

Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Produksi Bio-Oil Bungkil Kemiri Sunan Menggunakan Reaktor Rotary Pirolisis

Yosua William Luhulima, I N. Suprpta Winaya, dan I G.N.P. Tenaya
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Seiring berjalannya waktu dan kemajuan teknologi, kebutuhan akan energi semakin melonjak tinggi sampai tak terkendali, akibatnya cadangan bahan bakar fosil di perut bumi semakin menipis. Maka dari itu pemerintah mulai mengembangkan biodiesel kemiri sunan agar bisa memenuhi kebutuhan manusia akan energi. Namun pengolahan biodiesel kemiri sunan dengan cara press/tekan menghasilkan limbah berupa bungkil kemiri sunan dimana dalam bungkil kemiri sunan ini masih memiliki kandungan minyak yang tidak dapat dikeluarkan melalui proses tekan/press tersebut. Salah satu cara untuk mengeluarkan minyak ini adalah dengan menggunakan proses pirolisis. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh putaran mesin terhadap massa minyak bio-oil (kondensat) melalui pirolisis rotary menggunakan material pasir besi. Melalui variasi putaran ini diharapkan agar massa kondensat yang dihasilkan akan semakin meningkat seiring dengan peningkatan putaran yang diberikan dan diharapkan pada pencampuran bahan bakar dengan bed material akan menghasilkan pemanasan yang lebih merata sehingga menghasilkan kondensat yang lebih banyak. Variasi yang digunakan adalah variasi putaran. Pada variasi putaran dilakukan pengoperasian yaitu 1600 rpm, 1800 rpm, 2000 rpm dan 2400 rpm. Kesimpulan hasil pengujian adalah hasil pirolisis dari putaran 2400 rpm lebih baik dan lebih efisien dibandingkan dengan putaran lainnya. Hal ini dikarenakan proses pemanasan yang lebih merata dapat membuat hasil gas menjadi lebih banyak sehingga kondensat yang dihasilkan menjadi meningkat serta arang yang dihasilkan juga menjadi lebih sedikit dan waktu yang dibutuhkan dalam proses menjadi lebih singkat.

Kata kunci: Putaran, pirolisis rotari, minyak bio-oil (kondensat)

Abstract

As time goes by and as technology advances, the need for energy is increasing out of control, as a result reserves of fossil fuels in the bowels of the earth are running low. Therefore, the government has begun to develop kemiri sunan biodiesel so that it can meet human needs for energy. However, processing kemiri sunan biodiesel by pressing produces waste in form of kemiri sunan cake, which still contains oil that cannot be further removed through the pressing process. One way to get this oil out is through the pyrolysis process. This study aims to determine the effect of rotation on the mass of bio-oil (condensate) through rotary pyrolysis using iron sand. Through this rotation variation it is expected that the resulting condensate mass will increase along with increase in rotation given and it is hoped that mixing the fuel with the bed material will produce a more even heating so that it produces more condensate. The variation used is rotation variation. At rotation variation, the reactor operation is carried out, namely at 1600rpm, 1800rpm, 2000rpm and 2400rpm. The conclusion from the test results data is that the pyrolysis results at 2400 rpm is better and more efficient than at other rotations. This is because a more even heating process can make the gas yield more abundant so that the resulting condensate increases and the charcoal produced is also reduced and the time needed in the process is shorter.

Keywords: Rotations, rotary pyrolysis, bio-oil (condensate)

1. Pendahuluan

Bahan bakar fosil memiliki sifat dan menjadi sumber utama yaitu tidak dapat terbarukan sehingga ketersediaannya akan semakin berkurang [1]. Pengembangan dalam mekanisme pembentukan minyak untuk menghasilkan pengganti bahan bakar fosil. Ketidakseimbangan antara pertumbuhan jumlah penduduk dan kemajuan teknologi yang mempengaruhi kebutuhan energi dengan ketersediaannya menjadi penyebab utama pengembangan bio-oil harus dilakukan [2].

Pengembangan bahan bakar biodiesel menjadi salah satu cara paling efektif. Biodiesel bisa dipergunakan sebagai pengganti bahan bakar diesel serta dapat digunakan pada motor diesel tanpa adanya banyak modifikasi, mengurangi emisi bahan bakar, mudah digunakan, dan dapat diperbaharui [3].

Kemiri sunan (*Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw) ialah tumbuhan yg mempunyai potensial menjadi penghasil bioenergi. Biji kemiri sunan diolah dengan cara pengepresan dan dapat menghasilkan dua produk yaitu minyak dan bungkil/ampas. Minyak yang dihasilkan dari hasil pengepresan diolah kembali sampai menjadi biodiesel, sedangkan untuk bungkil/ampas digunakan sebagai bahan dasar pembuatan pupuk [4]. Limbah bungkil kemiri sunan setelah melalui proses pengepresan sampai saat ini baru dimanfaatkan menjadi briket sebagai bahan bakar dan arang aktif [5]. Pada dasarnya bungkil kemiri sunan masih mengandung minyak, akan tetapi proses mekanis tidak mampu untuk mengekstraksinya, maka dari itu digunakannya proses pirolisis dan menghasilkan bio-oil dan ditingkatkan menjadi biodiesel.

Pirolisis adalah dekomposisi termokimia biomassa melalui proses pemanasan tanpa oksigen, dimana ikatan molekul hidrokarbon akan terbagi menjadi molekul yang lebih kecil dalam bentuk gas, cair, dan arang. Karakteristik pirolisis menunjukkan tiga hal yaitu massa, laju penurunan dan temperatur. Pirolisis biomassa umumnya berlangsung pada kisaran temperatur dari 300 °C sampai dengan 650 °C [6]. Penelitian tentang pirolisis kulit durian menghasilkan bio-oil sebesar 57,45 wt% pada temperatur 650°C dengan ukuran partikel 1-2 mm dimana fraksi bio-oil meningkat terhadap temperatur, sedangkan pengaruh ukuran partikel tidak signifikan [7]. Jenis pirolisis yang digunakan adalah Pyrolysis Fixed Bed (PFB) yang beroperasi dalam mode batch dengan penambahan atau tanpa bed material. Pengoperasiannya sederhana dan bisa dibuat dalam ukuran kecil dengan biaya rendah, yang merupakan salah satu keunggulannya. Inilah sebabnya sejumlah besar reaktor PFB skala kecil banyak digunakan di seluruh dunia untuk menghasilkan produk bio-oil [8].

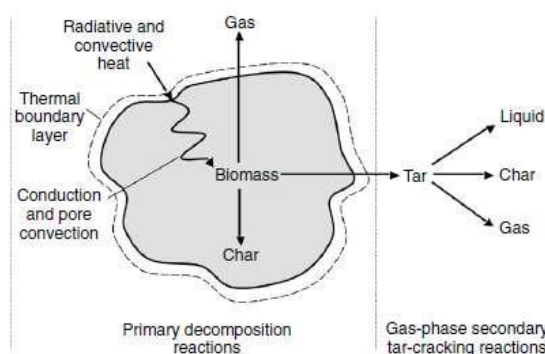
Performansi proses pirolisis bisa dipengaruhi oleh temperature, bed material dan rotary reactor. Dengan demikian permasalahan yg bisa dikaji pada penelitian ini adalah bagaimana imbas putaran terhadap produksi bio-oil bungkil kemiri sunan memakai reaktor pirolisis *rotary*. Jenis pirolisis yang dapat dipilih adalah (*Pyrolysis Rotary Bed*) PRB dimana dalam prosesnya ditambahkan bed material.

Beberapa batasan yang ditetapkan dalam penelitian kali ini meliputi biomassa yang digunakan merupakan bungkil atau ampas dari kemiri sunan, temperatur yang digunakan sebesar 450°C, dan parameter karakteristik bio-oil/kondensat yang di uji pada penelitian ini adalah density, flash point, fire point, pH.

2. Dasar Teori

2.1. Pirolisis

Pirolisis adalah penguraian termal bahan tanpa kehadiran oksigen atau oksigen secara signifikan jumlahnya kurang dari yang diperlukan untuk pembakaran sempurna [9]. Menurut Basu (2013) dipandang dari sudut termal, kita bisa membagi proses pirolisis menjadi empat tahapan [10] yaitu pengeringan (~100°C), dengan tujuan menurunkan kelembaban dan melepaskan kandungan air yang terikat longgar, tahap awal (100-200 °C) terjadi proses *Torrefaction*, selanjutnya tahap menengah (>200°C), Sebagian besar uap atau bio-oil diproduksi pada tahap ini, lalu tahap akhir (~300-900°C), Tahap akhir pirolisis terjadi peretakan (terurai) volatil sekunder menjadi char dan gas yang tidak terkondensasi.



Gambar 1. Proses pirolisis yang terjadi pada partikel Biomassa, Basu (2013)

2.2 Biomassa

Biomassa adalah bahan yang diperoleh dari tumbuhan atau tumbuhan dengan secara langsung atau tidak eksklusif. Biomassa memiliki manfaat sebagai energi atau bahan bakar. Berbanding terbalik dengan bahan bakar fosil biomassa memiliki sifat dapat dapat terbarukan karena merupakan sumber daya terbarui [11]. Energi biomassa akan memberikan solusi yang efektif untuk kebutuhan energi secara keseluruhan, dikarenakan bahan bakar fosil akan mengalami peningkatan harga dalam beberapa dekade kedepan. Sebab mempunyai sifat menjadi sumber daya yang tidak terbatas serta terbarukan, sumber daya biomassa dapat digunakan berulang kali serta berbanding terbalik dengan sumber daya fosil yang secara prinsip bersifat terbatas serta hanya untuk sementara.

biomassa memiliki kandungan utama berupa oksigen (O), karbon (C), dan hydrogen (H). $C_xH_yO_z$ mewakili rumus kimia dari biomassa, Untuk nilai koefisien dari x, y, dan z tergantung dari jenis biomassa [12]. Produk biomassa yang dihasilkan dari proses pirolisis Biogas (CH_4 , CO_2), syngas (CH_4 , CO_2 , H_2), producer gas (CH_4 , CO_2 , H_2), substitute natural gas, Ethanol, pyrolysis oil, biodiesel, metanol, vegetable oil, Arang dan briket.

2.3 Kemiri Sunan

Tanaman kemiri sunan (*Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw) menyebar di berbagai tempat di Indonesia. Pembudidayaan tanaman kemiri sunan sebagai minyak pengawet kayu untuk memenuhi ekspor kayu cina dilakukan pada sekitar abad ke-18 oleh pedagang cina di daerah cilongok dan karawaci (tangerang) [13]. Kemiri jenis ini memiliki komposisi kulit buah 62-68%, kulit biji 11-16% dan biji 16-27%. Minyak kasar dengan rendemen 45-50% terkandung pada biji/kernel.



Gambar 2. (a) Buah kemiri sunan, (b) kulit buah, (c) biji, dan (d) daging biji/kernel.

2.4 Analisa Hasil

1. Fuel Conversion Rate (FCR)

Fuel Conversion Rate (FCR) merupakan konsumsi bahan bakar yang bisa diketahui melalui massa bahan bakar yang digunakan dibagi dengan saat operasional tungku. Konsumsi bahan bakar dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$FCR = \frac{\text{massa bahan bakar yang digunakan (kg/jam)}}{\text{waktu operasional}} \quad (1)$$

2.3. Kestimbangan Massa (Mass Balance)

Perhitungan kesetimbangan massa bertujuan untuk mengetahui jumlah massa yang masuk dan masa yang keluar yang termasuk didalamnya massa cairan, massa gas, dan massa arang. Pada perhitungannya kesetimbangan massa dibagi dalam variasi I-V. Kesetimbangan massa dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned} \sum m &= 0 \\ m_{in} &= m_{out} \\ m_{in} &= m_{arang} + m_{kondensat} + m_{gas} \end{aligned} \quad (2)$$

2.4. Massa Jenis (Density)

Perhitungan massa jenis pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya massa dalam setiap volumenya. Semakin tinggi massa jenis dari minyak kondensat yang dihasilkan maka akan semakin sulit juga proses pembakaran terjadi. Massa jenis dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Densitas} = \frac{\text{massa kondensat}}{\text{volume kondensat}} \quad (\text{kg/m}^3) \quad (3)$$

2.5 Pasir Besi

Pasir besi memiliki kandungan besi yang banyak dan terdapat di sepanjang pantai dan pegunungan di Sumatera, Jawa dan Bali, Sulawesi, Nusa Tenggara Timur, Maluku dan pantai Utara Papua.



Gambar 3. Pasir Besi

Mempertimbangkan keberadaan pasir besi yang melimpah di Indonesia serta potensinya sebagai bed material pada pirolisis biomassa. Berlandaskan

studi literatur yang telah dilakukan diperlukan pembelajaran lebih dalam khususnya pada pirolisis biomassa dalam penelitian ini.

3. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini membutuhkan beberapa alat dan bahan sebagai berikut:

3.1 Alat

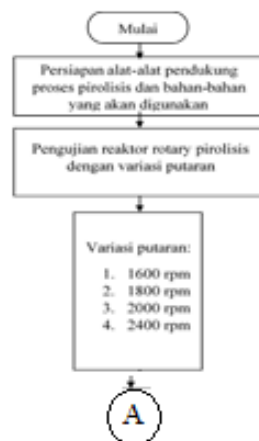
1. Reaktor rotary pirolisis sebagai tempat terjadinya proses pirolisis serta pemanasan bahan bakar biomassa kemiri sunan.
2. Thermocouple berfungsi mengukur suhu distribusi temperatur dari reaktor.
3. Kondensor berfungsi sebagai pendinginan untuk merubah senyawa gas hasil pemanasan dari reaktor berubah menjadi liquid/minyak kondensat.
4. Pompa air digunakan sebagai media untuk mengalirkan air asal bak penampung ke kondensor dengan bersirkulasi untuk menyerap panas.
5. Gas Analyzer berfungsi untuk merekam/mengukur gas yang dihasilkan dari proses pirolisis.
6. Timbangan berfungsi untuk mengukur massa dari biomassa kemiri sunan, bed pasir besi, dan untuk mengukur massa dari hasil minyak kondensat.
7. Dinamo berfungsi untuk memutar saat terjadinya pirolisis dan tersambung pada poros reaktor.

3.2 Bahan

Penelitian ini memerlukan bahan-bahan sebagai berikut:

1. Biomassa kemiri sunan pada bagian ampas kernel.
2. Bed Material, Bahan yang digunakan sebagai bed material merupakan bahan alam. Sedangkan pasir besi merupakan bahan berupa biji pasir yang diambil dari penambangan pasir atau galian C yang ada di daerah Kintamani, Kabupaten Bangli - Bali, tepatnya di kaki Gunung Batur.

3.3 Diagram Alir Penelitian

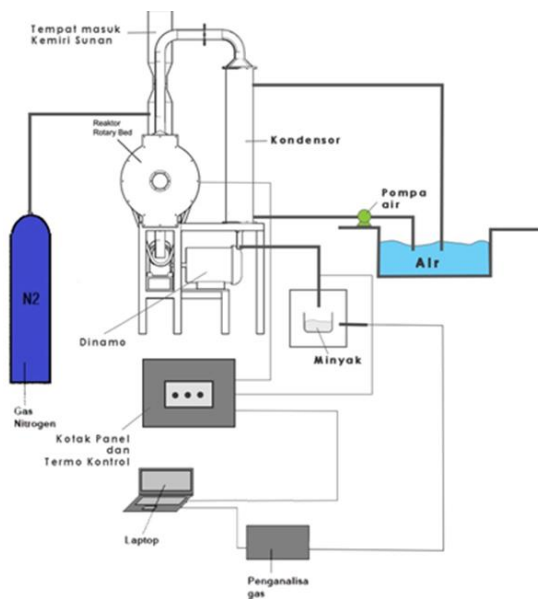




Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

3.4 Metode Uji

Dalam pengujian ini dilakukan proses pirolisis dengan memberikan variasi putaran sebesar 1600 rpm, 1800 rpm, 2000 rpm, dan 2400 rpm pada mesin atau alat pirolisis yang ditunjukkan pada gambar 5. minyak kondensat yang dihasilkan dari proses pirolisis dari setiap variasi putaran di tampung pada tabung kaca dan diuji karakteristiknya di laboratorium.



Gambar 5. Skema alat reactor rotary pirolisi

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Pengujian

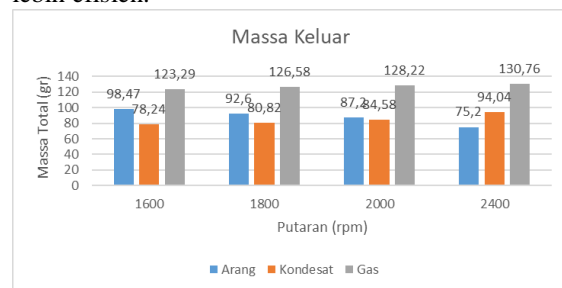
Variasi putaran yang diberikan sebesar 1600 rpm, 1800 rpm, 2000 rpm, dan 2400 rpm pada mesin atau alat pirolisis dengan massa input bahan bakar yang sama menghasilkan perbedaan pada nilai durasi operasional, massa kondensat dan massa arang.

Tabel 1. Hasil Penelitian Pirolisis Rotary Pada Bugkil Kemiri Sunan.

Variasi Putaran (rpm)	Massa Input Bahan Bakar (g)	Durasi Operasional (s)	Massa Kondensat (g)	Massa Arang (g)
1600	300	450	78.24	98.47
1800	300	410	80.82	92.6
2000	300	380	84.58	87.2
2400	300	250	94.04	75.2

4.2 Massa Keluar

Variasi putaran mesin yang diberikan mempengaruhi massa arang, kondensat, dan gas yang dihasilkan. Dimana semakin banyak kondensat yang dihasilkan maka menunjukkan bahwasannya putaran mesin yang lebih besar memiliki hasil yang lebih efisien.



Gambar 6. Diagram massa keluar

Pada gambar 6 menunjukkan nilai massa arang tertinggi terdapat pada putaran 1600 rpm yaitu 98.47 gram. pada putaran 2400 rpm menghasilkan arang yang lebih rendah dikarenakan proses pemanasan yang lebih merata sehingga membuat proses dekomposisi menjadi lebih baik dan menghasilkan arang yang lebih sedikit. Nilai massa minyak kondensat tertinggi terdapat pada putaran 2400 rpm yaitu 94.04 gram, dan untuk massa gas tertinggi terdapat pada putaran 2400 rpm yaitu 130.76 gram. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa hasil pirolisis pada putaran 2400 rpm lebih efisien dari pada variasi putaran lainnya. Hal itu dikarenakan proses *fast pyrolysis* pada pirolisis rotary antara bed material dan biomassa teraduk lebih merata dengan waktu yang singkat sehingga menghasilkan gas yang lebih banyak serta menghasilkan massa kondensat yang banyak pula, dan menghasilkan arang yang lebih sedikit.

4.3 Fuel Conversion Rate (FCR)

FCR merupakan kemampuan bahan bakar terkonversi menjadi kondensat, gas, serta arang. FCR dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

Tabel 2. Fuel Conversion Rate (FCR)

Putaran (rpm)	FCR (kg/jam)
1600	2,4
1800	2,63
2000	2,84
2400	3,49

Pada variasi putaran yang diberikan, FCR menunjukkan nilai tertinggi sebesar 3,49 pada variasi putaran maksimum yaitu 2400 rpm. Pada tabel 2 juga dapat dilihat semakin besar variasi putaran yang diberikan semakin besar nilai FCR yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan bed material dan biomassa akan teraduk lebih merata dengan waktu yang singkat dan mentransfer panas secara lebih merata sehingga membuat waktu proses pirolisis lebih cepat.

4.4 Karakteristik Minyak Kondensat

Tabel 3. Karakteristik Minyak Kondensat

Variasi Putaran (rpm)	Massa Jenis Minyak Kondensat (g/ml)	Nilai pH Minyak Kondensat	Flash Point (°C)	Fire Point (°C)
1600	1.0212	5.06	56	67
1800	1.0128	5.21	52	63
2000	1.0124	5.31	46	57
2400	1.0084	5.94	38	46

Massa jenis minyak kondensat diperoleh dengan menggunakan persamaan massa jenis, dari data yang didapatkan semakin besar variasi putaran mesin yang diberikan maka semakin kecil nilai massa jenis dari minyak kondensat. Pada putaran maksimum yang diberikan, nilai pH minyak kondensat menunjukkan nilai yang semakin tinggi. Pengujian tingkat keasaman dilakukan dengan menggunakan pH meter. Selain massa jenis dan pH minyak kondensat yang terpengaruh oleh variasi putaran, Flash point dan Fire point minyak kondensat juga memiliki perubahan, dimana semakin besar variasi putaran yang diberikan nilai flash point dan fire point semakin kecil. Pada variasi putaran maksimum yang diberikan, yaitu 2400 rpm menunjukkan nilai flash point dan fire point masing-masing 38°C dan 46 °C.

5. Kesimpulan

Pada variasi putaran 2400 rpm membentuk kondensat yang lebih banyak & mempunyai durasi operasional yang lebih singkat dibandingkan menggunakan variasi putaran lainnya. Semakin tinggi putaran maka meningkat juga kondensat yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan proses pemanasan yang terjadi lebih merata. Semakin tinggi putaran maka semakin tinggi nilai pH kondensat. Sedangkan


massa jenis berbanding terbalik yaitu semakin tinggi putaran maka semakin rendah massa jenis yang didapat. Adapun senyawa-senyawa yang terkandung pada kondensat, di setiap variasi putaran memiliki banyak senyawa dan terdapat presentase area tertinggi.

Daftar Pustaka

- [1] Xiu, S, Shahbazi, A., 201, *Bio-oil production and upgrading research: A review Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 16, no. 7, pp. 4406–4414.
- [2] Khuenkaeo, N, Tippayawong. N., 2018, *Bio-oil production from ablative pyrolysis of corncob pellets in a rotating blade reactor*, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, , vol. 159, no. 1, p. 12037.
- [3] Tyson K.S., Bozell J., Wallace R., 2004, *Biomass oil analysis: research needs and recommendations*, National Renewable Energy Lab Golden Co.
- [4] Supriyadi S., Purwanto P., 2018, *Enhancing biodiesel from kemiri sunan oil manufacturing using ultrasonics*, in E3S Web of Conferences, , vol. 31, p. 2014.
- [5] Hendra D., Gusti R.E.P., Komarayati S., 2014, *Pemanfaatan limbah tempurung kemiri sunan (Aleuriteus trisperma) sebagai bahan baku pada pembuatan arang aktif*, J. Peneliti. Has. Hutan, vol. 32, no. 4, pp. 271–282.
- [6] Basu P., Gasification B., 2013, *Pyrolysis and Torrefaction Practical Design and Theory*, Elsevier, San Diego.
- [7] Tan Y.L., Abdullah A.Z., Hameed B.H., 2017, *Fast pyrolysis of durian (Durio zibethinus L) shell in a drop-type fixed bed reactor: Pyrolysis behavior and product analyses*, Bioresour. Technol, vol. 243, pp. 85–92.
- [8] Beis, S.H., Onay Ö., Koçkar Ö.M., 2002 *Fixed-bed pyrolysis of safflower seed: influence of pyrolysis parameters on product yields and compositions*, Renew. energy, vol. 26, no. 1, pp. 21–32.
- [9] Demirbas A., Arin G., 2002, *An overview of biomass pyrolysis*, Energy sources, vol. 24, no. 5, pp. 471–482,.
- [10] Basu, P., 2018, *Biomass gasification, pyrolysis and torrefaction: practical design*

and theory. Academic press,.

- [11] Hermiati E., Mangunwidjaja D., Sunarti T. C., Suparno O., Prasetya B., 2010, *Pemanfaatan biomassa lignoselulosa ampas tebu untuk produksi bioetanol*, J. Litbang Perta., vol. 29, no. 4, pp. 121–130.
- [12] Raveendran, K. Ganesh, A. Khilar, K. C., 1995, *Influence of mineral matter on biomass pyrolysis characteristics*, Fuel, vol. 74, no. 12, pp. 1812–1822.
- [13] Hendra, D., 2014, *Pembuatan biodiesel dari biji kemiri sunan*, J. Penelit. Has. Hutan, vol. 32, no. 1, pp. 37–45.

	<p>Yosua William Luhulima menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana, Program Studi Teknik Mesin pada tahun 2021.</p>
<p>Topik penelitian yang diminati adalah bidang konversi energi</p>	