

## Pemanfaatan Kelimpahan Biomassa Eceng Gondok Rawapening sebagai Bahan Baku Briket Arang Campuran Tempurung Kelapa

Arif Billah<sup>a\*</sup>, Heri Prayogo<sup>a</sup> & Hadid Ady Nugroho<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Program Studi Tadris IPA FTIK Universitas Islam Negeri (UIN) Salatiga  
Jalan Lingkar Salatiga Km. 2, Pulutan, Sidorejo, Kota Salatiga, Jawa Tengah, Indonesia

\*Corresponding author: [arifbillahbadr@uinsalatiga.ac.id](mailto:arifbillahbadr@uinsalatiga.ac.id)

Submitted: 2024-03-03. Revised: 2024-05-26. Accepted: 2024-04-30

### ABSTRACT

*The aim of the research is to develop charcoal briquettes made from a mixture of water hyacinth and coconut shells. This research approaches product development with stages: selecting raw materials, drying raw materials, charring, cleaning charcoal from impurities, making charcoal powder, binding charcoal powder, pressing and printing, and drying briquettes and characterization of the results. The equipment used includes: digital balance, ruler, vernier caliper, pressing and printing tools, oven, drum as a container for processing raw materials, smoothing or grinding tools, 80 mesh sieve, and LPG cylinder and stove. The ingredients used are water hyacinth (*Eichhornia crassipes*), coconut shell, starch or tapioca flour, and water. This research produced samples of 4 types of percentage composition between coconut shell and water hyacinth composition I (0% : 90%); II (25% : 65%); III (45% : 45%); and IV (65% : 25%) with the same percentage of adhesive for each composition, namely 10%. Compositions IV, III, II, and I show density values in order from largest to smallest, namely 0.5474 g/cm<sup>3</sup>; 0.5448 g/cm<sup>3</sup>; 0.4761 g/cm<sup>3</sup>; and 0.4126 g/cm<sup>3</sup>. Compositions II, III, I, and IV show the water content values in order from smallest to largest, namely 7.7556%; 7.8040%; 8.0366%; and 9.6544%. Compositions III, IV, II, and I show the combustion rate values in order from largest to smallest, namely 0.335 g/minute; 0.255 g/min; 0.230 g/min; and 0.202 g/min. Recommended ongoing research with the aim of optimizing the results of international standard charcoal briquettes; and expanding its usefulness, both for energy needs, supporting community economic growth as well as for environmental conservation.*

**Keywords:** *Charcoal briquettes, coconut shells, water hyacinth*

### PENDAHULUAN

Kebutuhan Bahan Bakar Minyak (BBM) sebagai basis sumber energi untuk kehidupan sehari-hari masih mendominasi dan menjadi pilihan utama di Indonesia. Secara nasional, pertumbuhan ekonomi dan penduduk secara masif akan terus meningkat berbanding lurus dengan kebutuhan BBM hingga mencapai 40,1% pada tahun 2050 (PPIPE, 2018). Di sisi lain, penggunaan BBM secara besar-besaran adalah faktor penyumbang utama kerusakan lingkungan seperti pencemaran udara dan pemanasan global (Martins, Felgueiras, Smitkova, & Caetano, 2019). Selanjutnya, kerusakan-kerusakan lingkungan tersebut tentu secara berantai akan berpengaruh negatif terhadap sector-sektor lainnya, misalnya: kesehatan, ekosistem, dan ekonomi. Peningkatan kebutuhan energi yang dibarengi dengan keterbatasan BBM serta dampak negatif

berantai dari penggunaan bahan bakar berbasis fosil telah merekomendasikan optimalisasi penggunaan bahan bakar terbarukan sebagai sumber energi alternatif, salah satunya adalah pengembangan briket arang berbahan baku biomassa.

Secara umum, biomassa dapat didefinisikan sebagai bahan hidrokarbon dari komponen hayati yang terutama terdiri dari karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen; namun komposisinya dapat bervariasi tergantung pada asal, usia, musim dan faktor lainnya (Quan et al., 2022; Tursi 2019; Billah et al., 2022). Pemanfaatan biomassa sebagai basis sumber energi merupakan salah satu alternatif potensial karena ketersediaan biomassa yang melimpah dan luarannya yang lebih ramah lingkungan. Energi berbasis biomassa merupakan energi alternatif yang bersifat terbarukan, dan disebut juga bioenergi (Mehres et al., 2022). Salah satu sumber daya potensial biomassa yang dapat dikembangkan menjadi briket arang adalah eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) (Carnaje et al., 2018).

Danau Rawapening di Jawa Tengah merupakan salah satu danau dengan pertumbuhan eceng gondok yang sangat cepat hingga memprihatinkan. Kondisi ini berdampak pada potensi sedimentasi dengan laju 743.456 ton/ha karena bobot basah eceng gondok dalam waktu 6 bulan dapat mencapai sebesar 125 ton (Hartanto, 2020). Pemanfaatan eceng gondok sebagai sumber energi alternatif terbarukan juga mendukung optimalnya fungsi Danau Rawapening sebagai reservoir alami. Dengan demikian, Rawapening sebagai danau dapat menjadi optimal sebagai irigasi, sumber air baku, mendukung sumber daya perikanan, pariwisata, dan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) (Wulandari et al., 2021). Selain itu, briket arang biomassa telah dilaporkan mempunyai beberapa keunggulan, antara lain: emisi gas rumah kaca, NO<sub>x</sub>, dan SO<sub>2</sub> hanya sepersembilan, seperlima, dan sepersepuluh dari batubara (Chen, 2015); kemudahan dan kenyamanan penyimpanan, transportasi, dan pengisian tungku (Guo et al., 2020; Orheba & Chinedu, 2015); ketersediaan bahan baku di seluruh dunia, terutama di negara-negara kurang berkembang, dan penggunaan mesin relatif murah (Kaur et al., 2017); dan mengurangi laju deforestasi lokal (Guo et al., 2020)(Billah et al., 2022).

Pemaparan di atas sebagai dasar pijakan peneliti bahwa dirasa penting untuk melakukan penelitian pengembangan briket arang biomassa berbahan baku eceng gondok dan tempurung kelapa. Hasil penelitian akan sangat mendukung terwujudnya sumber bahan bakar energi alternatif sekaligus berkontribusi dalam penanggulangan permasalahan kelimpahan eceng gondok di Danau Rawapening. Pemilihan tempurung kelapa sebagai bahan campuran eceng gondok untuk mengembangkan briket arang biomassa dikarenakan karakteristik dan efektifitas hasil briket arang berbahan baku tempurung kelapa telah dilaporkan oleh berbagai penelitian (Putri & Andasuryani, 2017)(Ansar, Setiawati, Murad, & Muliani, 2020). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan briket arang berbahan baku campuran eceng gondok dan tempurung kelapa; dan untuk mengetahui karakteristik hasil briket arang berbahan baku campuran eceng gondok dan tempurung kelapa hasil pengembangan.

## MATERI DAN METODE

Penelitian ini berpendekatan pengembangan produk sains berbasis bahan baku lingkungan hidup. Metodologi penelitian pemanfaatan kelimpahan biomassa eceng gondok Danau Rawapening sebagai bahan baku briket arang campuran tempurung kelapa mengacu pada (Billah et al., 2022)(Jagwe, Olupot, Menya, & Kalibbala, 2021)(Dalimunthe, Kasmungin, Sugiarto, Sugiarti, & Lagrama, 2021), yakni berisi 8 tahapan pengembangan briket biomassa yang terdiri dari langkah: (1) pemilihan bahan baku, (2) pengeringan bahan baku, (3) pengarangan, (4) pembersihan arang dari pengotor, (5) pembuatan serbuk arang, (6) pengikatan serbuk arang, (7) pengepresan dan pencetakan, dan (8) pengeringan briket. Selanjutnya, produk hasil pengembangan diuji atau dikarakterisasi

untuk mengetahui karakteristik briket. Briket biomassa yang dihasilkan diukur dan dianalisis untuk mengetahui karakteristik briket. Analisis karakteristik briket biomassa antara lain mencakup pengukuran massa jenis atau densitas, kadar air, dan laju pembakaran.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: neraca digital, penggaris, jangka sorong, alat pengepresan dan pencetakan, oven, drum sebagai wadah pengarangan bahan baku, alat penghalus atau penggerus, ayakan 80 mesh, dan tabung dan kompor LPG. Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), tempurung kelapa, tepung kanji atau tepung tapioka, dan air. Eceng gondok didapatkan dari Danau Rawapening sedangkan tempurung kelapa didapatkan dari limbah industri, komersial, dan rumah tangga. Eceng gondok merupakan komponen bahan utama dalam penelitian ini, sedangkan tepung kanji berfungsi sebagai perekat.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap 1 menghasilkan bahan baku Eceng gondok dari Danau Rawapening sedangkan Tempurung kelapa didapatkan dari limbah industri, komersial, dan rumah tangga. Bahan baku eceng gondok sebanyak 2,3 kg dan tempurung kelapa sebanyak 5 kg. Setelah bahan baku dipilih kemudian bahan baku dibersihkan dari pengotor. Tahap 2, bahan baku yang sudah bersih dari pengotor dikeringkan dan dicacah. Pengeringan dilakukan dengan cara menjemur bahan baku di bawah sinar matahari langsung. Tujuan pengeringan antara lain untuk memudahkan proses pembakaran pada tahap pengarangan, mengurangi timbulnya asap, dan mengurangi kebutuhan bahan bakar saat pengarangan. Tujuan pengeringan dan pencacahan adalah untuk meningkatkan efisiensi waktu dan bahan bakar saat proses pengarangan. Tahap 3, bahan baku dimasukkan dalam tungku pembakaran untuk menghasilkan arang. Secara sederhana, selesainya pengarangan dapat ditandai dengan menipisnya asap yang keluar dari wadah pengarangan. Tujuan pengarangan adalah untuk menghasilkan arang atau karbon, menghilangkan kadar air dan kadar volatil. Pada penelitian ini, pengarangan dilakukan menggunakan drum logam. waktu pengarangan eceng gondok dilakukan selama 160 menit dan waktu pengarangan tempurung kelapa dilakukan selama 280 menit.

Tahap 4, dilakukan pembersihan arang dari pengotor, yakni pemilahan atau pemisahan antara arang (berwarna hitam), abu, dan bahan yang belum berubah menjadi arang sempurna. Tahap 5, pembuatan serbuk arang didahului langkah penghalusan dengan cara ditumbuk dan digiling kemudian disaring. Penyaringan bertujuan untuk menghasilkan ukuran partikel serbuk arang halus dengan ukuran partikel yang homogen. Penyaringan dilakukan dengan ayakan ukuran lolos saring 80 mesh. Tahap 6, pengikatan serbuk arang dengan perekat tepung kanji. Tahap 7, dilakukan pengepresan dan pencetakan dengan alat press. Tahap 8, dilakukan pengeringan briket arang di bawah sinar matahari langsung. Setelah 8 tahapan selesai maka dilakukan

karakterisasi briket arang untuk mengetahui densitas, kadar air, dan laju pembakaran. Gambar 1 menunjukkan proses pengambilan bahan baku dan karakterisasi hasil.



**Gambar 1.** Proses pengambilan bahan baku dan karakterisasi hasil

Sampel yang dihasilkan oleh penelitian ini sebanyak 4 jenis komposisi, yakni komposisi I, II, III, dan IV. Setiap jenis komposisi dibuat 3 sampel. Jadi, jumlah

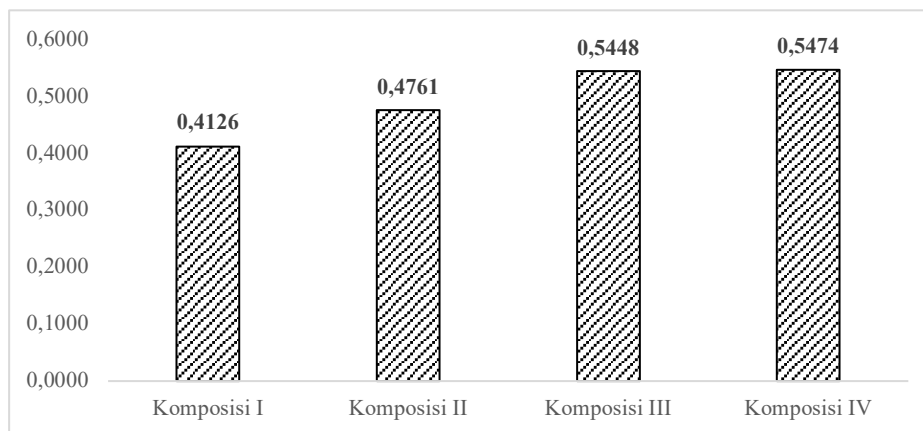
sampel keseluruhan adalah 12 sampel dengan massa setiap sampel adalah 20 g sebagaimana ditunjukkan oleh Tabel 1.

**Tabel 1.** Data sampel yang dihasilkan

Jenis komposisi	Sampel	Tempurung Kelapa		Eceng Gondok		Tepung Kanji	
		Massa (g)	Persentase (%)	Massa (g)	Persentase (%)	Massa (g)	Persentase (%)
I	1A	0	0	18	90	2	10
	1B	0	0	18	90	2	10
	1C	0	0	18	90	2	10
II	2A	5	25	13	65	2	10
	2B	5	25	13	65	2	10
	2C	5	25	13	65	2	10
III	3A	9	45	9	45	2	10
	3B	9	45	9	45	2	10
	3C	9	45	9	45	2	10
IV	4A	13	65	5	25	2	10
	4B	13	65	5	25	2	10
	4C	13	65	5	25	2	10

Pada penelitian ini, densitas adalah besaran yang menyatakan nilai perbandingan massa (gram) per satuan volume ( $\text{cm}^3$ ). Sebanyak 12 sampel penelitian diukur dan

dianalisis sehingga menghasilkan data rerata nilai densitas sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 2.



**Gambar 2.** Rerata densitas tiap komposisi sampel

Gambar 2 menunjukkan bahwa komposisi sampel banyaknya tempurung kelapa dan eceng gondok berpengaruh terhadap densitas briket arang. Hal ini

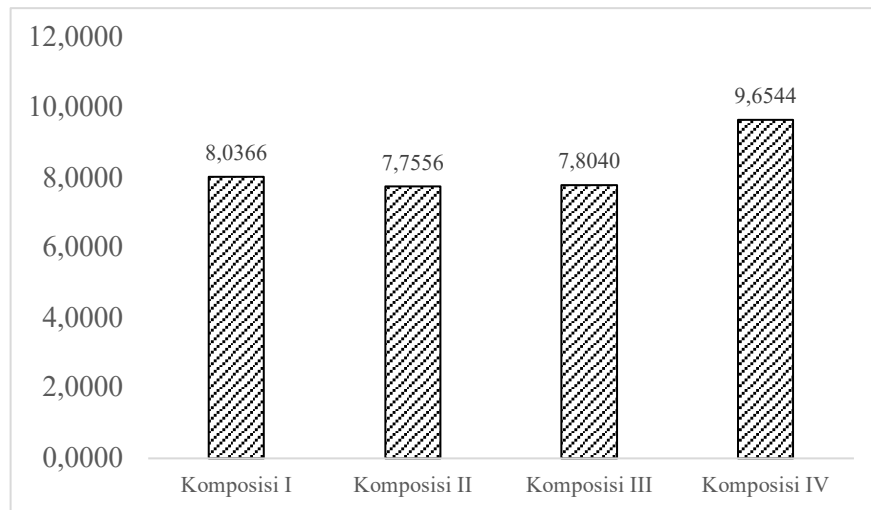
dikarenakan variabel lain, seperti pemberian tekanan dan bahan perekat tiap-tiap komposisi adalah sama. Komposisi IV, III, II, dan I menunjukkan nilai densitas secara urut mulai terbesar hingga terkecil, yakni  $0,5474 \text{ g/cm}^3$ ;  $0,5448$

$g/cm^3$ ;  $0,4761 g/cm^3$ ; dan  $0,4126 g/cm^3$ . Dengan demikian, semakin besar kadar tempurung kelapa dibandingkan kadar eceng gondok menghasilkan nilai densitas yang semakin besar, sebagaimana temuan penelitian sebelumnya, komposisi tempurung kelapa lebih banyak dapat memengaruhi semakin besarnya densitas briket arang kombinasi tempurung kelapa dan eceng gondok (Fatmawati & Adiwibowo, 2014)(Iriany et al., 2016).

Nilai bakar dari bahan bakar padat briket arang dapat dipengaruhi oleh densitas bahan bakar padat tersebut. Densitas melambangkan perbandingan antara massa benda dengan volume dari suatu benda. Densitas dipengaruhi oleh keseragaman campuran arang dengan perekat (Zanella et al., 2017). Nilai densitas yang tinggi akan memengaruhi nilai kalor pada biobriket. Di sisi lain, nilai densitas yang terlalu tinggi akan mengakibatkan

briket biomassa sulit terbakar, sedangkan briket biomassa yang mempunyai nilai densitas yang rendah akan lebih mudah terbakar karena rongga udaranya besar sehingga dapat dilalui oksigen dalam proses pembakaran (Sunardi, Djuanda, & Mandra, 2019)(Sirun, Siwi, & Umboh, 2018). Briket biomassa dengan densitas yang rendah akan lebih cepat habis karena terlalu banyak rongga udara (Fatmawati & Adiwibowo, 2014).

Karakterisasi berikutnya adalah Kadar Air (KA), yakni nilai yang menyatakan persentase perbandingan selisih massa sebelum dan sesudah pemanasan dengan massa sebelum pemanasan. Sebanyak 12 sampel penelitian diukur dan dianalisis sehingga menghasilkan data rerata KA sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Rerata KA tiap komposisi sampel

Gambar 3 menunjukkan bahwa komposisi sampel banyaknya tempurung kelapa dan eceng gondok berpengaruh terhadap KA briket arang. Komposisi II, III, I, dan IV menunjukkan KA secara urut mulai terkecil hingga terbesar, yakni 7,7556%; 7,8040%; 8,0366%; dan 9,6544%. Kadar air adalah jumlah air yang masih terdapat di dalam briket arang biomassa setelah dilakukannya proses pemanasan. Besar dan kecilnya KA sangat berpengaruh pada nilai kalor yang ada di dalam briket arang biomassa. Semakin tinggi KA maka kualitas dari biobriket semakin menurun, yang disebabkan karena tingginya kadar air yang dapat mengakibatkan briket arang

biomassa menjadi susah dinyalakan (Sitogasa et al., 2022; Fatmawati & Adiwibowo, 2014).

Karakterisasi terakhir adalah pengukuran Laju Pembakaran (LP), yakni kecepatan briket arang mengalami pembakaran atau nilai antara selisih massa sebelum dan sesudah pembakaran ( $\Delta m$ ) dengan selang waktu pembakaran ( $\Delta t$ ). Pada penelitian ini, setiap jenis komposisi diambil masing-masing satu sampel untuk diukur dan dianalisis nilai laju pembakarannya sebagaimana ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Laju Pembakaran briket arang hasil penelitian

Sampel	$m_1$ (g)	$m_2$ (g)	$\Delta m$ (g)	$\Delta t$ (menit)	LP (g/menit)
I	3,19	1,98	1,21	6	0,202
II	2,86	1,48	1,38	6	0,230
III	3,72	1,71	2,01	6	0,335
IV	3,54	2,01	1,53	6	0,255

Tabel 2 menunjukkan bahwa komposisi sampel banyaknya tempurung kelapa dan eceng gondok berpengaruh terhadap laju pembakaran briket arang. Komposisi III, IV, II, dan I menunjukkan nilai laju pembakaran secara urut mulai terbesar hingga terkecil, yakni 0,335 g/menit; 0,255 g/menit; 0,230 g/menit; dan 0,202 g/menit. Laju pembakaran merupakan kecepatan suatu briket untuk terbakar. Semakin tinggi laju pembakaran suatu briket maka akan semakin cepat pula briket tersebut habis terbakar (Bello & Onilude, 2020). Meskipun tidak ada standar untuk menentukan kualitas suatu briket berdasarkan nilai laju pembakaran, briket yang bagus adalah briket yang memiliki daya tahan lama dalam proses pembakaran (Sukarti et al., 2023).

### KESIMPULAN

Briket arang biomassa berbahan baku eceng gondok dan tempurung kelapa adalah sebuah solusi alternatif yang dapat digunakan sebagai bahan bakar sehari-hari. Di sisi lain, penggunaan eceng gondok dapat menjadi jawaban atas kelimpahannya yang cenderung diabaikan bahkan dianggap mengganggu lingkungan sekitar. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa briket arang dapat dikembangkan melalui biomassa berbahan baku eceng gondok dan tempurung kelapa. Produk dikembangkan melalui tahapan: pemilihan bahan baku; pengeringan bahan baku; pengarangan; pembersihan arang dari pengotor; pembuatan serbuk arang; pengikatan serbuk arang; pengepresan dan pencetakan; serta pengeringan briket.

Sampel yang dihasilkan sebanyak 4 jenis komposisi, yakni komposisi I, II, III, dan IV. Setiap jenis komposisi dibuat 3 sampel. Jadi, penelitian ini menghasilkan sebanyak 12 sampel. Secara urut, nilai densitas terbesar hingga terkecil diperoleh komposisi IV, III, II, dan I; yakni: 0,5474 g/cm<sup>3</sup>; 0,5448 g/cm<sup>3</sup>; 0,4761 g/cm<sup>3</sup>; dan 0,4126 g/cm<sup>3</sup>. Komposisi II, III, I, dan IV menunjukkan Kadar Air secara urut mulai terkecil hingga terbesar, yakni 7,7556%; 7,8040%; 8,0366%; dan 9,6544%. Komposisi III, IV, II, dan I menunjukkan nilai Laju Pembakaran secara urut mulai terbesar hingga terkecil, yakni 0,335 g/menit; 0,255 g/menit; 0,230 g/menit; dan 0,202 g/menit. Penelitian ini direkomendasikan sebagai penelitian berkelanjutan dengan tujuan untuk menghasilkan briket arang biomassa berstandar nasional ataupun internasional. Beberapa implikasi dari hasil penelitian ini adalah: menghasilkan produk sumber energi alternatif terbarukan; berkontribusi nyata terhadap permasalahan lingkungan, khususnya kelimpahan eceng gondok di Danau Rawapening; optimalisasi fungsi Danau Rawapening; berkontribusi menambah khazanah keilmuan tentang pengembangan sumber energi alternatif terbarukan; dan mendukung peluang dikembangkannya produk komersial untuk menumbuhkan perekonomian masyarakat sekitar yang berbasis konservasi lingkungan.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis terutama ditujukan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LP2M) UIN Salatiga dan Masyarakat sekitar Danau Rawapening Jawa Tengah.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ansar, D. A. Setiawati, Murad, & B. S. Muliani.** 2020. Karakteristik fisik briket tempurung kelapa menggunakan perekat tepung tapioka. *Jurnal Agritechno*, 13(1): 1–7.
- Bello, R. S., & A. M. Onilude.** 2020. Combustion characteristics of high density briquette produced from sawdust admixture and performance in briquette stove. *Global Journal of Science Frontier Research*, 20(3): 79–91. <https://doi.org/10.34257/LJRSVOL20IS3PG79>.
- Billah, A., Sajidan, Sarwanto, & M. Masykuri.** 2022. Sampah: Karakteristik, Dampak, dan Pemanfaatan. Deepublish, Yogyakarta.
- Carnaje, N. P., R. B. Talagon, J. P. Peralta, K. Shah, & J. Paz-Ferreiro.** 2018. Development and characterisation of charcoal briquettes from water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) molasses blend. *PLoS ONE*, 13(11): e0207135. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207135>.
- Chen, H.** 2015. Lignocellulose biorefinery product engineering. In *Lignocellulose Biorefinery Engineering* (1st ed., pp. 125–165). Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK.
- Dalimunthe, Y. K., S. Kasmungin, E. Sugiarto, L. Sugiarti, & A. Lagrama.** 2021. Making briquettes from waste of coconut shell and peanut shell as alternative energy sources. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, 4(2): 196–209. <https://doi.org/10.25105/urbanenvirotech.v4i2.7417>
- Fatmawati, D., & P. H. Adiwibowo.** 2014. Pembuatan biobriket dari campuran eceng gondok dan tempurung kelapa dengan perekat tetes tebu. *JTM*, 3(2): 315–322.
- Guo, Z., J. Wu, Y. Zhang, F. Wang, Y. Guo, K. Chen, & H. Liu.** 2020. Characteristics of biomass charcoal briquettes and pollutant emission reduction for sulfur and nitrogen during combustion. *Fuel*: 272(117632). <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117632>.
- Hartanto, M. O.** 2020. Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) untuk kemajuan Desa Ekowisata di Sekitar Danau Rawa Pening. *G-SMART Jurnal Teknik Sipil Unika Soegijapranata Semarang*, 4(2): 128–137. <https://doi.org/10.24167/gsmart.v4i2.3102>.
- Iriany, F. A. S. Sibarani & Meliza.** 2016. Pengaruh perbandingan tempurung kelapa dan eceng gondok serta variasi ukuran partikel terhadap karakteristik briket. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 5(3): 56–61.

- Jjagwe, J., P. W. Olupot, P. W., E. Menya, E., & H. M. Kalibbala.** 2021. Synthesis and application of granular activated carbon from biomass waste materials for water treatment: A review. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 6(4): 292–322. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2021.03.003>.
- Kaur, A., M. Roy, & K. Kundu.** 2017. Densification of biomass by briquetting: A review. *International Journal of Recent Scientific Research*, 8(10): 20561–20568.
- Martins, F., C. Felgueiras, M. Smitkova, & N. Caetano.** 2019. Analysis of fossil fuel energy consumption and environmental impacts in european countries. *Energies*, 12(964): 1–11. <https://doi.org/10.3390/en12060964>.
- Mehrez, I., S. Shobana, G. Semaan, S.-H.- Kim, & G. Kumar.** 2022. Biomass based bioenergy: Technologies and impact on environmental sustainability. *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, 44(1): 1–12. <https://doi.org/10.4491/KSEE.2022.44.1.1>.
- Orhevba, B., & O. Chinedu.** 2015. Fabrication and performance evaluation of an improved briquette stove. *IJSET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 2(12): 805–813. Retrieved from [https://ijiset.com/vol2/v2s12/IJSET\\_V2\\_I12\\_90.pdf](https://ijiset.com/vol2/v2s12/IJSET_V2_I12_90.pdf).
- PPIPE.** 2018. Outlook Energi Indonesia 2018: Energi Berkelanjutan untuk Transportasi Darat (Yudiartono, Anindhita, A. Sugiyono, L. M. A. Wahid, & Adiarso, Eds.). Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Jakarta.
- Putri, R. E., & Andasuryani.** 2017. Studi mutu briket arang dengan bahan baku limbah biomassa. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 21(2): 143–151.
- Quan, C., Y. Zhou, J. Wang, C. Wu, & N. Gao.** 2022. Biomass-based carbon materials for CO<sub>2</sub> capture: A review. *Journal of CO<sub>2</sub> Utilization*, 68(102373): 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2022.102373>.
- Sirun, A., H. Siwi, & M. K. Umboh.** 2018. The effect of density and hardness at the rate of burning coconut shell briquettes and water hyacinth. *International Journal of Science and Research*, 7(12): 161–164. Retrieved from <https://www.ijsr.net/archive/v7i12/ART20193245.pdf>.
- Sitogasa, P. S. A., M. Mirwan, F. Rosariawari, & A. M. Rizki.** 2022. Analysis of water and ash content in biomass briquettes from durian fruit peel waste and sawdust. *Journal of Research and Technology*, 8(2): 279–288. <https://doi.org/10.55732/jrt.v8i2.712>.
- Sukarti, D. Pangga, & S. Ahzan.** 2023. Pengaruh persentasi perekat briket berbahan dasar Tempurung Kelapa terhadap nilai kalor dan laju pembakaran. *Jurnal Ilmiah IKIP Mataram*, 10(1): 25–31.
- Sunardi, Djuanda, & M. A. S. Mandra.** 2019. Characteristics of charcoal briquettes from agricultural waste with compaction pressure and particle size variation as alternative fuel. *International Energy Journal*, 19(3): 139–148. Retrieved from <http://www.ericjournal.ait.ac.th/index.php/eric/article/view/2199>.
- Tursi, A.** 2019. A review on biomass: importance, chemistry, classification, and conversion. *Biofuel Research Journal*, 22: 962–979. <https://doi.org/10.18331/BRJ2019.6.2.3>.
- Wulandari, D. A., Sriyana, Salamun, D. Kurniani, A. N. Tristanto, & Z. Rinaldi.** 2021. Peningkatan pemanfaatan Danau Rawa Pening. *Teras Jurnal*, 11(2): 282–294.
- Zanella, K., V. O. Concentino, & O. P. Taranto.** 2017. Influence of the type of mixture and concentration of different binders on the mechanical properties of “green” charcoal briquettes. *Chemical Engineering Transactions*, 57: 199–204. <https://doi.org/10.3303/CET1757034>.