2019.
- [7] Katur, “Donatus , dkk, Produksi dan Kandungan 745,” pp. 745–757.
- [8] R. Wulandari Putri, E. Nurisman, and Rahmatullah, “Produksi bio-oil dari limbah kulit durian dengan proses pirolisis lambat,” *J. Tek. Kim.*, vol. 25, no. 2, pp. 50–53, 2019.
- [9] J. Nasywa and K. Sa’diyah, “Pengaruh Jumlah Massa Umpan Sekam Padi Terhadap Kualitas Asap Cair Pada Proses Pirolisis,” *DISTILAT J. Teknol. Separasi*, vol. 8, no. 3, pp. 559–566, 2023, doi: 10.33795/distilat.v8i3.500.
- [10] E. Munarwan, “Karakteristik Bio-Oil Hasil Pirolisis Limbah Brem Dengan Variasi Temperatur,” *JTT (Jurnal Teknol. Terpadu)*, vol. 7, no. 1, pp. 23–28, 2019, doi: 10.32487/jtt.v7i1.552.