Jurnal Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung, Vol 13 No.2, Oktober 2024

Submitted: 01-09-2024
Revised: 15-09-2024
Accepted:01-10-2024
Published:30-10-2024

Rancang Bangun dan Evaluasi Kinerja Tungku Biomassa dengan Bahan Bakar Briket Caroxide untuk Energi Alternatif

Indra Surya, Muhammad Agung Apriansah, Muhammad Riza, Kunarto, Riza Muhida, Mulyana, Zein Muhamad, Bambang Pratowo, Harjono Saputro

[1] Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bandar Lampung, Bandar Lampung, 35143, Indonesia
Email: agungaprian211@gmail.com

Abstract. Pada era modern, bahan bakar telah menjadi kebutuhan pokok manusia, namun konsumsi bahan bakar yang semakin meningkat menyebabkan kerusakan lingkungan, termasuk deforestasi. Untuk mengatasi hal ini, briket arang dapat menjadi sumber energi alternatif. Penelitian ini bertujuan untuk merancang tungku biomassa yang memanfaatkan briket tempurung kelapa sebagai bahan bakar. Kinerja tungku biomassa dievaluasi melalui efisiensi termal (ηT) dan efisiensi tungku (η) yang diukur dengan temperatur pembakaran dan uji Water Boiling Test (WBT). Briket caroxide yang terdiri dari arang tempurung kelapa (92,5%), tapioka (2,5%), dan hidrogen peroksida (5%) menunjukkan nilai kalor tinggi (HHV) dan nilai kalor rendah (LHV), dengan hasil perhitungan HHV: 27.550 kJ/kg dan LHV: 26.495 kJ/kg. Tungku yang dirancang berbentuk silinder dengan ruang bakar berbentuk kerucut serta dilengkapi dengan blower untuk pemasukan udara pembakaran. Temperatur pembakaran briket caroxide mencapai 665,4°C dan menghasilkan efisiensi termal (ηT) sebesar 38,23%. Hasil uji WBT menunjukkan efisiensi tungku (η) sebesar 32,44%.

Kata Kunci: briket caroxide, tungku biomassa, energi alternatif, water boiling test, efisiensi pembakaran.

1 Pendahuluan

Bumi memiliki banyak sekali sumber energi yang dapat dimanfaatkan, namun keterbatasan ketersediaannya menyebabkan tidak semua sumber energi dapat digunakan secara berkelanjutan. Di era modern, sumber energi secara umum dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu energi tak terbarukan dan energi terbarukan. Energi tak terbarukan seperti gas alam, batubara, dan minyak bumi terbentuk melalui proses alami selama ratusan tahun. Sementara itu, energi terbarukan, seperti angin, gelombang laut, sinar matahari, panas bumi, dan biomassa, tersedia secara berkelanjutan dan dapat diperbarui.

Energi biomassa, yang berasal dari bahan organik, memiliki peran penting dalam mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Tungku biomassa adalah salah satu

teknologi yang berperan dalam mengonversi energi biomassa menjadi energi panas. Di daerah pedesaan, tungku ini sangat bermanfaat karena bahan baku seperti kayu bakar dan tempurung kelapa tersedia melimpah dengan harga yang relatif murah. Penelitian ini berfokus pada perancangan tungku biomassa yang memanfaatkan limbah tempurung kelapa dari industri kopra di Tanjung Bintang, Lampung Selatan, sebagai bahan baku briket. Briket tempurung kelapa, khususnya briket caroxide, dievaluasi potensinya sebagai sumber energi alternatif yang berkelanjutan dan efisien bagi masyarakat lokal.

2 Material dan Metode Penelitian

2.1. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang dipersiapkan dalam proses perancangan tungku biomassa yaitu sebagai berikut: Bor Listrik, Blower Keong 12volt, CNC PlasmaCutter, Gerinda, Kuas, Kunci Inggris, Mesin LasListrik, Palu Las, Panci, Thermometer, Timbangan Gram.

Bahan yang digunakan dalam proses perancangan tungku biomassa sebagai berikut: Briket Caroxide, Besi Siku, Minyak Tanah (Kerosin), Plat Besi 0.8mm, Plat Galvanis1 mm, Plat seng 0.3mm

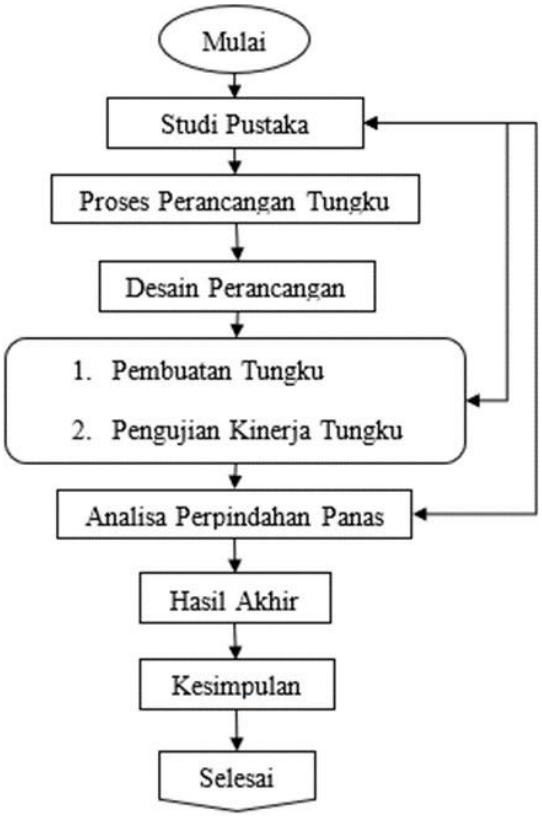


Gambar 1. Briket Caroxide, yang digunakan sebagai bahan bakar pada tungku biomassa, terdiri dari 92,5% arang tempurung kelapa, 2,5% tapioka sebagai perekat, dan 5% hidrogen peroksida (H_2O_2). Briket ini menunjukkan nilai kalor tinggi dan efisiensi pembakaran yang optimal.

2.2. Metode

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap dalam perancangan dan pengujian tungku biomassa. Proses perancangan dimulai dengan pengonsepan tungku, perhitungan kapasitas, dan pemilihan material yang sesuai berdasarkan kajian pustaka. Desain tungku dilakukan menggunakan perangkat lunak AutoCAD, sementara konstruksi meliputi fabrikasi material, perakitan, dan pengujian. Tungku dilengkapi dengan blower 12 volt untuk pemasukan udara dan ruang bakar berbentuk kerucut untuk mengoptimalkan konsumsi bahan bakar.

Briket caroxide dibuat dengan komposisi 92,5% arang tempurung kelapa, 2,5% tapioka sebagai perekat, dan 5% hidrogen peroksida (H_2O_2). Briket tersebut dicetak, dikeringkan pada suhu 90-100°C, dan diuji untuk nilai kalor serta kinerja pembakarannya. Kinerja tungku dievaluasi menggunakan Water Boiling Test (WBT) untuk menentukan efisiensi termal (ηT) dan efisiensi keseluruhan tungku (η).

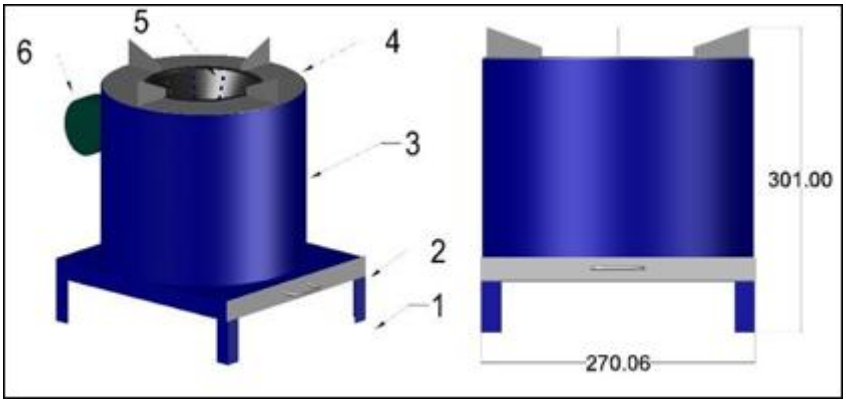


Gambar 2. Diagram Alur sirkulasi udara pada tungku biomassa yang menunjukkan bagaimana udara masuk melalui blower dan mengalir ke ruang bakar. Udara yang masuk meningkatkan proses pembakaran bahan bakar biomassa di dalam ruang bakar, yang berbentuk kerucut, untuk mencapai efisiensi pembakaran yang lebih tinggi.

2.3. Rencana Desain

Tungku biomassa didesain berbentuk silinder dengan ruang bakar berbentuk kerucut. Desain ini dibuat untuk memaksimalkan efisiensi pembakaran dengan mengoptimalkan aliran udara dan distribusi panas di dalam ruang bakar. Ruang bakar kerucut dipilih untuk mengurangi konsumsi bahan bakar yang berlebihan, sekaligus mempertahankan suhu pembakaran yang stabil. Selain itu, tungku ini dilengkapi dengan blower 12 volt yang berfungsi untuk memasukkan udara ke ruang bakar, yang membantu proses pembakaran menjadi lebih efisien. Blower tersebut memungkinkan masuknya udara dalam jumlah yang cukup untuk mendukung pembakaran sempurna, sehingga bahan bakar, seperti briket caroxide, dapat terbakar lebih merata dan menghasilkan suhu tinggi secara konsisten.

Bahan bakar yang digunakan, briket caroxide, dibuat dari arang tempurung kelapa yang dikombinasikan dengan perekat tapioka dan hidrogen peroksida. Dengan desain dan komponen tersebut, tungku ini dapat menghasilkan panas dengan efisiensi termal yang tinggi, membuatnya cocok digunakan sebagai alat alternatif energi terbarukan, terutama di wilayah pedesaan yang memiliki akses terhadap bahan biomassa melimpah.



Gambar 3. Desain tungku biomassa berbentuk silinder dengan ruang bakar berbentuk kerucut. Tungku ini dilengkapi dengan blower 12 volt yang berfungsi sebagai pemasukan udara untuk meningkatkan efisiensi pembakaran. Bentuk ruang bakar kerucut bertujuan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar secara berlebihan dan meningkatkan performa pembakaran.

2.4. Tahap Perancangan

Tahap perancangan tungku biomassa dalam penelitian ini terdiri dari beberapa langkah yang terstruktur. Langkah pertama adalah menentukan konsep dasar desain tungku biomassa, yang melibatkan penentuan fungsi utama serta kebutuhan pengguna. Setelah itu, dilakukan perhitungan kapasitas tungku berdasarkan jenis bahan bakar yang akan digunakan, dalam hal ini briket caroxide. Selanjutnya, dilakukan studi literatur untuk mendapatkan informasi mengenai bahan bakar biomassa dan karakteristik pembakaran

yang relevan. Berdasarkan hasil studi tersebut, dipilihlah bentuk, ukuran, dan bahan material yang sesuai untuk pembuatan tungku, termasuk dimensi dan diameter lubang yang diperlukan untuk proses pembakaran.

Tahap berikutnya adalah mengaplikasikan hasil perhitungan secara manual untuk menghasilkan konsep rancangan tungku yang lebih rinci. Desain tersebut kemudian diwujudkan dalam bentuk gambar teknik menggunakan perangkat lunak AutoCAD. Setelah desain selesai, dilanjutkan dengan pemilihan alat dan bahan material yang akan digunakan untuk konstruksi tungku. Proses fabrikasi meliputi pemotongan dan perakitan komponen tungku sesuai dengan desain yang telah dibuat, di mana setiap bagian dari tungku, termasuk rangka, ruang bakar, dan blower, disusun dan dirakit menjadi satu unit yang fungsional. Setelah perakitan selesai, tungku diuji untuk memastikan semua komponen bekerja sesuai dengan spesifikasi desain dan mampu menghasilkan performa yang diinginkan.

3 Hasil dan Pembahasan

Hasil pembuatan briket caroxide menunjukkan efisiensi pembakaran yang tinggi dengan nilai kalor tinggi (HHV) sebesar 27.550 kJ/kg dan nilai kalor rendah (LHV) sebesar 26.495 kJ/kg. Hasil uji pembakaran menunjukkan bahwa tungku biomassa mampu mencapai temperatur pembakaran hingga 665,4°C, dengan efisiensi termal sebesar 38,23%. Uji Water Boiling Test menunjukkan efisiensi tungku sebesar 32,44%, melebihi standar nasional (SNI 7926) yang menetapkan minimal efisiensi 20%. Desain akhir tungku berbentuk silinder dengan ruang bakar berbentuk kerucut 60° yang bertujuan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar secara berlebihan.

Performa briket caroxide konsisten pada sebagian besar percobaan, kecuali beberapa hasil yang kurang akurat akibat keterbatasan alat ukur thermometer inframerah saat mengukur temperatur pembakaran.

3.1. Proses Pembuatan Briket Caroxide

Proses pembuatan briket caroxide dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yang sistematis. Tahap pertama adalah memperoleh arang dari tempurung kelapa melalui proses pembakaran tradisional. Setelah itu, arang tempurung kelapa tersebut diayak menggunakan saringan dengan ukuran butiran 0,4 mm untuk memisahkan partikel-partikel yang tidak diinginkan seperti debu, kerikil, dan benda asing lainnya. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa hanya arang murni yang digunakan dalam tahap selanjutnya.

Setelah pengayakan selesai, arang yang telah bersih kemudian digiling menjadi serbuk halus dengan ukuran butiran sekitar 0,2 mm. Tahap ini disebut dengan proses boalding, yang dilakukan agar arang dapat tercampur dengan baik dalam bahan perekat. Serbuk arang yang telah terbentuk kemudian dicampur dengan perekat tapioka sebanyak 2,5%

dari total komposisi dan hidrogen peroksida (H_2O_2) sebanyak 5% untuk meningkatkan daya ikat dan karakteristik pembakaran briket. Proses pencampuran ini disebut blending, di mana semua bahan dicampur secara merata hingga membentuk adonan briket yang homogen.

Table 1 Komposisi Briket

No	Komposisi	Jumlah (%)
1	Arang Tempurung Konvensional	92,5
2	Tapioka	2,5
3	Hydrogen Peroksida (H_2O_2)	5

Tahap selanjutnya adalah molding, yaitu pencetakan adonan briket menggunakan cetakan sesuai ukuran yang telah ditentukan. Briket yang sudah dicetak kemudian dipindahkan melalui belt conveyor menuju tahap cutting untuk pemotongan briket agar sesuai dengan spesifikasi ukuran yang diinginkan. Setelah proses pemotongan selesai, briket memasuki tahap drying, yaitu pengeringan di dalam oven dengan suhu antara 90-100°C untuk menghilangkan kadar air dalam briket. Proses pengeringan ini penting untuk memastikan bahwa briket memiliki kelembaban yang rendah sehingga dapat terbakar secara optimal. Hasil akhir dari proses ini adalah briket caroxide yang siap diuji dan digunakan sebagai bahan bakar dalam tungku biomassa.

3.2. Hasil Pembuatan Briket Caroxide

Hasil akhir pembuatan briket caroxide yang telah melalui proses pengayakan, penggilingan, pencampuran, pencetakan, dan pengeringan. Briket ini memiliki ukuran dan bentuk yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan serta siap digunakan sebagai bahan bakar dalam tungku biomassa. Briket caroxide ini dirancang untuk memiliki efisiensi pembakaran yang tinggi dengan nilai kalor yang optimal.



Gambar 3 Hasil Pembuatan Briket Caroxide

3.3. Spesifikasi Briket Caroxide

Dari hasil analisa berdasarkan perhitungan yang dilakukan di atas, maka didapatlah spesifikasi briket caroxide yang dinyatakan pada **Tabel 2** berikut ;

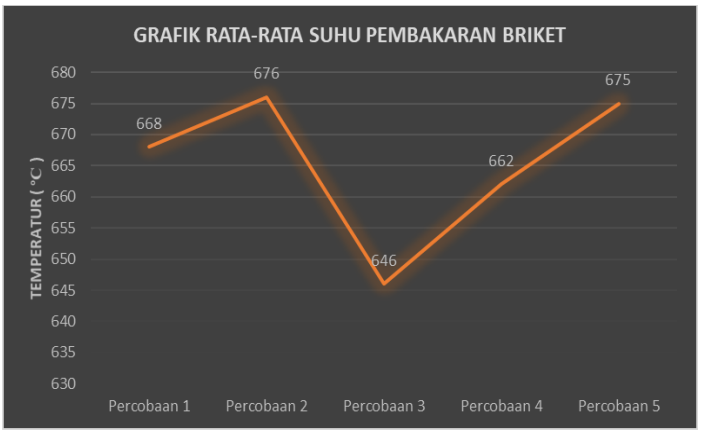
Table 2 Spesifikasi Briket Caroxide

NO	Spesifikasi	Nilai	Satuan
1	Kerapatan	1,22	gr/cm^3
2	Kadar Air	6	%
3	Kadar Zat Mudah Menguap	17,07	%
4	Kadar Abu	2,53	%
5	Kadar Karbon (C)	80,4	%
6	Nilai Keterbakaran Tinggi	26973	Kilojoule / kg
7	Nilai Keterbakaran Rendah	25918	Kilojoule / kg

Spesifikasi fisik dan karakteristik pembakaran briket caroxide, termasuk kerapatan, kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar abu, kadar karbon, serta nilai kalor tinggi (HHV) dan nilai kalor rendah (LHV). Data ini menunjukkan kualitas pembakaran dan efisiensi energi yang dihasilkan oleh briket caroxide.

3.4. Temperatur Pembakaran

Dari 5 percobaan pengujian temperatur terdapat hasil yang tidakakurat. Dimana pada percobaan ke-3 temperatur turun dibandingkan hasil percobaan ke 1, 2, 4, dan 5 yang mendapat hasil temperatur tidak jauh berbeda, hal ini dipengaruhi oleh ketepatan penembakan laser pada alat ukur *inrared thermometer*. Hasil pengujian ini dijelaskan pada Grafik berikut :



Gambar 4. Grafik Temperatur Pembakaran Briket

3.5. Pengujian Tungku Biomassa

Parameter-parameter dari hasil pengujian *Water Boiling Test* didapatkan pencapaian yang bisa dilihat pada Tabel 3 berikut ini :

Tabel 3. Hasil *Water Boiling Test*

No	PARAMETER	NILAI	SATUAN
1	Waktu Pendidihan Air ke 100ºC	11	menit
2	Berat Air Dalam Panci	1000	gr
3	Berat Air Setelah Dipanaskan	900	gr
4	Jumlah Air Menguap	120	gr
5	Temperatur Air Sebelum Pemanasan	30	^oC
6	Temperatur Air Sesudah Pemanasan	100	^oC
7	Temperatur Pembakaran Briket	626	^oC
9	Temperatur Panci	254	^oC
10	Berat Briket Terpakai	67	gr

Hasil uji Water Boiling Test pada tungku biomassa dengan bahan bakar briket caroxide. Tabel ini menunjukkan parameter-parameter seperti waktu pendidihan air, berat air yang diuji, jumlah air yang menguap, temperatur sebelum dan sesudah pemanasan, temperatur pembakaran briket, serta jumlah briket yang digunakan selama pengujian. Hasil ini digunakan untuk menghitung efisiensi tungku biomassa.

3.6. Spesifikasi Final Tungku Biomassa

Dari hasil segala perhitungan dan analisa yang dilakukan, makadidapatlah spesifikasi final tungku biomassa dari hasil perancangan ini, yang dinyatakan pada Tabel 4 berikut ;

Table 4. Spesifikasi Final

No	Spesifikasi	Nilai	Satuan
1	Daya Keluaran Tungku	2632,63	Watt
2	Efisiensi Termal	38,23	%
3	Efisiensi Tungku	32,44	%
4	Tinggi Tungku	301	mm
5	Lebar Tungku	270,06	mm
6	Kapasitas Bahan Briket	350	gr

Spesifikasi final tungku biomassa yang mencakup daya keluaran tungku, efisiensi termal, efisiensi tungku, serta dimensi dan kapasitas bahan bakar briket yang digunakan. Tabel ini memberikan gambaran keseluruhan mengenai performa dan kemampuan tungku biomassa setelah melalui tahap perancangan dan pengujian.

Hasil pembuatan briket caroxide menunjukkan efisiensi pembakaran yang tinggi dengan nilai kalor tinggi (HHV) sebesar 27.550 kJ/kg dan nilai kalor rendah (LHV) sebesar 26.495 kJ/kg. Hasil uji pembakaran menunjukkan bahwa tungku biomassa mampu mencapai temperatur pembakaran hingga 665,4°C, dengan efisiensi termal sebesar 38,23%. Uji Water Boiling Test menunjukkan efisiensi tungku sebesar 32,44%, melebihi standar nasional (SNI 7926) yang menetapkan minimal efisiensi 20%. Desain akhir tungku berbentuk silinder dengan ruang bakar berbentuk kerucut 60° yang bertujuan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar secara berlebihan.

Performa briket caroxide konsisten pada sebagian besar percobaan, kecuali beberapa hasil yang kurang akurat akibat keterbatasan alat ukur thermometer inframerah saat mengukur temperatur pembakaran.

4 Kesimpulan

Tungku biomassa yang dikembangkan dalam penelitian ini menunjukkan efisiensi tinggi dan memanfaatkan briket caroxide sebagai sumber energi alternatif yang efektif. Ruang bakar berbentuk kerucut dan penggunaan blower meningkatkan performa pembakaran, mencapai efisiensi termal sebesar 38,23%. Uji Water Boiling Test mengonfirmasi efisiensi tungku sebesar 32,44%, melampaui standar nasional. Desain tungku ini menawarkan solusi energi yang berkelanjutan, terutama bagi masyarakat pedesaan yang memiliki akses terhadap limbah tempurung kelapa. Pengembangan lebih lanjut dapat difokuskan pada peningkatan konsistensi pembakaran dan optimasi desain untuk aplikasi skala yang lebih besar.

References

1. A. M. Almu, S. Syahrul, and Y. A. Padang, "Analisa Nilai Kalor dan Laju Pembakaran pada Briket Campuran Biji Nyamplung (Calophyllum Inophyllum) dan Abu Sekam Padi," *Dinamika Teknik Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 15-22, 2014
2. A. W. Culp Jr. and D. Sitompul, *Prinsip-Prinsip Konversi Energi*. Jakarta: Erlangga, 1979.
3. D. A. Santoso, *Pembuatan Arang dan Briket Batu Bara*. Jakarta: Pustaka Pelangi, 2007.
4. M. J. Djokosetyardjo, *Ketel Uap*. Jakarta: PT. Pradnya Paramitha, 2003.
5. F. Kreith and A. Prijono, *Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas*. Jakarta: Erlangga, 1997.
6. Kementerian Luar Negeri, "Arang Batok Kelapa yang Kualitasnya Mendunia," Kedutaan Besar Republik Indonesia, Maputo, Mozambique, 2021.
7. V. A. Koehuan, A. Eflinda Milo, and D. B. N. Riwu, "Studi Eksperimen Tungku Biomassa pada Proses Pengeringan Chip Umbi Porang melalui Rumah Plastik Ultra-Violet (Solar Dryer) Sistem Hibrid," *ROTASI*, vol. 24, no. 4, pp. 49-56, 2022.
8. L. Enmo Ekuten, *Rancang Bangun Kompor Biomassa dengan Bahan Bakar Biopelet*. Medan: Universitas Medan Area, 2021.
9. R. Arifah, *Pengembangan Energi Alternatif dengan Briket Arang Melalui Pemanfaatan Sampah Organik*. Medan: Umsu Press, 2022.
10. A. Muslikhin, E. Marlina, and A. Raharjo, "Pengaruh Desain Burner Cone dengan Variasi Sudut terhadap Karakteristik Pembakaran pada Wood Pellet Stove," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 21, no. 1, pp. 10-15, 2024.
11. PPPPTK Bidang Mesin dan Teknik Industri, *Konversi Energi Biomassa*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2015.
12. Soolany Christian, "Perhitungan Proses Pindah Panas Tungku Biomassa," *Jurnal Teknologi Industri-UNUGHA (JTI-UNUGHA)*, vol. 4, no. 3, pp. 35-41, 2018.
13. T. Subroto, *Produksi Arang untuk Bahan Bakar*. Bandung: PT. Pribumi Mekar, 2007.
14. T. Tamrin, "Pengembangan Tungku Briket Batubara Skala Rumah Tangga," *agriTECH*, vol. 30, no. 4, pp. 321-327, 2010.