



**OPTIMALISASI NILAI KALORI DAN KADAR ABU  
BROWN COAL MENGGUNAKAN METODE AGLOMERASI  
AIR KAPUR-MINYAK SAWIT MENTAH**

**OPTIMIZATION OF CALORIFIC VALUE AND ASH CONTENT OF  
BROWN COAL USING AGGLOMERATION METHOD  
OF LIMESTONE WATER-CRUDE PALM OIL**

A. Nelvi<sup>1\*</sup>, A. Fadhly<sup>2</sup>, J. A. Wardani<sup>3</sup>, H. Rahmi<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, Sekolah Tinggi Teknologi Industri Padang

<sup>1-4</sup>Jl. Prof. Dr. Hamka No.121, Parupuk Tabing, Kota Padang, Sumatera Barat 25586, (0751) 7054350

e-mail: <sup>1</sup>\*[afnelvi@gmail.com](mailto:afnelvi@gmail.com), <sup>2</sup>[ahmadfadhly.geo08@yahoo.com](mailto:ahmadfadhly.geo08@yahoo.com), <sup>3</sup>[jordanade.wardani22@gmail.com](mailto:jordanade.wardani22@gmail.com),

<sup>4</sup>[hisnirahmi@gmail.com](mailto:hisnirahmi@gmail.com)

**ABSTRAK**

Di Indonesia potensi sumberdaya batubara melimpah, namun pemanfaatan batubara peringkat rendah (*brown coal*) masih sangat kurang. Upaya pengoptimalan *brown coal* dapat dilakukan dengan menerapkan teknologi aglomerasi untuk meningkatkan kualitas batubara tersebut. Tujuan penelitian ini yaitu menerapkan metode aglomerasi air kapur–minyak sawit mentah guna mengetahui perubahan nilai kalori dan kadar abu pada *brown coal*. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif. Sampel *brown coal* yang digunakan dalam penelitian ini ukuran 140 mesh dengan massa 100 gr masing-masing untuk minyak sawit mentah (CPO 20 ml, 30 ml, dan 40 ml). Hasil analisis diperoleh bahwa semakin banyak volume minyak sawit mentah yang diberikan, kadar karbon yang diikat semakin tinggi sehingga nilai kalori batubara juga akan meningkat. Nilai kalori yang diperoleh secara berurutan sebesar 4.736,11 Kcal/kg, 4.828,16 Kcal/kg dan 5.223,50 Kcal/kg sedangkan kadar abu (*ash content*) mengalami penurunan dengan nilai sebesar 3.48%, 3,37%, dan 3.09%. Disimpulkan bahwa dengan metode aglomerasi air kapur-minyak sawit mentah, *brown coal* yang terdapat di PT Asia Multi Investama, Kabupaten Tebo, Provinsi Jambi dapat ditingkatkan nilai kalorinya dan kadar abu yang semakin berkurang. Hubungan antara nilai kalori dan kadar abu diperoleh dengan menggunakan regresi linear sederhana dengan nilai koefisien determinasi 0,99.

**Kata kunci:** aglomerasi, brown coal, nilai kalori, kadar abu, minyak sawit mentah

**ABSTRACT**

*Potential of coal resources In Indonesia is very abundant. However, the utilization of low rank coal (brown coal) is still very less. Efforts to optimize brown coal are by applying agglomeration technology to improve coal quality. The purpose of this research is agglomeration technology coal-crude palm oil used to determine changes in the calorific value and ash content of brown coal. In this study brown coal with a size of 140 mesh each mass 100 gr for crude palm oil 20 ml, 30 ml and 40 ml. The results of this study indicate that the more volume of crude palm oil, the higher the carbon content that is bound, so that it can increase the calorific value of brown coal. It was found that the different calorific value were respectively 4.736,11 Kcal/kg, 4.828,16 Kcal/kg and 5.223,50 Kcal/kg, while the ash content showed an decrease 3.48%, 3,37%, and 3.09%. It can be concluded that with the agglomeration method of limestone water and crude palm oil, the brown coal contained in PT. Asia Multi Investama, Tebo Regency, Jambi Province, can increase its calorific value and decrease ash content. The linear regression method then used to determine the correlation between calorific value and ash content with a coefficient of determination of 0.99.*

**Keywords:** agglomeration, brown coal, calorific value, ash content, crude palm oil

## PENDAHULUAN

Di Indonesia potensi sumberdaya batubara melimpah. Batubara kebanyakan digunakan untuk pembangkit energi listrik di Pembangkit Listrik Tenaga Uap, industri tekstil, kertas dan semen. Pemanfaatan ini dilakukan karena jumlah cadangannya yang cukup banyak serta harganya yang lebih ekonomis [1]. Namun pemanfaatan batubara peringkat rendah (*brown coal*) masih sangat kurang. Hal ini disebabkan karena kurang ekonomis dan tidak memenuhi kriteria pasar. Masalah seperti faktor teknis ataupun masalah lingkungan yang ditimbulkan oleh batubara peringkat rendah selalu menjadi isu dan mendapat perhatian yang serius. Kandungan *moisture* batubara peringkat rendah (*brown coal*) yang cukup tinggi sekitar > 40 % menyebabkan batubara tersebut memiliki harga yang relatif murah dan tidak banyak dimanfaatkan [2]. Selanjutnya, sifat swabakar yang tinggi dapat menyebabkan batubara tersebut sulit dimanfaatkan terutama jika digunakan sebagai bahan bakar langsung.

Perbedaan kualitas batubara disebabkan oleh beberapa faktor. Penelitian yang dilakukan oleh Putri, dkk pada tahun 2019 menyatakan bahwa faktor penyebab penyimpangan batubara di *front* penambangan adalah tingginya kandungan pengotor yang terdapat dalam batubara itu sendiri [3]. Selain itu, menurut Sugianto, dkk peralatan mekanis yang kurang terjaga kebersihannya, seperti melekatnya tanah pada roda *dump truck* pada saat mengangkut batubara dapat mengakibatkan kadar abu meningkat [4]. Semakin tinggi kandungan air dan kadar abu maka nilai kalori pada batubara akan semakin turun. Nilai kalori batubara yang rendah akan mempengaruhi permintaan konsumen akan kebutuhan batubara

Abu dan sulfur merupakan unsur pengotor di samping pengotor lainnya seperti tanah, batuan, dan mineral. Pembakaran batubara akan meninggalkan abu yaitu; *fly ash*, *bottom ash*, dan *boilerslag*. Pada abu terbang (*fly ash*) ditemukan sejumlah elemen yang memiliki potensi menjadi racun. Kadar abu pada batubara berkisar antara 5% - 30%. Upaya penurunan kadar abu dan sulfur dalam batubara tidak hanya menghilangkan polutan, tetapi juga meningkatkan nilai kalori batubara. Dengan mencuci batubara tersebut (aglomerasi) maka kadar abu dan sulfur dari bahan anorganik pada batubara dapat dikurangi. Proses aglomerasi sangat bergantung pada petrografi batubara, struktur, jenis, peringkat, dan oksidasi permukaan [5]. Faktor yang mempengaruhi aglomerasi batubara di antaranya adalah peringkat batubara dimana hidrofobisitas batubara meningkat seiring dengan peningkatan peringkatnya, mulai dari lignit hingga antrasit [6].

Batubara hasil penambangan bukan batubara bersih, masih banyak mengandung material pengotor (pengotor homogen) yang terjadi pada saat pembentukan batubara

(*intrinsic impurity*) dan pengotor yang dihasilkan saat penambangan (*impurity ekstrinsik*) sehingga perlu dilakukan pencucian batubara. Tujuan pencucian batubara yaitu untuk memisahkan batubara dari material pengotornya dan menspesifikasikan ukuran batubara hasil penambangan sesuai dengan permintaan konsumen.

Kualitas batubara (analisis proksimat dan ultimat) mempengaruhi potensi penggunaannya [7]. Kualitas batubara (maseral dan *mineral matter* penyusunnya, serta derajat *coalification* (*rank*)) dibutuhkan untuk menentukan apakah batubara tersebut menguntungkan untuk ditambang.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Nukman dan Poertadji tentang kadar abu dan sulfur pada batubara Sub Bituminus dengan menggunakan metode aglomerasi air dan minyak sawit [8]. Ukuran partikel batubara yang digunakan yaitu 40 mesh dan 60 mesh. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa pencucian dengan menggunakan aglomerasi dapat menurunkan kadar abu dan sulfur ke tingkat relatif rendah. Minyak sawit berpengaruh lebih besar terhadap penurunan kadar abu dibandingkan dengan minyak diesel dan lainnya. Ukuran partikel batubara juga memberikan perbedaan yang signifikan terhadap hasil proses aglomerasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Rauf, dkk tentang upaya peningkatan nilai kalori pada batubara lignit dengan metode aglomerasi air-minyak sawit untuk menghitung nilai kalori saja [9]. Penelitian ini tidak membahas kandungan abu. Hasil penelitian diperoleh bahwa semakin tinggi konsentrasi minyak, semakin tinggi nilai kalori batubara. Kandungan karbon secara alami meningkat karena penurunan kandungan *mineral matter* yang merupakan pengotor pada batubara.

Selanjutnya penelitian oleh Prastya dkk pada tahun 2021, menggunakan minyak sawit mentah pada batubara sub bituminous [10]. Proses aglomerasi dengan minyak sawit mentah dan air kapur, kadar abu dalam aglomerat batubara dengan campuran minyak sawit 50 ml memiliki kandungan abu paling tinggi dengan kadar 10,46% dan aglomerat batubara dengan campuran minyak sawit 30 ml memiliki kandungan abu paling rendah dengan kadar 4,62%. Proses aglomerasi dapat diterapkan pada batubara jenis sub bituminus, bituminous, dan antrasit [8].

Keterbaruan dalam penelitian ini adalah menganalisis perubahan nilai kalori dan kadar abu setelah dilakukannya proses aglomerasi air kapur-minyak sawit mentah dengan variasi minyak sawit mentah 20 ml, 30 ml dan 40 ml serta menggunakan regresi linear sederhana untuk melihat pengaruh kadar abu terhadap nilai kalori. Selanjutnya ukuran partikel batubara yang digunakan dalam penelitian ini dibuat lebih halus. Proses aglomerasi dalam penelitian ini menggunakan minyak sawit mentah sedangkan media pemisah untuk

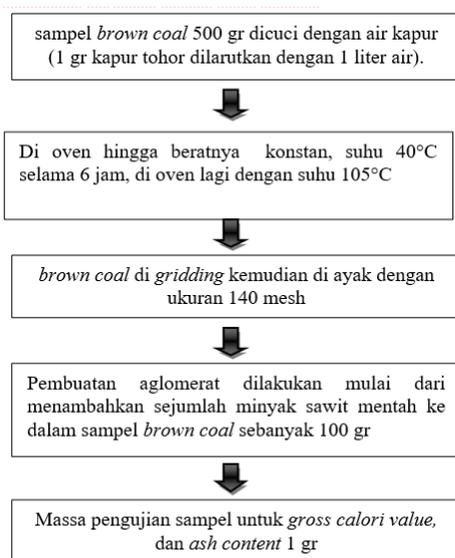
mereduksi mineral matter dalam batubara menggunakan air kapur. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis perubahan nilai kalori dan kadar abu pada *brown coal* dengan menggunakan metode aglomerasi dan melihat pengaruh kadar abu terhadap kalori.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif. Sampel *brown coal* diperoleh dari PT Asia Multi investama (PT AMI) di Kabupaten Tebo, Provinsi Jambi pada Bulan Agustus 2022. Analisis *Gross Calori Value* berdasarkan ASTM D5865/D5865M-19 dan analisa kadar abu berdasarkan ASTM D7582-15. Lokasi pengujian proksimat dilakukan di Laboratorium Batubara Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

*Brown coal* dengan massa 500 gr dicuci dengan air kapur (1 gram kapur tohor dilarutkan dengan 1 liter air). *Brown coal* yang sudah dicuci dengan air kapur di-oven hingga beratnya konstan dengan suhu 40°C selama 6 jam. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan *air dry loss* batubara. Setelah itu di-oven lagi dengan suhu 105°C yang bertujuan untuk mendapatkan *residual moisture* batubara. Selanjutnya *brown coal* di-grinding menggunakan alat *top greading* dan diayak dengan ukuran 140 mesh.

Pembuatan aglomerat dilakukan mulai dari menambahkan sejumlah minyak sawit mentah / *Crude Palm Oil* (CPO) ke dalam sampel *brown coal* sebanyak 100 gram. Nilai kalori minyak sawit mentah 9.565 Kcal/kg dan CPO 5%. Massa pengujian sampel untuk *gross calori value* dan *ash content* 1 gr. Sampel yang sudah dipreparasi kemudian dilakukan pengujian kualitas *brown coal* yang meliputi uji proksimat berupa *calori value* dan *ash content*. Adapun diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada Gambar 2, terlihat alat yang digunakan untuk menghitung besarnya nilai kalori yang mengacu kepada ASTM D5865/D5865M-19. Langkah-langkah pengoperasian alat ini adalah (a) Isi kolom-kolom seperti name, method, vessel, operator, id code, Fuse dan Nitrogen, (b) Masukkan berat sampel yang akan dianalisa pada kolom weight, (c) Letakan bucket yang sudah diisi aquadest ke bucket lid, (d) Letakan combustion vessel (bomb) ke dalam bomb bucket kemudian tutup cover bucket, (e) Tekan tombol f5 analyze, (f) Setelah bunyi beep satu kali analisa dimulai, setelah selesai analisa ditandai dengan bunyi beep tiga kali secara otomatis nilai kalori akan muncul pada layar.



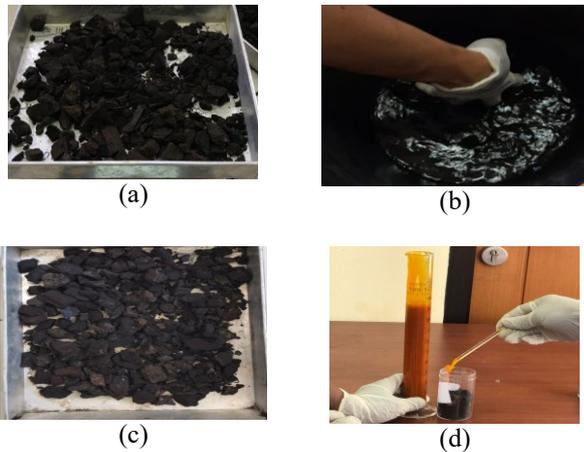
Gambar 2. Alat *Automatic Calorimeter* untuk pengukuran nilai kalori

Pada Gambar 3, terlihat alat yang digunakan untuk menghitung besarnya kadar abu yang mengacu kepada ASTM D7582-15. Langkah-langkah pengoperasian alat ini adalah (a) Klik ikon sampel kemudian pilih klik login, (b) Masukkan nama, method, operator, id code dan informasinya lainnya (c) Klik analyze atau F5, (d) Letakan crucible kosong pada carousel, (e) Tunggu beberapa saat software akan menginisialisasi crucible berdasarkan id sampel dan menimbang berat kosong, (f) Setelah selesai insialisasi furnace akan membuka dan carousel akan berputar ke posisi crucible yang pertama masukan sampel sebanyak 1 gram ke dalam crucible tersebut, (g) Kemudian tekan tombol actuator untuk berpindah ke *crucible* berikutnya, (h) Analisa akan berjalan sesuai dengan method misal step 1 *moisture*, step 2 *volatile* step 3 *ash*, (i) Setelah semua step selesai, cover purnace akan membuka tunggu dengan suhu 500 c tunggu sampai furnace dingin kemudian ambil semua crucible.



Gambar 3. Alat *Thermogravimetric Analyzer* untuk pengukuran nilai kadar abu

Perubahan nilai kalori dan kadar abu *brown coal* menggunakan metode aglomerasi media air kapur-minyak sawit mentah dengan beberapa variasi CPO (minyak sawit mentah: 20 ml, 30 ml dan 40 ml). Teknik aglomerasi merupakan suatu teknik yang efektif untuk me-recovery dan mengurangi abu batubara [8]. Gambar 4 menunjukkan proses pada aglomerasi batubara.



**Gambar 4.** (a) Batubara sebelum dilakukan proses pencucian dengan air kapur, (b) pencucian batubara dengan air kapur, (c) batubara setelah di oven, (d) batubara dicampurkan dengan minyak sawit mentah (CPO)

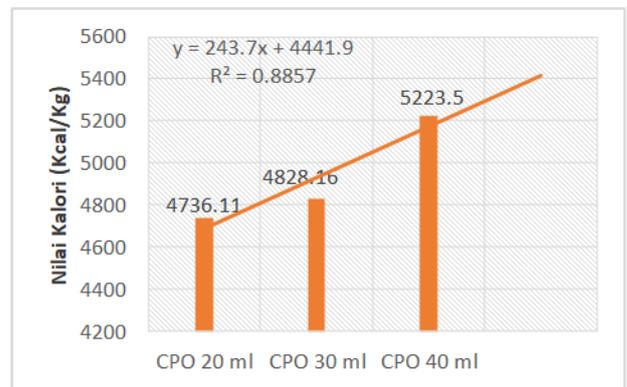
Analisis proksimat menggunakan basis data *Air Dried Basis* (ADB). Kadar abu disajikan dalam satuan %, sedangkan nilai kalori dengan satuan Kcal/kg. Setelah data diperoleh, nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) antar variabel didapatkan dengan menggunakan statistik regresi linier sederhana Nilai  $R^2$  berkisar antara 0-1. Nilai tersebut memperlihatkan seberapa besar variabel bebas (kadar abu) mempengaruhi variabel terikat (nilai kalori).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Nilai kalori dan kadar abu (*ash content*) yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5. Analisa nilai kalori ini untuk mencari nilai Gross Energi yang terdapat pada batubara, proses analisa ini yaitu dengan memasukkan sampel seberat ± 1 gram ke dalam mesin *automatic calorimeter*. Nilai kalor adalah energi yang dihasilkan dari pembakaran 1 kg bahan bakar [11]. Ada 4 parameter yang mempengaruhi nilai kalor batubara yaitu *moisture*, *volatile matter*, *ash content* dan *fixed carbon*. Perhitungan dengan menggunakan parameter tersebut berpengaruh signifikan terhadap akurasi *Gross Calori Value* (GCV) [12]. Namun penelitian ini hanya fokus membahas nilai kalor dan kadar abu saja.

**Perbandingan Peningkatan Nilai Kalori**

Peningkatan nilai kalori *brown coal* terhadap penambahan volume minyak sawit mentah pada sampel ditunjukkan pada Gambar 4. Percobaan pertama, dengan minyak sawit mentah 20 ml diperoleh nilai kalori sebesar 4.736.11 Kcal/kg, dengan minyak sawit mentah 30 ml diperoleh nilai kalori sebesar 4.828.16 Kcal/kg dan dengan minyak sawit mentah 40 ml diperoleh nilai kalori sebesar 5.223.50 Kcal/kg. Kadar karbon meningkat seiring dengan berkurangnya *mineral matter* sehingga terjadi peningkatan kalori batubara. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kalori *brown coal* dapat ditingkatkan dengan memvariasikan volume minyak sawit mentah. Terlihat bahwa nilai kalori pada Gambar 5 semakin meningkat (berada pada kisaran 4.700-5.200 Kcal/kg). Semakin besar volume CPO yang diberikan, semakin tinggi nilai kalori yang didapatkan.



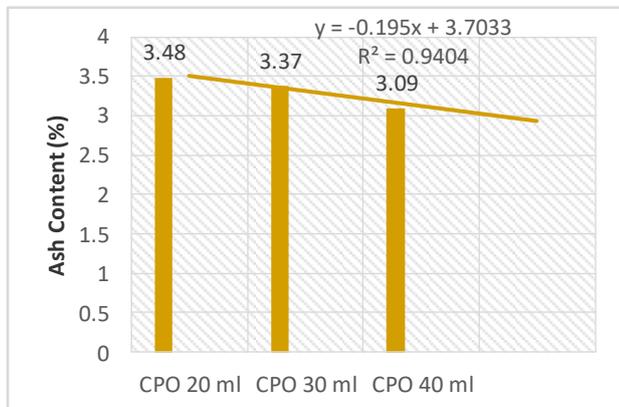
**Gambar 5.** Perubahan nilai kalori pada proses aglomerasi air kapur-minyak sawit mentah (CPO)

PLTU Tenayan Pekanbaru menggunakan batubara dari PT Asia Multi Investama. Batubara yang digunakan di PLTU tergantung pada kualitas batubara. Kualitas batubara yang tinggi akan memaksimalkan pembakaran sehingga berdampak langsung pada produksi listrik yang akan dihasilkan. Kualitas batubara yang baik memiliki nilai kalor tinggi, kadar abu rendah, dan persentase sulfur rendah yaitu kurang dari 1% [13]. Tingkat efisiensi yang tinggi akan memberikan keuntungan dari segi rendahnya biaya operasional dan mengurangi emisi CO<sub>2</sub> [14].

**Pengaruh Kadar Abu Terhadap Nilai Kalori**

Analisis kadar abu (*ash content*) digunakan untuk mengetahui nilai kadar abu yang tersisa dari pembakaran batubara [15]. Proses ini dilakukan secara bertahap untuk suhu pembakaran yaitu sampel dengan berat ± 1 gr dibakar dengan suhu 500°C selama 1 jam. Selanjutnya suhu dinaikkan menjadi 750°C selama 2 jam. Kadar abu (*ash content*) merupakan sisa zat anorganik yang terdapat dalam batubara. Kandungan abu tersebut dihasilkan dari pengotor bawaan dalam proses pembentukan batubara maupun pengotor yang berasal dari proses penambangan [16].

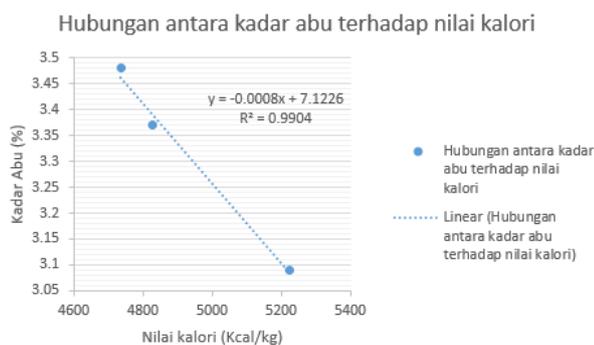
Berdasarkan Gambar 6, setelah proses aglomerasi, nilai kadar abu *brown coal* menjadi 3,48 %, 3,37% dan 3,09%. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar abu seiring bertambahnya volume minyak sawit mentah. Proses aglomerasi pada *brown coal* 140 mesh dengan sawit mentah dapat menurunkan rata-rata kadar abu menjadi 3,31%.



**Gambar 6.** Perubahan nilai kadar abu (*ash content*) pada proses aglomerasi air kapur-minyak sawit mentah (CPO)

Kadar abu tertinggi (3,48%) pada campuran CPO 20 ml sedangkan kadar abu terendah (3,09%) pada campuran CPO 40 ml. Kadar abu dapat disebabkan dari partikel air kapur yang tercampur ke dalam campuran aglomerat. Selain itu karena proses *coalification* yang mengandung sulfur yang akan mempengaruhi jumlah kadar abu pada batubara.

Kadar abu ini mempengaruhi nilai kalori batubara. Semakin rendah kadar abu maka nilai kalorinya semakin tinggi [17]. Abu batubara adalah sisa pembakaran, merupakan mineral anorganik yang berdampak pada lingkungan. Jika kadar abu semakin tinggi, dampak lingkungan yang ditimbulkan juga semakin besar [18].



**Gambar 7.** Hubungan kadar abu terhadap nilai kalori

Kadar abu mempengaruhi nilai kalori batubara. Jika semakin tinggi nilai kalori maka kadar abu semakin rendah, begitu sebaliknya. Pada sampel 1 CPO 20 ml,

nilai kalori lebih rendah dibandingkan dengan sampel 2 dan 3. Rendahnya nilai kalori pada sampel 1 dikarenakan tingginya kadar abu. Nilai koefisien determinasi antara kadar abu dan nilai kalori adalah  $R^2 = 0,99$  (Gambar 7). Kadar abu merupakan faktor penting karena jika batubara memiliki kadar abu yang tinggi maka tidak cocok digunakan sebagai bahan bakar. Setelah pembakaran, abu membentuk residu yang dapat memiliki efek buruk. Kadar abu yang rendah menunjukkan bahwa batubara tersebut berkualitas baik.

## KESIMPULAN

Nilai kalori *brown coal* dapat ditingkatkan dengan proses aglomerasi air kapur-minyak sawit mentah (20 ml, 30 ml dan 40 ml). Hasil uji sampel nilai kalori terhadap volume CPO yang diberikan mengalami peningkatan dari 4.736,11 Kcal/kg, 4.828,16 Kcal/kg dan 5.223,50 Kcal/kg. Selanjutnya kadar abu (*ash content*) menunjukkan terjadi penurunan dengan nilai sebesar 3,48%, 3,37%, dan 3,09%. Besarnya kadar abu yang diperoleh sangat mempengaruhi nilai kalori pada *brown coal*. Semakin rendah kadar abu maka nilai *gross calorific value* akan meningkat. Hubungan antara nilai kalori dengan kadar abu ditunjukkan dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,99$ .

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LLDIKTI Wilayah X Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Riset dan Teknologi, Sekolah Tinggi Teknologi Industri (STTIND) Padang, PT Asia Multi Investama, Laboratorium Batubara Universitas Negeri Padang, dan semua pihak yang telah membantu dalam memberi dukungan dalam bentuk finansial, fasilitas, atau legalitas terhadap penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Megasari K., (2008). Penakaran Daur Hidup Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Batubara Kapasitas 50 watt. *Jurnal Seminar Nasional IV Teknologi Nuklir*.
- [2] Umar, D. F., (2010). Pengaruh Proses Upgrading terhadap Kualitas Batubara Bunyu, Kalimantan Timur. *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*.
- [3] Sugianto, F. I., Wijaya, R. A. E., & Putra, B. P., (2020). Quality Control Batubara Dari Channel- Pit Menuju Stockpile PT . *Kuasing Inti Makmur*. 01(01), 43–52.
- [4] Putri, I. P., Pitulima, J., & Mardiah., (2019). Evaluasi Kualitas Batubara dari Front Penambangan Hingga Stockpile di Pit 1 Banko Barat PT Bukit Asam Tbk Tanjung Enim ( Evaluation of Coal Quality from Mining Front to Stockpile at Pit 1 Banko Barat PT Bukit



- Asam Tbk Tanjung Enim ). *Mineral*, 4(1), 1–7.
- [5] Mustafa Özer, Omar M. Basha & Badie Morsi., (2017) Coal-Agglomeration Processes: A Review, *International Journal of Coal Preparation and Utilization*, 37:3, 131-167, DOI: 10.1080/19392699.2016.1142443.
- [6] Crawford, R. J., and D. E. Mainwaring., (2001). The influence of surfactant adsorption on the surface characterisation of Australian coals. *Fuel* 80: 313–320.
- [7] Sepfitrah., (2016). Analisis Proximate Hasil Tambang di Riau ( Studi Kasus Logas, Selensen dan Pangkalan Lesung). *Jurnal Sainstek STT Pekanbaru*, 4(1), 18–26.
- [8] Nukman, Suhardjo Poertadji., (2006). Pengurangan Kadar Abu Dan Sulfur pada Batubara Sub Bituminus Dengan Metode Aglomerasi Air-Minyak Sawit, *Jurnal Sains Materi Indonesia Indonesian Journal of Materials Science*, 7 (3), 31-36.
- [9] Rauf, Adi Setiawan, Sri Widodo dan Alfian Nawir., (2018). Peningkatan Nilai Kalori Pada Batubara Lignit Dengan Metode Aglomerasi Air dan Minyak Sawit Pada PT. Indonesia Power UJP PLTU Barru. *Jurnal Geomine*, 6 (3). Universitas Muslim Indonesia.
- [10] Prastya dkk., (2021). Metode Aglomerasi Air Kapur Dan Minyak Sawit Mentah (CPO) Untuk Meningkatkan Nilai Kalori Batubara Sub-Bituminous. *Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL*, 9 (1), 33-38.
- [11] Tirumala Srinivas, G., Rajeev Kumar, D., Murali Mohan, P. V. V., & Nageswara Rao, B., (2017). Efficiency of a Coal Fired Boiler in a Typical Thermal Power Plant. *American Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 2(1), 32. <https://doi.org/10.11648/j.ajmie.20170201.15>.
- [12] Huda, M., (2014). Development of New Equations for Estimating Gross Calorific Value of Indonesian Coals. *Indonesian Mining Journal*, 17(1), 10–19.
- [13] Yadav, S., & Yadav, P. S., (2017). Analysis of Performance of Coal Fired Boiler in Thermal Power Plant , 5–14.
- [14] Banković, M. V., Stevanović, D. R., Pešić, M. D., Tomašević, A. D., & Kolonja, L. R., (2018). Improving efficiency of thermal power plants through mine coal quality planning and control. *Thermal Science*, 22(1), 721–733. <https://doi.org/10.2298/TSC1170605209B>.
- [15] Malaidji, Erwin, Anahariah dan Agus Adrianto Budiman., (2018). Analisis Proksimat, Sulfur, dan Nilai Kalor Dalam Menentukan Kualitas Batubara di Desa Pattapa Kecamatan Pujananting Kabupaten barru Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Geomine*, 6(3).
- [16] Nurlela., (2019). Analisa Total Moisture Dan Ash Content Pada Briket Batubara. Universitas PGRI Palembang, 4(1).
- [17] Yilmaz, S., Cuhadaroglu, D., & Toroglu, I., (2019). Correlation between Ash Content of Size & Density Fractionated Coal Samples and their Corresponding Calorific Values. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 362 (1). <https://doi.org/10.1088/17551315/362/1/012094>.
- [18] Rahman, R., Widodo, S., Azikin, B., & Tahir, D., (2019). Chemical composition and physical characteristics of coal and mangrove wood as alternative fuel. *Journal of Physics: Conference Series*, 1341(5). <https://doi.org/10.1088/17426596/1341/5/052008>.