



Rancang Bangun Alat Pembuat Briket dari Limbah Teh dan Uji Performa sebagai Bahan Bakar Alternatif

Bayu Widiyanto¹, Much Rizalul Abdul Bais², Muriani Nur Hayati³

¹Prodi Pendidikan Matematika, FKIP Universitas Pancasakti Tegal

²Prodi S1 Teknik Industri, FTIK Universitas Pancasakti Tegal, Indonesia

³Prodi Pendidikan Matematika, FKIP Universitas Pancasakti Tegal

E-mail: ¹bayu.slawi@gmail.com, ²muchrizalulabdulbais@gmail.com, ³muriani.nh@upstegal.ac.id

Abstrak

PT. Gunung Slamet (Sosro Grup) dapat menghasilkan limbah sekitar 100 sampai 200 Kg limbah per hari. Limbah teh tersebut hanya menumpuk dan dijadikan campuran pupuk tanaman. Padahal limbah teh dapat dijadikan salah satu sumber bahan bakar alternatif, yaitu dengan cara dibuat menjadi briket arang. Tujuan penelitian ini adalah 1) Merancang alat Pembuatan briket sederhana, 2) memanfaatkan limbah teh menjadi briket dengan beberapa jenis limbah teh berbeda. Metode penelitian menggunakan metode deskriptif dan metode eksperimen. Hasil penelitian ini adalah mengolah limbah teh menjadi briket untuk dijadikan suatu alternatif pengolahan limbah teh di PT. Gunung Slamet. Pengujian performa meliputi nilai kalor, laju pembakaran, kadar air, kadar abu, dan emisi gas buang. Hasil menunjukkan bahwa briket limbah teh memiliki nilai kalor 4.100-4.300 kcal/kg, kadar air <10%, dan waktu bakar 80-100 menit. Dengan demikian, briket limbah teh layak dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan.

Kata Kunci: Briket, limbah teh, rancang bangun, bahan bakar alternatif, performa pembakaran

Abstract

PT Gunung Slamet (Sosro Group) can produce around 100 to 200 Kg of waste per day. The tea waste is only piled up and used as a mixture of plant fertilizer. Whereas tea waste can be used as an alternative fuel source, namely by making it into charcoal briquettes. The objectives of this research are 1) Designing a simple briquette making tool, 2) utilizing tea waste into briquettes with several different types of tea waste. The research method uses descriptive method and experimental method. The results of this study are processing tea waste into briquettes to be used as an alternative to tea waste processing at PT Gunung Slamet. Performance testing includes calorific value, combustion rate, moisture content, ash content, and exhaust emissions. Results show that tea waste briquettes have a calorific value of 4,100-4,300 kcal/kg, moisture content <10%, and burning time of 80-100 minutes. Thus, tea waste briquettes are worth developing as an environmentally friendly alternative fuel.

Keywords: *Briquettes, tea waste, design, alternative fuel, combustion performance*

PENDAHULUAN

PT. Gunung Slamet didirikan oleh Keluarga Sosrodjojo pada tahun 1940 di sebuah kota kecil bernama Slawi, Jawa Tengah. Pada tahun 1953, Keluarga Sosrodjojo mulai memperluas bisnisnya dengan merambah ke wilayah Jakarta untuk memperkenalkan produk Teh Cap Botol yang sudah sangat terkenal di daerah Jawa Tengah. Perjalanan memperkenalkan produk Teh Cap Botol ini dimulai dengan melakukan strategi cicip rata (*product sampling*) ke beberapa pasar di kota Jakarta. Sejak awal tahun 1990, bisnis ini telah mulai dikelola oleh cucu Bapak Sosrodjojo atau dapat juga disebut dengan Generasi Ketiga. Pengembangan bisnis minuman teh selanjutnya dilakukan oleh dua perusahaan yang terdiri dari PT. Sinar Sosro yaitu perusahaan yang memproduksi teh siap minum (*ready to drink*) dalam kemasan dan PT. Gunung Slamet yaitu perusahaan yang memproduksi teh kering siap saji (*ready to serve*). PT. Gunung Slamet memiliki berbagai macam produk yang terdiri dari Teh Cap Botol, Teh Cap Poci, Teh Terompet, Teh Sadel, Teh Sepatu, Teh Berko, Tasseo, dan Teh Sosro yang memiliki tiga merek yaitu Teh Celup Sosro, Teh Seduh Sosro, dan Sosro Heritage. Pada tahun 2000, Sosro Heritage pertama kali diluncurkan sebagai Sosro Premium dengan kemasan seragam yakni batik yang dilengkapi tiga pilihan rasa yaitu Teh Hitam (*Black Tea*), Teh Hijau (*Green Tea*), dan Teh Melati (*Jasmine Tea*) (<http://www.gunungslamat.com>).

Limbah teh merupakan hasil samping dari industri pengolahan teh yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal. Padahal, limbah ini mengandung senyawa organik yang dapat diolah menjadi produk bernilai tinggi, seperti pupuk organik, bahan baku industri, dan bahan energi terbarukan. Namun,

pengolahan limbah teh masih terbatas karena kurangnya strategi yang terintegrasi dan berkelanjutan (Maxiselly et al., 2023). Dalam sehari, PT. Gunung Slamet dapat menghasilkan kurang lebih 100 sampai 200 Kg limbah tehnya. yang sebagian besar belum termanfaatkan dan berpotensi mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik (Sukiran et al., 2019). Ampas teh memiliki kandungan lignoselulosa yang tinggi, sehingga berpotensi dikonversi menjadi briket biomassa sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan (Ariwidyanata et al., 2019).



Seperti gambar diatas bahwasanya limbah produksi ditampung di ruangan yang terbuka sehingga apabila terkena air hujan akan menyebabkan limbah mengalami perubahan tekstur dan unsur yang terkandung dalam limbah yang dapat menyebabkan ketidaknyamanan lingkungan kerja, kegiatan berfokus pada pengolahan limbah yang ada di PT. Gunung Slamet dimana limbah yang dihasilkan termasuk limbah organik yang mudah membusuk saat terkena air hujan atau basah, dikarenakan limbah ini termasuk daun dan batang teh sehingga cukup baik untuk diolah kembali contohnya dijadikan pupuk yang sudah berjalan, dalam program mengolah limbah teh untuk dijadikan Briket termasuk baru sehingga membutuhkan observasi dan penelitian yang lebih luas.

Briket merupakan bahan bakar alternatif berupa blok padat yang biasanya terbuat dari bahan-bahan yang mudah terbakar. Bahan pembuat briket harus memiliki kadar air yang

rendah untuk menghasilkan nilai kalor tinggi. Kandungan volatil juga ikut mempengaruhi laju pembakaran, jadi briket tidak bisa dibuat dari sembarang bahan (Martynis et al., 2012). Walau begitu, pembuatan bahan bakar ini biasanya memanfaatkan bahan alami atau justru limbah yang tak terpakai, contohnya tempurung kelapa atau sekam padi. Pengembangan briket dari limbah pertanian dan industri telah banyak diteliti sebagai solusi untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil sekaligus mengatasi masalah penumpukan limbah organik (Notohadiprawiro et al., 2022).

Briket biomassa memiliki beberapa keunggulan, seperti nilai kalor yang cukup tinggi, emisi gas buang yang rendah, serta biaya produksi yang ekonomis (Kpalo et al., 2022). Namun, kendala utama dalam produksi briket skala kecil adalah kurangnya alat yang efisien dan terjangkau untuk pemadatan biomassa. Oleh karena itu, diperlukan rancang bangun alat pembuat briket yang sederhana namun efektif untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas briket yang dihasilkan.

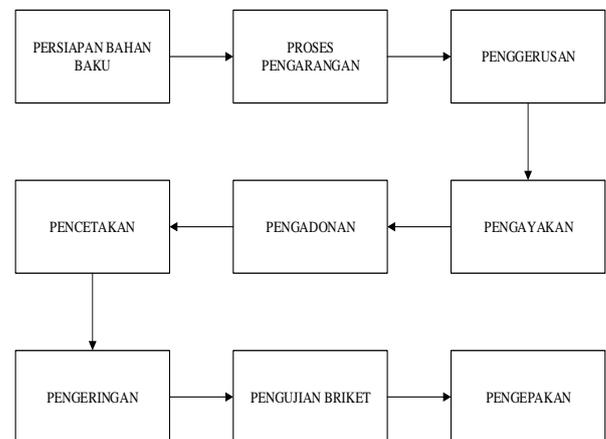
Penggunaan limbah seperti ini pastinya memiliki kelebihan tersendiri, yaitu mudah didapat, harga bahan yang sangat murah atau bahkan gratis, serta dapat mengurangi pencemaran lingkungan, dalam hal ini penulis mencoba mengaplikasikan Briket dengan limbah teh yang terdapat di PT. Gunung Slamet sebagai salah satu pemecahan masalah limbah produksi sehingga limbah yang sudah tidak ternilai menjadi hal yang bermanfaat bagi lingkungan perusahaan dan masyarakat sekitar.

Dalam proses pengolahan setidaknya ada tiga bahan utama yang digunakan untuk membuat briket, yaitu limbah teh yang sudah diproses menjadi arang, tepung kanji sebagai perekat, dan tambahan air pada saat pencampuran bahan.

METODE

Metode penelitian menggunakan metode deskriptif dan metode eksperimen. metode deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan proses perancangan alat pembuatan briket. Metode eksperimen digunakan pada percobaan pembuatan briket dari limbah teh. Bahan-bahan yang di gunakan untuk pembuatan alat adalah berbagai jenis bentuk logam berupa drum, dan potongan besi. bahan-bahan untuk membuat briket adalah limbah teh kering, tepung kanji dan air. Pengujian standar dari kualitas briket teh akan dilakukan dengan melakukan pembakaran dan tes kepadatan dengan cara dibanting. Analisis yang dilakukan adalah menentukan komposisi dan kualitas briket. Uji performa sebagai bahan bakar alternatif. Metode penelitian mengacu pada standar pembuatan briket biomassa (Tumuluru, 2016) dan pengujian kualitas bahan bakar ((American Society for Testing and Materials (Filadelfia, 2015)).

Bahan dan Peralatan briket dari pengadaan barang yang dibutuhkan atau dibuat sampai ke proses pengepakan, dibawah ini adalah *flowcart* dari kegiatan yang akan dilakukan.



Gambar 1. Tahapan pembuatan briket

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Alat Pembuatan Briket

Pembuatan Tong Pembakaran

- 1 Pemilihan Drum
- 2 Pemotongan pipa ukuran 4,5 inchi 1,5m
- 3 Pemotongan pipa hollow 1/2 inchi 1m
- 4 Pelubangan bagian atas buat tutup

- 5 pelubangan bagian bawah drum
 - 6 pengelasan pipa dengan drum dan siku
 - 7 pengelasan pipa hollow
 - 8 *opsi modifikasi buat tungku
- Jumlah

Pelubangan dan pembuatan tutup



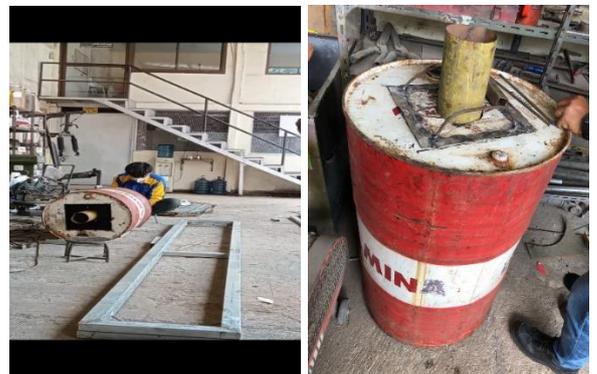
Gambar 2: Pembuatan drum pembakaran limbah

Pelubangan pada drum menggunakan gerinda potong untuk melubangi bagian atas yang berfungsi sebagai keluar masuknya material dengan ukuran lubang 30x30 cm, lalu dari bekas potongannya dijadikan bagian tutup dengan penambahan plat sehingga tertutup dengan baik.



Gambar 3. Pemotongan Pipa dan pelubangan pada drum

Sebelum pelubangan pada bagian bawah drum tentukan pipa yang akan dimasukkan sebagai cerobong, lalu pipa di potong dengan panjang 110 cm kemudian proses selanjutnya masukan kedalam lubang lalu di Las dengan tiang atau siku pada bagian dalam sehingga pipa kokoh dan tidak mudah roboh, pada proses pembuatan Tong pembakaran bagian ini termasuk yang paling susah karena pengelasan harus masuk kedalam drum yang membutuhkan ketepatan siku saat pengelasan.



Gambar 4. Assembly penyatuan dengan welding

Dan tidak lupa pada bagian bawah diberi lubang-lubang kecil yang merata dengan menggunakan Bor tangan yang berfungsi untuk masuknya panas dari bara api.



Gambar 5. Tong pembakaran yang telah jadi

Pada gambar 5 diatas ada bagian dalam tong dan penambahan Tungku pembakaran dengan Tinggi 25 cm dan lubang untuk memasukkan kayu bakar kemudian di sambung dengan Tong Oven menggunakan welding memutar.

Tabel 1. Ukuran pipa pembakaran

Item	Ukuran
Pipa 10	110 cm
Pipa Hollow	62 cm
Besi penopang	30 cm
Tungku Pembakaran	25 cm
Lubang masuk kayu	30x22 cm
Lubang Bor	10 cm
Lubang Tutup Atas	30x30 cm

- Pemotongan dan welding Body

Setelah pipa yang telah ditentukan proses selanjutnya pengukuran lalu pemotongan menggunakan gerinda potong kemudian penyatuan dengan welding sesuai dengan Desain, kemudian di gerinda dari bekas Pengelasan yang menonjol sampai rata dan rapi



Gambar 6. Alat Pencetak Briket



Gambar 7. Assembly dengan welding

Hasil dari potongan-potongan pipa Hollow, besi, besi plat kemudian disatukan dengan cara Pengelasan sesuai dengan ukuran dan penempatan.

Tabel 2. Ukuran komponen assembly dengan welding

Item	Ukuran
Badan Belakang	60 cm
Badan Depan	10 cm dan 35 cm
Siku Penopang A dan B	15 cm dan 20 cm
Besi Panjang 2pc	35 cm
Dudukan	30x35 cm



Gambar 8. Assembly dan Modifikasi

Setelah melewati proses pengukuran dan pengelasan atau assembly langkah selanjut modifikasi dari pengecatan dan penyesuaian kebutuhan pada saat pengepresan saat digunakan lalu sedikit perbaikan juga pada saat penggunaan alat tersebut.

Tabel 3. Ukuran mesin pencetak

Item	Ukuran
Stang	45 cm
Engsel 6pc	8 cm
Besi panjang 2pc	15 cm
1 Plat besi 2 pc	10 x 3 cm
2 Plat besi 1 pc	20 x 10 cm
Kaki-Kaki	5 cm

Pembakaran Dan Penepungan

Proses Pembakaran merupakan proses karbonisasi pada limbah teh dengan durasi waktu 3-4 jam dengan bobot dari limbah teh 13 kg. Dalam proses pembakaran atau pengarangan atau disebut juga proses karbonisasi yang merupakan proses mengubah bahan baku teh menjadi karbon berwarna hitam melalui pembakaran dalam ruang tertutup dengan udara terbatas atau seminimal mungkin sehingga mendapatkan hasil karbon atau arang yang berkualitas dan dengan durasi waktu yang telah di tentukan sehingga limbah teh tidak menjadi abu dikarenakan pembakaran dilakukan terlalu lama (Wahida, 2021).

Penggunaan tong sebagai pembakaran merupakan pilihan yang baik disamping bahan mudah didapat karakteristik tong yang kuat dan tidak mudah rusak pada saat pembakaran yang dilakukan terus menerus juga berpengaruh pada saat proses karbonisasi sehingga pemanfaatan dari tong bekas minyak ini sangat baik untuk digunakan secara berkelanjutan.

Di bawah ini adalah gambaran kegiatan pembakaran dan salah satu contoh limbah teh yang akan dibakar.



Gambar 9. Pembakaran limbah teh

Cara Pembakaran: Masukkan material limbah teh kedalam tong, masukan juga kayu bakar kedalam tungku, tutup lubang atas dengan tambahan pasir atau serbuk kayu yang sudah dibasahi sebelumnya. Dari material limbah teh yang diproses kedalam pembakara terdapat beberapa jenis limbah teh dan memiliki karaktersistik yang berbeda pada saat proses karbonisasi limbah teh tersebut antara lain:

- Limbah teh yang berbentuk serbuk
- Limbah teh sisa produksi
- Limbah teh yang sudah tercampur dengan bungkus produk (teh BS)

• Limbah teh serbuk

Limbah teh ini pada saat diproses karbonisasi atau dibakar mengeluarkan aroma dari teh tetapi sangat susah atau proses karbonisasi dengan volume menumpuk didalam tong karena karakteristik limbah teh serbuk memiliki bentuk seperti butiran-butiran debu dan jika berjumlah besar akan padat sehingga sangat sulit untuk terbakar satu sama lain dengan waktu yang telah ditentukan meskipun dibakar dengan waktu yang lama ada kemungkinan akan langsung menjadi abu

putih yang tidak dapat diproses ketahap selanjutnya.

Limbah teh sisa produksi

Limbah teh sisa produksi ini dilihat dari bentuk cacahan dari daun the dan sisa-sisa batang terlihat masih basah atau belum benar-benar kering sehingga ketika akan melakukan proses pembakaran limbah teh tersebut tanpa melalui proses pengeringan ulang maka akan sulit terbakar menjadi arang, contoh pada saat pertama kali melakukan pembakaran jenis teh tersebut kami mengalami kegagalan sampai dua kali sehingga menyebabkan keterlambatan dalam proses yang sudah terjadwalkan, oleh karena itu jika akan melakukan proses karbonisasi jenis teh ini harus dipastikan kering terlebih dahulu atau dijemur terlebih dahulu sehingga mempermudah mendapatkan hasil arang yang maksimal dan mempermudah untuk proses selanjutnya yaitu penggerusan.

Limbah teh yang tercampur dengan bungkus produk

Limbah teh ini meskipun telah tercampur dengan bungkus produk dan benda-benda lain seperti plastik, batu-batu kecil dan jerami dari sapu limbah ini disebut juga (teh BS) tetapi sangat bagus saat diproses pembakaran karena dari bentuk Limbah yang ukurannya lebih besar dibandingkan yang lain dan tingkat kekeringan yang lebih baik sangat mempermudah pada saat proses pembakaran yang hanya membutuhkan waktu 3-4 jam untuk 13kg atau maksimal 15kg saat pengujian dengan durasi waktu tersebut, dan memiliki kadar karbon yang lebih baik.

Dibawah ini adalah contoh gambar dari hasil pembakaran limbah teh yang sudah kering.



Gambar 10. Hasil pembakaran limbah teh

Proses Penggerusan Dan Pengayakan

Proses penggerusan dan pengayakan disini dilakukan dengan cara konvensional dengan menggunakan alat-alat sederhana sesuai kebutuhan seperti layah dan saringan tepung, dalam proses ini dikarenakan masih konvensional memiliki tingkat kelelahan yang signifikan dan membutuhkan waktu, sehingga untuk mendapatkan tepung arang yang banyak memerlukan waktu yang panjang, tetapi disamping memiliki kekurangan dalam efisiensi pengerjaan proses ini menghasilkan tepung arang yang bertekstur lembut dan baik sehingga akan mempermudah proses selanjutnya yaitu pada saat pencampuran material yang lain dan proses pencetakan.

Dibawah adalah sebagai gambaran dari proses penggerusan dan pengayakan dan alat yang digunakan.



Gambar 11. Penggerusan limbah the yang sudah terbakar

Pencampuran Material Bahan

Dalam pencampuran material dibutuhkan tepung kanji yang sudah diolah terlebih dahulu atau dimasak, sehingga pada saat pencampuran dengan serbuk arang dapat menjadi adonan yang mudah diproses saat pencetakan, seperti gambar dibawah ini.



Gambar 12. Pencampuran hasil penggerusan dengan tepung tapioka

Pada saat pencampuran serbuk arang dan tepung perbandingannya adalah 2/8 dimana 800 gram tepung arang dan 200 gram tepung kanji yang belum di masak lalu pada saat pengadonan dengan penambahan air 200 ml sampai tercampur merata, lalu didiamkan dulu kurang lebih 5 menit sebelum proses pencetakan.

Pencetakan dan Pengeringan

Selanjutnya adonan dicetak dengan alat cetak ukuran 4x4 dan 3x3 berbentuk balok, dimana dalam pencetakan dengan cara manual meskipun tidak mendapatkan cukup tekanan dan bentuk yang kurang ideal tetapi cukup bagus saat sudah kering, seperti gambar dibawah.



Gambar 13. Pencetakan briket

Setelah dicetak Briket dikeringkan dengan sinar matahari, pengeringan dilakukan minimal selama 3 hari dengan kondisi cerah untuk mendapatkan hasil yang baik tetapi jika cuaca kurang baik atau mendung maka pengeringan dengan sinar matahari bisa sampai 5 atau 6 hari, pada saat pengeringan Briket juga harus sering di bolak balik agar kering secara merata, dalam proses pengeringan bisa juga dengan mesin oven yang bisa mendapatkan hasil lebih maksimal.

Proses Pengujian Nyala Bara

Proses pengujian dilakukan kepada ketiga limbah teh yang sudah di proses, setelah Briket dianggap sudah kering selanjutnya adalah proses pengujian dimana pengujian Briket dipanaskan menggunakan nyala api pada kompor, seperti gambar dibawah.



Gambar 14. Pengujian nyala dan analisa abu

Dilihat dari hasil bara pada gambar diatas terlihat cukup bagus setelah dipanaskan dengan api selama 1- 3 menit, pada saat bara sudah menyala Briket cukup didiamkan bara akan merambat dengan sendirinya tanpa harus dikipas dan bertahan sampai 1 jam, jika dikipas hanya bertahan 30 menit. Dan menghasilkan residu/abu sisa dari pembakaran berwarna putih sedikit kecoklatan.

- 1 Pencampuran serbuk arang dan serbuk teh
- 2 full serbuk teh
- 3 Full serbuk arang

Kegiatan yang telah ditetapkan dalam penelitian adalah pemanfaatan limbah teh untuk dijadikan Briket arang sebagai bentuk energy alternative dengan metode

Eksperimental yaitu melakukan pengamatan langsung untuk mencari data dengan tahap awal pengadaan alat seperti tong pembakaran, alat cetak, penggerus, dan penyaringan, dengan keterbatasannya waktu dan anggaran yang telah ditetapkan hasil pemanfaatan limbah teh untuk dijadikan Brike dari penelitian antara lain;

1. Briket merah yang dalam prosesnya tidak melalui proses karbonisasi atau pengarangan dikarenakan tekstur limbah yang halus, dengan pencampuran 2/8 dengan 20% tepung kanji dan 80% limbah teh.
2. Briket pencampuran antara limbah teh halus dengan limbah teh yang sudah melalui proses karbonisasi dengan pencampuran 20% tepung kanji 40% limbah teh dan 40% limbah the yang telah menjadi arang.
3. Briket full arang dengan pencampuran 20% tepung kanji dan 80% serbuk arang.



Gambar 15. Packaging

Karakteristik Briket Limbah Teh

Sifat Fisikokimia

Briket dengan komposisi 20% perekat tapioka menunjukkan performa baik berdasarkan parameter:

1. **Nilai kalor:** 4250 ± 150 kcal/kg, lebih tinggi daripada briket sekam padi (3800 kcal/kg) menurut (Nurhayati & Sri, 2020)

2. **Kadar air:** $7.8 \pm 0.5\%$, memenuhi standar (American Society for Testing and Materials (Filadelfia, 2015)(<10%)
3. **Kadar abu:** $5.2 \pm 0.3\%$, lebih rendah daripada briket batubara (8-12%) (Fachruzzaki et al., 2022)

Performa Pembakaran

Meneurut literatur Karakteristik Residu Abu briket teh antara lain

- a. Komposisi Abu (XRF/XRD Analysis)
SiO₂ (30–40%), K₂O (15–25%), dan CaO (10–20%) dominan ((Liu et al., 2021). Abu bersifat alkalin (pH 10–12) karena kandungan K dan Ca (Vassilev et al., 2013).
- b. Sifat Fisis-Kimia
Suhu leleh abu (ash fusion): 1.100–1.300°C, dipengaruhi oleh rasio SiO₂/K₂O (Niu et al., 2016). Konduktivitas termal abu: 0.1–0.2 W/mK, mirip abu biomassa lain (Yuda et al., 2018).
- c. Pemanfaatan Abu
Pupuk kalium: K₂O dalam abu setara dengan 20–30% KCl komersial (Prasad et al., 2021). Bahan konstruksi: Substitusi 10% abu teh dalam beton meningkatkan kuat tekan ((Marshela, 2023).

Pengujian pembakaran menunjukkan karakteristik yang baik, berikut penjelasannya:

HASIL PENGUJIAN MATERIAL 1	
RESIDU	Putih kecoklatan
ASAP	Sedikit keluar asap
BARA	Menyala 1 jam
AROMA	Sedikit ada aroma teh

HASIL PENGUJIAN MATERIAL 2	
RESIDU	kecoklatan
ASAP	Mengeluarkan asap cukup banyak
BARA	Menyala 1 jam
AROMA	Sedikit ada aroma teh

HASIL PENGUJIAN MATERIAL 3	
RESIDU	Sedikit putih
ASAP	Tidak keluar asap
BARA	Menyala 1 jam
AROMA	Sedikit ada aroma teh

SIMPULAN

Bagi Penelitian ini berhasil mengembangkan alat pembuat briket dari limbah teh dengan sistem press hidrolik yang efektif dan efisien. Hasil uji menunjukkan bahwa briket limbah teh memiliki karakteristik yang menjanjikan sebagai bahan bakar alternatif. Briket dengan komposisi 20% perekat tapioka menunjukkan performa terbaik: Nilai kalor mencapai 4250 kcal/kg, Waktu bakar stabil selama 90 menit/100g, Kadar air rendah (7.8%) dan kadar abu minimal (5.2%).

DAFTAR PUSTAKA

PT Gunung Slamet,
<http://www.gunungslamat.com/home/index.php>.

American Society for Testing and Materials (Filadelfia, P. (2015). *ASTM D5865-13: Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke*.

Ariwidyanata, R., Wibisono, Y., & Ahmad, A. M. (2019). Karakteristik fisik briket dari campuran serbuk teh

dan serbuk kayu trembesi (Samanea saman) dengan perekat tepung tapioka. *Journal of Tropical Agricultural Engineering and Biosystems-Jurnal Keteknik Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 7(3), 245–252.

Fachruzzaki, F., Halim, H., & Lestari, R. (2022). Pengaruh Campuran Sekam Padi pada Briket Batubara. *Jurnal Geosapta*, 8(1).

Kpalo, S. Y., Zainuddin, M. F., Manaf, L. A., Roslan, A. M., & Nik Ab Rahim, N. N. R. (2022). Techno-economic viability assessment of a household scale agricultural residue composite briquette project for rural communities in Nigeria. *Sustainability*, 14(15), 9399.

Liu, C., Lv, N., Ren, G., Wu, R., Wang, B., Cao, Z., & Xie, H. (2021). Explore the interaction mechanism between zein and EGCG using multi-spectroscopy and molecular dynamics simulation methods. *Food Hydrocolloids*, 120, 106906.

Marshela, K. S. (2023). *Pengaruh Penambahan Ampas Teh dan Serat Rami Dengan Perlakuan Awal Alkalisasi Terhadap Kekuatan Tarik dan Kristalinitas Komposit Berbasis Polipropilena Daur Ulang*. Politeknik STMI Jakarta.

Martynis, M., Sundari, E., & Sari, E. (2012). Pembuatan biobriket dari limbah cangkang kakao. *Jurnal Litbang Industri*, 2(1), 35–41.

Maxiselly, Y., Anjarsari, I. R. D., & Sari, D. N. (2023). *Pemanfaatan Limbah Teh dan Kulit Kopi Sebagai Bentuk Hilirisasi Ke Dalam Beberapa Produk Layak Guna*. Deepublish.

Notohadiprawiro, T., Utami, S. N. H., Purwanto, B. H., Hanudin, E., & Nurudin, M. (2022). *Pertanian Setelah*

Revolusi Hijau: Teknologi Masukan Rendah (Low External Input For Sustainable Agriculture). Deepublish.

- Nurhayati, N., & Sri, H. (2020). *Pemanfaatan Arang Sekam Padi Menjadi Briket Dengan Penambahan Sisa Preparasi Batubara*. Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Tumuluru, J. S. (2016). Specific energy consumption and quality of wood pellets produced using high-moisture lodgepole pine grind in a flat die pellet mill. *Chemical Engineering Research and Design*, 110, 82–97.
- Vassilev, S. V, Baxter, D., Andersen, L. K., & Vassileva, C. G. (2013). An overview of the composition and application of biomass ash.: Part 2. Potential utilisation, technological and ecological advantages and challenges. *Fuel*, 105, 19–39.
- Wahida, L. N. (2021). *Karakteristik briket bioarang dari campuran limbah eceng gondok (eichhornia crassipes), sekam padi dan tempurung kelapa*. UIN Mataram.
- Yuda, I., Wijaya, I. M. M., & Suwariani, N. P. (2018). Studi pengaruh pH awal media dan konsentrasi substrat pada proses fermentasi produksi bioetanol dari hidrolisat tepung biji Kluwih (*Actinocarpus communis*) dengan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 6(2), 115–124.