



# Analisis Nilai Kalor pada *Bio-Oil* Jenis Biomassa Limbah Kotoran Hewan dan Limbah Pressan Biji Nyamplung Hasil Pirolisis

Faisal Azizi Devitra<sup>1</sup>, Adi Syuriadi<sup>1\*</sup>, dan Isnanda Nuriskasari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

## Abstrak

*Bio-oil merupakan salah satu produk pirolisis yang dapat dijadikan bahan bakar minyak. Pada penelitian ini bio-oil diperoleh dari varian biomassa limbah kotoran hewan dan limbah pressan biji nyamplung dengan metode pirolisis. Pirolisis merupakan alternatif dalam mengubah suatu bahan organik menjadi beberapa produk dengan cara pemanasan tanpa menggunakan udara. Pada penelitian ini menggunakan dua varian bahan baku dalam membandingkan suatu nilai kalor yang diperoleh pada masing-masing produk bio-oil. Pirolisis dijalankan dengan waktu 2 jam dan massa pada bahan baku sebesar 7 kilogram. Setiap pengujian mendapatkan temperatur yang stabil di suhu 150 °C pada waktu satu setengah jam. Hasil dari kedua pengujian mendapatkan bio oil dengan masing-masing karakteristik yang berbeda. Hasil pengujian nilai kalor pada sampel bio-oil limbah kotoran hewan adalah 73,20 kal/g, sedangkan nilai kalor pada sampel bio-oil limbah pressan biji nyamplung adalah 8922 kal/g. Nilai kalor terbesar didapatkan oleh bio-oil dengan bahan limbah pressan biji nyamplung.*

*Kata-kata kunci: Bio-Oil, Biomassa, Pirolisis, Nilai Kalor*

## Abstract

*Bio-oil is one of the pyrolysis products that can be used as fuel oil. In this study, bio-oil was obtained from a variant of biomass from animal dung waste and nyamplung seed press waste using the pyrolysis method. Pyrolysis is an alternative to converting organic material into several products by heating without using air. In this study, two variants of raw materials were used to compare the calorific value obtained for each bio-oil product. Pyrolysis is carried out within a time of 2 hours and the mass of the raw material is 7 kilograms. Each test got a stable temperature at 150 °C for an hour and a half. The results of the two tests get bio-oil with different characteristics. The results of the calorific value test on the bio-oil sample of animal dung waste were 73.20 cal/g, while the calorific value of the bio-oil sample of nyamplung seed waste was 8922 cal/g. The greatest calorific value is obtained by bio-oil with nyamplung seed pressing waste material.*

*Keywords: Bio-Oil, Biomass, Pyrolysis, Calorific Value*

## 1. PENDAHULUAN

Saat ini kebutuhan Energi Baru Terbarukan sangat dicari untuk dikembangkan secara masif di Indonesia. Hal ini dikarenakan bukan karena hanya sumber energi yang mudah ditemukan namun karena varian yang beragam untuk dikonversi menjadi berbagai macam produk lainnya. Maka dari itu, saat ini pemerintah sedang berupaya dalam pemanfaatan biomassa sebagai pengganti batu bara yang masih digunakan disetiap pembangkit secara masif dengan capaian target bauran energi baru terbarukan pada tahun 2015. Namun berdasarkan data yang dikeluarkan oleh KESDM (Kementrian Energi Sumber Daya Mineral) mengenai pemanfaatan biomassa yaitu dalam rangka pengembangan biomassa yang akan dioptimalkan bersumber dari sampah dan biomassa dari tanaman energi. Biomassa yang berpotensi menghasilkan energi alternatif untuk dikonversi menjadi energi listrik dapat bersumber dari kelapa sawit, tebu, karet, kelapa, sekam padi, jagung, singkong, kayu, limbah ternak dan sampah kota dengan potensi yang terdata di seluruh wilayah Indonesia sebesar 31.654 Mwe dan kapasitas terpasang di PLT Bioenergi saat ini mencapai 1889,8 MW dengan jumlah kapasitas on grid sebesar 206.02 MW dan jumlah kapasitas off grid sebesar 1.683,78 MW [1].

Setiap biomassa memiliki karakteristik dan komposisi rantai senyawa yang berbeda tergantung daripada jenisnya. Sistem pirolisis dengan menggunakan biomassa tetap menghasilkan produk seperti percobaan pirolisis pada umumnya yaitu arang (*charcoal*), asap cair (*bio-oil*), dan gas (*syn gas*), namun pada hasil pirolisis dengan menggunakan biomassa lebih cenderung pada produk asap cair yang berwarna hitam dan mengandung karbon, hydrogen, dan oksigen [2]. Biomassa organik yang merupakan limbah dari hewan maupun tumbuhan semuanya berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi bahan bakar nabati. Hal ini dikarenakan limbah yang berasal dari tumbuhan maupun hewan memiliki beberapa keuntungan dari segi lingkungan, yaitu : peningkatan efisiensi energi, penghematan biaya, sampai mengurangi penimbunan sampah [3].

Dari beberapa penelitian sebelumnya, pirolisis dengan jenis bahan baku yang sering digunakan adalah seperti bahan anorganik yaitu sampah plastik dan seperti bahan organik yaitu serbuk kayu, kelapa sawit, tempurung kelapa, kayu mahoni dan lain-lain, namun penelitian ini justru memanfaatkan limbah kotoran hewan dan limbah biji nyamplung yang sebelumnya sudah dalam perlakuan *cold pressing* dengan mengekstrak minyak dari biji nyamplung menggunakan teknologi penekan dengan temperatur dingin [4]. Sedangkan limbah kotoran hewan merupakan feses padat yang berasal dari hewan [5]. Tulisan ini akan mengkaji karakteristik yang terukur dan nilai kalor pada *bio-oil* hasil proses pirolisis memakai limbah kotoran hewan (kambing) dan limbah pressan biji nyamplung sebagai bahan baku dalam proses pengujian pirolisis. Nilai kalor merupakan salah satu sifat terpenting yang perlu di teliti pada bahan bakar, ini dikarenakan nilai kalor menyatakan jumlah energi yang terkandung pada bahan bakar tersebut [6].

## 2. METODOLOGI

### Alat dan Bahan

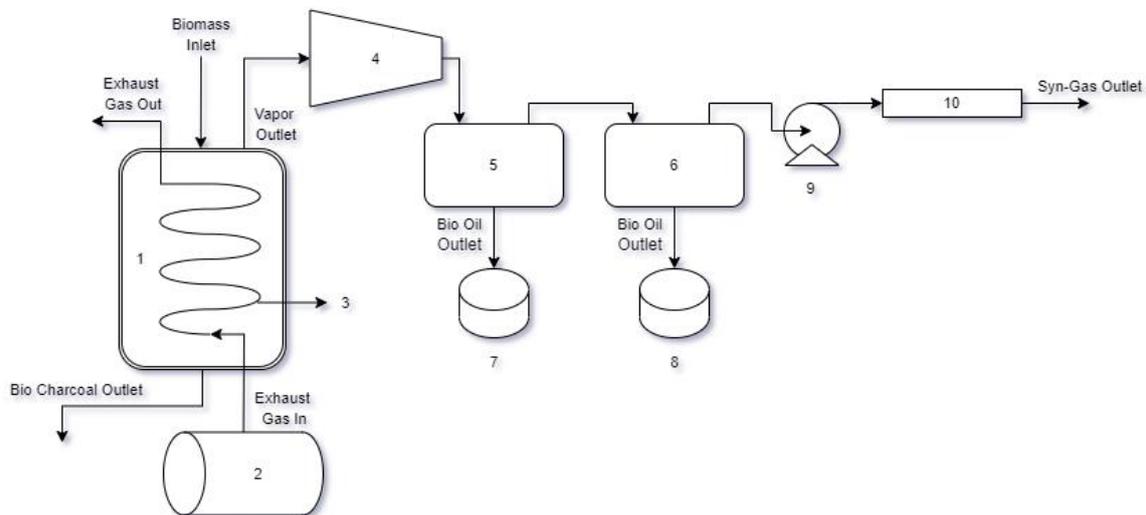
Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah kotoran hewan dan limbah pressan biji nyamplung, bahan ini yang nantinya akan digunakan sebagai bahan baku dalam proses pengujian eksperimental pirolisis.



Gambar 1. (a) Limbah Pressan Biji Nyamplung.; (b) Limbah Kotoran Hewan

Berdasarkan gambar 1.(a) Limbah pressan biji nyamplung merupakan bahan organik sisa dari biji nyamplung yang sebelumnya telah diproses untuk dikeluarkan minyaknya dengan cara *cold press*. *Cold pressed* atau pengepressan dingin yaitu cara untuk mengekstraksi minyak dari bahan baku menggunakan mesin hidraulik dengan tanpa pemanasan atau dimasak terlebih dahulu [7], hasilnya berbentuk serbuk yang sedikit padat dan menggumpal. Sedangkan limbah kotoran hewan pada Gambar 1.(b) berasal dari kotoran kambing yang sudah kering yang diperoleh dari peternakan kambing di PT. CCIT Group Indonesia. Dalam mempersiapkan bahan ini sebelum masuk kedalam reaktor pirolisis, dilakukannya pengeringan terlebih dahulu dengan menjemur bahan di bawah paparan sinar matahari selama kurang lebih 3 jam. Proses pengeringan dilakukan untuk menurunkan kadar air yang terkandung pada biomassa, hal ini bertujuan untuk meningkatkan nilai kalori dan mempercepat laju pemanasan pada saat proses pirolisis berjalan [8]. Setelah itu bahan baku dihancurkan sampai menjadi kecil kecil ataupun seperti serbuk.

Dalam penelitian ini menggunakan beberapa peralatan utama dan peralatan pendukung dalam sistem pirolisisnya. Berikut merupakan skema proses diagram alir alat pirolisis yang berada di PT.CCIT Group Indonesia.



Gambar 2. Skema proses diagram alir alat Pirolisis

Keterangan :

Peralatan Utama :

1. *Pyrolysis Reactor*
2. *Generator Set*
3. *Heating Element*
4. *Condensor*
5. *Fractionator Drum 1*
6. *Fractionator Drum 2*

Peralatan Pendukung :

7. *Bio-Oil Tank 1*

8. *Bio-Oil Tank 2*
9. *FD Fan*
10. *Filtration Pipe*
11. Dan beberapa peralatan pendukung lainnya seperti
  - *Screw Conveyor*, alat ini membantu dalam proses memasukan bahan baku kedalam reaktor pirolisis
  - *Fiber Ceramic Blanket*, sebagai lapisan insulasi reaktor pirolisis
  - *Thermocouple Type-K*, sebagai alat ukur temperature

Sistem Pirolisis ini menggunakan sistem teknologi *auger pyrolizer*, yaitu sistem teknologi pirolisis yang memakai *screw conveyor* didalam reaktor nya yang berfungsi untuk membantu jalan masuk nya bahan baku dan mengaduk bahan baku ketika sistem pirolisis sedang berjalan. Sistem teknologi *auger pyrolizer* berguna untuk menjalankan sistem pirolisis dengan pirolisis lambat sampai pirolisis menengah [9]. Bahan bakar yang digunakan berasal dari gas buang generator set, namun generator set juga memakai LPG (*Liquid Petroleum Gas*) sebagai bahan bakar utamanya.

### Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental komparatif, secara analisis. Metode ini bertujuan untuk menganalisa suatu karakteristik dari hasil produk dua jenis bahan baku biomassa yang berbeda (variasi jenis bahan baku biomassa) terhadap massa bio-oil yang dihasilkan dan nilai kalor pada masing masing karakteristik bio-oil nya.

Proses pirolisis dilakukan dengan memakai sumber panas yang berasal dari gas buang yang dikeluarkan dari generator set. Maka, temperature yang didapatkan terjadi secara fluktuatif dikarenakan sumber panas yang tidak stabil. Dalam menjaga proses kestabilan pada temperatur di reaktor pirolisis menggunakan pengaturan bukaan gas pada generator set.

Tabel. 1 Konsumsi Bahan Baku dan Bahan Bakar

No.	<i>Biomass Type</i>	<i>Temperature Stability (°C)</i>	<i>Fuel Type</i>
1	Limbah Kotoran Hewan (Kambing)	150-200	LPG ( <i>Liquid Petroleum Gas</i> )
2	Limbah Pressan Biji Nyamplung (Cold Press)		

Dalam beberapa penelitian sebelumnya, pada umumnya pirolisis cepat terjadi pada temperatur 250°C hingga 600°C, namun pada pengujian pirolisis ini kestabilan temperatur pada reaktor pirolisis dijaga hanya pada 150°C -200°C. Hal ini berkaitan pada penelitian [10] menyatakan bahwa penguraian dalam sistem pirolisis terjadi ketika panas pada reaktor mencapai suhu 150°C.

### Prosedur Penelitian

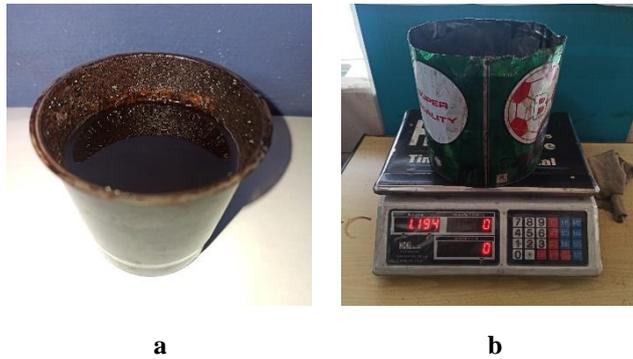
- 1) Setelah semua prosedur persiapan bahan baku sudah dilakukan, maka prosedur selanjutnya adalah memasukan bahan baku kedalam reaktor
- 2) Atur bukaan gas bahan bakar generator set dengan  $\frac{3}{4}$  bukaan
- 3) Lakukan pemanasan hingga temperatur pada reaktor masuk dalam suhu mencapai 150 - 200°C
- 4) Kontrol bukaan bahan bakar gas agar suhu reaktor stabil pada temperature diatas 150°C
- 5) Lakukan pemantauan hingga proses pirolisis berjalan selama 2 jam
- 6) Ambil produk berupa *bio-oil* dari *fractionator drum* dan tabung kondensor
- 7) Ukur massa *bio-oil* dengan menggunakan timbangan digital
- 8) Lakukan uji sampel pada produk *bio-oil* di Laboratorium

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Pengujian Pirolisis

Pengujian pirolisis yang dilakukan selama 2 jam menghabiskan sebanyak 1,6 kg bahan bakar (LPG) pada masing-masing pengujian. Temperatur maksimal dalam reaktor pirolisis didapati stabil pada suhu 150 °C pada waktu 1 ½ jam. Temperatur terukur dengan menggunakan *thermocouple* dan dipantau selama berjalannya pirolisis.

#### Produk *bio-oil* dari Limbah Kotoran Hewan (Kambing)



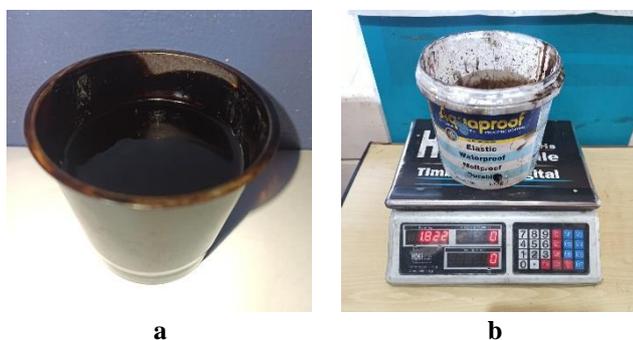
Gambar 3. (a) *bio-oil* hasil pirolisis limbah kotoran hewan dalam wadah bening; gambar (b) massa *bio-oil* terukur yang dihasilkan selama sistem pirolisis

Tabel. 2 Nilai Uji Kalor Limbah Kotoran Hewan

Hasil Pengujian Nilai Kalor <i>Bio-Oil</i>				
	Jenis Biomassa	CV (cal/g)	Delta T (°C)	Massa Sampel (gram)
1	Limbah Kotoran Hewan	73,20	0,034	0,71

Proses pirolisis dengan menggunakan limbah kotoran hewan menghasilkan massa dengan hasil timbang seberat 1194 gram. Dalam pengujian sampel *bio-oil* memakai metode ASTM D5865-13 dengan *initial temperature* pengujian berada pada 25,67 °C. Hasil uji sampel pada *bio-oil* memperoleh CV atau *calorific value* sebesar 73,20 cal/g dengan delta T pengujian sebesar 0,034 °C. Sampel pada *bio-oil* diperkirakan masih banyak terkandung air, hal ini dikarenakan sifat fisik dari kekentalan bio oil cenderung encer dan delta T terlalu kecil.

#### Produk *bio-oil* dari Limbah Pressan Biji Nyamplung (Cold Press)



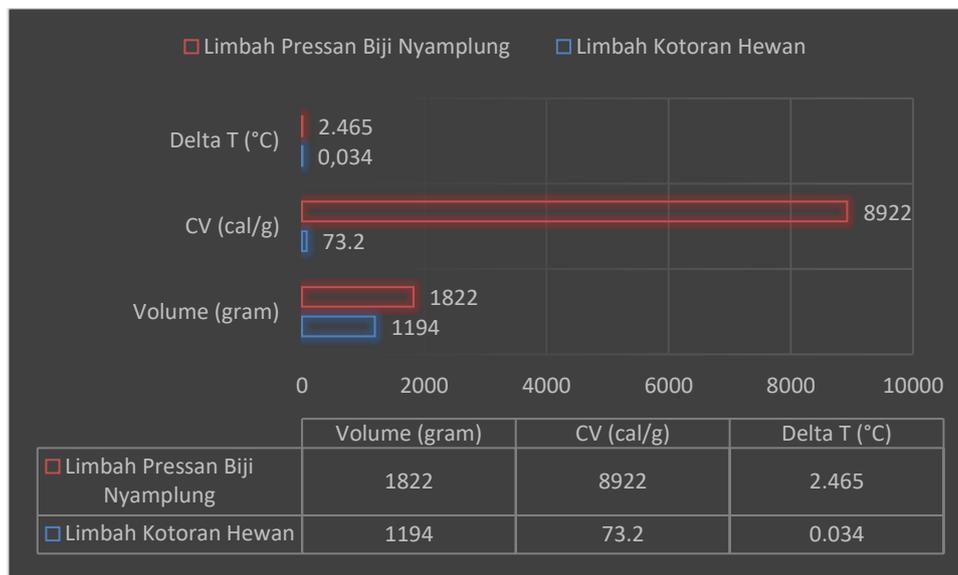
Gambar 4. (a) *bio-oil* hasil pirolisis limbah pressan biji nyamplung dalam wadah bening; gambar (b) massa *bio-oil* terukur yang dihasilkan selama sistem pirolisis

Tabel. 3 Nilai Uji Kalor Limbah Pressan Biji Nyamplung

Hasil Pengujian Nilai Kalor <i>Bio-Oil</i>				
	Jenis Biomassa	CV (cal/g)	Delta T (°C)	Massa Sampel (gram)
2	Limbah Pressan Biji Nyamplung	8922	2,465	0,71

Proses pirolisis dengan menggunakan limbah pressan biji nyamplung menghasilkan massa dengan hasil timbang seberat 1822 gram. Dalam pengujian sampel *bio-oil* memakai metode ASTM D5865-13 dengan *initial temperature* pengujian berada pada 25,74 °C. Hasil uji sampel pada *bio-oil* memperoleh CV atau *calorific value* sebesar 8922 cal/g dengan delta T pengujian sebesar 2,465 °C. Sifat fisik pada *bio-oil* ini terlihat kental dan berwarna hitam pekat.

#### Analisis Grafik Karakteristik Produk *Bio-Oil*

Gambar 5. Diagram bar karakteristik *bio-oil* dari hasil proses pirolisis

Pengujian eksperimental pirolisis telah menunjukkan hasil yang jauh berbeda antara kedua jenis biomassa, yaitu limbah kotoran hewan dengan limbah pressan biji nyamplung. Hal ini dibuktikan terhadap massa *bio-oil* yang dihasilkan sistem pirolisis selama 2 jam, dan sampel yang telah diuji untuk menganalisa nilai kalor yang terkandung pada kedua *bio-oil*. Terlihat pada gambar 3.a, *bio-oil* hasil pirolisis limbah pressan biji nyamplung terlihat lebih kental dan berwarna hitam pekat, sedangkan pada gambar 4.a *bio-oil* hasil pirolisis kotoran hewan terlihat encer dan berwarna hitam, hal ini dikarenakan kandungan air dalam bahan baku masih tinggi, sehingga mempengaruhi hasil daripada produk *bio-oil*.

Dalam pengujian sampel menunjukkan perbedaan hasil yang sangat signifikan, perbedaan juga diperkuat dari penjelasan diatas mengenai sifat fisik dari kedua *bio-oil* yang dihasilkan. Hasil uji pada sampel *bio-oil* limbah kotoran hewan memiliki nilai kalor dengan angka yang kecil yaitu 73,20 kal/g dengan perbedaan suhu pada titik bakar dengan *initial temperature* pada delta T sebesar 0,034. Sedangkan pada hasil uji sampel *bio-oil* limbah pressan biji nyamplung memiliki nilai kalor sebesar 8922 kal/g dengan perbedaan suhu pada titik bakar dengan *initial temperature* pada delta T sebesar 2,465. Hal ini membuktikan *bio-oil* dari limbah kotoran hewan memiliki nilai kalor yang sangat kecil dan jauh lebih kecil daripada nilai kalor *bio-oil* dari limbah pressan biji nyamplung. Hal ini dikuatkan dengan penelitian oleh [5] menyebutkan bahwa kotoran

kambing mengandung protein sebesar 36-57%, serat kasar sebesar 0,05-2,38%, kadar air 24-63%, kadar abu sebesar 5-17%, kadar Ca sebesar 0,9-5%, serta kadar P sebesar 1-1,9%.

Proses pirolisis pada limbah kotoran hewan dan limbah pressan biji nyamplung memiliki perlakuan pirolisis yang sama dari segi massa konsumsi bahan baku dan temperature operasi pada reaktor yaitu sebesar 150 °C hingga 200 °C. Namun menghasilkan perbedaan pada bentuk fisik, massa produk hasil dan nilai kalori yang jauh berbeda.

#### 4. KESIMPULAN

1. Massa terukur yang dihasilkan kedua pengujian sistem pirolisis selama 2 jam menghasilkan 1194 gram pada limbah kotoran hewan dan 1822 gram pada limbah pressan biji nyamplung.
2. Nilai kalor yang terkandung dari kedua *bio-oil* hasil pengujian sistem pirolisis menghasilkan angka sebesar 73,2 kal/g pada limbah kotoran hewan dan 8922 kal/g pada limbah pressan biji nyamplung.
3. Sifat bentuk fisik pada kedua *bio-oil* terlihat sedikit berbeda, pada *bio-oil* limbah kotoran hewan memiliki bentuk yang encer dan berwarna hitam, sedangkan pada *bio-oil* limbah pressan biji nyamplung memiliki bentuk yang kental dan berwarna hitam pekat. Dalam segi pengamatan dan analisa teoritis mengenai produk *bio-oil* hasil pirolisis limbah kotoran hewan memiliki bentuk yang cair dikarenakan kadar air yang terkandung pada kotoran hewan memiliki persentase yang terbilang cukup besar, yaitu 24% hingga 63%.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. CCIT Group Indonesia yang telah mendukung penelitian ini atas alat dan segi finansialnya dan juga staff ahli/ teknisi CCIT atas dukungannya dalam keikutsertaan dalam penelitian eksperimental ini. Penulis juga berterima kasih kepada Bapak Gun Gun atas dikusinya yang sangat bermanfaat.

#### REFERENSI

- [1] Humas EBTKE, "Optimalisasi Pemanfaatan Biomassa Pengganti Batubara," *Article Detail*, 2020. <https://ebtke.esdm.go.id/post/2020/06/11/2556/optimalisasi.pemanfaatan.biomassa.pengganti.batubara>.
- [2] 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.
- [3] L. Parinduri and T. Parinduri, "Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan," *JET (Journal Electr. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 88–92, 2020.
- [4] A. Syuriadi, "ANALYSIS OF THE EFFECT OF BIOMASS VARIANTS ( FISH WASTE , TAMANU WASTE AND DUCKWEED ) ON THE CHARACTERISTICS OF SYNGAS , BIO OIL , AND CARBON CHARCOAL PRODUCED IN THE PYROLYSIS PROCESS," pp. 41–46, 2022, doi: 10.15587/1729-4061.2022.253750.
- [5] R. Hairuddin and A. Arhami Edial, "Pengaruh pemberian pupuk organik cair kotoran kambing terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman seledri (*Apium graveolens L.*)," *J. Perbal*, vol. 7, no. 1, pp. 97–106, 2019.
- [6] B. Uripno, L. M. Kolopaking, R. M. Slamet, and ..., "Study on Involvement of Forest Village Community To Support Sustainable Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum L*) Biofuel ...," *J. Anal. ...*, vol. 62, pp. 105–115, 2014, [Online]. Available: <http://ejournal.forda-mof.org/ejournal-litbang/index.php/JAKK/article/view/660>.
- [7] A. Mayssara A. Abo Hassanin Supervised *et al.*, "Mengenal Istilah Minyak Cold Pressed Dan Keunggulannya Dibandingkan Minyak Refined," *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 2019. [https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/MT\\_Globalization\\_Report\\_2018.pdf%0Ahttps://eprints.lse.ac.uk/43447/1/India\\_globalisation%2C\\_society\\_and\\_inequalities%28lsero%29.pdf%0Ahttps://www.quora.com/What-is-the](https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/MT_Globalization_Report_2018.pdf%0Ahttps://eprints.lse.ac.uk/43447/1/India_globalisation%2C_society_and_inequalities%28lsero%29.pdf%0Ahttps://www.quora.com/What-is-the)
- [8] I. D. G. P. Prabawa, "Pengaruh Kadar Air Biomassa dan Suhu Proses terhadap Kualitas Biopellet dari Cangkang Buah Karet dan Bambu Ater (*Gigantochloa atter*)," vol. 10, no. 2, pp. 63–74, 2018.
- [9] F. Campuzano, R. C. Brown, and J. D. Martínez, "Auger reactors for pyrolysis of biomass and wastes,"

*Faisal Azizi Devitra, et al/Prosiding Semnas Mesin PNJ (2022)*

- Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 102, no. December 2018, pp. 372–409, 2019, doi:  
10.1016/j.rser.2018.12.014.
- [10] T. Novia, “Pengolahan Limbah Sampah Plastik Polythylene,” no. 4, pp. 33–41, 2021.