



KAJI POTENSI LIMBAH BIOMASSA UNTUK BAHAN BAKAR MEMASAK LEBIH RAMAH LINGKUNGAN DENGAN TEKNOLOGI KOMPOR GASIFIKASI

Arif Hidayat Purwono^{1a}, Suhartoyo¹, Bagus Indriyanto¹, Al Fian P R¹, Muhammad TW¹

¹Program Studi Teknik Mesin, STT Warga Surakarta

Korespondensi:

^aProgram Studi Teknik Mesin, STT Warga Surakarta
alamat email : arifhp@sttw.ac.id.

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah limbah biomassa yang belum dimanfaatkan secara maksimal dapat digunakan saat LPG langka. Bahan baku penelitian menggunakan limbah tempurung kelapa yang ditumbuk halus dan dicampur dengan gergajian kayu jati yang keduanya disaring lolos mesh 40 dan tidak lolos mesh 60. Bahan baku tersebut dibuat pellet dengan ukuran diameter 4 mm dan panjang kurang lebih 2,5 cm. Pengujian memanaskan air satu liter dengan menggunakan kompor gasifikasi dengan hembusan angin dengan kecepatan 5m/detik. Dari hasil pengujian, secara visual nyala api dari bahan baku tempurung kelapa berwarna biru orange tanpa jelaga, mendidihkan air 1 liter selama 12 menit dengan membutuhkan bahan pellet sebanyak 225 gram. Bahan baku 75% tempurung kelapa, 25% serbuk kayu. Nyala api berwarna biru kemerahan dengan sedikit jelaga yang keluar. Mendidihkan air 1 liter selama 14 menit dengan membutuhkan bahan pellet sebanyak 317 gram. Bahan baku 50% Tempurung kelapa, 50% serbuk kayu nyala api berwarna merah berjelaga. Mendidihkan air 1 liter selama 11 menit dengan membutuhkan bahan pellet sebanyak 217 gram. Bahan baku 25 % Tempurung kelapa, 75 % serbuk kayu nyala api berwarna merah berjelaga. Mendidihkan air 1 liter selama 13 menit dengan membutuhkan bahan pellet sebanyak 334 gram. Bahan baku 100 % serbuk kayu nyala api berwarna merah berjelaga. Mendidihkan air 1 liter selama 14 menit dengan membutuhkan bahan pellet sebanyak 347 gram. Dapat dibuktikan bahwa limbah biomassa dapat digunakan sebagai bahan bakar yang bermanfaat untuk pengganti bahan bakar jika bahan bakar gas langka.

Kata kunci: Limbah, biomassa, gasifikasi, variasi bahan bakar, gas mampu bakar

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine whether biomass waste that has not been optimally utilized can be used when LPG is scarce. The raw material for the study used finely ground coconut shell waste mixed with sawn teak wood, both of which were filtered to pass mesh 40 and not pass mesh 60. The raw material was made into pellets with a diameter of 4 mm and a length of approximately 2.5 cm. The test heated one liter of water using a gasification stove with a wind blowing at a speed of 5 m / sec. From the test results, the flame from the coconut shell raw material was blue-orange without soot, boiling 1 liter of water for 12 minutes requiring 225 grams of pellet material: raw materials 75% coconut shell, 25% sawdust. The flame was

reddish blue with a little soot coming out. Boiling 1 liter of water for 14 minutes requires 317 grams of pellet material. Raw materials 50% coconut shell, 50% sawdust, the flame was red with soot. Boiling 1 liter of water for 11 minutes requires 217 grams of pellet material: raw materials 25% Coconut shell, 75% sawdust, sooty red flame. Boiling 1 liter of water for 13 minutes requires 334 grams of pellet material—raw materials 100% sawdust, sooty red flame. Boiling 1 liter of water for 14 minutes requires 334 grams of pellet material. It can be proven that biomass waste can be used as a useful fuel to replace fuel if gas fuel is scarce.

Keywords: Waste, biomass, gasification, fuel variations, combustible gas

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di Indonesia semakin hari akan semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk yang semakin pesat [1]. Ditambah lagi semakin mahalnya bahan bakar minyak dan semakin menipisnya cadangan bahan bakar fosil di Indonesia. Salah satu bahan bakar alternatif sebagai pengganti bahan bakar fosil yang bisa diperbaharui dan sangat potensial untuk diteliti adalah biomasa [2].

Biomasa merupakan sumber energi yang cukup penting untuk masa depan, hal ini dikarenakan biomasa itu sendiri merupakan sumber bahan bakar yang bisa diperbaharui [3] serta cukup fleksibel untuk kita buat menjadi bahan bakar cair (*biofuel*) dan *combustible gas* (*syntetic gas*) [4]. Salah satu jenis dari biomasa ini adalah gergajian kayu dan tempurung kelapa. Seperti umumnya biomasa, Tempurung kelapa juga bisa dibuat menjadi bahan bakar yang lebih bermanfaat dari pada hanya dibakar secara langsung [5].

Pemanfaatan limbah kayu dan tempurung kelapa secara langsung ini ternyata menimbulkan banyak polusi dari pembakaran yang sebagian besar tidak sempurna dan kadar CO₂ yang dihasilkanpun cukup tinggi, sehingga akan lebih efisien dan efektif jika dibuat menjadi bahan bakar cair ataupun gas yang bisa terbakar [6]. Proses yang digunakan untuk membuat gas ini disebut proses Gasifikasi sedangkan untuk membuat bahan bakar cair dengan proses pirolisis [7].

Pada proses gasifikasi tempurung kelapa, kita harus mengetahui karakteristik dari material ini. Diantaranya adalah karakteristik devolatilisasi, energi aktivasi, dan preekspansional faktor, yang bisa kita cari menggunakan analisis termogravimetri dan persamaan arrhenius [8]. Dimana semakin mudah suatu bahan untuk terbakar maka Energi Aktivasi dari bahan tersebut akan semakin kecil. Gasifikasi merupakan konversi thermo kimia dari bahan bakar biomassa padat menjadi gas yang mudah bakar [9]. Dalam teknologi gasifikasi dijamin sekarang limbah biomassa dapat diolah dengan mudah dengan alat yang kita dapat rancang dan buat sendiri [10].

Limbah biomassa terutama limbah gergajian kayu dan tempurung kelapa masih belum dimaksimalkan dan hanya dibakar saja, tentunya dari segi ekonomis belum dimaksimalkan. Gergajian kayu jati yang banyak diperoleh daerah surakarta dan sekitarnya memiliki nilai kalor yang sangat tinggi yaitu sebesar 4191-4520 *kalori/g* saat kadar air sebesar 12 %. Limbah tempurung kelapa juga hanya dibakar biasa, dan bila dijual hanya dihargai sangat murah. Limbah biomassa tersebut bila dibiarkan menumpuk akan menghasilkan polusi uadara yaitu bau busuk yang menusuk hidung apalagi saat musim hujan. agar memiliki nilai tambah dan bermanfaat sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan gergajian kayu dan tempurung kelapa tersebut diolah menjadi pellet yang bisa menjadi bahan bakar dan bahan bakar tersebut menjadi solusi bila suatu saat terjadi kelangkaan bahan bakar dari fosil. Pada jurnal ini juga membahas sedikit tentang reaksi dekomposisi yang ada pada biomasa (lignoselulosa). Penguraian Lignoselulosa yang terdiri dari Hemiselulosa, Selulosa, dan Lignin, yang masing-masing mempunyai Energi aktivasi 105-111kJ/mol, 195-213kJ/mol, dan 35-65kJ/mol, terjadi secara simultan. Sehingga tidak bisa untuk diketahui reaksi yang sedang berlangsung secara parsial. Kayu lunak dan kayu keras secara kuantitas, dimana zat penyusun dari kedua bahan ini berbeda. Hasil dari penelitian yang telah dilakukan menunjukkan untuk kayu keras dan kayu lunak yang diambil dari Eropa dan Amerika yang kandungan mineral dalam tanahnya sangat berbeda ternyata menunjukkan kontur yang hampir sama ketika dilakukan analisis termogravimetri (TG) dan termogravimetri diferensial (DTG). Untuk kayu lunak terlihat bahwa hemiselulosa lebih tidak reaktif jika dibandingkan dengan kayu keras. Selain itu terlihat bahwa zona reaksi Selulosa lebih lebar. Selain itu didapatkan kesimpulan bahwa dinamika devolatilisasi dari semua kayu bisa diselesaikan dengan mekanisme yang sederhana yang tergantung dari 4 parameter yaitu, jumlah Zat ekstraktif, Hemiselulosa, Selulosa, dan Lignin. Dan ketika Zat ekstraksi sangat sedikit sekali (3 parameter) maka nilai Energi aktivasi dan Karakteristik devolatilisasi akan sama dengan literatur yang

terdahulu [11]. Semakin naiknya laju kenaikan panas maka kurva Karakteristik devolatilisasi akan semakin ke arah kanan [12].

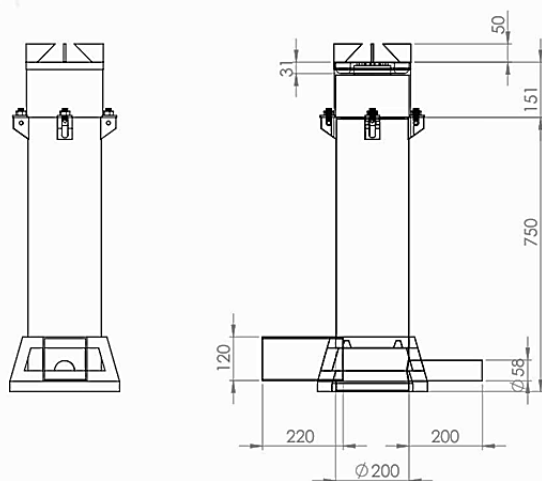
Karakteristik pembakaran pada char dan kereaktifan dari 4 jenis biomasa (kapas, kayu sisa hutan, biji zaitun, dan tatal kayu). Penelitian ini dilakukan dengan 2 tahap; yang pertama adalah dengan memproduksi *Char* terlebih dahulu dengan dengan mesin analisis termogravimetri yang diberikan aliran Nitrogen. Dan yang kedua pembakaran *Char* dengan aliran udara. Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa kereaktifan dari char yang diteliti semakin menurun dari biomassa kemudian *lignite* baru batu bara. *Char* dari biomassa memiliki tingkat kereaktifan yang paling tinggi. Hal ini disebabkan karena struktur carbonnya paling tidak teratur [13]. Sebuah penelitian yang dilakukan dengan bahan pellet serpihan kayu, pellet tempurung kelapa dan pellet Tempurung kelapa dengan menggunakan pengujian kompor biomassa standar, waktu yang paling cepat untuk mendidihkan air menggunakan bahan kompor gasifikasi pellet dari serpihan kayu yaitu 10 menit 5 detik [14]. Sebuah penelitian dengan menguji bahan bakar pellet kayu, pellet bambu dan kotoran sapi sebagai bahan bakar kompor gasifikasi updraft. Dengan standar W.B.T 4.2.3 didapat nilai kalor kayu sebesar 15.77 MJ/Kg, Bambu 14,7 MJ/Kg, Briket kotoran sapi sebesar 15,35 MJ/Kg. Effisiensi kompor gasifikasi kayu sebesar 32.30 %, kotoran sapi 0,3 % dan effisiensi bambu sebesar 31,5 % [15].

Bahan bakar padat yang sering digunakan untuk bahan bakar diteliti, bahan bakar berasal dari limbah pertanian dan hutan, yaitu serbuk gergajian kayu dan pellet kacang tanah. Dari variasi bahan bakar yang diujikan dibandingkan bahan bakar dari fosil CO dan NOX bahan dari gergajian kayu dan kulit kacang lebih kecil [16].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dilakukan dilab energi STT Warga Surakarta, bahan baku yang digunakan adalah biomassa dari gergajian kayu jati dan limbah tempurung kelapa. Reaktor gasifikasi berbentuk kompor vertikal dengan tinggi kurang lebih 30 cm berbentuk kotak ukuran 15cm x 15 cm. Hembusan angin menggunakan angin dari kipas angin berdaya rendah kecepatan angin 5 m/detik. Serbuk gergajian kayu jati maupun serbuk tempurung kelapa dipilih dengan ukuran antara 40 mesh - 60 mesh. Pelekat menggunakan pati kanji yang dipanaskan. Diameter pellet adalah 3-4 mm dengan panjang 1.5 mm. Kadar air pelet siap diuji untuk gasifikasi adalah 10% kadar airnya.

Pengujian lama pendidihan air adalah dengan menghitung lama waktu pendidihan air 1 liter dengan variasi bahan bakar, nilai kalor, warna api, panas api dan unsur penyusunnya (proximate dan ultimate tes). Alat ukur temperatur dengan menggunakan thermoreader dan thermokople, alat ukur hembusan angin dengan anemometer.



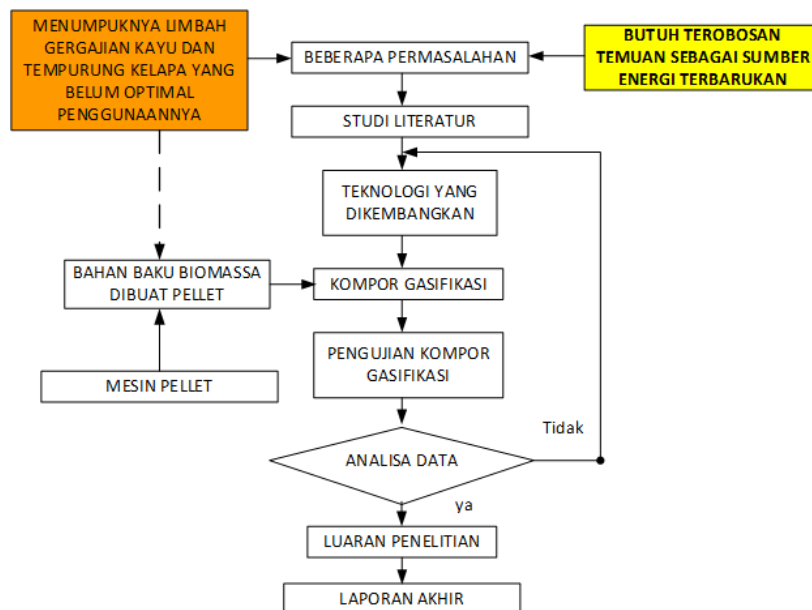
Gambar1 Disain kompor gasifikasi yang dikembangkan.

Kompor berbentuk tabung dan terbagi menjadi badan dan bagian atas tempat lubang api, tinggi badan 750 mm dengan diameter 200 mm, bagian atas adalah tempat lubang api keluar dan dudukan tempat masak. Tinggi 151 mm diameter 200mm. Lubang angin terletak dibawah dan merupakan tempat blower untuk

mensuplai angin kedalam reaktor atau kompor gasifikasi, dengan kecepatan 5 m/detik. Semua bahan reaktor terbuat dari stenlis stell, dengan kapasitas kompor gasifikasi adalah 2 kg.

Bahan baku terbuat dari gergajian kayu jati dan dihaluskan ukurannya adalah lolos 40 mesh dan tidak lolos 60 mesh. Bahan baku yang kedua adalah tempurung kelapa yang diperoleh di pasar area surakarta. Tempurung kelapa ditumbuk hingga halus kemudian disaring yang digunakan adalah serbuk tempurung kelapa yang disaring lolos mesh 40 dan tidak lolos mesh 60. Kedua bahan bakar dibuat pellet sesuai variasi, variasi penelitian adalah 100% gergajian kayu, 75% serbuk gergajian kayu + 25 % serbuk tempurung kelapa, 50% serbuk gergajian kayu + 50 % serbuk tempurung kelapa, 25% serbuk gergajian kayu + 75 % serbuk tempurung kelapa, dan 100% serbuk tempurung kelapa. Setelah dicampur sesuai variasi yang telah ditentukan ditambahi tepung kanji sebesar 10% berat campuran. Langkah selanjutnya di jemur dibawah sinar matahari sampai betul-betul kering dan bila diukur kadar airnya dibawah 10%.

Pengujian yang dilakukan yaitu nilai kalor masing masing variasi, uji proximate dan ultimate gergajian kayu dan tempurung kelapa, uji nyala dan kebutuhan bahan bakar untuk memanaskan air 1 liter (uji *boiling test*) . diukur juga mengenai temperatur dinding kompor gasifikasi, temperatur api dan temperatur dinding panci.



Gambar 2 Diagram alir penelitian

Gambar 2 menunjukkan diagram alir penelitian yang dilakukan, diagram alir diperlukan untuk mempermudah mengetahui tahapan penelitian yang dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan baku yang digunakan adalah tempurung kelapa tidak ditentukan jenisnya dan gergajian kayu jati. Tempurung kelapa dibuat serbuk kemudian disaring dengan menggunakan 40 mesh-60 mesh. Guna mendapatkan hasil yang maksimal, pengujian menggunakan variasi bahan bakar sebagai berikut :

Tabel 1 Variasi bahan bakar

Variasi	Tempurung kelapa	Serbuk kayu
Variasi 1	100%	0%
Variasi 2	75%	25%

Variasi 3	50%	50%
Variasi 4	25%	75%
Variasi 5	0%	100%

Dari tabel 1 variasi bahan bakar tersebut dilakukan pengujian nilai kalor, nilai kalor tempurung kelapa adalah 6745 kal/gram dan nilai kalor kayu jati sebesar 4576 kal / gram. Dibawah merupakan perbedaan nyala api di setiap variasinya:

a. 100% Tempurung kelapa



Gambar 3 Hasil nyala api 100% Tempurung kelapa

Dari hasil pengujian, secara visual nyala api dari bahan baku tempurung kelapa berwarna biru orange tanpa jelaga. Seperti terlihat di gambar 3. Mendidihkan air 1 liter selama 12 menit dengan membutuhkan bahan pellet sebanyak 225 gram.

b. 75% sekam pad, 25% serbuk kayu



Gambar 4 Hasil nyala api 75% Tempurung kelapa, 25% serbuk kayu

Pengujian yang dilakukan seperti gambar 4 dengan bahan baku 75% tempurung kelapa, 25% serbuk kayu. Nyala api berwarna biru kemerahan dengan sedikit jelaga yang keluar. Jelaga berasal dari lem tapioka

dan kondisi dari pellet yang belum kering. Mendidihkan air 1 liter selama 14 menit dengan membutuhkan bahan pellet sebanyak 317 gram.

c. 50% Tempurung kelapa, 50% serbuk kayu



Gambar 5 Hasil nyala api 50% Tempurung kelapa, 50% serbuk kayu

Pengujian yang dilakukan dengan bahan baku 50% Tempurung kelapa, 50% serbuk kayu nyala api berwarna merah berjelaga. Penyebab jelaga yang muncul berasal dari perekat dari tapioka [17] dan pengaruh dari campuran gergajian kayu yang semakin bertambah. Mendidihkan air 1 liter selama 11 menit dengan membutuhkan bahan pellet sebanyak 217 gram, terlihat di gambar 5.

d. 25% Tempurung kelapa, 75% serbuk kayu



Gambar 6 Hasil nyala api 25% Tempurung kelapa, 75% serbuk kayu.

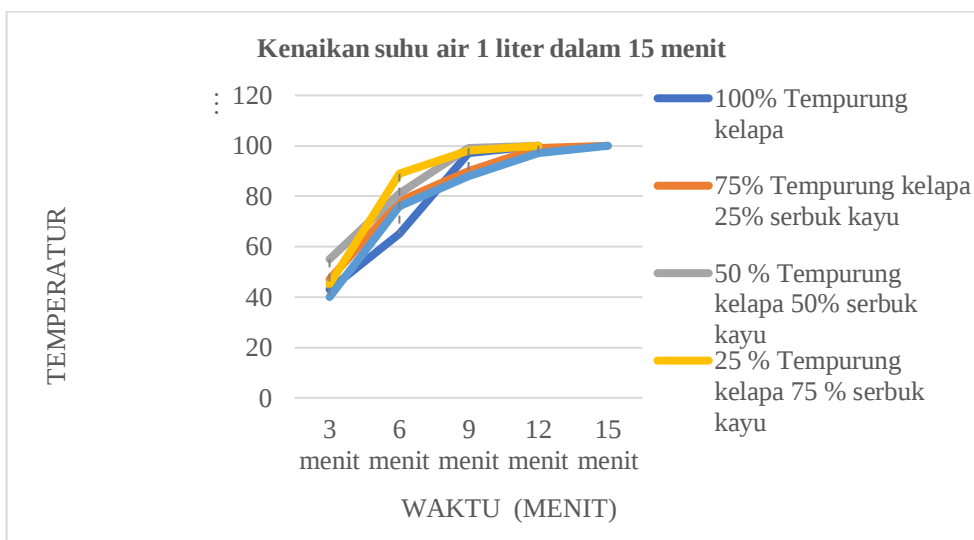
Pengujian yang dilakukan terlihat gambar 6 dengan bahan baku 25 % Tempurung kelapa, 75 % serbuk kayu nyala api berwarna merah berjelaga. Penyebab jelaga yang muncul berasal dari perekat dari tapioka dan pengaruh dari campuran gergajian kayu yang semakin bertambah. Mendidihkan air 1 liter selama 13 menit dengan membutuhkan bahan pellet sebanyak 334 gram.

e. 100% serbuk kayu



Gambar 7 Hasil nyala api 100% serbuk kayu

Pengujian yang dilakukan terlihat di gambar 7 dengan bahan baku 100 % serbuk kayu nyala api berwarna merah berjelaga. Penyebab jelaga yang muncul berasal dari perekat dari tapioka dan pengaruh dari campuran gergajian kayu yang semakin bertambah. Mendidihkan air 1 liter selama 14,6 menit dengan membutuhkan bahan pellet sebanyak 334 gram.



Gambar 8 Grafik kenaikan suhu air

Gambar 8 adalah grafik yang menunjukkan lama pendidihan 1 liter air di setiap variasi bahanbakar , paling cepat mendidih adalah bahan bakar campuran 50% tempurung kelapa dan 50 % gergajian kayu jati

dengan waktu kurang lebih 11 menit dengan menggunakan bahan baku sebanyak 217 gram. Paling lama adalah bahan baku campuran 75% kayu jati ditambah 25% tempurung kelapa, mendidihkan air 1 liter selama 14,6 menit dengan membutuhkan bahan pellet sebanyak 347 gram.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian, secara visual nyala api dari bahan baku tempurung kelapa berwarna biru orange tanpa jelaga, mendidihkan air 1 liter selama 12 menit dengan membutuhkan bahan pellet sebanyak 225 gram. Bahan baku 75% tempurung kelapa, 25% serbuk kayu. Nyala api berwarna biru kemerahan dengan sedikit jelaga yang keluar. Mendidihkan air 1 liter selama 14 menit dengan membutuhkan bahan pellet sebanyak 317 gram. Bahan baku 50% Tempurung kelapa, 50% serbuk kayu nyala api berwarna merah berjelaga. Mendidihkan air 1 liter selama 11 menit dengan membutuhkan bahan pellet sebanyak 217 gram. Bahan baku 25 % Tempurung kelapa, 75 % serbuk kayu nyala api berwarna merah berjelaga. Mendidihkan air 1 liter selama 13 menit dengan membutuhkan bahan pellet sebanyak 334 gram. Bahan baku 100 % serbuk kayu nyala api berwarna merah berjelaga. Mendidihkan air 1 liter selama 14,6 menit dengan membutuhkan bahan pellet sebanyak 347 gram. Dapat dibuktikan bahwa limbah biomassa dapat digunakan sebagai bahan bakar yang bermanfaat untuk pengganti bahan bakar jika bahan bakar gas langka.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktorat Akademik Pendidikan Tinggi Vokasi, Direktorat Jendral Pendidikan Vokasi, serta Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi sesuai dengan Kontrak Penelitian Tahun Anggaran 2024, atas Bantuan Pendanaan Program Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Dosen Vokasi Tahun Anggaran 2024 dengan Kontrak Penelitian Tahun Anggaran 2024 antara Direktorat Akademik Pendidikan Tinggi Vokasi dengan LLDIKTI Wilayah VI Nomor: 420/SPK/D.D4/PPK.01.APTV/VIII/2024. Terima kasih juga kepada PPPM STT Warga Surakarta yang telah mendukung penuh program Penelitian Dasar-Penelitian Dosen Pemula 2024 ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Giyanto. Kajian Preferensi Penggunaan Kompor Biomassa Pellet Kayu Sebagai Alternatif Pengganti Tungku Tradisional. NCIET, vol. 1, 2020, p. 6–19.
- [2] Nanda Eka Putra, Aris Fiatno NYSM. Rancang Bangun Kompor Biomassa sebagai Kompor Ramah Lingkungan. Rancang Bangun Kompor Biomassa Sebagai Kompor Ramah Lingkungan 2022;5:55–67. <https://doi.org/10.31004/jutin.v5i1.9789>.
- [3] Rahman J. Kompor Biomassa Sebagai Salah Satu Teknologi Tepat Guna Masyarakat Pedesaan.pdf. Buletin Pembangunan Berkelanjutan 2021;5:1–6.
- [4] Sania Okta Narega, Romy Apriansyah, Arizal Aswan, Fatria, Erlinawati H. Produksi Syngas Dari Proses Gasifikasi Biomassa Menggunakan Downdraft Gasifier Sebagai Gas Bakar Pada Motor Bakar Empat Tak.pdf. Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia 2022;2:469–74.
- [5] Wira Widyawidura, Ratih Puspita Liestiono, Muhammad Sigit Cahyono, Agus Prasetya MS. Pengaruh Jenis Bahan Terhadap Proses Gasifikasi Sampah Organik Menggunakan Updraft Fixed Bed Reactor. Jurnal Engine 2017;1.
- [6] Fitri Rahmadani, Suwandi ER. Pengaruh Variasi AFR Terhadap Kinerja Kompor Gasifikasi Biomassa Tipe Down Draft. e Prociding og Engineering, vol. 7, 2020, p. 4391–9.
- [7] Osman AI, Farghali M, Ihara I, Elgarahy AM, Ayyad A, Mehta N. Materials , fuels , upgrading , economy , and life cycle assessment of the pyrolysis of algal and lignocellulosic biomass : a review. vol. 21. Springer International Publishing; 2023. <https://doi.org/10.1007/s10311-023-01573-7>.
- [8] Permadi T, Wiryono B. Rancang Bangun Alat Kompor Gasifikasi Biomassa Limbah Tongkol Jagung. Protech Biosystems Journal 2022;2:28–40.
- [9] Parinduri L, Parinduri T. Konversi Biomassa Sebagai Sumber Energi Terbarukan. Journal of Electrical Technology 2020;5.
- [10] Angga IP, Pratama Y, Winaya INS. Uji Reaktor Gasifikasi Downdraft Biomassa Sampah Kota. Jurnal Mettek 2019;5:110–8.

- [11] Tamminen DDAUPBT. Determination Of Hemicellulose, cellulose, and lignin Content in Different Types of Biomasses by thermogravimetric Analysis And Pseudocomponent Kinetic Model. Processes 2020;8.
- [12] Xiaokang Xu RP and RC. Comparative Thermal Degradation Behaviors and Kinetic Mechanisms of Typical Hardwood and Softwood in Oxygenous Atmosphere - processes-09-01598-v2.pdf. Processes 2021;9.
- [13] Svishchev D. Experimental Study to Replicate Wood Fuel Conversion In a Downdraft Gasifier: Features And Mechanism of Single Particle Combustion in Inert Channel. Applied Sciences 2022;12.
- [14] Obi OF, Ezeoha SL, Okorie IC. Energetic performance of a top-lit updraft (TLUD) cookstove. Renewable Energy 2016;99:730–7. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.07.060>.
- [15] Hailu A. Heliyon Development and performance analysis of top lit updraft : natural draft gasi fi er stoves with various feed stocks. Heliyon 2022;8:e10163. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10163>.
- [16] Science B, Engineering M, Energy C. Pr ep rin t n ot pe er re v ep Pr ot pe er v. 2023.
- [17] Adipratama MR, Setiawan R, Fauji N. Hasil Pengujian Proksimasi Dan gas Buang pada Briket campuran Limbah serutan Kayu, Sekam Padi dan Bulu Ayam. Jurnal Teknik Mesin 2021;14:33–9.