



Analisis kinerja *gasifier downdraft* bahan baku tempurung kelapa dan pelet sekam padi ditinjau dari komposisi syngas dan nilai kalor

EYZA RECWIKA AL-INSYRAH, IDA FEBRIANA, M REVANZA FADHLURRAHMAN, DAN YOHANDRI BOW*

Jurusan Teknik Energi, Fakultas Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Sumatera Selatan 30137, Indonesia

Kata kunci:

biomassa,
downdraft,
gasifikasi,
syngas

ABSTRAK: Seiring dengan perkembangan industri, kebutuhan energi di Indonesia terus meningkat. Sumber energi di Indonesia masih didominasi oleh energi fosil seperti batubara, minyak bumi, dan gas alam, sementara energi terbarukan masih dianggap sebagai alternatif. Salah satu cara untuk mengurangi penggunaan energi fosil adalah dengan memanfaatkan energi terbarukan, seperti biomassa. Contoh sumber energi alternatif dari biomassa adalah tempurung kelapa dan pelet sekam padi. Biomassa dapat menghasilkan gas yang dapat digunakan sebagai bahan bakar, salah satunya melalui proses gasifikasi. Penelitian ini menggunakan jenis gasifikasi *downdraft*. Variabel yang divariasikan dalam penelitian ini adalah komposisi bahan baku. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu reaktor optimum sebesar 750°C dicapai pada komposisi bahan baku 50% tempurung kelapa dan 50% pelet sekam padi. Waktu nyala api optimum tercatat selama 42,7 menit pada komposisi bahan baku yang sama, sementara waktu nyala terendah tercatat selama 27 menit. Efisiensi termal tertinggi sebesar 58,39% juga dicapai pada komposisi bahan baku 50% tempurung kelapa dan 50% pelet sekam padi, sedangkan efisiensi termal terendah sebesar 30,23% ditemukan pada komposisi bahan baku 100% tempurung kelapa. Nilai kalor berbanding lurus dengan efisiensi termal, karena semakin tinggi nilai kalor yang dihasilkan, semakin besar pula efisiensi termalnya.

Keywords:

biomass,
downdraft,
gasification,
syngas

ABSTRACT: As the industry develops, energy demand in Indonesia continues to increase. Energy sources in Indonesia are still dominated by fossil fuels such as coal, oil, and natural gas, while renewable energy is still considered an alternative. One way to reduce the use of fossil energy is by utilizing renewable energy sources like biomass. Examples of alternative energy sources from biomass include coconut shells and rice husk pellets. Biomass can produce gas that can be used as fuel, one of which is through the gasification process. This study uses the downdraft type of gasification. The variable varied in this research is the composition of the raw material. The research results show that the optimum reactor temperature of 750°C was achieved with a raw material composition of 50% coconut shells and 50% rice husk pellets. The optimum flame duration was recorded at 42.7 minutes with the same raw material composition, while the lowest flame duration was 27 minutes. The highest thermal efficiency, at 58.39%, was also achieved with a raw material composition of 50% coconut shells and 50% rice husk pellets, whereas the lowest thermal efficiency, 30.23%, was found with a raw material composition of 100% coconut shells. The calorific value is directly proportional to thermal efficiency because the higher the calorific value produced, the greater the thermal efficiency.

1 PENDAHULUAN

Seiring dengan kemajuan industri, kebutuhan energi di Indonesia semakin meningkat. Batubara, sebagai bahan bakar padat konvensional, menjadi sumber energi terbesar karena ketersediaannya yang melimpah. Menurut data penggunaan batubara domestik diperkirakan akan terus meningkat hingga tahun 2025. Pada tahun 2023, konsumsi batubara dalam negeri mencapai 213 juta ton, dan pada tahun 2024, pemerintah telah mencanangkan target produksi batubara dipatok sebesar 710 juta ton [1]. Meskipun batubara telah menjadi solusi

utama untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang dikembangkan oleh berbagai industri dan pembangkit listrik, penggunaannya juga membawa dampak negatif. Dampak yang sering terjadi dari kegiatan penambangan termasuk perubahan iklim dan pemanasan global. Selain itu, pembakaran batubara menghasilkan emisi yang merusak lingkungan dan kesehatan manusia, seperti sulfur dioksida (SO_x) yang menyebabkan hujan asam dan nitrogen oksida (NO_x) yang menyebabkan penyakit pernapasan. Oleh karena itu, diperlukan sumber energi alternatif selain batubara, mengingat penggunaan batubara dalam negeri akan dikurangi pada tahun ini.

* Corresponding Author: yohandri@polsri.ac.id

Untuk mengatasi masalah ini, salah satu solusi adalah dengan menggunakan energi alternatif, yaitu menggantikan energi fosil dengan energi terbarukan seperti biomassa. Indonesia memiliki wilayah pertanian dan perkebunan yang luas, yang menghasilkan biomassa dalam jumlah besar, seperti tempurung kelapa, sekam padi, tongkol jagung, limbah kayu, dan cangkang kopi. Menurut data luas panen padi di Indonesia mencapai 10,20 juta hektar dengan produksi 53,63 juta ton gabah kering giling (GKG) [2]. Setiap 1 kilogram padi menghasilkan sekitar 280 gram sekam, yang merupakan jumlah potensial untuk dikembangkan menjadi energi alternatif. Dengan memahami komposisi dan kandungan kimia yang terdapat dalam sekam padi, bahan ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif melalui proses gasifikasi [3].

Gasifikasi biomassa adalah proses termokimia yang mengubah biomassa secara langsung menjadi gas bahan bakar, yang terdiri dari campuran gas seperti CO, H₂, CH₄, CO₂, dan lainnya [4]. Proses gasifikasi dilakukan dengan suplai udara yang terbatas, yaitu sekitar 20% hingga 40% [5]. Efisiensi termal dalam proses gasifikasi dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah nilai kalor. Menurut penelitian yang ada efisiensi termal bertujuan untuk meninjau nilai kalor yang dihasilkan selama proses pengujian, di mana kalor sensibel dan kalor laten yang dihasilkan, serta nilai kalor bahan bakar dan massa bahan bakar yang digunakan dengan nilai yang konstan memainkan peran penting. Nilai kalor syngas yang tinggi sangat diinginkan dalam proses gasifikasi karena dapat meningkatkan efisiensi gasifikasi [6]. Peningkatan jumlah syngas dapat terjadi karena laju alir udara yang meningkat, yang disebabkan oleh masuknya lebih banyak N₂ ke dalam *gasifier*, sehingga jumlah syngas yang dihasilkan juga meningkat [7]. Penggunaan filter ini sangat mempengaruhi LHV syngas yang dihasilkan dikarenakan semakin berat massa filter, semakin besar LHV syngas [8].

Berdasarkan penelitian sebelumnya menyatakan bahwa sekam padi, dengan serat-seratnya, dapat digunakan sebagai filter yang efektif dalam membersihkan gas hasil gasifikasi, mengurangi CO, meningkatkan kandungan CH₄ dan H₂, serta mengurangi *tar* dalam gas [9]. Penelitian lain menyatakan bahwa komposisi campuran antara biomassa tempurung kelapa dan batubara memiliki dampak signifikan terhadap performa co-gasifikasi dalam reaktor *bubbling fluidized bed gasifier*. Dalam penelitian ini, variasi komposisi biomassa tempurung kelapa dan batubara sub-bituminus diuji. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi co-gasifikasi

sangat dipengaruhi oleh komposisi biomassa. Pada variasi komposisi 66,7% biomassa dan 33,3% batubara, efisiensi mencapai 27,463%, sementara pada campuran 50% biomassa dan 50% batubara, efisiensi tercatat sebesar 22,417%, dan pada komposisi 33,3% biomassa dan 66,7% batubara, efisiensi mencapai 19,879%. Efisiensi tertinggi tercapai pada campuran dengan proporsi biomassa yang lebih besar dibandingkan batubara, mengindikasikan bahwa komposisi bahan bakar memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi gasifikasi [10].

Tempurung kelapa merupakan limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan kelapa menjadi berbagai produk seperti minyak kelapa, serat kelapa, dan arang kelapa. Setelah proses ini, tempurung kelapa umumnya tidak dimanfaatkan dan sering menjadi sumber limbah organik di daerah sekitarnya. Komposisi kimia tempurung kelapa, yang terdiri dari 26,6% selulosa, 27,7% pentosan, dan 29,4% lignin, menjadikannya berpotensi sebagai sumber energi alternatif [11]. Tempurung kelapa memiliki nilai kalor tertinggi di antara komponen limbah kelapa lainnya, yaitu sebesar 7283,5 kal/g [12]. Oleh karena itu, tempurung kelapa memiliki potensi untuk dijadikan energi alternatif. Sementara itu, padi adalah tanaman utama yang tumbuh di hampir seluruh wilayah Indonesia, menghasilkan beras yang merupakan makanan pokok bagi sebagian besar penduduk. Proses pengolahan padi menjadi beras melalui beberapa tahap pasca panen, yang menghasilkan limbah dalam jumlah besar berupa jerami dan sekam padi. Kedua jenis limbah ini mengandung energi yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut [13].

Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik untuk meneliti pengaruh komposisi syngas dan nilai kalor terhadap efisiensi termal yang dihasilkan. Melalui artikel ilmiah ini, penulis berharap pembaca dapat memahami cara mengatasi pencemaran lingkungan akibat limbah tempurung kelapa dan memanfaatkan sekam padi lebih lanjut, serta berkontribusi dalam menciptakan sumber energi yang lebih ramah lingkungan di masa depan.

2 ALAT, BAHAN, DAN METODA

Penelitian ini dilaksanakan pada 25 April sampai 21 Juni 2024 di Laboratorium Teknik Energi, Politeknik Negeri Sriwijaya. Prosedur percobaan *gasifier downdraft* ditinjau dari variasi komposisi bahan baku. Bahan baku berupa tempurung kelapa dan pelet sekam padi dikeringkan selama 2 jam hingga kadar air kurang dari 15%. Variasi bahan baku disiapkan dengan perbandingan tempurung kelapa dan pelet

sekam padi sebagai berikut: 100% tempurung kelapa (15 kg), 75% tempurung kelapa dan 25% pelet sekam padi (11,25 kg dan 3,75 kg), 50% tempurung kelapa dan 50% pelet sekam padi (7,5 kg masing-masing), 25% tempurung kelapa dan 75% pelet sekam padi (3,75 kg dan 11,25 kg), serta 100% pelet sekam padi (15 kg) dan 4 kg sekam padi sebagai isian filter.

Analisis *proximate* bahan baku dilakukan dengan menggunakan *Thermogravimetric Analyzer* (TGA 701) berdasarkan ASTM D 7582-10. Prosedur mencakup penimbangan 1 gram sampel, pemanasan pada 107°C untuk analisis kadar air, kemudian pada 950°C selama kurang lebih 30 menit untuk analisis zat terbang. Setelah itu, sampel didinginkan dan dilakukan analisis kadar abu pada 750°C selama 1 jam. Data kadar karbon terikat dihitung secara otomatis oleh perangkat. Kemudian, sebelum melakukan penelitian, mengukur kecepatan alir udara dengan *anemometer*, memastikan termogun dan termometer digital dapat berfungsi dengan baik.

Proses gasifikasi diawali dengan memasukkan 10 kg campuran tempurung kelapa dan pelet sekam padi ke dalam reaktor gasifier. Media filter berupa sekam padi dimasukkan ke dalam tangki filter. Setelah itu, kabel jumper dihubungkan ke aki untuk menyalakan *gasifier*, dan *baterai charger* diaktifkan dengan menekan tombol ON. Selanjutnya, sistem gasifikasi dinyalakan melalui panel kontrol, blower dipasang, dan suplai udara diatur menggunakan *dimmer blower*. *Blower* dihidupkan untuk menarik *syngas*, sementara tutup reaktor dikencangkan dengan baut. Setelah asap pekat muncul dari *fire test*, asap tersebut disulut hingga menghasilkan api yang konstan, yang menandai dimulainya pengukuran waktu ($t=0$). Bahan baku tambahan sebanyak 1 kg dimasukkan setiap 10 menit. Saat api pada *fire test* stabil, *syngas* dialirkan menggunakan pompa vakum. Proses gasifikasi dilanjutkan dengan variasi komposisi bahan baku yang telah ditentukan, yakni 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, dan 0:100 (tempurung kelapa dan pelet sekam padi). Pengambilan *syngas* dilakukan saat api telah menyala dengan stabil. Proses ini dimulai dengan membuka *valve output syngas* dan menghubungkan selang ke pompa vakum. Setelah pompa vakum dihidupkan, *syngas* dialirkan ke *urine bag* sebagai wadah penampungan. Setelah pengambilan gas selesai, *valve output syngas* ditutup dan pompa vakum dimatikan. Proses mematikan *gasifier* dimulai dengan menutup semua katup. Selanjutnya, penutup reaktor dibuka, sementara *blower* tetap dinyalakan untuk mengeluarkan sisa gas dan residu dari reaktor. *Blower* dimatikan setelah asap berkurang dan tidak lagi pekat. Sisa pembakaran

yang tersisa di ruang penampungan abu dan *tar* dikeluarkan dan ditimbang. Setelah itu, bagian dalam reaktor dan burner dibersihkan untuk mencegah *tar* mengeras setelah operasi *gasifier* berhenti.

Kemudian analisa *syngas* dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya menggunakan *Gas Analyzer* untuk mengetahui komposisinya. Pengaruh komposisi *syngas* terhadap efisiensi termal dianalisis. Nilai kalor *syngas* dihitung menggunakan persamaan LHV *syngas*, dan pengaruhnya terhadap efisiensi termal gasifikasi dianalisis dengan persamaan (1) [14] :

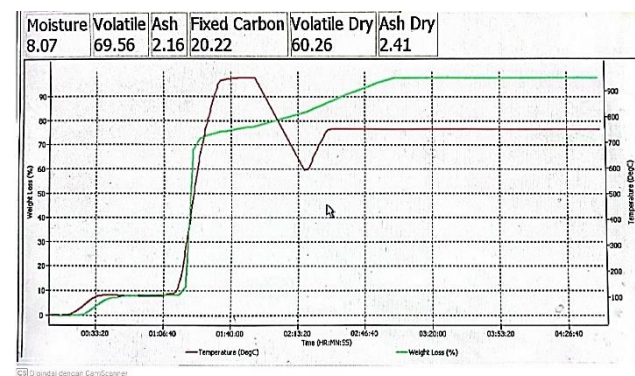
$$LHV \text{ syngas} = \sum^n (Y_i \cdot LHV_i) \quad (1)$$

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian tentang analisis kinerja *gasifier downdraft* dengan bahan baku tempurung kelapa dan pelet sekam padi, yang menilai komposisi *syngas* dan nilai kalor.

Analisis Proximate

Analisa *proximate* yang dilakukan di laboratorium Batubara dan Biomassa, Jurusan Teknik Kimia Polstri didapatkan moisture, volatile matter, fix carbon, dan ash pada tempurung kelapa dan pelet sekam padi yang dapat dilihat pada Gambar 1:



Gambar 1 Grafik Kandungan Proximate pada Tempurung Kelapa

Gambar 1 memperlihatkan kandungan proximate dalam tempurung kelapa, dengan kandungan tertinggi pada *volatile matter* dan karbon tetap (*fixed carbon*). Tingginya kandungan *volatile matter* memiliki keuntungan, seperti mempermudah proses penyalakan dan pembakaran. Kadar karbon terikat dapat diartikan sebagai fraksi karbon dalam biomassa, selain dari fraksi air, abu, dan *volatile matter*. Kadar karbon memainkan peranan penting dalam kualitas bahan bakar karena mempengaruhi nilai kalor. Semakin tinggi kadar karbon terikat dalam bahan ba-

kar, semakin tinggi pula nilai kalor yang dihasilkan, sedangkan kadar karbon terikat yang rendah menunjukkan kualitas bahan bakar yang kurang baik. Hal ini selaras dengan penelitian yang menyatakan bahwa kayu pinus memiliki kadar karbon tetap sebesar 0,16% dengan nilai kalor 4883 kcal/kg, sedangkan kayu sengon memiliki kadar karbon tetap 0,045% dan nilai kalor sebesar 4271 kcal/kg [15].

Analisis Ultimate

Analisa ultimate didapatkan dari data statistika data dari penelitian terdahulu terdapat pada Tabel 1:

Tabel 1 Data Ultimate Bahan Bakar Dry Ash Free Basis

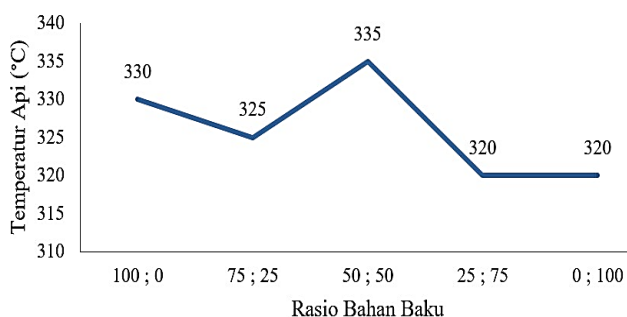
Komponen	Tempurung Kelapa	Pelet Sekam Padi
	(%wt)	(%wt)
C	47,47	48,42
H ₂	5,35	6,29
N ₂	0,38	0,92
O ₂	46,49	42,53
S	0,1	0,07
Total	100	100

(Sumber: Statistika Data Mengutip dari Susanto dkk. [16]. Armesto dkk. [17]. Wibowo [18].)

Berdasarkan data di atas dapat dilihat bahwa komponen bahan baku didominasi oleh unsur karbon yakni sebanyak 47,47 dan 48,42 yang mana unsur karbon disini menunjukkan kualitas pembakaran yang dihasilkan dari bahan baku semakin besar kadar karbon maka pembakaran akan semakin bagus. Data *Ultimate* ini dapat digunakan untuk menghitung komposisi campuran bahan bakar.

Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Baku Terhadap Temperatur Api Syngas

Berdasarkan hasil pengujian *Gasifier Downdraft* yang telah dilakukan, pengaruh variasi komposisi bahan baku terhadap api syngas dapat dianalisis dan terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Grafik Variasi Komposisi Bahan Baku Terhadap Api Syngas

Gambar 2 menunjukkan dampak variasi komposisi bahan baku terhadap suhu api syngas untuk lima

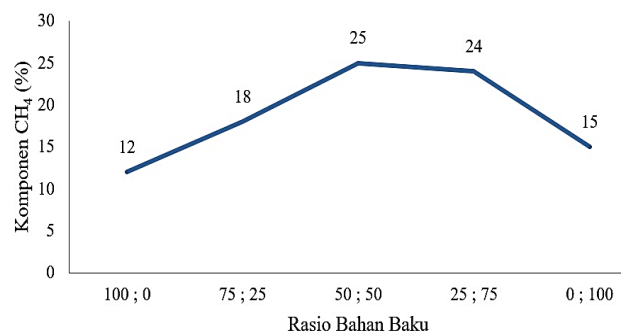
kombinasi bahan baku yang berbeda: 100% tempurung kelapa, 75% tempurung kelapa dan 25% pelet sekam padi, 50% tempurung kelapa dan 50% pelet sekam padi, 25% tempurung kelapa dan 75% pelet sekam padi, serta 100% pelet sekam padi, dengan kecepatan *blower* tetap pada 9,1 m/s.

Grafik tersebut menunjukkan bahwa rasio bahan baku 100% tempurung kelapa menghasilkan suhu api syngas sebesar 330°C. Dengan variasi 75% tempurung kelapa dan 25% pelet sekam padi, suhu api syngas tercatat sebesar 325°C. Pada rasio 50% tempurung kelapa dan 50% pelet sekam padi, suhu api syngas meningkat menjadi 335°C. Setelah mencapai puncak, suhu api menurun pada rasio 25% tempurung kelapa dan 75% pelet sekam padi, dengan suhu 320°C. Pada rasio terakhir, yaitu 100% pelet sekam padi, suhu api juga mencapai 320°C.

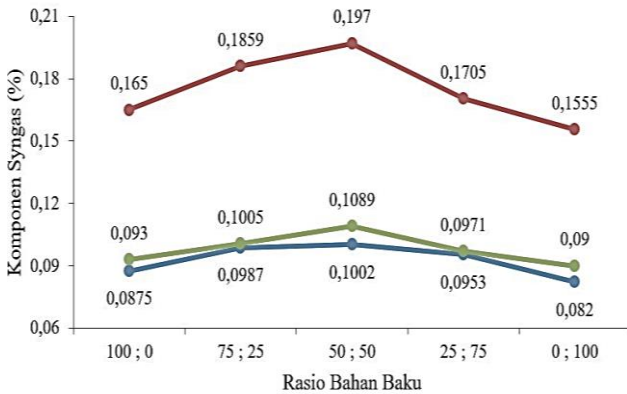
Data ini menunjukkan bahwa kombinasi bahan baku dengan rasio 50% tempurung kelapa dan 50% pelet sekam padi menghasilkan suhu api tertinggi, menunjukkan adanya optimalisasi dalam pembakaran pada rasio tersebut. Sebaliknya, variasi bahan baku yang didominasi oleh satu komponen cenderung menghasilkan suhu api yang lebih rendah. Fenomena ini mungkin disebabkan oleh nilai kalor pembakaran masing-masing bahan baku dan interaksi mereka dalam campuran untuk menghasilkan panas. Hal ini sesuai dengan temuan yang menyatakan bahwa laju pembakaran dan suhu nyala sangat dipengaruhi oleh nilai kalor dimana semakin tinggi nilai kalor, semakin baik laju pembakaran dan suhu nyala yang dihasilkan [19].

Pengaruh Variasi Bahan Baku terhadap Komposisi Syngas dan Nilai LHV Syngas

Berdasarkan hasil pengujian *Gasifier Downdraft* yang telah dilakukan, dampak variasi komposisi bahan baku terhadap komposisi syngas dapat dianalisis dan dilihat pada Gambar 3 hingga Gambar 4.

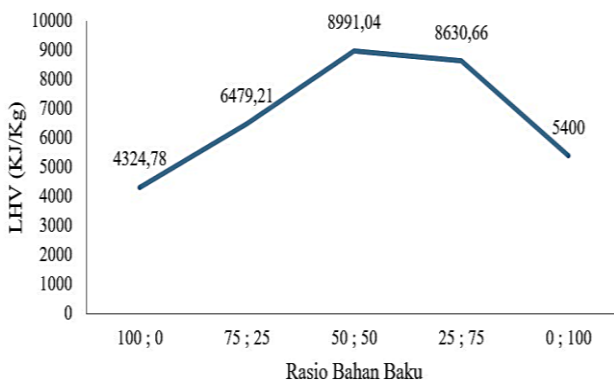


Gambar 3 Grafik Variasi Komposisi Bahan Baku Terhadap Komposisi Syngas (CH₄)



Gambar 4 Grafik Variasi Komposisi Bahan Baku Terhadap Komposisi Syngas (CO, CO₂, H₂)

Dalam penelitian ini, analisis komposisi syngas meliputi CH₄, CO, CO₂, dan H₂. Gambar 3 hingga Gambar 4 menunjukkan bahwa komposisi syngas yang optimal diperoleh pada variasi bahan baku 50% tempurung kelapa dan 50% pelet sekam padi. Hal ini disebabkan oleh kandungan karbon tetap (*fixed carbon*) tempurung kelapa yang lebih tinggi dibandingkan dengan pelet sekam padi. Ketika kedua bahan ini dicampurkan dalam proporsi yang sama, komposisi syngas yang dihasilkan mencerminkan karakteristik kedua bahan tersebut. Kandungan karbon yang lebih tinggi dari tempurung kelapa dapat meningkatkan produksi gas seperti H₂ dan CO, yang merupakan komponen utama syngas. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa rasio bahan baku mempengaruhi proses gasifikasi, di mana komposisi yang seimbang menghasilkan syngas yang optimal [20].



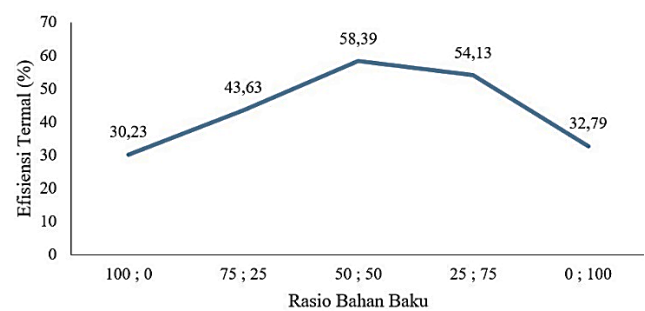
Gambar 5 Grafik Variasi Komposisi Bahan Baku Terhadap Nilai LHV Syngas

Pada Gambar 5, terlihat bahwa nilai LHV syngas meningkat secara konsisten dari variasi bahan baku 100% tempurung kelapa hingga mencapai puncaknya pada variasi 50% tempurung kelapa dan 50% pelet sekam padi, dengan nilai sebesar 8991,04 kJ/kg. Ini sejalan dengan komposisi syngas optimal pada rasio bahan baku yang sama, karena komposisi

syngas mempengaruhi nilai kalor, yang pada gilirannya mempengaruhi nilai LHV syngas. Temuan ini konsisten dengan penelitian yang menyatakan bahwa campuran bahan baku dengan rasio 50% menghasilkan syngas dengan LHV yang baik, berkat keseimbangan kandungan karbon dan kadar abu yang sesuai [21].

Pengaruh Variasi Bahan Baku Terhadap Efisiensi Termal

Berdasarkan hasil pengujian *gasifier downdraft* yang telah dilakukan, pengaruh variasi komposisi terhadap efisiensi termal yang dihasilkan dapat dianalisis dan terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Grafik Variasi Komposisi Bahan Baku Terhadap Efisiensi Termal

Pada Gambar 6 menunjukkan bahwa pengaruh variasi komposisi bahan baku terhadap efisiensi termal untuk lima variasi komposisi bahan baku yang berbeda yaitu 100% tempurung kelapa, 75% tempurung kelapa dan 25% pelet sekam padi, 50% tempurung kelapa dan 50% pelet sekam padi, 25% tempurung kelapa dan 75% pelet sekam padi, 100% pelet sekam padi sedangkan kecepatan *blower* tetap dengan kecepatan 9,1 m/s.

Pada Rasio 100% tempurung kelapa, efisiensi termal tercatat sebesar 30,23%. Ketika rasio bahan bakar menjadi 75% tempurung kelapa dan 25% pelet sekam padi, efisiensi termal meningkat menjadi 43,63%. Peningkatan efisiensi termal berlanjut saat rasio bahan bakar berubah menjadi 50% tempurung kelapa dan 50% pelet sekam padi, mencapai puncaknya pada 58,39%. Akan tetapi, setelah mencapai puncak pada rasio 50:50, efisiensi termal mulai mengalami penurunan ketika rasio pelet sekam padi. Pada rasio 25% tempurung kelapa dan 75% pelet sekam padi, efisiensi termal turun menjadi 54,13%. Penurunan ini berlanjut pada rasio 100% pelet sekam padi, dengan efisiensi termal sebesar 32,79%.

Dari data ini, kita dapat menyimpulkan bahwa campuran bahan bakar dengan rasio 50% tempurung kelapa dan 50% pelet sekam padi

menghasilkan efisiensi termal tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa ada sinergi optimal dalam pembakaran ketika kedua jenis bahan baku dicampur dalam proporsi yang sama. Sebaliknya, rasio bahan bakar yang didominasi oleh salah satu komponen cenderung menghasilkan efisiensi termal yang lebih rendah. Tempurung kelapa dan pelet sekam padi memiliki profil pembakaran yang berbeda. Tempurung kelapa memiliki kandungan karbon tetap (*fixed carbon*) yang tinggi dan menghasilkan panas yang tinggi saat dibakar dan pelet sekam padi memiliki kandungan *volatil matter* yang lebih tinggi, yang dapat membantu meningkatkan laju pembakaran dan menghasilkan panas awal yang lebih cepat sehingga menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi. Hal ini selaras dengan penelitian yang menyatakan bahwa campuran bahan bakar tempurung kelapa dan pelet sekam padi pada rasio yang sama akan menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi [22].

4 KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian tentang pengaruh rasio bahan baku menggunakan tempurung kelapa dan pelet sekam padi dengan rasio 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 dan 0:100 serta kecepatan udara 9,1 m/s, dapat disimpulkan bahwa rasio bahan baku yang optimal untuk efisiensi adalah kombinasi 50% tempurung kelapa dan 50% pelet sekam padi, dengan nilai efisiensi tertinggi sebesar 58,39%. Untuk nilai kalor, rasio bahan baku optimal juga adalah 50% tempurung kelapa dan 50% pelet sekam padi, yang menghasilkan nilai kalor tertinggi yaitu 8991,04 kJ/kg. Pengaruh nilai kalor berbanding lurus dengan efisiensi termal sebab semakin nilai kalor syngas yang dihasilkan, maka efisiensi termal yang dihasilkan semakin besar.

REFERENSI

- [1] Produksi Batubara Tumbuh 7% per tahun. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/produksi-batubara-tumbuh-7-pertahun#:~:text=JAKARTA.,diperkirakan%20sebesar%20220%20juta%20ton.> (diakses pada 9 Agustus 2024).
- [2] Pada 2023, luas panen padi mencapai sekitar 10,21 juta hektar dengan produksi padi sebesar 53,98 juta ton gabah kering giling (GKG). Available online: <https://www.bps.go.id/id/pressrelease/2024/03/01/2375/pada-2023luas-panen-padi-mencapai-sekitar-10-21-juta-hektare-dengan-produksi-padi-sebesar-53-98-juta-ton-gabah-kering-giling-gkg.html>. (diakses pada 9 Agustus 2024).
- [3] Heru, M., Ilminafik, N., & Mulyono, T., (2014). Pengaruh Equivalence Ratio Terhadap Efisiensi Termal Proses Gasifikasi Sistem Downdraft Satu Saluran Udara Masuk Dengan Menggunakan Biomassa Sekam Padi.
- [4] Z, Jiajun, dkk. *The Thermochemical Conversion of Biomass Into Biofuels*. 2019, <https://www.sciencedirect.com/Topics/Engineering/Gasification>.
- [5] Vidian, F. (2008). Gasifikasi Tempurung Kelapa Menggunakan Updraft Gasifier pada Beberapa Variasi Laju Alir Udara Pembakaran. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(02), 88–93.
- [6] Sidik, P., Suwandi., & Nurwulan F. (2021). Analisis Pengaruh Variasi Bahan Bakar Biomassa dan Pola Tiupan Udara Terhadap Efisiensi Kompom Gasifikasi Tipe Updraft . *Analisis Pengaruh Variasi Bahan Bakar Biomassa dan Pola Tiupan Udara Terhadap Efisiensi Kompom Gasifikasi Tipe Updraft*.
- [7] Pujiastuti, S. L., Hidayat, R., Fajriani, S., Teknik Kimia Program Studi Sarjana Terapan Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya, J., & Srijaya Negara Bukit Besar Palembang, J. (2017). *Co-Gasification Downdraft System (Viewed From Fuel Flow Air Toward Syngas Product)*.
- [8] Agustina, P., Perotonika, E., Rahinaya, W., Bow, Y., & Aswan, A. (2023). Gasifikasi Crossdraft Cangkang Kelapa Sawit Ditinjau Dari Variasi Massa Filter Terhadap Produk Syngas Yang Dihasilkan. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia*, 3(2), 65–72. <https://doi.org/10.52436/1.jpti.274>
- [9] Syarif, A., Aswan, A., Rusnadi, I., Fadhulullah, A., Azizah, N., Teknik, J., Politeknik, K., Sriwijaya, N., Srijaya, J., & Bukit Besar, N. (2020). Pengaruh Variasi Laju Alir Udara Dan Filter Terhadap Proses Gasifikasi Dengan Sistem Downdraft Effect Of Air Flow And Filter Variation On Coal Gasification Process With The Downdraft System. *Jurnal Kinetika*, 11(01), 36–44.
- [10] D.D, Rohmad T. (2018). Pengaruh Komposisi Biomassa Batok Kelapa dan Batubara Terhadap Performa Co-Gasifikasi Reaktor Bubbling Fluidized Bed Gasifier.
- [11] Tumbel, N., Ardi, M., Dan Supardi, m. (2019). Proses Pengolahan Arang Tempurung Kelapa Menggunakan Tungku Pembakaran Termodifikasi. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 11(2): 83-92.
- [12] Nurhilal, O., Dan Sri, D. A. N. (2018). Pengaruh Komposisi Campuran Sabut Dan Tempurung Kelapa Terhadap Nilai Kalor Biobriket Dengan Perekat Molase, *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, Vol 02(01), 8-14.
- [13] Udjiyanto, T., Sasono. T., Bambang, P.M. (2021). Potensi Sekam Padi Sebagai Bahan Bakar Alternatif PLTBm di Sumatra Barat.
- [14] Ependi, D. R. (2017). *Studi eksperimental pengaruh temperatur udara inlet zona oksidasi pada proses*.
- [15] Dwi Danang, Budiyono Aris, & Ervando Mochamad. (2013). Karakterisasi Briket Dari Limbah Pengolahan Kayu Sengon Dengan Metode Cetak Panas. *Journal of Mechanical Engineering Learning*, 2(1), 1–8.

- file:///C:/Users/user/Downloads/1942-Article Text-3862-1-10-20130924.pdf.
- [16] Susanto, H. (2018). Pengembangan Teknologi Gasifikasi untuk Mendukung Kemandirian Energi dan Industri Kimia. In *Forum Guru Besar Institut Teknologi Bandung* (Issue November).
- [17] Armesto, L., Bahillo, A., Veijonen, K., Cabanillas, A., Otero, J. (2022). *Combustion behaviour of rice husk in a bubbling fluidised bed*.
- [18] Wibowo, S. (2022). Pengaruh Penambahan Tepung Tapioka Pada Karakteristik Pelet Kayu dari Limbah Cabang Kayu Jati Perhutani Plus (JPP). *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 16(1), 50–63. <https://doi.org/10.22146/jik.v16i1.1807>
- [19] Iqbal Yoisingadji, M., & Adityo Pohan, G. (2022). Analisa Pengaruh Briket Biomassa Dengan Media Limbah Ampas Kopi Dan Buah Pinus Terhadap Nilai Kalor Dan Laju Pembakaran. *Prosiding SENIATI*, 6(4), 738–744. <https://doi.org/10.36040/seniati.v6i4.4969>.
- [20] A.A, Pratama., D, Shade., & Muhyin. (2018). *Pengaruh Komposisi Bahan Dasar dan Variasi Jenis Perekat Terhadap Nilai Kalor, Kadar Air, Kadar Abu Pada Briket Campuran Sekam Padi dan Tempurung Kelapa*. Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin.
- [21] A.A, Pratama., D, Shade., & Muhyin. (2018). *Pengaruh Komposisi Bahan Dasar dan Variasi Jenis Perekat Terhadap Nilai Kalor, Kadar Air, Kadar Abu Pada Briket Campuran Sekam Padi dan Tempurung Kelapa*. Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin.
- [22] Qistina, I., Sukandar, D., & Trilaksono. (2016). *Kajian Kualitas Briket Biomassa dari Sekam Padi dan Tempurung Kelapa*. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 2(2), 136-142. _____