



Analisis Komparatif Pengaruh Variasi Jenis Perekat terhadap Karakteristik Fisik dan Performa Pembakaran Briket Arang Tempurung Kelapa sebagai Energi Alternatif Berkelanjutan

Rifal Cahya Marshandi ¹, Dhiya Suci Auliyah ², Agustina Dyah Setyowati ³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No. 1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : ³ dosen00991@unpam.ac.id

Masuk: 15 Mei 2026

Direvisi: 21 Mei 2026

Disetujui: 23 Mei 2026

Abstract: Dependence on fossil energy drives the development of sustainable alternative energy sources from local biomass. This study examines the effect of binder type variations on physical characteristics and combustion performance of coconut shell charcoal briquettes. Experiments were conducted with three binder variations: 10% tapioca binder, 50% molasses binder, and a 5% each tapioca-molasses combination, with two replications for each treatment. Coconut shells were carbonized for 6 hours, ground, and sieved through 40 mesh before mixing with binders. Briquettes were molded with a standard weight of 45 grams and dried according to binder characteristics. Evaluated parameters included mass shrinkage, mechanical strength through drop test, combustion duration, residual ash mass, and smoke and odor intensity. Results showed significant differences among binder variations. Tapioca briquettes produced the best characteristics for practical applications with superior mechanical strength (remained intact during drop test), adequate combustion duration (6.56 hours), optimal combustion efficiency with minimal ash (1.5 grams or 4.2%), and clean combustion without smoke and odor. Molasses briquettes showed the longest combustion duration (11.57 hours) but had critical weaknesses in mechanical strength (shattered during drop test) and lowest mass shrinkage (6.7%) due to hygroscopic properties. Combination briquettes showed the worst performance with the shortest burning duration (4.11 hours), highest ash content (4 grams or 11.4%), and greatest mass shrinkage (22.2%). Radar chart visualization confirmed that tapioca briquettes have the most balanced profile for household and commercial use, while molasses briquettes are potential for stationary industrial applications with drying optimization. Binder combination did not produce positive synergy and is not recommended for further development.

Keywords: coconut shell briquettes, tapioca binder, molasses binder, alternative energy, biomass.

Abstrak: Ketergantungan terhadap energi fosil mendorong pengembangan sumber energi alternatif berkelanjutan dari biomassa lokal. Penelitian ini mengkaji pengaruh variasi jenis perekat terhadap karakteristik fisik dan performa pembakaran briket arang tempurung kelapa. Eksperimen dilakukan dengan tiga variasi perekat: tapioka murni 10%, molase murni 50%, dan kombinasi tapioka-molase masing-masing 5%, dengan dua kali pengulangan untuk setiap perlakuan. Tempurung kelapa dikarbonisasi selama 6 jam, digiling, dan diayak dengan ukuran 40 mesh sebelum dicampurkan dengan perekat. Briket dicetak dengan berat standar 45 gram dan dikeringkan sesuai karakteristik perekat. Parameter yang dievaluasi meliputi penyusutan massa, kekuatan mekanik melalui uji jatuh bebas, durasi pembakaran, massa abu sisa, serta intensitas asap dan bau. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan signifikan antar variasi perekat. Briket tapioka menghasilkan karakteristik terbaik untuk aplikasi praktis dengan kekuatan mekanik superior (tetap utuh saat uji jatuh), durasi pembakaran memadai (6,56 jam), efisiensi pembakaran optimal dengan abu minimal (1,5 gram atau 4,2%), serta pembakaran bersih tanpa asap dan bau. Briket molase menunjukkan durasi pembakaran terpanjang (11,57 jam) namun memiliki kelemahan kritis pada kekuatan mekanik (hancur saat uji jatuh) dan penyusutan massa terendah (6,7%) akibat sifat higroskopisnya. Briket kombinasi menunjukkan performa terburuk dengan durasi nyala tersingkat (4,11 jam), abu tertinggi (4 gram atau 11,4%), dan penyusutan massa terbesar (22,2%). Visualisasi *radar chart* mengonfirmasi bahwa briket tapioka memiliki profil paling seimbang untuk penggunaan rumah tangga dan komersial, sementara briket molase potensial untuk aplikasi industri stasioner dengan optimalisasi pengeringan. Kombinasi perekat tidak menghasilkan sinergi positif dan tidak direkomendasikan untuk pengembangan lanjutan.

Kata kunci: briket tempurung kelapa, perekat tapioka, perekat molase, energi alternatif, biomassa.

PENDAHULUAN

Degradasi lingkungan akibat konsumsi energi fosil yang masif telah memicu perubahan iklim global dengan dampak yang semakin nyata dirasakan oleh berbagai negara, termasuk Indonesia. Fenomena pemanasan global yang dipicu oleh akumulasi gas rumah kaca di atmosfer, khususnya karbon dioksida dari pembakaran bahan bakar fosil, menuntut transisi menuju sumber energi yang lebih ramah lingkungan [1]. Ketergantungan terhadap energi fosil yang bersifat tidak terbarukan juga menghadirkan tantangan serius mengingat cadangan sumber daya ini terus menipis seiring peningkatan kebutuhan energi global yang eksponensial.

Indonesia dengan kekayaan sumber daya alamnya yang melimpah memiliki peluang strategis dalam pengembangan energi alternatif berbasis biomassa. Sebagai negara kepulauan dengan lebih dari 17.000 pulau dan garis pantai terpanjang kedua di dunia sepanjang 95.181 kilometer, Indonesia menjadi habitat ideal bagi perkebunan kelapa yang tersebar luas di wilayah pesisir. Posisi Indonesia sebagai produsen kelapa terbesar dunia menghasilkan volume limbah tempurung kelapa yang sangat besar, namun pemanfaatannya belum optimal [2]. Limbah tempurung kelapa ini berpotensi dikonversi menjadi briket arang sebagai alternatif bahan bakar yang berkelanjutan.

Tempurung kelapa memiliki karakteristik unggul sebagai bahan baku briket karena struktur fisiknya yang keras dengan kandungan silikat tinggi dan komposisi lignoselulosa yang memadai [3], [4]. Konversi tempurung kelapa menjadi briket arang melibatkan serangkaian proses teknologi sederhana yang dapat diterapkan dalam skala rumah tangga hingga industri, meliputi pengeringan, karbonisasi, penghalusan, pencampuran dengan perekat, pencetakan, dan pengeringan akhir. Setiap tahapan proses ini memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas briket yang dihasilkan, terutama dalam aspek sifat fisik dan karakteristik pembakarannya.

Salah satu faktor krusial dalam pembuatan briket berkualitas adalah pemilihan jenis dan konsentrasi perekat yang tepat. Perekat berfungsi mengikat partikel-partikel arang menjadi struktur padat yang kokoh, memengaruhi tidak hanya kekuatan mekanik briket tetapi juga karakteristik pembakarannya seperti durasi nyala, kalor yang dihasilkan, dan emisi yang ditimbulkan [5], [6]. Penelitian-penelitian terdahulu umumnya hanya mengeksplorasi satu jenis perekat secara terisolasi, baik itu tepung tapioka maupun molase, sehingga belum memberikan gambaran komparatif yang komprehensif mengenai keunggulan dan kelemahan masing-masing perekat.

Tepung tapioka sebagai perekat alami berbasis pati memiliki kemampuan membentuk gel yang kuat ketika dilarutkan dalam air panas, menciptakan ikatan antar partikel yang solid setelah pengeringan. Di sisi lain, molase sebagai produk samping industri gula mengandung komponen gula residual yang dapat meningkatkan nilai kalor pembakaran sekaligus memberikan sifat perekat melalui karamelisasi [7]. Meskipun demikian, potensi kombinasi kedua perekat ini dalam menghasilkan sinergi positif untuk mengoptimalkan karakteristik briket masih belum tergali secara mendalam dalam literatur ilmiah yang ada.

Kesenjangan riset ini membuka peluang untuk melakukan kajian komparatif sistematis terhadap tiga variasi perekat pada briket tempurung kelapa murni, yaitu tapioka sebagai perekat tunggal, molase sebagai perekat tunggal, dan kombinasi tapioka-molase. Evaluasi menyeluruh terhadap parameter fisik seperti massa jenis, kekuatan tekan, dan stabilitas bentuk, serta parameter pembakaran seperti durasi nyala, produksi abu, dan emisi, akan memberikan landasan ilmiah untuk menentukan formulasi perekat optimal sesuai dengan aplikasi spesifik yang diinginkan [8].

Penelitian ini bertujuan untuk (1) menganalisis pengaruh variasi jenis perekat terhadap sifat fisik briket, (2) mengevaluasi karakteristik pembakaran, dan (3) menentukan formulasi perekat yang paling optimal untuk aplikasi praktis. Kontribusi signifikan penelitian ini terletak pada penyediaan data komparatif yang komprehensif untuk ketiga jenis perekat dalam satu kerangka eksperimental yang konsisten, memberikan panduan praktis bagi pengembangan industri briket tempurung kelapa skala kecil hingga menengah, serta memperkaya basis pengetahuan ilmiah mengenai optimalisasi biomassa lokal sebagai energi alternatif berkelanjutan.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental laboratorium dengan desain faktorial sederhana untuk menguji pengaruh variasi jenis perekat terhadap karakteristik briket arang tempurung kelapa. Eksperimen dilakukan dengan tiga perlakuan utama yaitu perekat tapioka murni, perekat molase murni, dan kombinasi

keduanya, dengan masing-masing perlakuan direplikasi sebanyak dua kali untuk memastikan konsistensi dan validitas data.

Bahan dan Peralatan

Bahan baku utama yang digunakan adalah tempurung kelapa segar sebanyak 6 kg yang diperoleh dari pasar lokal. Perekat yang digunakan meliputi tepung tapioka dengan konsentrasi 10% dari massa arang, molase cair dengan konsentrasi 50% dari massa arang, dan kombinasi tapioka-molase masing-masing 5% dari massa arang. Air digunakan sebagai pelarut untuk perekat tapioka. Peralatan yang digunakan mencakup timbangan digital dengan presisi 0,1 g untuk penimbangan, tungku karbonisasi tradisional menggunakan kaleng tertutup berlubang, penggiling arang mekanik, ayakan 40 *mesh* untuk standardisasi ukuran partikel, wadah pencampur, cetakan briket silinder berdiameter 5 cm, oven listrik dengan kontrol suhu, gelas beker 500 mL, dan kompor gas untuk memasak perekat tapioka.

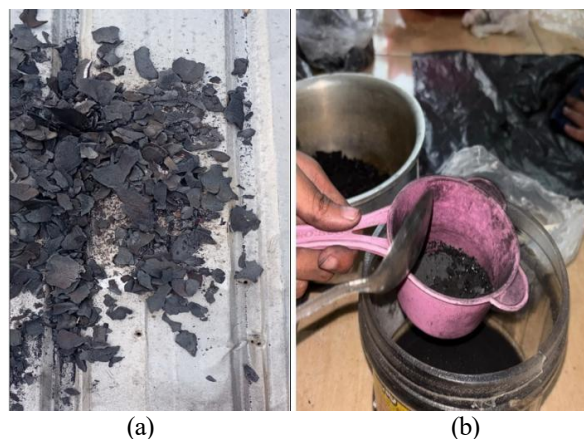
Prosedur Karbonisasi dan Preparasi Arang

Tahap pertama dimulai dengan proses karbonisasi tempurung kelapa menggunakan metode pirolisis sederhana. Tempurung kelapa sebanyak 6 kg dibersihkan dari serabut dan kotoran, kemudian dimasukkan ke dalam kaleng besi tertutup yang telah dilubangi kecil pada tutupnya untuk keluarnya gas volatil. Kaleng kemudian ditempatkan di dalam tungku pembakaran dan dipanaskan selama 6 jam hingga asap yang keluar dari lubang berubah dari putih pekat menjadi putih tipis, mengindikasikan proses karbonisasi mendekati sempurna [9]. Setelah 6 jam, tungku dimatikan dan kaleng dibiarkan mendingin secara alami selama 12 jam tanpa dibuka untuk mencegah oksidasi arang.



Gambar 1. Proses karbonisasi tempurung kelapa dalam kaleng tertutup menggunakan tungku pembakaran

Arang tempurung kelapa hasil karbonisasi kemudian dikeluarkan dari kaleng dan ditimbang untuk mengetahui rendemen arang. Arang selanjutnya digiling menggunakan penggiling mekanik hingga menjadi serbuk halus, lalu diayak menggunakan ayakan 40 *mesh* untuk mendapatkan ukuran partikel yang seragam dengan diameter maksimal 0,42 mm. Keseragaman ukuran partikel ini penting untuk memastikan distribusi perekat yang homogen dan kompaksi yang optimal saat pencetakan.

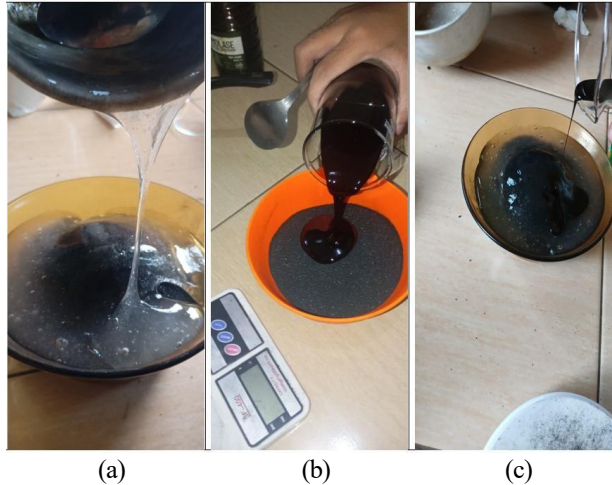


Gambar 2. (a) Arang tempurung kelapa hasil karbonisasi; (b) Proses pengayakan setelah penghalusan

Preparasi Perekat dan Pencampuran

Untuk setiap *batch* percobaan, ditimbang 250 g serbuk arang tempurung kelapa hasil ayakan. Perekat disiapkan dengan tiga formulasi berbeda sesuai perlakuan. Formulasi pertama menggunakan tepung tapioka sebanyak 25 g (10% dari massa arang) yang dilarutkan dalam 100 mL air, kemudian dimasak di atas kompor

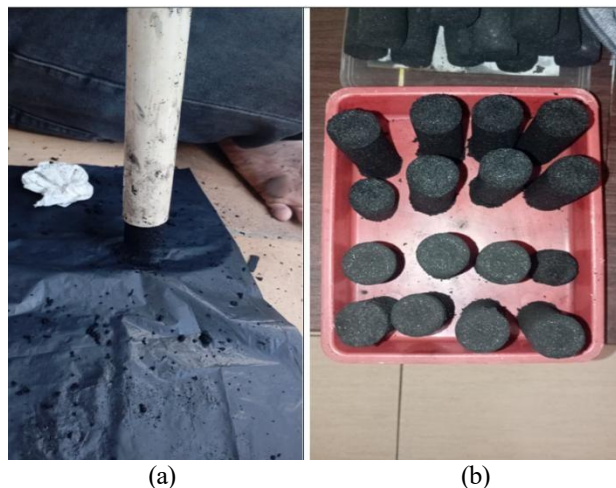
dengan pengadukan konstan hingga membentuk gel kental menyerupai lem dengan suhu sekitar 80–90 °C. Gel tapioka dibiarkan mendingin hingga suhu 40–50 °C sebelum dicampurkan dengan arang untuk mencegah penguapan air berlebihan. Formulasi kedua menggunakan molase cair sebanyak 125 g (50% dari massa arang) yang langsung dicampurkan dengan arang tanpa proses pemanasan. Formulasi ketiga menggunakan kombinasi 12,5 g tepung tapioka (5% dari massa arang) yang telah dimasak menjadi gel dan 12,5 g molase cair (5% dari massa arang). Proses pencampuran dilakukan secara manual menggunakan spatula dalam wadah plastik selama 10 menit untuk setiap *batch* hingga diperoleh campuran yang homogen dengan distribusi perekat merata pada seluruh permukaan partikel arang.



Gambar 3. Proses pencampuran arang dengan perekat: (a) Campuran arang-tapioka; (b) Campuran arang-molase; (c) Campuran arang-kombinasi perekat

Pencetakan dan Pengeringan

Sebelum pencetakan, campuran arang dan perekat ditimbang dengan berat standar 45 g untuk setiap unit briket guna memastikan konsistensi ukuran dan memudahkan perbandingan antar perlakuan. Cetakan briket silinder berdiameter 5 cm diolesi tipis dengan minyak sayur untuk memudahkan pelepasan briket. Campuran seberat 45 g dimasukkan ke dalam cetakan dan dipadatkan dengan tekanan manual menggunakan piston selama 30 detik, kemudian dibiarkan selama 10 detik sebelum briket dikeluarkan dari cetakan dengan cara mendorong piston dari bawah.

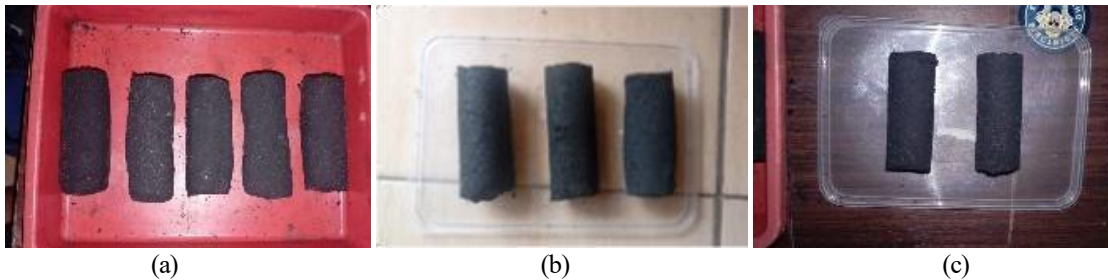


Gambar 4. Proses pencetakan briket: (a) Pemadatan dengan piston; (b) Briket hasil cetakan

Briket hasil cetakan kemudian dikeringkan menggunakan metode yang disesuaikan dengan karakteristik masing-masing perekat. Briket dengan perekat molase murni dan kombinasi tapioka-molase dikeringkan menggunakan oven listrik pada suhu 100 °C selama 2 jam 35 menit. Penggunaan oven untuk briket molase bertujuan mempercepat penguapan air mengingat sifat higroskopis molase yang tinggi [10]. Sementara itu, briket dengan perekat tapioka murni dikeringkan dengan metode penjemuran langsung di bawah sinar matahari selama 24 jam karena gel tapioka lebih mudah melepaskan air dan tidak memerlukan panas tinggi.



Gambar 5. Proses pengeringan briket: (a) Pengeringan briket molase dan kombinasi menggunakan oven 100 °C; (b) Pengeringan briket tapioka dengan sinar matahari



Gambar 6. Briket arang tempurung kelapa hasil akhir dengan tiga variasi perekat: (a) Briket tapioka 10%; (b) Briket molase 50%; (c) Briket kombinasi tapioka-molase 5%-5%

Pengujian Karakteristik Fisik

Pengujian massa dan penyusutan dilakukan dengan menimbang briket sebelum pengeringan (berat basah) dan setelah pengeringan (berat kering) menggunakan timbangan digital. Persentase penyusutan massa dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Penyusutan (\%)} = \frac{\text{Berat Basah} - \text{Berat Kering}}{\text{Berat Basah}} \times 100\%$$

Pengukuran dilakukan pada suhu ruang 27–30 °C dengan kelembaban relatif 60–70%. Pengujian kekuatan mekanik dilakukan dengan metode uji jatuh bebas (*drop test*) dari ketinggian standar 1 meter di atas permukaan beton datar. Setiap briket dijatuhkan satu kali dan kondisi fisiknya diamati serta dikategorikan menjadi tiga kelompok: utuh (tidak ada keretakan atau patahan), patah (terbelah menjadi 2–3 bagian besar), atau hancur (terpecah menjadi banyak fragmen kecil). Pengujian ini mensimulasikan kondisi *handling* dan transportasi dalam aplikasi praktis.

Pengujian Karakteristik Pembakaran

Pengujian pembakaran dilakukan dalam kondisi terkontrol di ruang terbuka tanpa angin untuk menghindari bias dari aliran udara eksternal. Setiap briket dinyalakan menggunakan korek api dengan bantuan sedikit kertas sebagai pemantik awal. Waktu mulai dihitung sejak briket mulai menyala sendiri tanpa bantuan pemantik eksternal hingga briket benar-benar padam dan tidak ada lagi bara api. Pengukuran durasi nyala menggunakan *stopwatch* digital dengan presisi menit.

Selama proses pembakaran, dilakukan pengamatan kualitatif terhadap intensitas asap yang dihasilkan (tidak ada, sedikit, atau banyak) dan ada tidaknya bau yang tercium. Setelah pembakaran selesai dan abu telah dingin sempurna, massa abu sisa ditimbang menggunakan timbangan digital untuk menghitung efisiensi pembakaran. Persentase kadar abu dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{\text{Massa Abu}}{\text{Massa Arang Kering}} \times 100\%$$

Variabel Penelitian dan Analisis Data

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jenis dan konsentrasi perekat yang terdiri dari tiga level: tapioka 10%, molase 50%, dan kombinasi tapioka 5% + molase 5%. Variabel terikat yang diukur meliputi durasi nyala api, massa abu sisa pembakaran, intensitas asap, bau pembakaran, dan kekuatan mekanik briket. Variabel kontrol yang dijaga konstan meliputi bahan baku tempurung kelapa dari sumber yang sama, waktu karbonisasi

6 jam, ukuran partikel arang hasil ayakan 40 *mesh*, berat cetak briket 45 g, serta metode dan durasi pengeringan yang telah ditentukan untuk masing-masing jenis perekat.

Data kuantitatif berupa berat basah, berat kering, durasi nyala, dan massa abu disajikan dalam bentuk tabel dan grafik batang untuk memudahkan perbandingan antar perlakuan. Data kualitatif berupa kekuatan mekanik, intensitas asap, dan bau dianalisis secara deskriptif. *Radar chart* digunakan untuk visualisasi komprehensif kelima parameter kualitas briket secara simultan, memungkinkan identifikasi profil karakteristik masing-masing variasi perekat. Analisis komparatif dilakukan untuk menentukan formulasi perekat optimal berdasarkan keseimbangan antara parameter fisik dan performa pembakaran.

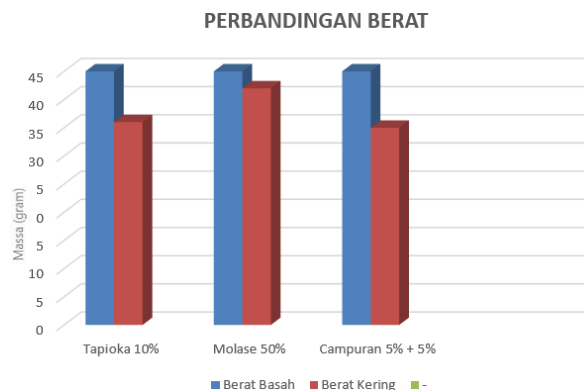
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Fisik dan Penyusutan Massa Briket

Tabel 1. Karakteristik fisik dan penyusutan massa briket arang tempurung kelapa

Jenis Perekat	Percobaan	Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	Penyusutan Massa (%)	Kekuatan Mekanik
Tapioka 10%	1	45	36	20	Tidak patah/retak
Tapioka 10%	2	45	36	20	Tidak patah/retak
Molase 50%	1	45	42	6,7	Hancur
Molase 50%	2	45	42	6,7	Hancur
Molase 5% + Tapioka 5%	1	45	35	22,2	Patah 2 bagian
Molase 5% + Tapioka 5%	2	45	35	22,2	Patah 2 bagian

Penyusutan massa selama pengeringan merupakan indikator penting untuk memahami karakteristik retensi air dari masing-masing jenis perekat. Semua sampel briket dicetak dengan berat basah yang sama (45 g) untuk memastikan perbandingan yang adil. Perbedaan berat kering setelah pengeringan mencerminkan sifat higroskopis perekat dan kemampuannya mengikat atau melepaskan air. Perbandingan berat basah, berat kering, dan persentase penyusutan untuk setiap variasi perekat disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Perbandingan massa briket sebelum dan sesudah pengeringan pada variasi perekat tapioka, molase, dan kombinasi

Briket molase menunjukkan penyusutan massa terendah sebesar 6,7% (dari 45 g menjadi 42 g) yang mengindikasikan sifat higroskopisnya yang kuat dalam menahan air. Briket tapioka mengalami penyusutan 20% (dari 45 g menjadi 36 g), sementara briket kombinasi tapioka-molase memiliki penyusutan tertinggi yaitu 22,2% (dari 45 g menjadi 35 g).

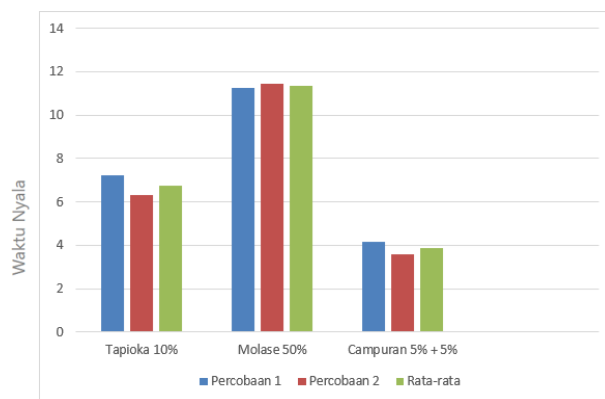
Rendahnya penyusutan pada briket molase (6,7%) mengonfirmasi sifat higroskopisnya yang mempertahankan kelembaban dalam struktur briket meskipun telah dikeringkan [7], [11]. Hal ini menjelaskan mengapa briket molase memerlukan waktu pengeringan lebih lama untuk mencapai kekuatan mekanik optimal. Tingginya penyusutan pada briket kombinasi (22,2%) mengindikasikan bahwa campuran tapioka-molase tidak menghasilkan sinergi positif dalam mempertahankan struktur briket, melainkan justru meningkatkan laju kehilangan air yang dapat merusak integritas fisik briket.

Performa Pembakaran Briket

Tabel 2. Data hasil uji pembakaran briket

Jenis Perekat	Percobaan	Waktu Nyala	Abu Sisa (g)	Rata-Rata Nyala	Asap	Bau
Tapioka 10%	1	7 jam 21 menit	1	6 jam 56 menit	Tidak ada	Tidak ada
Tapioka 10%	2	6 jam 30 menit	2	6 jam 56 menit	Tidak ada	Tidak ada
Molase 50%	1	11 jam 25 menit	2	11 jam 34 menit	Sedikit	Ada (khas pembakaran)
Molase 50%	2	11 jam 43 menit	2	11 jam 34 menit	Sedikit	Ada (khas pembakaran)
Molase 5% + Tapioka 5%	1	4 jam 15 menit	4	4 jam 7 menit	Sedikit	Ada
Molase 5% + Tapioka 5%	2	3 jam 21 menit	4	4 jam 7 menit	Tidak ada	Ada

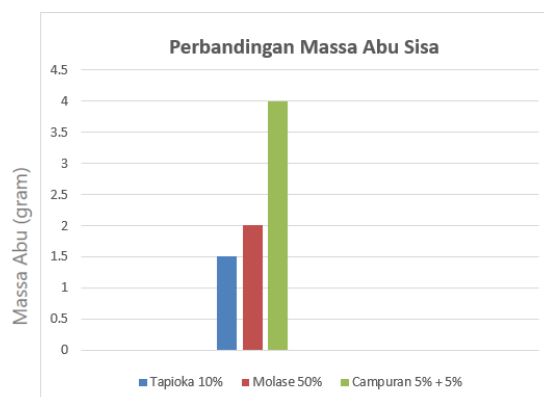
Pengujian durasi pembakaran dilakukan dengan dua kali pengulangan untuk setiap variasi perekat. Briket dinyalakan dalam kondisi terkontrol dan waktu nyala dicatat hingga briket benar-benar padam. Hasil dari kedua pengujian serta nilai rata-ratanya disajikan pada Gambar 8 untuk memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai performa pembakaran masing-masing jenis perekat.



Gambar 8. Perbandingan durasi pembakaran briket dengan variasi jenis perekat

Briket dengan perekat molase 50% menunjukkan waktu nyala terpanjang dengan rata-rata 11,57 jam (rentang 11,42–11,72 jam), diikuti oleh briket tapioka 10% dengan rata-rata 6,56 jam (rentang 6,50–7,35 jam), dan briket kombinasi tapioka-molase yang memiliki waktu nyala tersingkat dengan rata-rata 4,11 jam (rentang 3,97–4,25 jam). Data hasil dari dua kali pengulangan percobaan ini menunjukkan konsistensi yang tinggi, terutama pada briket molase dengan variasi waktu hanya 18 menit. Perbedaan signifikan dalam durasi pembakaran ini mengindikasikan bahwa jenis perekat sangat memengaruhi karakteristik termal briket. Molase murni menghasilkan briket dengan nilai kalor pembakaran yang lebih tinggi karena kandungan gula residunya, sementara kombinasi perekat justru menghasilkan performa terburuk yang kemungkinan disebabkan oleh interaksi kimia yang tidak optimal antara tapioka dan molase [12].

Abu merupakan residu anorganik yang tersisa setelah proses pembakaran sempurna briket. Kadar abu yang rendah mengindikasikan kandungan karbon tetap yang tinggi dan menunjukkan efisiensi pembakaran yang baik. Semakin sedikit abu yang dihasilkan, semakin efisien briket tersebut dalam mengonversi massa menjadi energi panas. Pengukuran massa abu dilakukan setelah briket benar-benar dingin menggunakan timbangan digital presisi 0,1 g.



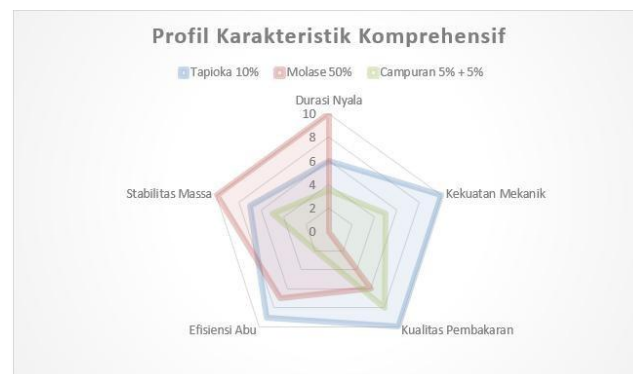
Gambar 9. Perbandingan massa abu sisa pembakaran briket dengan variasi jenis perekat

Briket dengan kombinasi tapioka-molase menghasilkan abu terbanyak (4,0 g), diikuti oleh briket molase murni (2,0 g), dan briket tapioka yang menghasilkan abu paling sedikit (1,5 g). Briket tapioka menunjukkan efisiensi pembakaran terbaik dengan abu terendah 1,5 g (4,2% dari berat kering), mengindikasikan proses karbonisasi yang optimal [13], [14]. Sebaliknya, briket kombinasi menghasilkan abu 4 g (11,4% dari berat kering), suatu nilai yang sangat tinggi dan tidak memenuhi standar kualitas briket yang baik. Tingginya kadar abu pada briket kombinasi kemungkinan disebabkan oleh pembakaran yang tidak sempurna atau adanya kontaminan dalam campuran perekat.

Analisis Komprehensif Karakteristik Briket

Radar chart (spider chart) merupakan visualisasi komprehensif yang menampilkan lima parameter kualitas briket secara simultan dalam satu grafik. Setiap sumbu mewakili parameter yang dinormalisasi ke skala 0–10 untuk memudahkan perbandingan:

1. **Durasi nyala:** Dinormalisasi dari waktu nyala aktual (0–12 jam → 0–10)
2. **Kekuatan mekanik:** Hancur = 0, patah 2 bagian = 5, utuh = 10.
3. **Kualitas pembakaran:** Berdasarkan asap dan bau (banyak asap = 0, tanpa asap = 10).
4. **Efisiensi abu:** Kebalikan (*inverse*) dari massa abu (abu banyak = 0, abu sedikit = 10).
5. **Stabilitas massa:** Berdasarkan persentase penyusutan (penyusutan tinggi = 0, rendah = 10).



Gambar 10. Profil karakteristik komprehensif briket dengan variasi perekat

Hasil visualisasi *radar chart* perbandingan karakteristik komprehensif briket dari tiga variasi perekat disajikan pada Gambar 10 dengan rentang skala 0–10. Briket tapioka (biru) menunjukkan profil yang seimbang dengan keunggulan pada kekuatan mekanik (10/10) dan kualitas pembakaran (10/10). Briket molase (cokelat) unggul dalam durasi nyala (10/10) Anti stabilitas massa (10/10), namun sangat lemah dalam kekuatan mekanik (0/10). Briket kombinasi (hijau) menunjukkan performa terlemah pada mayoritas parameter, terutama efisiensi abu (2/10) dan durasi nyala (3,5/10).

Visualisasi *radar chart* tersebut dengan jelas menunjukkan adanya *trade-off* antar-parameter. Briket tapioka memiliki bentuk grafik yang paling mendekati sempurna dengan *area coverage* terluas pada parameter praktis (kekuatan mekanik, kualitas pembakaran, efisiensi abu), meskipun durasi nyalanya moderat. Sebaliknya, briket molase menunjukkan profil yang sangat tidak seimbang dengan puncak ekstrem pada durasi nyala namun lembah dalam pada kekuatan mekanik, mengindikasikan bahwa briket ini hanya cocok untuk aplikasi stasioner. Briket kombinasi memiliki *area coverage* terkecil dengan profil yang merata rendah, mengonfirmasi bahwa kombinasi perekat ini gagal menghasilkan sinergi positif.

Untuk aplikasi rumah tangga atau komersial yang memerlukan proses *handling* dan transportasi, briket tapioka merupakan pilihan optimal. Untuk aplikasi industri stasioner yang memprioritaskan durasi pembakaran panjang, briket molase dapat dipertimbangkan dengan catatan diperlukan penanganan khusus dan waktu pengeringan minimal 72 jam. Briket kombinasi tidak direkomendasikan untuk pengembangan lebih lanjut dalam formulasi saat ini.

KESIMPULAN

Jenis perekat terbukti memengaruhi mutu fisik dan karakteristik pembakaran briket arang tempurung kelapa. Penggunaan perekat tapioka 10% menghasilkan briket dengan performa paling optimal secara keseluruhan, ditandai oleh kekuatan struktur yang baik, pembakaran yang stabil dan bersih, serta residu abu yang rendah. Perekat molase 50% mampu menghasilkan waktu pembakaran paling lama, namun kelemahan pada daya tahan mekanik membatasi penggunaannya. Sementara itu, formulasi perekat campuran tapioka–molase 5%–5% menunjukkan kinerja yang kurang efektif sehingga tidak direkomendasikan.

SARAN

Perekat tapioka direkomendasikan untuk aplikasi rumah tangga maupun komersial yang memerlukan kemudahan penanganan dan pembakaran bersih. Perekat molase berpotensi digunakan pada sistem pembakaran stasioner dengan optimasi proses pengeringan. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengevaluasi variasi konsentrasi perekat dan metode pengeringan guna meningkatkan kualitas briket.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. M. Rahman, A. Raihan, M. S. Alam, and S. Chowdhury, "Greenhouse gas emission dynamics and climate change mitigation efforts toward sustainability in the Middle East and North Africa (MENA) region," *Reg. Sustain.*, vol. 6, no. 4, p. 100246, 2025, doi: [https://doi.org/10.1016/j.regus.2025.100246](https://doi.org/10.1016/j.regsus.2025.100246).
- [2] E. P. Putri, "Renewable Energy: Charcoal Briquettes from Coconut Shells - Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications," in *Springer Proceedings in Materials*, I. A. Parinov, S.-H. Chang, and E. P. Putri, Eds., Cham: Springer Nature Switzerland, 2024, pp. 541–548. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-52239-0_50.
- [3] S. Suluh, L. A. Salo, E. Mangera, D. Ramba, and Y. Barru, "Performance analysis of coconut shell charcoal briquettes in terms of variations in immersion time as an alternative energy source," *ARPJ. Eng. Appl. Sci.*, vol. 17, no. 17, pp. 1611–1614, 2022.
- [4] M. S. Firmansyah and S. F. Nurhayati, "Pemanfaatan Briket Arang Tempurung Kelapa sebagai Energi Alternatif," *Determ. J. Penelit. Ekon. Manaj. dan Akunt.*, vol. 2, no. 2, pp. 118 – 123, Apr. 2024, doi: <https://doi.org/10.23917/determinasi.v2i2.227>.
- [5] H. Huang *et al.*, "Biomass briquette fuel, boiler types and pollutant emissions of industrial biomass boiler: A review," *Particuology*, vol. 77, pp. 79–90, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.partic.2022.08.016>.
- [6] O. F. Obi, R. Pecenka, and M. J. Clifford, "A Review of Biomass Briquette Binders and Quality Parameters," *Energies*, vol. 15, no. 7, p. 2426, 2022. doi: <https://doi.org/10.3390/en15072426>.
- [7] A. C. Harlina, Ropiudin, and A. M. Ritonga, "Pengaruh Kadar Perekat Molase dan Lama Pengeringan terhadap Proses Pembuatan Biobriket dari Tempurung Kelapa dan Sekam Padi," *J. Agric. Biosyst. Eng. Res.*, vol. 2, no. 2, pp. 19–27, 2021, doi: <https://doi.org/10.20884/1.jaber.2021.2.2.4984>.
- [8] R. D. Listiowati, Ropiudin, and A. M. Ritonga, "Karakterisasi Kualitas Biobriket Campuran Tempurung Kelapa dan Sekam Padi dengan Variasi Perekat dan Ukuran Serbuk," *J. Agric. Biosyst. Eng. Res.*, vol. 3, no. 2, pp. 13–26, 2022, doi: <https://doi.org/10.20884/1.jaber.2022.3.2.7125>.
- [9] O. Nurhilal and S. Suryaningsih, "Pengaruh Komposisi Campuran Sabut dan Tempurung Kelapa terhadap Nilai Kalor Biobriket dengan Perekat Molase," *JIIIF (Jurnal Ilmu dan Inov. Fis.)*, vol. 2, no. 1, pp. 8–14, 2018, doi: <https://doi.org/10.24198/jiif.v2i1.15606>.
- [10] H. A. Marbun, Giyanto, and H. Sinaga, "Pembuatan Biobriket Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Tempurung Kelapa sebagai Sumber Energi Alternatif Ramah Lingkungan," *J. Agro Fabr.*, vol. 1, no. 1, pp. 17–20, 2019, doi: <https://doi.org/10.47199/jaf.v1i1.116>.
- [11] J. K. Tanui, P. N. Kioni, P. N. Kariuki, and J. M. Ngugi, "Influence of processing conditions on the quality of briquettes produced by recycling charcoal dust," *Int. J. Energy Environ. Eng.*, vol. 9, no. 3, pp. 341–350, 2018, doi: <https://doi.org/10.1007/s40095-018-0275-7>.
- [12] I. Qistina, D. Sukandar, and Trilaksono, "Kajian Kualitas Briket Biomassa dari Sekam Padi dan Tempurung Kelapa," *J. Kim. Val.*, vol. 2, no. 2, pp. 136–142, 2016, doi: <https://doi.org/10.15408/jkv.v2i2.4054>.
- [13] R. J. Pratama, R. Napitupulu, Z. Kurniawan, and Y. Darta, "Analisis Pengaruh Perekat Tepung Tapioka Pada Pengurangan Kadar Abu Briket Tempurung Kelapa," *J. Inov. Teknol. Terap.*, vol. 3, no. 2, pp. 397–401, Aug. 2025, doi: <https://doi.org/10.33504/jitt.v3i2.269>.
- [14] M. Y. P. Setyono and Y. S. Purnomo, "Analisis Kadar Air dan Kadar Abu Briket Lumpur IPAL dan Fly Ash dengan Penambahan Serbuk Gergaji Kayu," *INSOLOGI J. Sains dan Teknol.*, vol. 1, no. 6, pp. 696–703, Dec. 2022, doi: <https://doi.org/10.55123/insologi.v1i6.1047>.