



PENGARUH KOMPOSISI LIMBAH PREPARASI BATUBARA, CARBOXYMETHYL CELLULOSE (CMC), DAN MINYAK JELANTAH TERHADAP STABILITAS COAL OIL MIXTURE (COM)

Melani Ganing^{a,*}, Idi Amin^a, Nurul Khusnul Khatimah^a

^aProgram Studi Teknik Kimia Mineral Politeknik ATI Makassar

Jalan Sunu No. 220, Kota Makassar, 90211

*E-mail: melanimg@atim.ac.id

Masuk Tanggal : 23 November 2024, revisi tanggal: 8 Mei 2025, diterima untuk diterbitkan tanggal : 30 Juni 2025

Abstrak

Limbah preparasi batu bara dan minyak jelantah merupakan limbah yang dapat menimbulkan masalah penyimpanan dan pencemaran di lingkungan. Limbah preparasi batu bara yang terdiri dari partikel batu bara halus, sering kali dianggap tidak bernilai. Sebaliknya, minyak goreng bekas adalah limbah dari penggunaan minyak goreng yang, jika tidak ditangani dengan benar, dapat berkontribusi terhadap polusi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan stabilitas campuran komponen COM. Desain penelitian eksperimental laboratorium digunakan dalam pekerjaan ini. Uji laboratorium, khususnya pengujian sampel langsung dan pengamatan, digunakan untuk mengumpulkan data. Penelitian pembuatan COM dilakukan dengan mencampurkan batu bara dengan minyak jelantah dengan variasi komposisi yaitu Limbah batu bara, minyak jelantah dan, CMC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan zat aditif dan minyak jelantah mempengaruhi stabilitas COM agar tetap terdispersi dengan baik. Stabilitas terbaik dari penelitian ini yaitu sampel dengan limbah batu bara 36%, minyak jelantah 63,1%, CMC 0,9% (E), karena menunjukkan stabilitas dan homogenitas yang optimal dimana nilai densitasnya 1,0434 g/cm³, suhu 29°C dan lama nyala apinya selama 239 detik.

Kata Kunci: Limbah batu bara, Minyak jelantah, Zat aditif, CMC, COM, Stabilitas.

Abstract

Coal preparation waste and used cooking oil are wastes that can cause storage and pollution problems in the environment. Coal preparation waste consisting of fine coal particles is often considered worthless. Conversely, used cooking oil is a waste product from cooking oil use that, if improperly handled, can contribute to pollution. Determining the stability of the COM component mixture was the aim of this investigation. A laboratory experimental research design is used in this work. Laboratory tests, specifically direct sample testing and observation, were used to gather data. The study of COM production was carried out by mixing coal with used cooking oil with variations in composition, namely Coal waste, used cooking oil and, CMC. The results showed that the content of additives and used cooking oil affected the stability of COM so that it remained well dispersed. The best sample stability from this study was with 36% coal waste, 63.1% used cooking oil, 0.9% CMC (E), because it showed optimal stability and homogeneity where the density value was 1.0434 g / cm³, temperature 29 °C and the flame duration for 239 seconds.

Keywords: Coal waste, Used cooking oil, Additives, CMC, COM, Stability.

1. PENDAHULUAN

Limbah preparasi batu bara adalah hasil samping dari proses pemurnian batu bara yang bertujuan untuk menghilangkan material pengotor

seperti tanah, batu, dan material organik. Limbah ini dapat pencemaran lingkungan jika tidak dikelola dengan tepat, di mana penumpukan limbah di area pembuangan dapat mengakibatkan kontaminasi tanah dan air serta masalah kesehatan

bagi manusia dan ekosistem sekitar. Meskipun dianggap sebagai limbah, partikel halus batu bara ini masih memiliki nilai kalor yang dapat dimanfaatkan. Mengubah limbah ini menjadi bahan bakar alternatif seperti *coal oil mixture* (COM) dapat menjadi solusi inovatif yang mengurangi dampak lingkungan dan memberikan nilai tambah ekonomi [1].

Minyak jelantah merupakan minyak yang sudah dipakai untuk memasak dan umumnya dibuang karena penurunan kualitas. Limbah tersebut juga menimbulkan masalah lingkungan jika dibuang sembarangan, karena berpotensi mencemari tanah dan air [2]. Pengelolaan minyak jelantah secara langsung dengan mencampurkannya ke dalam campuran bahan bakar dapat menjadi salah satu cara pemanfaatan yang efektif. Minyak jelantah dapat berfungsi sebagai komponen bahan bakar dalam pembuatan COM tanpa perlu perlakuan khusus sebelumnya. Minyak jelantah mengandung asam lemak, termasuk asam lemak bebas dan tak jenuh, yang dapat meningkatkan efisiensi pembakaran ketika dicampurkan dengan batu bara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kalori batu bara akan meningkat seiring dengan banyaknya minyak jelantah yang dipenetrasi dan tingginya temperatur pemanasan. Terjadi kecenderungan penurunan kadar *moisture* seiring dengan peningkatan suhu pada semua komposisi campuran batu bara dan minyak jelantah [3].

Salah satu solusi untuk mengatasi tantangan pemenuhan kebutuhan energi di masa depan adalah dengan mengembangkan bahan bakar non-konvensional, seperti biomassa, gasifikasi arang, briket, serta pengenceran atau pembuatan slurry dari batu bara menggunakan COM. COM merupakan salah satu solusi inovatif untuk memanfaatkan limbah preparasi batu bara dan minyak jelantah.

COM adalah kombinasi antara batu bara dan minyak yang berpotensi digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Pemanfaatan limbah batu bara dalam pembuatan bahan bakar alternatif dapat mengurangi dampak lingkungan dan meningkatkan nilai ekonomi dari limbah tersebut [13].

Penggunaan *carboxymethyl cellulose* (CMC) sebagai zat aditif dapat meningkatkan stabilitas dan viskositas campuran bahan bakar berbasis minyak. CMC adalah polimer yang sering digunakan sebagai agen penstabil dan pengental dalam berbagai industri (Diana & Syafaatullah, 2023). Dengan penambahan CMC, diharapkan COM dapat memiliki stabilitas yang lebih baik dan homogenitas yang tinggi, sehingga

menjadikannya lebih efisien dan aman untuk dimanfaatkan sebagai sumber bahan bakar [14].

Dalam pembuatan COM, parameter yang harus diperhatikan yaitu stabilitas. Stabilitas ini dapat dievaluasi melalui pengujian densitas dan pembakaran. Penambahan zat aditif pada COM berfungsi sebagai agen pengikat yang membantu menjaga agar batu bara dan minyak tetap terdispersi secara merata dan stabil dalam campuran [7]. Menurut studi ini, CMC merupakan komponen yang dominan dalam COM. Zat aditif tidak hanya mempengaruhi densitas, tetapi juga mempengaruhi reaktivitas pembakaran COM. Semakin baik proses dispersi COM, semakin optimal pula reaktivitas pembakarannya [8].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini penting untuk dilakukan guna mengetahui stabilitas COM akibat campuran komposisi limbah preparasi batu bara, COM dan minyak jelantah berdasarkan uji densitas dan uji pembakaran.

2. PROSEDUR PERCOBAAN

2.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari limbah batu bara, minyak jelantah, dan *carboxymethyl cellulose* (CMC).

2.2 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan gelas standar laboratorium, serta alat bantu lainnya yang mendukung proses seperti timbangan, *magnetic stirrer*, *hot plate*, piknometer, oven, *furnance type carbolite*, *crucible VM*, *stopwatch*, wadah sampel dan *torch*.

2.3 Proses Persiapan Sampel

Pemanfaatan limbah preparasi batu bara dan minyak jelantah menjadi COM pada uji pembakaran dan uji densitas, dengan permodelan variasi zat aditif dan minyak jelantah. Limbah batu bara 36%, minyak jelantah 63,9%, CMC 0,1% (A), limbah batu bara 36%, minyak jelantah 63,7%, CMC 0,7% (B), Limbah batu bara 36%, minyak jelantah 63,5%, CMC 0,5% (C), Limbah batu bara 36%, minyak jelantah 63,3%, CMC 0,7% (D), limbah batu bara 36%, minyak jelantah 63,1%, CMC 0,9% (E).

Sebanyak 180 gram limbah batu bara ditimbang. Selanjutnya, zat aditif *carboxymethyl cellulose* (CMC) ditimbang masing-masing sebanyak: 0,5 gram (0,1%), 1,5 gram (0,3%), 2,5 gram (0,5%), 3,5 gram (0,7%), dan 4,5 gram (0,9%). Masing-masing campuran limbah batu bara dan CMC kemudian dicampur dengan minyak jelantah sebanyak: 286,9 mL (63,9%), 286,0 mL (63,7%), 285,1 mL (63,5%), 284,2 mL

(63,3%), dan 283,3 mL (63,1%). Campuran tersebut diaduk menggunakan stirrer di atas *hot plate* selama 10 menit dengan kecepatan 1150 rpm.

2.4 Tahap Analisa

2.4.1 Densitas

Piknometer dicuci terlebih dahulu dengan air suling, kemudian dibilas dengan alkohol lalu dikeringkan di dalam oven. Selanjutnya, didinginkan dan ditimbang (W_1 gram) sebagai cawan kosong. Sampel yang telah distirrer di atas *hot plate* dimasukkan ke dalam piknometer, kemudian timbang (W_2 gram) sebagai bobot cawan + sampel dan dicatat hasilnya. Untuk menghitung densitas digunakan Persamaan (1).

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

Dengan ρ adalah massa jenis, m adalah massa V adalah volume

2.4.2 Uji Pembakaran

Sampel COM sebanyak 1 gram ditimbang ke dalam cawan pembakar (dish ash), kemudian dibakar menggunakan torch dengan nyala diarahkan langsung ke sampel. Selanjutnya, diamati karakteristik nyala serta durasi waktu pembakarannya.

2.4.3 Proximate Analysis [9]

a. Inherent Moisture

Sebanyak 1 gram limbah batu bara ditimbang ke dalam cawan, dan berat totalnya dicatat sebagai m_2 . Saat hidangan berada di atas nampan dan dimasukkan ke dalam oven, tutupnya diletakkan terpisah di luar oven. Setelah pintu oven ditutup, gas *compressed* air dialirkan dengan laju 447 cc/menit selama 1 jam. Setelah satu jam beroperasi, cawan dan piring dikeluarkan dari oven, dan piring segera ditutup kembali.

Pemanasan dilanjutkan selama lima belas menit jika penutup piring terdapat kondensasi. Piring ditempatkan dalam desikator hingga mencapai suhu ruangan setelah proses pemanasan selesai. Setelah dingin, cawan beserta tutupnya ditimbang dan dicatat massanya sebagai m_3 . Untuk menghitung *inherent moisture*, digunakan Persamaan (2).

$$M.ad = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100\% \quad (2)$$

Dengan m_3 adalah massa dish IM, tutup cawan dan contoh setelah pemanasan (g), m_2 adalah massa dish IM, tutup dan contoh sebelum pemanasan (g), m_1 adalah massa dish IM kosong dan tutup (g), dan $M.ad$ adalah moisture dalam contoh yang telah dikeringkan (air-dried) (%).

b. Ash Content

Setelah 15 menit pengeringan pada suhu 500°C dalam oven, cawan didinginkan di udara selama lima menit, kemudian didinginkan kembali selama lima menit dalam desikator. Setelah itu, cawan kosong ditimbang dan dicatat massanya sebagai m_1 . Selanjutnya, sebanyak 1 gram sampel batu bara disebar secara merata ke dalam cawan, lalu ditimbang dengan ketelitian hingga 0,0010 gram dan dicatat sebagai m_2 .

Setelah sampel dipanaskan selama satu jam pada suhu 500°C dalam tungku, suhu dinaikkan menjadi 750°C dan dipertahankan pada suhu tersebut selama tiga jam. Cawan diambil dari tungku setelah empat jam pemanasan dan didinginkan selama lima menit dalam desikator.. Setelah itu, cawan ditimbang dan beratnya dicatat sebagai m_3 . Hasil perhitungan kemudian dilakukan, dan pengujian diulangi (duplo) untuk memastikan konsistensi data. Dihitung *ash content* dengan Persamaan (3).

$$Ash = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100\% \quad (3)$$

Dengan m_3 adalah massa dish ash dan contoh setelah pemanasan (g), m_2 adalah massa dish ash dan contoh sebelum pemanasan (g), m_1 adalah massa dish ash kosong (g), dan Ash adalah Ash dalam contoh yang telah dikeringkan (air-dried) (%).

c. Volatile Matter

Timbang cawan kering dan tutupnya, masukkan satu gram sampel arang ke dalamnya. Catat berat total tersebut sebagai m_2 . Setelah di timbang contoh batu bara pada crucible, lalu tutup crucible tersebut dengan penutup crucible dengan tidak menekan secara rapat. Pasang crucible pada kawat penyangga dan langsung masukkan secara perlahan-lahan pada bibir tungku dengan posisi crucible masuk bagian masuk kedalam tungku tahan selama 2 menit pada suhu 950°C.

Setelah cukup 2-3 menit lanjut masukkan kembali secara perlahan-lahan ke dalam tungku sampai nyala api pada pembakaran volatile matter habis. Panaskan crucible tersebut sampai waktu 7 menit pada suhu 950°C Keluarkan crucible dari tungku secara perlahan-lahan dan dinginkan diatas pelat aluminium selama 3 menit.

Letakkan dalam desikator selama empat menit setelah cukup dingin. Setelah menutup kuai dan menimbang, ukur isi dalam m^3 . Hitung hasilnya, kemudian cantumkan nama dan tanggal. Lakukan pengujian ulang apabila hasil duplo berada di luar batas toleransi yang ditetapkan oleh

laboratorium. batas toleransi laboratorium. Untuk menghitung volatile matter, digunakan Persamaan (4).

$$\text{Berat yang hilang} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100\% \quad (4)$$

$$(\%) = 100 - \text{Berat yang hilang}$$

Dengan m_3 adalah massa dish VM, tutup dan contoh setelah pemansan (g), m_2 adalah massa dish VM, tutup dan contoh sebelum pemanasan (g), m_1 adalah massa dish VM kosong dan tutup (g).

d. Fixed Carbon

Kandungan karbon tetap (fixed carbon) dalam batu bara merupakan nilai yang diperoleh dengan mengurangi total kadar kelembaban (moisture), abu (ash content), dan zat terbang (volatile matter) dari 100%. Perhitungan dilakukan dengan Persamaan (5).

$$\text{fixed } (\%) = 100 - (\text{Moisture} + \text{Ash} + \text{Volatile}) \quad (5)$$

Tabel 1. Hasil Analisis Uji Karakteristik Sampel

No	Parameter Analisis	Hasil Uji	Standar ASTM	Satuan
1	Inherent Moisture	14,19	0,1	% - b
2	Ash Content	5,72	0,2	% - b
3	Volatile Matter	56,09	0,3	% - b
4	Fixed Carbon	38,19	-	-
5	Calori value	5022	0,12	kJ/kg

Variasi yang digunakan pada pembuatan COM adalah jumlah penambahan zat aditif seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Jumlah zat aditif akan mempengaruhi stabilitas COM dari segi densitas dan pembakaran. Pengaruh dari segi densitas, yaitu ketika COM dikatakan stabil apabila dalam jangka waktu tertentu partikel batu bara masih terdispersi dan tidak mengalami pengendapan dan tidak terjadi pemisahan fase, sedangkan pengaruh dari segi uji pembakaran, yaitu ketika COM yang stabil akan terbakar secara efisien dan merata, menunjukkan bahwa distribusi partikel tetap homogen selama proses pembakaran [1], [14], [16].

Minyak jelantah juga dapat mempengaruhi stabilitas COM dalam uji densitas dan uji pembakaran. Pada uji densitas, jumlah minyak

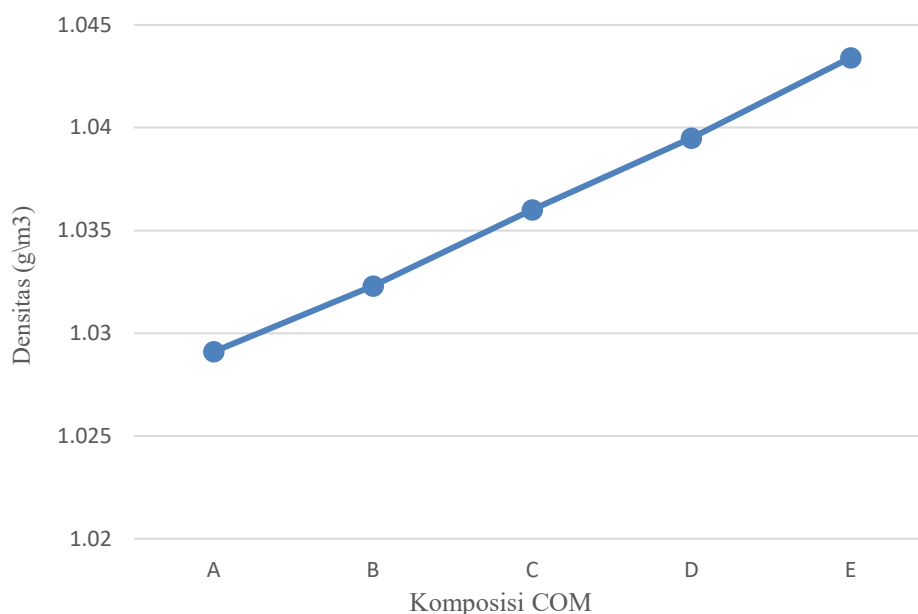
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah produksi, sampel-sampel tersebut diuji dengan analisis proksimat dan pengujian nilai kalor. Menurut metode standar ASTM D-2015-96, nilai kalor bahan bakar adalah sifat yang menunjukkan jumlah energi yang terkandung di dalamnya. Analisis proksimat, di sisi lain, adalah teknik analitis yang digunakan untuk menilai seberapa baik bahan bakar berfungsi selama proses pemanasan dan pembakaran. Kandungan abu [ASTM D-3174-12], kandungan air [ASTM D-3173-11], kandungan bahan volatil [ASTM D-3175-11], dan kandungan karbon tetap [ASTM D-3172-07a] semuanya ditentukan sebagai bagian dari analisis ini [18].

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sampel limbah batu bara telah memenuhi standar yang ditetapkan dan tidak melewati batas toleransi repeatability ASTM D3175 seperti ditunjukkan dalam Tabel 1.

jelantah yang berlebih cenderung meningkatkan viskositas campuran, yang dapat menyebabkan penyebaran partikel limbah batu bara menjadi tidak merata dan menyebabkan ketidakstabilan campuran serta hasil densitas yang tidak konsisten.

Sementara itu, pada uji pembakaran, kelebihan minyak jelantah dapat menyebabkan pembakaran yang kurang efisien, karena minyak yang tidak terbakar sempurna dapat mengganggu stabilitas energi yang dihasilkan, sehingga menurunkan efisiensi pembakaran COM secara keseluruhan [17]. Minyak jelantah memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan dengan minyak murni, yang dapat mempengaruhi stabilitas densitas campuran (Sari et al., 2024).



Gambar 1. Grafik hubungan antara komposisi COM dan nilai densitas

Pada gambar 1 hasil uji densitas COM menunjukkan bahwa peningkatan kandungan zat aditif secara konsisten meningkatkan densitas campuran [2] [12]. Dengan nilai tertinggi pada sampel E 0,9% zat aditif sebesar 1,0434 g/cm³ dengan suhu 29°C. Sampel dengan 0,9% zat aditif dianggap optimal karena menghasilkan densitas tertinggi, menunjukkan stabilitas dan homogenitas yang optimal. Aditif pada level ini efektif menjaga partikel batubara tersuspensi secara merata dalam minyak jelantah, mencegah pemisahan fase dan pengendapan, sehingga memastikan kestabilan campuran yang maksimal (Pratama, Solihin, & Sriyanti, 2018).

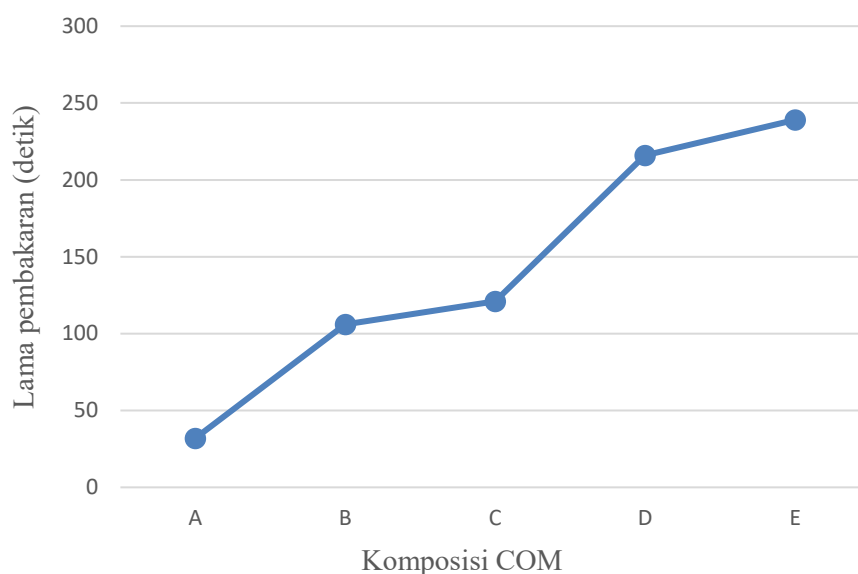
Penambahan CMC sebagai zat aditif dalam Coal Oil Mixture meningkatkan densitas campuran karena CMC berfungsi sebagai agen pengental dan stabilizer. CMC meningkatkan viskositas campuran, yang membantu menjaga partikel batu bara tetap tersuspensi dalam minyak jelantah dan mencegah pengendapan. Interaksi molekul CMC dengan air, minyak, dan partikel batu bara menciptakan jaringan yang kuat, meningkatkan massa dan densitas campuran [6] [5].

Sampel limbah batu bara 36%, minyak jelantah 63,1%, CMC 0,9% (E) memiliki densitas tertinggi sebesar 1,0434 g/cm³ pada suhu 29°C, menunjukkan bahwa pada level ini, CMC paling efektif dalam menjaga partikel batu bara tersuspensi merata, mencegah pemisahan fase, dan memastikan stabilitas dan homogenitas campuran yang optimal.

Gambar 2 menunjukkan hasil uji pembakaran, ketika waktu nyala api meningkat seiring dengan peningkatan kandungan aditif dalam COM. Waktu nyala api terpendek terjadi pada sampel A dengan aditif 0,1% dan durasi 32 detik. Waktu nyala api terpanjang pada sampel E dengan aditif 0,9% dan durasi 239 detik. Hal ini menunjukkan bahwa aditif 0,9% lebih efisien yang dapat disebabkan oleh homogenitas campuran yang lebih baik dan stabilitas pembakaran yang meningkat.

Kaitan jumlah zat aditif dengan homogenitas campuran terletak pada kemampuan aditif untuk mendistribusikan partikel-partikel dalam campuran secara lebih merata. Aditif yang digunakan dalam COM bertindak sebagai agen pengemulsi atau stabilizer yang membantu menyatukan partikel-partikel minyak dan batu bara, sehingga mencegah pemisahan fase [6].

Efisiensi pembakaran COM bergantung pada homogenitas campuran, ukuran partikel batu bara, dan aditif yang digunakan. Studi menunjukkan bahwa penggunaan aditif seperti CMC dapat meningkatkan stabilitas dan homogenitas COM, dan meningkatkan efisiensi pembakaran. Selain itu, pengendalian ukuran partikel batu bara yang optimal dapat meningkatkan reaktivitas selama proses pembakaran, menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi [15].



Gambar 2 Grafik hubungan antara komposisi COM dan uji pembakaran

Berdasarkan pembahasan tersebut maka dapat diketahui bahwa pembakaran yang lebih lama pada aditif 0,9% mengindikasikan campuran tersebut memiliki tingkat stabilitas yang lebih tinggi, sehingga proses pembakaran dapat berlangsung secara lebih efisien dan berkelanjutan. Peningkatan jumlah aditif dapat menyebabkan homogenitas campuran meningkat karena partikel-partikel dalam campuran lebih tersebar dan tersuspensi, menghasilkan campuran yang lebih konsisten dan stabil.

4. KESIMPULAN

Sampel dengan stabilitas dan homogenitas paling optimal adalah sampel E dengan komposisi batu bara 36%, minyak jelantah 63,1% dan CMC 0,9% dengan nilai densitas 1,0434 g/cm³, suhu 29°C dan lama nyala apinya selama 239 detik. Kandungan zat aditif sebesar 0,9% paling optimal dalam meningkatkan kinerja pembakaran COM berdasarkan lama pembakaran dan kualitas emisi.

Zat aditif berpengaruh terhadap kestabilan COM agar tetap terdispersi dengan baik dan stabil, sehingga diperlukan penelitian yang lebih spesifik mengenai zat aditif yang paling sesuai dengan bahan bakar alternatif COM yang sesuai dengan kebutuhan industri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Kimia Mineral (TKM), Direktorat, dan Kepala Unit Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (UPPM) di Politeknik ATI Makassar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. E. Setyaningsih and W. S. Wiwit, "Pengolahan Minyak Goreng Bekas (Jelantah) Sebagai Pengganti Bahan Bakar Minyak Tanah (Biofuel) Bagi Pedagang Gorengan Di Sekitar Fmipaunnes," *Rekayasa*, vol. 15, no. 2, pp. 89-95, 2017.
- [2] I. Prbasai and I. A. Rineksane, "Pengolahan Limbah Rumah Tangga Minyak Jelantah menjadi Sabun Cair," *Jurnal Inovasi dan Penerapan IPTEKS*, vol. 11, no. 2, pp. 195-204, 2023.
- [3] R. Nursani, R. H. E. Handayani, and D. Bahrin, "Pengaruh Temperatur pada Proses Upgrading Brown Coal dengan Penambahan Minyak Jelantah," *Jurnal Pertambangan*, vol. 4, no. 3, pp. 158-162, 2020.
- [4] N. Kanani, N. Murrachman, and Budhijanto, "Pengaruh Diameter Partikel terhadap Stabilitas Bahan Bakar Alternatif Coal-Oil Mixtures (COM)," *Jurnal Integrasi Proses*, vol. 6, no. 1, pp. 33-38, 2016.
- [5] S. Diana and A. Q. Syafaatullah, "Pengaruh Volatile Matter dan Zat Aditif terhadap Stabilitas Coal Water Fuel (CWF)," *Jurnal Teknologi Kimia Mineral*, vol. 2, no. 2, pp. 108-110, 2023.
- [6] F. R. Pratama, S. and Sriyanti, "Kajian Pembuatan Coal Water Mixture dari Batubara Sorong Sebelum Dan Setelah Upgrading," *Jurnal Proseding Teknik Pertambangan*, pp. 80-86, 2018.
- [7] Sukandarrumidi, Batubara dan Pemanfaatannya, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2006.

- [8] A. Yakub, *Kualitas Batubara Edisi Kedua*, Bandung: Rb, 2006.
- [9] PT. Geoservices, *Manual Book PT. Geoservices Volume 3 A Sampling, Preparasi, dan Metode Pengujian Contoh Batubara*, Kendari: PT. Geoservices, 2022.
- [10] B. A. S. L. Sahari and Hardjono, "Peningkatan Kualitas Batu Bara Dengan Metode Aglomerasi Dengan Minyak Goreng Bekas Menggunakan Peralatan Microwave," *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 9, no. 4, pp. 571-579, 2023.
- [11] G. Ganeshan and P. Panda, "Effect of Oil viscosity on Rheology of Coal-Oil Mixtures," *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, pp. 227-236, 2017.
- [12] D. P. G. Ganeshan, "Effect of Oil Viscosity on Rheology of Coal-Oil Mixtures," *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, vol. 37, no. 5, pp. 227-236, 2017.
- [13] Kanani, N., Murrachman, B., & Budhijanto, B. (2016). Pengaruh Diameter Partikel Terhadap Stabilitas Bahan Bakar Alternatif Coal-Oil Mixtures (COM). *Jurnal Integrasi Proses*, 6(2).
- [14] Pratama, F. R., Solihin, S., & Sriyanti, S. (2018). Kajian Pembuatan Coal Water Mixture dari Batubara Sorong Sebelum dan Setelah Upgrading. *Prosiding Teknik Pertambangan*, 80–86.
- [15] Purnomo, H. (2020). Simulasi Numerik Pengaruh Ukuran Partikel Batubara (Fineness) Terhadap Karakteristik Pembakaran Pada Sistem Pulverized Coal Sub-Critical Boiler Kapasitas 600 MW. Institut Teknologi 10 November Surabaya.
- [16] I. Prabasari and I. A. Rineksane (2023). Pengolahan Limbah Rumah Tangga Minyak Jelantah Menjadi Sabun Cair. *Berdikari: Jurnal Inovasi Dan Penerapan Ipteks*, 11(2), 195–204.
- [17] B. A. S. L. Sahari, & Hardjono (2023). Peningkatan Kualitas Batu Bara Dengan Metode Aglomerasi Dengan Minyak Goreng Bekas Menggunakan Peralatan Microwave. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 9(4), 571–579.
- [18] M. Afriyenti, Z. Helwani, and W. Fatra, (2018). Optimasi Proses Pembuatan Arang Batang Sawit Melalui Proses Karbonisasi Menggunakan Response Surface Methodology. In *Jom FTEKNIK*, Vol. 5, Issue 1).