

Analisis Pengaruh Komposisi Sorgum, Sekam Padi, Kayu Jati Sebagai Biopellet Terhadap Unsur Karbon, Hidrogen, Nitrogen, Kadar Air dan Nilai Kalor

Arif Mariyadi^{1,*}, Arif Kurniawan¹

¹ Program Studi Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Malang

Kata kunci

Biopellet
Kadar Air
Komposisi Bahan Baku
Nilai Kalor
Unsur C, H, N

ABSTRAK

Limbah batang sorgum masih belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat. Sebagai alternatif energi, pemanfaatan biopellet dari limbah biomassa dapat menjadi solusi untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh komposisi bahan baku terhadap kandungan unsur karbon, hidrogen, nitrogen, kadar air, dan nilai kalor, pada biopellet. Metode eksperimen digunakan dengan variasi campuran batang sorgum menggunakan sekam padi dan kayu jati. Campuran bahan diuji mulai dari kandungan unsur karbon, hidrogen, nitrogen, kadar air, dan nilai kalor. Hasil menunjukkan bahwa Campuran kayu jati 75% dan sorgum 25% menghasilkan kadar karbon tertinggi sebesar 44,46%, kadar hidrogen sebesar 6,66%, serta nilai kalor tertinggi mencapai 4557 cal/g (db). Campuran sekam padi 75% dan sorgum 25% cenderung meningkatkan kadar nitrogen, dengan kadar N mencapai 0,2193%, sedangkan sekam murni mengandung nitrogen sebesar 0,2973%. Kadar air terendah terdapat pada campuran sekam 50% karena sifat seratnya yang berpori dan ringan, sementara kadar air tertinggi ditemukan pada campuran kayu 75% sebesar 5,61%. Dengan demikian, komposisi kayu jati 75% dan sorgum 25% menjadi pilihan optimal untuk menghasilkan biopellet dengan karakteristik kadar air rendah, nilai kalor tinggi, serta kandungan nitrogen yang minimal.

* **Corresponding author:**
Arif Mariyadi (email: arifmariyadi012@gmail.com)

Diterima: 11 Agustus 2025

Disetujui: 12 September 2025

Dipublikasikan: 11 November 2025

1 Pendahuluan

Energi terbarukan saat ini menjadi salah satu solusi untuk ketersediaan sumber energi fosil yang terbatas. Kebutuhan energi semakin meningkat karena semakin tinggi jumlah penduduk, maka semakin tinggi tingkat konsumsi energi yang dibutuhkan [1]. Lambatnya pertumbuhan energi baru terbarukan (EBT) di tengah meningkatnya kebutuhan energi menyebabkan ketergantungan terhadap energi fosil seperti gas bumi dan minyak bumi terus berlanjut [2].

Salah satu energi terbarukan yang mengalami perkembangan yaitu biopellet dengan bahan baku berupa limbah biomassa seperti sorgum, kayu jati dan sekam padi [3]. Limbah biomassa dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif seperti biogas dan biopellet untuk kebutuhan pembangkit listrik, pemanas ruangan, dan industri. Pemanfaatan ini mengurangi ketergantungan pada energi fosil serta membantu pengelolaan limbah organik [4].

Pelet biomassa memiliki efisiensi pembakaran tinggi dan emisi gas karbon yang relatif rendah dibanding kayu bakar, meskipun masih lebih tinggi dari gas alam. Emisi karbonnya bersifat netral karena jumlah CO₂ yang dilepaskan saat pembakaran setara dengan yang diserap tanaman saat tumbuh [5]. Kualitas biopellet sangat ditentukan oleh komposisi unsur karbon, hidrogen, nitrogen, kadar air, dan nilai kalor. Semakin tinggi kandungan karbon dan hidrogen, semakin besar nilai kalor yang dihasilkan [6]. Sebaliknya, kadar nitrogen

rendah lebih diinginkan karena pembakarannya dapat menghasilkan emisi NO_x yang berbahaya. Kadar air juga menjadi faktor kritis karena nilai kalor dan efisiensi pembakaran akan menurun jika kadar air terlalu tinggi [7].

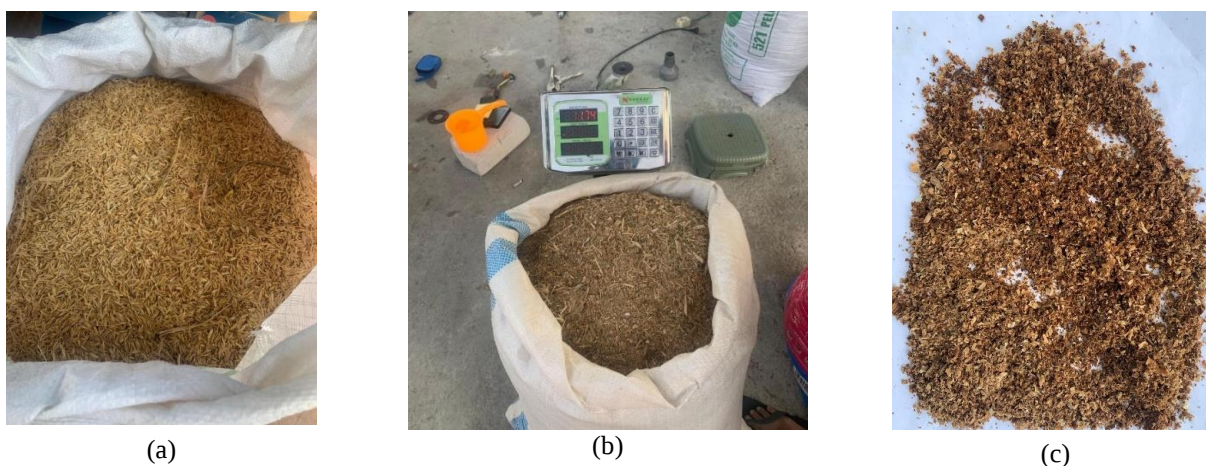
Komposisi biopelet dari campuran sorgum, sekam padi, dan kayu jati memiliki potensi besar sebagai sumber energi alternatif. Sorgum (*Sorghum bicolor*) merupakan tanaman pangan multifungsi yang menghasilkan limbah batang dan daun hingga 83–93 persen. Limbah sorgum mengandung lignin dan serat sekitar 12% yang mendukung pembentukan biopelet, meskipun kadar airnya tinggi (60–80%) [8]. Sekam padi merupakan limbah pertanian yang melimpah di Indonesia dengan produksi mencapai 12-15 juta ton per tahun. Sekam padi memiliki karakteristik kandungan selulosa (31,4–36,3%), hemiselulosa (2,9–11,8%), lignin (9,5–18,4%) dan silika yang tinggi (16–18%) dapat meningkatkan kualitas pembakaran dan mengurangi emisi berbahaya [9]. Kayu jati sebagai limbah industri per kayu memiliki potensi besar sebagai bahan baku biopelet karena kandungan lignin yang tinggi (20-30%) yang berperan sebagai perekat alami dalam pembentukan pelet. Limbah kayu jati memiliki nilai kalor yang relatif tinggi (4.200-4.800 kkal/kg) dan kadar air yang rendah setelah pengeringan, sehingga cocok untuk meningkatkan kualitas biopelet [10].

Pemanfaatan batang sorgum belum dilakukan karena batang sorgum masih sering dibakar oleh petani. Penelitian tentang kombinasi sorgum, sekam padi, dan kayu jati sebagai bahan baku biopelet masih terbatas. Belum ada penelitian yang mengkaji secara komprehensif pengaruh komposisi ketiga bahan tersebut terhadap karakteristik kimia dan fisik biopelet. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi sorgum, sekam padi, dan kayu jati terhadap unsur karbon, hidrogen, nitrogen, kadar air, dan nilai kalor biopelet yang dihasilkan.

2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan rancangan percobaan faktorial untuk menganalisis pengaruh komposisi sorgum, sekam padi, dan kayu jati terhadap karakteristik biopelet yang meliputi kandungan unsur karbon (C), hidrogen (H), nitrogen (N), kadar air, dan nilai kalor. Penelitian dilakukan melalui serangkaian tahapan sistematis mulai dari persiapan bahan baku, pembuatan spesimen biopelet dengan berbagai variasi komposisi, hingga pengujian laboratorium untuk menentukan kualitas biopelet yang dihasilkan.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi timbangan, termometer, dan *stopwatch*. Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari tiga jenis biomassa yaitu sorgum, sekam padi, dan serbuk gergaji kayu jati. Ketiga bahan baku ini dipilih berdasarkan ketersediaan yang melimpah sebagai limbah biomassa dan potensinya sebagai sumber energi terbarukan.



Gambar 1 (a) sorgum, (b) sekam padi, (c) serbuk gergaji kayu jati

Prosedur penelitian dimulai dengan tahap persiapan bahan baku. Prosedur penelitian diawali dengan pemanenan tanaman sorgum pada tingkat kematangan optimal untuk menjaga kualitas bahan baku. Setelah dipanen, sorgum dicacah menjadi ukuran kecil guna memperluas permukaan kontak, lalu dikeringkan melalui penjemuran di bawah sinar matahari hingga mencapai kadar air yang sesuai. Bahan kering kemudian dicampur menggunakan mesin *mixer* sesuai komposisi yang telah ditentukan agar tercapai distribusi yang merata dan

homogen. Tahap akhir dilakukan pencetakan menggunakan mesin bertekanan tinggi untuk membentuk biopellet berbentuk silinder yang padat.

Pengujian spesimen biopellet meliputi tiga parameter utama, yaitu kandungan unsur karbon, hidrogen, dan nitrogen, kadar air, dan nilai kalor. Kandungan unsur C, H, dan N diuji menggunakan metode ASTM D5373 dengan alat *Elemental Analyzer* dimana sampel biopellet kering berukuran ≤ 60 mesh dibakar pada suhu $>900^{\circ}\text{C}$ dan gas hasil pembakaran dianalisis untuk menentukan persentase massa unsur. Kadar air diuji dengan metode ASTM D3173 menggunakan oven pengering pada suhu $104\text{--}110^{\circ}\text{C}$ dan dihitung berdasarkan selisih massa sebelum dan sesudah pemanasan. Nilai kalor diuji dengan metode ASTM D5865 menggunakan kalorimeter bom dimana pembakaran sampel ± 1 gram dalam ruang bertekanan menghasilkan perubahan suhu yang dikonversi menjadi nilai kalor berdasarkan koreksi tertentu.

Teknik pengumpulan data dilakukan setelah seluruh proses pengujian spesimen biopellet diselesaikan. Data yang dikumpulkan berasal dari hasil uji laboratorium terhadap kandungan unsur karbon, hidrogen, nitrogen, kadar air, dan nilai kalor pada masing-masing variasi komposisi biopellet. Setiap data hasil pengujian dicatat ke dalam tabel observasi berdasarkan komposisi biopellet untuk memudahkan proses analisis selanjutnya. Teknik analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* untuk tabulasi data dan pembuatan grafik hubungan antara variasi komposisi biopellet terhadap masing-masing parameter yang diuji. Analisis mencakup visualisasi tren dan perbandingan hasil antar komposisi untuk menentukan kualitas biopellet terbaik. Hasil pengolahan data ini kemudian digunakan sebagai dasar utama dalam proses analisis dan pembahasan untuk menentukan komposisi optimal ketiga bahan dalam menghasilkan biopellet berkualitas tinggi dengan nilai kalor maksimal dan kadar air minimal.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Data Hasil Pengujian

Komposisi bahan baku sangat memengaruhi karakteristik fisik dan kimia biopellet. Penelitian ini menggunakan kombinasi sorgum, sekam padi, dan kayu jati dalam berbagai rasio untuk menganalisis pengaruhnya terhadap unsur karbon (C), hidrogen (H), nitrogen (N), kadar air, dan nilai kalor. Pengujian dilakukan di Laboratorium TTG BRIN menggunakan metode standar, dengan dua kondisi kadar air, yaitu *as determined* (ad) dan *dry basis* (db). Nilai kalor diukur dalam satuan cal/g sebagai indikator kapasitas energi, sedangkan rasio unsur kimia menjadi dasar evaluasi emisi dan performa pembakaran. Seluruh parameter disesuaikan dengan standar SNI 8021:2014 yang menetapkan kadar air maksimal 12%, nilai kalor minimal 4.000 cal/g, kadar abu maksimal 1,5%, dan kandungan nitrogen rendah. Data hasil pengujian disajikan dalam Tabel 4.1 yang mencakup komposisi bahan, unsur kimia, kadar air, dan nilai kalor sebagai dasar analisis selanjutnya.

Table 1 Data Hasil Pengujian

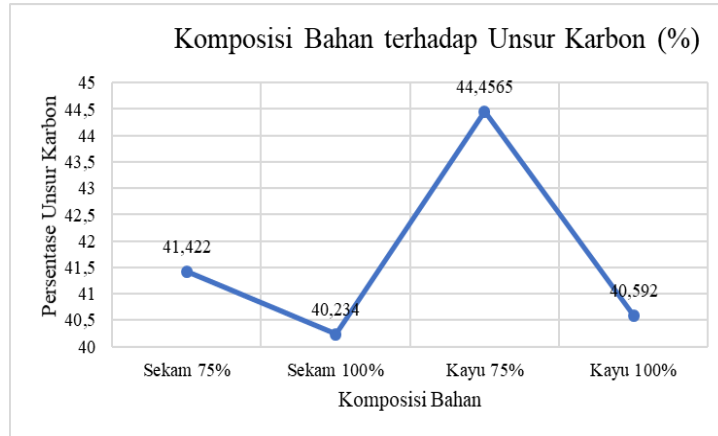
No	Kode Sampel	Komposisi	C (%)	H (%)	N (%)	Kadar Air (%)	Nilai kalor GCV (cal/g)	
							ad	db
1.	4212-174009-3	Biopellet Sorghum : Sekam - 75%	41,4220	6,0558	0,3344	2.44	3900	3998
2.	4212-174009-4	Biopellet Sekam - 100 %	40,2340	6,1873	0,3785	3.72	4091	4249
3.	4212-174009-6	Biopellet Sorgum : Kayu - 75 %	44,4565	6,6605	0,2348	5.61	4301	4557
4.	4212-174009-7	Biopellet Kayu - 100 %	40,5920	6,3785	0,3278	5.05	4018	4232

Keterangan :

1. ad : As Determined
2. db : Dry Basis

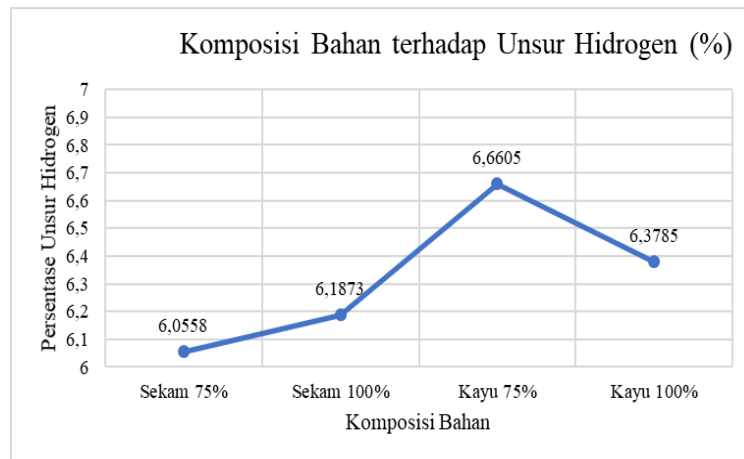
3.2 Analisa Data Hasil Pengujian

Analisis data dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi bahan baku sorgum, sekam padi, dan kayu jati terhadap lima parameter utama, yaitu kandungan karbon (C), hidrogen (H), nitrogen (N), kadar air, dan nilai kalor biopellet. Hubungan antara komposisi bahan dan masing-masing parameter disajikan dalam bentuk lima grafik yang menggambarkan kecenderungan perubahan sifat fisik dan kimia biopellet sesuai proporsi campuran bahan. Setiap grafik dianalisis untuk menilai kontribusi masing-masing bahan terhadap kualitas pembakaran dan efisiensi energi.



Gambar 2 Grafik Komposisi Bahan terhadap Unsur Karbon

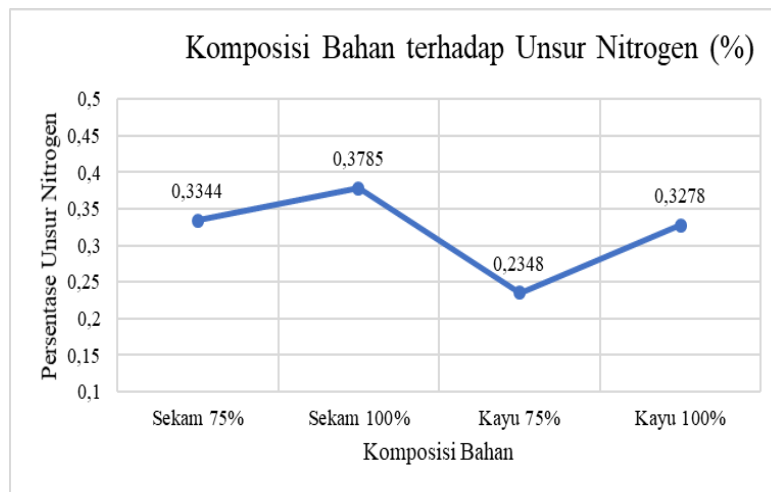
Berdasarkan gambar 2, kandungan karbon biopellet menunjukkan bahwa komposisi campuran menghasilkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan bahan tunggal, dimana komposisi kayu jati 75%: sorgum 25% menghasilkan kandungan karbon sebesar 44,4565% lebih tinggi daripada kayu jati 100% yang hanya 40,5920%, dan komposisi sekam padi 75%: sorgum 25% mencapai 41,4220% lebih tinggi dibandingkan sekam padi 100% yang 40,2340%. Fenomena ini terjadi karena penambahan sorgum sebanyak 25% memberikan kontribusi kandungan unsur karbon sebesar 2,185% yang meningkatkan total kandungan karbon pada kedua komposisi campuran tersebut.



Gambar 3 Grafik Komposisi Bahan terhadap Unsur Hidrogen

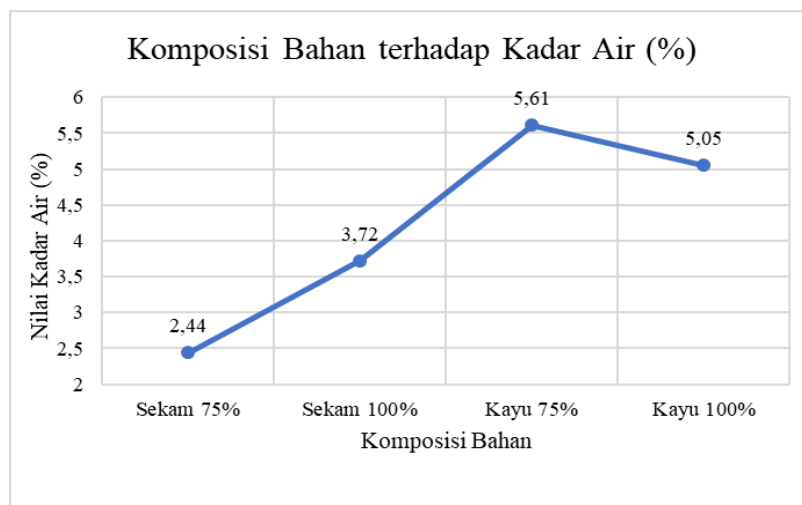
Berdasarkan gambar 3, kandungan hidrogen biopellet menunjukkan pola yang berbeda antara komposisi berbasis kayu jati dan sekam padi, dimana komposisi kayu jati 75%: sorgum 25% menghasilkan kandungan hidrogen sebesar 6,6605% lebih tinggi daripada kayu jati 100% yang 6,3785%, sebaliknya komposisi sekam padi 75%: sorgum 25% menghasilkan 6,0558% lebih rendah dibandingkan sekam padi 100% yang 6,1873%. Peningkatan kandungan hidrogen pada campuran kayu jati-sorgum disebabkan oleh kontribusi unsur hidrogen dari sorgum sebesar 2,5075% yang memiliki kandungan senyawa organik seperti selulosa dan hemiselulosa relatif tinggi dengan unsur H lebih banyak dibandingkan lignin yang dominan dalam kayu jati. Sebaliknya, penurunan kandungan hidrogen pada campuran sekam padi-sorgum terjadi karena karakteristik kimia sekam

padi yang secara alami memiliki kandungan hidrogen relatif tinggi dan kadar volatil yang lebih besar dibandingkan sorgum sehingga pencampuran sorgum yang kandungan hidrogennya lebih rendah justru menurunkan total kadar hidrogen campuran.



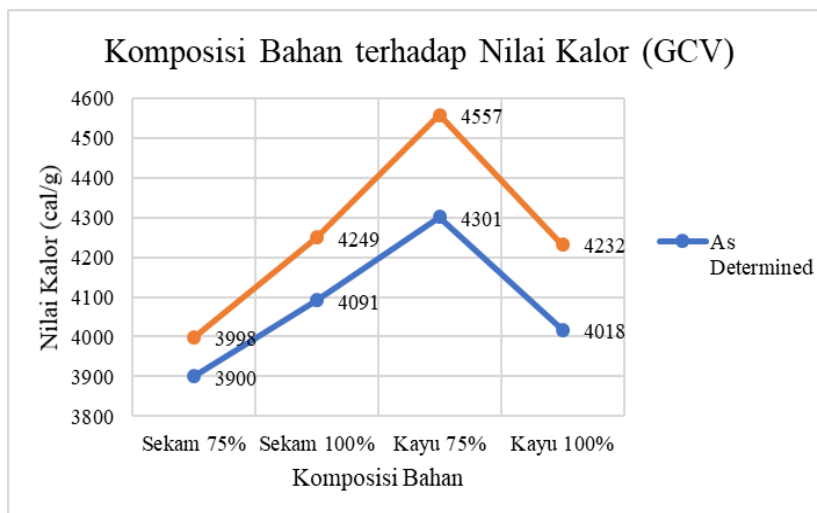
Gambar 4 Grafik Komposisi Bahan terhadap Unsur Nitrogen

Berdasarkan gambar 4, kandungan nitrogen biopellet menunjukkan pola penurunan pada kedua komposisi campuran dibandingkan bahan murni, dimana komposisi kayu jati 75%: sorgum 25% menghasilkan kandungan nitrogen sebesar 0,2348% lebih rendah daripada kayu jati 100% yang 0,3278%, dan komposisi sekam padi 75%: sorgum 25% mencapai 0,2193% lebih rendah dibandingkan sekam padi 100% yang 0,2973%. Penurunan kandungan nitrogen pada kedua komposisi campuran disebabkan oleh karakteristik sorgum yang secara kimia memiliki kandungan nitrogen sebesar 0%, sehingga kehadirannya dalam campuran cenderung menurunkan kadar nitrogen total dari bahan dasar yang memiliki kandungan nitrogen alami lebih tinggi.



Gambar 5 Grafik Komposisi Bahan terhadap Kadar Air

Berdasarkan gambar 5, kandungan kadar air biopellet menunjukkan pola yang berlawanan antara komposisi berbasis kayu jati dan sekam padi, dimana komposisi kayu jati 75%: sorgum 25% memiliki kadar air sebesar 5,61% lebih tinggi daripada kayu jati 100% yang 5,05%, sebaliknya komposisi sekam padi 75%: sorgum 25% menghasilkan 2,44% lebih rendah dibandingkan sekam padi 100% yang 3,72%. Penurunan kadar air pada komposisi kayu jati murni disebabkan oleh sifat alami kayu jati yang memiliki densitas lebih tinggi dan daya serap air lebih rendah dibandingkan saat dicampur dengan sorgum, sedangkan peningkatan kadar air pada komposisi sekam padi murni terjadi karena sekam memiliki sifat higroskopis yang lebih besar sehingga cenderung menyerap dan menyimpan lebih banyak air.



Gambar 6 Grafik Komposisi Bahan terhadap Nilai Kalor

Berdasarkan gambar 6, nilai kalor biopellet menunjukkan pola yang berbeda antara komposisi berbasis kayu jati dan sekam padi, dimana komposisi kayu jati 75%: sorgum 25% menghasilkan nilai kalor yang lebih tinggi (4301 cal/g ad dan 4557 cal/g db) dibandingkan kayu jati 100% (4018 cal/g ad dan 4232 cal/g db), sebaliknya komposisi sekam padi 75%: sorgum 25% menghasilkan nilai kalor yang lebih rendah (3900 cal/g ad dan 3998 cal/g db) dibandingkan sekam padi 100% (4091 cal/g ad dan 4249 cal/g db). Peningkatan nilai kalor pada campuran kayu jati-sorgum menunjukkan bahwa pencampuran sorgum dengan kayu jati dapat meningkatkan efisiensi energi dari biopellet karena sinergi antara kandungan lignoselulosa kedua bahan yang mengoptimalkan potensi energi. Sebaliknya, penurunan nilai kalor pada campuran sekam padi-sorgum mengindikasikan bahwa sekam padi dalam komposisi penuh memiliki karakteristik energi yang lebih baik dibandingkan saat dicampur dengan sorgum.

3.3 Pembahasan

Berdasarkan analisa data, kandungan karbon biopellet menunjukkan bahwa komposisi campuran menghasilkan nilai optimal dibandingkan bahan murni, dimana komposisi sorgum dengan kayu jati 75%:25% menghasilkan kadar karbon tertinggi sebesar 44,4565% lebih tinggi daripada kayu jati 100% yang 40,5920%, dan komposisi sekam padi 75%: sorgum 25% mencapai 41,4220% lebih tinggi dibandingkan sekam padi 100% yang 40,2340%. Penelitian ini sejalan dengan temuan Prasetyo dkk yang menunjukkan bahwa kandungan *lignin*, selulosa, sukrosa, dan *hemiselulosa* pada kayu berperan penting dalam meningkatkan kadar karbon. Kombinasi kayu jati-sorgum yang kaya *lignoselulosa* terbukti memberikan kontribusi besar terhadap karbon biopellet karena struktur bahan yang stabil terhadap panas. Hal ini berdampak langsung pada peningkatan kualitas energi. Rusnadi dkk juga menunjukkan bahwa penambahan biji jarak pagar meningkatkan kadar karbon terikat dengan variasi 50% menghasilkan kadar tertinggi [9]. Selain itu, penelitian Sukarta dan Oka membuktikan bahwa bahan kaya karbon seperti kotoran babi dapat meningkatkan *fixed carbon*, sehingga mendukung temuan bahwa karakteristik karbon bahan, termasuk sorgum, berpengaruh terhadap kualitas biopellet [11].

Selanjutnya, kandungan hidrogen biopellet menunjukkan pola yang berbeda antara komposisi campuran, dimana komposisi kayu jati 75%: sorgum 25% memiliki kandungan hidrogen tertinggi sebesar 6,6605% lebih tinggi daripada kayu jati 100% yang 6,3785%, sebaliknya komposisi sekam padi 75%: sorgum 25% menghasilkan 6,0558% lebih rendah dibandingkan sekam padi 100% yang 6,1873%. Pola ini mengindikasikan bahwa pencampuran sorgum dengan kayu memberikan efek positif terhadap peningkatan kadar hidrogen karena sinergi senyawa organik kompleks seperti selulosa dan hemiselulosa yang kaya hidrogen, sementara pada campuran dengan sekam menunjukkan bahwa sorgum justru cenderung menurunkan nilai tersebut karena sekam padi secara alami memiliki kandungan hidrogen dan kadar volatil yang lebih tinggi. Penelitian ini sejalan dengan Prasetyo dkk yang menyatakan bahwa biopellet berbasis kayu memiliki kadar hidrogen tinggi karena kandungan senyawa volatil seperti *lignin* dan *hemiselulosa* [9]. Pemilihan jenis bahan dan komposisinya menjadi faktor penting dalam mengoptimalkan kadar hidrogen yang berkontribusi terhadap nilai kalor dan kestabilan reaksi termal. Kayu jati dengan senyawa organik yang kompleks cenderung meningkatkan hidrogen dalam bioenergi.

Temuan ini juga didukung oleh Hasna dkk yang menunjukkan bahwa penambahan bahan berkadar hidrogen rendah, seperti tempurung kelapa, menurunkan kandungan hidrogen biopellet [12].

Selanjutnya, kandungan unsur nitrogen menunjukkan bahwa pada biopellet berbahan kayu jati meningkat dari 0,2348% pada komposisi kayu 75%: sorgum 25% menjadi 0,3278% pada kayu 100%. Demikian pula pada komposisi sekam padi, kadar nitrogen juga meningkat dari 0,3344% pada sekam 75% menjadi 0,3785% pada sekam 100%. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa penggunaan bahan murni cenderung meningkatkan kadar nitrogen dibandingkan dengan campuran bersama sorgum. Oleh karena itu, pencampuran sorgum dalam komposisi bahan baku biopellet dapat menjadi strategi untuk menurunkan kadar nitrogen dan mengurangi potensi emisi berbahaya saat pembakaran. Nitrogen dalam biomassa tidak diharapkan dalam jumlah tinggi karena dapat menghasilkan emisi gas nitrogen oksida (NO_x) saat pembakaran. Prabawa & Miyono menyatakan bahwa bahan berkadar *lignin* tinggi seperti bambu atau kayu jati cenderung memiliki kadar nitrogen rendah dan lebih ramah lingkungan. Kadar nitrogen yang tinggi dapat menurunkan efisiensi pembakaran serta meningkatkan pencemaran udara. Hasan dkk menegaskan bahwa nitrogen dalam bahan bioenergi tidak meningkatkan nilai kalor dan justru memicu emisi berbahaya. Penggunaan bahan nitrogen tinggi terbukti menurunkan performa energi biopellet [13].

Selanjutnya, kadar air tertinggi terdapat pada komposisi kayu 75%: sorgum 25% yaitu sebesar 5,61%, sedangkan pada komposisi kayu 100% nilainya lebih rendah yaitu 5,05%. Untuk biopellet berbahan sekam padi, kadar air meningkat dari 2,44% pada sekam 75% menjadi 3,72% pada sekam 100%. Perbedaan kadar air ini dipengaruhi struktur bahan dimana sekam lebih berpori dan berserat kasar sehingga lebih cepat melepas air, sedangkan kayu lebih padat dengan *lignin* tinggi yang menahan kelembaban. Bahan berpori memiliki jalur difusi uap lebih pendek, sehingga pengeringan lebih efisien dibanding bahan padat. Sekam memiliki kapasitas penyerapan air lebih rendah, sehingga lebih mudah mencapai kadar air optimal saat pengeringan. Sebaliknya, kayu menyerap air lebih dalam dan memerlukan suhu serta waktu pengeringan lebih tinggi agar kadar air menurun [10]. Hasil ini diperkuat studi Sukarta & Oka yang menunjukkan kadar air meningkat seiring kenaikan proporsi limbah kayu. Kadar air biopellet 90% kayu mencapai 13,28%, sedangkan pada campuran 50:50 hanya 11,03%, menunjukkan peran penting kombinasi bahan dalam menentukan kadar air dan efisiensi pembakaran [11].

Terakhir nilai kalor menunjukkan bahwa komposisi kayu 75%: sorgum 25% menghasilkan nilai kalor tertinggi yaitu 4301 cal/g (ad) dan 4557 cal/g (db). Sebaliknya, pada komposisi kayu 100%, nilai kalor justru lebih rendah yaitu 4018 cal/g (ad) dan 4232 cal/g (db). Untuk biopellet berbahan sekam padi, nilai kalor meningkat dari 3900 cal/g (ad) dan 3998 cal/g (db) pada sekam 75% menjadi 4091 cal/g (ad) dan 4249 cal/g (db) pada sekam 100%. Pola ini menunjukkan bahwa pencampuran sorgum dengan kayu dalam proporsi 25% memberikan efek paling signifikan dalam meningkatkan nilai energi, sedangkan pada bahan sekam secara penuh justru lebih menguntungkan. Oleh karena itu, kombinasi bahan yang tepat dapat mengoptimalkan kandungan energi dalam biopellet bergantung pada karakteristik masing-masing bahan. Nilai kalor ditentukan oleh kandungan unsur kimia seperti karbon, hidrogen, dan *lignin* yang melepaskan energi tinggi saat terbakar. Sebaliknya, kandungan abu dan silika seperti pada sekam bersifat inert dan menghambat pembakaran. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa bahan dengan kandungan karbon dan hidrogen tinggi, seperti biji jarak, dapat meningkatkan nilai kalor secara signifikan. Dengan demikian, formulasi bahan baku menjadi kunci dalam optimalisasi energi biopellet [14].

Penelitian ini menunjukkan bahwa komposisi kayu jati 75%: sorgum 25% menghasilkan biopellet terbaik dengan nilai kalor tertinggi (4557 cal/g db), kandungan karbon optimal (44,4565%), dan kandungan nitrogen rendah (0,2348%) yang memenuhi standar SNI 8021:2014. Komposisi sekam padi 75%: sorgum 25% menghasilkan kadar air terendah (2,44%) namun nilai kalor lebih rendah, sedangkan bahan murni 100% tidak selalu memberikan hasil optimal karena kurangnya sinergi antar komponen biomassa. Pencampuran sorgum memberikan efek berbeda pada setiap bahan dasar dimana meningkatkan kualitas energi kayu jati tetapi menurunkan performa sekam padi, sehingga komposisi kayu jati 75%: sorgum 25% terbukti paling efisien untuk menghasilkan biopellet berkualitas tinggi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, komposisi bahan baku biopellet sorgum berpengaruh signifikan terhadap kualitas biopellet, dimana komposisi kayu jati 75%: sorgum 25% menghasilkan karakteristik terbaik dengan

kandungan karbon tertinggi (44,4565%), hidrogen tertinggi (6,6605%), nilai kalor tertinggi (4557 cal/g db), dan kandungan nitrogen rendah (0,2348%) yang efektif mengurangi potensi emisi NO_x. Sebaliknya, komposisi sekam padi 75%: sorgum 25% menghasilkan kadar air terendah (2,44%) namun memiliki nilai kalor lebih rendah dibandingkan sekam murni karena pencampuran sorgum efektif meningkatkan kualitas kayu jati tetapi tidak efektif untuk sekam padi. Penambahan sorgum dalam campuran terbukti dapat menurunkan kandungan nitrogen pada semua komposisi sehingga mengurangi emisi berbahaya, namun pengaruhnya terhadap parameter lain bergantung pada karakteristik bahan dasar yang dikombinasikan. Dengan demikian, komposisi kayu jati 75%: sorgum 25% merupakan formulasi optimal untuk menghasilkan biopelet berkualitas tinggi yang memenuhi standar energi terbarukan dan ramah lingkungan.

5 Referensi

- [1] A. Rahmawati, "Pengaruh jumlah penduduk, jumlah kendaraan bermotor, PDRB per kapita dan kebijakan fiskal terhadap konsumsi energi minyak di Indonesia," *Jurnal Pembangunan dan Pemerataan (JPP)*, vol. 10, no. 1, pp. 1–28, 2019.
- [2] A. E. Setyono and B. F. T. Kiono, "Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 – 2050," *J. En. Baru & Terbarukan*, vol. 2, no. 3, pp. 154–162, Oct. 2021, doi: 10.14710/jebt.2021.11157.
- [3] A. H. Purwono, Suhartoyo, R. Kristiono, and D. H. Putra Pradhana, "Pemanfaatan Limbah Biomassa Sebagai Bahan Bakar Ramah Lingkungan," *V-MAC*, vol. 9, no. 1, pp. 42–46, Mar. 2024, doi: 10.36526/v-mac.v9i1.3638.
- [4] A. Tursi, "A review on biomass: importance, chemistry, classification, and conversion," *Biofuel Res. J.*, vol. 6, no. 2, pp. 962–979, Jun. 2019, doi: 10.18331/BRJ2019.6.2.3.
- [5] M. Gufron, M. H. Bahri, and A. F. Pn, "Analisis Kadar Air, Densitas Bulk dan Pembakaran pada Pelet Biomassa Ampas Tebu Variasi Ukuran Partikel dan Penambahan Bahan Aditif (Zeolit, Karbon Aktif)," *Jurnal Smart Teknologi*, vol. 4, no. 2, pp. 220–230, 2023.
- [6] M. H. Bahri and N. S. Rizal, "Pemanfaatan Serbuk Gergaji Untuk Pelet Biomasa," *J-ABDIMASTEK*, vol. 2, no. 1, pp. 46–49, 2023.
- [7] T. Prihatin and S. Elfani, "Perbandingan Hasil Pengujian Kadar Karbon Pada Sampel Standar Soil Menggunakan CHN Analyzer 628 dan UV/VIS Spectrophotometer," *JITS Jurnal Ilmiah Teknik Dan Sains*, vol. 1, no. 1, pp. 45–48, 2023.
- [8] A. Nurhasanah, "A Identifikasi Karakteristik Fisik Tanaman Sorgum Bioguma untuk Perancangan Mesin Perontok Sorgum: Identification of the Physical Characteristics of Sorghum Bioguma for the Design of a Sorghum Thresher Machine," *JTEP*, vol. 11, no. 1, pp. 76–87, Apr. 2023, doi: 10.19028/jtep.011.1.76-87.
- [9] D. M. Prasetyo, F. T. Wulandari, and K. Webliana B, "Karakteristik Biopelet Dari Bahan Sekam Padi Dan Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona grandis* Linn.F)," *Avicennia*, vol. 5, no. 2, pp. 137–150, Sep. 2022, doi: 10.22219/avicennia.v5i1.21597.
- [10] S. Wibowo, "Pengaruh Penambahan Tepung Tapioka Pada Karakteristik Pelet Kayu dari Limbah Cabang Kayu Jati Perhutani Plus (JPP)," *Jur. Ilm. Kehut.*, vol. 16, no. 1, pp. 50–63, Mar. 2022, doi: 10.22146/jik.v16i1.1807.
- [11] I. N. Sukarta, "Analisis Proksimat pada Pelet Bahan Bakar dari Kotoran Babi yang Dikombinasikan Dengan Limbah Kayu," vol. 6, no. 2, 2017.
- [12] A. H. Hasna, J. P. G. Sutapa, and D. Irawati, "Pengaruh Ukuran Serbuk dan Penambahan Tempurung Kelapa Terhadap Kualitas Pelet Kayu Sengon," *Jurnal Ilmu Kehutanan*, vol. 13, no. 2, p. 170, Dec. 2019, doi: 10.22146/jik.52428.
- [13] I. D. G. P. Prabawa and Miyono, "Mutu Biopelet dari Campuran Cangkang Buah Karet dan Bambu Ater (*Gigantochloa atter*)," *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, vol. 9, no. 2, pp. 99–110, 2017.
- [14] F. P. Istomo and A. Tristiasti, "Penetapan Nilai Kalori Dalam Batubara Dengan Kalorimeter PARR 6200," *J. Sains Nat.*, vol. 7, no. 2, pp. 83–90, Dec. 2019, doi: 10.31938/jsn.v7i2.257.