

Nilai Kalor dan *Volatile Matter* Briket dari Campuran Limbah Rumah Tangga dan Limbah Industri Furnitur

Yonathan Ito^{1,*}

¹Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri Pertanian, Politeknik Negeri Cilacap, Jalan Dokter Soetomo no.1, Sidakaya, Cilacap, 53212

*Yonathan.19ito@gmail.com

Diterima: 26 07 2026

Direvisi: 30 07 2026

Disetujui: 31 07 2026

ABSTRAK

Peningkatan volume limbah plastik dan minyak jelantah rumah tangga serta limbah kayu grajen dari industri furnitur mendorong perlunya pemanfaatan ketiga limbah tersebut sebagai bahan bakar padat berbasis energi terbarukan, yaitu briket. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh variasi rasio limbah plastik (LP) terhadap limbah kayu grajen (LK) pada briket tanpa proses karbonisasi dengan penambahan minyak jelantah, terhadap dua parameter mutu secara bersamaan, yaitu nilai kalor (*gross calorific value*) dan kadar zat menguap (*volatile matter*), dengan target nilai kalor minimal 5.001 kkal/kg agar berpotensi dimanfaatkan pada sektor industri di Indonesia. Limbah kayu grajen dan limbah plastik dikeringkan di bawah sinar matahari, limbah plastik selanjutnya dicacah, kemudian keduanya dicampur pada tiga variasi rasio LP:LK (45%:55%, 50%:50%, dan 55%:45%) dengan penambahan 250 mL minyak jelantah pada setiap variasi, lalu dicetak menggunakan mesin cetak briket otomatis pada suhu 152°C. Pengujian dilakukan pada basis kering (*dry basis*) oleh laboratorium pengujian independen mengacu pada ASTM D5865-19 dan ASTM D3175-20. Hasil pengujian menunjukkan nilai kalor briket meningkat dari 6.244 kkal/kg menjadi 6.683 kkal/kg, sedangkan kadar zat menguap meningkat dari 79,10% menjadi 80,80% seiring bertambahnya proporsi limbah plastik. Rasio LP:LK 55%:45% menghasilkan nilai kalor tertinggi di antara ketiga variasi yang diuji, namun disertai kadar zat menguap yang juga paling tinggi, sehingga penentuan komposisi optimum perlu mempertimbangkan keseimbangan antara nilai kalor dan karakteristik pembakaran yang diharapkan.

Kata kunci: briket limbah plastik-kayu grajen, rasio campuran, nilai kalor, kadar zat menguap, minyak jelantah

ABSTRACT

The increasing volume of household plastic waste and used cooking oil, together with sawdust waste from the furniture industry, calls for the utilisation of these three waste streams as a renewable energy-based solid fuel, namely briquettes. This study aims to evaluate the effect of varying the ratio of plastic waste (PW) to sawdust waste (SW) in non-carbonised briquettes containing used cooking oil on two quality parameters simultaneously, namely the gross calorific value and the volatile matter content, with a target minimum calorific value of 5,001 kcal/kg for potential industrial application in Indonesia. Sawdust and plastic waste were sun-dried, the plastic waste was then shredded, and both were mixed at three PW:SW ratios (45%:55%, 50%:50%, and 55%:45%) with the addition of 250 mL of used cooking oil in each variation, and subsequently compressed using an automatic briquette machine at 152°C. Testing was carried out on a dry basis by an independent testing laboratory in accordance with ASTM D5865-19 and ASTM D3175-20. The results indicate that the calorific value increased from 6,244 kcal/kg to 6,683 kcal/kg, while the volatile matter content rose from 79.10% to 80.80% as the proportion of plastic waste increased. The 55%:45% PW:SW ratio yielded the highest calorific value among the three tested variations, but also the highest volatile matter content, so that the selection of an optimum composition must balance calorific value against the desired combustion characteristics.

Keywords: *briquette, plastic waste, sawdust waste, used cooking oil, calorific value*

PENDAHULUAN

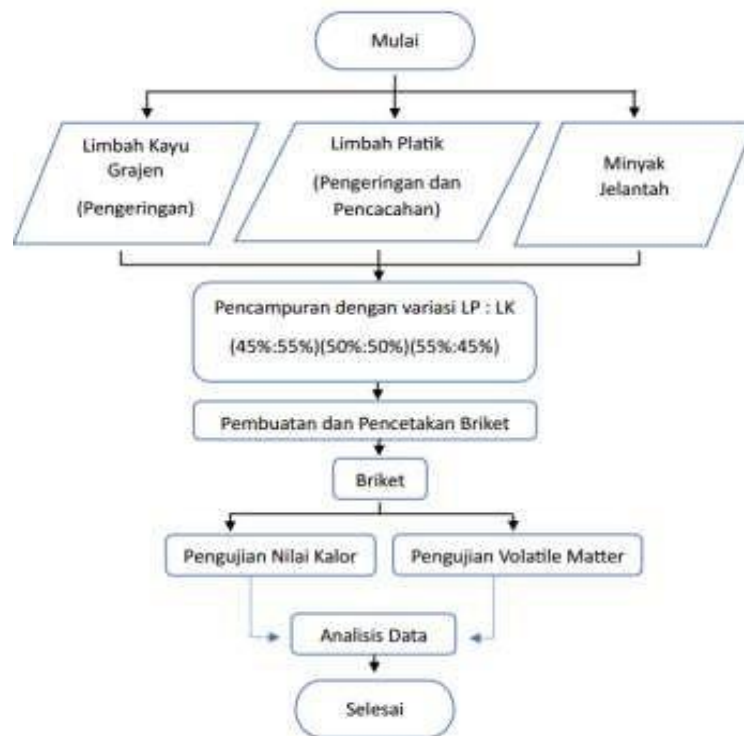
Peningkatan pemanfaatan energi terbarukan dan pengelolaan limbah yang belum tertangani secara optimal merupakan dua persoalan yang saling berkaitan dan membutuhkan penanganan khusus di Indonesia. Limbah plastik dan minyak jelantah rumah tangga, serta limbah kayu grajen (serbuk gergaji) dari industri furnitur, merupakan tiga jenis limbah dengan volume besar namun pemanfaatannya masih terbatas, sehingga berpotensi mencemari lingkungan apabila dibuang tanpa penanganan khusus [1]. Ketiga limbah tersebut memiliki kandungan energi yang cukup tinggi apabila diolah menjadi bahan bakar padat berupa briket, sehingga dapat menjadi sumber energi alternatif berbasis energi terbarukan [13]. Permasalahan yang dihadapi adalah belum diketahuinya rasio campuran limbah plastik dan limbah kayu grajen yang mampu menghasilkan briket dengan nilai kalor memadai tanpa melalui proses karbonisasi, serta bagaimana perubahan rasio tersebut memengaruhi kadar zat menguap briket yang dihasilkan. Berdasarkan permasalahan tersebut, hipotesis penelitian ini adalah bahwa peningkatan proporsi limbah plastik dalam campuran akan meningkatkan nilai kalor briket dan sekaligus mengubah kadar zat menguapnya.

Penelitian mengenai briket berbahan campuran limbah plastik dan biomassa telah banyak dilakukan, namun sebagian besar masih memiliki keterbatasan apabila ditinjau dari tujuan penelitian ini. Asip dkk. melaporkan bahwa campuran limbah plastik LDPE dengan tempurung kelapa dan cangkang sawit menghasilkan briket dengan nilai kalor hingga 7.508 kal/g, tetapi capaian tersebut diperoleh melalui proses karbonisasi bahan baku yang menambah tahapan proses dan kebutuhan energi [1]. Ikhsanudin memperoleh nilai kalor sekitar 5.608 kal/g dari campuran plastik PET dengan serbuk gergaji dan perekat kanji, namun hanya menguji satu komposisi sehingga tidak dapat menunjukkan kecenderungan pengaruh rasio campuran [2]. Djola dkk. melaporkan bahwa briket plastik LDPE murni menghasilkan nilai kalor tertinggi (5.921 kal/g) dibandingkan campurannya dengan tempurung kelapa (5.574 kal/g) dan tongkol jagung (5.100 kal/g), tetapi variasi yang diuji terbatas pada satu rasio 50%:50% [13]. Dalimunthe dkk. menemukan bahwa penambahan plastik LDPE, PP, dan plastik biodegradable pada briket limbah pertanian meningkatkan nilai kalor namun cenderung menurunkan kadar zat menguap karena plastik lebih stabil secara termal dibandingkan komponen lignoselulosa [9,14]. Sebaliknya, Widodo menunjukkan bahwa penambahan minyak jelantah memperbaiki nilai kalor dan karakteristik pembakaran briket biomassa, tetapi tanpa melibatkan limbah plastik sebagai komponen campuran [3]. Kajian lain mengarah pada karakterisasi briket dari campuran limbah pertanian dan limbah masker berbahan plastik [7], serta briket berbahan dominan plastik PET dan PP tanpa biomassa yang menghasilkan nilai kalor sangat tinggi namun tidak melibatkan limbah kayu maupun minyak jelantah dalam formulasinya [8]. Perbedaan arah hasil tersebut, khususnya pada kadar zat menguap, menunjukkan bahwa pengaruh proporsi plastik terhadap *volatile matter* belum konsisten dan bergantung pada jenis biomassa serta ada tidaknya proses karbonisasi. Selain itu, studi-studi tersebut umumnya memvariasikan jenis plastik atau jenis biomassa secara terpisah dan hanya berfokus pada satu parameter mutu, sehingga kajian yang secara khusus memvariasikan rasio limbah plastik terhadap limbah kayu grajen dengan minyak jelantah tanpa karbonisasi, sekaligus mengukur nilai kalor dan kadar zat menguap secara bersamaan, masih sangat terbatas.

Berdasarkan paparan tersebut, kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada pemanfaatan simultan ketiga jenis limbah, yaitu limbah plastik, limbah kayu grajen, dan minyak jelantah, tanpa melalui proses karbonisasi, serta pada evaluasi pengaruh variasi rasio limbah plastik (LP) terhadap limbah kayu grajen (LK) secara bersamaan terhadap dua parameter mutu briket, yaitu nilai kalor (*gross calorific value*) dan kadar zat menguap (*volatile matter*). Tujuan penelitian ini adalah (1) mengevaluasi pengaruh rasio LP:LK terhadap nilai kalor briket dan (2) mengetahui kecenderungan perubahan kadar zat menguap seiring perubahan komposisi bahan baku, sebagai dasar penentuan komposisi campuran yang memenuhi target nilai kalor minimal 5.001 kkal/kg untuk pemanfaatan pada sektor industri di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang terdiri atas empat tahapan, yaitu: (1) persiapan bahan baku, (2) pencampuran bahan sesuai variasi rasio, (3) pencetakan briket, dan (4) pengujian karakteristik briket. Alur penelitian secara keseluruhan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian, Pembuatan dan Pengujian Briket

Bahan baku yang digunakan terdiri atas limbah plastik (LP) rumah tangga, limbah kayu grajen atau serbuk gergaji (LK) dari industri furnitur, dan minyak jelantah rumah tangga. Limbah plastik yang digunakan bersifat tercampur (*mixed plastic waste*), tidak dipilah berdasarkan jenis resin, dan meliputi kantong kresek (HDPE/LDPE), kemasan makanan ringan (*multilayer*), kemasan mi instan, serta botol air mineral bekas (PET). Limbah kayu grajen juga tidak berasal dari satu jenis kayu dan sebagian di antaranya masih mengandung sisa cat dari proses produksi furnitur. Minyak jelantah yang digunakan merupakan minyak goreng bekas pakai dari rumah tangga yang telah melalui beberapa kali penggorengan dengan jenis bahan masakan yang beragam, disaring terlebih dahulu untuk memisahkan residu padatan. Penggunaan bahan baku yang heterogen ini dipilih secara sengaja agar merepresentasikan kondisi limbah rumah tangga dan limbah industri furnitur sebagaimana adanya di lapangan, tanpa proses pemilahan lanjutan.

Tahap persiapan bahan diawali dengan pengeringan limbah kayu grajen dan limbah plastik di bawah sinar matahari langsung sampai bahan kering secara visual dan tidak terdapat kelembapan pada permukaannya; kadar air awal maupun akhir bahan tidak diukur pada penelitian ini. Setelah kering, limbah plastik dicacah menggunakan mesin pencacah plastik hingga berukuran serpihan agar mudah tercampur secara merata dengan serbuk gergaji. Limbah plastik (LP) dan limbah kayu grajen (LK) kemudian dicampur secara manual di dalam bak terbuka sesuai variasi rasio yang telah ditentukan, yaitu LP:LK 45%:55%, 50%:50%, dan 55%:45% (basis berat). Ketiga rasio tersebut ditetapkan di sekitar komposisi berimbang 50%:50% dengan selisih 5% pada setiap sisi, sehingga kecenderungan perubahan nilai kalor dan kadar zat menguap dapat diamati pada rentang komposisi di mana

kedua bahan masih sama-sama dominan. Setelah campuran homogen, ke dalam setiap bak ditambahkan 250 mL minyak jelantah dan diaduk kembali secara manual hingga merata. Volume minyak jelantah dijaga tetap 250 mL pada seluruh variasi agar berfungsi sebagai variabel kontrol, sehingga perbedaan hasil pengujian dapat diatribusikan pada perubahan rasio LP:LK dan bukan pada jumlah minyak jelantah; volume tersebut merupakan jumlah minimum yang diperlukan agar seluruh campuran terbasahi secara merata dan proses pencetakan berlangsung lancar. Minyak jelantah berfungsi sebagai bahan tambahan yang membantu proses pencampuran dan pelumasan saat pencetakan, sekaligus berkontribusi terhadap kandungan energi briket [3].



Gambar 2. Pencampuran Bahan dan Peletakan pada Hopper

Bahan yang telah tercampur dimasukkan ke dalam hopper mesin cetak briket otomatis dengan suhu dijaga konstan pada 152°C hingga terbentuk briket padat, kemudian didinginkan pada suhu ruang sebelum diuji. Pengujian nilai kalor (*gross calorific value*) dan kadar zat menguap (*volatile matter*) dilakukan pada basis kering (*dry basis*) oleh laboratorium pengujian independen, yaitu PT Sucofindo Cilacap. Nilai kalor diuji mengacu pada ASTM D5865-19, Standard Test Method for *Gross Calorific Value* of Coal and Coke [11], sedangkan kadar zat menguap mengacu pada ASTM D3175-20, Standard Test Method for *Volatile Matter* in the Analysis Sample of Coal and Coke [12]. Setiap variasi rasio diwakili oleh satu sampel briket komposit yang diambil dari bak campuran yang bersangkutan dan diuji satu kali (*single-run*) tanpa ulangan, sehingga jumlah keseluruhan sampel yang diuji adalah tiga sampel. Ketiadaan ulangan menyebabkan simpangan hasil pengujian tidak dapat dihitung, sehingga data ditafsirkan sebagai kecenderungan dan bukan sebagai perbedaan yang teruji secara statistik. Variabel bebas pada penelitian ini adalah rasio campuran limbah plastik terhadap limbah kayu grajen (LP:LK); variabel terikat adalah nilai kalor dan kadar zat menguap briket; sedangkan variabel kontrol adalah volume minyak jelantah (250 mL) dan suhu pencetakan (152°C) yang dijaga tetap pada setiap variasi. Data nilai kalor (kkal/kg) dan kadar zat menguap (% berat) dari setiap variasi dianalisis secara deskriptif kuantitatif serta disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk melihat kecenderungan pengaruh rasio campuran terhadap kedua parameter yang diuji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

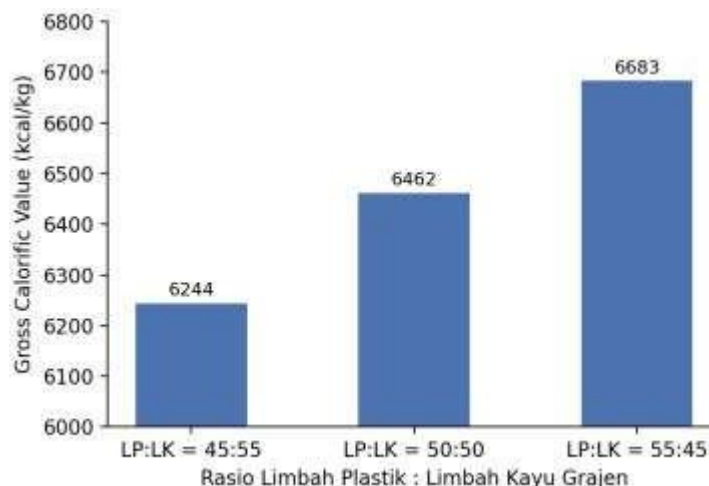
Hasil pengujian *gross calorific value* dan *volatile matter* pada briket campuran limbah plastik, limbah kayu grajen, dan minyak jelantah (250 mL) pada tiga variasi rasio LP:LK disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Nilai Kalor dan Kadar Zat Menguap Briket pada Berbagai Rasio LP:LK

No.	Rasio LP : LK	Nilai Kalor (kkal/kg)	Kadar Zat Menguap (% berat)
1	45% : 55%	6244	79,10
2	50% : 50%	6462	80,16
3	55% : 45%	6683	80,80

Keterangan: LP = limbah plastik; LK = limbah kayu grajen; volume minyak jelantah dijaga tetap 250 mL pada setiap variasi.

Tabel 1 menunjukkan nilai *gross calorific value* briket meningkat secara konsisten seiring bertambahnya proporsi limbah plastik, yaitu dari 6.244 kkal/kg pada rasio LP:LK 45:55 menjadi 6.462 kkal/kg pada rasio 50:50, dan mencapai 6.683 kkal/kg pada rasio 55:45 (Gambar 3).

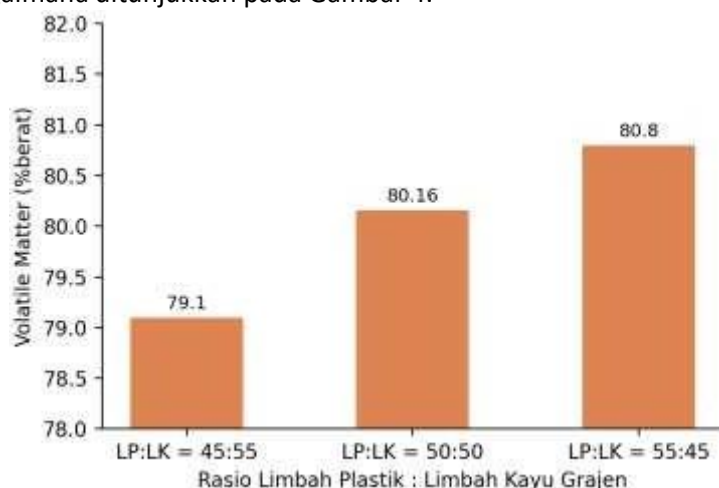


Gambar 3. Grafik *Gross Calorific Value* Briket pada Berbagai Rasio LP:LK

Peningkatan nilai kalor tersebut dapat dijelaskan melalui perbedaan komposisi kimia bahan penyusunnya. Limbah plastik merupakan polimer hidrokarbon dengan rantai karbon-hidrogen panjang dan kandungan oksigen yang sangat rendah, sedangkan biomassa lignoselulosa seperti kayu grajen tersusun atas selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang mengandung oksigen dalam jumlah besar. Ikatan C-O dan gugus hidroksil pada biomassa berada pada tingkat oksidasi yang lebih tinggi sehingga melepaskan energi lebih sedikit pada saat pembakaran, sementara ikatan C-H dan C-C pada plastik melepaskan energi yang jauh lebih besar. Setiap penambahan 5% proporsi limbah plastik pada dasarnya menggantikan fraksi biomassa yang berenergi lebih rendah, sehingga nilai kalor campuran meningkat. Kenaikan yang teramati relatif seragam, yaitu 218 kkal/kg pada tahap pertama dan 221 kkal/kg pada tahap kedua, yang mengindikasikan kontribusi bersifat aditif dari komponen plastik pada rentang rasio yang diuji. Minyak jelantah yang juga tersusun atas rantai hidrokarbon panjang (*trigliserida*) turut menaikkan nilai kalor dasar seluruh variasi, namun karena volumenya dijaga tetap 250 mL, kontribusinya tidak menjelaskan perbedaan antarvariasi.

Bila dibandingkan secara kritis dengan penelitian terdahulu, nilai kalor yang diperoleh pada penelitian ini (6.244-6.683 kkal/kg) lebih tinggi daripada briket campuran plastik PET-serbuk gergaji berperekat kanji yang dilaporkan sebesar 5.608 kkal/kg [2] maupun briket campuran plastik LDPE dengan tempurung kelapa dan tongkol jagung pada kisaran 5.100-5.921 kkal/kg [13], padahal kedua penelitian tersebut menggunakan proses karbonisasi dan/atau bahan perekat tambahan. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi limbah plastik tercampur, serbuk gergaji, dan minyak jelantah tanpa karbonisasi mampu menghasilkan nilai kalor yang kompetitif melalui rute proses yang lebih sederhana dan lebih hemat energi. Sebaliknya, nilai kalor penelitian ini masih lebih rendah dibandingkan briket terkarbonisasi berbahan LDPE, tempurung kelapa, dan cangkang sawit yang mencapai 7.508 kkal/kg [1], serta jauh di bawah briket berbahan dominan plastik tanpa biomassa yang dapat melampaui 9.900 kkal/kg [8]. Perbedaan tersebut wajar mengingat penelitian ini tetap mempertahankan 45-55% fraksi biomassa yang nilai kalor intrinsiknya lebih rendah, sekaligus menunjukkan adanya batas atas peningkatan nilai kalor yang dapat dicapai selama fraksi biomassa dipertahankan. Seluruh variasi yang diuji telah melampaui target nilai kalor minimal 5.001 kkal/kg untuk pemanfaatan pada sektor industri. Untuk menjaga konsistensi penulisan, seluruh nilai kalor pada pembahasan ini dinyatakan dalam kkal/kg, yang setara secara numerik dengan satuan kal/g yang digunakan pada sebagian literatur acuan.

Kadar zat menguap briket menunjukkan pola peningkatan yang sejalan dengan bertambahnya proporsi limbah plastik, yaitu 79,10% pada rasio 45%:55%, meningkat menjadi 80,16% pada rasio 50%:50%, dan mencapai 80,80% pada rasio 55%:45%, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik *Volatile Matter* Briket pada Berbagai Rasio LP:LK

Kecenderungan kedua parameter terhadap perubahan rasio campuran ditampilkan bersama pada Gambar 5. Nilai kalor dan kadar zat menguap sama-sama menunjukkan tren peningkatan seiring bertambahnya proporsi limbah plastik dalam campuran. Karena penelitian ini hanya menguji tiga titik komposisi tanpa ulangan, hubungan tersebut dinyatakan sebagai kecenderungan searah dan tidak diklaim sebagai hubungan linier ataupun berbanding lurus, mengingat tidak didukung oleh analisis statistik.



Gambar 5. Grafik Perbandingan *Gross Calorific Value* dan *Volatile Matter* terhadap Rasio LP:LK

Kadar zat menguap yang diperoleh pada penelitian ini (79,10-80,80% berat) tergolong tinggi dibandingkan briket arang (*charcoal briquette*) yang mengacu pada SNI 01-6235-2000 [4] maupun briket tempurung kelapa yang telah memenuhi standar mutu SNI [6]. Perbedaan tersebut bersumber pada perlakuan bahan baku: briket arang konvensional telah melalui proses karbonisasi sehingga sebagian besar fraksi volatil bahan telah terlepas sebelum pencetakan, sedangkan briket pada penelitian ini tidak dikarbonisasi sehingga seluruh fraksi volatil masih terkandung dalam produk akhir. Dengan demikian, briket yang dihasilkan lebih tepat diposisikan sebagai bahan

bakar padat non-karbonisasi yang menyerupai *refuse-derived fuel* (RDF) dibandingkan sebagai briket arang, sehingga pembandingannya dengan SNI briket arang perlu dilakukan secara proporsional. Kenaikan kadar zat menguap seiring bertambahnya proporsi limbah plastik dapat dijelaskan karena poliolefin dan plastik kemasan *multilayer* terdekomposisi hampir seluruhnya menjadi gas hidrokarbon pada kondisi pengujian *volatile matter* dan hampir tidak menyisakan karbon terikat, sementara komponen lignoselulosa menyisakan arang dalam jumlah yang lebih besar; keberadaan minyak jelantah yang seluruhnya menguap pada kondisi tersebut turut menaikkan kadar zat menguap seluruh variasi. Kecenderungan ini berbeda arah dengan temuan Dalimunthe dkk. Yang melaporkan penurunan kadar zat menguap akibat penambahan plastik LDPE pada briket limbah pertanian [9,14]. Perbedaan tersebut dapat dijelaskan oleh perbedaan bahan dan perlakuan: penelitian tersebut menggunakan satu jenis plastik (LDPE) yang relatif stabil secara termal dengan bahan biomassa yang telah dikarbonisasi, sedangkan penelitian ini menggunakan limbah plastik tercampur yang mengandung kemasan *multilayer* dan aditif serta biomassa tanpa karbonisasi dan tambahan minyak jelantah, sehingga fraksi volatil pada campuran justru bertambah. Perbandingan ini menegaskan bahwa arah pengaruh plastik terhadap kadar zat menguap tidak bersifat universal, melainkan bergantung pada jenis plastik dan ada tidaknya karbonisasi pada bahan biomassa. Secara praktis, kadar zat menguap yang tinggi memudahkan penyalaan awal (*ignition*) dan menghasilkan nyala api yang panjang, tetapi berpotensi meningkatkan pembentukan asap dan emisi pembakaran, khususnya karena adanya komponen plastik; parameter emisi tersebut belum diukur pada penelitian ini dan menjadi keterbatasan yang perlu ditindaklanjuti.

Secara umum, hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa penambahan proporsi limbah plastik pada campuran limbah plastik-kayu grajen-minyak jelantah efektif meningkatkan nilai kalor briket, dengan rasio LP:LK 55%:45% memberikan nilai kalor tertinggi di antara tiga variasi yang diuji. Namun, peningkatan tersebut diikuti oleh naiknya kadar zat menguap, sehingga pemilihan rasio komposisi optimum perlu mempertimbangkan keseimbangan antara nilai kalor yang tinggi dan karakteristik pembakaran yang diharapkan, termasuk aspek emisi yang berpotensi ditimbulkan dari pembakaran komponen plastik

KESIMPULAN

Peningkatan proporsi limbah plastik dari 45% menjadi 55% terhadap limbah kayu grajen, pada volume minyak jelantah tetap 250 mL dan suhu pencetakan 152°C, meningkatkan nilai kalor briket dari 6.244 kkal/kg menjadi 6.683 kkal/kg dan kadar zat menguap dari 79,10% menjadi 80,80%. Rasio LP:LK 55%:45% memberikan nilai kalor tertinggi di antara ketiga variasi yang diuji, namun disertai kadar zat menguap yang juga paling tinggi, sehingga penentuan komposisi optimum perlu mempertimbangkan keseimbangan antara kedua parameter tersebut. Seluruh variasi telah melampaui target nilai kalor minimal 5.001 kkal/kg, sehingga briket campuran limbah plastik, limbah kayu grajen, dan minyak jelantah tanpa karbonisasi berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan bakar padat alternatif pada sektor industri. Penelitian lanjutan disarankan mencakup pengukuran parameter proksimat lainnya (kadar air, kadar abu, dan karbon terikat), pengujian emisi dan kekuatan mekanik briket, serta ulangan pengujian pada setiap perlakuan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Asip, T. Anggun, and N. Fitri, "Pembuatan briket dari campuran limbah plastik LDPE, tempurung kelapa dan cangkang sawit," *J. Tek. Kim.*, vol. 20, no. 2, pp. 45-54, 2014.
- [2] Ikhsanudin, "Pengkajian briket dari campuran sampah botol jenis PET dan bahan natural dengan perekat kanji," *Justek J. Sains Teknol.*, vol. 5, no. 2, pp. 84-90, 2022.
- [3] A. A. Widodo, "Pengaruh tekanan terhadap karakteristik biobriket bioarang dari sampah kebun campuran dan kulit kacang tanah dengan tambahan minyak jelantah," Skripsi, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia, 2021.
- [4] Badan Standardisasi Nasional, SNI 01-6235-2000: Briket Arang Kayu. Jakarta, Indonesia: Badan Standardisasi Nasional, 2000.
- [5] A. Setiawan, O. Andrio, and P. Coniwanti, "Pengaruh komposisi pembuatan biobriket dari campuran kulit kacang dan

serbuk gergaji terhadap nilai pembakaran," J. Tek. Kim., vol. 18, no. 2, pp. 9-16, 2012.

- [6] N. Iskandar, S. Nugroho, and M. F. Feliyana, "Uji kualitas produk briket arang tempurung kelapa berdasarkan standar mutu SNI," J. Ilm. Momentum, vol. 15, no. 2, pp. 103-108, 2019.
- [7] N. A. Ab Jalil, N. A. Mokhtaruddin, C. H. Chia, I. K. Ahmad, M. J. Saad, and M. Sarif, "Physical and chemical characteristics of agricultural-plastic wastes for feasibility of solid fuel briquette production," Sustainability, vol. 14, no. 23, Art. no. 15751, 2022, doi: 10.3390/su142315751.
- [8] D. Agustine, M. Amyranti, N. Komalasari, I. R. Hutagalung, and R. Kurniasari, "Sustainable waste management breakthrough: Transforming plastic waste into eco-friendly briquette charcoal," J. Presipitasi, vol. 20, no. 2, pp. 452-460, 2023.
- [9] Y. K. Dalimunthe, L. Satiawati, H. Widiyatni, W. Dahani, M. A. Rahman, S. S. Nursyam, and A. Lagrama, "Effect of adding LDPE, PP and biodegradable plastic waste on physical properties, calorific value and proximate analysis of peanut shell waste briquettes," Int. J. Eng., Trans. A: Basics, vol. 38, no. 1, pp. 54-64, 2025, doi: 10.5829/ije.2025.38.01a.06.
- [10] Y. K. Dalimunthe, Widayani, and I. D. Aditya, "Mechanical properties, calorific value, proximate, and thermal analysis of briquettes made from palm oil shell and LDPE with varying amounts of adhesive," Philipp. J. Sci., vol. 153, no. 5, 2025.
- [11] ASTM International, ASTM D5865-19: Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International, 2019.
- [12] ASTM International, ASTM D3175-20: Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis Sample of Coal and Coke. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International, 2020.
- [13] W. I. Djola, D. M. Prasetyo, N. P. Salsabila, M. Sadir, and E. Hidayati, "Characteristics of briquettes made from plastic waste, plastic-coconut shell blends, and plastic-corn cob composites," J. Pijar MIPA, vol. 20, no. 3, pp. 408-414, 2025, doi: 10.29303/jpm.v20i3.8393.
- [14] Y. K. Dalimunthe, W. Sutrisno, and I. D. Aditya, "Characteristics and emission tests of briquettes made from palm oil shell waste with variation of LDPE plastic as alternative fuel," Int. J. Eng., Trans. B: Appl., vol. 38, no. 8, pp. 1968-1983, 2025, doi: 10.5829/ije.2025.38.08b.20.