

ANALISIS PENCAMPURAN BATUBARA PADA PT. BUKIT ASAM TBK DALAM UPAYA MENINGKATKAN KUALITAS BATUBARA UNTUK MEMENUHI KRITERIA PERMINTAAN PLTU BUKIT ASAM TANJUNG ENIM, SUMATERA SELATAN

Analysis of Coal Blending at PT. Bukit Asam Tbk in an Effort to Improve to Coal Quality to Meet the Demand Criteria of PLTU Bukit Asam Tanjung Enim, South Sumatera

FITRIANI. A**, WAHYUDI ZAHAR* dan MUHAMMAD EL HAKIM**

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi
Jl. Mendalo Darat Km. 15, Muara Bulian, Jambi 36361

Korespondensi e-mail: wahyudizahar@unja.ac.id

* Kontributor Utama ** Kontributor Anggota

ABSTRAK

PT. Bukit Asam Tbk menyediakan batubara jenis BA 50 untuk dikirim ke PLTU Bukit Asam Tanjung Enim. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mendapatkan batubara yang sesuai dengan kebutuhan PLTU Bukit Asam Tanjung Enim. Metode yang dilakukan adalah dengan melakukan simulasi pencampuran dari beberapa jenis batubara yang ada di PT. Bukit Asam Tbk seperti *mine brand* AL 49, *mine brand* AL 51, *mine brand* AL 53 dan *mine brand* AL 55. Metode pencampuran menggunakan metode pengaturan tumpukan dengan metode penyusunan lapisan menggunakan metode *layered*. Hasil penelitian mendapatkan bahwa simulasi pencampuran terdiri dari 11 jenis pencampuran, empat diantaranya tidak dapat digunakan sebagai rekomendasi karena memiliki nilai kalori yang lebih tinggi dari BA 50. Dari tujuh simulasi yang direkomendasikan, simulasi AL 49 AL 51 memiliki nilai harga keuntungan tertinggi dari harga jual kesepakatan yaitu sebesar \$0.38 per ton dan \$1,157.55 per hari atau sama dengan Rp18.216.357,16 per hari. Pada penelitian ini tidak hanya direkomendasikan pencampuran batubara dengan dua jenis batubara berbeda kualitas, tetapi dilakukan inovasi dengan pencampuran yang dapat dilakukan dengan lebih dari dua jenis batubara berbeda kualitas.

Kata kunci: analisis batubara, harga batubara, pencampuran batubara.

ABSTRACT

PT. Bukit Asam Tbk provides BA 50 type coal to be sent to the Bukit Asam Tanjung Enim PLTU. The aim of this research is to obtain coal that suits the needs of the Bukit Asam Tanjung Enim PLTU. The method used is to simulate the blending of several types of coal at PT. Bukit Asam Tbk such as *mine brand* AL 49, *mine brand* AL 51, *mine brand* AL 53 and *mine brand* AL 55. The blending method uses the stack arrangement method with the layer arrangement method using the *layered* method. The research results show that the blending simulation consists of 11 types of blending, four of which cannot be used as recommendations because they have a higher calorific value than BA 50. Of the seven recommended simulations, the AL 49 AL 51 simulation has the highest profit price value compared to the agreed selling price, namely \$0.38 per ton and \$1,157.55 per day or equal to IDR 18,216,357.16 per day. In this research, it is not only recommended to blend coal with two types of coal of different qualities, but innovation is carried out by blending which can be done with more than two types of coal of different qualities.

Keywords: analysis of coal, price of coal, coal blending.

PENDAHULUAN

Batubara merupakan salah satu bahan galian yang memiliki potensi lebih lanjut untuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar selain dari minyak dan gas bumi (Hardianti dan Saputra, 2018). Batubara memiliki manfaat yang sangat luas, dapat digunakan sebagai bahan bakar pada pembangkit listrik, industri semen dan industri kecil serta kebutuhan rumah tangga. Selain itu, dapat digunakan pula sebagai bahan baku untuk industri lain dan kebutuhan untuk ekspor (Saptarini, Asy'ari dan Hidayatullah, 2016).

Pemanfaatan batubara sebagai bahan bakar pembangkit listrik yaitu untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), dengan mengkonversi energi kimia dari bahan bakar menjadi energi listrik. Proses pembentukan uap diawali dengan pemompaan air ke dalam *boiler* sehingga menghasilkan uap bertekanan dan temperatur tinggi untuk menggerakkan turbin, selanjutnya dapat menghidupkan generator untuk menghasilkan energi (Murti, Manuaba dan Arjana, 2020).

Kualitas batubara adalah sifat fisika maupun kimia batubara yang dapat mempengaruhi potensi kegunaannya (Sepfitrah, 2016). Parameter kualitas batubara dapat mempengaruhi kinerja *boiler* di PLTU. Salah satunya yaitu kadar air, semakin tinggi nilai kadar air yang dimiliki batubara maka akan semakin rendah efisiensi pembakaran di *boiler* yang digunakan (Riana, 2021).

Parameter kualitas batubara yang perlu diketahui untuk pemanfaatan sebagai bahan bakar di PLTU, adalah: kadar air (%), zat terbang (%), kadar abu (%), total sulfur (%), kadar karbon tetap (%), nilai kalori (kal/gr atau kkal/kg), dan *hadrgrove grindability index* (HGI). Kadar air terdiri dari kandungan air bebas yang merupakan air yang biasanya menempel di permukaan batubara ataupun berada di celah rekahan batubara, dan kandungan air bawaan yang biasanya terikat bersamaan proses pembatubaraan. Kadar abu merupakan residu dari hasil pembakaran batubara saat dibakar, jika ditandai adanya peningkatan kadar abu maka nilai kalori yang dimiliki akan semakin rendah (Arif, 2022).

Zat terbang merupakan senyawa organik dan anorganik yang terdapat dalam batubara, yang terlepas selain komponen air pada saat pemanasan pada suhu yang tinggi. Zat ini berasal dari adanya ikatan komponen batubara ataupun pengotor yang terikat di dalam batubara (Yenni dan Prabowo, 2021). Total sulfur merupakan jumlah kandungan sulfur yang terdapat dalam batubara, kandungan sulfur pada batubara dapat dijadikan batasan atau *rejection limit* untuk kualitas batubara (Toding, Triantoro dan Riswan, 2019).

Kadar karbon tetap merupakan material sisa setelah berkurangnya kadar air, zat terbang dan kadar abu (Permana, 2016). Nilai kalori merupakan jumlah panas yang dihasilkan ketika sejumlah batubara dibakar, yang ditentukan oleh kenaikan suhu selama pembakaran berlangsung (Febryanti dan Yulhendra, 2022).

HGI merupakan nilai yang menunjukkan tingkat kemudahan batubara untuk digerus, semakin kecil nilai HGI berarti semakin sulit untuk batubara digerus begitupula sebaliknya. Nilai HGI batubara dapat berubah akibat berbagai faktor, salah satunya adalah pemanasan. Semakin tinggi kandungan air dan zat terbang yang dimiliki oleh batubara, maka akan semakin sulit untuk batubara tersebut digerus (Ghony, 2022).

PT. Bukit Asam Tbk merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan dengan bahan galian berupa batubara, di mana batubara yang terdapat pada PT. Bukit Asam Tbk umumnya digunakan sebagai sumber energi untuk pembangkit listrik yaitu PLTU.

Upaya yang dapat dilakukan untuk memenuhi permintaan konsumen sesuai dengan kriteria, salah satunya adalah dengan melakukan pencampuran untuk menghindari adanya ketidaksesuaian kriteria yang dibutuhkan oleh konsumen sebagaimana yang telah disepakati (Prasetyo dkk., 2019). Pencampuran batubara merupakan salah satu bagian dari cara pengolahan batubara, di mana dengan adanya proses tersebut dapat membentuk suatu batubara dengan kualitas tertentu yang diinginkan (Fathonji, Solihin dan Ashari, 2017).

Pencampuran batubara di area *stockpile* dapat dilakukan dengan teknik pengaturan tumpukan dan teknik pengaturan laju batubara pada *conveyor*. Teknik pengaturan tumpukan batubara yang dihasilkan akan homogen apabila cara penyusunan atau penimbunan lapisannya dilakukan secara baik, yaitu semakin banyak jumlah lapisan dan semakin tipis ketebalan lapisan yang dibentuk maka batubara yang dihasilkan akan semakin baik. Adapun pada teknik pengaturan laju batubara pada *conveyor* bergantung pada *feeder* dan proporsi masing-masing batubara ke *conveyor* yang digunakan, batubara yang dihasilkan akan semakin baik apabila antara penggunaan *feeder* dengan proporsi pemasukan ke *conveyor* diatur sesuai dengan rasio yang tepat (Muchjidin, 2006).

Pencampuran batubara merupakan penggabungan secara bersamaan dan terus-menerus dalam waktu tertentu dari dua atau lebih material, berupa batubara beda kualitas yang kemudian dianggap mempunyai komposisi yang konstan dan terkontrol proporsinya. Pencampuran ini dilakukan pada batubara yang memiliki perbedaan pada nilai parameternya untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan komposisi yang homogen (Saputra, Triantoro dan Riswan, 2014). Metode pencampuran batubara terdiri dari: metode silang, metode berlapis, metode tumpah dorong, metode curah langsung, metode dua *conveyor* (Majid, Yusuf dan Komar, 2019). Metode penimbunan atau cara penyusunan lapisan batubara adalah sebagai berikut: *chevron*, *windrow*, *layered* (Sloss, 2014). Kualitas dan kuantitas batubara merupakan faktor yang penting yang harus diperhatikan oleh produsen agar dapat memenuhi permintaan konsumen (Widatama, Wijaya dan Sidiq, 2022).

Stockpile 1 merupakan tempat penyimpanan yang digunakan untuk memenuhi permintaan ke PLTU Bukit Asam Tanjung Enim, yang khusus digunakan untuk kebutuhan masyarakat di sekitar daerah penelitian. Adapun pada lokasi tempat penyimpanan ini memiliki jenis batubara utama yaitu *mine brand* AL 49, pencampuran batubara di lokasi ini dilakukan terhadap *mine brand* AL 49 dengan *mine brand* AL 51 atau *mine brand* AL 53, dengan jenis pencampuran hanya menggunakan dua jenis batubara berbeda kualitas. Metode pencampuran yang digunakan

di lokasi ini yaitu metode pencampuran batubara dengan menggunakan teknik pengaturan tumpukan dengan bantuan *bulldozer*, dengan posisi tumpukan batubara saling berdekatan sesuai dengan jenisnya. Pada saat penelitian, penulis mencoba melakukan inovasi dengan melakukan pencampuran batubara di *stockpile* 1 dengan menggunakan lebih dari dua jenis batubara berbeda. Cara tersebut dilakukan dengan menambahkan jenis *mine brand* lain untuk digunakan, adapun jenis *mine brand* tersebut yaitu *mine brand* AL 51, *mine brand* AL 53 dan *mine brand* AL 55.

Perubahan kualitas batubara diharapkan akan berpengaruh kepada harga jual, sehingga menambahkan keuntungan untuk perusahaan. Harga batubara terdiri dari Harga Batubara Acuan (HBA) yaitu harga batubara yang menjadi acuan dalam penjualan batubara baik internasional maupun domestik dan Harga Patokan Batubara (HPB) yaitu harga patokan batubara berdasarkan masing-masing merek dagang dengan standarisasi sesuai nilai HBA berdasarkan kualitas dari masing-masing merek batubara. Menurut Keputusan Menteri ESDM Nomor 267.K/MB.01/MEM.B/2022 tentang Pemenuhan Kebutuhan Batubara Dalam Negeri, Lampiran III tentang Ketentuan Harga Jual Batubara untuk Penyediaan Tenaga Listrik untuk Kepentingan Umum yaitu sebesar \$70 per metrik ton (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2022).

Penelitian ini dilakukan agar dapat meningkatkan kualitas batubara yang dimiliki oleh PT. Bukit Asam Tbk pada *stockpile* 1, melalui simulasi pencampuran batubara yang tepat sehingga dapat direkomendasikan jenis batubara yang dapat memenuhi kriteria permintaan PLTU Bukit Asam Tanjung Enim. Adapun untuk pelaksanaan dan teknik pengaturan volume pencampuran secara langsung di *stockpile* 1, tidak dilaksanakan dengan mempertimbangkan kondisi teknis di lokasi pada saat penelitian berlangsung.

METODE

Penelitian dilaksanakan pada 21 November 2022 hingga 21 Januari 2023 di Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) PT. Bukit Asam Tbk, Desa Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi

Sumatera Selatan. Analisis dan pengujian batubara dilaksanakan di Laboratorium Penanganan Angkutan Batubara (PAB) Unit Pertambangan Tanjung Enim.

Alat yang digunakan berupa peralatan lapangan dan laboratorium. Peralatan lapangan yaitu sekop dan plastik sampel yang dilengkapi dengan label identitas untuk setiap sampel yang diambil berdasarkan jenis *mine brand*. Peralatan laboratorium yang digunakan antara lain: peralatan preparasi sampel yaitu *jaw crusher*, *hammer mill*, *coal batter mill*, *pulverizer* dan *coal drying high temperature*; sedangkan peralatan pengujian dan analisis antara lain: *ash furnace*, *minimum free space oven (MFSO)*, *volatile matter furnace*, *sulfur furnace*, *calorimeter* dan *mesin HGI*. Peralatan tambahan lainnya adalah timbangan analitik, nampan, cawan, ayakan, alat-alat tulis dan dokumen serta komputer.

Sampel yang digunakan adalah batubara jenis *mine brand* AL, yang terdiri dari *mine brand* AL 49, AL 51, AL 53 dan AL 55. Prosedur pengambilan sampel mengacu pada ASTM D-688:3 *Standard practice for manual sampling of stationary coal from railroad cars, barges, trucks or stockpile*. Dalam pengambilan sampel digunakan persamaan *increment* pengambilan sampel batuan sebagai berikut:

$$N = 35 \sqrt{\left(\frac{\text{total lot size}}{1000}\right)} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :
N = *increment*



Gambar 1. Pengambilan sampel batubara

Pengambilan sampel pada Gambar 1, dilakukan dengan menggunakan sekop berkapasitas maksimal ± 3 kg sampel. Sebanyak 35 *increment* batubara diambil dan dimasukkan ke dalam plastik sampel sebanyak enam kantong dengan satu kantong terdiri dari ± 6 *increment*. Satu *increment* memiliki berat ± 3 kg sehingga jumlah sampel batubara yang diambil dari setiap *mine brand* yaitu ± 105 kg dari jumlah tonase batubara ± 1000 ton.

Preparasi sampel awal menggunakan *jaw crusher* untuk pengecilan ukuran hingga 13 mm, sampel diambil sebanyak 3 kg untuk masing-masing pengujian yaitu pengujian kadar air, *general analysis* (GA), dan *hardgrove grindability index* (HGI). Sampel batubara untuk analisis kadar air dibawa ke ruang pengeringan, kemudian ditimbang sebanyak 1 kg yang diletakkan di atas nampan dan dimasukkan ke dalam oven pertama yaitu *coal drying high temperature* selama ± 3 jam pemanasan dengan suhu 40°C. Setelah sampel selesai pada pemanasan pertama, sampel digiling menggunakan *hammer mill* dengan ukuran batubara 3 mm. Sampel batubara untuk *general analysis* (GA) berukuran 13 mm digiling dengan menggunakan *hammer mill* dengan ukuran 3 mm, kemudian digiling kembali menggunakan alat *coal batter mill* dengan batubara yang didapatkan berukuran 0,212 mm, selanjutnya sampel dikeringkan selama ± 24 jam pengeringan. Sampel *hardgrove grindability index* (HGI) yang melalui *jaw crusher* dengan ukuran 13 mm dimasukkan ke ruang pengering selama ± 24 jam, setelah melalui pengeringan sampel HGI digiling menggunakan *pulverizer* sehingga diperoleh batubara berukuran 3 mm. Sampel berukuran 3 mm diayak dengan menggunakan ayakan berukuran 1,18 mm dan 600 *micron*, sampel yang diambil yaitu sampel tertahan pada ayakan berukuran 600 mikron yang kemudian dibawa untuk pengujian dan analisis.

Analisis kadar air terdiri dari kadar air total, kandungan air bebas dan *moisture in the sample analysed*. Analisis GA terdiri dari analisis proksimat (kadar abu, kadar air dalam basis data, zat terbang, dan kadar karbon tetap), total sulfur dan nilai kalori. Analisis kadar air mengacu pada standar BS 1016 Part 1:1973, analisis GA mengacu pada standar BS ISO 1171:2010 untuk kadar abu, BS ISO 11722:2013 untuk kadar air dalam *basis air*

dry, BS ISO 562:2010 untuk kadar zat terbang, BS ISO 19579:2006 untuk kadar total sulfur dan BS ISO 1928:2009 untuk kadar nilai kalori, sedangkan analisis HGI mengacu pada standar ASTM D.409/D409M-16.

Analisis kadar air total (TM/ M_{as}) berdasarkan standar BS 1016 Part 1:1973 *Determination of moisture content*, terdiri dari kandungan air bebas dan *moisture in the sample analysed*. *Coal drying high temperature* diatur pada suhu 40°C. Berat nampan kosong sebagai nilai m_1 dan berat nampan berisi ± 1 kg sampel batubara sebelum pemanasan sebagai nilai m_2 . Sampel batubara dalam nampan diratakan kemudian dimasukkan ke dalam *coal drying high temperature* (Gambar 2). Setelah ± 3 jam, sampel dikeluarkan dari oven lalu ditimbang (m_3). Kandungan air bebas dihitung dengan persamaan berikut:

$$\% M^f = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

- M^f = kandungan air bebas (%)
- m_1 = berat nampan kosong (g)
- m_2 = berat nampan + sampel sebelum dipanaskan (g)
- m_3 = berat nampan + sampel setelah dipanaskan pada suhu 40°C (g)



Gambar 2. Pengujian sampel kandungan air bebas

Pertama-tama cawan kosong beserta tutupnya ditimbang sebagai nilai m_1 , sedangkan cawan berisi 10 g sampel batubara serta tutupnya sebelum pemanasan ditimbang sebagai nilai

m_2 . Selanjutnya sampel pada cawan diratakan dan diletakkan pada nampan lalu dimasukkan ke dalam *minimum free space oven* (MFSO) yang telah disiapkan pada suhu 105-110°C (Gambar 3). Setelah ± 3 jam sampel dikeluarkan dari dalam oven lalu didiamkan selama ± 15 menit. Penimbangan cawan berisi sampel serta tutupnya setelah pemanasan, dilakukan untuk menentukan nilai m_3 . Parameter *moisture in the sample analysed* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

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

Keterangan :

- M = *moisture in the sample analysed* (%)
- m_1 = berat cawan + tutup (g)
- m_2 = berat cawan + tutup + sampel sebelum dipanaskan (g)
- m_3 = berat cawan + tutup + sampel setelah dipanaskan pada suhu 105–110°C (g)



Gambar 3. Pengujian sampel moisture in the sample analysed

Nilai kadar air total (TM/ M_{as}) dapat diperoleh dari perhitungan nilai kandungan air bebas dengan nilai *moisture in the sample analysed* dengan persamaan sebagai berikut :

$$\% M_{as} = M^f + \left[M \left(1 - \frac{M^f}{100} \right) \right] \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

- M_{as} = kadar air total (%)
- M^f = kandungan air bebas (%)
- M = *moisture in the sample analysed* (%)

Analisis kadar abu mengacu pada standar BS ISO 1171:2010 *Determination of ash. Ash furnace* disiapkan dengan suhu awal $500 \pm 10^\circ\text{C}$. Cawan kosong dan tutupnya ditimbang sebagai nilai w_1 ; sedangkan cawan berisi 1 g sampel serta tutupnya sebelum pemanasan ditimbang sebagai nilai w_2 . Sampel yang telah siap di cawan diletakkan di atas nampan tanpa tutup dan dimasukkan ke dalam *ash furnace* (Gambar 4). Setelah ± 30 menit, suhu *ash furnace* dinaikkan menjadi $815 \pm 10^\circ\text{C}$. Sampel dikeluarkan setelah ± 3 jam pemanasan, kemudian didiamkan selama $\pm 10-15$ menit dan ditimbang sebagai nilai w_3 ; selanjutnya cawan dibersihkan dan dipastikan benar-benar bersih dari sampel. Cawan kosong setelah pemanasan dan tutupnya ditimbang kembali sebagai nilai w_4 . Kadar abu dihitung dengan persamaan berikut:

$$\% \text{ Ash} = \frac{w_3 - w_4}{w_2 - w_1} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

- Ash = kadar abu (%)
- w_1 = berat cawan + tutup (gr)
- w_2 = berat cawan + tutup + sampel sebelum dipanaskan (g)
- w_3 = berat cawan + tutup + sampel setelah dipanaskan pada suhu $815 \pm 10^\circ\text{C}$ (g)
- w_4 = berat cawan kosong + tutup setelah dipanaskan (g)



Gambar 4. Pengujian sampel kadar abu

Analisis kadar air dalam basis *air dry* dilakukan berdasarkan standar BS ISO 11722 : 2013 *Determination of moisture in the general analysis test sample by drying in nitrogen*. MFSO disiapkan dengan suhu $105-110^\circ\text{C}$. Cawan kosong dan tutupnya ditimbang sebagai w_1 ; sedangkan cawan berisi 1 gram sampel batubara beserta tutupnya ditimbang sebagai nilai w_2 . Sampel yang telah siap diletakkan di atas nampan tanpa tutup dan dimasukkan ke dalam oven. Setelah ± 1 jam pemanasan, sampel dikeluarkan dari oven lalu didiamkan selama ± 15 menit. Selanjutnya dilakukan penimbangan cawan berisi sampel beserta tutupnya setelah pemanasan sebagai nilai w_3 . Kadar air dalam basis *air dry* dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\% M_{ad} = \frac{w_2 - w_3}{w_2 - w_1} \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

- M_{ad} = kadar air dalam basis *air dry* (%)
- w_1 = berat cawan + tutup (g)
- w_2 = berat cawan + tutup + sampel sebelum dipanaskan (g)
- w_3 = berat cawan + tutup + sampel setelah dipanaskan pada suhu $105-110^\circ\text{C}$ (g)

Zat terbang menggunakan standar BS ISO 562:2010 *Determination of volatile matter*. Alat *volatile matter furnace* disiapkan dengan suhu $900 \pm 5^\circ\text{C}$. Cawan kosong dan tutupnya ditimbang sebagai nilai w_1 ; sedangkan cawan yang berisi 1 gram sampel batubara dan tutupnya ditimbang sebagai nilai w_2 . Sampel yang telah siap diletakkan pada kawat Nichrom dan dimasukkan ke *volatile matter furnace*. Setelah 7 menit ± 5 detik sampel dikeluarkan dari dalam *furnace* (Gambar 5) dan didiamkan selama ± 30 menit. Berat cawan berisi sampel dan tutupnya setelah pemanasan ditimbang sebagai nilai w_3 . Perhitungan zat terbang dapat mengikuti persamaan berikut:

$$\% \text{ VM} = \left(\frac{w_2 - w_3}{w_2 - w_1} \times 100\% \right) - M_{ad} \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

- VM = zat terbang (%)
- w_1 = berat cawan + tutup (g)
- w_2 = berat cawan + tutup + sampel sebelum dipanaskan (g)
- w_3 = berat cawan + tutup + sampel setelah dipanaskan pada suhu $900 \pm 5^\circ\text{C}$ (g)
- M_{ad} = kadar air basis *air dry* (%)



Gambar 5. Pengujian sampel zat terbang

Kadar karbon tetap merupakan banyaknya karbon yang tersisa setelah kandungan air, zat terbang, dan abu dihilangkan. Nilai kadar karbon tetap dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\% FC = 100 - (\% Ash + \% VM + \% M_{ad}) \dots\dots (8)$$

Keterangan :

FC = kadar karbon tetap (%)

Ash = kadar abu (%)

VM = zat terbang (%)

M_{ad} = kadar air basis air dry (%)

Kadar total sulfur (TS) menggunakan standar BS ISO 19579:2006 *Determination of sulfur by IR spectrometry*. Suhu *sulfur furnace* diatur agar mencapai $\pm 1350^{\circ}C$. Sampel batubara yang diperlukan adalah sebanyak 0,15 g. Sampel yang telah siap dimasukkan ke dalam *sulfur furnace* (Gambar 6). Setelah ± 2 menit hasil pengujian akan terbaca pada komputer.



Gambar 6. Pengujian sampel total sulfur

Nilai kalori dianalisis berdasarkan standar BS ISO 1928:2009 *Determination of gross calorific value by bomb calorimetric method and calculation of net calorific value*. Suhu *calorimeter* diatur berada pada suhu $12-23^{\circ}C$. Sampel batubara yang diperlukan adalah sebanyak 1 g. *Crucible* berisi sampel dipasang pada sampel *holder* kemudian masukkan ke dalam *bomb calorimeter* (Gambar 7). Setelah ± 15 menit hasil pengujian akan terdata pada komputer.



Gambar 7. Pengujian sampel nilai kalori

Analisis HGI mengacu pada standar ASTM D.409/D409M-16 *Standard test method for grindability of coal by the hardgrove-machine method*. Berat sampel batubara awal sebanyak 50 gram sebagai nilai w1. Sampel tersebut dimasukkan ke dalam mangkuk besi dan diratakan menggunakan kuas kemudian ditutup. Mangkok besi yang telah berisi sampel dipindahkan ke dalam mesin HGI untuk dianalisis (Gambar 8). Selanjutnya sampel diayak menggunakan ayakan berukuran $75 \mu m$ kemudian dipasang pada alat *sieve shaker* selama 10 menit ± 10 detik. Setelah selesai bagian bawah ayakan $75 \mu m$ dibersihkan menggunakan kuas lembut secara hati-hati. Pengayakan diulang selama 5 menit ± 10 detik untuk sampel tertahan ayakan $75 \mu m$. Hasil penimbangan sampel ayakan yang tertahan ayakan $75 \mu m$ merupakan nilai w2; hasil penimbangan sampel yang lolos ayakan $75 \mu m$ merupakan nilai w3. Berat sampel yang hilang dihitung menggunakan persamaan (9); sedangkan nilai HGI dihitung menggunakan persamaan (10).

$$w4 = w1 - (w2 + w3) \dots\dots\dots (9)$$

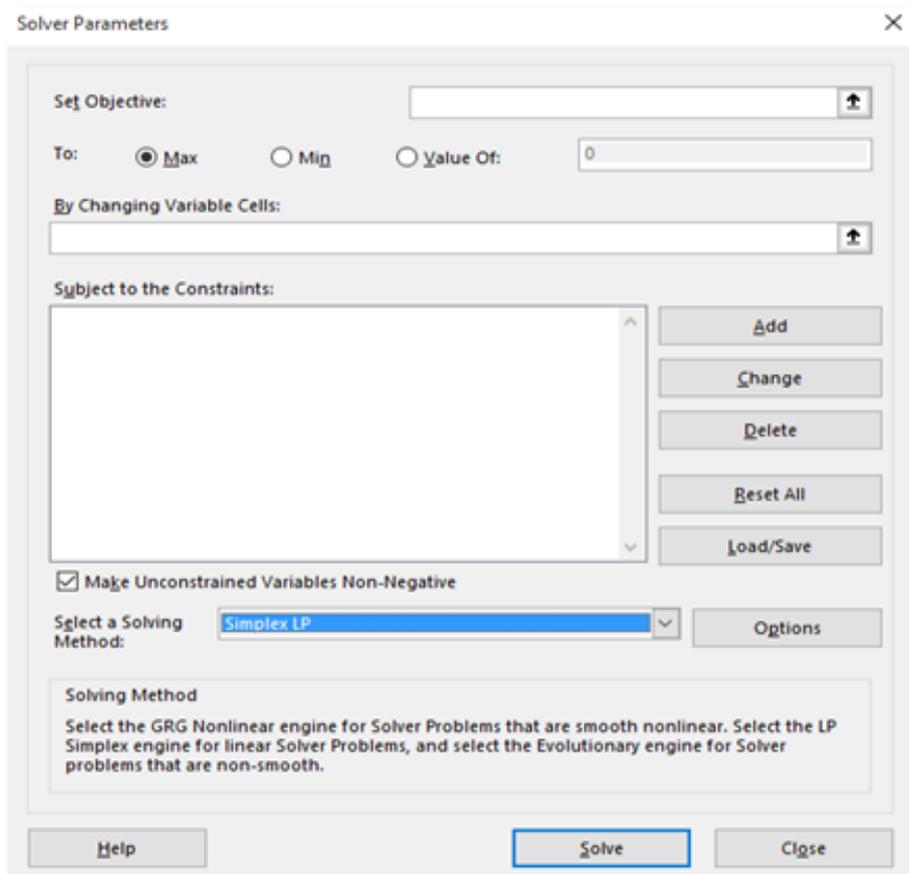
$$Y = a + (b (w3 + w4)) \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan :
Y = nilai HGI

- a = nilai ketentuan *intercept*
- b = nilai ketentuan *slope*
- w1 = berat sampel awal
- w2 = jumlah berat sampel tertahan ayakan 75 μ
- w3 = jumlah berat sampel lolos ayakan 75 μ
- w4 = jumlah berat sampel yang hilang



Gambar 8. Pengujian sampel HGI



Gambar 9. Metode Simpleks Ms Excel (Dwijanto, 2008)

Parameter kualitas batubara hasil pengujian dianalisis terhadap parameter kualitas batubara permintaan. Jenis *mine brand* belum memenuhi, maka akan dirancang dalam simulasi pencampuran metode simpleks menggunakan *software add-ins Ms Excel* pada Gambar 9. Secara teoritis, parameter kualitas hasil pencampuran batubara dapat didekati dengan persamaan berikut:

$$KB_c = \frac{(KB_1 \times PB_1) + (KB_2 \times PB_2) + \dots + (KB_n \times PB_n)}{PB_c} \dots (11)$$

$$PB_c = PB_1 + PB_2 + \dots + PB_n \dots (12)$$

Keterangan :

- KB1 = parameter kualitas batubara 1
- KB2 = parameter kualitas batubara
- KBn = parameter kualitas batubara ke-n
- KBc = parameter kualitas batubara hasil pencampuran
- PB1 = persentase batubara 1
- PB2 = persentase batubara 2
- PBn = persentase batubara ke-n
- PBc = persentase batubara hasil pencampuran (Saputra, Triantoro dan Riswan, 2014)

Penentuan jumlah *brand* simulasi adalah secara langsung membagi ke dalam beberapa kemungkinan pembagian. Empat *mine brand* penelitian akan disimulasikan menjadi sebelas simulasi berbeda dalam pencapuram dua hingga empat jenis batubara berbeda kualitas. Setelah didapatkan parameter kualitas dari

sebelas simulasi, selanjutnya di hitung harga batubara dengan berdasarkan Kepmen ESDM No. 267.k/MB.01/MEM.B/2022 dan hitung kembali berdasarkan harga kesepakatan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Sampel Batubara

Spesifikasi batubara permintaan yaitu BA 50 dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan pada Tabel 2 merupakan kualitas beberapa brand batubara yang akan disimulasi untuk dicampur supaya memenuhi spesifikasi batubara yang diinginkan. *Mine brand* AL 49 merupakan *mine brand* utama yang digunakan di *stockpile* 1 untuk memenuhi kebutuhan ke PLTU Bukit Asam Tanjung Enim. Parameter kualitas tersebut terdiri dari kadar air, kadar abu, total sulfur, nilai kalori dan nilai HGI. BA 50 memiliki rentang nilai kadar air 10,0 –14,50%, kadar abu 3,00–10,00%, total sulfur 0,20–0,70%, nilai kalori 4901–5100 kkal/kg dan HGI 48–63. Adapun *mine brand* AL 49 memiliki nilai kadari air 14,60%, kadar abu 2,93%, total sulfur 0,13%, nilai kalori 4840 kkal/kg, dan HGI 44,21. Selain itu, nilai kalori untuk *mine brand* AL penelitian lainnya juga belum memenuhi dari nilai kalori batubara permintaan, dengan nilai kalori *mine brand* AL 51 5118 kkal/kg, *mine brand* AL 53 5252 kkal/kg, dan *mine brand* AL 55 5447 kkal/kg.

Tabel 1. Parameter kualitas batubara permintaan PLTU Bukit Asam Tanjung Enim (PT. Bukit Asam Tbk, 2022)

| Jenis Batubara | Tonase | Parameter Kualitas Batubara | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--------|-----------------------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|---------------|-------|-----|
| | | TM | | M | Ash | | VM | | FC | | TS | | GCV (kkal/kg) | | HGI |
| | | ar | adb | adb | ar | adb | ar | adb | ar | adb | ar | adb | ar | adb | ar |
| BA 50 | 3000 | 24,00-31,00 | 10,00-14,50 | 3,00-10,00 | 2,27-19,72 | 34,00-43,00 | 33,47-43,22 | 33,00-45,00 | 32,10-43,50 | 0,24-0,87 | 0,20-0,70 | 5804-6320 | 4901-5100 | 48-63 | |

Tabel 2. Parameter kualitas batubara hasil penguji

| Jenis Batubara | Tonase | Parameter Kualitas Batubara | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|------------|-----------------------------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|---------------|------|-------|----|
| | | TM | M | Ash | | VM | | FC | | TS | | GCV (kkal/kg) | | HGI | |
| | | ar | adb | adb | ar | adb | ar | adb | ar | adb | ar | adb | ar | adb | ar |
| AL 49 | 54.327,07 | 28,77 | 14,60 | 2,93 | 2,45 | 40,63 | 33,95 | 41,83 | 34,85 | 0,16 | 0,13 | 5804 | 4840 | 44,21 | |
| AL 51 | 105.995,65 | 24,70 | 13,53 | 4,33 | 3,80 | 40,33 | 35,16 | 41,80 | 36,34 | 0,50 | 0,43 | 5876 | 5118 | 49,08 | |
| AL 53 | 71.933,94 | 24,33 | 13,47 | 3,70 | 3,19 | 40,27 | 35,31 | 42,57 | 37,18 | 0,60 | 0,53 | 5987 | 5255 | 51,79 | |
| AL 55 | 3.500 | 24,10 | 12,23 | 3,87 | 3,31 | 41,00 | 35,46 | 42,90 | 37,13 | 0,66 | 0,56 | 6296 | 5447 | 53,30 | |
| Jumlah Tonase | 235.756,65 | | | | | | | | | | | | | | |

Menurut (Riana, 2021), kualitas batubara yang dikirim harus sesuai dengan spesifikasi permintaan agar efisiensi pembakaran di boiler pada PLTU tidak terkendala. Selain itu, menurut (Sukandarrumidi, 2014) pemasokan batubara ke PLTU harus sesuai baik kualitas maupun target pengiriman agar PLTU dapat beroperasi dengan baik. Oleh sebab itu, penanganan yang dapat dilakukan yaitu dengan pencampuran batubara. Dikarenakan pada *stockpile* 1 telah dilakukan pencampuran dengan dua jenis batubara berbeda, pada penelitian ini ditambahkan jenis *mine brand* AL lainnya yaitu *mine brand* AL 51, *mine brand* AL 53, dan *mine brand* AL 55 agar dapat dilakukan pencampuran dengan lebih dari dua jenis batubara beda kualitas.

Simulasi Pencampuran

Simulasi pencampuran batubara dilakukan dengan menggunakan metode simpleks pada *solver add-ins* Ms Excel, pemilihan *software* ini sangat bermanfaat pada saat penelitian dikarenakan jenis batubara yang dimiliki lebih dari dua jenis batubara, selain itu dengan bantuan *software* ini pula dapat diketahui skema yang sesuai dengan spesifikasi batubara untuk PLTU Bukit Asam Tanjung Enim.

Berdasarkan Tabel 3, nilai kadar air, kadar abu, zat terbang, kadar karbon tetap, total sulfur dan

HGI setelah simulasi telah memenuhi dari rentang nilai permintaan batubara BA 50. Sebagaimana hasil penelitian (Syurdilah, Rahman dan Abuamat, 2017; Majid, Yusuf dan Komar, 2019), dengan adanya simulasi pencampuran yang tepat maka kualitas batubara akan dapat ditingkatkan sehingga kualitas batubara yang seharusnya dapat tercapai. Akan tetapi, terdapat empat simulasi yang memiliki nilai kalori melebihi retang permintaan batubara BA 50 yaitu 4901-5100 kkal/kg (ar). Simulasi tersebut yaitu pada simulasi AL 51 AL 53 yang memiliki nilai kalori 5120 kkal/kg, simulasi AL 51 AL 55 yang memiliki nilai kalori 5123 kkal/kg, dan simulasi AL 53 AL 55 yang memiliki nilai kalori 5255 kkal/kg serta simulasi AL 51 AL 53 AL 55 yang memiliki nilai kalori 5149 kkal/kg.

Menurut Saptarini, Asy'ari dan Hidayatullah, (2016), spesifikasi hasil pencampuran yang tidak sesuai sebaiknya tidak digunakan untuk pengiriman. Berdasarkan ketentuan permintaan batubara BA 50, dari sebelas simulasi pencampuran hanya tujuh simulasi yang dapat direkomendasikan untuk pemenuhan kebutuhan ke PLTU Bukit Asam Tanjung Enim. Tujuh rekomendasi tersebut merupakan rekomendasi pengiriman dalam jumlah 3000 ton per harinya.

Tabel 3. Hasil simulasi pencampuran

| No | Jenis Batubara | Parameter Kualitas Batubara | | | | | | | | | | | | | HGI | Persentase Simulasi (%) | |
|----|-----------------------------|-----------------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|-------------------------|--|
| | | TM | | M | | Ash | | VM | | FC | | TS | | GCV(kkal/kg) | | | |
| | | ar | adb | adb | ar | adb | ar | adb | ar | adb | ar | adb | ar | adb | | | |
| 1 | AL 49 | 28,77 | 14,60 | 2,93 | 2,45 | 40,63 | 33,95 | 41,83 | 34,83 | 0,16 | 0,13 | 5803 | 4840 | 44,21 | 6,7 | | |
| | AL 51 | 24,70 | 13,53 | 4,33 | 3,80 | 40,33 | 35,16 | 41,80 | 36,34 | 0,50 | 0,43 | 5876 | 5118 | 49,08 | 93,3 | | |
| | Simulasi AL 49 AL 51 | 24,97 | 13,60 | 4,24 | 3,71 | 40,35 | 35,08 | 41,80 | 36,24 | 0,48 | 0,41 | 5871 | 5099 | 49 | 100 | | |
| 2 | AL 49 | 28,77 | 14,60 | 2,93 | 2,45 | 40,63 | 33,95 | 41,83 | 34,83 | 0,16 | 0,13 | 5804 | 4840 | 44,21 | 37,0 | | |
| | AL 53 | 24,33 | 13,47 | 3,70 | 3,19 | 40,27 | 35,31 | 42,57 | 37,18 | 0,60 | 0,53 | 5987 | 5252 | 51,79 | 63,0 | | |
| | Simulasi AL 49 AL 53 | 25,97 | 13,89 | 3,42 | 2,91 | 40,40 | 34,80 | 42,30 | 36,31 | 0,44 | 0,39 | 5919 | 5099 | 49 | 100 | | |
| 3 | AL 49 | 28,77 | 14,60 | 2,93 | 2,45 | 40,63 | 33,95 | 41,83 | 34,83 | 0,16 | 0,13 | 5804 | 4840 | 44,21 | 57,3 | | |
| | AL 55 | 24,10 | 12,23 | 3,87 | 3,31 | 41,00 | 35,46 | 42,90 | 37,13 | 0,66 | 0,56 | 6296 | 5447 | 53,30 | 42,7 | | |
| | Simulasi AL 49 AL 55 | 26,77 | 13,59 | 3,33 | 2,82 | 40,79 | 34,59 | 42,29 | 35,81 | 0,37 | 0,32 | 6014 | 5099 | 48 | 100 | | |
| 4 | AL 51 | 24,70 | 13,53 | 4,33 | 3,80 | 40,33 | 35,16 | 41,80 | 36,34 | 0,50 | 0,43 | 5876 | 5118 | 49,08 | 98,3 | | |
| | AL 53 | 24,33 | 13,47 | 3,70 | 3,19 | 40,27 | 35,31 | 42,57 | 37,18 | 0,60 | 0,53 | 5987 | 5252 | 51,79 | 1,7 | | |
| | Simulasi AL 51 AL 53 | 24,69 | 13,53 | 4,32 | 3,79 | 40,33 | 35,16 | 41,81 | 36,36 | 0,50 | 0,44 | 5878 | 5120 | 49 | 100 | | |
| 5 | AL 51 | 24,70 | 13,53 | 4,33 | 3,80 | 40,33 | 35,16 | 41,80 | 36,34 | 0,50 | 0,43 | 5876 | 5118 | 49,08 | 98,3 | | |
| | AL 55 | 24,10 | 12,23 | 3,87 | 3,31 | 41,00 | 35,46 | 42,90 | 37,13 | 0,66 | 0,56 | 6296 | 5447 | 53,30 | 1,7 | | |
| | Simulasi AL 51 AL 55 | 24,69 | 13,51 | 4,33 | 3,79 | 40,34 | 35,16 | 41,82 | 36,36 | 0,51 | 0,44 | 5883 | 5123 | 49 | 100 | | |
| 6 | AL 53 | 24,33 | 13,47 | 3,70 | 3,19 | 40,27 | 35,31 | 42,57 | 37,18 | 0,60 | 0,53 | 5987 | 5252 | 51,79 | 98,3 | | |
| | AL 55 | 24,10 | 12,23 | 3,87 | 3,31 | 41,00 | 35,46 | 42,90 | 37,13 | 0,66 | 0,56 | 6296 | 5447 | 53,30 | 1,7 | | |
| | Simulasi AL 53 AL 55 | 24,32 | 13,45 | 3,70 | 3,19 | 40,28 | 35,31 | 42,57 | 37,18 | 0,60 | 0,53 | 5992 | 5255 | 52 | 100 | | |

| No | Jenis Batubara | Parameter Kualitas Batubara | | | | | | | | | | | | | HGI | Persentase Simulasi (%) | |
|-----------------|-----------------|-----------------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|-------------------------|--|
| | | TM | | M | | Ash | | VM | | FC | | TS | | GCV(kkal/kg) | | | |
| | | ar | adb | adb | ar | adb | ar | adb | ar | adb | ar | adb | adb | ar | | | |
| 7 | AL 49 | 28,77 | 14,60 | 2,93 | 2,45 | 40,63 | 33,95 | 41,83 | 34,83 | 0,16 | 0,13 | 5804 | 4840 | 44,21 | 26,67 | | |
| | AL 51 | 24,70 | 13,53 | 4,33 | 3,80 | 40,33 | 35,16 | 41,80 | 36,34 | 0,50 | 0,43 | 5876 | 5118 | 49,08 | 31,67 | | |
| | AL 53 | 24,33 | 13,47 | 3,70 | 3,19 | 40,27 | 35,31 | 42,57 | 37,18 | 0,60 | 0,53 | 5987 | 5252 | 51,79 | 41,67 | | |
| | Simulasi | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | AL 49 | 25,63 | 13,79 | 3,70 | 3,19 | 40,39 | 34,90 | 42,13 | 36,29 | 0,45 | 0,40 | 5903 | 5100 | 49 | 100 | | |
| | AL 51 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | AL 53 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | AL 49 | 28,77 | 14,60 | 2,93 | 2,45 | 40,63 | 33,95 | 41,83 | 34,83 | 0,16 | 0,13 | 5804 | 4840 | 44,21 | 46,67 | | |
| | AL 51 | 24,70 | 13,53 | 4,33 | 3,80 | 40,33 | 35,16 | 41,80 | 36,34 | 0,50 | 0,43 | 5876 | 5118 | 49,08 | 20,00 | | |
| | AL 55 | 24,10 | 12,23 | 3,87 | 3,31 | 41,00 | 35,46 | 42,90 | 37,13 | 0,66 | 0,56 | 6296 | 5447 | 53,30 | 33,33 | | |
| | Simulasi | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | AL 49 | 26,40 | 13,60 | 3,52 | 3,01 | 40,70 | 34,69 | 42,18 | 35,90 | 0,39 | 0,34 | 5982 | 5098 | 48 | 100 | | |
| | AL 51 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | AL 55 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | AL 49 | 28,77 | 14,60 | 2,93 | 2,45 | 40,63 | 33,95 | 41,83 | 34,83 | 0,16 | 0,13 | 5804 | 4840 | 44,21 | 49,67 | | |
| | AL 53 | 24,33 | 13,47 | 3,70 | 3,19 | 40,27 | 35,31 | 42,57 | 37,18 | 0,60 | 0,53 | 5987 | 5252 | 51,79 | 23,67 | | |
| | AL 55 | 24,10 | 12,23 | 3,87 | 3,31 | 41,00 | 35,46 | 42,90 | 37,13 | 0,66 | 0,56 | 6296 | 5447 | 53,30 | 26,67 | | |
| | Simulasi | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | AL 49 | 26,47 | 13,70 | 3,36 | 2,86 | 40,64 | 34,67 | 42,29 | 36,00 | 0,40 | 0,34 | 5978 | 5100 | 48 | 100 | | |
| | AL 53 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | AL 55 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | AL 51 | 24,70 | 13,53 | 4,33 | 3,80 | 40,33 | 35,16 | 41,80 | 36,34 | 0,50 | 0,43 | 5876 | 5118 | 49,08 | 86,67 | | |
| | AL 53 | 24,33 | 13,47 | 3,70 | 3,19 | 40,27 | 35,31 | 42,57 | 37,18 | 0,60 | 0,53 | 5987 | 5252 | 51,79 | 6,67 | | |
| | AL 55 | 24,10 | 12,23 | 3,87 | 3,31 | 41,00 | 35,46 | 42,90 | 37,13 | 0,66 | 0,56 | 6296 | 5447 | 53,30 | 6,67 | | |
| | Simulasi | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | AL 51 | 24,64 | 13,44 | 4,26 | 3,73 | 40,37 | 35,19 | 41,92 | 36,45 | 0,52 | 0,45 | 5911 | 5149 | 50 | 100 | | |
| | AL 53 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | AL 55 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | AL 49 | 28,77 | 14,60 | 2,93 | 2,45 | 40,63 | 33,95 | 41,83 | 34,83 | 0,16 | 0,13 | 5804 | 4840 | 44,21 | 36,67 | | |
| | AL 51 | 24,70 | 13,53 | 4,33 | 3,80 | 40,33 | 35,16 | 41,80 | 36,34 | 0,50 | 0,43 | 5876 | 5118 | 49,08 | 26,67 | | |
| | AL 53 | 24,33 | 13,47 | 3,70 | 3,19 | 40,27 | 35,31 | 42,57 | 37,18 | 0,60 | 0,53 | 5987 | 5252 | 51,79 | 18,83 | | |
| | AL 55 | 24,10 | 12,23 | 3,87 | 3,31 | 41,00 | 35,46 | 42,90 | 37,13 | 0,66 | 0,56 | 6296 | 5447 | 53,30 | 17,83 | | |
| Simulasi | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | AL 49 | 26,01 | 13,68 | 3,62 | 3,10 | 40,55 | 34,80 | 42,15 | 36,09 | 0,42 | 0,37 | 5945 | 5100 | 49 | 100 | | |
| | AL 51 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | AL 53 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | AL 55 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Harga Batubara Hasil Simulasi Pencampuran

Berdasarkan Tabel 3, terdapat beberapa penyesuaian terhadap parameter kualitas yang dihasilkan. Penyesuaian pertama yaitu terhadap nilai kalori, simulasi AL 53 AL 55 memiliki nilai kalori >5200 kkal/kg (ar) sehingga dalam penyesuaiannya termasuk ke dalam penyesuaian harga nilai kalori 5200 kkal/kg (ar) sedangkan simulasi lainnya dihitung dengan nilai kalori sebenarnya. Penyesuaian kedua yaitu terhadap HGI, dari sebelas simulasi sembilan di antaranya memiliki nilai HGI yang berada di luar dari rentang penyesuaian >50 sehingga mendapatkan penyesuaian 15%. Adapun pada simulasi AL 53 AL 55 dan simulasi AL 51 AL 53 AL 55 merupakan simulasi yang memiliki nilai HGI berada pada rentang penyesuaian sehingga tidak diperlukan penyesuaian, sedangkan untuk parameter lainnya tidak dilakukan penyesuaian karena

sudah memiliki nilai yang sesuai. Dengan adanya penyesuaian tersebut, didapatkan harga setelah penyesuaian dari masing-masing sebelas simulasi sebagaimana tersaji pada Tabel 4.

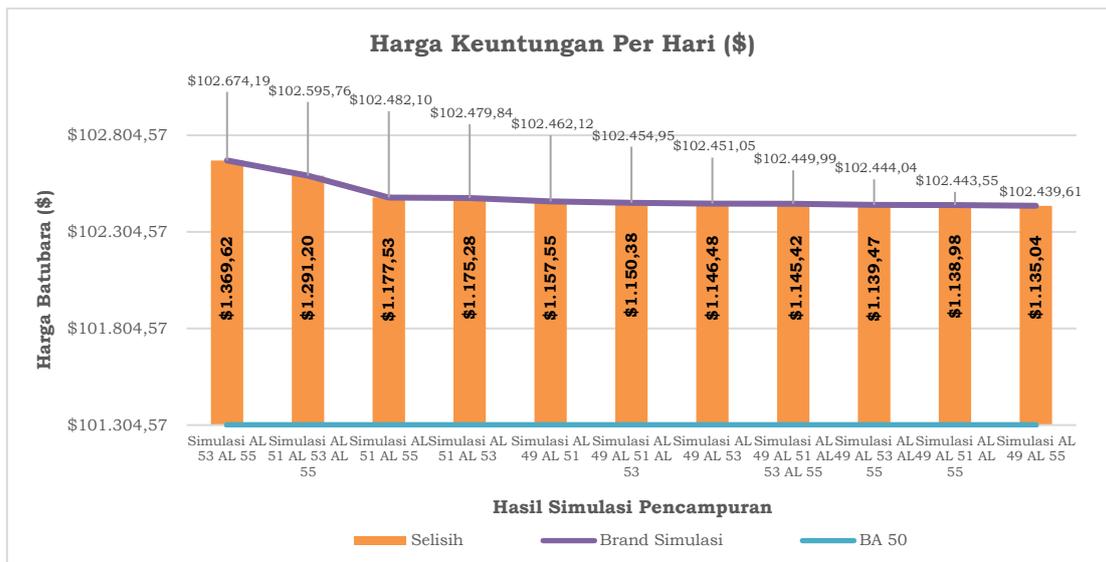
Berdasarkan pada Tabel 4, diketahui dari masing-masing hasil simulasi pencampuran yang dirancang memiliki harga yang lebih tinggi daripada harga batubara kesepakatan BA 50 yang memiliki harga batubara sebesar \$33.77 atau sama dengan Rp531.410,00; sehingga dari hasil simulasi tersebut dapat menghasilkan keuntungan. Keuntungan tertinggi didapat dari simulasi AL 53 AL 55 yang memiliki keuntungan sebesar \$0.45 per ton dari harga BA 50 (Gambar 10). Dikarenakan permintaan dalam satu hari ditargetkan sebanyak 3000 ton per hari, sebagaimana pada Gambar 11 didapatkan keuntungan sebesar \$1,369.62 atau sama dengan Rp21.553.680,21 per hari.

Tabel 4. Harga batubara BA 50 dan harga batubara hasil simulasi pencampuran

| Jenis Batubara | BA 50 | Simulasi AL 49 AL 51 | Simulasi AL 49 AL 53 | Simulasi AL 49 AL 55 | Simulasi AL 51 AL 53 | Simulasi AL 51 AL 55 | Simulasi AL 53 AL 55 | Simulasi AL 49 AL 51 AL 53 | Simulasi AL 49 AL 51 AL 55 | Simulasi AL 49 AL 53 AL 55 | Simulasi AL 51 AL 53 AL 55 | Simulasi AL 49 AL 51 AL 53 AL 55 |
|----------------|---------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Harga | \$ 33.77 | 34.15 | 34.15 | 34.15 | 34.16 | 34.16 | 34.22 | 34.15 | 34.15 | 34.15 | 34.20 | 34.15 |
| | Rp 531.410,00 | 537.482,12 | 537.424,06 | 537.364,06 | 537.575,10 | 537.586,95 | 538.594,56 | 537.444,50 | 537.384,71 | 537.387,29 | 538.183,18 | 537.418,47 |



Gambar 10. Perbandingan harga batubara BA 50 dan hasil simulasi pencampuran (\$)

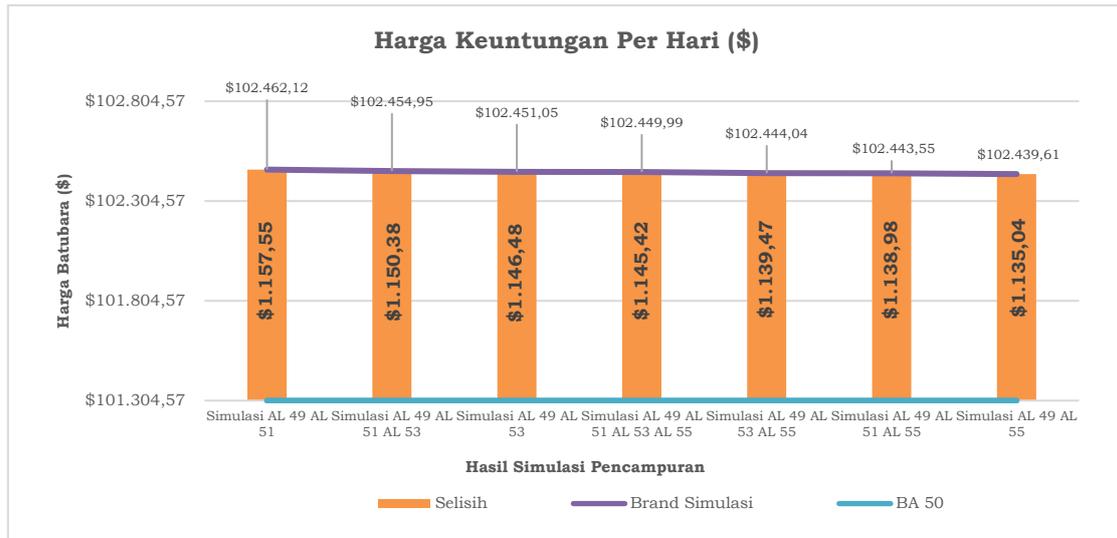


Gambar 11. Harga keuntungan per hari berdasarkan nilai tertinggi (\$)

Berdasarkan hasil pencampuran dan penyesuaian harga yang memiliki ketentuan sebagaimana kesepakatan, menyebabkan beberapa simulasi tidak dapat dijadikan rekomendasi pada penelitian ini. Berdasarkan permintaan batubara BA 50, empat jenis simulasi tidak dapat dijadikan rekomendasi dengan nilai kalori > 5100 kkal/kg. Sehingga pada Gambar 12 didapatkan tujuh simulasi yang dapat direkomendasikan untuk dapat digunakan oleh perusahaan, dengan rekomendasi tertinggi yaitu pada simulasi AL 49 AL 51. Dikarenakan permintaan dalam satu

hari ditargetkan sebanyak 3000 ton per hari, sebagaimana pada Gambar 12 didapatkan keuntungan sama dengan \$1,157.55 atau sama dengan Rp18.216.357,16 per hari.

Berdasarkan nilai selisih antara harga BA 50 pada harga kesepakatan yaitu \$101,304.57 dengan harga rata-rata simulasi yaitu \$102,449.33. Terjadi peningkatan harga, sehingga nilai selisih tersebut dapat dijadikan harga keuntungan yang didapatkan dari setiap simulasi yang direkomendasikan.



Gambar 12. Rekomendasi berdasarkan harga tertinggi (\$)

Metode Pencampuran

Dalam memenuhi permintaan PLTU Bukit Asam Tanjung Enim, *stockpile* 1 mengirim batubara dengan dua cara yaitu pengangkutan secara langsung dengan menggunakan *belt conveyor* dan pengangkutan batubara dengan menggunakan *dump truck*. Selain itu di *Stockpile* 1, pencampuran dilakukan dengan cara pengambilan batubara dari satu tumpukan yang kemudian dilapisi dengan batubara dari tumpukan lainnya, yang telah disesuaikan dengan kondisi di *stockpile* 1 yang memiliki bukaan *coal feeder* berada di bagian dasar dari tumpukan batubara di *stockpile* tersebut.

Berdasarkan kondisi tersebut, sesuai dengan Muchjidin (2006) metode pencampuran yang dapat digunakan yaitu teknik pengaturan tumpukan dengan menggunakan metode silang sesuai dalam Majid, Yusuf dan Komar (2019), batubara memiliki titik tumpukan berdekatan tanpa adanya lahan kosong yang berada di antara tumpukannya sehingga hanya dapat dicampurkan pada lahan kosong yang berada tidak jauh dari titik tumpukan. Metode ini berdasarkan pada kondisi di *stockpile* 1, sehingga batubara yang sudah dicampurkan pada satu titik lahan kosong nantinya hanya akan langsung didorong dengan *bulldozer* untuk masuk ke *coal feeder*. Adapun metode penyusunan lapisan yang digunakan sesuai dengan ketentuan perusahaan sebagaimana Sloss, (2014) adalah metode *layered*, penggunaan metode ini didasarkan oleh alat

yang digunakan yaitu hanya satu *bulldozer* untuk mendorong masing-masing tumpukan *mine brand*. Masing-masing *bulldozer* akan mendorong tumpukan yang telah ditentukan untuk membentuk lapisan secara bergantian.

KESIMPULAN DAN SARAN

Simulasi pencampuran dilakukan dengan empat jenis *mine brand* berbeda dan didapatkan tujuh simulasi yang direkomendasikan, sedangkan empat lainnya tidak dapat digunakan sebagai rekomendasi karena memiliki nilai kalori melebihi rentang permintaan BA 50 yaitu 4901- 5100 kkal/kg. Keuntungan tertinggi didapatkan pada simulasi AL 49 AL 51 dengan harga keuntungan yaitu \$0.38 per ton yang sama dengan \$1,157.55 atau Rp18.216.357,16 per hari.

Penelitian ini dapat dikembangkan, dengan mempertimbangkan penggunaan nilai parameter kualitas dan stok *mine brand* AL penelitian lebih dari satu hari penggunaan. Selain itu dapat diperhitungkan dengan mempertimbangkan kebutuhan harga berdasarkan dengan pemanfaatannya baik ekspor maupun industri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ini disampaikan kepada PT. Bukit Asam Tbk, sebagai lokasi tempat

kegiatan penelitian baik sampel, pengujian dan analisis sampel serta data lainnya.

SPEKTRUM, 7(1), hal. 76–82. Tersedia pada: <https://doi.org/10.24843/SPEKTRUM.2020.v07.i01.p11>.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, I. (2022) *Era baru batubara Indonesia*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Dwijanto (2008) *Program linear berbantuan komputer Lindo, Lingu, dan Solver*. Semarang: UNNES Press.
- Fathoni, R., Solihin dan Ashari, Y. (2017) "Manajemen penimbunan batubara pada lokasi ROM Stockpile PT. Titan Wijaya, Desa Tanjung Dalam, Kecamatan Ulok Kupai, Kabupaten Bengkulu Utara, Provinsi Bengkulu," *Prosiding Teknik Pertambangan SPeSIA*, 3(1), hal. 200–208.
- Febryanti dan Yulhendra, D. (2022) "Analisis penentuan kualitas batubara berdasarkan uji proksimat di PT. Pelabuhan Universal Sumatera Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi," *Journals Mining Engineering: Bina Tambang*, 7(3), hal. 143–150.
- Ghony, M.A. (2022) "Pengaruh suhu dan waktu pemanasan terhadap nilai HGI pada sampel batubara di PT. Bukit Asam Tbk," *Hexatech: Jurnal Ilmiah Teknik*, 1(01), hal. 1–7. Tersedia pada: <https://doi.org/10.55904/hexatech.v1i01.54>.
- Hardianti, S. dan Saputra, Y. (2018) "Blending batubara untuk memenuhi kriteria permintaan pasar ekspor," *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 9(01), hal. 28–38. Tersedia pada: <https://doi.org/10.52506/jtpa.v9i01.67>.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2022) *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor: 267.K/MB.01/MEM.B/2022 tentang Pemenuhan Kebutuhan Batubara Dalam Negeri*. Republik Indonesia.
- Majid, R.N.F., Yusuf, M. dan Komar, S. (2019) "Studi pengaruh rotasi per menit terhadap parameter kualitas blending batubara mine brand MT-46 dan AL-55 PT. Bukit Asam, Tbk.," *Jurnal Pertambangan*, 3(3), hal. 46–53.
- Muchjidin (2006) *Pengendalian mutu dalam industri batu bara*. Bandung: ITB Press.
- Murti, A.S., Manuaba, I.B.G. dan Arjana, I.G.. (2020) "Optimasi unit PLTU berbahan bakar batubara menggunakan metode lagrange di PT. Indonesia Power UP Suralaya," *Jurnal SPEKTRUM*, 7(1), hal. 76–82. Tersedia pada: <https://doi.org/10.24843/SPEKTRUM.2020.v07.i01.p11>.
- Permana, A.P. (2016) "Kajian coal rank berdasarkan analisa proximate (studi kasus batubara di Kabupaten Sorong)," *Jurnal Teknik*, 14(2), hal. 123–131.
- Prasetyo, A.D., Triantoro, A., Saismana, U., Permadi, W. dan Fikri, H.N. (2019) "Optimasi pencampuran batubara melalui simulasi berdasarkan kriteria parameter batubara," *Jurnal Himasapta*, 1(01), hal. 11–16. Tersedia pada: <https://doi.org/10.20527/jhs.v1i01.908>.
- Riana, M. (2021) "Analisa kualitas batubara terhadap efisiensi pembakaran pada boiler unit 1 PLTU Suralaya, Merak, Banten," *Jurnal Eksakta Kebumian*, 1(2), hal. 27–36. Tersedia pada: <https://doi.org/10.25105/jek.v1i2.10727>.
- Saptarini, D.L., Asy'ari, M.A. dan Hidayatullah, R. (2016) "Geokimia batubara untuk beberapa industri," *Jurnal Poros Teknik*, 8(1), hal. 48–54.
- Saputra, D., Triantoro, A. dan Riswan, R. (2014) "Simulasi blending batubara di bawah standar kontrak dalam blending dua jenis grade beda kualitas pada PT Amanah Anugerah Adi Mulia Site Kintap," *Jurnal Fisika Flux*, 11(1), hal. 40–55.
- Septitrah (2016) "Analisis proximate kualitas batubara hasil tambang di Riau," *Jurnal Sainstek*, 4(1), hal. 18–26.
- Sloss, L.L. (2014) *Blending of coals to meet power station requirements*. London: IEA Clean Coal Centre.
- Sukandarrumidi (2014) *Batubara dan gambut*. Yogyakarta: UGM Press.
- Syurdilah, D., Rahman, A. dan Abuamat, H.A.K. (2017) "Evaluasi penyebab tidak tercapainya kualitas blending batubara di Banko Barat PT Bukit Asam (Persero) Tbk. Tanjung Enim Sumatra Selatan," *Jurnal Pertambangan*, 1(5), hal. 7–13.
- Toding, A., Triantoro, A. dan Riswan, R. (2019) "Analisis perbandingan kualitas batubara di lokasi penambangan dan stockpile di PT Firman Ketaun Perkasa," *Jurnal Himasapta*, 4(01), hal. 1–10. Tersedia pada: <https://doi.org/10.20527/jhs.v4i01.472>.
- Widatama, G.S., Wijaya, A.E. dan Sidiq, H. (2022) "Analisis blending batubara untuk memenuhi

permintaan pasar di PT. Baramutiara Prima," *Mining Insight*, 3(1), hal. 73–84.

Yenni, F.R. dan Prabowo, H. (2021) "Management pengendalian kualitas batubara berdasarkan parameter kualitas batubara mulai dari front

sampai ke stockpile di PT. Budi Gema Gempita, Merapi Timur, Lahat, Sumatera Selatan," *Journals Mining Engineering: Bina Tambang*, 6(1), hal. 110–120.

