

Edukasi Pemanfaatan Biomassa Menjadi Arang dan Briket Skala Rumah Tangga Menggunakan Reaktor *Double Barrel*

Petrus Setya Murdapa¹, Theresia Liris Windyaningrum^{2*}, Leo Eladisa Ganjari³,
Chatarina Dian Indrawati⁴

^{1,2,4}Prodi Rekayasa Industri, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya,
Kampus Kota Madiun

³Prodi Biologi, Fakultas Teknologi Pangan, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya,
Kampus Kota Madiun

Email: theresialiris@ukwms.ac.id^{2*}

Abstrak

Sampah organik kering seperti serpihan kayu, bambu, ranting, dan daun kering masih banyak dijumpai di lingkungan permukiman, tetapi pemanfaatannya sebagai sumber energi alternatif belum optimal. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan meningkatkan pengetahuan dan keterampilan masyarakat dalam mengolah limbah biomassa menjadi arang menggunakan reaktor double barrel serta memanfaatkannya sebagai bahan baku briket. Kegiatan dilaksanakan pada 3 September 2025 di RW 11 Kelurahan Taman, Kecamatan Taman, Kota Madiun melalui penyuluhan, demonstrasi, praktik pembuatan arang dan briket, serta diskusi interaktif. Reaktor terdiri atas dua tabung koaksial, yaitu tabung bagian dalam sebagai ruang pirolisis dan tabung luar sebagai ruang pembakaran. Sebanyak 10 peserta yang terdiri atas 6 ibu rumah tangga, 3 bapak-bapak, dan 1 Ketua RW mengikuti seluruh rangkaian kegiatan dengan antusias. Hasil uji coba menunjukkan bahwa reaktor mampu menghasilkan arang dari biomassa bambu, meskipun masih menghasilkan asap dalam jumlah cukup banyak akibat kadar air biomassa dan bahan bakar yang belum benar-benar kering. Berdasarkan hasil evaluasi, dilakukan modifikasi reaktor dengan menambahkan ventilasi udara pada tabung luar untuk meningkatkan suplai oksigen sehingga proses pembakaran menjadi lebih sempurna dan produksi asap berkurang. Demonstrasi pembuatan briket juga memperoleh respons positif karena peserta dapat mempraktikkan secara langsung proses pencampuran, pencetakan, dan pengeringan briket. Kegiatan ini menunjukkan bahwa reaktor double barrel merupakan teknologi tepat guna yang sederhana, mudah dibuat, dan mudah dioperasikan pada skala rumah tangga. Penerapan teknologi ini berpotensi mendukung pengelolaan limbah biomassa yang lebih produktif, menghasilkan bahan bakar alternatif yang bernilai ekonomi, serta meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pemanfaatan limbah secara ramah lingkungan.

Keywords: Arang, Biomassa, Briket, Pirolisis, Reaktor double barrel

PENDAHULUAN

Sampah organik kering dari lingkungan permukiman, seperti serpihan kayu, bambu, ranting, dan daun kering, merupakan biomassa lignoselulosa yang banyak dijumpai namun belum dikelola secara optimal. Biomassa tersebut umumnya dibiarkan menumpuk, dibakar secara terbuka, atau dibuang bersama sampah rumah tangga lainnya. Kondisi ini tidak hanya mengurangi kualitas lingkungan, tetapi juga menghilangkan potensi pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi terbarukan. Haji (2006) menunjukkan bahwa sampah organik dapat dikonversi menjadi arang melalui proses karbonisasi menggunakan reaktor pirolisis, sedangkan Nuhardin (2018) melaporkan bahwa limbah serbuk gergaji menghasilkan arang berkualitas melalui pirolisis lambat. Elsaprike et al. (2018) juga menunjukkan bahwa limbah kayu dapat diolah dengan tungku pirolis *double burner* menjadi arang yang kemudian dapat

dimanfaatkan lebih lanjut. Ayuningtyas dan Aridito (2019) juga menunjukkan bahwa biomassa kayu memiliki potensi sebagai bahan baku arang dengan karakteristik yang dipengaruhi oleh laju pemanasan selama proses pirolisis.

Pirolisis merupakan proses dekomposisi termal biomassa pada kondisi sedikit atau tanpa oksigen yang menghasilkan arang, asap cair, dan gas pirolisis (Zaror & Pyle, 1982). Perkembangan teknologi pirolisis menunjukkan bahwa konversi biomassa menjadi biochar atau arang tidak hanya berperan dalam pengurangan limbah, tetapi juga mendukung penyediaan energi terbarukan dan peningkatan nilai tambah biomassa (Fahmy et al., 2020). Pada penerapan skala rumah tangga, tantangan utama bukan hanya menghasilkan arang, tetapi juga menghasilkan reaktor yang sederhana, mudah dioperasikan, murah, dan mampu bekerja secara efisien. Silaban (2022) menekankan pentingnya pengembangan reaktor bioarang skala kecil yang mudah diadopsi masyarakat, sedangkan Damanik (2020) menunjukkan bahwa kualitas hasil pirolisis sangat dipengaruhi oleh desain alat dan kondisi kekeringan biomassa.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa desain reaktor memiliki pengaruh langsung terhadap distribusi panas, suplai udara, efisiensi pembakaran, dan mutu arang yang dihasilkan. Rodrigues dan Braghini Junior (2019) menjelaskan bahwa performa kiln karbonisasi ditentukan oleh konfigurasi ruang bakar, distribusi panas, dan sistem pemasukan udara. Ridhuan et al. (2020) melaporkan bahwa pembakaran yang berlangsung lebih sempurna mampu meningkatkan suhu ruang bakar sekaligus meningkatkan hasil bioarang dan asap cair. Pah et al. (2023) juga menunjukkan bahwa konfigurasi geometri reaktor berpengaruh terhadap efektivitas proses pirolisis. Polii dan Sirun (2021) membuktikan bahwa reaktor sederhana tetap mampu menghasilkan arang dengan kualitas baik apabila didukung desain yang tepat.

Berdasarkan berbagai hasil penelitian tersebut, salah satu konfigurasi yang sesuai untuk diterapkan pada masyarakat adalah reaktor *double barrel* yang terdiri atas dua tabung koaksial, yaitu tabung bagian dalam sebagai ruang pirolisis dan tabung luar sebagai ruang pembakaran. Konfigurasi ini relatif mudah dibuat menggunakan drum bekas, biaya pembuatannya rendah, serta mudah dioperasikan oleh masyarakat.

Masyarakat RW 11 Kelurahan Taman, Kecamatan Taman, Kota Madiun dipilih sebagai mitra karena masih dijumpai biomassa berupa serpihan kayu, bambu, ranting, dan daun kering yang belum dimanfaatkan secara optimal. Biomassa tersebut umumnya hanya dibakar secara terbuka sehingga menimbulkan asap dan belum memberikan nilai tambah ekonomi. Ganjari et al. (2023) menunjukkan bahwa limbah bambu dapat dimanfaatkan menjadi arang menggunakan reaktor pirolisis sebagai salah satu bentuk kemandirian energi masyarakat. Indrawati et al. (2023) juga menegaskan bahwa kecukupan ruang bakar pada reaktor dua barrel sangat menentukan keberhasilan proses karbonisasi.

Kebaruan program ini terletak pada rekonfigurasi ruang pirolisis dan ruang bakar pada reaktor *double barrel* yang dievaluasi dan disempurnakan selama implementasi di lapangan.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa pembakaran awal masih menghasilkan asap akibat terbatasnya suplai udara dan biomassa yang belum sepenuhnya kering, sehingga dilakukan penambahan celah ventilasi pada tabung luar untuk meningkatkan aliran oksigen, menyempurnakan pembakaran, dan mengurangi pembentukan asap.

Selain menghasilkan arang, biomassa hasil pirolisis dapat dimanfaatkan lebih lanjut sebagai bahan baku briket. Titarsole dan Maaail (2021) menunjukkan bahwa bambu menghasilkan briket dengan mutu yang baik apabila memenuhi persyaratan kadar air, kadar abu, dan nilai kalor. Oleh karena itu, kegiatan ini tidak hanya memperkenalkan teknologi pembuatan arang, tetapi juga mendemonstrasikan proses pembuatan briket sebagai bentuk peningkatan nilai tambah biomassa.

Berdasarkan kondisi tersebut, kegiatan pengabdian ini bertujuan meningkatkan pengetahuan dan keterampilan masyarakat dalam mengolah biomassa menjadi arang menggunakan reaktor *double barrel*, mendemonstrasikan pembuatan briket sebagai produk hilir, serta mendapatkan masukan dari warga guna mengevaluasi kinerja reaktor sebagai dasar penyempurnaan desain pada penerapan berikutnya. Dengan demikian, kegiatan ini diharapkan mampu mendukung pengelolaan limbah biomassa secara lebih produktif, meningkatkan nilai tambah limbah organik, serta memperkuat penerapan teknologi tepat guna di tingkat rumah tangga.

METODE KEGIATAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan pada tanggal 3 September 2025 di RW 11 Kelurahan Taman, Kecamatan Taman, Kota Madiun. Sasaran kegiatan adalah masyarakat setempat yang terdiri atas 6 ibu-ibu, 3 bapak-bapak, dan 1 Ketua RW, sehingga jumlah peserta seluruhnya sebanyak 10 orang. Pemilihan mitra didasarkan pada adanya potensi limbah biomassa berupa serpihan kayu, bambu, ranting, dan daun kering yang belum dimanfaatkan secara optimal.

Tabel 1. Komposisi peserta kegiatan

Kelompok	Jumlah	Keterangan
Ibu-ibu PKK	6	Peserta utama
Bapak-bapak warga	3	Peserta utama
Ketua RW 11	1	Pimpinan wilayah
Mahasiswa	3	Pelaksana
Dosen	4	Pelaksana
Total	17	

Tahapan kegiatan meliputi persiapan, pembuatan reaktor *double barrel*, penyuluhan mengenai prinsip pirolisis biomassa, demonstrasi pembuatan arang menggunakan reaktor, praktik pembuatan briket dari arang hasil pirolisis, diskusi, serta evaluasi pelaksanaan kegiatan. Reaktor *double barrel* dibuat menggunakan dua tabung baja yang disusun secara koaksial, dengan tabung bagian dalam sebagai ruang pirolisis biomassa dan tabung bagian luar sebagai ruang pembakaran. Biomassa yang digunakan berupa potongan bambu berukuran

sekitar 4×6 cm, sedangkan bahan bakar berasal dari potongan bambu dan limbah biomassa kering lainnya.

Pada pelaksanaan uji coba awal, biomassa dan bahan bakar belum berada pada kondisi benar-benar kering sehingga masih menghasilkan uap air dan asap yang relatif banyak. Berdasarkan hasil evaluasi lapangan, dilakukan penyempurnaan desain reaktor dengan menambahkan beberapa celah udara pada bagian bawah tabung luar sebagai jalur masuk udara pembakaran. Modifikasi tersebut bertujuan meningkatkan suplai oksigen sehingga proses pembakaran berlangsung lebih sempurna dan distribusi panas menuju tabung pirolisis menjadi lebih merata.

Keberhasilan kegiatan dievaluasi dibahas dalam diskusi bersama untuk membahas keterlaksanaan seluruh tahapan pelatihan, tingkat kehadiran dan partisipasi peserta, kemampuan peserta mengikuti demonstrasi pembuatan arang dan praktik pembuatan briket, serta kemampuan reaktor menghasilkan arang dari biomassa bambu. Selain itu, evaluasi juga diarahkan untuk mengidentifikasi aspek-aspek teknis yang masih perlu disempurnakan pada rancangan reaktor selama pelaksanaan kegiatan di lapangan. Hasil evaluasi disajikan dalam bentuk uraian, tabel, dan dokumentasi visual agar memberikan gambaran yang komprehensif mengenai pelaksanaan kegiatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pelaksanaan Kegiatan Pengabdian

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan pada tanggal 3 September 2025 di RW 11 Kelurahan Taman, Kecamatan Taman, Kota Madiun dengan melibatkan 10 peserta yang terdiri atas 6 ibu rumah tangga, 3 bapak-bapak, dan 1 Ketua RW. Kegiatan diawali dengan penyampaian materi mengenai potensi pemanfaatan biomassa, prinsip kerja reaktor *double barrel*, proses pirolisis, serta pemanfaatan arang sebagai bahan baku briket. Selanjutnya dilakukan demonstrasi pembuatan arang menggunakan reaktor yang telah dirancang, dilanjutkan dengan praktik pembuatan briket dan sesi diskusi.



Gambar 1. Penjelasan pengoperasian reaktor pembuatan arang

Pelaksanaan kegiatan berlangsung sesuai dengan tahapan yang telah direncanakan. Seluruh peserta mengikuti kegiatan hingga selesai serta berpartisipasi aktif pada sesi diskusi, demonstrasi, maupun praktik pembuatan briket. Antusiasme peserta terutama terlihat pada kelompok ibu rumah tangga yang secara langsung mempraktikkan proses penghancuran arang, pencampuran perekat, pencetakan, hingga pengeringan briket.

Berdasarkan indikator evaluasi yang telah ditetapkan pada tahap metode, hasil pelaksanaan kegiatan dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Evaluasi Pelaksanaan Kegiatan

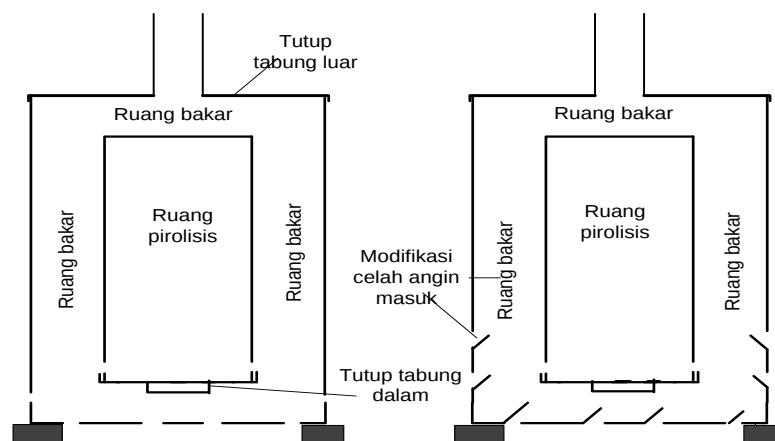
Indikator Evaluasi	Hasil
Jumlah peserta	10 orang
Peserta mengikuti kegiatan hingga selesai	10 orang (100%)
Partisipasi dalam demonstrasi pembuatan arang	10 orang (100%)
Partisipasi dalam praktik pembuatan briket	10 orang (100%)
Reaktor menghasilkan arang bambu	Berhasil
Rekomendasi penyempurnaan reaktor	Guna meminimalkan munculnya asap, maka selain mengupayakan bahan dalam kondisi cukup kering, juga diperlukan penambahan celah di sisi bawah tabung luar agar pengudaraan jauh lebih lancar.

Tabel 2 menunjukkan bahwa seluruh indikator pelaksanaan kegiatan dapat dicapai. Selain keberhasilan penyelenggaraan pelatihan, kegiatan ini juga menghasilkan masukan teknis yang digunakan sebagai dasar penyempurnaan desain reaktor sebelum diterapkan kembali pada kegiatan berikutnya.

2. Evaluasi Kinerja Reaktor Double Barrel

Reaktor *double barrel* yang digunakan terdiri atas dua tabung yang disusun secara koaksial, yaitu tabung bagian dalam sebagai ruang pirolisis dan tabung bagian luar sebagai ruang pembakaran. Pada uji coba pertama digunakan biomassa bambu berukuran sekitar 4 × 6 cm sebagai bahan baku arang, sedangkan potongan bambu dan biomassa kering lainnya digunakan sebagai bahan bakar.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses karbonisasi berhasil menghasilkan arang bambu, namun selama pembakaran masih terbentuk asap dalam jumlah relatif banyak. Kondisi tersebut disebabkan oleh biomassa dan bahan bakar yang belum benar-benar kering sehingga menghasilkan uap air selama proses pemanasan. Selain itu, suplai udara menuju ruang pembakaran masih terbatas sehingga pembakaran belum berlangsung secara sempurna.


Gambar 2. Perbandingan reaktor sebelum dan sesudah modifikasi

Berdasarkan hasil evaluasi tersebut dilakukan modifikasi reaktor dengan menambahkan beberapa celah udara pada bagian bawah tabung luar. Penambahan ventilasi tersebut bertujuan meningkatkan suplai oksigen sehingga diharapkan pembakaran berlangsung lebih stabil, distribusi panas menjadi lebih merata, dan jumlah asap yang dihasilkan dapat dikurangi.

Tabel 3. Hasil Evaluasi Kinerja Reaktor

Parameter	Kondisi sebelum modifikasi	Kondisi yang diharapkan sesudah modifikasi
Asap pembakaran	Tinggi	Lebih rendah
Suplai udara	Terbatas	Lebih baik
Stabilitas nyala	Kurang stabil	Lebih stabil
Potensi pembakaran sempurna	Rendah	Lebih tinggi

Perbaikan tersebut sejalan dengan hasil penelitian Rodrigues dan Braghini Junior (2019) yang menjelaskan bahwa distribusi udara dan panas merupakan faktor utama dalam keberhasilan proses karbonisasi. Ridhuan et al. (2020) juga melaporkan bahwa pembakaran yang lebih sempurna mampu meningkatkan temperatur ruang bakar sehingga proses pembentukan bioarang berlangsung lebih efektif. Temuan kegiatan ini juga mendukung penelitian Indrawati et al. (2023) yang menekankan pentingnya kecukupan ruang bakar pada reaktor arang dua barrel. Dengan demikian, penambahan ventilasi udara pada tabung luar merupakan penyempurnaan sederhana namun efektif untuk meningkatkan performa reaktor tanpa menambah kompleksitas konstruksi alat.

3. Demonstrasi Pembuatan Briket

Setelah proses pirolisis selesai, arang bambu dihancurkan hingga menjadi serbuk, kemudian dicampur dengan perekat berbahan tepung tapioka, dicetak, dan dikeringkan menjadi briket. Demonstrasi pembuatan briket memperoleh respons yang sangat baik dari peserta, khususnya kelompok ibu rumah tangga yang secara langsung mempraktikkan setiap tahapan pembuatan briket. Kegiatan ini menunjukkan bahwa masyarakat tidak hanya memahami proses pembuatan arang, tetapi juga memperoleh keterampilan untuk meningkatkan nilai tambah biomassa melalui produk briket yang lebih praktis digunakan sebagai bahan bakar rumah tangga.


Gambar 3. Penjelasan pembuatan briket.

Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Titarsole dan Maail (2021) yang menunjukkan bahwa bambu merupakan bahan baku potensial untuk menghasilkan briket arang dengan karakteristik yang baik. Ayuningtyas dan Aridito (2019) juga menjelaskan bahwa kualitas arang hasil pirolisis dipengaruhi oleh karakteristik proses pemanasan sehingga pengendalian proses karbonisasi menjadi faktor penting dalam menghasilkan bahan baku briket yang berkualitas.



Gambar 4. Foto bersama peserta kegiatan

Secara umum, kegiatan ini menghasilkan dua capaian penting. Pertama, masyarakat memperoleh pemahaman bahwa biomassa kering yang sebelumnya dianggap limbah dapat diubah menjadi arang dan briket yang bernilai guna. Kedua, tim pengabdian memperoleh masukan teknis untuk penyempurnaan desain reaktor, yaitu perlunya celah udara tambahan pada tabung luar agar pembakaran lebih sempurna dan asap berkurang. Temuan ini memberi implikasi bahwa kegiatan pengabdian bukan hanya transfer teknologi dari perguruan tinggi ke masyarakat, tetapi juga sarana uji lapangan yang menghasilkan inovasi perbaikan alat.

Kegiatan pengabdian masyarakat ini menjadi langkah nyata dalam meningkatkan kesadaran dan kemampuan masyarakat untuk mengelola limbah biomassa menjadi produk yang bernilai guna. Melalui edukasi dan praktik langsung, peserta memperoleh pemahaman bahwa daun kering, ranting, dan limbah organik lainnya tidak hanya menjadi sampah, tetapi dapat diolah menjadi sumber energi alternatif yang lebih ramah lingkungan melalui teknologi sederhana yang dapat diterapkan di tingkat rumah tangga.



Gambar 5. Liputan kegiatan pada madiuntoday.id

Reaktor *double barrel* yang digunakan juga menunjukkan bahwa inovasi tepat guna dapat diadaptasi secara mudah dan ekonomis oleh masyarakat. Antusiasme peserta serta publikasi kegiatan melalui media madiuntoday.id (Gambar 5) menjadi bukti bahwa kegiatan ini tidak hanya memberikan manfaat edukatif, tetapi juga berkontribusi dalam mendorong budaya pengelolaan sampah berbasis ekonomi sirkular dan keberlanjutan lingkungan di masyarakat.

KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat berhasil memperkenalkan teknologi pembuatan arang menggunakan reaktor *double barrel* kepada masyarakat RW 11 Kelurahan Taman, Kecamatan Taman, Kota Madiun. Seluruh peserta mengikuti rangkaian kegiatan hingga selesai serta berpartisipasi aktif dalam demonstrasi pembuatan arang dan praktik pembuatan briket, sehingga tujuan peningkatan pengetahuan dan keterampilan masyarakat dalam pemanfaatan biomassa dapat tercapai. Reaktor *double barrel* berhasil mengubah biomassa bambu menjadi arang, namun hasil evaluasi lapangan menunjukkan bahwa pembakaran awal belum berlangsung secara optimal akibat biomassa yang belum benar-benar kering dan suplai udara yang masih terbatas. Berdasarkan hasil tersebut dilakukan penyempurnaan desain dengan menambahkan ventilasi udara pada bagian bawah tabung luar untuk meningkatkan pasokan oksigen, menstabilkan pembakaran, serta mengurangi asap yang dihasilkan. Modifikasi tersebut menjadi salah satu luaran teknis penting dari kegiatan pengabdian ini.

Demonstrasi pembuatan briket menunjukkan bahwa arang hasil pirolisis memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi produk bernilai tambah yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif skala rumah tangga. Oleh karena itu, kegiatan serupa perlu dikembangkan lebih lanjut melalui penyempurnaan desain reaktor, penggunaan biomassa dengan kadar air yang lebih rendah, serta pendampingan lanjutan mengenai produksi dan pemanfaatan briket sebagai salah satu upaya pengelolaan limbah biomassa yang produktif dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis menyampaikan terima kasih kepada LPPM Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya atas dukungan pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat, kepada pengurus dan warga RW 11 Kelurahan Taman, Kecamatan Taman, Kota Madiun atas partisipasi aktif dan kerja samanya, serta kepada seluruh peserta yang telah mengikuti kegiatan dengan antusias dan membantu praktik pembuatan arang dan briket.

DAFTAR PUSTAKA

- Admin. (2025, 4 September). *Tak Dibakar Cuma-Cuma, Daun Hingga Ranting Kering Kini Bisa Disulap Jadi Briket Ramah Lingkungan*. Madiun Today. Diakses dari: [Madiun Today](#)
- Ayuningtyas, E., & Aridito, M. N. (2019). Studi karakteristik proses pirolisis dan arang dari briket serbuk kayu dengan variasi laju pemanasan menggunakan metode pirolisis *single rocket stove*. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 19(1). <https://journal.ity.ac.id/index.php/JRL/article/view/12>
- Damanik, H. (2020). *Perancangan dan pembuatan alat pirolisis skala rumah tangga menggunakan limbah tempurung kelapa* (Skripsi Sarjana, Universitas Islam Riau). <https://repository.uir.ac.id/8382/1/143310623.pdf>
- Elsaprike, J. (2019). Pembuatan arang dengan metode tungku pirolis *double burner* menggunakan limbah kayu dengan metode Manduk di Kecamatan Tebing Tinggi

- Kabupaten Empat Lawang. *Naturalis: Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 7(2). <https://doi.org/10.31186/naturalis.7.2.6009>
- Fahmy, T. Y. A., Mobarak, F., El-Sakhawy, M., Fadl, M. H., & Abou-Zeid, R. E. (2020). Biochar as a sustainable alternative for biomass waste management: A review. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0200-5>
- Ganjari, L. E., Windyaningrum, T. L., Indrawati, C. D., & Murdapa, P. S. (2023). Pendampingan pemanfaatan sisa bambu menjadi arang dengan reaktor pirolisis ke masyarakat Desa Mojopurno untuk meningkatkan kemandirian energi bersih. *Humanism: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(1). <https://doi.org/10.30651/hm.v4i1.17733>
- Haji, A. G. (2006). Pembuatan arang dari sampah organik dengan cara karbonisasi menggunakan reaktor pirolisis. *Jurnal Purifikasi*, 7(2). <https://purifikasi.id/index.php/purifikasi/article/view/253>
- Indrawati, C. D., Ganjari, L. E., Prasetya, V. W., & Murdapa, P. S. (2023). Perancangan kecukupan ruang bakar untuk reaksi pirolisis bambu ori menggunakan bahan bakar yang disediakan secara batch pada reaktor arang dua barrel (Laporan penelitian). Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
- Nuhardin, I. (2018). Kualitas limbah serbuk gergaji untuk arang yang diperoleh dengan metode pirolisis lambat. *TURBO: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 7(2). <https://ojs.umm metro.ac.id/index.php/turbo/article/view/810>
- Pah, J. C. A., Adoe, D. G. H., & Fahik, E. D. (2023). Desain alat pirolisis reaktor tunggal untuk daur ulang sampah plastik. *Lontar Jurnal Teknik Mesin Undana*, 10(2), 86–90. <https://ejurnal.undana.ac.id/index.php/LJTMU/article/view/14282>
- Polii, I. F. Y., & Sirun, A. (2021). Pembuatan alat untuk memproduksi arang tempurung kelapa secara pirolisis. *Masina Nipake: Jurnal Teknik Mesin*, 1(1), 32–38. <https://p3m.polimdo.ac.id/jurnal/index.php/MASINA-NIPAKE/article/view/65>
- Ridhuan, K., Mafruddin, M., & Al Rasyid, A. (2020). Optimasi pembakaran menyeluruh pada reaktor pirolisis dalam menghasilkan bioarang dan asap cair. *TURBO: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 9(1), 114–123. <https://ojs.umm metro.ac.id/index.php/turbo/article/view/1220>
- Rodrigues, T., & Braghini Junior, A. (2019). Charcoal: A discussion on carbonization kilns. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 143, 104670. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2019.104670>
- Silaban, F. S. T. (2022). Analisis thermal pada reaktor pirolisis bio-arang (Skripsi Sarjana, Universitas Medan Area). <https://repositori.uma.ac.id/jspui/bitstream/123456789/18011/1/148130019%20-%20Freddy%20Saputra%20Tua%20Silaban%20-%20Fulltext.pdf>
- Titarsole, J., & Maail, R. S. (2021). Analisa kualitas briket arang (Studi kasus tanaman bambu di Hutan Pendidikan Desa Honitetu Kabupaten Seram Bagian Barat). *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*, 5(1), 40–49. <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/jhppk/article/view/4004>
- Zaror, C. A., & Pyle, D. L. (1982). The pyrolysis of biomass: A general review. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences (Engineering Sciences)*, 5(4), 269–285. <https://www.ias.ac.in/public/Volumes/sadh/005/04/0269-0285.pdf>.