

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*)

Yudi Sapta Prastya, Windhu Nugroho, Agus Winarno

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Samarinda

Email: safirabataraindah@gmail.com

Abstrak

Total keseluruhan cadangan batubara Indonesia mencapai 37,6 milyar ton. Dengan perincian batubara kualitas kalori rendah 14,4 milyar ton, kualitas kalori sedang 20,3 milyar ton, kualitas kalori tinggi 2,3 milyar ton dan kualitas kalori sangat tinggi 0,42 milyar ton. Upaya untuk pengoptimalan batubara peringkat rendah yakni dengan penerapan teknologi batubara bersih untuk meningkatkan kualitas batubara. Teknologi aglomerasi batubara – minyak akan digunakan untuk menghasilkan produk batubara dengan kadar abu dan sulfur yang rendah. Metode aglomerasi adalah suatu metode pencucian batubara secara kimia dengan penambahan media pemisah berupa cairan. Bahan baku aglomerasi yaitu batubara *raw coal* dengan ukuran -40 mesh masing – masing 100 gr untuk CPO 20 ml, 30 ml, 40 ml, dan 50 ml, serta CPO 0,4% untuk *raw coal* 5 kg, dan air kapur dengan kadar 3 %. Hasil pengujian proksimat pada aglomerat diperoleh *inherent moisture* paling tinggi 0,81% dan paling rendah 0,10%, dan *inherent moisture* 15,91% pada CPO 0,4%. Dari kandungan *ash content* menunjukkan terjadi kenaikan kadar sebesar 15,17% (5,87%, 4,62%, 5,17% dan 10,46%), dan nilai *volatile matter* mengalami penurunan sebesar 17,18% (37,52%, 33,11%, 28,18% dan 33,09%). Adapun untuk *fixed carbon*, mengalami kenaikan 49,27% (55,85%, 61,46%, 66,49% dan 56,35%). Nilai *calorific value* juga mengalami kenaikan pada range 7757,56 Cal/g (dmmf) – 88210,58 Cal/g (dmmf), serta nilai *total sulphur* mengalami penurunan dari 2,12% menjadi 1,25%.

Kata kunci: aglomerasi, air kapur, batubara, cadangan, minyak sawit mentah

Abstract

The total coal reserves in Indonesia reach 37.6 billion tonnes. With the breakdown of low calorie quality coal 14.4 billion tonnes, medium calorie quality 20.3 billion tonnes, high calorie quality 2.3 billion tonnes and very high calorie quality 0.42 billion tonnes. Efforts to optimize low rank coal are by applying clean coal technology to improve coal quality. Coal-oil agglomeration technology will be used to produce coal products with low ash and sulfur content. The agglomeration method is a method of washing coal chemically with the addition of a liquid separator. Agglomeration raw materials are raw coal with a size of -40 mesh each 100 gr for 20 ml, 30 ml, 40 ml and 50 ml CPO, and 0.4% CPO for 5 kg raw coal, and lime water with a level of 3. %. The proximate test results on the agglomerate obtained the highest inherent moisture 0.81% and 0.10% at the lowest, and 15.91% inherent moisture at 0.4% CPO. The ash content showed an increase in levels of 15.17% (5.87%, 4.62%, 5.17% and 10.46%), and the volatile matter value decreased by 17.18% (37.52) %, 33.11%, 28.18% and 33.09%. As for fixed carbon, there was an increase of 49.27% (55.85%, 61.46%, 66.49% and 56.35%). The calorific value also increased in the range 7757.56 Cal/g (dmmf) - 88210.58 Cal/g (dmmf), and the total value of sulfur decreased from 2.12% to 1.25%.

Keywords: agglomeration, coal, crude palm oil, limestone water, reserves

PENDAHULUAN

Berdasarkan hasil kajian Badan Geologi Kementerian ESDM per-Desember 2019, total keseluruhan cadangan batubara Indonesia mencapai 37,6 milyar ton. Dengan perincian batubara kualitas kalori rendah 14,4 milyar ton, kualitas kalori sedang 20,3 milyar ton, kualitas kalori tinggi 2,3 milyar ton dan kualitas kalori sangat tinggi 0,42 milyar ton. Upaya untuk pengoptimalan batubara peringkat rendah yakni dengan penerapan teknologi batubara bersih untuk meningkatkan kualitas batubara peringkat rendah (CNBC Indonesia, 2020).

Batubara didefinisikan secara umum sebagai batuan organik dengan kandungan utama batubara yaitu karbon, hidrogen dan oksigen (Pasymi, 2008). Pada umumnya, cadangan batubara di Indonesia merupakan batubara peringkat rendah dengan kadar air total (air bawaan dan air total) mencapai 40%. Air total berpengaruh dalam proses pembakaran yaitu mengurangi nilai kalor. Karakteristik kualitas batubara meliputi *inherent moisture*, *ash content*, *volatile matter*, *fixed carbon*, *calorie value* dan *total sulphur* (Arisandy dkk, 2017).

Kualitas batubara dipengaruhi oleh maserai dan kandungan mineral penyusunnya, serta oleh

derajat coalification (rank). Pada umumnya, penentuan kualitas batubara dilakukan dengan analisis kimia berupa analisis proksimat dan analisis ultimat. Analisis proksimat dilakukan untuk menentukan kadar air (moisture), zat terbang (volatile matter), karbon padat (fixed carbon) dan kadar abu (ash). Adapun pada analisis ultimat, dilakukan untuk menentukan kandungan unsur kimia pada batubara berupa karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur dan unsur lainnya (Sepfitrah, 2016)..

Analisis proksimat merupakan cara mengevaluasi batubara yang paling sederhana dan banyak digunakan. Istilah ash dan zat mineral anorganik digunakan secara bersama yang satu dapat menggantikan yang lain. Ash adalah residu yang tertinggal setelah pembakaran batubara (Malaidji dkk, 2018).

Metode aglomerasi merupakan suatu metode pencucian batubara secara kimia, yaitu dengan penambahan media pemisah yang berupa cairan. Sulfur dapat terpisah dari batubara berdasarkan perbedaan tegangan permukaan. Metode aglomerasi air – minyak merupakan suatu teknik yang efektif untuk me-recovery dan mengeliminasi abu dari batubara. Proses aglomerasi dapat diterapkan pada batubara jenis sub bituminus, bituminus dan antrasit (Nukman dkk, 2006). Batubara sub bituminus meningkat nilai kalorinya apabila kadar CPO aglomeratnya naik. Nilai kalori CPO aglomerat mempengaruhi kenaikan nilai kalori batubara sub bituminus (nilai kalori CPO adalah 11.10 kka/kg) (Poertadji dkk, 2006).

Aglomerat batubara memiliki densitas <1 maka dapat terapung dan mudah dipisahkan dari air. Dalam proses aglomerasi, pengadukan memegang peranan penting dalam pembentukan butir – butir minyak yang tersebar merata dalam media air, sehingga batubara dapat terkumpul membentuk aglomerat (Rauf dkk, 2018). Proses aglomerasi batubara umumnya pada perbedaan antara tingkat kebasahan (wettability) dari partikel batubara dan mineral matter dari suatu aglomerat, seperti minyak (Özer dkk, 2016).

METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan metode kualitatif. Data – data diperoleh secara langsung dalam observasi dengan mengacu pada standar ASTM. :

Metode Pengumpulan Data

Pada metode pengumpulan ini, peneliti melakukan observasi secara langsung melalui penelitian dalam laboratorium. Sample yang diuji dengan standar ASTM yaitu meliputi sampel aglomerasi CPO 20 ml, 30 ml, 40 ml, 50 ml dan CPO 0,4%.

Metode Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan yaitu dengan metode kualitatif pada uji *proximate* dan *ultimate*. Dilakukan preparasi pada sampel *raw coal*, persiapan komposisi aglomerasi, dan proses aglomerasi *raw coal*, CPO dan air kapur. Kemudian produk sampel aglomerasi dianalisa pada uji kualitas *proximate* dan *ultimate*, agar diperoleh nilai kualitas *Inherent Moisture, Volatile Matter, Ash Content, Fixed Carbon, Calorific Value, dan Total Sulphur*.

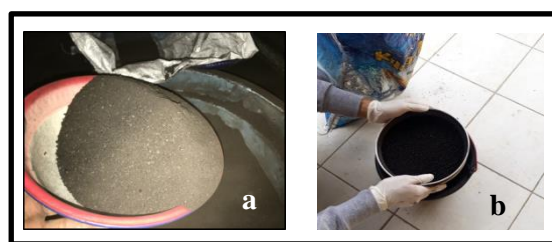
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian aglomerasi ini, batubara yang digunakan dalam proses aglomerasi dengan CPO dan air kapur adalah jenis batubara *sub bituminous*. Batubara *sub bituminous* diperoleh dari CV Borneo Prima Mas, *job site* Muara Kembang, Kabupaten Kutai Kartanegara. Adapun kualitas batubara yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Kualitas *Proximate* Batubara (*Raw Coal*) CV Borneo Prima Mas

No	Parameter	Nilai Hasil Uji
1	<i>Inherent Moisture</i>	21,95 %
2	<i>Volatile Matter</i>	39,81 %
3	<i>Ash Content</i>	5,67 %
4	<i>Fixed Carbon</i>	40,22 %
5	<i>Calorific Value</i>	5.353 cal/g (adb)
6	<i>Calorific Value</i>	5.710,36 cal/g (dmmf)

Setelah diperoleh ukuran *raw coal* yang sesuai dengan kebutuhan pada penelitian, kemudian dilanjutkan proses aglomerasi seperti pada Gambar 2.

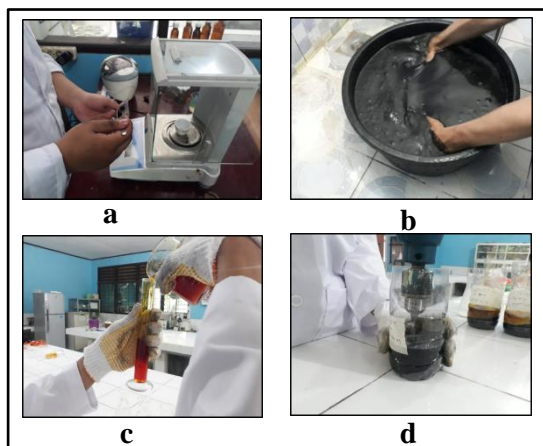


Gambar 1. Preparasi *raw coal* (a) *Raw coal* hasil peremukan dan (b) pengayakan *raw coal* -40 mesh

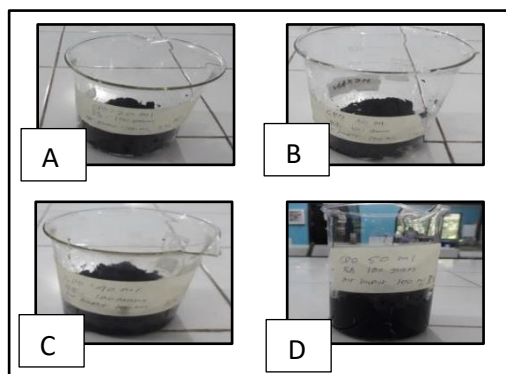
Analisis *Proximate* Aglomerasi Batubara, Minyak Sawit Mentah dan Air Kapur

Analisa kualitas aglomerat batubara pada penelitian ini menggunakan analisa *proximate* yang terdiri dari analisa kandungan air (*inherent moisture*), kadar abu (*ash content*), kandungan zat terbang (*volatile matter*), karbon padat (*fixed carbon*) dan nilai kalori (*calorific value*).

Berikut adalah hasil analisis *proximate* dari



Gambar 2. Proses aglomerasi batubara (a) Penimbangan *raw coal*, (b) pencucian *raw coal* dengan air kapur, (c) pengukuran volume CPO, dan (d) pencampuran *raw coal* dengan CPO

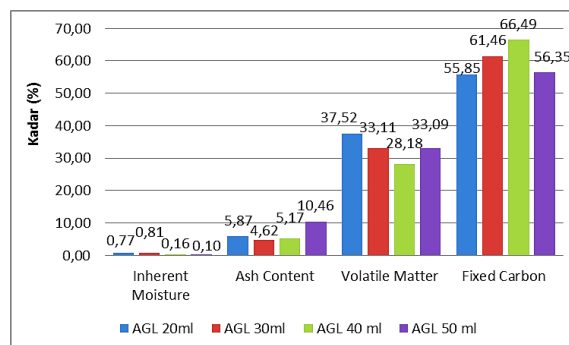


Gambar 3. Hasil pencampuran aglomerasi batubara dengan CPO, (a) 20 ml, (b) 30 ml, (c) 40 ml, (d) 50 ml.

Berikut adalah hasil analisis *proximate* dari produk aglomerasi batubara, minyak sawit mentah dan air kapur, ditunjukkan pada dan Tabel 2 dan Gambar 4.

Tabel 2. Hasil analisis *proximate* aglomerasi batubara, minyak sawit mentah dan air kapur

No	Sample	Inherent Moisture %	Ash Content %	Volatile Matter %	Fixed Carbon %
1	AGL 20ml	0,77	5,87	37,52	55,85
2	AGL 30ml	0,81	4,62	33,11	61,46
3	AGL 40 ml	0,16	5,17	28,18	66,49
4	AGL 50 ml	0,10	10,46	33,09	56,35



Gambar 4. Grafik analisis *proximate* aglomerasi batubara, minyak sawit mentah dan air kapur

Pada Tabel 2 dan Gambar 4 di atas diketahui aglomerat batubara memiliki kandungan air (*inherent moisture*) sebesar 0,77%, 0,81%, 0,16% dan 0,10%. Metode yang digunakan dalam pengujian ini adalah ASTM D3173-03 yang ditujukan untuk mencari kandungan air (*inherent moisture*), dimana aglomerat batubara digerus hingga ukuran $\pm 0,2$ mm dan massa ± 2 gram dikeringkan didalam oven selama 24 jam dengan suhu $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Dari hasil data analisis kandungan air (*inherent moisture*) pada aglomerat batubara di atas menunjukkan bahwa aglomerat batubara dengan campuran minyak sawit mentah 30 ml memiliki kandungan air paling tinggi dengan 0,81% dan aglomerat dengan campuran minyak sawit mentah 50 ml memiliki kandungan air paling rendah dengan 0,10%. Proses pemanasan/pengovenan akan menyebabkan air yang terkandung dalam aglomerat batubara mengalami proses penguapan dan dipastikan kandungan air (*inherent moisture*) pada aglomerat batubara akan berkurang.

Metode ASTM D3174-04 yang ditujukan untuk mencari kadar abu (*ash content*), dengan cara sampel batubara dibakar kembali dengan menggunakan *furnace* dengan suhu $750^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 4 jam.

Dari Tabel 2 di atas diketahui aglomerat batubara setelah proses aglomerasi dengan minyak sawit mentah dan air kapur memiliki nilai kadar abu (*ash content*) sebesar 5,87%, 4,62%, 5,17% dan 10,46%. Dengan nilai rata-rata *ash content* sebesar 6,53%, menunjukkan terjadi kenaikan kadar abu sebesar 15,17%.

Dari hasil data analisis kadar abu (*ash content*) pada aglomerat batubara di atas menunjukkan dengan melakukan proses aglomerasi 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%. Kadar abu dapat disebabkan dari bahan lain yang dicampurkan kedalam campuran aglomerat seperti partikel air kapur serta dapat juga diakibatkan karna proses pembentukan batubara (*coalification*) yang dari awal pembentukannya batubara tersebut mengandung nilai sulfur yang tinggi yang nantinya akan berpengaruh pada bertambahnya kadar abu pada batubara.

Metode *ASTM D3175-02* yang ditujukan untuk mencari kandungan zat terbang (*volatile matter*), dengan cara sampel batubara dibakar dengan menggunakan *furnace* dengan suhu $900^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 6 menit.

Dari Tabel 2 diatas diketahui aglomerat batubara memiliki nilai kandungan zat terbang (*volatile matter*) sebesar 37,52%, 33,11%, 28,18% dan 33,09%. Dengan nilai *volatile matter* rata – rata sebesar 32,97%, ini menunjukkan terjadi penurunan kandungan *volatile matter* sebesar 17,18%.

Dari hasil data analisis kandungan zat terbang (*volatile matter*) pada aglomerat batubara diatas menunjukkan dengan melakukan proses aglomerasi, pada saat proses pemanasan (karbonisasi) batubara akan melepaskan zat-zat yang mudah terbakar seperti CO , CH_4 , H_2 serta zat-zat yang tidak mudah terbakar seperti CO_2 , H_2O dan sebagainya.

Metode *ASTM D3172* yang ditujukan untuk mencari nilai karbon padat (*fixed carbon*) diperoleh dengan cara hasil pengurangan persentase 100% terhadap nilai kandungan air (*inherent moisture*), kandungan zat terbang (*volatile matter*) dan kadar abu (*ash content*).

Dari Tabel 2 diatas diketahui aglomerat batubara setelah melewati proses aglomerasi dengan minyak sawit dan air kapur, memiliki nilai karbon padat (*fixed carbon*) sebesar 55,85%, 61,46%, 66,49% dan 56,35%. Dengan nilai *fixed carbon* rata – rata sebesar 60,0375%, pada aglomerat batubara menunjukkan terjadi kenaikan kandungan *fixed carbon* sebesar 49,27% dibandingkan nilai *fixed carbon* pada *raw coal*.

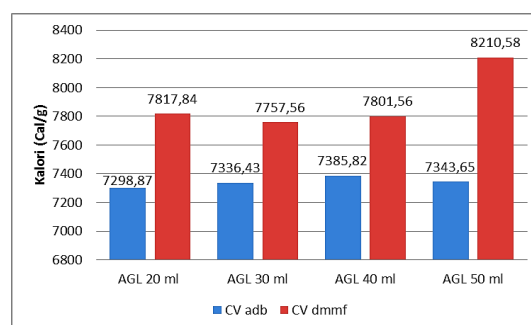
Dari hasil data analisis karbon padat (*fixed carbon*) pada aglomerat batubara diatas menunjukkan apabila proses aglomerasi berjalan sempurna maka nilai karbon terikat akan bertambah karena kadar hidrogen dan oksigen yang menurun.

Metode *ASTM D5865-07a* yang ditujukan untuk mencari nilai kalori (*calorific value*) dengan cara batubara digerus hingga ukuran $\pm 0,2$ mm dan massa ± 1 gram lalu diukur berdasarkan kenaikan temperatur air pada wadah

(*bucket*) yang telah diisi air dengan suhu awal $\pm 25^{\circ}\text{C}$ dikalikan dengan kapasitas panas dari *oxygen bomb head* lalu dibagi dengan berat sampel yang dianalisa.

Tabel 3. Hasil analisis *calorific value* aglomerat batubara (dmmf)

No	Sample	CV adb (Cal/g)	CV dmmf (Cal/g)
1	AGL 20ml	7298,87	7817,84
2	AGL 30ml	7336,43	7757,56
3	AGL 40 ml	7385,82	7801,56
4	AGL 50 ml	7343,65	8210,58



Gambar 5. Grafik analisis *calorific value* aglomerat batubara, minyak sawit mentah dan air kapur (dmmf)

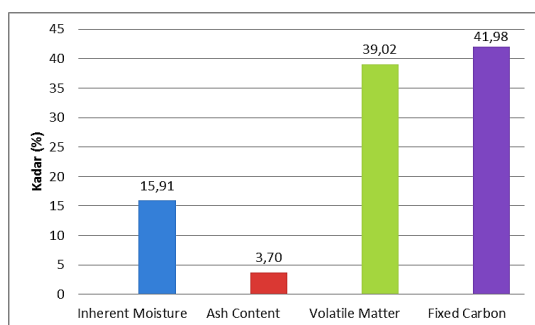
Dari Tabel 3 dan Gambar 5 diatas diketahui aglomerat batubara melewati proses aglomerasi minyak sawit mentah dan air kapur mempunyai nilai kalori (*calorific value*) sebesar 7817,84 Cal/g (dmmf), 7757,56 Cal/g (dmmf), 7801,56 Cal/g (dmmf) dan 8210,58 Cal/g (dmmf).

Dari hasil data analisis nilai kalori (*calorific value*) pada aglomerat batubara diatas menunjukkan dengan melakukan proses aglomerasi minyak sawit mentah dan air kapur, aglomerat batubara dengan campuran minyak sawit mentah 50 ml memiliki kandungan kalori paling tinggi dengan 8210,58 Cal/g (dmmf) dan aglomerat batubara campuran minyak sawit mentah 30 ml memiliki kandungan kalori paling rendah dengan 7757,56 Cal/g (dmmf). Kenaikan rata – rata nilai kalori batubara aglomerasi yaitu 7.896,885 Cal/g, ini menunjukkan terjadinya kenaikan nilai kalori sebesar 47,52%.

Analisis Proximate Aglomerasi Batubara, Minyak Sawit Mentah dan Air Kapur (CPO 0,4%)

Analisa kualitas aglomerat batubara pada bagian ini juga menggunakan analisa *proximate* dan pada tahap lanjut menggunakan analisa *ultimate* untuk mengetahui kandungan *tota sulphure* pada *raw coal* dan aglomerat batubara dengan CPO 0,4%. Analisa *proximate* yaitu yang

terdiri dari analisa kandungan air (*inherent moisture*), kadar abu (*ash content*), kandungan zat terbang (*volatile matter*), karbon padat (*fixed carbon*) dan nilai kalori (*calorific value*), dan analisa kandungan sulfur (*total sulphur*) pada *raw coal* dan aglomerat batubara dengan persentase minyak sawit mentah 0,4% terhadap massa sampel *raw coal* dan air kapur kadar 3%. Diperoleh *Inherent Moisture* 15,91%, *Ash Content* 3,70%, *Volatile Matter* 39,02%, *Fixed Carbon* 41,98% (Gambar 6).

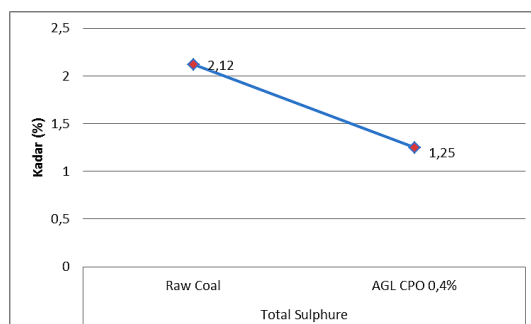


Gambar 6. Grafik analisis *proximate* aglomerasi batubara, minyak sawit mentah (0,4%) dan air kapur

Pada hasil analisa uji *proximate* diperoleh nilai *inherent moisture* 15, 91%, *ash content* 3,70, *volatile matter* 39,02% dan *fixed carbon* 41,98%. Hasil analisa yang diperoleh paling signifikan yaitu pada kandungan *inherent moisture*, hal tersebut disebabkan pada perlakuan *sample* aglomerasi sebagai variasi hasil percobaan, yaitu pada proses aglomerasi awal (dengan CPO 20 ml, 30 ml, 40 ml dan 50 ml) *sample* aglomerasi dikeringkan terlebih dahulu dalam oven dengan suhu $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam. Sedangkan pada *sample* aglomerasi dengan CPO 0,4% tidak dilakukan pengeringan dalam oven, melainkan hanya dengan pengeringan dalam suhu ruangan selama 48 jam. Hal tersebut mempengaruhi kandungan air (dan CPO) pada *sample* aglomerasi yaitu melalui proses penguapan selama proses pengovenan.

Secara berurutan terhadap *raw coal*, pada *inherent moisture* terjadi penurunan sebesar 27,51%, *ash content* terjadi penurunan sebesar 34,74%, pada *volatile matter* terjadi penurunan yang tidak signifikan sebesar 1,98% dan *fixed carbon* terjadi kenaikan namun tidak signifikan sebesar 4,37%.

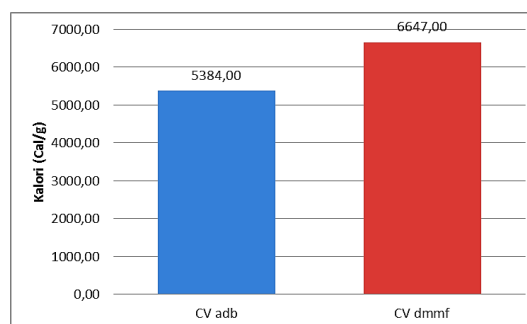
Hasil analisis *ultimate* aglomerasi batubara, minyak sawit mentah (0,4%) dan air kapur, diperoleh *Total Sulphur* pada *raw coal* 2,12% dan pada batubara aglomerasi 0,4% sebesar 1,25% (Gambar 7).



Gambar 7. Grafik analisis *ultimate* aglomerasi batubara, minyak sawit mentah (0,4%) dan air kapur terhadap kandungan *total sulphur*

Pada hasil analisa uji *ultimate* diperoleh nilai *total sulphure* pada *raw coal* sebesar 2,12% dan mengalami penurunan setelah proses aglomerasi dengan CPO 0,4% dan air kapur kadar 3% menjadi 1,25%, setelah proses aglomerasi menggunakan CPO 0,4% dan air kapur kadar 3%, terjadi penurunan kandungan *total sulphur* sebesar 41,03%.

Hasil analisis *calorific value* aglomerat batubara CPO 0,4% (dmmf), diperoleh nilai *Calorific Value* (*adb*) 5.384 Cal/g, adapun pada *Calorific Value* (*dmmf*) sebesar 6.647 Cal/g.



Gambar 8. Grafik analisis *calorific value* aglomerat batubara, minyak sawit mentah 0,4% dan air kapur (dmmf)

Dari Gambar 8 di atas diketahui aglomerat batubara melewati proses aglomerasi minyak sawit mentah 0,4% dan air kapur mempunyai nilai kalori (*calorific value*) sebesar 6647 Cal/g. Nilai kalori yang diperoleh menunjukkan terjadinya kenaikan sebesar 24% terhadap nilai kalori pada *raw coal*.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Nilai analisis proksimat *raw coal* yaitu

Inherent Moisture 28,04%, *Ash Content* 4,75%, *Volatile Matter* 32,55%, *Fixed Carbon* 34,66% dan *Calorific Value* (adb) 5353 Cal/g, dan *Total Shulpur* 2,12%.

2. Proses aglomerasi batubara, minyak sawit mentah dan air kapur yaitu meliputi persiapan bahan baku pengolahan aglomerasi batubara masing – masing 100 gr untuk minyak sawit mentah 20 ml, 30 ml, 40 ml, 50 ml dan 5 kg untuk minyak sawit 0,4%, peremukkan *raw coal* pada ukuran - 40 *mesh*, pencucian dengan air kapur kadar 3%, pencampuran dengan minyak sawit mentah, pengeringan dalam oven pada suhu $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ dan pada suhu ruangan selama 2×24 jam, dan uji proksimat serta uji ultimat batubara aglomerasi.
3. Pada analisis proksimat diperoleh nilai *Calorific Value* terendah pada aglomerat batubara dengan CPO 30 ml dengan nilai CV 7757,56 Cal/g (dmmf), dan *Calorific Value* tertinggi pada aglomerat batubara CPO 50 ml dengan nilai CV 8210,58 Cal/g (dmmf). Adapun *Calorific Value* pada aglomerat batubara dengan CPO 0,4% dengan nilai 6647 Cal/g (dmmf) dengan kandungan *Total Shulpur* 1,25%.

UCAPAN TERMA KASIH

Pada penelitian ini, peneliti telah banyak mendapat bantuan dan bimbingan baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala kesempatan, bantuan dan bimbingan kepada : Ir. Wartomo, MP., Prof. Dr. H. Masjaya, M.Si., Ir. Muhammad Dahlan Balfas, S.T., M.T., Dr. Ir. Hj. Revia Oktaviani, S.T., M.T., Ir. Windhu Nugroho, S.T., M.T., Dr. Agus Winarno, S.T., M.T., Dr. Ir. Sakdillah, M.M., Keluarga dan seluruh rekan-rekan SI Teknik Pertambangan Universitas Mulawaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Arisandy, Ahmad Andrian, Windhu Nugroho dan Adi Uzaimi Winaswangusti. 2017. Peningkatan Kualitas Batubara Sub Bituminous Menggunakan Minyak Residu di PT. X Samarinda, Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Mineral T UNMUL*, Vol. 5, No. 1. Universitas Mulawarman. Samarinda.
- 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*, Vol. 6, No. 3. Universitas Muslim Indonesia.
- Nukman dan Suhardjo Poertadji. 2006. Pengurangan Kadar Abu Dan Sulfur Pada Batubara Sub Bituminus Dengan Metode Aglomerasi Air – Minyak Sawit. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, Vol. 7, No. 3. Jakarta.
- Özer, Mustafa, Omar M. Basha and Badie Morsi. 2017. Coal Agglomeration Processes. *International Journal of Coal Preparation and Utilization*. Istanbul Technical University.
- Pasymi. 2008. Batubara (Jilid 1). Bung Hatta University Press. Padang.
- Poertadji, Suhardjo, Nukman dan Muhammad Hikam. 2006. Pengaruh Aglomerasi Air-Minyak Sawit Terhadap Kadar Karbon Dan Nilai Kalori Batubara Semi-Antrasit, Bituminus Dan Sub-Bituminus. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Vol. 7, No. 3. FMIPA – UI.
- 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 Bamu. *Jurnal Geomine*, Vol. 6, No. 3. Universitas Muslim Indonesia.