



Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit dan Tempurung Kelapa Menjadi Biopellet dengan Variasi Jenis Perekat

Naswa Amalia Ananda^{a*}, Sirajuddin^b, Arinda Ramadani^c

^a Program Studi Teknologi Kimia Industri / Jurusan Teknik Kimia; naswaamaliaananda@gmail.com, Politeknik Negeri Samarinda; Jl. Dr. Ciptomangunkusumo, Kelurahan Sungai Keledang, Kecamatan Samarinda Seberang, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur 75131

^b Program Studi Teknologi Kimia Industri / Jurusan Teknik Kimia; sirajuddin@polnes.ac.id, Politeknik Negeri Samarinda; Jl. Dr. Ciptomangunkusumo, Kelurahan Sungai Keledang, Kecamatan Samarinda Seberang, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur 75131

^c Program Studi Teknologi Kimia Industri / Jurusan Teknik Kimia; arindacampus@gmail.com, Politeknik Negeri Samarinda; Jl. Dr. Ciptomangunkusumo, Kelurahan Sungai Keledang, Kecamatan Samarinda Seberang, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur 75131

* Penulis Korespondensi: Naswa Amalia Ananda

ABSTRACT

The availability of biomass waste in the form of palm kernel shells and coconut shells in East Kalimantan is high due to the increase in palm oil and coconut production, but its utilization is still not optimal, so further processing is needed to increase its economic value. One way to utilize this waste is to process it into biopellets as a renewable fuel. The main problem in production biopellets lies in the selection of the type of binder that affects the quality characteristics of the biopellets. This study aims to analyze the effect of variations in the type of binder on the characteristics of biopellets made from a mixture of palm kernel shells and coconut shells with a ratio of 2:1. The research method included the biopellet production process using the pelletizing method with variations in adhesive types, namely cornstarch, sago flour, glutinous rice flour, tapioca flour, and molasses, with the parameters analyzed including proximate analysis and calorific value. The best results were obtained from biopellets with sago flour adhesive with a moisture content of 9.44%, ash content of 1.65%, volatile matter of 71.32%, fixed carbon of 17.59%, and calorific value of 19.601 MJ/kg.

Keywords: adhesive; biomass; biopellets; coconut shells; palm kernel shells

Abstrak

Ketersediaan limbah biomassa berupa cangkang kelapa sawit dan tempurung kelapa di Kalimantan Timur memiliki ketersediaan yang tinggi seiring meningkatnya produksi kelapa sawit dan tempurung kelapa, namun pemanfaatannya masih belum optimal sehingga diperlukan upaya pengolahan lebih lanjut untuk meningkatkan nilai ekonominya. Salah satu upaya pemanfaatan limbah tersebut adalah pengolahannya menjadi biopellet sebagai bahan bakar terbarukan. Permasalahan utama dalam pembuatan biopellet terletak pada pemilihan jenis perekat berpengaruh terhadap karakteristik kualitas biopellet. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jenis perekat terhadap karakteristik biopellet berbahan baku campuran cangkang kelapa sawit dan tempurung kelapa dengan perbandingan 2:1. Metode penelitian meliputi proses pembuatan biopellet menggunakan metode *pelletizing* dengan variasi jenis perekat berupa tepung maizena, tepung sagu, tepung ketan, tepung tapioka dan molase dengan parameter yang dianalisis meliputi analisa proksimat dan nilai kalor. Hasil terbaik diperoleh biopellet dengan perekat tepung sagu dengan kadar air sebesar 9,44%, kadar abu 1,65%, kadar zat terbang 71,32%, karbon terikat 17,59%, dan nilai kalor sebesar 19,601 MJ/kg.

Kata Kunci: biomassa; biopellet; cangkang kelapa sawit; perekat; tempurung kelapa

1. PENDAHULUAN

Biomassa merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang berasal dari bahan organik seperti limbah pertanian dan perkebunan. Pemanfaatan biomassa sebagai energi alternatif terus dikembangkan karena dinilai lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar fosil. Salah satu bentuk pemanfaatan biomassa adalah melalui pengolahan menjadi biopelet yang memiliki nilai kalor cukup tinggi serta lebih efisien dalam penyimpanan dan penggunaannya (Al Qadry dkk., 2018).

Cangkang kelapa sawit merupakan limbah padat dari industri kelapa sawit yang memiliki kandungan lignoselulosa berupa lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Kandungan lignin yang cukup tinggi, yaitu sekitar 29,4%, menjadikan cangkang kelapa sawit berpotensi sebagai bahan baku biopelet karena dapat meningkatkan kekuatan mekanik produk yang dihasilkan (Raja & Giyanto, 2020; Santoso, 2016). Selain itu, tempurung kelapa juga memiliki potensi yang baik sebagai bahan baku biopelet dengan nilai kalor berkisar antara 18.200–19.388,05 kJ/kg (Murtadha, 2023). Kombinasi kedua bahan ini dapat menghasilkan biopelet dengan sifat lebih seimbang antara kekuatan mekanik dan kemudahan pembakaran.

Biopelet merupakan bahan bakar padat yang dihasilkan melalui proses pemadatan biomassa dengan tekanan tertentu sehingga meningkatkan densitas dan efisiensi energi. Proses pembentukan biopelet dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis bahan baku, kadar air, ukuran partikel, serta kondisi proses. Kandungan lignin dalam biomassa berperan sebagai perekat alami yang akan aktif pada kondisi tertentu sehingga membantu meningkatkan kekompakan biopelet (Adapa dkk., 2013; Li dkk., 2022). Selain itu, penggunaan perekat tambahan juga penting untuk memperkuat ikatan antarpartikel agar biopelet tidak mudah hancur, di mana perekat organik dinilai lebih efektif karena mampu berpenetrasi ke dalam pori biomassa dengan emisi abu relatif rendah (Faujiah, 2016).

Kualitas biopelet perlu memenuhi standar tertentu, yang di Indonesia mengacu pada SNI 8675:2018 meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, karbon terikat, dan nilai kalor (Badan Standarisasi Nasional, 2018). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa jenis perekat mempengaruhi karakteristik biopelet, terutama perekat berbasis pati yang mengandung amilopektin karena memiliki daya rekat yang baik (Dahlia dkk., 2012; Kaliyan & Vance Morey, 2009). Oleh karena itu, pemilihan jenis perekat menjadi salah satu faktor penting dalam menentukan kualitas biopelet. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jenis perekat terhadap karakteristik biopelet berbahan baku campuran cangkang kelapa sawit dan tempurung kelapa.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda, Kalimantan Timur. Sedangkan alat-alat yang digunakan adalah *aluminium foil*, ayakan 60 mesh dan 70 mesh, batang pengaduk, *blender*, *bomb calorimeter*, cawan petri, cetakan biopelet, *crucible porcelain*, desikator, *furnace*, gelas kimia, gelas ukur, *hot plate*, indikator pH, lumpang dan alu, neraca digital, oven, pipet volume, saringan, spatula, *tray aluminium*, dan wadah kedap udara.

Bahan-bahan yang digunakan adalah cangkang kelapa sawit, tempurung kelapa, tepung maizena, tepung sagu, tepung ketan, tepung tapioka, molase, aquades, dan HNO₃ 0,5%.

2.2. Metode Penelitian

2.2.1. Persiapan Bahan Baku

Preparasi bahan baku dilakukan dengan menyiapkan cangkang kelapa sawit dan tempurung kelapa, kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari selama ± 3 hari hingga kering. Bahan yang telah kering selanjutnya diperkecil ukurannya menggunakan *crusher* hingga menjadi serbuk, kemudian diayak menggunakan saringan dengan ukuran lolos 60 mesh dan tertahan 70 mesh untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam. Serbuk yang lolos ayakan disimpan dalam wadah tertutup untuk mencegah penyerapan kelembapan udara.

2.2.2. Proses Leaching Pretreatment Bahan Baku

Proses leaching dilakukan dengan mencampurkan 200 gram serbuk cangkang kelapa sawit dan 100 gram serbuk tempurung kelapa ke dalam wadah, kemudian ditambahkan 4500 mL air dan 34,6 mL larutan HNO₃ dalam wadah kedap udara. Campuran diaduk hingga seluruh serbuk terendam, kemudian didiamkan selama 15 menit dalam kondisi tertutup. Selanjutnya, campuran disaring menggunakan kain, dan serbuk hasil

penyaringan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 2 jam. Serbuk yang telah kering kemudian disimpan dalam wadah tertutup.

2.2.3. Proses Pembuatan Perekat

Pembuatan perekat dilakukan dengan menyiapkan tepung maizena, tepung sagu, tepung ketan, dan tepung tapioka, masing-masing sebanyak 30 gram, kemudian dicampurkan dengan 300 mL air dan diaduk hingga homogen. Campuran dipanaskan menggunakan *hot plate* sambil diaduk hingga mengalami gelatinisasi dan membentuk tekstur kental. Untuk variasi molase, digunakan sebanyak 30 mL tanpa pemanasan. Perekat yang dihasilkan selanjutnya dicampurkan ke dalam serbuk bahan baku dan diaduk hingga merata.

2.2.4. Proses Pencetakan Biopellet

Proses pencetakan biopellet dilakukan dengan mencampurkan serbuk cangkang kelapa sawit dan tempurung kelapa hasil *treatment* dengan variasi perekat (tepung maizena, sagu, ketan, tapioka, dan molase) sebanyak 10% dari total bahan (30 gram) hingga homogen. Campuran kemudian dicetak menggunakan alat penggiling daging bertekanan manual, selanjutnya biopellet dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam, disimpan dalam wadah tertutup, diberi label, dan dianalisis.

2.2.5. Analisa Kualitas Biopellet

1. Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan dengan memanaskan oven hingga 105–110°C, kemudian menimbang petridish kosong sebagai M1. Sampel 1,0000 ± 0,0010 g dimasukkan dan ditimbang sebagai M2, lalu dikeringkan dalam oven pada 105°C selama 3 jam dalam kondisi terbuka sesuai metode ASTM. Setelah itu, sampel didinginkan dalam desikator selama 10–15 menit dan ditimbang sebagai M3. Pengujian dilakukan secara duplo.

2. Pengujian Kadar Abu

Pengujian kadar abu dilakukan dengan menimbang porselen dish sebagai M1, kemudian menambahkan sampel 1,0000 ± 0,0010 g dan menimbang sebagai M2. Sampel dipanaskan dalam furnace dari suhu kamar hingga 500°C selama 1,5 jam dan dilanjutkan pada 750°C selama 2 jam. Furnace kemudian didinginkan hingga ±300°C, sampel dikeluarkan, didinginkan 10–15 menit, dan ditimbang sebagai M3. Pengujian dilakukan secara duplo.

3. Pengujian Kadar Zat Terbang

Pengujian kadar zat terbang dilakukan pada furnace suhu 950°C dengan menimbang crucible sebagai M1, kemudian menambahkan sampel 1,0000 ± 0,0010 g dan menimbang sebagai M2. Sampel diratakan, ditutup, dan dipanaskan dalam furnace selama 7 menit, kemudian didinginkan selama 7 menit dan ditimbang sebagai M3. Crucible dibersihkan dengan pemanasan ulang selama 5–7 menit, dan pengujian dilakukan secara duplo.

4. Pengujian Karbon Terikat

Pengujian karbon terikat dilakukan dengan menggunakan data kadar air, kadar abu, dan kadar zat terbang yang telah diperoleh sebelumnya, kemudian dihitung untuk menentukan nilai karbon terikat.

5. Pengujian Nilai Kalor

Pengujian nilai kalor dilakukan dengan menghaluskan dan mengeringkan sampel pada suhu 105°C selama 24 jam hingga kadar air 8–10%, kemudian didinginkan dalam desikator. Kalorimeter dikalibrasi menggunakan ±1 gram asam benzoat untuk menentukan faktor kalibrasi (K). Sampel kering 0,5–1 gram ditempatkan dalam crucible, dipasang kawat penyalat, diisi oksigen hingga tekanan 25–30 atm, kemudian dibakar dalam kalorimeter bom dan kenaikan suhu dicatat hingga pembakaran selesai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil Pengujian Proksimat dan Nilai Kalor Sampel Biopellet

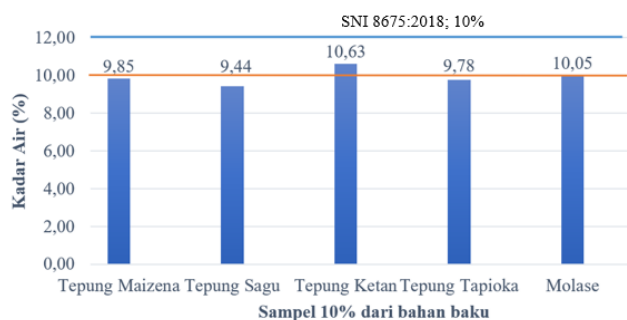
Sampel	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Zat Terbang (%)	Kadar Karbon Tetap (%)	Nilai Kalor (MJ/kg)
Tepung Maizena	9,85	1,70	71,92	16,53	17,693
Tepung Sagu	9,44	1,65	71,32	17,59	19,601

Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit dan Tempurung Kelapa Menjadi Biopellet dengan Variasi Jenis Perekat (Naswa Amalia Ananda)

Tepung Ketan	10,63	1,29	68,93	19,14	16,364	—
Tepung Tapioka	9,78	1,30	70,58	18,34	18,593	—
Molase	10,05	4,29	60,52	25,15	17,675	—
SNI 8675:2018	maks.	maks.	maks.	min.	min.	—
Rumah Tangga	10	5	75	14	16,5	—
Industri	maks. 12	maks. 5	maks. 80	min. 14	min. 16,5	—

3.1. Kadar Air

Kadar air merupakan jumlah kandungan air dalam suatu material yang berpengaruh terhadap kualitas bahan bakar padat, di mana kadar air tinggi menyebabkan kesulitan penyalaan dan meningkatkan asap pembakaran, sedangkan kadar air rendah dapat meningkatkan nilai kalor dan efisiensi pembakaran (Nanda dkk., 2018; Prasetyo dkk., 2019). Gambar 1 menunjukkan bahwa kadar air biopellet berada pada kisaran 9,44–10,63%, di mana sebagian sampel telah memenuhi standar SNI 8675:2018 untuk penggunaan industri, namun belum memenuhi standar rumah tangga.



Gambar 1. Perbandingan Kadar Air Biopellet Berdasarkan Jenis Perekat

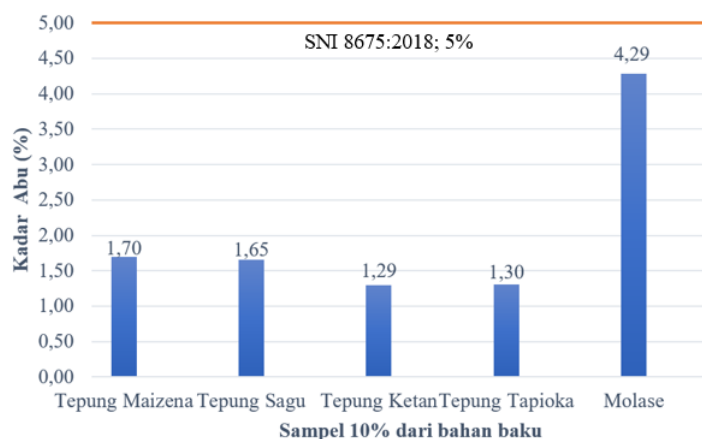
Kadar air terendah diperoleh pada biopellet dengan perekat tepung sagu sebesar 9,44%, sedangkan tertinggi pada tepung ketan sebesar 10,63%. Perbedaan ini dipengaruhi oleh jenis perekat, bahan baku, dan proses pengeringan (Amraini dkk., 2025). Tepung sagu memiliki kandungan amilosa sekitar 28% dan amilopektin 72% di mana amilosa memiliki daya serap air lebih rendah dibandingkan amilopektin (Sahabir dkk., 2025; Suarti, 2024), sehingga air lebih mudah dilepaskan selama pengeringan. Sebaliknya, tepung ketan dengan kandungan amilopektin sekitar 99% dan amilosa $\pm 2\%$ memiliki kemampuan mengikat air sangat tinggi sehingga kadar air biopellet meningkat (Mahshun, 2025).

Perekat tepung maizena menghasilkan kadar air 9,85% dengan kandungan amilopektin 74–76% dan amilosa 24–26%, sedangkan tepung tapioka menghasilkan 9,78% dengan amilopektin sekitar 83% dan amilosa 17%, yang meningkatkan kemampuan mengikat air serta didukung sifat higroskopisnya dalam menyerap uap air (Alpian dkk., 2020; Indrawati dkk., 2019; Rahman & Mardesci, 2015). Penggunaan molase menghasilkan kadar air 10,05% akibat sifat higroskopis gula yang mampu mempertahankan air dalam jumlah besar (Suudi et al., 2025). Semakin tinggi kandungan amilopektin dan semakin rendah amilosa pada perekat, maka kadar air biopellet meningkat, sehingga pemilihan perekat dengan amilosa lebih tinggi menjadi strategi untuk menghasilkan biopellet dengan kadar air rendah dan kualitas pembakaran yang lebih baik.

3.2. Kadar Abu

Kadar abu merupakan residu anorganik hasil pembakaran sempurna yang mencerminkan kandungan mineral bahan baku dan perekat (Febriani dkk., 2025). Nilai yang tinggi dapat meningkatkan pengotoran, keausan, korosi, serta pembentukan kerak, sedangkan nilai rendah meningkatkan kualitas pembakaran dan nilai kalor (Nanda dkk., 2018). Gambar 2 menunjukkan kadar abu biopellet berada pada rentang 1,29–

4,29% dan seluruh sampel memenuhi SNI 8675:2018 maks. 5% untuk penggunaan industri maupun rumah tangga.

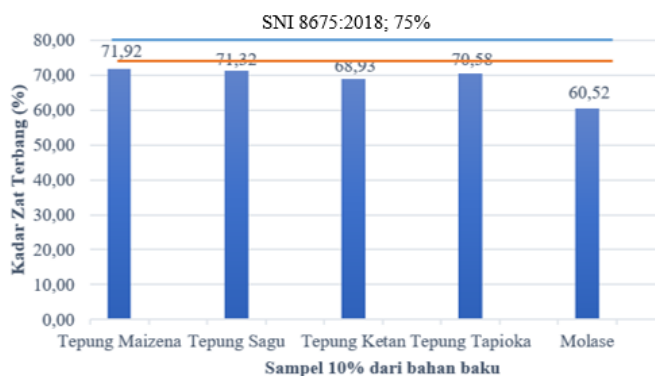


Gambar 2. Perbandingan Kadar Abu Biopelet Berdasarkan Jenis Perekat

Variasi kadar abu dipengaruhi jenis perekat dan kandungan mineralnya. Tepung ketan memiliki kadar abu 0,18%, tapioka 0,11–0,19% (Syamsir dkk., 2011), maizena 0,17–0,26% (Suarni dkk., 2013), dan sagu 0,20% (Gusfriani dkk., 2019), menunjukkan perekat pati umumnya bermineral rendah (Smith dkk., 2023). Kadar abu biopelet terendah terdapat pada perekat ketan (1,29%), diikuti tapioka (1,30%), sagu (1,65%), dan maizena (1,70%), sejalan dengan rendahnya residu anorganik yang dihasilkan.

Sebaliknya, perekat molase menghasilkan kadar abu tertinggi (4,29%) akibat kandungan mineral seperti kalsium, kalium, dan magnesium yang lebih tinggi (Ichsan dkk., 2025). Meskipun masih memenuhi standar, penggunaannya berpotensi meningkatkan akumulasi abu dan pembentukan endapan saat pembakaran berkelanjutan. Secara keseluruhan, kadar abu ditentukan oleh kandungan mineral perekat, di mana perekat pati menghasilkan residu lebih rendah dibandingkan molase.

3.3. Kadar Zat Terbang



Gambar 3. Perbandingan Kadar Zat Terbang Biopelet Berdasarkan Jenis Perekat

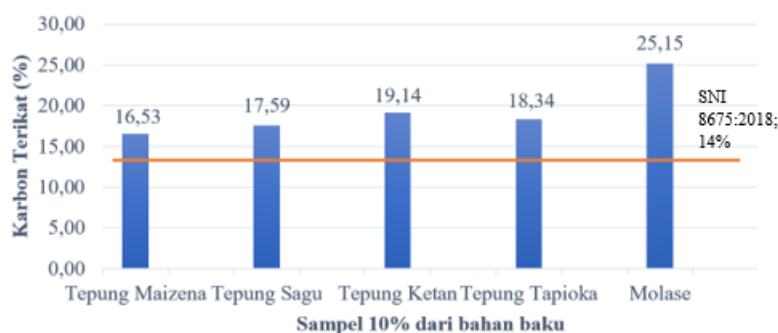
Kadar zat terbang (*volatile matter*) menggambarkan jumlah senyawa yang menguap selama pemanasan, terdiri atas hidrokarbon dan karbon monoksida yang terurai menjadi produk pembakaran (Cholilie & Zuari, 2021). Nilai tinggi menghasilkan asap lebih banyak akibat reaksi CO, sedangkan nilai rendah menunjukkan kualitas bahan bakar yang lebih baik dengan emisi lebih kecil (Tyassena dkk., 2025; Wati & Supriyono, 2025). Gambar 3 menunjukkan kadar zat terbang berada pada rentang 60,52–71,92% dan seluruh sampel memenuhi SNI 8675:2018 maks.75% untuk penggunaan industri maupun rumah tangga.

Variasi nilai dipengaruhi jenis perekat. Kadar tertinggi diperoleh pada tepung maizena (71,92%), diikuti sagu (71,32%), tapioka (70,58%), dan ketan (68,93%), sedangkan terendah pada molase (60,52%). Perekat berbasis tepung didominasi pati (amilosa dan amilopektin) yang mudah terurai menghasilkan gas volatil seperti CO, CO₂, CH₄, dan H₂ (Putra dkk., 2025), sehingga meningkatkan kadar zat terbang. Selain itu, ketidakhomogenan pengeringan bahan baku juga memengaruhi nilai yang dihasilkan (Dewi dkk., 2020).

Sebaliknya, molase mengandung fraksi non-volatil lebih besar berupa mineral seperti kalium, kalsium, dan magnesium yang tidak mudah menguap (Rohim, 2014), sehingga menghasilkan kadar zat terbang lebih rendah. Secara keseluruhan, kadar zat terbang ditentukan oleh komposisi fraksi volatil dan non-volatil perekat, di mana perekat berbasis pati cenderung menghasilkan nilai lebih tinggi dibandingkan perekat dengan kandungan mineral lebih besar.

3.4. Kadar Karbon Terikat

Karbon terikat merupakan fraksi karbon padat yang tersisa setelah senyawa volatil dilepaskan selama pemanasan (Habib, 2021). Nilai ini memengaruhi mutu bahan bakar padat, di mana kadar tinggi meningkatkan nilai kalor dan menghasilkan pembakaran dengan asap lebih rendah, sedangkan kadar rendah menunjukkan kualitas yang kurang baik (Dewi dkk., 2020; Restin dkk., 2025). Hasil penelitian menunjukkan kadar karbon terikat biopellet berada pada rentang 16,53–25,15% dan seluruh sampel memenuhi SNI 8675:2018 min. 14% untuk penggunaan industri maupun rumah tangga.



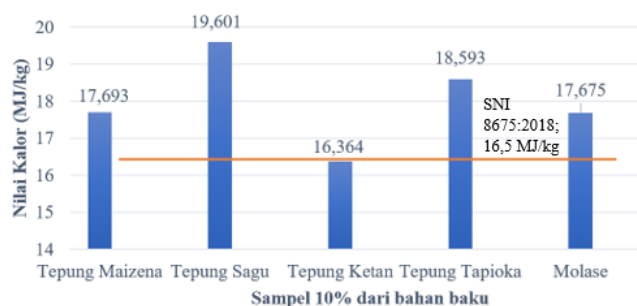
Gambar 4. Perbandingan Karbon Terikat Biopellet Berdasarkan Jenis Perekat

Variasi nilai dipengaruhi jenis perekat, dengan kadar tertinggi pada molase (25,15%), diikuti tepung ketan (19,14%), tapioka (18,34%), sagu (17,59%), dan terendah maizena (16,53%). Perbedaan ini berkaitan dengan kadar zat terbang yang berbanding terbalik dengan karbon terikat (Rusman dkk., 2023). Perekat berbasis pati (maizena, sagu, ketan, tapioka) mengandung amilosa dan amilopektin yang mudah terurai menghasilkan gas selama pemanasan, sehingga meningkatkan zat terbang dan menurunkan karbon padat tersisa (Putra dkk., 2025).

Sebaliknya, molase memiliki fraksi non-volatil lebih besar dan senyawa yang lebih stabil terhadap pemanasan (Rohim, 2014), sehingga menghasilkan zat terbang lebih rendah dan karbon terikat lebih tinggi. Secara keseluruhan, kadar karbon terikat biopellet berbanding terbalik dengan kadar zat terbang, di mana nilai zat terbang rendah menghasilkan karbon terikat yang lebih tinggi.

3.5. Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan parameter utama dalam menentukan mutu biopellet karena menunjukkan kemampuan menghasilkan energi panas serta memengaruhi efisiensi dan lama pembakaran (Kusyanto dkk., 2022). Hasil penelitian menunjukkan nilai kalor berada pada rentang 16,364–19,601 MJ/kg, di mana sebagian sampel belum memenuhi standar SNI 8675:2018 yaitu minimum sebesar 16,5 MJ/kg. Variasi nilai kalor dipengaruhi jenis perekat, dengan nilai tertinggi pada tepung sagu (19,601 MJ/kg), diikuti tapioka (18,593 MJ/kg), maizena (17,693 MJ/kg), molase (17,675 MJ/kg), dan terendah pada ketan (16,364 MJ/kg).



Gambar 5. Perbandingan Nilai Kalor Biopellet Berdasarkan Jenis Perekat

Secara teoritis, nilai kalor dipengaruhi oleh kadar karbon terikat, kadar air, kadar abu, dan zat terbang. Karbon terikat yang tinggi serta kadar air dan abu yang rendah meningkatkan nilai kalor, sedangkan sebaliknya menurunkannya (Aminur dkk., 2025). Hal ini terlihat pada biopellet dengan perekat sagu dan tapioka yang memiliki nilai kalor tinggi seiring kadar karbon terikat (17,59% dan 18,34%) serta kadar air rendah (9,44% dan 9,78%). Karbon terikat berperan sebagai sumber utama energi panas selama pembakaran (Nst dkk., 2025).

Biopellet dengan perekat maizena menghasilkan nilai kalor 17,693 MJ/kg yang dipengaruhi kombinasi karbon terikat (16,53%) dan kadar abu rendah (1,70%). Pada perekat molase, meskipun memiliki karbon terikat tertinggi (25,15%), nilai kalor tidak maksimal akibat kadar abu tinggi (4,29%) yang menurunkan efisiensi pembakaran (Aminur dkk., 2025; Napitupulu dkk., 2025). Selain itu, kandungan gula molase dapat menjadi sumber energi tambahan, namun sifat higroskopisnya meningkatkan kadar air sehingga berpotensi menurunkan efisiensi pembakaran (Alfian dkk., 2025).

Nilai kalor terendah pada perekat ketan (16,364 MJ/kg) dipengaruhi kadar air tertinggi (10,63%) dan karbon terikat relatif rendah, sehingga energi banyak digunakan untuk penguapan air dan pelepasan volatil (Al Qadry dkk., 2018). Meskipun tepung ketan memiliki kandungan amilopektin yang sangat tinggi sehingga mampu menghasilkan daya rekat yang baik melalui proses gelatinisasi, tingginya kandungan amilopektin juga berkaitan dengan kemampuan pati dalam mengikat air. Secara teoritis, pati dengan kandungan amilopektin tinggi bersifat lebih mudah mengikat air, sehingga dapat menyebabkan peningkatan kadar air pada produk (Nafiah, 2018). Kondisi ini menyebabkan biopellet dengan perekat tepung ketan memiliki kadar air yang lebih tinggi dibandingkan perekat lainnya. Kadar air yang tinggi meningkatkan kebutuhan energi untuk proses penguapan air selama pembakaran, sehingga berdampak pada penurunan nilai kalor dan efisiensi pembakaran biopellet.

Secara keseluruhan, perekat tepung sagu menghasilkan biopellet dengan karakteristik terbaik, ditunjukkan oleh nilai kalor tertinggi, kadar air rendah (9,44%), kadar abu 1,65%, kadar zat terbang 71,32%, dan karbon terikat 17,59% yang memenuhi SNI 8675:2018. Kondisi ini menunjukkan efisiensi pembakaran lebih baik, nyala api stabil, dan energi yang dihasilkan lebih optimal.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, jenis perekat berpengaruh terhadap karakteristik biopellet dari cangkang kelapa sawit dan tempurung kelapa. Perekat sagu menghasilkan biopellet terbaik dengan nilai kalor tertinggi sebesar 19,601 MJ/kg, kadar air 9,44%, kadar abu 1,65%, kadar zat terbang 71,32%, dan karbon terikat 17,59%, di mana memenuhi standar SNI 8675:2018. Kombinasi tersebut menghasilkan efisiensi pembakaran yang lebih baik dan nyala api yang lebih stabil dibandingkan perekat lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. K. Adapa, L. G. Tabil, and G. J. Schoenau, "Factors affecting the quality of biomass pellet for biofuel and energy analysis of pelleting process," *Journal of Agricultural and Biological Engineering*, vol. 6, no. 2, pp. 1–12, 2013, doi: 10.3965/j.ijabe.20130602.001.
- [2] M. G. Al Qadry, D. D. Saputro, and R. D. Widodo, "Karakteristik Dan Uji Pembakaran Biopellet Campuran Cangkang Kelapa Sawit Dan Serbuk Kayu Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 16, no. 2, pp. 177–188, 2018.
- [3] D. G. C. Alfian, J. Juhensen, F. Paundra, and D. J. Silitonga, "Pengaruh Variasi Perekat Terhadap Karakteristik Bahan Bakar Briket Cangkang Kelapa Sawit," *Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 11, no. 1, pp. 80–93, Mar. 2025, doi: 10.31884/jtt.v11i1.623.
- [4] Alpian, R. Panjaitan, A. Jaya, Yanciluk, W. Supriyati, and E. U. Antang, "Sifat Fisika Mekanika Briket Arang Dengan Komposisi Jenis Kayu Gerunggang (*Cratogeomys arborescens*) dan Kayu Tumih (*Combretocarpus rotundatus*)," *Jurnal Pertanian*, vol. 7, no. 1, pp. 1–10, 2020.
- [5] Aminur, M. A. Wibowo, F. Ramadhoni, and M. Sari, "Pembuatan Biopellet Dari Campuran Cangkang Dan Daging Biji Karet Menggunakan Mesin Screw Oil Press," *Jurnal Pendidikan, Kimia, Fisika Dan Biologi*, vol. 1, no. 4, pp. 127–135, 2025.

- [6] S. Z. Amraini, R. S. Indarty, A. U. Evionitra, and T. Nabela, "Pengaruh Variasi Komposisi Tandan Kosong Sawit Dan Mesokarp Terhadap Kualitas Biopellet Yang Memenuhi Standar SNI 8675:2018," *Jurnal Integrasi Proses*, vol. 14, no. 1, pp. 6–16, 2025.
- [7] Badan Standarisasi Nasional, "Pellet Biomassa Untuk Energi SNI 8675:2018," Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, Indonesia, 2018.
- [8] A. Cholilie and L. Zuari, "Pengaruh Variasi Jenis Perekat Terhadap Kualitas Biobriket Berbahan Serabut dan Tandan Buah Lontar (*Borassus flabellifer* L.)," *Jurnal Agricultural*, vol. 4, no. 3, pp. 391–402, 2021, doi: 10.37637/ab.v4i3.774.
- [9] Dahliana, E. Kurniawan, and Z. Ginting, "Pemanfaatan Limbah Serabut Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* jacq.) Sebagai Sumber Energi Alternatif Dalam Pembuatan Biopellet," *Journal of Chemical Engineering*, vol. 1, pp. 1–11, Nov. 2012.
- [10] R. P. Dewi, T. J. Saputra, and S. J. Purnomo, "Uji Kandungan Fixed Carbon dan Volatile Matter Briket Arang Dengan Variasi Ukuran Partikel Serbuk Arang," *Jurnal Teknologi Industri*, vol. 3, pp. 1–6, 2020.
- [11] Faujiah, "Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka Terhadap Kualitas Briket Arang Kulit Buah Nipah (*Nyfa fruticans* wurmb)," Skripsi, Universitas Islam Negeri Alauddin, Makassar, Indonesia, 2016.
- [12] V. Febriani, F. F. Hanum, A. Rahayu, and B. Setya, "The Impact Of Carbonization Temperature On The Quality Of Empty Fruit Bunch Charcoal And Palm Kernel Charcoal For Co-Firing Application," *Jurnal Sains Natural*, vol. 15, no. 1, pp. 28–39, 2025.
- [13] M. Gusfriani, S. Fitriani, and V. S. Johan, "Formulasi Batter Berbasis Pati Sagu Terhadap Sifat Fisiko-Kimia Dan Sensori Popcorn Chicken," *Jurnal Teknologi Pangan*, vol. 13, no. 2, pp. 77–87, 2019.
- [14] M. Z. Habib, "Pengaruh Massa Aditif Kaolin Terhadap Terbentuknya Slag Pada Pembakaran Serbuk Kayu," Skripsi, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia, 2021.
- [15] C. Ichsan, R. V. Ningsih, D. S. Rini, and K. Webliana, "Combustion Performance and Physicochemical Characteristics of Sawdust- Based Bio-Charcoal Briquettes using Molasses Adhesive," *Journal of Agriculture*, vol. 13, pp. 578–600, May 2025.
- [16] Indrawati, B. A. Harsojuwono, and A. Hartiati, "Karakteristik Komposit Bioplastik Glukoman Dan Maizena Dalam Pengaruh Variasi Suhu Dan Waktu Gelatinisasi," *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, vol. 7, no. 3, pp. 468–477, 2019.
- [17] N. Kaliyan and R. Vance Morey, "Factors Affecting Strength And Durability of Densified Biomass Products," *Biomass and Bioenergy*, vol. 33, no. 3, pp. 337–359, 2009, doi: 10.1016/j.biombioe.2008.08.005.
- [18] Kusyanto, R. Handayani, and A. Kurniawan, "Pembuatan Biobriket Dari Campuran Kulit Kacang Tanah Dan Tempurung Kemiri Dengan Menggunakan Metode Karbonisasi," *Jurnal Teknik Kimia Vokasional*, vol. 2, no. 2, pp. 59–65, 2022, doi: 10.46964/jimsi.v2i2.1692.
- [19] W. Li, M. Wang, F. Meng, and Y. Zhang, "A Review on the Effects of Pretreatment and Process Parameters on Properties of Pellets," *Energies*, vol. 15, no. 7303, pp. 2–23, 2022.
- [20] M. H. Mahshun, "Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Beras Ketan Terhadap Karakteristik Fisikokimia Biobriket Cangkang Biji Karet," Skripsi, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia, 2025.
- [21] Murtadha, "Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa (*Cocos Nucifera*) Dan Ampas Tebu (Baggase) Menjadi Briket Sebagai Potensi Energi Baru Di Desa Keude Aron Kecamatan Kaway Xvi Kabupaten Aceh Barat," Skripsi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Banda Aceh, Indonesia, 2023.
- [22] D. L. Nafiah, "Penggunaan berbagai Jenis Tepung Pada Pembuatan Kamaboko berbahan Dasar Surimi Itoyori Terhadap Sifat Fisikokimia Dan Organoleptik," Skripsi, Universitas Semarang, Semarang, Indonesia, 2018.
- [23] R. A. Nanda, Z. Fona, and Pardi, "Analisis Mutu Briket Arang Cangkang Kopi, Cangkang Kemiri dan Tempurung Kelapa Ditinjau Dari Kadar Perekat Kanji," in *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 2018, vol. 2, no. 1, pp. 19–22.
- [24] R. Napitupulu, R. J. Pratama, and Y. Dharta, "Analisis Ukuran Partikel Serbuk Arang Terhadap Pengurangan Kadar Abu Pada Briket Tempurung Kelapa," *Jurnal Teknologi*, vol. 25, no. 1, pp. 44–49, 2025.
- [25] K. Nst, M. Sayuthi, Y. Amani, M. Habibi, Faisal, and H. Hidayat, "Analysis of Coal Quality as Fuel For Steam Power Plants in Langkat Regency Based on The Proximate Test," *Journal of Mechanical Engineering And Fabrication*, vol. 2, no. 2, pp. 1–5, 2025.
- [26] T. F. Prasetyo, A. F. Isdiana, and H. Sujadi, "Implementasi Alat Pendeteksi Kadar Air Pada Bahan Pangan Berbasis Internet Of Things," *SMARTICS Journal*, vol. 5, no. 2, pp. 81–96, 2019.

- [27] E. P. D. Putra, D. P. Larassati, R. A. Wijayani, E. S. Thamrin, T. Sylvia, D. Subara, and U. T. Laksono, "Karakteristik Bioplastik Pati Bonggol Pisang Dengan Variasi Konsentrasi Gliserol," *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, vol. 13, no. 2, pp. 293–308, 2025.
- [28] M. Rahman and H. Mardesci, "Pengaruh Perbandingan Tepung Beras Dan Tepung Tapioka Terhadap Penerimaan Konsumen Pada Cendol," *Jurnal Teknologi Pertanian*, vol. 4, no. 1, pp. 18–28, 2015.
- [29] P. M. Raja and Giyanto, "Aplikasi Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Adsorben Pada Minyak Jelantah Bahan B Sabun," *Jurnal Teknik Pengolahan Hasil Perkebunan Kelapa Sawit Dan Karet*, vol. 2, no. 2, pp. 49–57, 2020.
- [30] Restin, L. Ifa, and S. Yani, "Pengaruh Jenis Perekat Terhadap Kualitas Biobriket Hasil Pirolisis Limbah Biomassa Lignoselusa D07," *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, vol. 8, no. 1, pp. 1119–1131, 2025.
- [31] Rohim, "Perbedaan Penambahan Kadar Molase Rebus Pada Medium Fermentasi Khamir Laut," Skripsi, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia, 2014.
- [32] L. O. Rusman, L. Lestari, S. Raharjo, I. Usman, and D. Chrismiwhdani, "Pengaruh Temperatur Aktivasi Terhadap Kualitas Briket Arang Aktif Sekam Padi," *Jurnal Fisika*, vol. 8, no. 3, pp. 39–46, 2023.
- [33] L. Sahabir, D. P. Ludong, and L. H. Kalesaran, "Kajian Pembuatan Briket Bioarang Dari Tempurung Pala Menggunakan Perekat Berbahan Baku Tepung Sagu," *Jurnal Pertanian*, vol. 14, no. 2, pp. 28–33, 2025.
- [34] M. R. Santoso, "Efektifitas Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Karbon Aktif Dalam Penurunan Tingkat Kekeruhan, Fe Dan Mn Air Bersih Di Rawa Makmur Kota Bengkulu," KTI/Skripsi, Politeknik Kesehatan Bengkulu, Bengkulu, Indonesia, 2016.
- [35] Smith, S. Liline, and S. Sahetapy, "Analisis Kadar Abu Pada Salak Merah (*Salacca edulis*) Di Desa Riring Dan Desa Buria Kecamatan Taniwel Kabupaten Seram Bagian Barat Provinsi Maluku," *Jurnal Biologi*, vol. 10, no. 1, pp. 51–57, 2023.
- [36] Suarni, I. U. Firmmansyah, and M. Aqil, "Keragaman Mutu Pati Beberapa Varietas Jagung," *Jurnal Pertanian*, vol. 32, no. 1, pp. 50–56, 2013.
- [37] B. Suarti, *Pati Modifikasi dan Aplikasinya*, M. A. Arifin, Ed. Medan, Indonesia: Umsu Press, 2024.
- [38] F. Suudi, H. Oktavianty, and M. P. Bimantio, "Pengaruh Variasi Perekat Molase dan Tepung Tapioka pada Pembuatan Briket Limbah Industri Kayu Putih," *Jurnal Teknologi Pertanian*, vol. 3, no. 4, pp. 2061–2070, 2025.
- [39] E. Syamsir, P. Hariyadi, D. Fardiat, N. Adnarwulan, and F. Kusnandar, "Karakteristik Tapioka Dari Lima Varietas Ubi Kayu (*Manihot utilisima* Crantz) Asal Lampung," *Jurnal Agrotek*, vol. 5, no. 1, pp. 93–105, 2011.
- [40] F. Y. P. Tyassena, S. Pertiwi, and F. Prasetya, "Pengaruh Variasi Jenis Perekat Terhadap Kualitas Briket Dari Kulit Rambutan," *Jurnal Teknologi Kimia Mineral*, vol. 4, no. 1, pp. 15–22, 2025.
- [41] D. A. R. Wati and T. Supriyono, "Analisis Kandungan Volatile Matter Pada Briket Batok Kelapa Dengan Metode Gravimetri Untuk Optimasi Kualitas Pembakaran," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 1, no. 1, pp. 37–44, 2025.