

**STUDI PENCAMPURAN BATUBARA BEDA KUALITAS UNTUK MEMENUHI
PERMINTAAN KONSUMEN PT. MULTI HARAPAN UTAMA**
**Muhamad Riyan Pradika, Agus Winarno, Tommy Trides, Windhu Nugroh, Albertus
Juvensius Pontus**

Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman

Email: riyanpradika8@gmail.com, a.winarno@ft.unmul.ac.id

Abstrak

PT. Multi Harapan Utama adalah salah satu perusahaan yang melakukan kegiatan blending batubara guna memenuhi permintaan konsumen, agar batubara yang dikirim sesuai dengan permintaan konsumen. Karena PT. Multi Harapan utama memiliki banyak lapisan (*multi seam*) sehingga kualitas batubaranya berbeda-beda, untuk itu perlu dilakukan sistem pencampuran yang terencana melalui presentase atas proporsi yang tepat agar dapat menghasilkan produk batubara yang sesuai dengan permintaan konsumen. Untuk mendapatkan hasil kuantitas masing-masing produk batubara dalam perencanaan blending, penulis menggunakan metode pemrograman linear dengan fitur solver yang ada di *microsoft excel*. Adapun rumus blending yang digunakan adalah menggunakan rumus *Weighting Factor* untuk mendapat hasil kualitas ketersediaan batubara pada masing-masing *port* dan hasil akhir *blending*. Untuk mengetahui ketidaksesuaian peneliti melakukan analisa data rencana dan aktual dan analisa kelapangan. Hasil penelitian didapatkan hasil akhir rencana untuk permintaan konsumen dari pemrograman linear pada solver yaitu, 71.800 ton dengan kualitas TS 0,78 % (ad) dan CV 5580 kcal/kg (ar). Untuk hasil aktual yaitu, 71.864 ton dengan kualitas TS 0,72 % (ad) dan CV 5503 kcal/kg (ar). Hasil dari analisa ketidaksesuaian kualitas batubara yaitu terdapatnya genangan air di ROM yang mengakibatkan kenaikan *total moisture*, terbawa nya material kedalam *feeder* yang mengakibatkan kenaikan *ash*, ketidaksengajaan tercampurnya produk lain di ROM yang mengakibatkan ketidaksesuaian terhadap kualitas (TM, Ash, TS dan CV), dan kenaikan TM yang berpengaruh terhadap nilai kalori.

Kata Kunci: Batubara, *Blending*, Ketidaksesuaian.

Abstract

PT. Multi Harapan Utama is one of the companies that carries out coal blending activities to meet consumer demand, so that the coal sent is in accordance with consumer demand. Because PT. Multi Harapan Utama has many layers (multi seams) so that the quality of the coal varies, for this reason it is necessary to carry out a planned blending system through the percentage of the right proportions in order to produce coal products according to consumer demand. To get the quantity results for each coal product in blending planning, the author uses a linear programming method with the solver feature in Microsoft Excel. The blending formula used is the Weighting Factor formula to obtain the results of the quality of coal availability at each port and the final result of blending. To find out the discrepancy, the researcher conducted an analysis of planned and actual data and analysis of spaciousness. The results showed that the final plan for consumer demand from linear programming on the solver was 71,800 tons with a quality of TS 0.78% (ad) and CV 5580 kcal/kg (ar). The actual yield is 71,864 tonnes with a quality of TS 0.72% (ad) and CV 5503 kcal/kg (ar). The results of the analysis of unsuitability of coal quality are the presence of standing water in ROM which results in an increase in total moisture, material is carried into the feeder which results in an increase in ash, accidental mixing of other products in ROM which results in a non-compliance with quality (TM, Ash, TS and CV), and increase in TM which affects the caloric value.

Keywords: Coal, *Blending*, Incompatibility.

PENDAHULUAN

Saat ini, batubara merupakan bahan galian strategis dan menempati posisi yang sangat penting dalam pembangunan nasional, maka itu posisi batubara sebagai bahan bakar alternatif sangat diharapkan dapat mengantisipasi krisis energi dengan meningkatkan pemanfaatannya untuk keperluan domestik sebagai bahan bakar pada pembangkit listrik, industri maupun untuk keperluan ekspor.

Melansir pendapat Hoirullah (2019), jumlah cadangan batubara yang terdapat pada suatu lapangan harus dapat dimanfaatkan secara optimal, sehingga akan menghasilkan nilai ekonomis yang sangat tinggi. Hal ini dikarenakan batubara merupakan sumber energi yang bersifat non-renewable, dimana proses terbentuknya membutuhkan waktu yang sangat lama (ribuan atau jutaan tahun) dengan persyaratan kondisi-kondisi tertentu. Upaya untuk dapat memanfaatkan cadangan batubara yang tersedia pada suatu lapangan secara optimal guna memenuhi kebutuhan konsumen sesuai atas persyaratan nilai kalori, alternatifnya adalah melakukan proses pencampuran batubara beda kualitas untuk mendapatkan kualitas yang sesuai permintaan yang dikenal dengan istilah blending.

PLTU Tanjung Jati merupakan salah satu konsumen dari PT. Multi Harapan Utama yang berasal dari Jawa Tengah dengan nama mother vessel Lumoso Pratama. Pada penelitian ini PLTU Tanjung Jati memiliki permintaan sebanyak 71.800 ton batubara dengan spesifikasi parameter kualitasnya total sulfur 0.80 % dan calorific value 5600 ar.

Blending yang dilakukan pada PT. Multi Harapan Utama adalah untuk mendapatkan nilai kualitas batubara sesuai dengan permintaan konsumen, karena PT. Multi Harapan utama memiliki banyak lapisan (*multi seam*) sehingga kualitas batubaranya berbeda-beda, untuk itu perlu dilakukan sistem pencampuran yang terencana melalui presentase atas proporsi yang tepat agar dapat menghasilkan produk batubara yang sesuai dengan permintaan konsumen.

Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang blending dari hasil analisis parameter kualitas batubara, (kandungan sulfur dan nilai kalori) yang bertujuan untuk merancang simulasi model blending batubara yang sesuai agar memenuhi kontrak dan kualitas yang sesuai permintaan konsumen.

METODE PENELITIAN

Tahap penelitian yang terdapat dalam tugas skripsi ini berisi pemaparan tentang proses pencampuran batubara (*coal blending*) yang dilakukan oleh PT. Multi Harapan Utama mencakup tentang optimasi penggunaan batubara dalam proses blending. Perhitungan optimasi juga memperhatikan kendala-kendala yang terkait meliputi kualitas dan kuantitas batubara yang tersedia pada masing-masing pit atau seam, kriteria kualitas kuantitas batubara sesuai kriteria perusahaan. Kriteria optimal dalam kajian coal blending ini adalah mengoptimalkan penggunaan batubara yang ada pada masing-masing pit dan seam tanpa melebihi batasan kuantitas yang tersedia sehingga diperoleh kualitas hasil blending yang optimal.

Adapun tahap pra lapangan dalam penelitian ini meliputi:

1. Studi literatur

Tahap awal sebelum melakukan penelitian yaitu dengan mencari literatur yang berkaitan dengan penelitian sehingga dapat dijadikan referensi dalam pelaksanaannya. Studi literatur ini meliputi berbagai literatur dari buku, jurnal ilmiah, dan juga hasil atau laporan dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

2. Perumusan masalah

Perumusan masalah dilakukan untuk mengetahui masalah yang akan diangkat penulis dalam penelitian ini.

3. Persiapan alat dan bahan

Pada saat pengambilan data di lapangan penulis membutuhkan alat dan bahan untuk mempermudah proses penelitian. Adapun alat dan bahan yang digunakan yaitu:

- a. Alat
 - Alat yang digunakan pada pengambilan sampel
 - a. Sekop (untuk mengambil sampel batubara yang telah disesuaikan diameter sekop dengan ketentuan standard yang digunakan).
 - b. Karung (untuk menampung sampel yang sebelumnya diambil dengan sekop sampling dan bertujuan untuk menjaga kualitas batubara tidak berubah dari berbagai faktor).
 - Stopwatch (sebagai pengontrol waktu increment yang telah dihitung berdasarkan standard).
 - Laptop (untuk mengolah data dan menyusun laporan hasil penelitian).
 - GPS (untuk mengambil koordinat setiap port yang digunakan untuk bargaining pada penelitian ini).
 - Handphone (untuk mengambil dokumentasi sebagai penunjang laporan penelitian).
- b. Bahan
 - Sampel Batubara

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Alur Pencampuran

Pencampuran batubara (*coal blending*) di PT. Multi Harapan Utama dilakukan pada batubara yang berbeda kualitasnya berdasarkan analisis nilai total sulfur dan nilai kalor sehingga kualitas batubara hasil campuran merupakan perpaduan dari parameter kualitas batubara yang dicampur. PT. Multi Harapan Utama memiliki tiga port untuk memenuhi permintaan konsumen di antaranya, *port* Loa Kulu Coal Terminal, *port* Mitra Terminal Kaltim dan *port* Indo Perkasa (Lampiran A). Setiap *port* memiliki tempat penampungan yang berbeda-beda yang telah dikelompokkan sesuai dengan nilai kalor dan total sulfurnya selain itu pula untuk proses pencampuran terdapat perbedaan dapat dilihat sebagai berikut:

1. Port Loa Kulu Coal Terminal (LKCT)

Port Loa Kulu Coal Terminal yang berlokasi di jalan Jendral Sudirman, Kecamatan LoaKulu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur merupakan *port* milik pribadi dari pihak PT. Multi Harapan Utama. Pada port LKCT untuk memisahkan jenis batubara yang masuk dalam penampungan dibedakan dengan mengelompokkan jenis kualitas batubara *calorific value* rendah/tinggi dengan *total sulfur* rendah/tinggi. Untuk batubara *high calorific value* memiliki nilai sekitar > 5900 kcal/kg ar dan *low calorific value* memiliki nilai sekitar 5900-4900 kcal/kg ar sedangkan untuk kualitas *total sulfur* dibedakan menjadi tiga yaitu, *high sulfur* dengan nilai $> 0,9$ % ad, *low sulfur* dengan nilai $< 0,9$ % ad dan *sulfur special* merupakan kelompok untuk total sulfur pada *seam* yang sama tetapi memiliki nilai *total sulfur* yang berubah nilainya dengan range yang tidak wajar. Pada port LKCT terdapat lima produk/post yaitu produk 1 *high calorific value* dan *high sulfur* (HCV-HS), produk 2 *high calorific value* dan *low sulfur* (HCV-LS), produk 3 *high calorific value* dan *sulfur special* (HCV-SP), produk 4 *medium calorific value* dan *low sulfur* (MCV-LS), dan produk 6 *medium calorific value* dan *sulfur special* (MCV-SP). Berikut Gambar 4.1 merupakan layout proses *loading* batubara pada *port* Loa Kulu Coal Terminal.

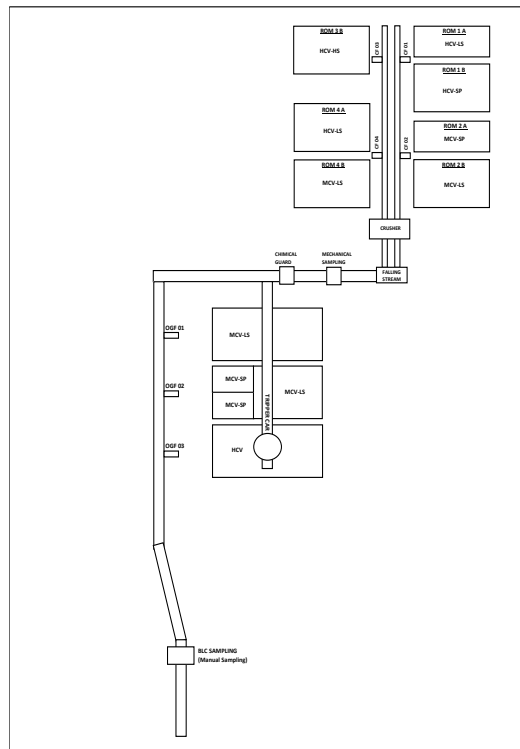
2. Port Mitra Terminal Kaltim (MTK)

Port Mitra Terminal Kaltim berlokasi tidak jauh dengan *port* Loa Kulu Coal Terminal yaitu berlokasi di jalan Jendral Sudirman, Kecamatan Loa Kulu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur yang merupakan salah satu port yang di sewa untuk menampung batubara yang dapat tertampung di *port* LKCT serta untuk memenuhi *barging* permintaan konsumen yang sangat banyak. Untuk pengelompokkan pada *port* MTK sama dengan halnya pada *port* LKCT yaitu dengan mengelompokkan *calorific value* tinggi/rendah dan *total sulfur* tinggi/rendah. Pada *port* MTK memiliki enam jenis produk/post, yang terdiri dari produk 1 *high calorific value* dan *high sulfur* (HCV-HS), produk 2 *high*

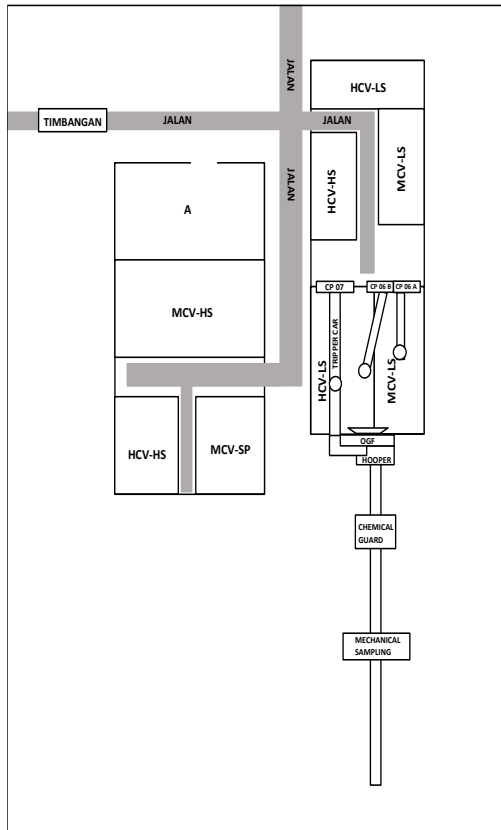
calorific value dan *low sulfur* (HCV-LS), produk 3 *high calorific value* dan *sulfur special* (HCV-SP), produk 4 *medium calorific value* dan *low sulfur* (MCV-LS), produk 5 *medium calorific value* dan *high sulfur* (MCV-HS), dan produk 6 *medium calorific value* dan *sulfur special* (MCV-SP). Berikut Gambar 4.2 merupakan layout proses *loading* batubara pada *port* Mitra Terminal Kaltim.

3. Port Indo Perkasa (IP)

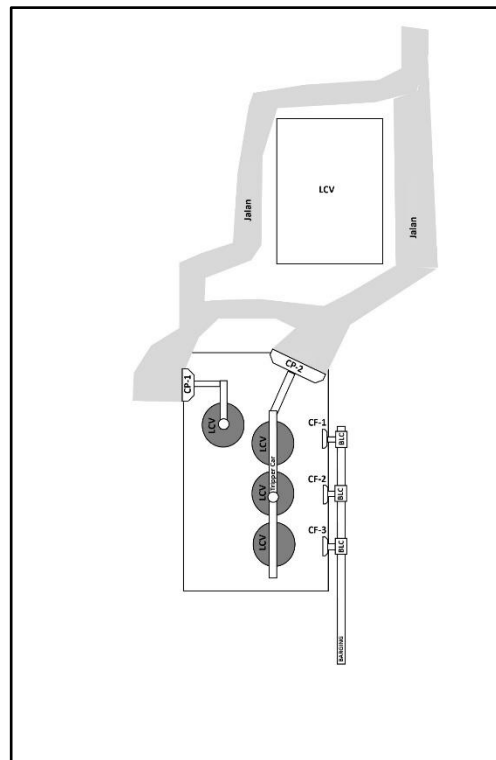
Port Indo Perkasa berlokasi sedikit berjauhan dengan *port* LKCT dan MTK yaitu berlokasi di Jalan Gerbang Dayaku, Bakungan, Kecamatan Loa Kulu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur yang merupakan *port* yang di sewa selain *port* MTK oleh pihak PT. Multi Harapan Utama untuk menampung batubara yang jenisnya kurang diminati pihak konsumen. Berbeda dengan *port* LKCT dan *port* MTK, *port* IP dikhususkan hanya menyimpan satu produk/post yaitu produk 7 *low calorific value* (LCV) dengan spesifikasi untuk *calorific value* < 4900 kcal/kg ar. Pada *port* IP sendiri karena hanya memiliki satu produk maka itu tidak ada dilakukan pencampuran batubara (*coal blending*) untuk di tongkang tetapi produk ini di upayakan terjual maka dari itu pencampuran batubara untuk produk ini dilakukan pencampuran di *mother vessel*. Berikut Gambar 4.3 merupakan layout proses *loading* batubara pada *port* Indo Perkasa.



Gambar 1. Layout port Loa Kulu Terminal Coal



Gambar 2. Layout port Mitra Terminal Kaltim



Gambar 3. Layout port Indo Perkasa

B. Kualitas dan Kuantitas Batubara Permintaan Konsumen

Pada penelitian ini peneliti berfokus kepada konsumen PLTU Tanjung Jati, yang berlokasi di kecamatan Kembang, kabupaten Jepara, Provinsi Jawa Tengah. Pada pemuatan dan pengantaran PLTU Tanjung Jati menggunakan *mother vessel* bernama Lumoso Pratama. *Mother vessel* Lumoso Pratama memiliki rincian dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut:



Gambar 4. Mother Vessel Lumoso Pratama

Tabel 1. Rincian Mother Vessel Lumoso Pratama

IMO number	9570474
Tipe kapal	Bulk Carrier
Negara	Indonesia
Bobot mati (ton)	76.536
Panjang keseluruhan (m)	225
Tahun dibuat	2010

Permintaan dari konsumen untuk nilai kualitas batubara tidak terdapat nilai yang pasti, akan tetapi hanya mempunyai nilai batasan maksimal dan minimal dari masing kualitas batubara. Parameter kualitas dan kuantitas batubara dari permintaan konsumen PLTU Tanjung Jati dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel 2. Kualitas dan kuantitas batubara permintaan konsumen

Mother Vessel Name	Spesifikasi Contract		Rejection		Kuantitas
	Kualitas		Kualitas		
	Total Sulfur (% adb)	Calorific Value (Kkal/kg ar)	Total Sulfur (% adb)	Calorific Value (Kkal/kg ar)	
Lumoso Pratama	0.80	5,600	> 1.00	< 5,400	71,800

Dari parameter-parameter tersebut terdapat nilai maksimal dan minimal yang dispesifikasikan dan bila nilai tersebut keluar dari nilai spesifikasi, pemasok (*supplier*) dalam hal ini perusahaan akan mendapatkan denda (*penalty*) atau harga jadi berkurang. Pemasok batubara berusaha untuk menjaga agar nilai total sulfur di bawah nilai yang di *rejection* dan kalori berada di atas nilai yang di *rejection* dalam kontrak.

Selain terjadi denda (*penalty*) yang mengakibatkan penurunan atau berkurangnya harga penjualan batubara, ada juga pelanggaran yang sangat berat yaitu pelanggaran penolakan (*reject*). Total sulfur dan kalori merupakan parameter kualitas batubara yang paling diutamakan oleh konsumen, sehingga apabila tidak terpenuhi maka konsumen akan menolak membeli batubara tersebut. Jika pelanggaran penolakan (*reject*) ini sampai terjadi maka perusahaan akan mengalami kerugian sangat besar dan batubara yang akan siap dijual dikembalikan oleh konsumen kepada perusahaan tanpa menerima bayaran penjualan batubara.

Jadwal pengapalan batubara pada konsumen PLTU Tanjung Jati dapat dilihat pada **tabel 3.** di bawah ini.

Tabel 3. Jadwal pengapalan batubara

Laycan		Mother Vessel Name
Start	End	
16 Agustus 2022	25 Agustus 2022	Lumoso Pratama

Selain dari parameter-parameter kualitas yang bisa mengakibatkan denda (*penalty*) dan penolakan (*reject*) jadwal pengapalan bisa mengakibatkan denda dan penolakan dari konsumen apabila melewati waktu yang telah disepakati dari pihak konsumen dan pemasok (*supplier*).

Dari pengertian *Laycan* sebagaimana tersebut di Tabel 4.3, maka dapat diartikan yaitu rentang waktu yang diberikan kepada pemilik kapal untuk mendatangkan kapalnya di pelabuhan muat (*mother vessel*) yang telah disepakati dan apabila rentang waktu tersebut telah terlewati maka mempunyai hak untuk membatalkan.

Jadwal kedatangan tongkang di *port* untuk proses pemuatan dapat dilihat pada Tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4. Jadwal kedatangan tongkang

Tanggal	Nama Tongkang	Tujuan Port	Muatan (ton)
13 Agustus 2022	BG. Lintas Samudera 85	LKCT	10.000
14 Agustus 2022	BG. Lintas Samudera 83	LKCT	10.000
14 Agustus 2022	BG. Brotherhood I	MTK	8.000
15 Agustus 2022	BG. Brotherhood II	LKCT	8.000
15 Agustus 2022	BG. Garuda Coal VIII	LKCT	8.000
16 Agustus 2022	BG. Rosemary 01	MTK	8.000
16 Agustus 2022	BG. Prima 12	MTK	8.000
17 Agustus 2022	BG. Layar 23	MTK	8.000
18 Agustus 2022	BG. Dewi Tabeo	IP	8.000

C. Perhitungan Ketersediaan Batubara Pada Rom Dengan Metode *Weighting Factor*

Dalam menghasilkan suatu kuantitas dan kualitas batubara yang memenuhi permintaan konsumen maka akan dilakukan proses pencampuran batubara. Kualitas dan kuantitas batubara yang akan digunakan untuk pencampuran batubara diperoleh dari tiga *port* dan tujuh produk yang memiliki kualitas dan kuantitas yang berbeda, (data dapat dilihat pada Lampiran B).

Kualitas batubara yang dikelompokkan dalam produk yang ada di *port* berasal dari *sub block* yang berbeda-beda dari kelompok produknya. Di PT. Multi Harapan Utama memiliki tiga *sub block* dengan tiga jenis kalori yang berbeda, yaitu untuk jenis batubara *high calorific value* (HCV) berasal dari *sub block* belumpur sedangkan untuk *medium calorific value* (MCV) berasal dari *sub block* south sentuk dan untuk *low calorific value* (LCV) berasal dari *sub block* beruaq. Untuk lebih rinci dapat dilihat pada Lampiran C.

Untuk mengetahui ketersediaan batubara tiap port untuk pengapalan perlu dilakukan perhitungan menggunakan metode *weighting factor* (dapat dilihat pada rumus 2.4) untuk menghasilkan kualitas yang

proporsi di ROM dengan mengalikan kualitas dengan kuantitas batubara dari data produksi harian kemudian ditambah dengan hasil perkalian yang sama setelah itu dibagi total tonase yang telah dijumlahkan. Berikut contoh perhitungan dengan menggunakan *weighting factor* pada pengapalan BG. Lintas Samudera 85 untuk kualitas total sulfur produk 4.

$$TS = \frac{(Total\ sulfur\ 1 \times Kuantitas1) + (Total\ sulfur\ 2 \times Kuantitas2) + \dots + (Total\ sulfur\ n \times Kuantitas)}{(Kuantitas\ 1 + Kuantitas\ 2 + Kuantitas\ n)}$$

$$TS = \frac{(0,16 \times 20.375) + (0,14 \times 4.279) - (0,16 \times 5.867) + (0,14 \times 6.671) + (0,12 \times 7.746) - (0,15 \times 14.415) + (0,16 \times 9.386) - (0,15 \times 2.500)}{(20.375 + 4.279 - 5.867 + 6.671 + 7.746 - 14.415 + 9.386 - 2.500)}$$

$$TS = 0,15 \%$$

Dari contoh perhitungan kualitas diatas data yang diperoleh yaitu dengan melihat tanggal kedatangan tongkang BG. Lintas Samudera 85 yaitu pada tanggal 13 Agustus 2022, kemudian masukkan data kualitas dan kuantitas yang ingin dihitung dengan weighting faktor dari tanggal 1-13 Agustus 2022. Untuk batubara yang masuk ke dalam ROM dihitung dengan tanda (+) jika ada batubara yang keluar (*barging*) maka perlu juga mengurangkannya (-). Untuk perhitungan yang lainnya dapat dilihat di (Lampiran D), sedangkan hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.5-4.13. Berikut merupakan hasil perhitungan ketersediaan kualitas dan kuantitas batubara yang digunakan untuk masing-masing pengapalan.

Tabel 5. Hasil Perhitungan ketersediaan kualitas dan kuantitas batubara yang digunakan untuk pengapalan BG. Lintas Samudera 85

13 Agustus 2022 (LKCT)								
Produk	Kuantitas (Ton)	Kualitas						
		TM	M	Ash	TS	CV	CV	CV
		ar %	ad %	ad %	ad %	Kcal/ kg ad %	Kcal/ kg daf %	Kcal/ kg ar %
4 - MCV-LS	28.175	18,81	13,58	4,13	0,15	5.976	7.261	5.614
6 - MCV-SP	12.625	19,32	14,44	6,73	0,69	5.700	7.231	5.376

Tabel 6. Hasil Perhitungan ketersediaan kualitas dan kuantitas batubara yang digunakan untuk pengapalan BG. Lintas Samudera 83

14 Agustus 2022 (LKCT)								
Produk	Kuantitas (Ton)	Kualitas						
		TM	M	Ash	TS	CV	CV	CV
		Ar %	ad %	ad %	ad %	Kcal/ kg ad %	Kcal/ kg daf %	Kcal/ kg ar %
1 - HCV-HS	7.045	9,44	3,60	7,01	2,42	7.121	7.967	6.690
2 - HCV-LS	21.171	12,24	8,08	5,12	0,45	6.570	7.568	6.272

Tabel 7. Hasil Perhitungan ketersediaan kualitas dan kuantitas batubara yang digunakan untuk pengapalan BG. Brotherhood I

14 Agustus 2022 (MTK)								
Produk	Kuantitas (Ton)	Kualitas						
		TM	M	Ash	TS	CV	CV	CV
		ar %	ad %	ad %	ad %	Kcal/ kg ad %	Kcal/ kg daf %	Kcal/ kg ar %
4 - MCV-LS	56.093	18,08	13,25	4,48	0,18	5.983	7.272	5.650

5 - MCV-HS	22.236	22,31	16,50	6,25	1,42	5.587	7.229	5.199
6 - MCV-SP	17.093	20,75	15,19	3,60	0,64	5.814	7.159	5.433

Tabel 8. Hasil Perhitungan ketersediaan kualitas dan kuantitas batubara yang digunakan untuk pengapalan BG. Brotherhood II

15 Agustus 2022 (LKCT)								
Produk	Kuantitas (Ton)	Kualitas						
		TM	M	Ash	TS	CV	CV	CV
		ar %	ad %	ad %	ad %	Kcal/ kg ad %	Kcal/ kg daf %	Kcal/ kg ar %
4 - MCV-LS	41.432	19,82	14,02	3,98	0,16	6.292	7.602	5.638
6 - MCV-SP	14.257	19,84	14,54	6,28	0,67	5.720	7.224	5.367

Tabel 9. Hasil Perhitungan ketersediaan kualitas dan kuantitas batubara yang digunakan untuk pengapalan BG. Garuda Coal VIII

15 Agustus 2022 (LKCT)								
Produk	Kuantitas (Ton)	Kualitas						
		TM	M	Ash	TS	CV	CV	CV
		Ar %	ad %	ad %	ad %	Kcal/ kg ad %	Kcal/ kg daf %	Kcal/ kg ar %
4 - MCV-LS	40.432	19,82	14,02	3,98	0,16	6.292	7.602	5.638
6 - MCV-SP	7.257	19,84	14,54	6,28	0,67	5.720	7.224	5.367

Tabel 10. Hasil Perhitungan ketersediaan kualitas dan kuantitas batubara yang digunakan untuk pengapalan BG. Rosemary 01

16 Agustus 2022 (MTK)								
Produk	Kuantitas (Ton)	Kualitas						
		TM	M	Ash	TS	CV	CV	CV
		ar %	ad %	ad %	ad %	Kcal/ kg ad %	Kcal/ kg daf %	Kcal/ kg ar %
4 - MCV-LS	56.932	18,10	13,34	4,39	0,18	5.982	7.271	5.653
5 - MCV-HS	27.484	22,13	16,39	6,32	1,44	5.591	7.231	5.208
6 - MCV-SP	17.401	20,93	15,32	3,50	0,53	5.808	7.155	5.423

Tabel 11. Hasil Perhitungan ketersediaan kualitas dan kuantitas batubara yang digunakan untuk pengapalan BG. Prima 12

16 Agustus 2022 (MTK)								
Produk	Kuantitas (Ton)	Kualitas						
		TM	M	Ash	TS	CV	CV	CV
		ar %	ad %	ad %	ad %	Kcal/ kg ad %	Kcal/ kg daf %	Kcal/ kg ar %
1 - HCV-HS	22.298	10,59	4,76	6,43	1,35	7.074	7.961	6.637
2 - HCV-LS	38.185	12,83	8,63	4,10	0,45	6.548	7.503	6.248
3 - HCV-SP	5.449	12,58	7,89	2,98	0,17	6.696	7.512	6.696

Tabel 12. Hasil Perhitungan ketersediaan kualitas dan kuantitas batubara yang digunakan untuk pengapalan BG. Layar 23

17 Agustus 2022								
Produk	Kuantitas (Ton)	Kualitas						
		TM	M	Ash	TS	CV	CV	CV
		ar %	ad %	ad %	ad %	Kcal/ kg ad %	Kcal/ kg daf %	Kcal/ kg ar %
5 - MCV-HS	24.834	22,13	16,39	6,32	1,44	5.591	7.231	5.208

Tabel 13. Hasil Perhitungan ketersediaan kualitas dan kuantitas batubara yang digunakan untuk pengapalan BG. Dewi Tabeo

18 Agustus 2022								
Produk	Kuantitas (Ton)	Kualitas						
		TM	M	Ash	TS	CV	CV	CV
		ar %	ad %	ad %	ad %	Kcal/ kg ad %	Kcal/ kg daf %	Kcal/ kg ar %
7 - LCV	19675	27.53	21.42	5.08	1.54	5162	7024	4762

Tabel diatas merupakan data kualitas dan kuantitas yang tersedia untuk setiap pengapalan yang memiliki jumlah kuantitas dan nilai kualitas yang berbeda-beda. Dikelompokkannya data tersebut sebenarnya untuk mempermudah sebuah perencanaan dalam melakukan pencampuran batubara untuk pengapalan. Data ketersediaan ini merupakan data acuan sebuah perencanaan untuk mengetahui tingkat keberhasilan sebuah pencampuran maupun pengapalan (*barging*).

Untuk mengetahui nilai ketersediaan batubara tiap produk di *port* dilakukan dengan perhitungan *weighting factor* yaitu dengan memasukkan data kuantitas dan kualitas batubara yang tersisa pada bulan sebelumnya, kemudian di *cumulative* kan dengan data produksi harian (*hauling*) dari awal bulan sampai pada tanggal pengapalan itu sendiri.

D. Perencanaan Kuantitas Batubara Tiap ROM

Dalam perhitungan kuantitas tiap ROM untuk pencampuran batubara pada pengapalan menggunakan metode simplex yang ada di *software microsoft excel* fitur *add-in solver*. Adapun data yang digunakan untuk perhitungan kuantitas untuk pencampuran batubara pada pengapalan adalah nilai kualitas dan kuantitas batubara masing-masing ROM (sub. bab 4.3) dan spesifikasi permintaan konsumen (Tabel 4.2).

Untuk memenuhi pemuatan batubara di *mother vessel* pihak perusahaan PT. Multi Harapan Utama memberikan spesifikasi yang diinginkan untuk setiap masing-masing tongkang yang berisikan nilai kalor dan total sulfur (Tabel 4.14). Spesifikasi perencanaan ini nantinya akan menjadi acuan pencampuran batubara untuk tiap tongkang yang dimana akan menyesuaikan kuantitas dan kualitas yang ada di setiap ROM dan port.

Tabel 14. Perencanaan kualitas dan kuantitas tiap tongkang

Nama Tongkang	Kuantitas (ton)	Nama Product	Kualitas	
			TS (ad)	CV (ar)
BG. Lintas Samudera 83	8.300	HCV-HS	0.90	6300
BG. Prima 12	7.650	HCV-HS	0.70	6300
BG. Lintas Samudera 85	9.300	MCV-LS	0.30	5500
BG. Brotherhood I	7.750	MCV-LS	0.50	5500
BG. Brotherhood II	8.000	MCV-LS	0.60	5500

BG.Garuda Coal VIII	8.000	MCV-LS	0.40	5500
BG. Rosemary 01	7.650	MCV-LS	0.70	5500
BG. Layar 23	7.650	MCV-HS	1.50	5100
BG. Dewi Tabeo	7.500	LCV	1.50	4700
Hasil Blending	71.800	MCV-LS	0.77	5552

Tabel 15. Jumlah kuantitas keseluruhan tiap produk

Product	HCV-HS	HCV-LS	MCV-LS	MCV-HS	LCV
Kuantitas (ton)	15.950	-	40.700	7.650	7.500

Dari Tabel 4.14 di atas dapat dilihat sembilan tongkang yang direncanakan untuk memuat satu *mother vessel* memiliki satu hasil pencampuran batubara, yaitu dalam memuat 71.800 ton memiliki kualitas *total sulfur* 0.77 dan nilai kalor 5552 atau dikategorikan produk *medium calorific value – low sulfur* (MCV-LS). Dari hasil akhir yang diinginkan masih masuk dalam spesifikasi kualitas dalam *contract* yang diinginkan dari konsumen (Tabel .2).

Setelah diketahui perencanaan kuantitas dan kualitas tiap tongkang, selanjutnya merencanakan tiap tongkang tersebut dengan kuantitas dan kualitas yang tersedia di ROM dan *port*. Dalam menentukan jumlah kuantitas masing-masing produk untuk tiap tongkang dilakukan dengan menggunakan metode *simplex* yang ada di *software microsoft excel* pada fitur *add-in solver*. Berikut Tabel 4.16 adalah hasil dari pemrograman linear dengan *solver* yang telah disesuaikan dengan ketersediaan di ROM (untuk mengetahui hasil dari pemrograman linear dengan *solver* tiap tongkang dapat dilihat pada Lampiran E).

Tabel 16. Pencampuran batubara tiap tongkang dari pemrograman linear dengan *solver*

Lintas Samudera 83								
Produk	Tonnase (ton)	TM ar %	M ad %	Ash ad %	TS % ad	CV Kcal/kg ad %	CV Kcal/kg daf %	CV Kcal/kg ar %
HCV-HS	1950	9.44	3.60	7.01	2.42	7122	7967	6690
HCV-LS	6350	12.24	8.08	5.11	0.46	6570	7568	6272
Hasil	8300	11.58	7.03	5.56	0.92	6699	7664	6371
Prima 12								
Produk	Tonnase (ton)	TM ar %	M ad %	Ash ad %	TS % ad	CV Kcal/kg ad %	CV Kcal/kg daf %	CV Kcal/kg ar %
HCV-HS	2750	9.53	3.99	6.94	1.39	7140	8016	6728
HCV-LS	3200	12.81	8.63	4.08	0.46	6550	7504	6250
HCV-SP	1700	12.58	7.87	2.98	0.17	6699	7515	6357
Hasil	7650	11.58	6.79	4.86	0.73	6795	7692	6446
Lintas Samudera 85								
Produk	Tonnase (ton)	TM ar %	M ad %	Ash ad %	TS % ad	CV Kcal/kg ad %	CV Kcal/kg daf %	CV Kcal/kg ar %
MCV	7050	18.81	13.57	4.13	0.15	5976	7262	5614
MCV-SP	2250	19.32	14.43	6.73	0.69	5701	7231	5375
Hasil	9300	18.93	13.78	4.76	0.28	5909	7254	5557
Brotherhood I								
Produk	Tonnase (ton)	TM ar %	M ad %	Ash ad %	TS % ad	CV Kcal/kg ad %	CV Kcal/kg daf %	CV Kcal/kg ar %
MCV	3900	18.09	13.25	4.48	0.17	5983	7273	5650
MCV-HS	500	22.31	16.50	6.25	1.42	5587	7232	5198
MCV-SP	3350	20.75	15.19	3.59	0.64	5814	7159	5433
Hasil	7750	19.51	14.30	4.21	0.46	5884	7221	5526
Brotherhood II								
Produk	Tonnase (ton)	TM ar %	M ad %	Ash ad %	TS % ad	CV Kcal/kg ad %	CV Kcal/kg daf %	CV Kcal/kg ar %
MCV	1000	18.95	13.41	3.80	0.15	6023	7275	5638
MCV-SP	7000	19.81	14.53	6.29	0.68	5720	7224	5367
Hasil	8000	19.70	14.39	5.97	0.61	5758	7231	5401
Garuda Coal VIII								
Produk	Tonnase (ton)	TM ar %	M ad %	Ash ad %	TS % ad	CV Kcal/kg ad %	CV Kcal/kg daf %	CV Kcal/kg ar %
MCV	4000	18.95	13.41	3.80	0.15	6023	7275	5638
MCV-SP	4000	19.81	14.53	6.29	0.68	5720	7224	5367
Hasil	8000	19.38	13.97	5.04	0.41	5872	7250	5503
Rosemary 01								
Produk	Tonnase (ton)	TM ar %	M ad %	Ash ad %	TS % ad	CV Kcal/kg ad %	CV Kcal/kg daf %	CV Kcal/kg ar %
MCV	3500	18.10	13.34	4.39	0.17	5982	7271	5653
MCV-HS	2650	22.13	16.39	6.32	1.43	5591	7233	5207
MCV-SP	1500	20.93	15.31	3.51	0.55	5808	7155	5423
Hasil	7650	20.05	14.78	4.89	0.68	5812	7236	5453

Layar 23								
Produk	Tonnase (ton)	TM ar %	M ad %	Ash ad %	TS % ad	CV Kcal/kg ad %	CV Kcal/kg daf %	CV Kcal/kg ar %
MCV-HS	7650	22.70	17.11	6.25	1.49	5519	7201	5147
Hasil	7650	22.70	17.11	6.25	1.49	5519	7201	5147
Dewi Tabeo								
Produk	Tonnase (ton)	TM ar %	M ad %	Ash ad %	TS % ad	CV Kcal/kg ad %	CV Kcal/kg daf %	CV Kcal/kg ar %
LCV-HS	7500	27.52	21.42	5.08	1.53	5163	7024	4762
Hasil	7500	27.52	21.42	5.08	1.53	5163	7024	4762

Dari tabel diatas didapatkan komposisi tonase batubara setiap produk untuk masing-masing kapal. Pada hasil perhitungan didapatkan untuk kapal BG. Lintas samudera 83 memuat HCV-HS sebanyak 1950 ton dan HCV-LS 6350 ton, BG. Prima 12 memuat HCV-HS sebanyak 2750 ton, HCV-LS 3200 ton, dan HCV-SP 1700 ton, BG. Lintas Samudera 85 memuat MCV sebanyak 7050 ton, dan MCV-SP 2250, BG. Brotherhood I memuat MCV sebanyak 3900 ton, MCV-HS 500 ton, dan MCV-SP 3350 ton, BG. Brotherhood II memuat MCV sebanyak 1000 ton, dan MCV-SP 7000 ton, BG. Garuda Coal VIII memuat MCV sebanyak 4000 ton, dan MCV-SP 4000 ton, BG. Rosemary 01 memuat MCV sebanyak 3500 ton, MCV-HS 2650 ton, dan MCV-SP 1500 ton, BG. Layar 23 memuat satu produk MCV-HS sebanyak 7650 ton, dan BG. Dewi Tabeo memuat satu produk LCV-HS sebanyak 7500 ton.

Tabel 17. Hasil akhir pencampuran batubara tiap tongkang

Tongkang	Tonase (ton)	TM ar %	M ad %	Ash ad %	TS ad %	CV Kcal/kg ad %	CV Kcal/kg daf %	CV Kcal/kg ar %
BG. Lintas Samudera 83	8300	11.58	7.03	5.56	0.92	6699	7664	6371
BG. Prima 12	7650	11.97	7.07	4.69	0.71	6795	7672	6413
BG. Lintas Samudera 85	9300	18.95	13.78	4.76	0.28	5909	7255	5556
BG. Brotherhood I	7750	19.51	14.30	4.21	0.42	5884	7221	5527
BG. Brotherhood II	8000	19.84	14.47	6.00	0.68	5791	7282	5428
BG. Garuda Coal VIII	8000	19.93	14.28	5.13	0.42	6006	7453	5617
BG. Rosemary 01	7650	20.05	14.79	4.88	0.68	5812	7236	5453
BG. Layar 23	7650	22.13	16.39	6.32	1.44	5591	7234	5207
BG. Dewi Tabeo	7500	27.53	21.42	5.08	1.54	5162	7024	4761
Hasil Blending	71800	18.96	13.66	5.18	0.77	5965	7340	5600

Dari Tabel 17. dapat dilihat apa yang ditentukan oleh perusahaan tidak selalu menghasilkan nilai yang sama dengan yang telah dispesifikasikan (Tabel 4.13), karena disesuaikan dengan kondisi di *port*. Tetapi nilai yang dihasilkan dari hasil *blending* di *mother vessel* dengan *solver* mendekati dengan nilai spesifikasi kontrak yaitu, untuk TS 0.78 % ad dan spesifikasi kontrak 0.80 % ad dengan *reject* > 1.00 % ad sedangkan untuk CV hasil *solver* 5580 kcal/kg ar dan spesifikasi kontrak 5600 kcal/kg (ar) dengan *reject* < 5400 kcal/kg ar (untuk mengetahui hasil *blending* pada Tabel 4.17 dapat dilihat pada Lampiran F).

E. Hasil Kuantitas dan Kualitas Pencampuran Batubara Aktual

Hasil kuantitas dan kualitas dari pencampuran batubara secara aktual awal mulanya dari hasil perencanaan yang telah dibuat kemudian diaplikasikan di lapangan dengan proses penanganan yang berbeda-beda sesuai dari *port* saat pemuatan. Hasil kualitas secara aktual diperoleh dari sampling yang mana batubara telah tercampur dan melalui rangkaian proses *crushing* yang kemudian dibawa melalui *belt conveyor* menuju tongkang atau disebut *barging loading conveyor* (BLC). Proses sampling dilakukan dengan prosedur yang telah memenuhi *standard ISO* supaya batubara yang terambil mewakili. Sedangkan kuantitas secara aktual diperoleh dari proses *draught survey* yang dilakukan oleh tim dari *survey independent* si konsumen. Berikut Tabel 4.18 berisikan hasil dari kualitas dan kuantitas dari pencampuran batubara secara aktual.

Tabel 18. Hasil aktual kuantitas dan kualitas pencampuran batubara

Tongkang	Port	Tonase (ton)	TM ar %	M ad %	Ash ad %	TS ad %	CV Kcal/kg ad %	CV Kcal/kg daf %	CV Kcal/kg ar %
----------	------	--------------	---------	--------	----------	---------	-----------------	------------------	-----------------

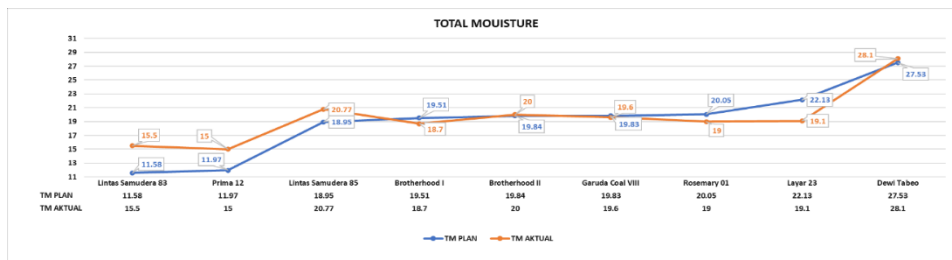
BG. Lintas Samudera 83	LKCT	8306	15.50	9.50	6.10	0.52	6398	7581	5974
BG. Prima 12	MTK	7657	15.00	8.00	5.60	0.78	6613	7654	6110
BG. Lintas Samudera 85	LKCT	9301	20.77	9.62	6.03	0.51	6093	7224	5341
BG. Brotherhood I	MTK	7775	18.70	13.50	5.60	0.45	5903	7297	5548
BG. Brotherhood II	LKCT	8008	20.00	13.90	5.60	0.38	5806	7212	5395
BG. Garuda Coal VIII	LKCT	8009	19.60	14.60	4.80	0.33	5839	7244	5497
BG. Rosemary 01	MTK	7655	19.00	13.40	5.50	0.60	5915	7293	5533
BG. Layar 23	MTK	7653	19.10	13.30	6.60	1.65	5812	7256	5423
BG. Dewi Tabeo	IP	7499	28.10	17.10	5.10	1.33	5429	6978	4709
Hasil Blending	MV	71864	19.51	12.46	5.67	0.72	5985	7310	5503

Dari **Tabel 18**, dapat dilihat hasil kualitas aktual pada masing-masing kapal. Pada hasil kualitas pencampuran batubara aktual didapatkan hasil keseluruhan di mother vessel sebanyak 71.864 ton dengan *total sulphur* 0,72 % (ad), dan *calorific value* 5503 kcal/kg (ar) (untuk mengetahui hasil blending pada Tabel 4.17 dapat dilihat pada Lampiran G).

F. Analisis Ketidaksesuaian Kualitas dan Kuantitas Pada Pencampuran Batubara

Analisis ketidaksesuaian kualitas dan kuantitas pada pencampuran batubara bertujuan untuk mengetahui penyebab ketidaksesuaian tersebut. Analisis ketidaksesuaian ini dilakukan dengan membandingkan hasil perencanaan (Tabel .17) dan hasil aktual (Tabel .18). Berikut adalah grafik perbandingan kualitas batubara rencana dan kualitas aktual pada pencampuran batubara.

1. Total Moisture



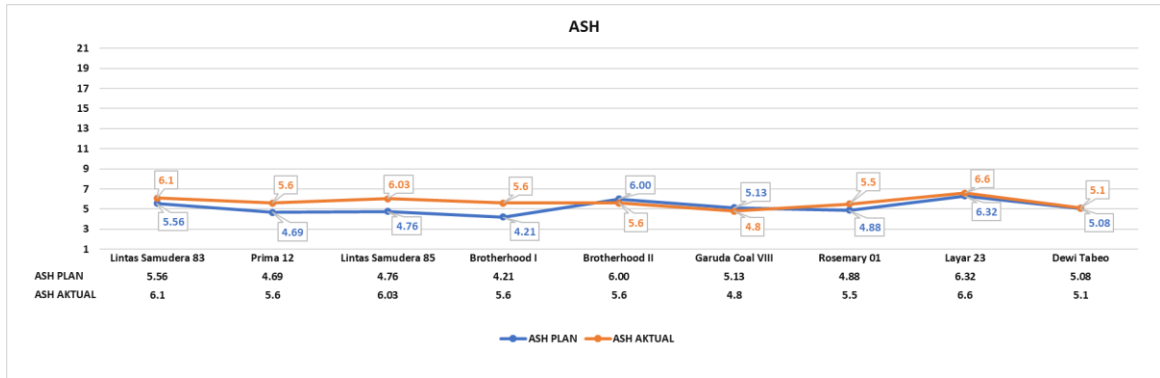
Gambar 5. Grafik perbandingan kualitas rencana dan aktual berdasarkan total moisture

Dapat dilihat pada grafik di atas terdapat lima tongkang yang mengalami ketidaksesuaian kualitas total moisture. Dimana dari ke empat tongkang tersebut terdapat kenaikan/penurunan kualitas antara lain yaitu, tongkang BG. Lintas Samudera 83 mengalami kenaikan total moisture sebanyak 3,92, BG. Prima 12 sebanyak 3,03 dan BG. Lintas Samudera 85 sebanyak 1,82. Sebaliknya terdapat dua tongkang yang mengalami penurunan total moisture yaitu BG. Rosemary 01 dan BG. Layar 23 dengan penurunan masing-masing sebanyak 1,05 dan 3,03. Ketidaksesuaian *total moisture* terjadi karena curah hujan yang tinggi serta manajemen *stockpile* yang kurang baik sehingga timbul genangan air saat setelah hujan.



Gambar 6. Kondisi ROM yang tergenang air

2. Ash



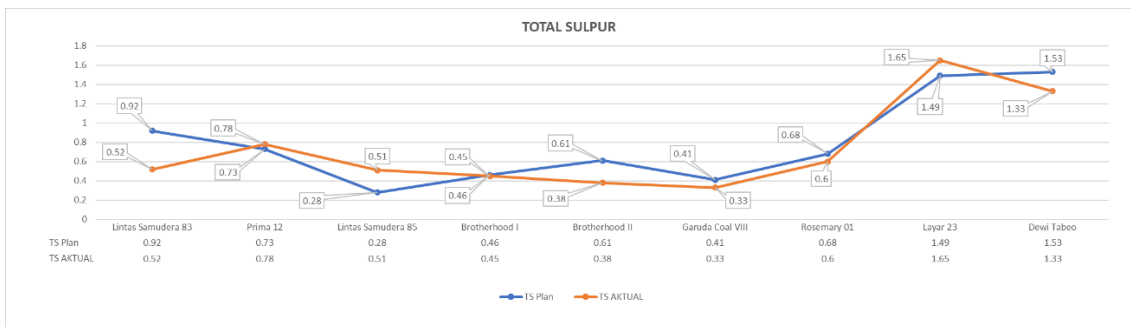
Gambar 7. Grafik perbandingan kualitas rencana dan aktual berdasarkan ash

Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa hanya dua tongkang yang mengalami perbedaan antara kualitas rencana dengan kualitas aktual, yaitu tongkang BG. Lintas Samudera 85 dengan kenaikan sebanyak 1,27 dan tongkang BG. Brotherhood I dengan kenaikan 1,39. Naiknya nilai ash disebabkan oleh terbawanya material tanah pada saat proses batubara dimasukkan ke dalam *feder*.



Gambar 8. Material tanah yang ikut tertumpuk

3. Total Sulphur



Gambar 9. Grafik perbandingan kualitas rencana dan aktual berdasarkan total sulphur

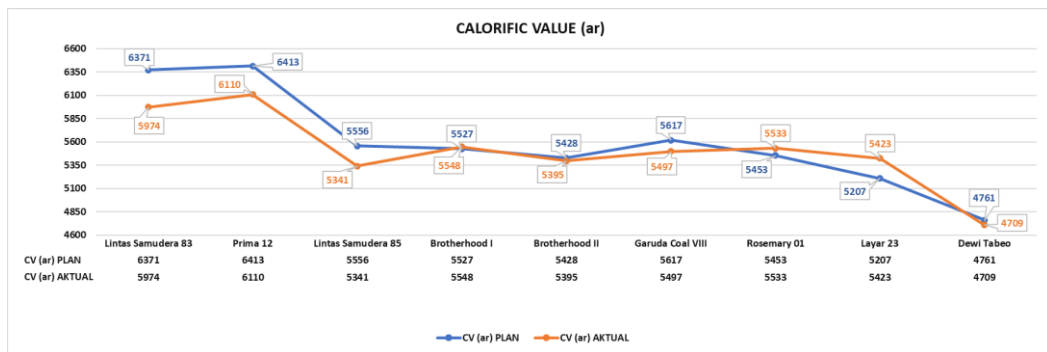
Untuk *total sulphur* dapat dilihat pada gambar grafik diatas terdapat lima tongkang yang mengalami ketidaksesuaian yang cukup signifikan diantaranya adalah tongkang BG. Lintas Samudera 85, BG. Lintas Samudera 85, BG. Brotherhood II, BG. Layar 23, dan BG. Dewi Tabeo. Ketidaksesuaian ini disebabkan oleh tercampurnya produk batubara beda produk pada saat pemuatan ke *feeder* hal ini dapat menyebabkan perubahan pada kualitas *total sulphur*.



Gambar 10. Produk batubara yang tercampur di ROM

4. Calorific Value

Untuk *total moisture* yang didapatkan sebelumnya akan mempengaruhi *calorific value* yang didapatkan, semakin tinggi kandungan total moisture maka akan menyebabkan turunnya nilai *calorific value* yang diperoleh sedangkan semakin rendah kandungan *total moisture* akan menyebabkan naiknya nilai *calorific value* yang diperoleh.



Gambar 11. Grafik perbandingan kualitas rencana dan aktual berdasarkan calorific value

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan dari pemrograman linear pada solver yang telah disesuaikan dengan kualitas yang tersedia di ROM dan masing-masing port diperoleh hasil akhir rencana pencampuran dari sembilan tongkang untuk memenuhi permintaan konsumen PLTU Tanjung Jati sebesar, 71.800 ton dengan masing-masing kualitas total sulfur 0,77 % (ad) dan nilai kalor 5600 kcal/kg (ar).
2. Hasil aktual pencampuran yang dilakukan oleh tim independent surveyor diperoleh hasil akhir pencampuran dari sembilan tongkang untuk permintaan konsumen PLTU Tanjung Jati sebesar, 71.864 ton dengan masing-masing kualitas total sulfur 0.72 % (ad) dan nilai kalor 5503 kcal/kg (ar).
3. Hasil dari analisa diperoleh kesimpulan bahwa penyebab ketidaksesuaian pada hasil kualitas dan rencana adalah terdapatnya genangan air di ROM yang mengakibatkan kenaikan total moisture, terbawa nya material kedalam feeder yang mengakibatkan kenaikan ash, ketidaksengajaan tercampurnya produk lain

di ROM yang mengakibatkan ketidaksesuaian terhadap kualitas (TM, Ash, TS dan CV), dan kenaikan TM yang berpengaruh terhadap nilai kalori.

BIBLIOGRAFI

- Adi, Fajar Tyas, Han Afrizal, Septri Rahayu. 2019. Analisa Pengaruh Perhitungan Jumlah Muatan Tongkang SS2409 Tanpa Memperhatikan Variabel Koreksi Berdasarkan Draft Survey. *Jurnal Jalasena*, Vol. 1, No. 1.
- ASTM D2234/2234M-2010 Standard Practice For Collection Of a Gross Sample Of Coal.
- Carles G. Schofield. 1978. Homogenization/Blending System Design and Control For Mineral Processing. 1st Edition, Trans Tech Publication. Clausthere Zellerfeld Federal Republic of Company.
- Divo, Muhammad. 2020. Optimalisasi Pencampuran Batubara Beda Kualitas dengan Metode Trial And Error untuk Memenuhi Kriteria Permintaan Konsumen di CV. Bara Mitra Kencana Kota Sawahlunto Sumatera Barat.
- Djamaris, Aurino. 2018. Pemanfaatan Excel-Solver Untuk Pengambilan Keputusan. Universitas Bakrie.
- Hilmi, A., Maria, AM., Sulaimansyah. 2021. Analisis Proksimat, Kandungan Sulfur dan Nilai Kalor Dalam Penentuan Kualitas Batubara. *Indonesian Journal Of Engineering*. Vol 1, No. 2
- Hoirullah. 2019. Analisis Ratio Komposisi Blending Batubara Untuk Memenuhi Market Brand BA 50 Di PT Bukit Asam, TBK Tanjung Enim, Sumatera Selatan. *Teknik Pertambangan*. Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
- Irwandy, Arif. 2014. *Batubara Indonesia*. PT. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- Lebangan, FS., Agus, T., Uyu, S., Annisa. 2017. Simulasi Coal Blending Pada Kegiatan Barging Batubara Di PT Dua Samudera Perkasa. *Jurnal Geosapta*, Vol 3, No. 1
- Marlina, R., Pelita, R. 2019. Model Coal Blending Beda Kualitas Untuk Memenuhi Permintaan Buyer. *Jurnal Sains dan Teknologi*, Vol 19, No. 1. E-ISSN 2615-2827
- Muchjidin, 2006. *Pengendalian Mutu Dalam Industri Batubara*. ITB: Bandung.
- Putra, YR., Rr. Harminuke, EH., Syarifuddin. 2019. Optimalisasi Pencampuran Batubara Untuk Memenuhi Kriteria Permintaan PLTU Di Musi Rawas. *Jurnal Pertambangan*, Vol 3, No. 1. ISSN 2549-1008
- Saputra, Dimas, Agus Triantoro, Riswan. 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*, vol. 11, No. 1. (40-55).
- Speight J.G., 2005. *Handbook of Coal Analisis*. Wiley Interscience, United States of America.
- Sukandarrumidi, 2004. *Batubara dan Gambut*. Gajah Mada University Press: Jogjakarta.
- Sukandarrumidi, 2009. *Batubara dan Pemanfaatannya*. Gajah Mada University Press: Yogyakarta.
- Sudarsono, A.S., 2003. *Preparasi dan Pencucian*. Insitut Teknologi Bandung. Bandung.
- Sloss LL. 2014. *Blending of Coal to Meet Power Station Requirements*. IEA Clean Coal Centre. London.
- Winarno, Agus, D. Hendra Amijaya, Agung Harijoko. 2017. *Studi Mineral dan Geokimia Peringkat Rendah Kalimantan Timur*. ISBN 978-602-19765-5-5.
- Winarno, Agus, D. Hendra Amijaya, Agung Harijoko. 2019. Karakteristik Batubara Formasi Pulaubalang dan Balikpapan Cekungan Kutai Bawah Kalimantan Timur. *Jurnal Geosapta*, Vol. 05, No. 01, ISBN 2527-5844.
- Yusuf, Muhammad, Agus Triantoro, dan Riswan. 2019. Evaluasi Draught Survey Batubara di Atas Tongkang dan Vessel PT. Adaro Indonesia Site Kelanis. *Jurnal Himasapta*, Vol. 4, No. 1.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.