

## Karakteristik Produk Biopellet Berbahan Baku Limbah Kelapa Muda Hasil Torefaksi Menggunakan *Retort Kiln* Untuk Bahan Bakar Tungku Pengrajin Pandai Besi

Willy Musa Pernando Sinaga, Suryadi\*, Adi Setiawan, Faisal, Muhammad Sayuthi

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh, Bukit Indah, Lhokseumawe, 24352, Indonesia

\*Corresponding Author: suryadi80@unimal.ac.id

**Abstract** – Biomass waste can cause environmental pollution, the emergence of diseases, and reduce the city's aesthetic value (beauty) and other problems. This continues to encourage humans to innovate to obtain new renewable energy sources by utilizing underutilized natural waste, such as young coconut waste. This study aims to examine the characteristics of pellets produced from young coconut waste by the torrefaction method at a temperature of 300°C. The torrefaction product in the form of torrefaction biocharcoal is then ground and sieved to a particle size of 20 mesh and 40 mesh according to its variation, then mixed with adhesives that are varied by 5%, 10%, and 15% and stirred manually until homogeneous and then molded into biopellets. From the tests that have been carried out, the lowest moisture percentage was obtained at 7.28% in bio pellets with M40P5% samples, and the highest fixed carbon was 49.82% in bio pellets with M40P5% samples. The most optimal combustion rate and the highest calorific value were obtained at 0.421 g/min and 6586.58 kcal/kg in bio pellets with M40P5% samples. The results of this study indicate that more adhesive variations have a decreasing effect on calorific value, moisture, fixed carbon, and combustion rate, but on the contrary, the higher the mesh size, the higher the increase.

**Abstrak** – Limbah biomassa dapat menimbulkan pencemaran lingkungan, munculnya penyakit dan menurunkan nilai estetika (keindahan) kota serta masalah-masalah lainnya. Hal ini terus mendorong manusia untuk melakukan inovasi untuk mendapatkan sumber energi baru terbarukan dengan memanfaatkan limbah-limbah dari alam yang kurang dimanfaatkan seperti limbah kelapa muda. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik biopellet yang diproduksi dari limbah kelapa muda dengan metode torefaksi pada suhu 300°C. Produk hasil torefaksi berupa bio-arang torefaksi selanjutnya dihaluskan dan diayak hingga ukuran partikel 20 mesh dan 40 mesh sesuai variasi nya, kemudian dicampurkan dengan perekat yang divariasikan sebesar 5%, 10% dan 15% dan diaduk secara manual hingga homogen selanjutnya dicetak menjadi biopellet. Dari pengujian yang telah dilakukan, diperoleh persentase moisture terendah sebesar 7,28% pada biopellet dengan sampel M40P5%, dan fixed carbon tertinggi sebesar 49,82% pada biopellet dengan sampel M40P5%. Laju pembakaran paling optimal dan nilai kalor tertinggi diperoleh sebesar 0,421 g/min dan 6586,58 kcal/kg pada biopellet dengan sampel M40P5%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variasi perekat semakin banyak memberikan pengaruh penurunan terhadap nilai kalor, moisture dan fixed carbon dan laju pembakaran tetapi sebaliknya pada ukuran mesh semakin tinggi memberikan kenaikan.

**Keywords:** Biomassa, nilai kalor, kadar air, perekat, mesh

## 1 Pendahuluan

Biomassa menjadi salah satu isu strategis dalam pengembangan energi baru terbarukan. Biomassa merupakan bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik. Selain digunakan untuk kebutuhan primer seperti serat, bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, bahan bangunan, biomassa juga digunakan sebagai sumber energi. Biomassa dapat berbentuk cair, padat, dan gas. Energi biomassa ini muncul berdasarkan adanya siklus karbon di bumi (Wulandari dkk., 2020). Ini biomasa kelapa muda dilakukan Treatment awal yaitu berupa karbonisasi menggunakan Alat Retort Kiln sebelum dijadikan biopellet agar nilai kalor pada kelapa muda meningkat. Alat yang digunakan adalah mesin pencetak pellet yang berfungsi untuk mengempa biomassa menjadi bentuk pellet dan menambah kandungan energi pada biopellet arang kelapa muda.

Limbah biomassa dapat menimbulkan pencemaran lingkungan, munculnya penyakit dan menurunkan nilai estetika (keindahan) kota serta masalah-masalah lainnya. Limbah kelapa muda yang selama ini tidak termanfaatkan dengan baik, karena karakternya yang sulit terurai sehingga dapat berpotensi menjadi salah satu limbah hayati yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kelapa utama di dunia. Luas panen areal tanaman kelapa Indonesia pada tahun 2003 mencapai 1.611.488 hektar dengan luas produksi mencapai 3.550.486 ton kelapa, yang sebagian besar (95%) merupakan perkebunan rakyat. Pemanfaatan buah kelapa saat ini masih terbatas pada kopra, minyak, dan santan untuk keperluan rumah tangga, sedangkan hasil samping lain seperti tempurung dan sabut kelapa belum dimanfaatkan secara optimal (Krisnayana, 2017).

Berdasarkan penjelasan diatas, pada penelitian ini biomasa kelapa muda dilakukan Treatment awal yaitu berupa karbonisasi menggunakan Alat Retort Kiln sebelum dijadikan biopellet agar nilai kalor pada kelapa muda meningkat. Alat yang digunakan adalah mesin pencetak pellet yang berfungsi untuk mengempa biomassa menjadi bentuk pellet dan menambah kandungan energi pada biopellet arang kelapa muda

## 2 Metodologi

Penelitian ini dilakukan dengan menguji nilai kalor dan kadar air pada proses pembuatan biopellet hasil torefaksi dengan suhu 300°C. Pada proses pelaksanaannya, penelitian ini dimulai dengan pengambilan bahan baku yaitu limbah kelapa muda, penjemuran bahan baku, melakukan proses torefaksi, pencetakan biopellet, penjemuran biopellet. Variabel penelitian ini yaitu dengan memvariasikan konsentrasi perekat 5%, 10%, 15% dan memvariasikan ukuran partikel Setelah penjemuran biopellet maka dilakukan pengujian nilai kalor, kadar air, karbon terikat, dan laju pembakaran

### 2.1 Nilai Kalor

Nilai kalor bahan bakar adalah jumlah energi panas maksimum yang dibebaskan oleh suatu bahan bakar melalui reaksi pembakaran sempurna persatuan massa atau volume bahan bakar. Analisa ini dilakukan untuk memperoleh data tentang energi kalor yang dapat dilepaskan oleh suatu bahan bakar dengan terjadinya proses pembakaran (Almu dkk., 2014)). Proses pengujian nilai kalor menggunakan standar SNI 01- 623.

### 2.2 Kadar Air

Kadar air adalah perbandingan berat air yang terkandung dalam biopellet dengan berat biopellet yang sudah di keringkan. Kadar air yang tinggi akan berakibat semakin lama bahan bakar tersebut terbakar dan membutuhkan energi yang besar, selain itu kadar air yang tinggi juga dapat menyebabkan biopellet mudah berjamur (Bloom dan Reenen, 2021). Tinggi atau rendah kadar air pada biopellet yang disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya pengeringan melalui penjemuran bahan yang dilakukan sebelum pencetakan biopellet. Persamaan yang digunakan untuk menghitung kadar air menggunakan standar SNI 01-1506.(Indonesia, 2020). Persamaan yang digunakan untuk menghitung kadar air pada biopellet dapat dilihat pada persamaan dibawah ini.

$$Kadar\ air\ (\%) = \frac{mB - mK}{mB} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

mB= Massa sampel sebelum di keringkan.

mK= Massa sampel setelah kering

### 2.3 Kandungan Karbon Terikat

Kadar karbon adalah karbon yang masih tersimpannya kandungan pada biomassa yang berbentuk zat padat. Kadar karbon yang masih tersimpan pada biomassa dapat menghasilkan panas pada saat pembakaran. Untuk mengetahui kandungan fixed carbon pada biomassa dilakukan menggunakan SNI 06-3730.(Indonesia, 2020) dan dapat dilihat pada persamaan dibawah ini:

$$Fixed\ Carbon\ (\%) = 100\% - VM\% - A\% - M\%$$

Keterangan:

A = Kadar Abu (Ash) %

M = Moisture (%)

VM = Volatile Matter (%)

### 2.4 Laju pembakaran

Dalam membuat arang, laju pembakaran dan nilai kalor merupakan aspek penting dalam menentukan kualitas arang dalam pemanfaatannya. yang mana lamanya waktu penyalaan dihitung menggunakan stopwatch dan

massa biopellet ditimbang dengan timbangan digital. Uji pembakaran dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu arang habis hingga menjadi abu, dan berapa lama waktu yang dibutuhkan hingga menjadi abu. (Hadijah dkk., 2022) dan dapat dilihat pada persamaan (dibawah ini):

$$\text{Laju pembakaran} = \frac{M1 - M2}{T} \quad (2)$$

Keterangan:

M1 = Massa awal biopellet (g)

M2 = Massa akhir biopellet (g)

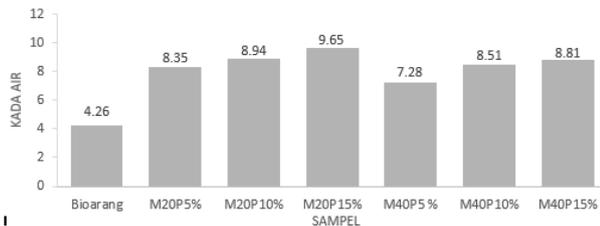
T = Waktu pembakaran (min)

### 3 Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian nilai kalor, kadar air, kadar karbon terikat dan laju pembakaran diperoleh data hasil pengujian sebagai berikut

#### 3.1 Kadar air

Kadar air merupakan salah satu dari pengujian proksimat yang dilakukan pada produk biopellet. Kadar air salah satu parameter penentuan kualitas biopellet yang berpengaruh terhadap nilai kalor pembakaran, mudah menyala, daya pembakaran dan jumlah asap yang banyak dihasilkan selama pembakaran (Damayanti dkk., 2017). Hasil pengujian kadar air dapat dilihat pada gambar 1.



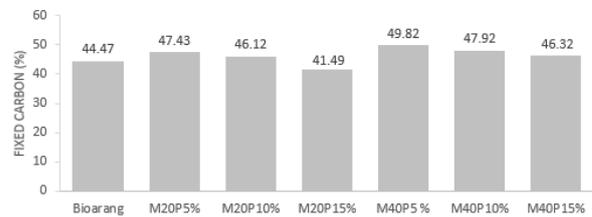
Gambar 1. Grafik kadar air

Pada gambar 4.1 nilai moisture content biopellet pada penelitian ini berkisar antara 7,28% - 9,65%, dimana nilai moisture content tertinggi terdapat pada biopellet dengan sampel M20P15% dan nilai moisture content terendah terdapat pada biopellet dengan sampel M40P5%. Nilai moisture content pada penelitian ini memenuhi SNI 8951:2020 yang mensyaratkan nilai moisture content biopellet maksimum 12%. Nilai moisture content biopellet yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan moisture content bahan baku arang limbah kelapa muda yaitu sebesar 4,26%. Hal ini dikarenakan adanya penambahan perekat dan air pada bahan baku. Menurut (Pertiwi, 2024) tinggi dan rendahnya nilai kadar air mempengaruhi nilai kalor pellet yang dihasilkan. Yang mana Semakin rendah nilai kadar air maka akan semakin tinggi nilai kalor pellet. Untuk sampel dari biopellet telah memenuhi standar mutu SNI 01-1506 (Indonesia, 2020) Hasil analisis menunjukkan bahwa mesh 40 lebih baik dibandingkan mesh 20. Hal ini sejalan dengan penelitian (Mustamu dkk, 2018) yang

menyatakan bahwa nilai moisture content cenderung menurun dengan semakin halus ukuran serbuk. Nilai moisture content penelitian ini sejalan dengan nilai kalor, hal ini sesuai dengan penelitian (Damayanti dkk., 2017) yang menyatakan tingginya nilai moisture content biopellet dapat menurunkan nilai kalor pembakaran, menyebabkan proses penyalaan menjadi lebih sulit dan menghasilkan banyak asap pada proses pembakaran.

#### 3.2 Kadar karbon terikat

Kadar karbon terikat adalah kandungan karbon yang terdapat dalam material sisa setelah zat terbang (volatile matter) yang hilang. Nilai fixed carbon sangat mempengaruhi kualitas suatu biopellet. Fixed carbon merupakan hasil dari 100% dikurangkan jumlah pada kadar air, kadar abu, zat volatile. Hasil perhitungan fixed carbon dapat dilihat pada gambar 2.



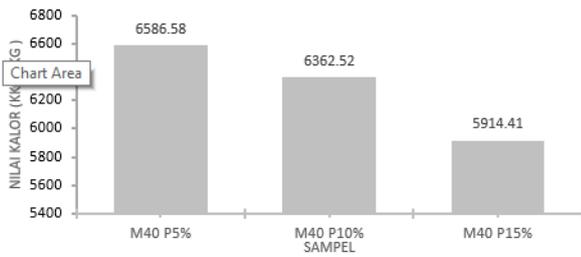
Gambar 2. Grafik kadar karbon terikat

Pada gambar 4.2 Nilai fixed carbon terikat penelitian ini berkisar antara 41,49% - 49,82% dimana nilai fixed carbon tertinggi terdapat pada biopellet dengan sampel M40P5%, sedangkan nilai fixed carbon terendah terdapat pada biopellet dengan sampel M20P15%. Nilai fixed carbon ini memenuhi standar SNI 8951:2020 yang mensyaratkan nilai fixed carbon biopellet minimal 14%. Nilai fixed carbon yang dihasilkan biopellet lebih tinggi dibandingkan dengan bahan baku arang limbah kelapa muda yaitu sebesar 44,47%.

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa ukuran partikel dan konsentrasi perekat berpengaruh terhadap fixed carbon biopellet. Hal ini sejalan dengan penelitian (Mustamu dkk, 2018) yang menyatakan bahwa semakin tinggi nilai fixed carbon, maka semakin tinggi nilai kalornya.

#### 3.3 Nilai kalor

Nilai Kalor Nilai kalor adalah besarnya panas yang diperoleh dari pembakaran suatu jumlah bahan bakar. Nilai kalor menunjukkan bagus atau tidaknya suatu produk dari biopellet. Semakin tinggi nilai kalor maka semakin tinggi kualitas produk biopellet sehingga nilai kalor dijadikan sebagai acuan untuk melihat kualitas dari suatu produk biopellet. Standar dari pengujian nilai kalor menggunakan SNI 01-6235 untuk standar biopellet untuk pembangkit listrik. Hasil pengujian nilai kalor dalam bentuk grafik dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik pengujian nilai kalor

Hasil penelitian pada gambar 4.3 menjelaskan bahwa nilai kalor tertinggi 6.586 kkal/kg terdapat pada sampel M40P5%. Sedangkan nilai kalor terendah 5.914 kkal/kg terdapat pada sampel M40P15%. Nilai kalor yang dihasilkan dalam penelitian ini memenuhi SNI 8021:2020 yang mensyaratkan nilai kalor biopellet lebih dari 4.000 kkal/kg. Hasil analisis menunjukkan bahwa ukuran partikel dan konsentrasi perekat berpengaruh terhadap nilai kalor biopellet. Hasil nilai kalor juga sejalan dengan nilai fixed carbon, hal ini disebabkan oleh karbon yang terdapat dalam bahan bakar banyak yang terbakar sehingga meningkatkan nilai kalor.

Hal ini dapat dikarenakan pada ukuran lalu pada partikel serta komposisi perekat yang akan sangat berpengaruh dengan nilai kalor yang mana semakin besar ukuran partikel maka akan semakin tinggi nilai kalornya serta semakin sedikit komposisi perekat maka akan semakin tinggi juga pada nilai kalornya (Mesin dkk., 2015).

#### 4.4 Laju pembakaran

Laju pembakaran suatu dari proses pengujian yang dimana tujuannya untuk mengetahui efektifitas dari suatu bahan bakar. Hal ini mengetahui sejauh mana kelayakan dari bahan bakar yang diuji sehingga dalam aplikasinya nanti bisa digunakan. Pengujian laju pembakaran ini dilakukan dengan cara membakar bahan bakar untuk mengetahui lama bakar suatu produk sampai berubah menjadi abu, kemudian menimbang massa abu yang terbakar. Lamanya waktu pembakaran dihitung menggunakan stopwatch dan massa abu yang terbakar (Hadijah dkk., 2022). Untuk set-up alat laju pembakaran dimana suhu dapat dilihat pada thermocouple dan massa dilihat pada timbangan digital. Hasil pengujian laju pembakaran biopellet dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian laju pembakaran biopellet

SAMPEL (Kg/cm <sup>2</sup> )	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)	Waktu (min)	Laju pembakaran (g/min)
M20P5%	50.77	7.15	67	0.649
M20P10%	50.03	7.09	53	0.810
M20P15%	50.22	6.36	63	0.696
M40P5%	50.44	5.78	106	0.421
M40P10%	50.61	7.23	75	0.578
M40P15%	50.69	7.78	91	0.472

Berdasarkan hasil uji laju pembakaran pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa laju pembakaran paling cepat berada pada sampel M20P10%, dimana laju pembakaran pada sampel ini mencapai 0,810 g/min dengan lama nyala mencapai 53 menit. Sedangkan laju pembakaran paling lama berada pada sampel M40P5%, dimana laju pembakaran pada sampel ini mencapai 0,421 g/min dengan lama nyala mencapai 106 menit. Nilai kalor yang tinggi juga berpengaruh, dimana semakin tinggi nilai kalor maka laju pembakaran yang dihasilkan juga semakin lama. Semakin cepat laju pembakaran akan mempengaruhi lama nyala api yang akan semakin cepat, hal ini berkaitan dengan temperatur yang dihasilkan oleh biopellet tersebut.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian (Nuriana, 2022) yang menyatakan ukuran partikel sangat berpengaruh pada laju pembakaran yang menyebabkan ruang udara dan pori-pori menjadi sangat kecil, sehingga perambatan panas api pembakaran semakin lambat dan celah udara yang masuk juga semakin sedikit. Pernyataan serupa juga dikemukakan oleh (Kasrun dkk., 2016), Laju pembakaran yang tertinggi berpengaruh terhadap ukuran partikel, semakin besar ukuran partikel maka semakin cepat laju pembakaran bahan bakar. Hal ini menunjukkan bahwa mesh 40 lebih baik dibandingkan mesh 20. Sedangkan komposisi perekat tidak berpengaruh nyata terhadap nilai laju pembakaran biopellet, hal ini dikarenakan adanya penambahan air pada saat proses pencetakan biopellet.

## 4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian biopellet hasil torefaksi menggunakan retort kiln dengan variasi konsentrasi perekat 5%, 10% dan 15% dan ukuran partikel mesh 20 dan mesh 40 yang akan dijadikan bahan bakar untuk melihat pengaruh sifat fisik dan termal. Dari kajian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Dengan memvariasikan kadar perekat maka nilai kalor dari bahan bakar biopellet yang akan cenderung menurun yaitu didapat perekat 5% sebesar 6586,58 kkal/kg.
2. Perekat yang divariasikan tidak terlalu berpengaruh terhadap penurunan nilai moisture dan fixed carbon sebaliknya pada ukuran partikel yang divariasikan sangat berpengaruh terhadap peningkatan nilai moisture dan fixed carbon. dimana nilai terendah moisture terdapat pada variasi ukuran partikel 40 mesh dan perekat 5% sebesar 7,28%, sedangkan nilai fixed carbon tertinggi terdapat pada variasi ukuran partikel 40 mesh dan perekat 5% sebesar 49,82%.
3. Konsentrasi perekat dan ukuran partikel terhadap laju pembakaran paling lama yaitu sebesar 0,421 g/min terdapat pada sampel 40 mesh dan perekat 5% dengan waktu pembakaran 106 menit dan laju pembakaran paling cepat yaitu sebesar 0,81 g/min

terdapat pada sampel 20 mesh dan perekat 10% dengan waktu pembakaran 53 menit.

## Referensi

- [1] Almu, M. A., Padang, Y. A., Teknik, J., Fakultas, M., & Universitas, T. (2014). Analisa nilai kalor dan laju pembakaran pada briket campuran bijin nyamplung ( *Calophyllum Inophyllum* ) DAN ABU. 4(2), 117–122.
- [2] Bloom, N., & Reenen, J. Van. (2021). Pengaruh ukuran partikel dan tekanan terhadap kmuualitas pelet dari limbah kulit kopil. NBER Working Papers, 89.
- [3] Damayanti, R., Lusiana, N., & Prasetyo, J. (2017). Studi Pengaruh Ukuran Partikel dan Penambahan Perekat Tapioka terhadap Karakteristik Biopellet dari Kulit Coklat ( *Theobroma Cacao L.* ) Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbaru. April 2019. <https://doi.org/10.24198/jt.vol11n1.6>
- [4] Hadijah, S., Mutiarani, A., Masturi, M., & Yulianti, I. (2022). Analisis Nilai Kalor dan Laju Pembakaran Arang Cangkang Buah Karet. JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah), 6(2), 67–71.It
- [5] Indonesia, S. N. (2020). Pelet biomassa untuk pembangkit listrik.
- [6] Kasrun, A. W., Anggono, W., Sutrisno, T., Studi, P., Mesin, T., Kristen, U., Briket, K., & Manghas, C. (2016). Karakteristik pembakaran briket dari limbah saun pohon bintaro. 16(2), 64–70. <https://doi.org/10.9744/jtm.16.2.64-70>
- [7] Krisnayana, R. (2017). Perpindahan Panas pada Proses Pembuatan Drum Kiln. Jurnal Teknologi Industri UNUGHA, 2(1), 1–17.
- [8] Mesin, S. T., Teknik, F., Surabaya, U. N., Mesin, J. T., Teknik, F., & Surabaya, U. N. (2015). Pengaruh rasio perekat tepung tapioka dan mesh serbuk arang kulit biji karet pada proses pembuatan biobriket kulit biji karet ( *Hevea Brasiliensis* ) Aldy Dwi Kurniawan I Wayan Susila Abstrak.
- [9] Mustamu, S., Hermawan, & Pari, G. (2018). Karakteristik Biopellet dari Limbah Padat Kayu Putih dan Gondorukem (Characteristic of Biopellet Made of Solid Waste of Cajuput and Pine Resin). Penelitian Hasil Hutan, 36(3), 191–204
- [10] Nuriana, W. (2022). Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Bahan Biopellet Terhadap Laju Pembakaran Dan Kerapatan Massa Pada Limbah Kayu Mahoni. JURNAL AGRI-TEK : Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Eksakta, 23(1), 11–15. <https://doi.org/10.33319/agtek.v23i1.106>
- [11] Wulandari, S., Sumanto, S., & Saefudin, S. (2020). Pengolahan biomassa tanaman dalam bioindustri perkebunan mendukung pengembangn bioenergi Plant Biomass Management in Plantations Bioindustry Supporting Bioenergy Development. Perspektif, 18(2), 135. <https://doi.org/10.21082/ psp.v18n2.2019.135-149>.
- [12] Aljufri, A., Sofyan, S., Rizki, M. N., Putra, R., & Mawardi, I. (2024). Influence of shielding gas flow on the TIG welding process using stainless steel 304 material. *Journal of Welding Technology*, 6(1), 38-45.
- [13] Gultom, A., Safriwardy, F., Rizki, M. N., & Masrullita, M. (2024). Effect of Volume Fraction Variation of Hybrid Composite Reinforced Bamboo Fiber and Fiber-Glass Using Polyyster Resin on Tensile Strength and Impack. *Electronic Journal of Education, Social Economics and Technology*, 5(1), 1-9.
- [14] Mukhlis, T., Amri, I., & Helwani, Z. (2021). Upgrading karakteristik biopellet tandan kosong sawit dengan penambahan oil sludge sebagai co-firing. *Journal of Bioprocess, Chemical and Environmental Engineering Science*, 2(1), 45-55.
- [15] Ediwan, E., Hasibuan, A., Bakar, A., Daud, M., Setiawan, A., & Safitri, N. (2024). Analysis of the Use of Electric Energy in a Single Phase Induction Motor to Drive a Bio-Pellet Machine from Empty Palm Bunch. *Construction Technologies and Architecture*, 14, 87-96.
- [16] Husaini, H., Ali, N., Sofian, A., & Muhammad, N. R. (2021). Comparison of Hardness and Microstructure of Cast Wheel and Spoke Wheel Rims of Motorcycles Made of Aluminum Alloy Alloy. *Key Engineering Materials*, 892, 81-88.