

PENINGKATAN KUALITAS BATU BARA DENGAN METODE AGLOMERASI DENGAN MINYAK GORENG BEKAS MENGUNAKAN PERALATAN *MICROWAVE*

Bintan Aulia Sabrina Larasati Sahari dan Hardjono

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia
bintanauliasls@gmail.com ; [hardjono@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Batu bara merupakan salah satu sumber energi yang sangat penting saat ini dan memiliki pemanfaatan yang luas dalam industri berskala besar. Tinggi rendahnya kualitas batubara tergantung pada kadar air yang terkandung didalamnya, untuk meningkatkan kualitasnya diperlukan pengolahan yang bertujuan mengurangi kadar air pada batu bara. Salah satu proses yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas batubara yaitu dengan metode aglomerasi menggunakan peralatan *microwave*. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pemanfaatan radiasi gelombang mikro dalam meningkatkan kualitas batubara berupa kadar air dan kadar abu menggunakan metode aglomerasi, dengan menganalisis pengaruh waktu dan daya pada *microwave*. Metodologi penelitian ini dilakukan dengan cara pencampuran batu bara dan air, kemudian ditambahkan *agglomerant agent* berupa minyak goreng bekas dengan perbandingan 1:1. Campuran tersebut dimasukkan kedalam *microwave* dengan waktu proses selama 1, 2, 3, 4, dan 5 menit. Untuk daya yang digunakan sebesar 400, 600, dan 800 watt. Proses selanjutnya yaitu penyaringan dan batu bara di oven selama 60°C selama 2 jam. Analisa kualitas yang dilakukan adalah kadar air dan kadar abu batu bara sebelum dan sesudah dilakukan proses aglomerasi. Setelah dilakukan radiasi gelombang mikro, didapatkan hasil semakin lama waktu proses dalam *microwave*, kadar air dan kadar abu dalam batubara semakin berkurang. Penggunaan daya *microwave* yang lebih tinggi juga menghasilkan penurunan yang lebih signifikan pada kadar air dan kadar abu dalam batubara. Kondisi terbaik diperoleh pada waktu proses 5 menit dengan penggunaan daya *microwave* sebesar 800 watt dengan hasil kadar abu sebesar 9,9816% dan kadar air sebesar 1,5076%.

Kata kunci: *aglomerasi, batu bara, microwave*

ABSTRACT

Coal is one of the most important energy sources today and has extensive use on a large industrial scale. The high or low quality of coal depends on the water content contained therein, to reduce the water content, treatment is needed to improve its quality. One of the processes carried out to improve the quality of coal is the agglomeration method using microwave equipment. This study aims to evaluate the use of microwaves in improving the quality of coal in the form of moisture content and ash content using the agglomeration method, by analyzing the effect of time and power on microwaves. The methodology of this research was carried out by mixing coal and air, then adding a coagulating agent in the form of used cooking oil with a ratio of 1:1. Then the mixture is put into the microwave with the processing time used in the microwave for 1, 2, 3, 4, and 5 minutes. The power used is 400, 600 and 800 watts. Then do the filtering and the coal will be in the oven for 60 °C for 2 hours. The quality analysis carried out was the water content and coal ash content before and after the agglomeration process was carried out. After microwave irradiation, the results obtained were that the longer the processing time in the microwave, the water content and ash content in the coal decreased. The use of higher microwave power also results in a more significant reduction in the moisture and ash content of the coal.

The best conditions were obtained at a processing time of 5 minutes with the use of 800 watts of microwave power, resulting in an ash content of 9.9816% and a moisture content of 1.5076%.

Keywords: agglomeration, coal, microwave

1. PENDAHULUAN

Batu bara merupakan salah satu sumber energi yang sangat penting saat ini dan memiliki pemanfaatan yang luas dalam industri berskala besar. Permasalahan energi yang timbul akibat pertumbuhan populasi dan kelangkaan minyak global, serta masalah emisi dari bahan bakar fosil telah mendorong setiap negara untuk menghasilkan dan menggunakan energi terbarukan. Selain itu kenaikan harga minyak juga menjadi masalah serius yang mempengaruhi banyak negara di seluruh dunia, terutama Indonesia [1]. Dikarenakan cadangan minyak di Indonesia semakin berkurang dan diperkirakan akan habis dalam waktu dekat, pemerintah Indonesia telah menetapkan batu bara sebagai sumber energi alternatif utama yang memiliki cadangan cukup untuk 200 hingga 300 tahun ke depan [2]. Di sisi lain, batubara diandalkan sebagai modal dasar pembangunan yaitu sebagai sumber energi utama pada pembangkit listrik, sementara di sisi lain pemanfaatan batubara terkendala isu lingkungan karena pembakaran batubara secara langsung menghasilkan emisi CO₂ penyebab terjadinya perubahan iklim [3].

Kualitas batubara ditentukan oleh kadar air yang terkandung di dalamnya, sehingga perlu dilakukan pengolahan untuk mengurangi kadar air tersebut dan meningkatkan kualitasnya. Salah satu proses yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas batubara yaitu dengan metode aglomerasi batu bara. Metode aglomerasi batu bara yaitu proses peningkatan kualitas batu bara untuk meningkatkan nilai kalori dan menurunkan nilai *total moisture* dengan pemanasan menggunakan zat aditif berupa limbah minyak goreng dan pelumas untuk mencegah air tersebut tidak masuk kembali dalam batu bara [4]. Dari tahun ke tahun, industri makanan olahan semakin banyak sehingga minyak goreng bekas juga semakin meningkat. Dari rumah ke rumah pun pasti menghasilkan minyak goreng bekas. Selain jumlahnya berlimpah, minyak goreng bekas merupakan limbah yang dapat mencemari lingkungan jika langsung dibuang ke perairan tanpa pengolahan terlebih dahulu. Oleh karena itu, dalam penelitian ini ingin memanfaatkan limbah minyak goreng tersebut sebagai bahan penghubung dalam proses aglomerasi untuk meningkatkan kualitas batu bara peringkat rendah.

Beberapa penelitian diantaranya mengenai *dewatering* batu bara Jorong menggunakan minyak goreng bekas dan minyak tanah dengan ukuran batu bara 35 mesh suhu operasi 120 sampai 180°C, kecepatan pengadukan 500 rpm selama 1,5jam. Didapatkan hasil optimum pada suhu operasi 160°C dengan perbandingan batu bara, minyak goreng bekas dan minyak tanah 1:1:1. Kenaikan nilai kalori sebesar 24,85% dan penurunan kadar air sebesar 95,34% [5]. Penelitian berikutnya mengenai proses pengeringan batu bara dengan menggunakan gelombang mikro. Penelitian ini menggunakan peralatan *microwave* daya 400watt dengan variasi ukuran partikel batu bara 16-20 mesh, 20-40 mesh, dan 40-60 mesh dan waktu 1, 2, 3, 4, dan 5 menit. Hasil penelitian diperoleh kehilangan kadar air paling banyak terjadi pada proses pengeringan batu bara ukuran partikel 40-60 mesh selama 5 menit [6]. Pada penelitian lain mengenai peningkatan kualitas batu bara Indonesia peringkat

rendah melalui penghilangan *moisture* dengan pemanasan gelombang mikro. Pada penelitian ini menggunakan variasi ukuran partikel batu bara sebesar lolos 4 mesh tertahan 16 mesh, lolos 16 mesh tertahan 60 mesh, lolos 200 mesh tertahan 325 mesh, variasi sampel sebesar 5, 10, 20, dan 30 gram, dan variasi daya yang digunakan sebesar 300, 640, dan 800 watt. Hasil penelitian diperoleh, pada pemanasan daya 800 watt memerlukan waktu penghilangan *moisture* yang paling pendek [7].

Berdasarkan latar belakang dan penelitian terdahulu, bahwa batu bara yang berkualitas rendah mempunyai kandungan air yang tinggi. Metode yang digunakan untuk peningkatan kualitas batu bara sangat beragam yaitu metode aglomerasi menggunakan pemanasan konvensional, menggunakan radiasi gelombang ultrasonik, dan menggunakan radiasi gelombang mikro. Oleh karena itu, hasil dari penelitian sebelumnya masih perlu dilakukan studi lanjut terkait penggunaan daya yang sesuai agar didapatkan hasil yang optimal dalam meningkatkan kualitas batu bara. Selain itu, waktu proses juga perlu dikaji ulang agar didapatkan proses dengan efisiensi waktu yang baik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pemanfaatan radiasi gelombang mikro dalam meningkatkan kualitas batubara berupa kadar air dan kadar abu menggunakan metode aglomerasi, dengan menganalisis pengaruh waktu (1, 2, 3, 4, dan 5 menit) dan daya (400, 600, dan 800 watt) pada *microwave*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen (*experiment research*) dengan pengambilan data dari sampel. Penelitian dilakukan di Laboratorium Riset 1 Politeknik Negeri Malang menggunakan metode aglomerasi dengan campuran air dan minyak goreng bekas, yang diproses menggunakan peralatan *microwave*. Dengan variabel berubah yang digunakan adalah pengaruh waktu proses dan daya yang digunakan dalam *microwave*. Waktu proses yang digunakan dalam *microwave* divariabelkan selama 1, 2, 3, 4, dan 5 menit. Untuk daya yang digunakan sebesar 400, 600, 800 watt. Variabel tetap yang digunakan pada penelitian ini yaitu batu bara dari PT. Adaro dan PT. Kedico Kalimantan Tengah dengan ukuran partikel batu bara sebesar +40-60 mesh. Menggunakan *agglomerant agent* campuran minyak goreng bekas dan air dengan perbandingan *agglomerant agent* (minyak goreng bekas) terhadap batu bara yaitu 1:1. *Microwave* yang digunakan adalah LG TOP MICROWAVE model MS2535GIS. *Microwave* ini mampu memanggang dan memanaskan dengan kapasitas 25 liter, daya listrik yang dikonsumsi mencapai 1000 watt dan dapat diubah-ubah dayanya. Percobaan pada penelitian ini meliputi beberapa tahapan yaitu:

2.1. Tahapan Persiapan Bahan Baku

Langkah pertama yaitu mengecilkan ukuran sampel batu bara yang akan digunakan menggunakan alat *crusher* kemudian diayak dengan ukuran +40-60 mesh [8]. Kemudian, menimbang sampel batu bara masing-masing 50gram untuk tiap variabel. Setelah itu, melakukan analisa batu bara awal dengan analisa kadar air dan kadar abu. Untuk bahan baku minyak goreng sebagai *agglomerant agent* yang telah didapatkan akan disaring terlebih dahulu untuk dipisahkan dari pengotornya kemudian bahan baku tersebut dapat digunakan dalam proses aglomerasi.

2.2. Tahap Proses Aglomerasi Menggunakan Peralatan *Microwave*

Langkah awal dari proses aglomerasi adalah memasukkan sampel batu bara yang sudah disiapkan kedalam wadah. Kemudian, menambahkan air dan mengaduknya sampai tercampur merata. Setelah itu, menambahkan minyak goreng bekas kedalam wadah yang berisi batu bara-air dengan perbandingan 1:1 terhadap massa batu bara [9]. Mengaduk campuran hingga homogen. Kemudian, melakukan pemanasan dengan *microwave* dengan variasi daya yang digunakan sebesar 400, 600, dan 800watt [6]. Untuk waktu dalam proses *microwave* dengan variasi selama 1, 2, 3, 4, dan 5 menit [7]. Langkah selanjutnya, melakukan penyaringan [10]. Kemudian, batu bara akan di oven selama 60°C selama 2 jam. Setelah di oven maka sampel batu bara akan dilakukan analisa kadar air dan kadar abu.

2.3. Tahap Analisa

Sampel yang sudah dilakukan proses aglomerasi kemudian dilakukan analisa yang berupa kadar air dan kadar abu.

a) Kadar Air

Penurunan kadar air dalam batu bara dapat dilakukan dengan cara mekanik atau perlakuan panas. Kadar air dapat dikurangi secara efektif dengan cara pemanasan [11]. Proses pemanasan batu bara sampai temperatur tertentu menyebabkan terjadinya perubahan komposisi struktur batu bara. Pada analisa kadar air, sampel dipanaskan pada suhu 105°C dengan menggunakan oven selama 3 jam kemudian didinginkan dalam desikator selama 30 menit [12]. Kemudian sampel ditimbang lalu di oven lagi selama 1 jam dengan suhu 105°C. Kemudian ditimbang sampai didapatkan berat konstan [13].

$$\text{Kadar air} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

m1 = berat wadah (gram)

m2 = berat wadah + sampel (gram)

m3 = berat wadah + sampel setelah dari oven (gram)

b) Kadar Abu

Abu merupakan zat mineral yang tidak terbakar dan akan tertinggal ketika batu bara terbakar sempurna. Kadar abu yang tinggi dalam batu bara tidak mempengaruhi proses pembakaran, namun dapat memperbesar kerugian yang disebabkan terdapatnya sejumlah bahan bakar yang terbuang bersama dengan abu tersebut [14]. Pada analisa kadar abu, sampel dipijarkan pada suhu 750°C dalam *furnace* selama 3 jam [12].

$$\text{Kadar abu} = \frac{m_3 - m_4}{m_2 - m_1} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

m1 = berat wadah (gram)

m2 = berat wadah + sampel (gram)

m3 = berat wadah + sampel setelah dari *furnace* (gram)

m4 = berat wadah bersih setelah dari *furnace* (gram)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

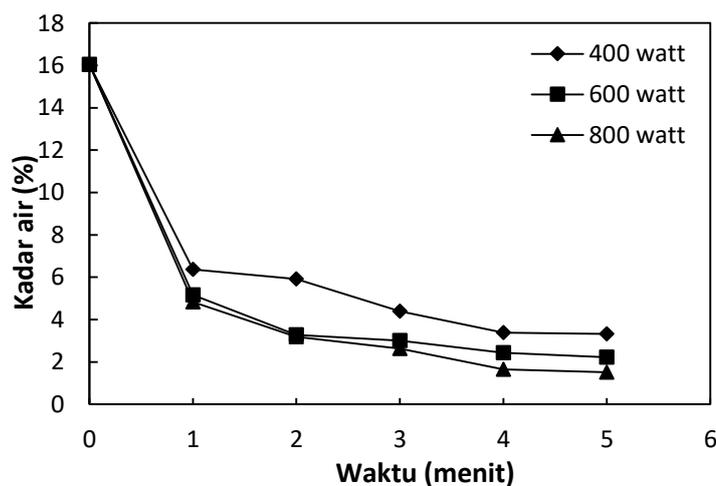
3.1. Hasil

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan diperoleh data seperti yang tertera pada Tabel 1. berikut ini.

Tabel 1. Data pengaruh perlakuan daya dan waktu perlakuan dalam *microwave* terhadap kadar air dan kadar abu

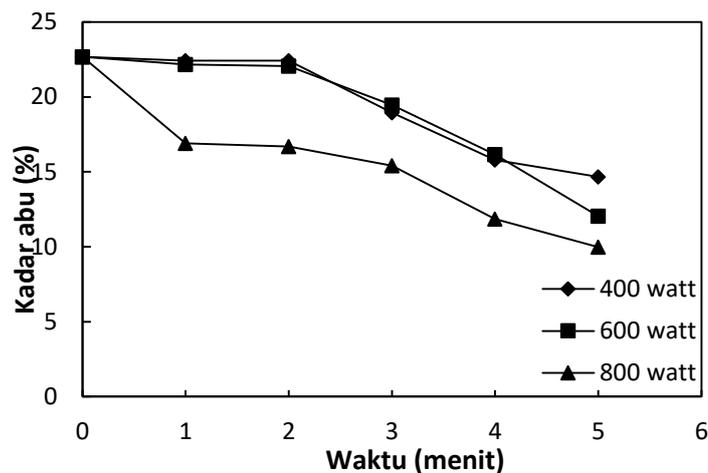
Daya (watt)	Waktu proses (menit)	Kadar air (%)	Kadar abu (%)
	Batu bara awal	16,0429	22,6657
400	1	6,7301	22,4220
	2	5,9110	22,4220
	3	4,3919	18,9437
	4	3,3836	15,8042
	5	3,3171	14,6591
600	1	5,1623	22,1643
	2	3,2771	22,0609
	3	3,0096	19,4655
	4	2,4362	16,1647
	5	2,2272	12,0357
800	1	4,8323	16,9054
	2	3,1907	16,6960
	3	2,6334	15,4101
	4	1,6549	11,8455
	5	1,5076	9,9816

Dari data yang diperoleh pada Tabel 1, didapatkan hasil grafik pengaruh waktu perlakuan dalam *microwave* terhadap kadar air yang terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh waktu perlakuan dalam *microwave* terhadap kadar air

Dari data yang diperoleh pada Tabel 1, didapatkan hasil grafik pengaruh waktu perlakuan dalam *microwave* terhadap kadar abu yang terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh waktu perlakuan dalam *microwave* terhadap kadar abu

3.2. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa batu bara awal memiliki kadar air dan kadar abu yang lebih tinggi dibandingkan dengan batu bara setelah proses aglomerasi. Hal ini menunjukkan efektivitas metode aglomerasi dengan minyak goreng bekas menggunakan peralatan *microwave* dalam mengurangi kadar air dan kadar abu pada batu bara. Dalam penelitian ini, waktu proses divariabelkan antara 1 hingga 5 menit. Dari hasil yang diperoleh, dapat dilihat bahwa semakin lama waktu proses aglomerasi maka kadar air dan kadar abu pada batu bara semakin berkurang. Misalnya, pada penggunaan daya 400 watt ketika waktu proses dari 1 menit hingga 5 menit, kadar air pada batu bara mengalami penurunan dari 6,7301% menjadi 3,3171%. Sedangkan untuk kadar abu mengalami penurunan dari 22,4220% menjadi 14,6591%. Hal ini menunjukkan bahwa metode aglomerasi pada batu bara dengan menggunakan peralatan *microwave* dapat secara efektif mengurangi kandungan air dan abu pada batu bara.

Selain itu, kadar air dan kadar abu pada batu bara sebelum proses aglomerasi juga menjadi perbandingan untuk mengevaluasi peningkatan kualitas setelah proses aglomerasi. Dalam penelitian ini, batu bara awal memiliki kadar air sebesar 16,0429% dan kadar abu sebesar 22,6657%. Setelah melalui proses aglomerasi dengan menggunakan peralatan *microwave*, dapat dilihat bahwa kadar air dan kadar abu batu bara mengalami penurunan yang signifikan, seperti yang terlihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Berdasarkan hasil penelitian, dapat dilihat bahwa semakin lama waktu proses aglomerasi dalam *microwave* maka kadar air dan kadar abu pada batu bara semakin berkurang. Hal ini menunjukkan bahwa waktu proses memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kadar air dan kadar abu [15]. Semakin lama waktu proses, partikel-partikel batu bara memiliki lebih banyak waktu untuk teraglomerasi dengan *agglomerant agent*, sehingga kandungan air dan kandungan abu dapat tereduksi secara efektif [16]. Mesroghli, dkk (2015) mengatakan pemanasan melalui gelombang mikro dapat menghilangkan hampir semua air dengan sangat cepat dan pengeringan gelombang mikro lebih efektif dalam menghilangkan air yang terkandung dalam batu bara [17]. Penelitian ini selaras dalam penelitian oleh Pusparizkita, dkk.(2022) di mana waktu proses yang lebih lama secara signifikan mengurangi kadar air dalam sampel [18].

Dalam penelitian ini, digunakan tiga daya dalam *microwave* yaitu 400, 600, dan 800 watt. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi daya *microwave* yang digunakan, semakin signifikan pula penurunan kadar air dan kadar abu batu bara setelah proses aglomerasi. Pada waktu proses 3 menit, ketika daya *microwave* ditingkatkan dari 400 watt menjadi 600 watt kadar air batu bara mengalami penurunan dari 4,3919% menjadi 2,6334%, sementara kadar abu mengalami penurunan dari 18,9437% menjadi 15,4101%. Hal ini menunjukkan bahwa daya *microwave* yang lebih tinggi dapat mempercepat proses aglomerasi dan menghasilkan penurunan kadar air dan kadar abu. Dapat dikatakan daya *microwave* juga memiliki pengaruh terhadap penurunan kadar air dan kadar abu [19]. Penelitian Balachandar, dkk.(2021) juga mendukung pada penelitian ini dengan mengatakan bahwa penggunaan daya yang lebih besar dapat mempercepat pengurangan kadar abu batu bara [20]. Semakin tinggi daya yang digunakan, semakin efisien proses aglomerasi yang mengakibatkan penurunan kadar air dan kadar abu yang lebih signifikan. Hal ini dapat terjadi karena daya *microwave* yang lebih tinggi mampu meningkatkan suhu dan energi dalam *microwave* yang mempercepat proses aglomerasi. Kondisi terbaik pada kadar air dan kadar abu terendah diperoleh pada waktu proses selama 5 menit dengan daya *microwave* 800 watt yaitu sebesar 1,5076% dan 9,9816%.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode aglomerasi dengan menggunakan minyak goreng bekas dan peralatan *microwave* memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas batu bara. Proses aglomerasi dengan peralatan *microwave* mampu mengurangi kadar air dan kadar abu, sehingga dapat meningkatkan efisiensi pembakaran batu bara dan mengurangi emisi yang merugikan lingkungan. Selain itu, metode aglomerasi menggunakan minyak goreng bekas sebagai *agglomerant agent* juga memiliki manfaat untuk mendaur ulang limbah minyak goreng bekas yang dapat mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan. Penggunaan minyak goreng bekas ini dapat menjadi alternatif yang ekonomis dan ramah lingkungan untuk meningkatkan kualitas batu bara.

Dalam penelitian ini, penggunaan metode aglomerasi dengan menggunakan minyak goreng bekas dengan peralatan *microwave* berhasil meningkatkan kualitas batu bara, yang ditunjukkan dengan penurunan kadar air dan kadar abu setelah proses aglomerasi. Penggunaan daya yang lebih tinggi menyebabkan penyerapan gelombang mikro lebih banyak pada partikel batubara karena gelombang mikro dapat dengan mudah menembus permukaan batubara yang kering dan memanaskan area yang lembab di dalam partikel batubara, menghasilkan panas internal dan tekanan uap, memaksa uap air untuk bermigrasi ke permukaan sehingga semakin tinggi daya yang digunakan maka secara signifikan dapat memperpendek waktu pengeringan. Sehingga dapat menurunkan kadar air dan kadar abu secara signifikan, semakin rendah kadar air pada batu bara maka kadar abu juga akan semakin rendah pula.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu proses dalam *microwave*, kadar air dan kadar abu dalam batubara semakin berkurang. Penggunaan daya *microwave* yang lebih tinggi juga menghasilkan penurunan yang lebih signifikan pada kadar air dan kadar abu dalam batubara. Kondisi terbaik diperoleh pada waktu proses 5 menit dengan

penggunaan daya *microwave* sebesar 800 watt, diperoleh kadar abu sebesar 9,9816% dan kadar air sebesar 1,5076%.

Saran untuk penelitian selanjutnya, perlu dipelajari pengaruh variasi ukuran partikel pada batu bara. Sedangkan dari segi uji kualitas, perlu dilakukan analisa nilai kalor, *volatile matter*, *fixed carbon*, dan lain-lain.

Referensi:

- [1] M. A. Aziz, "Studi Gasifikasi Berbahan Bakar Briket Batubara Terhadap Temperatur Pembakaran," Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2018.
- [2] Nukman dan S. Poertadji, "Metode Aglomerasi Air-Minyak Sawit Untuk Menurunkan Kadar Sulfur Pada Batubara Bituminus," *Jurnal Teknologi*, no.4, hal. 279-286, 2006.
- [3] Direktorat Jendral Mineral dan Batubara, "Road Map Pengembangan dan Pemanfaatan Batubara (Grand Strategy Hilirisasi Batubara)," *Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral*, 2021.
- [4] D. F. Umar, "Pengaruh Proses Upgrading Terhadap Kualitas Batubara Bunyu, Kalimantan Timur," *Semin. Rekayasa Kim. dan Proses*, hal. 1–11, 2010.
- [5] D. Jaya, "Dewatering Batubara Jorong, Kalimantan Selatan Dengan Menggunakan Minyak Goreng Bekas Dan Minyak Tanah," *Eksergi*, vol. 14, no. 2, hal. 35, 2017.
- [6] M. Haviz, "Pengaruh Waktu Dan Ukuran Partikel Pada Pengeringan Batubara Dengan Menggunakan Gelombang Mikro," *J. Teknol. dan Inov. Ind.*, vol. 1, no. 2, hal. 12–15, 2021.
- [7] W. E. Komariah, "Peningkatan Kualitas Batubara Indonesia Peringkat Rendah Melalui Penghilangan Moisture Dengan Pemanasan Gelombang Mikro," Universitas Indonesia, 2012.
- [8] Y. S. Prastya, W. Nugroho, dan A. Winarno, "Metode Aglomerasi Air Kapur Dan Minyak Sawit Mentah (CPO) Untuk Meningkatkan Nilai Kalori Batubara Sub-Bituminous (Agglomeration Methods of Limestone Water And Crude Palm Oil (Cpo) To Increase The Calorific Value Of Sub-Bituminous Coal)," *J. Teknol. Miner. FT UNMUL*, vol. 9, no. 1, hal. 33–38, 2021.
- [9] Noviyani, "Pemanfaatan Proses Upgraded Brown Coal (UBC) Untuk Pemasakan Briket Di Rumah Tangga," Universitas Indonesia, 2011.
- [10] S. Poertadji, N. Dan, dan M. Hikam, "Pengaruh Aglomerasi Air-Minyak Sawit Terhadap Kadar Karbon Dan Nilai Kalori Batubara Semi-Antrasit, Bituminus Dan Sub-Bituminus," *J. Sains Mater. Indones. Indones. J. Mater. Sci.*, vol. 7, no. 3, hal. 1411–1098, 2006.
- [11] A. Husain, A. Makhsud, dan S. Yani, "Analisa Sistem Penurunan Kadar Air Batubara Dengan Proses Pemanasan," *J-Move*, vol. 3, no. 1, hal. 6–15, 2021.
- [12] S. Ardinata, D. Herniti, dan A. Pranajati, "Analisis Proksimat Batubara Menggunakan Standar Astm Pada Pt. Cahaya Bumi Perdana Kabupaten Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat," *J. Rekayasa Lingkungan.*, vol. 22, no. 1, hal. 11–15, 2022.
- [13] Y. U. Fikriyah dan R. S. Nasution, "Analisis Kadar Air Dan Kadar Abu Pada Teh Hitam yang Dijual di Pasaran dengan Menggunakan Metode Gravimetri," *Amina*, vol. 3, no. 2, hal. 50–54, 2021.
- [14] D. F. Ardhytasari, "Analisa Data proksimat dan Perhitungan Volume Batubara Berdasarkan Data Log Densitas Dan Gamma Ray Dari Lapangan 'TG' PT. SUCOFINDO

- (PERSERO), Tbk,” Institut Teknologi Sepuluh November, 2017.
- [15] S. Effendy, A. Aswan, K. Ridwan, N. Ramadhania, dan T. Junica Amanda, “Pengaruh Daya Microwave Dalam Proses Pengolahan Minyak Mawar (*Rosa hybrida*) Dan Minyak Ylang-Ylang (*Cananga odorata genuine*) Dengan Metode Microwave Hydrodistillation,” *J. Kinet.*, vol. 11, no. 03, hal. 20–27, 2020.
- [16] Nukman dan S. Poertadji, “Pengurangan Kadar Abu Dan Sulfur Pada Batubara Sub Bituminus Dengan Metode Aglomerasi Air-Minyak Sawit,” *Indones. J. Mater. Sci.*, vol. 7, no. 1, hal. 31–36, 2006.
- [17] S. Mesroghli, J. Yperman, E. Jorjani, R. Carleer, dan M. Noaparast, “Evaluation of microwave treatment on coal structure and sulfur species by reductive pyrolysis-mass spectrometry method,” *Fuel Process. Technol.*, vol. 131, hal. 193–202, 2015.
- [18] Y. M. Pusparizkita, A. F. Hidayatullah, N. F. Anwar, Junaidi, dan Sudarno, “The influence of drying time on pellet fuel moisture content,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1098, no. 1, 2022.
- [19] H. A. Anisa, M. Yusuf, dan S. Nasir, “Karakterisasi Batubara Jambi Untuk Peningkatan Kualitas Batubara Melalui Radiasi Gelombang Mikro,” *J. Pertamb.*, vol. 4, no. 4, hal. 174–179, 2020.
- [20] V. Balachandar, T. Ramkumar, B. Kalidasan, dan C. Subramaniyan, “Experimental study on ash content & calorific value of coal used in thermal power station,” *Mater. Today Proc.*, vol. 45, hal. 457–461, 2021.