



Pengaruh Penambahan Minyak Pada Proses Aglomerasi Dalam Peningkatan Kualitas Batubara

Haerunnisa, Muhammad Idris Juradi, Citra Aulian Chalik*

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia

*Email: nisah1053@gmail.com

ABSTRAK

Kualitas batubara dapat dilihat dari berkurangnya kadar abu, sulfur dan kenaikan pada nilai kalori batubara. Metode aglomerasi adalah salah usaha yang dapat dilakukan untuk mengurangi kadar abu, sulfur dan peningkatan nilai kalori. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi volume minyak terhadap penurunan kadar abu, sulfur dan peningkatan nilai kalori batubara dan pengaruh penggunaan minyak goreng sawit dan kelapa murni terhadap penurunan kadar abu, sulfur dan peningkatan nilai kalori batubara. Metode penelitian eksperimen yaitu metode penelitian untuk mengetahui pengaruh minyak terhadap penurunan kadar abu, sulfur dan peningkatan nilai kalori. Hasil penelitian didapatkan penurunan kadar abu, sulfur dan nilai kalori untuk minyak goreng 10 ml yaitu 24,70%, 1,96% dan 4.402 cal/gr. Penurunan kadar abu, sulfur dan nilai kalori untuk minyak goreng 15 ml yaitu 22,84%, 1,68% dan 4.670 cal/gr. Penurunan kadar abu, sulfur dan nilai kalori untuk minyak goreng 20 ml yaitu 15,55%, 1,30% dan 5.124 cal/gr. Penurunan kadar abu, sulfur dan nilai kalori untuk minyak kelapa 20 ml yaitu 9,77%, 1,79% dan 5.037 cal/gr. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa metode aglomerasi air dan minyak dapat menurunkan kadar abu, sulfur dan meningkatkan nilai kalori.

Kata Kunci: Batubara, Aglomerasi, Abu, Sulfur, Nilai Kalori.

ABSTRACT

The quality of coal can be seen from the reduction of ash, Sulphur and an increase in the calorific value of coal. Agglomeration method is one of the efforts that can be done to reduce ash, Sulphur and increase calorific value. This study aims to determine the variation of oil volume on reducing ash, Sulphur and increasing the calorific value of coal and the effect of using palm cooking oil and virgin coconut on reducing ash, Sulphur and increasing the calorific value of coal. The experimental research method is a research method to determine the effect of oil on reducing ash, Sulphur and increasing calorific value. The results showed that the decrease in ash, Sulphur and calorific value for 10 ml cooking oil was 24.70%, 1.96% and 4,402 cal/gr. The decrease in ash, Sulphur and calorific value for 15 ml cooking oil was 22.84%, 1.68% and 4,670 cal/gr. The decrease in ash, Sulphur and calorific value for 20 ml cooking oil was 15.55%, 1.30% and 5.124 cal/gr. The decrease in ash, Sulphur and calorific value for 20 ml coconut oil is 9.77%, 1.79% and 5,037 cal/gr. From the results of this study it can be concluded that the agglomeration method of water and oil can reduce ash, Sulphur and increase calorific value.

Keywords: Coal, Agglomeration, Ash, Sulphur, Calorific Value.

PENDAHULUAN

Di Indonesia pemanfaatan untuk batubara kualitas rendah (*brown coal*) masih sangat kurang sehingga dibutuhkan usaha untuk meningkatkan kualitas batubara. Usaha pengurangan kadar abu, sulfur dapat digunakan untuk dapat meningkatkan nilai kalori batubara. Terdapat beberapa metode dalam mengurangi kadar abu dan sulfur batubara salah satu metode yang dapat digunakan



yaitu aglomerasi air-minyak sawit (Nelvi dkk., 2022). Metode aglomerasi adalah pencucian secara kimia dan fisika, di mana sulfur dapat terpisah dari batubara berdasarkan perbedaan tegangan permukaan dengan menambahkan media pemisah yang berupa cairan.

Metode aglomerasi air dan minyak adalah suatu teknik efektif untuk mengembalikan (*recovery*) dan mengeliminasi abu dari batubara. Tiap aglomerat dapat mengandung *fragment* (bagian-bagian kecil) batubara yang bervariasi pada bentuk ukuran sebesar 2 mm sampai partikel sangat halus dengan ukuran beberapa mikrometer dan akan memiliki kekuatan melekat yang cukup besar untuk tetap utuh. Metode ini dapat di terapkan karena batubara memiliki sifat *lipophilic (oil loving)* dan *hydrophobic (water hating)* dari permukaan batubara. Material yang tenggelam pada media air merupakan bahan buangan, sedangkan material yang mengapung pada media yang sama (air) adalah batubara yang bersih dengan permukaan yang dilapisi dengan minyak. Oleh karena itu, metode aglomerasi air dan minyak dapat diterapkan untuk mengurangi kadar abu. Akibatnya berkurangnya kadar abu yang merupakan kotoran pada batubara, maka kadar karbon akan meningkat dengan sendirinya akan terjadi kenaikan nilai kalori, apabila kadar abunya dihilangkan (Nukman & Poertadji, 2006).

Penelitian mengenai metode ini sudah dilakukan oleh beberapa peneliti yaitu oleh (Nukman & Poertadji, 2006) menggunakan media aglomerasi minyak mentah dan minyak sawit dengan ukuran partikel batubara yang digunakan 40 *mesh* dan 60 *mesh* dengan batubara sub-bituminus dengan variasi minyak 5, 10, 15% pada Hasil penelitian diperoleh penurunan kadar abu dan sulfur ke tingkat relatif rendah. Kadar abu dari batubara sub-bituminus dapat diturunkan sehingga menjadi 2,74% dari semula 6,5% atau turun sebanyak 57,8%. Sedangkan kadar sulfur dapat diturunkan hingga menjadi 0,26% dari semula 0,32% atau turun sebanyak 18,75%.

Pada penelitian yang dilakukan dengan media aglomerasi air-minyak sawit mengalami peningkatan nilai kalori dari 3.765,23 cal/gr menjadi 5.279,459 cal/gr, pada hasil sampel 2 mengalami peningkatan nilai kalori dari 3.567,44 cal/gr menjadi 4.989,073 cal/gr dan pada hasil sampel 3 mengalami peningkatan nilai kalori dari 4.026,07 cal/gr menjadi 5.166,982 cal/gr dengan persentase 28,34% (Adi Setiawan Rauf dkk., 2018).

Penelitian mengenai optimalisasi proses peningkatan nilai kalori *brown coal* dapat di tingkatkan dengan proses aglomerasi air kapur-minyak sawit mentah (20 ml, 30ml 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 semakin rendah kadar abu maka nilai kalori semakin meningkat (Nelvi dkk., 2022).

Penelitian mengenai aglomerasi air dan minyak sudah banyak dilakukan namun, lebih banyak yang terfokus pada minyak goreng sawit atau sawit mentah. Keterbaruan pada penelitian yang dilakukan yaitu penggunaan minyak kelapa sebagai parameter penelitian. Sampel batubara yang digunakan pada penelitian ini didapatkan pada Desa Lanne, Kecamatan Tondong Tallasa, Kabupaten Pangkep.

Adapun tujuan dari penelitian mengetahui pengaruh variasi volume minyak terhadap penurunan kadar abu, sulfur dan peningkatan nilai kalori batubara. Mengetahui pengaruh penggunaan minyak goreng sawit dan minyak kelapa murni terhadap penurunan kadar abu, sulfur dan peningkatan nilai kalori batubara.

METODE

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode aglomerasi merupakan metode pencucian batubara secara kimia dan fisika di mana sulfur dapat terpisah dari batubara berdasarkan perbedaan tegangan permukaan dengan menambahkan media pemisah yang berupa cairan yang dilakukan di laboratorium Proses Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia. Sumber data pada penelitian ini terdiri dari data primer dan

sekunder. Data primer yang terdiri atas data awal kadar abu, sulfur dan nilai kalori dan data kadar abu dan sulfur sesudah aglomerasi dan nilai kalori sesudah aglomerasi. Sedangkan, data sekunder yaitu peta tunjuk lokasi penelitian dan jurnal mengenai metode aglomerasi. Data yang ada kemudian diolah untuk dijadikan grafik pada *Microsoft excel*.

HASIL PENELITIAN

Hasil Aglomerasi Air dan Minyak

Dalam melakukan penelitian digunakan 2 jenis minyak yaitu minyak goreng sawit dan minyak kelapa murni yang akan dijadikan sebagai perbandingan di akhir. Pada penelitian ini, menggunakan analisis proksimat, total sulfur dan nilai kalori pada sampel batubara. Hasil analisis sampel batubara sesudah dan sebelum aglomerasi dapat dilihat pada tabel 4.1 dan tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 1. Hasil analisis sampel batubara sebelum proses aglomerasi

ID Sampel	Parameter				Total sulfur (%adb)	Kalori (cal/gr)
	Proksimat (%adb)					
	<i>Inherent moisture</i>	<i>Volatile matter</i>	<i>Ash content</i>	<i>Fixed carbon</i>		
Sebelum Aglomerasi	10,5	40,21	36,72	12,57	2,78	3.648

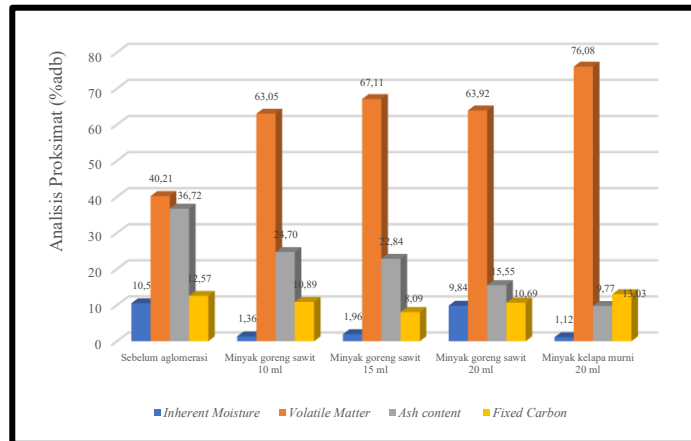
Tabel 2. Hasil analisis sampel batubara sesudah proses aglomerasi

ID Sampel	Parameter				Total sulfur (%adb)	Kalori (cal/gr)
	Proksimat (%adb)					
	<i>Inherent moisture</i>	<i>Volatile matter</i>	<i>Ash content</i>	<i>Fixed carbon</i>		
Minyak Goreng Sawit 10 ml	1,36	63,05	24,70	10,89	1,96	4.402
Minyak Goreng Sawit 15 ml	1,96	67,11	22,84	8,09	1,68	4.670
Minyak Goreng Sawit 20 ml	9,84	63,92	15,55	10,69	1,30	5.124
Minyak Kelapa Murni 20 ml	1,12	76,08	9,77	13,03	1,79	5.037

Pada tabel 1. menunjukkan nilai pada sampel batubara sebelum dilakukannya proses aglomerasi. Adapun fokus pada penelitian ini dengan data awal *ash content* yaitu 36,72%, total sulfur 2,78% dan nilai Kalori 3.648 cal/gr. Abu dan sulfur merupakan elemen-elemen *impurities* (kotoran pengganggu), di samping kotoran lainnya seperti tanah, batuan, mineral dan lain-lain (Nukman & Poertadji, 2006). Dari tabel 2. di atas juga dapat dilihat penurunan kadar abu, sulfur dan meningkatnya nilai kalori terjadi pada setiap percobaan. Penurunan kadar abu tertinggi terjadi pada aglomerasi batubara dengan minyak kelapa murni 20 ml yaitu sebesar 9,77%, penurunan kadar sulfur tertinggi terjadi pada aglomerasi batubara dengan minyak goreng sawit 20 ml yaitu sebesar 1,30% dan kenaikan nilai kalori tertinggi terjadi pada aglomerasi dengan minyak goreng sawit 20 ml yaitu 5.124 cal/gram.

Pengaruh Aglomerasi Sampel Batubara Terhadap Hasil Analisis Proksimat

Pengaruh aglomerasi pada batubara setelah proses aglomerasi terhadap hasil analisis proksimat dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

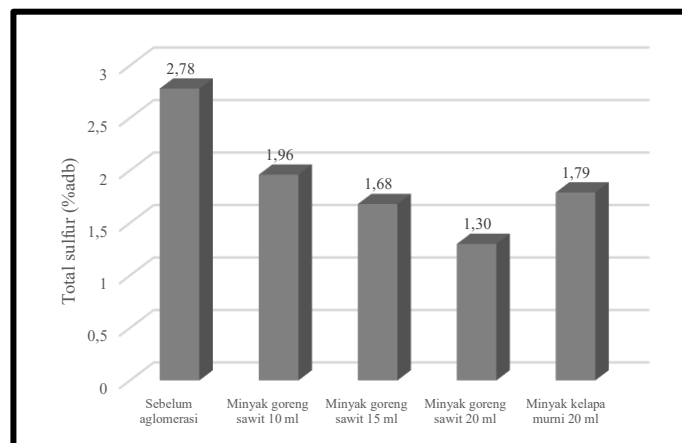


Gambar 1. Perbandingan analisis proksimat setelah proses aglomerasi

Pada gambar 1. Dapat dilihat perbedaan pada variasi minyak goreng dan juga minyak kelapa murni terhadap parameter analisis proksimat sebelum dan sesudah aglomerasi pada minyak goreng sawit 10 ml, 15 ml, 20 ml dan minyak kelapa murni 20 ml yaitu pada kadar *inherent moisture* turun menjadi 1,36%, 1,96%, 9,84% dan 1,12%. Pada *Volatile matter* yaitu 63,05%, 67,11%, 63,92% dan 76,08% Kadar abu juga mengalami penurunan 24,70%, 22,84%, 15,55% dan 9,77%. Nilai *fixed carbon* mengalami penurunan sekitar 10,89% 10,89%, 8,09%, 10,69% dan minyak kelapa murni 20 ml 13,03%.

Pengaruh Aglomerasi Sampel Batubara Terhadap Hasil Analisis Total Sulfur

Pengaruh aglomerasi batubara setelah proses aglomerasi terhadap hasil analisis total sulfur dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

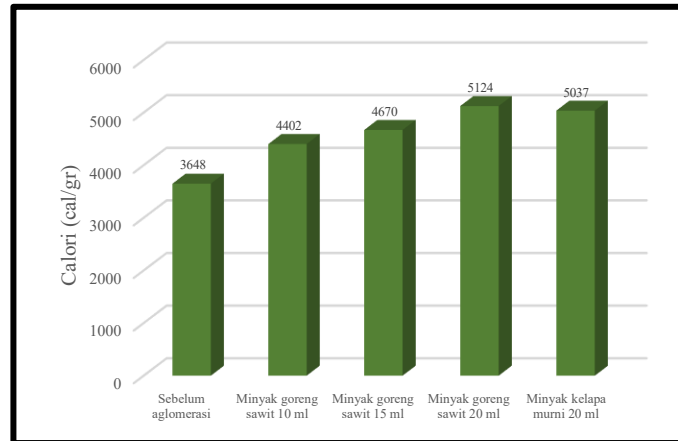


Gambar 2. Perbandingan total sulfur setelah proses aglomerasi

Pada gambar 2. menunjukkan perubahan pada total sulfur antara sebelum aglomerasi dengan minyak goreng sawit 10 ml, 15 ml, 20 ml dan minyak kelapa murni 20 ml yang mengalami penurunan yaitu 1,96%, 1,68% 1,30% dan 1,79%.

Pengaruh Agglomerasi Sampel Batubara Terhadap Nilai Kalori Batubara

Pengaruh agglomerasi batubara setelah proses agglomerasi menggunakan terhadap kenaikan nilai kalori dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



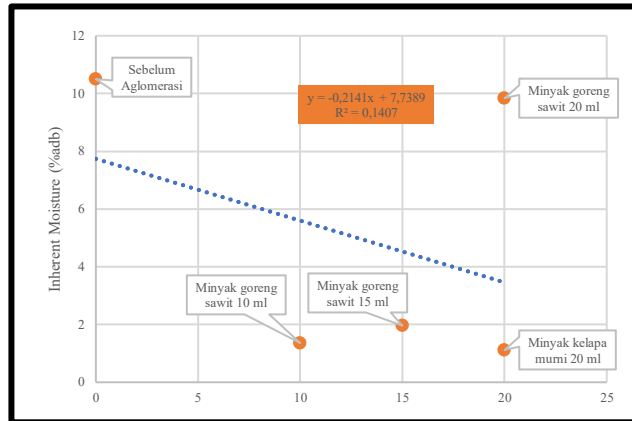
Gambar 3. Perbandingan nilai kalori setelah agglomerasi

Pada gambar 3. menunjukkan perubahan pada nilai kalori antara sebelum agglomerasi dengan minyak goreng sawit 10 ml, 15 ml, 20 ml dan minyak kelapa murni 20 ml yang mengalami kenaikan yaitu 4.402 cal/gr, 4.670 cal/gr, 5.124 cal/gr dan 5.037 cal/gr.

PEMBAHASAN

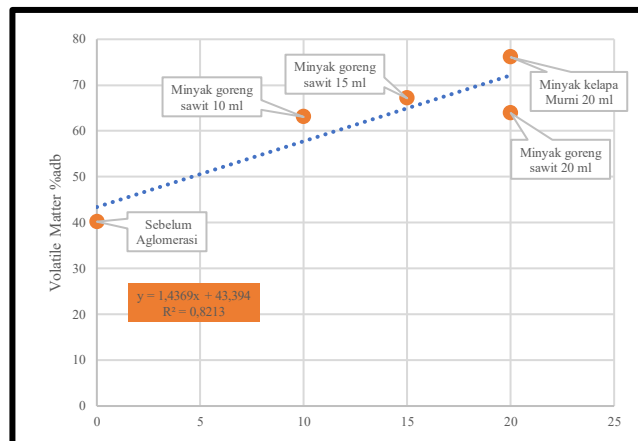
Pengaruh Agglomerasi Sampel Batubara Terhadap Hasil Analisis Proksimat

Pada gambar 1. menunjukkan perubahan pada analisis proksimat saat sebelum agglomerasi dan sesudah ditambahkan dengan minyak goreng sawit 10 ml, 15 ml, 20 ml dan minyak kelapa murni 20 ml yaitu pada kadar *inherent moisture* turun menjadi 1,36%, 1,96%, 9,84% dan 1,12%. Pada kadar *inherent moisture* minyak goreng sawit 20 ml mengalami penurunan yang paling sedikit di antara variasi minyak yang lain yang berada di kisaran $\pm 1\%$ hal ini dapat terjadi karena waktu tunggu batubara setelah proses pengovenan mempengaruhi kemampuan batubara dalam menyerap kembali kadar air di mana semakin lama waktu tunggu maka semakin tinggi pula batubara menyerap kembali kadar airnya (Putri dkk., 2022) pada penelitian ini sampel yang sudah di *oven* dibiarkan terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam botol sampel. Pada *Volatile matter* yaitu 63,05%, 67,11%, 63,92% dan 76,08% kenaikan ini diduga terjadi karena adanya persenyawaan antara karbon batubara dengan minyak, membentuk gugus hidrokarbon yang lebih mudah terdekomposisi setelah mengalami proses agglomerasi. Kadar abu juga mengalami penurunan pada minyak goreng sawit 10ml, 15ml, 20 ml dan minyak kelapa murni 20 ml yaitu menjadi 24,70%, 22,84%, 15,55% dan 9,77%. Hal ini terjadi Karena partikel-partikel batubara pada dasarnya *hydrophobic*, sehingga dapat dibuat menjadi aglomerat dalam bentuk campuran batubara minyak. Pada sisi lain, partikel-partikel mineral yang *hydrophilic* (yang menjadi sumber kadar abu dan sulfur pada batubara). tidak dipengaruhi dan tetap bertahan dalam air. Karena partikel-partikel aglomerat batubara lebih besar daripada partikel mineral, maka hal tersebut dapat dipisahkan (Poertadji dkk., 2006). Nilai *fixed carbon* mengalami penurunan sekitar 10,89%, 10,89%, 8,09%, 10,69% penurunan *fixed carbon* ini tidak sejalan dengan kenaikan pada nilai kalori dan pada minyak kelapa murni 20 ml mengalami kenaikan 13,03%.

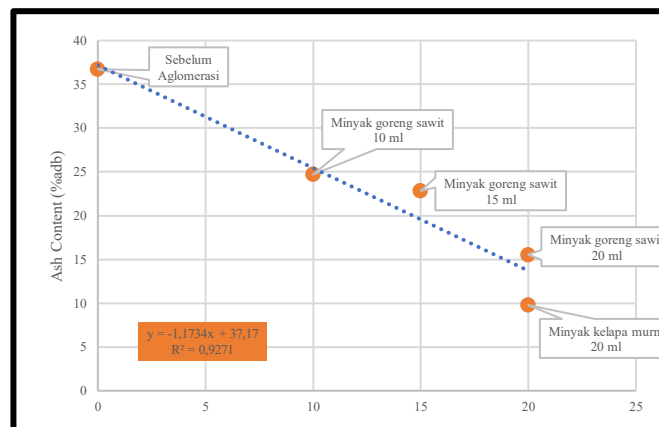


Gambar 4. Grafik regresi linear pada *Inherent Moisture*

Pada gambar 4. terdapat grafik regresi yang menunjukkan nilai $R^2 = 0,1407$ atau 14,70% yang berarti bahwa penurunan kadar air menggunakan minyak dapat disimpulkan terjadi pengaruh yang sangat rendah dan sisa 85,93% di jelaskan oleh variabel lain di luar variabel pada penelitian ini.



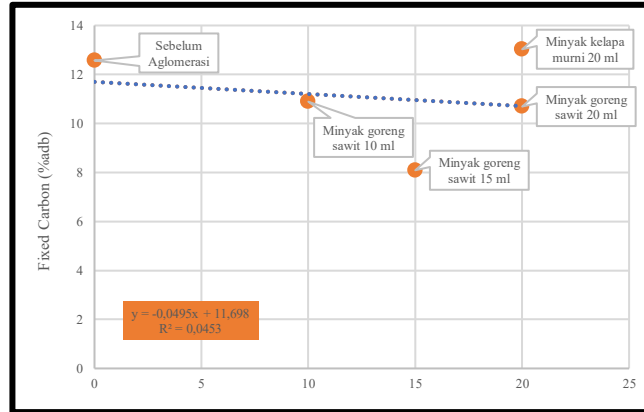
Gambar 5. Grafik regresi linear pada *Volatile Matter*



Gambar 6. Grafik regresi linear pada *Ash Content*

Pada gambar 5. terdapat grafik regresi yang menunjukkan nilai $R^2 = 0,8213$ yang berarti variasi variabel minyak dan *volatile matters* dapat disimpulkan terjadi pengaruh yang sangat kuat. Setiap kali terjadi peningkatan variasi minyak yang ditambahkan pada batubara saat proses aglomerasi,

maka akan diiringi dengan peningkatan *volatile matters*. Pada gambar 6. terdapat grafik regresi yang menunjukkan nilai $R^2= 0,9271$ yang berarti variasi variabel minyak dan *ash content* dapat disimpulkan terjadi pengaruh yang sangat kuat. Setiap kali terjadi peningkatan variasi minyak yang ditambahkan pada batubara saat proses aglomerasi, maka akan diiringi dengan penurunan *ash content*.

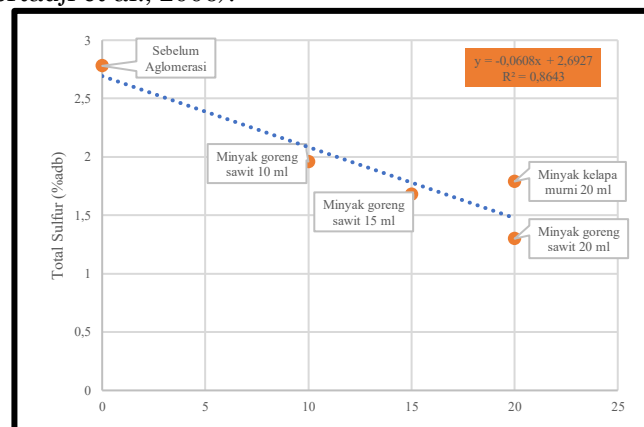


Gambar 7. Grafik regresi linear pada *Fixed Carbon*

Pada gambar 7. terdapat grafik regresi yang menunjukkan nilai $R^2= 0,0453$ atau 4,53% yang berarti bahwa penurunan kadar air menggunakan minyak dapat disimpulkan terjadi pengaruh yang sangat rendah.

Pengaruh Aglomerasi Sampel Batubara Terhadap Hasil Total Sulfur

Pada gambar 2. menunjukkan perubahan pada total sulfur antara sebelum aglomerasi dengan minyak goreng sawit 10 ml, 15 ml, 20 ml dan minyak kelapa murni 20 ml yang mengalami penurunan yaitu 1,96%, 1,68% 1,30% dan 1,79%. Hal ini terjadi Karena partikel-partikel batubara pada dasarnya *hydrophobic*, sehingga dapat dibuat menjadi aglomerat dalam bentuk campuran batubara minyak. Pada sisi lain, partikel-partikel mineral yang *hydrophilic* (yang menjadi sumber kadar abu dan sulfur pada batubara). tidak dipengaruhi dan tetap bertahan dalam air. Karena partikel-partikel aglomerat batubara lebih besar daripada partikel mineral, maka hal tersebut dapat dipisahkan (Poertadji et al., 2006).

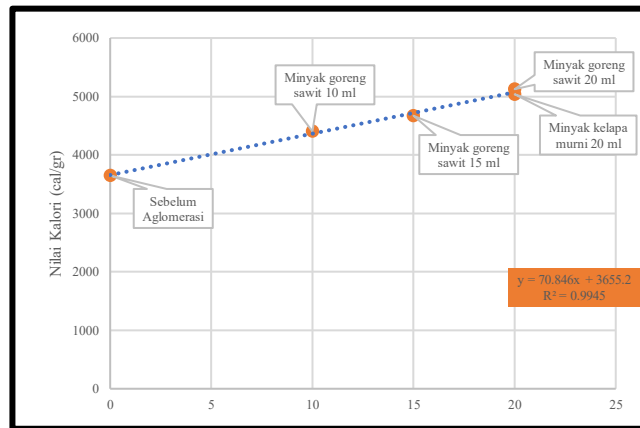


Gambar 8. Grafik regresi linear pada Total Sulfur

Pada gambar 8. terdapat grafik regresi yang menunjukkan nilai $R^2= 0,8643$ yang berarti variasi variabel minyak dan total sulfur dapat disimpulkan terjadi pengaruh yang sangat kuat. Setiap kali terjadi peningkatan variasi minyak yang ditambahkan pada batubara saat proses aglomerasi, maka akan diiringi dengan penurunan total sulfur.

Pengaruh Aglomerasi Sampel Batubara Terhadap Nilai Kalori Batubara

Pada gambar 3. menunjukkan perubahan pada nilai kalori antara sebelum aglomerasi dengan minyak goreng sawit 10 ml, 15 ml, 20 ml dan minyak kelapa murni 20 ml yang mengalami kenaikan yaitu 4.402 cal/gr, 4.670 cal/gr, 5.124 cal/gr dan 5.037 cal/gr. Pada gambar 1. menunjukkan bahwa nilai *fixed carbon* mengalami penurunan pada penelitian ini tidak sejalan dengan kenaikan pada nilai kalori. Hal ini juga terjadi pada penelitian yang dilakukan oleh (Poertadji dkk., 2006), kadar karbon 66,1% pada B60PyS5, kadar karbon 63,7 % pada B60PyS10 dan kadar karbon 60,6% pada B60PyS15. Kadar karbon 67,1% pada B60PyC5, kadar karbon 60,9 % pada B60PyC10 dan kadar karbon 60,7 % pada B60PyC15. Berdasarkan gambar 1. menunjukkan bahwa nilai *fixed carbon* mengalami penurunan sekitar 10,89% 10,89%, 8,09% dan 10,69% untuk minyak kelapa sawit mengalami penurunan *fixed carbon* pada yang tidak sejalan dengan kenaikan pada nilai kalori. Penurunan kadar karbon yang disebabkan oleh proses aglomerasi ini tidak menyebabkan nilai kalori batubara menurun, melainkan justru meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kalori batubara tidak hanya tergantung pada kadar karbonnya, tetapi masih tergantung kepada hal-hal lain, seperti umur, asal-usul, kondisi lingkungan pembentukan batubara dan sebagainya (Poertadji dkk., 2006).



Gambar 9. Grafik regresi linear pada Nilai Kalori

Pada gambar 9. terdapat grafik regresi yang menunjukkan nilai $R^2 = 0,9945$ yang berarti variasi variabel minyak dan nilai kalori dapat disimpulkan terjadi pengaruh yang sangat kuat. Setiap kali terjadi peningkatan variasi minyak yang ditambahkan pada batubara saat proses aglomerasi, maka akan diiringi dengan peningkatan nilai kalori.

KESIMPULAN

Variasi volume minyak goreng sawit 10 ml, 15 ml dan 20 ml pada proses aglomerasi menghasilkan penurunan kadar abu yang cukup signifikan yaitu 32,73%, 37,80% dan 57,65% Untuk minyak kelapa murni 20 ml penurunan kadar abu yang dihasilkan lebih optimal dibandingkan untuk penggunaan minyak goreng sawit yaitu sebesar 73,39%. Penurunan kadar sulfur pada variasi volume minyak goreng sawit yaitu sebesar 29,50%, 39,57% dan 53,24% untuk minyak kelapa murni 20 ml sebesar 35,61%. Kenaikan pada nilai kalori terhadap variasi minyak goreng sawit yaitu sebesar 20,67%, 28,02% dan 40,46% untuk minyak kelapa murni 20 ml yaitu sebesar 38,08%.

Penggunaan minyak goreng sawit menghasilkan penurunan kadar abu, sulfur dan peningkatan yang optimal dilihat dari variasi minyak goreng sawit 20 ml kadar abu 15,55%, kadar sulfur 1,30% dan nilai kalori menjadi 5.124 cal/gr. Sedangkan, pada minyak kelapa murni juga mengalami penurunan kadar abu sebesar 9,77% cukup tinggi dibandingkan dengan minyak goreng sawit 20 ml, kadar sulfur 1,79% dan nilai kalori menjadi 5.037 cal/gr.



UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih Kepada PT. Sucofindo Cabang Makassar, Kepala Desa Lanne Kecamatan tondong tallasa yang membantu dalam pengambilan data untuk penelitian. Serta Kepada civitas akademika Program Studi Teknik Pertambangan yang telah memberi banyak bantuan dan dorongan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi Setiawan Rauf, A. S. R., Sri Widodo, S. W., & Alfian Nawir, A. N. (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), 124.*
<https://doi.org/10.33536/jg.v6i3.243>
- Nelvi, A., Fadhly, A., Wardani, J. A., & Rahmi, H. (2022). *Optimalisasi Nilai Kalori Dan Kadar Abu Brown Coal Menggunakan Metode Aglomerasi Air Kapur-Minyak Sawit Mentah. Jurnal Pertambangan, 6(4), 178-183.*
- Nukman, & Poertadji, S. (2006). *Pengurangan Kadar Abu dan Sulfur Pada Batubara Sub Bituminus Dengan Metode Aglomerasi Air-Minyak Sawit. Jurnal Sains Materi Indonesia, 7(3), 31-36.*
- Poertadji, S., Nukman, & Hikam, M. (2006). *Pengaruh Aglomerasi Air-Minyak Sawit Terhadap Kadar Karbon dan Nilai Kalori Batubara Semi-Antrasit, Bituminus dan Sub-Bituminus. Jurnal Sains Materi Indonesia Indonesian Journal of Materials Science, 7(3), 1411-1098.*
- Putri, E. B. R., Zahar, W., & Marlinda, L. (2022). *Effect of vacuum residue and petroleum benzine as the additive calorific value and moisture of coal. Indonesian Mining Journal, 25(1), 41-47.*
<https://doi.org/10.30556/imj.vol25.no1.2022.1260>