

Bidang: Teknik Kimia Mineral

Topik: Kimia Analisis, Kimia Mineral, dan Kimia Terapan

COAL QUALITY ANALYSIS BERDASARKAN STUDI TECHNICAL IMPROVEMENT MANUAL SAMPLING

Alfian Irviansyah¹, A. Muhammad Nur Ichsan²
^{1,2}PT Carsurin Samarinda Branch
smd.hol@carsurin.com¹, smd.ops19@carsurin.com²

ABSTRAK

Batubara adalah batuan sedimen organik yang terbentuk dari sisa tumbuhan dan telah mengalami dekomposisi oleh adanya proses biokimia dan geokimia. Pengambilan sampel (*sampling*) memiliki peranan terbesar terhadap hasil uji batubara yaitu berkisar 80%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas batubara berdasarkan *manual sampling* (metode ASTM) yaitu manual *sampling on ROM* dan manual *sampling segmentasi stockpile jetty*. Adapun parameter analisa pada penelitian ini yaitu ash content, total sulphur dan *caloric value* (adb). Hasil penelitian menunjukkan bahwa manual *sampling on ROM* memiliki hasil uji sampel paling mendekati *reference indicator* pada seluruh uji parameter yaitu rata-rata ash content, total sulphur dan *caloric value* (adb) berturut-turut sebesar 7.04%, 0.44% dan 6449 kkal/kg. Sedangkan untuk manual *sampling segmentasi stockpile jetty* yaitu rata-rata ash content, total sulphur dan *caloric value* (adb) berturut-turut sebesar 7.10%, 0.54% dan 6334 kkal/kg. Pada penelitian ini juga dilakukan salah satu teknis pengambilan sampel yaitu tracking *sampling* yaitu pengambilan sampel di ROM dan saat tiba di *stockpile jetty* guna untuk menjaga dan mengontrol batubara dari ROM ke *stockpile jetty*. Parameter uji sama dengan 2 teknis di atas, yaitu ash content, total sulphur dan *caloric value* (adb), masing-masing sebesar 7.07%, 0.46% dan 6341 kkal/kg

Kata kunci: Manual *sampling*, ASTM, ash content, total sulphur, *caloric value* (adb).

ABSTRACT

Coal is one of organic sedimentary rock that was formed by fossil of plants and also has been decomposed due to biochem and geochem process. Sampling has the main role of analysis result of coal approximately 80%. This research aim to know the quality of coal based technical improvement manual *sampling* (ASTM method) are manual *sampling on ROM* and manual *sampling of segmentation of stockpile jetty*. Analysis parameter of this research are ash content, total sulphur, and *caloric value* (adb). Result of this research is manual *sampling on ROM* has the better analysis and approach reference indicator, average of ash content, total sulphur and *caloric value* (adb) are 7.04%, 0.44% and 6449 kkal/kg. Manual *sampling of segmentation of stockpile jetty* has average ash content, total sulphur and *caloric value* (adb) are 7.10%, 0.54% and 6334 kkal/kg. Within this research, also using one of improvement technical *sampling* is tracking *sampling*, *sampling* coal sample on ROM and on arrival at *stockpile jetty* for control the coal from ROM to *stockpile jetty*. Parameter are same with 2 technical *sampling* above are ash content, total sulphur and *caloric value* (adb) are 7.07%, 0.46% and 6341 ccal/kg.

Keywords: Manual *sampling*, ASTM, ash content, total sulphur, *caloric value* (adb).

PENDAHULUAN

Batubara adalah batuan sedimen organik yang terbentuk dari sisa-sisa macam tumbuhan dan telah mengalami dekomposisi atau penguraian oleh adanya proses biokimia dan geokimia dalam lingkungan bebas oksigen yang dipengaruhi oleh panas dan tekanan yang berlangsung lama [1]. Akan hal tersebut, menjadikan batubara sebagai salah satu bahan bakar hidrokarbon yang terdiri dari zat organik, bahan mineral dan kandungan air. Dari kandungan tersebut, batubara menjadi salah satu sumber daya alam yang memiliki peranan penting. Salah satu sektor penggunaan batubara hingga saat ini adalah sektor energi. Penggunaan batubara hingga saat ini cukup dominan dalam energi primer, terutama kebutuhan energi pada pembangkit listrik, terkhusus pada pemanfaatan domestik yaitu PLTU dan industri [2]. Terkhusus pada penggunaan pada

sektor PLTU, control dan handling kualitas batubara sangat berpengaruh terhadap performa PLTU tersebut, seperti nilai pembakaran / *high heating value* (HHV), gangguan kinerja / *equivalent force outage rate* (EFOR) dan bahkan *fuel saving cost* [3].

Beragam klasifikasi batubara juga memiliki kriteria masing-masing dalam setiap penggunaannya. Untuk memenuhi dan memaksimalkan kebutuhan tersebut, maka harus memenuhi persyaratan spesifikasi yang dibutuhkan oleh konsumen. Spesifikasi yang terkandung pada batubara dapat diketahui melalui tahapan pengujian pada laboratorium. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas batubara berdasarkan teknis improvement manual sampling menggunakan metode ASTM. Secara umum, tahapan untuk mengetahui uji kualitas analisa tersebut adalah pengambilan sampel (*sampling*), preparasi sampel (*preparation*) dan analisa sampel (*analysis*).

Pengambilan sampel (*sampling*) memiliki peranan terbesar terhadap hasil uji batubara yaitu berkisar 80% terhadap kualitas hasil uji (berkisar 15% proses preparasi dan 5% proses analisa). Sampling adalah suatu proses kegiatan pengumpulan sejumlah kecil material (*sample*) dari sejumlah material yang lebih besar atau total material dengan tujuan untuk mengestimasi sifat-sifat (*properties*) atau komposisi dari sejumlah material yang lebih besar tersebut. Seluruh material harus mempunyai peluang yang sama dan representatif untuk dianalisa [4]. Prosedur pengambilan sampel tergantung pada tempat dan kondisi batubara, yaitu *Coal in Situ* dan *Run of Mine* (ROM). *Run of Mine* atau biasa disingkat ROM ataupun biasa disebut *stockpile* merupakan area/tempat penyimpanan batubara sementara sebelum dilakukan proses lebih lanjut. Pengambilan sampel terdiri atas dua metode yaitu *mechanical sampling* dan *manual sampling*. *Manual sampling* adalah metode pengambilan sampel secara manual menggunakan tenaga manusia dengan bantuan alat sekop khusus [4]. Lebih lanjut, preparasi dilakukan untuk mengecilkan, mengurangi, dan mencampurkan sampel secara mekanis menggunakan beberapa peralatan mekanis [5]. Setelah preparasi, maka sampel siap untuk dianalisa di laboratorium. Adapun parameter analisa pada penelitian ini yaitu *ash content*, *total sulphur* dan *caloric value* (adb). *Ash content* memiliki pengaruh penting ke lingkungan. Selain itu, penerapan *good mining practice* juga mempengaruhi kadar *ash content* tersebut. Dalam penentuan nilai kalori batubara, sulfur merupakan salah satu parameter yang juga sangat riskan terhadap lingkungan terutama emisi gas SO₂[6].

Seluruh rangkaian proses pada penelitian ini mulai dari pengambilan sampel, preparasi sampel dan analisa sampel menggunakan metode ASTM (*American Society for Testing and Materials*).

METODE PENELITIAN

Tahap Pengambilan Sampel

Tahap ini merupakan pengambilan sampel secara manual di ROM/*stockpile* batubara. Pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan metode manual sampling berdasarkan acuan standar ASTM. Teknis pengambilan sampel tersebut melalui 2 teknis pengambilan sampel yaitu *manual sampling on ROM* dan segmentasi *stockpile jetty*. Adapun produk pengambilan sampel batubara pada masing-masing teknis pengambilan sampel selanjutnya diberikan kode "A". Ukuran top size batubara yaitu ± 50 mm (sampel yang diambil merupakan batubara yang telah di-crusher). Pengambilan sampel menggunakan sekop ukuran 2.5 x top size dengan membuat lubang pada gundukan di area titik pengambilan sampel batubara sedalam ± 30 -50 cm. Jumlah increment manual sampling tersebut merujuk pada persamaan berikut [7]

$$\text{Increment} = 35 \sqrt{\frac{\text{cargo (ton)}}{1000}} \quad (1)$$

Teknis pengambilan sampel pertama yaitu *manual sampling on ROM* yang dilakukan di ROM 1. Pengambilan sampel ini dilakukan secara manual pada tumpukan/gundukan batubara ROM 1 serta dilakukan pengambilan secara acak dan representatif.

Teknis pengambilan sampel kedua yaitu manual sampling melalui segmentasi yang khusus dilakukan hanya di *stockpile jetty*. Dasar teknis tersebut yaitu *stockpile jetty* menjadi handling terakhir batubara sebelum dilakukan proses barging kepada konsumen. Teknis segmentasi ini merupakan pembagian beberapa bagian pada gundukan/tumpukan batubara, yang selanjutnya dibagi menjadi 2 segmen dan 2 sub-segmen. Segmen 1 terdiri dari 1/A1 dan 1/A2 dan segmen 2 terdiri dari 2/A1 dan 2/A2.

Tahap Preparasi Sampel

Preparasi sampel dilakukan terhadap kedua teknis pengambilan sampel sebelum dianalisa di laboratorium. Prinsip preparasi sampel yaitu pengecilan, pengurangan dan pencampuran sampel untuk keperluan analisa di laboratorium.

Preparasi sampel dilakukan secara mekanis menggunakan beberapa peralatan. Pertama sampel dihancurkan dan dikecilkan

menggunakan jaw crusher sehingga terjadi penyusutan ukuran. Ukuran sizing sampel yang awalnya berukuran rata-rata ± 50 mm menjadi $\pm 4,75$ mm. Kemudian, dilakukan pembagian sampel menggunakan rotary sample divider sehingga sampel terbagi sama rata untuk masing-masing keperluan. Adapun selanjutnya yaitu dilakukan pengeringan sampel menggunakan drying shed sehingga bobot sampel tersebut konstan. ASTM menyatakan konstan apabila selisih kehilangan bobot sampel $\leq 0,3\%$ per jam sesuai persamaan berikut [5].

$$ADL = \frac{\text{bobot sample sebelum pengeringan} - \text{bobot sample setelah pengeringan}}{\text{bobot sample sebelum pengeringan} - \text{bobot tray kosong}} \quad (2)$$

Sampel yang telah konstan tersebut kemudian digerus menggunakan *raymond mill* sehingga ukuran partikel yang awalnya $\pm 4,75$ mm menjadi $\pm 0,25$ mm untuk kemudian dianalisa di laboratorium sesuai parameter yang akan diuji.

Tahap Analisa Sample

Sampel yang telah dipreparasi lebih lanjut akan dianalisa uji kualitas di laboratorium. Setiap sampel akan diuji di laboratorium sesuai dengan parameter uji yaitu *ash content*, *total sulphur* dan *caloric value* (adb).

Ash content ditentukan dengan berat residu anorganik (abu) setelah pembakaran batubara dan coke dibawah kondisi yang ditentukan seperti bobot sampel, temperatur, waktu analisa, suhu atmosfer dan peralatan serta instrument yang digunakan. Uji ash content menggunakan instrument Muffle Furnace [8].

Pengujian total sulphur dilakukan terhadap sampel batubara yang dibakar dengan oksigen pada suhu 1350°C . Sehingga saat suhu pembakaran diatas angka tersebut, maka sulfur dan komponen sulfur batubara akan terdekomposisi dan teroksidasi hampir menyerupai gas sulfur dioksida (SO_2). Uji total sulphur menggunakan instrument LECO S144 DR Sulfur Analyzer [9]. Parameter pengujian terakhir yaitu *caloric value* (adb). *Caloric value* diuji berdasarkan sampel yang dibakar pada combustion vessel kalori meter dengan oksigen tekanan tinggi, kenaikan suhu air pada bucket serta dikalkulasi secara komputerisasi terhadap nilai *heat capacity* yang didapat dari hasil kalibrasi asam benzoat ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$) dan dikurangi dengan faktor koreksi menjadi nilai *gross caloric value*. Uji *caloric value* (adb) menggunakan instrument Calorimeter Parr 6200 [10].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, kedua perlakuan pengambilan sampel batubara dilakukan uji kualitas masing-masing sampel tersebut yaitu *ash content*, *total sulphur* dan *caloric value* (adb). Kualitas batubara merupakan nilai dari hasil uji masing-masing parameter tersebut, sehingga dapat dilakukan pengelompokkan atau klasifikasi batubara tersebut. Teknis pengambilan sampel pertama yaitu *manual sampling on ROM* menghasilkan data analisa yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji analisa parameter pengambilan sampel berdasarkan manual sampling on ROM 1

Teknis Pengambilan Sampel	Nilai Ash Content (%)	Nilai Total Sulphur (%)	Nilai Caloric Value (adb) (kkal/kg)
Manual sampling on ROM 1	7.86	0.50	6322
	6.56	0.41	6541
	6.71	0.41	6483
Average	7.04	0.44	6449

Teknis pengambilan sampel kedua yaitu manual sampling segmentasi *stockpile jetty* menghasilkan data analisa yang ditunjukkan pada tabel 2.

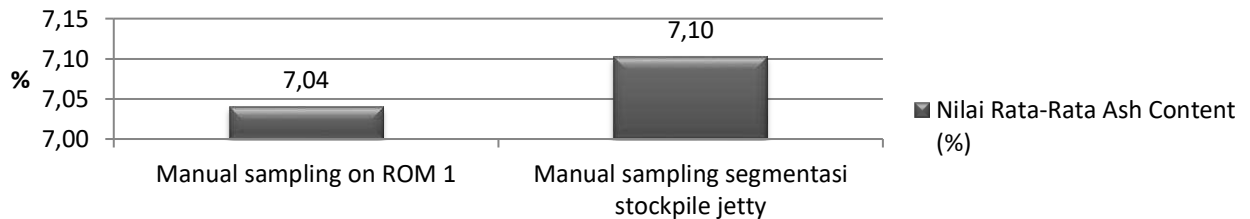
Tabel 2. Hasil uji analisa parameter pengambilan sampel berdasarkan manual sampling segmentasi *stockpile jetty*

Teknis Pengambilan Sampel	Segmentasi	Nilai Ash Content (%)	Nilai Total Sulphur (%)	Nilai Caloric Value (adb) (kkal/kg)
Manual sampling segmentasi <i>stockpile jetty</i>	1/A1	7.21	0.43	6583
	1/A2	7.05	0.38	6648
	2/A1	7.40	0.44	6211
	2/A2	6.75	0.92	5895
Average		7.10	0.54	6334

Kualitas batubara yang dihasilkan berpengaruh pada sektor penggunaan batubara tersebut, yang hingga saat ini masih menjadi primadona penggunaan energi pembangkit listrik, khususnya PLTU dan sektor industri. Kualitas batubara yang baik akan berpengaruh pada efisiensi operasional penggunaan batubara tersebut.

Ash Content

Kadar abu (*ash content*) merupakan salah satu parameter penting yang diuji terhadap kualitas batubara. Hal ini karena untuk kepentingan lingkungan. Rata-rata hasil uji ash content pada teknis pertama, kedua, dan ketiga ditunjukkan pada grafik berikut.



Gambar 1. Grafik rata-rata nilai hasil uji *ash content* masing-masing teknis pengambilan sampel

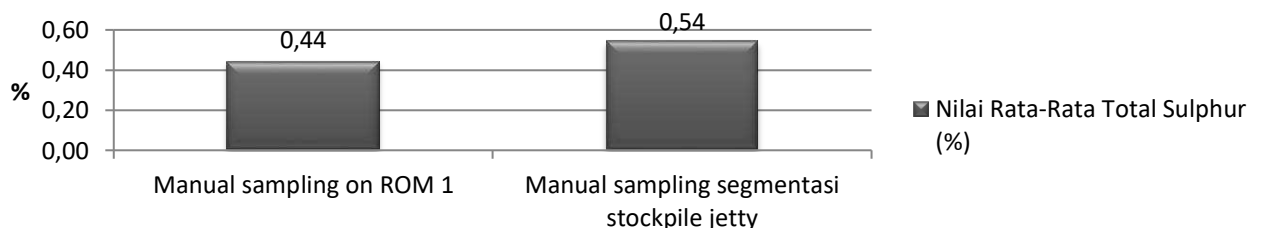
Ash content yang terkandung tersebut merupakan sisa pembakaran (residu) anorganik dari batubara. Adapun yang dapat mempengaruhi dari masing-masing nilai tersebut yaitu source dan handling dari batubara tersebut.

Berdasarkan data yang ditunjukkan pada gambar 1 yaitu grafik rata-rata nilai hasil uji ash content pada masing-masing teknis pengambilan sampel. Terlihat bahwa ash content pada teknis pengambilan sampel manual sampling segmentasi *stockpile jetty* lebih besar daripada manual sampling on ROM 1. Nilai ash content pada manual sampling segmentasi *stockpile jetty* yaitu sebesar 7.10%, sedangkan pada manual sampling on ROM 1 yaitu sebesar 7.04%.

Semakin kecil *ash content* tersebut, maka kualitas *caloric value* batubara tersebut akan lebih besar karena akan menghasilkan sedikit abu (residu anorganik). Manual sampling on ROM 1 yang memiliki nilai *ash content* paling rendah dikarenakan batubara tersebut merupakan batubara yang langsung diangkut dari area tambang (pit) sehingga belum terlalu memiliki kontaminasi yang signifikan baik itu debu, pasir, tanah, impurities lainnya. Sementara pada manual sampling segmentasi *stockpile jetty* yang memiliki nilai ash content tinggi dikarenakan pengaruh terhadap adanya indikasi kontaminasi pada saat handling batubara tersebut, baik itu pada saat handling ke dan/atau di stockpile jetty. Namun kontaminasi ataupun impurities tersebut dapat diminimalisir melalui pencucian batubara. Selain daripada itu, swabakar, *fine coal*, *flooding* dan pengotor bawaan juga menjadi faktor kandungan *ash content* tersebut. Dengan demikian, terlihat bahwa kualitas batubara yang diuji tersebut berada pada interval 7.04% - 7.10%. Dari data tersebut, menunjukkan bahwa selisih hasil uji *ash content* dari kedua teknis pengambilan sampel tersebut sebesar 0.06%. Akurasi sampling dari teknis pertama dan kedua masing-masing sebesar 99.43% dan 98.57%. Hasil uji dari masing-masing sampel sesuai pada range reference indicator yaitu 6% - 8%.

Total Sulphur

Kadar sulfur merupakan salah satu parameter yang sangat riskan terhadap lingkungan terutama emisi gas SO_2 . Rata-rata hasil uji total *sulphur* pada teknis pertama, kedua, dan ketiga ditunjukkan pada grafik berikut



Gambar 2. Grafik rata-rata nilai hasil uji total *sulphur* masing-masing teknis pengambilan sampel

Gambar 2 tersebut menunjukkan grafik rata-rata dari nilai hasil uji total *sulphur* pada masing-masing teknis pengambilan sampel batubara. Kandungan sulfur tersebut telah terkandung selama pembentukan batubara. Kandungan sulfur tersebut ditemukan dalam bentuk sulfur piritik, sulfat dan organik. Kandungan sulfur yang tinggi dalam batubara tidak diinginkan, namun tidak adanya sulfur juga akan menjadikan batubara kurang maksimal dalam pembakaran dan transfer energi. Juga

pentingnya untuk mengetahui kadar sulfur batubara yaitu untuk melihat seberapa banyak kandungan sulfur, karena sangat berpengaruh pada lingkungan yaitu pembentukan gas SO_2 .

Dari grafik yang tersaji pada gambar 2 tersebut terlihat bahwa nilai total sulphur dari yang terbesar yaitu manual sampling segmentasi *stockpile jetty* yaitu sebesar 0.54%. Sementara manual sampling on ROM 1 yaitu sebesar 0.44%.

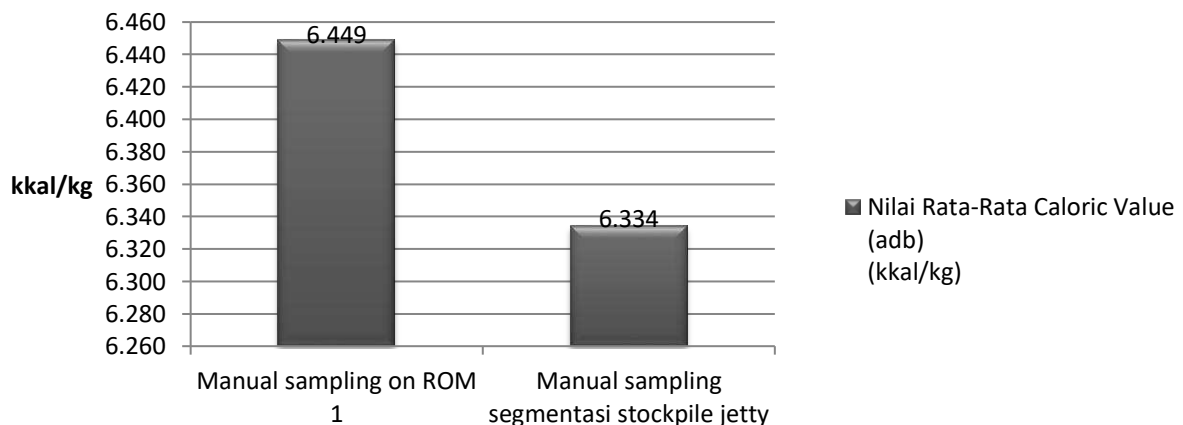
Teknis pengambilan sampel manual sampling segmentasi *stockpile jetty* memiliki hasil yang lebih besar dibandingkan manual sampling on ROM 1 dikarenakan oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu *stockpile management* yang menjadi faktor eksternal pengaruh terhadap tingginya kadar sulfur tersebut, selain daripada langsung dari sumber (*source in situ*) batubara tersebut. *Stockpile management* perlu dikelola dengan baik terutama apabila pada *stockpile* tersebut terdapat lebih dari satu jenis klasifikasi batubara. Terdapatnya kisaran yang besar pada hasil uji tersebut juga disebabkan oleh beragam seam batubara yang mempunyai umur dan lingkungannya. Berdasarkan pada data hasil uji total sulphur, terlihat bahwa interval kandungan sulfur batubara tersebut yaitu 0.44% - 0.54%. Data tersebut juga menunjukkan bahwa selisih antara rata-rata nilai tertinggi dan terendah yaitu 0,10%.

Jika berdasarkan pada penelitian sebelumnya, maka hasil uji total sulphur pada penelitian ini dikategorikan pada kategori *low sulphur* [11]. Akurasi sampling dari teknis pertama dan kedua masing-masing sebesar yaitu sebesar 80% dan 98.18%. Hasil uji masing-masing sampel sesuai pada *reference indicator* serta berada kategori pada *low sulphur* yaitu pada rentang 0,3% - 0,8%

Caloric Value (adb)

Kalor merupakan suatu kuantitas atau jumlah panas yang dilepas ataupun diterima oleh suatu benda. Kalor yang dilepas oleh batubara ini merupakan energi yang dibebaskan dari adanya interaksi eksotermis antara senyawa hidrokarbon dan oksigen. Selain itu, material lain seperti *moisture*, *sulphur* dan mineral lain juga akan mengalami perubahan kimia [12]. Sehingga, nilai *caloric value* merupakan nilai *heat capacity* yang kemudian dikoreksi matematis menjadi *gross caloric value* (*caloric value adb*)

Berdasarkan pada hasil yang diperoleh terhadap masing-masing teknis pengambilan sampel, maka dapat dilihat rata-rata nilai hasil uji *caloric value* yang ditunjukkan oleh grafik yang tersaji pada gambar 2.



Gambar 3. Grafik rata-rata nilai hasil uji *caloric value* (adb) masing-masing teknis pengambilan sampel

Berdasarkan data yang disajikan pada grafik tersebut, terlihat bahwa nilai *caloric value* (adb) terbesar yaitu pada manual sampling on ROM 1 yaitu sebesar 6449 kkal/kg, sedangkan manual sampling segmentasi *stockpile jetty* yaitu sebesar 6334 kkal/kg.

Adapun faktor yang mempengaruhi nilai *caloric value* (adb) ini adalah nilai *moisture* dan juga *ash content*. Selain faktor internal, juga karena faktor eksternal seperti cuaca dan iklim, handling batubara, ukuran batubara yang kurang seragam dan *stockpile management*. Faktor eksternal seperti handling dan *stockpile management* merupakan faktor yang dapat dikontrol sehingga dapat menjaga nilai *caloric value* tersebut stabil dan tidak mengakibatkan selisih yang cukup jauh antara *in situ* dan pada saat sampai ke *stockpile* terakhir seperti *jetty/port* sebelum dilakukan *barging*.

Dari kedua teknis pengambilan sampel, terlihat bahwa rata-rata nilai *caloric value* (adb) berada pada >6000 kkal/kg dan berada pada interval 6334 kkal/kg – 6449 kkal/kg. Adapun selisih nilai *caloric value* (adb) tertinggi dan terendah yaitu 115 kkal/kg. Akurasi sampling dari teknis pertama dan kedua masing-masing sebesar 99.37% dan 97.60%. Hasil pengujian sampel juga sesuai pada *reference indicator caloric value* batubara tersebut yaitu sebesar 6095 kkal/kg – 6885 kkal/kg

Berdasarkan pada seluruh hasil uji parameter yang dilakukan pada penelitian ini, maka untuk menjaga dan mengontrol kualitas batubara tersebut, dilakukan salah satu teknis pengambilan sampel yaitu *tracking sampling* yang dimana dilakukan pengambilan sampel pada ROM 1 yang akan diangkut ke *stockpile jetty*. Kemudian kembali dilakukan pengambilan sampel pada *stockpile jetty* pada saat *unloading* dan sebelum *blending*. Adapun parameter uji kualitas sampel dengan teknis ini sama dengan 2 teknis di atas, yaitu *ash content*, total *sulphur* dan *caloric value* (adb), yaitu masing-masing sebesar 7.07%, 0.46% dan 6341 kkal/kg, serta akurasi sampling masing-masing parameter pengujian berturut-turut sebesar 99.14%, 83.64% dan 97.70%. Hasil uji analisa berdasarkan *tracking sampling* ini memiliki selisih yang tidak berbeda jauh dengan manual sampling on ROM 1 sebagai handling awal batubara dari pit serta keakuratan terhadap *reference indicator* masing-masing parameter pengujian. Pada hasil pengujian teknis *tracking sampling* ini juga dilakukan validasi hasil pengujian masing-masing parameter berdasarkan validasi *reproducibility*.

KESIMPULAN

Hasil uji kualitas batubara seluruh teknis pengambilan sampel sesuai parameter uji yaitu *ash content* menghasilkan nilai pada interval 7.04% - 7.10%, total *sulphur* menghasilkan nilai pada interval 0.44% - 0.54%, serta *caloric value* (adb) menghasilkan nilai pada interval 6334 kkal/kg – 6449 kkal/kg.

Kualitas batubara berdasarkan manual sampling on ROM 1 memiliki hasil uji kualitas batubara yang lebih baik (*approach actual reference indicator*) dari seluruh parameter uji dibandingkan manual sampling segmentasi *stockpile jetty*.

Tracking sampling menjadi salah satu teknis pengambilan sampel yang dapat menjaga dan mengontrol kualitas batubara

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hadi Ismul Arif, Refrizon, Erlena Susanti. Analisis Kualitas Batubara Berdasarkan Nilai HGI dengan Standar ASTM. *Jurnal Ilmu Fisika Indonesia* 1 (1D) : 1109-37. 2012.
- [2] Afin Anugrah Pratama, Berkah Fajar Tamtomo Kiono. Potensi Energi Batubara serta Pemanfaatan dan Teknologinya di Indonesia Tahun 2020 – 2050 : Gasifikasi Batubara. *Jurnal Energi Baru & Terbarukan* 2 (2) : 115. 2021.
- [3] Naufal Iqbal Dima, Dianta Mustofa Kamal, Agus Sukandi, Pribadi Mumpuni Adhi. Analisis Pengaruh Kualitas Batubara terhadap Performa Pembangkit Listrik Tenaga Uap. Jakarta : ISSN 2085-2762 *Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta* : 2012.
- [4] Raya Nico R. Handout : *Basic Principle of Coal Sampling – Internal Training for Carsurin*. PT Carsurin. 2021.
- [5] PT Carsurin. IMS PT Carsurin – *Preparasi Sampel Batubara untuk Analisa (ASTM)*. Available <http://www.esop.carsurin.com>.
- [6] Hilmi Amirul, Andi Maria Ulfa, Sulaimansyah. Analisis Proksimat, Kandungan Sulfur dan Nilai Kalor dalam Penentuan Kualitas Batubara. *Indonesia Journal of Engineering* 1(2) : 86. 2021.
- [7] PT Carsurin. IMS PT Carsurin – *Standard Practice for Manual Sampling of Stationary Coal from Railroad Cars, Barges, Truck, or Stockpile*. Available <http://www.esop.carsurin.com>.
- [8] PT Carsurin. IMS PT Carsurin – *Penentuan Ash Content – ASTM*. Available <http://www.esop.carsurin.com>.
- [9] PT Carsurin. IMS PT Carsurin – *Penentuan Total Sulfur Instrument – ASTM*. Available <http://www.esop.carsurin.com>.
- [10] PT Carsurin. IMS PT Carsurin – *Prosedur Penentuan Caloric Value Isoperibol – ASTM*. Available <http://www.esop.carsurin.com>.
- [11] Fatimah, Herudiyanto. Kandungan Sulfur dalam Batubara Indonesia. *Buletin Sumber Daya Geologi* 2 (1) : 70. 2007.
- [12] Hamdani, Yossi Oktarini. Karakteristik Batubara pada Cekungan Meulaboh di Kabupaten Aceh Barat dan Nagan Raya, Provinsi Aceh. *Jurnal Ilmiah Jurutera* 1(1) : 80. 2014.