

**Analisis *Blending* Bauksit Menggunakan Metode Simplek
di PT Bumi Khatulistiwa Bauksit Kecamatan Meliau
Kabupaten Sanggau Kalimantan Barat**

Vico Malo Mangunsong*, M. Khalid Syafrianto, dan Ricka Aprillia

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik

Universitas Tanjungpura, Indonesia

** mangunsongvico@gmail.com*

SARI

Perhitungan *blending* yang dilakukan oleh PT. Bumi Khatulistiwa Bauksit belum diperoleh hasil yang belum efisien. Dari segi kadar, hasil *blending* tergolong melebihi spek yang ditetapkan oleh perusahaan dan dari segi tonase, perusahaan menggunakan kuantitas ROM dalam jumlah kecil, sehingga tidak dapat memaksimalkan ROM dengan kadar rendah. Penelitian diharapkan dapat memaksimalkan ROM dengan kadar Al_2O_3 dibawah 46% yang banyak tidak terjual sehingga bisa dioptimalkan dari segi kadar dan tonase. Penelitian menghitung kegiatan *blending* dalam satu tongkang dengan kapasitas 9.500 ton. *Blending* menggunakan komposisi dari 3 ROM dan disimulasikan dalam kegiatan *blending* menggunakan metode simplek untuk mencapai tonase yang optimal, sesuai dengan ketetapan kadar dari permintaan konsumen. Hasil perhitungan *blending* bauksit menggunakan metode simplek pada ROM 03 sebanyak 3.790,84133 ton, ROM 06 sebanyak 3.451,05238 ton, dan ROM 12 sebanyak 2.248,10629 ton, dengan kadar Al_2O_3 sebesar 46,171%, kadar SiO_2 sebesar 12%, dan kadar RSiO_2 sebesar 4%.

Kata kunci: bauksit, *blending*, kadar, ROM, simplek

How to Cite: Mangunsong, V.M., Syafrianto, M.K., dan Aprilia, R. 2025. Analisis Blending Bauksit Menggunakan Metode Simplek di PT Bumi Khatulistiwa Bauksit Kecamatan Meliau Kabupaten Sanggau Kalimantan Barat. Jurnal Geomine, 13 (1): 316-327.

Published By:

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Muslim Indonesia

Address:

Jl. Urip Sumoharjo Km. 05
Makassar, Sulawesi Selatan

Email:

geomine@umi.ac.id

Phone:

+6285299961257

+6281241908133

Article History:

Submit February 13, 2025

Received in from March 15, 2025

Accepted April 6, 2025

Lisensec By:

[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



ABSTRACT

The blending calculations conducted by PT. Bumi Khatulistiwa Bauksit have not yet yielded efficient results. In terms of grade, the blending results exceed the specifications set by the company, and regarding tonnage, the company is using a small quantity of ROM, which means they can't fully maximize ROM with low grade. The research aims to optimize ROM with Al_2O_3 levels below 46% that are not selling well, so it can be maximized in terms of both grade and tonnage. The study calculates the blending activities in a barge with a capacity of 9.500 tons. Blending uses a composition of 3 ROM and is simulated in blending activities using the simplex method to achieve optimal tonnage, in line with the grade requirements from customer demand. The blending calculation results for bauxite using the simplex method show ROM 03 at 3.790,84133 tons, ROM 06 at 3.451,05238 tons, and ROM 12 at 2.248,10629 tons, with Al_2O_3 at 46,171%, SiO_2 at 12%, and $RSiO_2$ at 4%.

Keyword: *bauxite, blending, grade, ROM, simplex*

PENDAHULUAN

Salah satu kekayaan alam yang terdapat di Kalimantan Barat adalah bahan mineral aluminium yang terkandung di dalam bahan bauksit, yang layak tambang pada kisar 45–65% alumina. Hal ini berdampak pada kebutuhan modal penggunaan tonase bauksit yang besar. Kebutuhan modal yang besar itu menyebabkan perusahaan tambang berusaha mendapatkan keuntungan yang sebesar-besarnya dan pengembalian modal secepat mungkin. Oleh karena itu, diperlukan pemanfaatan yang maksimal pada setiap kadar yang akan ditambang sehingga dapat bernilai ekonomis (Ramadan dkk, 2022).

Dalam memaksimalkan penggunaan bauksit tersebut, perusahaan memiliki metode yang dapat digunakan dalam meningkatkan hasil produksi yaitu proses *blending*. Proses *blending* merupakan proses terkendali pencampuran dua atau lebih produk secara bersamaan, dengan kualitas spesifik yang berbeda untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan permintaan pasar. Proporsi dari masing-masing produk diatur agar menghasilkan produk akhir tunggal yang terpisah dengan kualitas spesifik yang diinginkan (Solang dkk, 2021).

Kualitas bahan galian bauksit pada PT. Bumi Khatulistiwa Bauksit yang berada di lokasi Kecamatan Meliau, Kabupaten Sanggau, Provinsi Kalimantan Barat, terbagi menjadi dua yaitu kualitas tinggi dan kualitas rendah. Kualitas tersebut didasarkan dengan ketentuan dari perusahaan berdasarkan kadar Al_2O_3 sebagai acuan utama dalam memenuhi permintaan pembeli. Untuk memasarkan produk tersebut, PT. Bumi Khatulistiwa Bauksit menyimpan stok bauksit yang berada di area *stockpile* dan memiliki rata-rata setiap kadarnya, yaitu *Loss on Ignition* (LOI) $\leq 25\%$, $(Fe_2O_3) \leq 8-16\%$, $(SiO_2) \leq 8-16\%$, $(RSiO_2) \leq 3-5\%$, $(TiO_2) \leq 1-2\%$ serta $(Al_2O_3) \geq 45-47\%$.

Pada proses *blending* di PT. Bumi Khatulistiwa Bauksit menetapkan kadar untuk pasar yaitu $(Al_2O_3) \geq 46\%$, $(SiO_2) \leq 12\%$, dan $(RSiO_2) \leq 4\%$. Proses pencampuran tersebut dilakukan pada proses pemuatan bahan galian ke tongkang dengan standar perusahaan. Perhitungan simulasi *blending* belum diperoleh angka kadar yang belum efisien untuk memaksimalkan penggunaan bauksit. Dari segi kadar hasil *blending* tergolong melebihi spek yang diinginkan oleh pembeli sehingga bauksit yang memiliki kadar tinggi lebih banyak digunakan dalam proses *blending*. Dari segi tonase, perusahaan menggunakan kuantitas *Run Of Mine* (ROM) dalam jumlah kecil, dimana dalam proses *blending* terjadi pemborosan pemakaian tonase pada kadar tinggi dan tidak dapat memaksimalkan ROM dengan kadar rendah, sehingga terjadi penumpukan di daerah *stockpile* yang didominasi ROM dengan kadar rendah.

Penelitian ini, perhitungan dilakukan menggunakan metode simplek untuk memperoleh nilai dalam memenuhi kadar sesuai standar perusahaan di PT. Bumi Khatulistiwa Bauksit. Perhitungan tersebut dihasilkan dari *software QM for Windows* sebagai acuan untuk perhitungan simulasi *blending*. Metode simpleks merupakan salah satu teknik penyelesaian

dalam program linier yang digunakan sebagai teknik pengambilan keputusan untuk mencari nilai optimal yang meliputi banyak pertidaksamaan dan multivariabel. Kelebihan dari metode ini yaitu mampu menghitung dua atau lebih variabel keputusan jika dibandingkan dengan metode grafik yang hanya mampu menghitung dua variabel keputusan (Budianti dkk, 2020). Penelitian ini juga diharapkan dapat memaksimalkan ROM dengan kadar Al_2O_3 dibawah 46% yang banyak tidak terjual sehingga dapat mengoptimalkan dari segi tonase yang dapat menambah kuantitas pemakaian ROM yang disimulasikan dalam perhitungan dengan kadar rendah

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah jenis penelitian yang menghasilkan temuan-temuan baru yang dapat dicapai (diperoleh) dengan menggunakan prosedur-prosedur secara statistik atau cara lainnya dari suatu kuantifikasi (pengukuran) (Ali, 2022).

Dengan menganalisis perbandingan hasil *blending* antara perusahaan dan analisis hasil simulasi perhitungan *blending* yang dilakukan menggunakan metode simplek. Metode simplek adalah model matematis yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah pengalokasian sumber yang terbatas secara optimal yaitu keuntungan maksimal dengan biaya yang minimum berdasarkan tiga variabel atau lebih (Lestari, 2018).

Penelitian ini melakukan perhitungan dengan data sekunder pada proses pencampuran bauksit dalam satu kegiatan *barging* guna memaksimalkan tonase di ROM berkadar rendah dan mencapai kadar bauksit sesuai dengan ketentuan perusahaan, dimana jangka waktu pengambilan, pengolahan, dan analisis data dilakukan selama ± 3 bulan, dengan langkah sebagai berikut:

1. Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian meliputi kajian pustaka dan pengamatan secara langsung di lokasi penelitian untuk memahami permasalahan blending di PT. Bumi Khatulistiwa Bauksit. Langkah ini bertujuan menambah informasi dan memperluas referensi terkait *blending*. Bahan yang digunakan selama pengamatan lapangan meliputi:

- Deskripsi umum perusahaan
- Teori proses *blending*
- Teori perhitungan metode simplek

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan Data berupa data sekunder antara lain:

- Ketetapan spesifikasi kadar bauksit pada perusahaan ($(\text{Al}_2\text{O}_3) \geq 46\%$, $(\text{SiO}_2) \leq 4\%$, dan $(\text{RSiO}_2) \leq 12\%$).
- Spesifikasi kadar dan tonase bauksit di *stockpile*.
- Hasil blending bauksit 3 ROM dari perusahaan.

3. Pengolahan Data dan Analisis Data

Selanjutnya dalam pengolahan data dimulai dengan peta yang diolah *software Arcgis 10.6* sedangkan data yang berbentuk perhitungan kadar yang digunakan dalam proses blending di penelitian ini diolah dengan *software excel* dan *QM for Windows*. Pengolahan data tersebut didasarkan pada pencampuran kadar bauksit, yaitu Al_2O_3 , SiO_2 , dan RSiO_2 sebagai standar perusahaan dalam penjualan yang dilakukan untuk menyesuaikan kebutuhan pembeli yang didapat dari beberapa ROM di *stockpile*. Dalam pengolahan data dan analisisnya meliputi tahap sebagai berikut:

a. Perhitungan *blending* menggunakan metode simplek dengan *software QM for Windows*

QM for Windows dirancang untuk membantu mempelajari dan memahami dengan lebih baik di bidang tersebut. Perangkat lunak ini dapat digunakan untuk memecahkan masalah atau memeriksa jawaban yang telah diinput sebelumnya. Perangkat lunak ini selanjutnya akan menyelesaikan atau mendekati hasil terbaik yang dihasilkan dari permasalahan tersebut (Weiss, 2005). Perhitungan *blending* menggunakan *software* yaitu *QM for Windows* bertujuan untuk menghitung tonase ROM bauksit yang akan di *blending*. Sebelum membuka aplikasi, perlu diketahui dalam melakukan penginputan data, diperlukan komposisi tonase dari spesifikasi kadar berupa Al_2O_3 , SiO_2 , dan $RSiO_2$ dalam bentuk model matematika.

b. Perhitungan *blending* menggunakan metode simplek dua fase dengan cara manual

Perhitungan metode simplek dua fase memiliki beberapa tahapan sebagai berikut (Wulandari dkk, 2019):

1) Mengubah model program linear kedalam bentuk standar

Setelah didapatkan model matematika, selanjutnya dibuat kedalam bentuk standar yang dimana dalam permasalahan ini ingin memaksimumkan fungsi tujuan pada proses dua fase yang dihasilkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Maksimumkan} \quad & Z = C_1x_1 + C_2x_2 + C_3x_3 + C_4A_1 + C_5A_2 + C_6S_2 + C_7S_3 + C_8S_4 \\ \text{Fungsi Kendala} \quad & a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + a_{14}A_1 = b_1 \\ & a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 - a_{25}S_2 + a_{26}A_2 = b_2 \\ & a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + a_{37}S_3 = b_3 \\ & a_{41}x_1 + a_{42}x_2 + a_{43}x_3 + a_{48}S_4 = b_4 \\ & x_1, x_2, x_3, S_2, S_3, S_4, A_1, A_2 \geq 0 \end{aligned}$$

Setelah mengubah model kedalam bentuk standar linear, pada fungsi tujuan Z digantikan dengan fungsi tujuan A dari fungsi kendalan untuk mencari solusi yang dapat dihitung dengan membentuk variabel buatan dan diubah ke variabel non-basis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Maksimumkan} \quad & A = -C_1A_1 - C_2A_2 \\ \text{Fungsi Kendala} \quad & a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + a_{14}A_1 = b_1 \\ & a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 - a_{25}S_2 + a_{26}A_2 = b_2 \\ & a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + a_{37}S_3 = b_3 \\ & a_{41}x_1 + a_{42}x_2 + a_{43}x_3 + a_{48}S_4 = b_4 \\ & x_1, x_2, x_3, S_2, S_3, S_4, A_1, A_2 \geq 0 \end{aligned}$$

2) Membuat tabel awal simplek

Setelah mengganti fungsi tujuan dengan variabel buatan selanjutnya memasukkan elemen persamaan kedalam tabel awal simplek dimana tabel tersebut merupakan fase I iterasi ke-1 sebagai berikut (Syahputra, 2015):

Tabel 1. Tabel Awal Perhitungan Metode Simplek Fase-1 Iterasi-1

Cj	Basis	0	0	0	C ₁	C ₂	0	0	0	b _i	R _i
	Variabel	X ₁	X ₂	X ₃	A ₁	A ₂	S ₂	S ₃	S ₄		
F1											
C ₁	A ₁	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃	a ₁₄	a ₁₅	a ₁₆	a ₁₇	a ₁₈	b ₁	R ₁
C ₂	A ₂	a ₂₁	a ₂₂	a ₂₃	a ₂₄	a ₂₅	a ₂₆	a ₂₇	a ₂₈	b ₂	R ₁
0	S ₃	a ₃₁	a ₃₂	a ₃₃	a ₃₄	a ₃₅	a ₃₆	a ₃₇	a ₃₈	b ₃	R ₁
0	S ₄	a ₄₁	a ₄₂	a ₄₃	a ₄₄	a ₄₅	a ₄₆	a ₄₇	a ₄₈	b ₄	R ₁
	Z _j	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Z ₇	Z ₈	Z _r	
	Z _j -C _j	Z ₁ -C ₁	Z ₂ -C ₂	Z ₃ -C ₃	Z ₄ -C ₄	Z ₅ -C ₅	Z ₆ -C ₆	Z ₇ -C ₇	Z ₈ -C ₈		

- 3) Menentukan kolom kunci
Nilai koefisien pada baris fungsi tujuan dengan $Z_j - C_j$ memiliki nilai negatif terbesar, langkah tersebut dilakukan seperti perhitungan metode simplek biasa seperti pada tabel 1.
- 4) Menentukan baris kunci
Nilai positif terkecil dari nilai rasio. Nilai rasio diperoleh dari nilai b_i dibagi dengan nilai pada kolom kunci, langkah tersebut juga dilakukan seperti metode simplek biasa seperti pada tabel 1.
- 5) Menentukan angka kunci
Angka ini adalah perpotongan antara kolom kunci dan baris kunci yang nantinya akan menjadi pivot untuk setiap variabel dalam menentukan tabel selanjutnya.
- 6) Menghitung koefisien variabel baris baru
Dengan melakukan eliminasi *Gauss Jordan*. Dalam metode *Gauss-Jordan*, bilangan tak diketahui dieeliminasi dari semua persamaan, yang dalam metode *Gauss* bilangan tersebut dieliminasi dari persamaan berikutnya (Triatmodjo, 2002). Perhitungan tersebut digunakan dalam menentukan tabel baru yang dinyatakan dapat dihitung apabila fungsi tujuan pada akhir iterasi fase 1 menunjukkan $Z_j - C_j \geq 0$ pada kolom variabel buatan (A_1 dan A_2) dan diteruskan ke fase II dengan menghapus variabel buatan.

Tabel 2. Interpretasi Penyelesaian Tahap Akhir Metode Simplek Dua Fase pada Fase II

C_j	Basis	C_1	C_2	C_3	C_6	C_7	C_8		
	Variabel	X_1	X_2	X_3	S_2	S_3	S_4	b_i	R_i
FII									
C_6	S_2	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{16}	a_{17}	a_{18}	b_1	R_1
C_1	X_1	1	0	0	a_{26}	a_{27}	a_{28}	b_2	R_1
C_2	X_2	0	1	0	a_{36}	a_{37}	a_{38}	b_3	R_1
C_3	X_3	0	0	1	a_{46}	a_{47}	a_{48}	b_4	R_1
	Z_j	Z_1	Z_2	Z_3	Z_6	Z_7	Z_8	Z_r	
	$Z_j - C_j$	$Z_1 - C_1$	$Z_2 - C_2$	$Z_3 - C_3$	$Z_6 - C_6$	$Z_7 - C_7$	$Z_8 - C_8$		

c. Perhitungan kadar *blending* menggunakan metode pembobotan

Setelah didapatkan tonase bauksit yang akan di *blending* dari perhitungan yang telah dihasilkan dari metode simplek dengan *QM For Windows* dan secara manual, maka selanjutnya adalah menghitung kadar yang dihasilkan. *Blending* merupakan salah satu cara pengendalian mutu. Secara teoritis parameter kualitas campurannya dapat didekati dengan persamaan sebagai berikut (Muchjidin, 2006):

$$Kc = \frac{(K1 \times X1) + (K2 \times X2)}{Xt}$$

d. Analisis perbandingan presentase hasil *blending* bauksit perusahaan dan metode simplek

Analisis perbandingan presentase hasil *blending* bauksit antara perusahaan dan metode simplek dilakukan untuk mengetahui metode yang lebih efisien dalam melakukan kegiatan *blending*.

HASIL PENELITIAN

Dari penelitian yang dilakukan, didapatkan hasil kadar *blending* bauksit perusahaan, dan selanjutnya dilakukan perhitungan *blending* menggunakan metode simplek dengan software *QM For Windows*, dimana dari dua hasil perhitungan tersebut akan dibandingkan

dari segi kadar maupun kuantitas tonase. Selanjutnya tersebut akan disimpulkan terkait efektifitas penggunaan dari setiap metode yang telah dibandingkan untuk digunakan oleh perusahaan dalam kegiatan *blending* bauksit tersebut.

1. Hasil kadar *blending* bauksit perusahaan

Data kadar bauksit tersebut diambil dari *stockpile* PT. Bumi Khatulistiwa Bauksit, dimana kadar dari masing – masing ROM yang *diblending* sesuai dengan parameter ketetapan perusahaan dengan komposisi tonase yang dihasilkan oleh perhitungan perusahaan sebagai berikut:

Tabel 3. Tabel Rencana Muatan Hasil Perhitungan *Blending* Perusahaan

ROM	Komposisi Tonase	Parameter		
		%Al ₂ O ₃	%SiO ₂	% RSiO ₂
ROM 03	4.200	47,25	10,98	3,98
ROM 06	2.900	45,12	13,39	4,60
ROM 12	2.400	45,97	11,58	3,11
HASIL	9.500	46,27	11,86	3,94

Dari tabel diatas, didapatkan komposisi tonase bauksit dengan 3 ROM dimana ROM 03 = 4.200 ton atau 44,2 %, ROM 06 = 2.900 ton atau 30,5% dan ROM 12 = 2.400 ton atau 25,3 % dengan total 9.500 ton serta menghasilkan presentase kadar Al₂O₃ sebesar 46,27%, SiO₂ sebesar 11,86%, dan RSiO₂ sebesar 3,94%. Rencana muatan hasil perhitungan *blending* oleh perusahaan ini akan dikirim ke *smelter* PT. Bintang Alumina Indonesia, dengan kapal tongkang Polo.

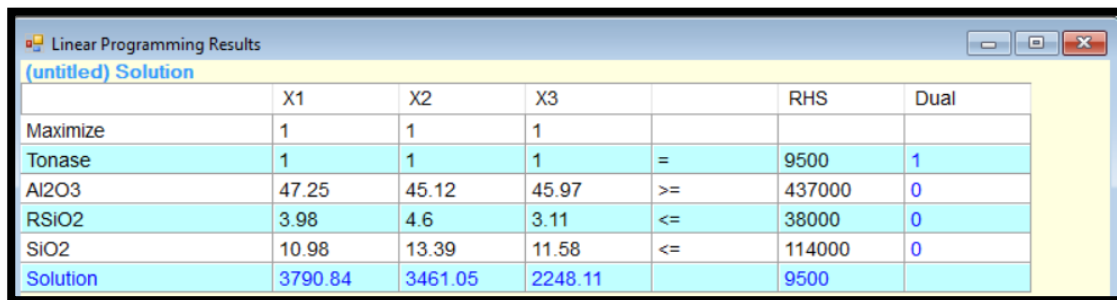
2. Perhitungan *Blending* Menggunakan Metode Simplek dengan *Software QM for Windows*

Memecahkan masalah metode program linier pertama kali dirumuskan masalah dengan model matematika yang menggunakan variabel yang berbeda. Jika tujuan pencampuran adalah untuk memaksimalkan penggunaan bauksit berkualitas rendah. Dari data yang diperoleh, fungsi tujuan untuk model matematika meliputi:

- a) Fungsi tujuan
Maksimumkan, $Z = X_1 + X_2 + X_3$
 - b) Fungsi kendala
Fungsi kendala berupa $(Al_2O_3) \geq 46\%$, $(RSiO_2) \leq 4\%$, dan $(SiO_2) \leq 12$ dengan penjabaran sebagai berikut:
 - (i) Tonase bauksit sebanyak 9.500 ton dengan fungsi batasan sebagai berikut:
 $X_1 + X_2 + X_3 = 9.500$
 - (ii) Standar kadar $Al_2O_3 \geq 46\%$. Berdasarkan data yang telah didapat fungsi batasannya sebagai berikut:
 $47,25 X_1 + 45,12 X_2 + 45,97 X_3 \geq 46 \times (9.500)$
 $(=) 47,25 X_1 + 45,12 X_2 + 45,97 X_3 \geq 437.000$
 - (iii) Kriteria kualitas untuk RSiO₂ dalam bauksit lebih kecil atau sama dengan 4%. Berdasarkan data yang telah didapat fungsi batasannya sebagai berikut:
 $3,98 X_1 + 4,6 X_2 + 3,11 X_3 \leq 4 \times (9.500)$
 $(=) 3,98 X_1 + 4,6 X_2 + 3,11 X_3 \leq 38.000$
 - (iv) Kriteria kualitas untuk SiO₂ dalam bauksit lebih kecil atau sama dengan 12%. Berdasarkan data yang telah didapat fungsi batasannya sebagai berikut:
 $10,98 X_1 + 13,39 X_2 + 11,58 X_3 \leq 12 \times (9.500)$
 $(=) 10,98 X_1 + 13,39 X_2 + 11,58 X_3 \leq 114.000$
- Keterangan
Z = Jumlah tonase bauksit untuk kapal tongkang Polo
X₁ = Tonase bauksit ROM 03

X_2 = Tonase bauksit ROM 06

X_3 = Tonase bauksit ROM 12



Linear Programming Results						
(untitled) Solution						
	X1	X2	X3		RHS	Dual
Maximize	1	1	1			
Tonase	1	1	1	=	9500	1
Al ₂ O ₃	47.25	45.12	45.97	>=	437000	0
RSiO ₂	3.98	4.6	3.11	<=	38000	0
SiO ₂	10.98	13.39	11.58	<=	114000	0
Solution	3790.84	3461.05	2248.11		9500	

Gambar 1. Hasil Perhitungan Komposisi Tonase *Blending* Menggunakan Metode Simplek dengan *QM For Windows*

Pada gambar diatas tonase bauksit yang digunakan sebanyak 3 ROM dengan 3 ROM dimana ROM 03 (X_1) = 3.790,84 ton atau 39,9 %, ROM 06 (X_2) = 3.461,05 ton atau 36,5 % dan ROM 12 (X_3) = 2.248,11 ton atau 23,6 %.

3. Perhitungan *blending* menggunakan metode simplek dengan cara manual

Setelah didapatkan model matematika dalam perhitungan sebelumnya, selanjutnya untuk perhitungan secara manual diubah menjadi dalam bentuk standar sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Maksimumkan} \quad & Z = X_1 + X_2 + X_3 \\
 \text{Fungsi Kendala} \quad & X_1 + X_2 + X_3 = 9.500 \\
 & 47,25 X_1 + 45,12 X_2 + 45,97 X_3 \geq 437.000 \\
 & 3,98 X_1 + 4,6 X_2 + 3,11 X_3 \leq 38.000 \\
 & 10,98 X_1 + 13,39 X_2 + 11,58 X_3 \leq 114.000 \\
 & X_1, X_2, X_3 \geq 0
 \end{aligned}$$

Selanjutnya metode simplek ini merupakan simplek dua fase maka perlu mengubah model kedalam bentuk standar pada fase 1 dengan menambahkan variabel *slack* yaitu S_3 dan S_4 untuk fungsi kendala bertanda " $\leq$ ", menambahkan variabel buatan (*artificial*) yaitu A_1 untuk fungsi kendala bertanda "=", dan menambahkan variabel buatan (*artificial*) A_2 dan variabel *slack* S_2 untuk fungsi kendala bertanda " $\geq$ " sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Maksimumkan} \quad & A = -A_1 - A_2 \\
 \text{Fungsi Kendala} \quad & X_1 + X_2 + X_3 + A_1 = 9.500 \\
 & 47,25 X_1 + 45,12 X_2 + 45,97 X_3 - S_2 + A_2 = 437.000 \\
 & 3,98 X_1 + 4,6 X_2 + 3,11 X_3 + S_3 = 38.000 \\
 & 10,98 X_1 + 13,39 X_2 + 11,58 X_3 + S_4 = 114.000 \\
 & X_1, X_2, X_3, S_2, S_3, S_4, A_1, A_2 \geq 0
 \end{aligned}$$

Setelah mengganti fungsi tujuan dengan variabel buatan selanjutnya memasukkan elemen persamaan kedalam tabel awal simplek iterasi ke-1 sebagai berikut:

Tabel 4. Tabel Awal Perhitungan Metode Simplek Fase-1 Iterasi-1

C _j	Basis	0	0	0	-1	-1	0	0	0	Kuantitas	Rasio
	Variabel	X ₁	X ₂	X ₃	A ₁	A ₂	S ₂	S ₃	S ₄		
F1-I1											
-1	A ₁	1	1	1	1	0	0	0	0	9.500	
-1	A ₂	47,25	45,12	45,97	0	1	-1	0	0	437.000	
0	S ₃	3,98	4,6	3,11	0	0	0	1	0	38.000	
0	S ₄	10,98	13,39	11,58	0	0	0	0	1	114.000	
	Z _j										
	Z _j -C _j										

Selanjutnya dilakukan perhitungan iterasi sebanyak 5 kali dimana, dalam tabel tersebut menunjukkan perhitungan sudah fisibel yang menunjukkan $Z_j - C_j \geq 0$ pada kolom variabel buatan (A_1 dan A_2) dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 5. Tabel Perhitungan Metode Simplek Fase-1 Iterasi-5

Cj	Basis	1	1	1	0	0	0		
	Variabel	X ₁	X ₂	X ₃	S ₂	S ₃	S ₄	Kuantitas	Rasio
F ₂ -I ₁									
0	S ₂	0	0	0	1	0,7318	-1,0721	1.625,38239	
1	X ₁	1	0	0	0	0,7331	-0,6035	3.790,84133	
1	X ₂	0	1	0	0	0,243	0,3524	3.461,05238	
1	X ₃	0	0	1	0	-0,9762	0,2511	2.248,10629	
	Z _j	1	1	1	0	0	0	9.500	
	Z _j -C _j	0	0	0	0	0	0		

Tahap terakhir pada fase II melakukan perhitungan metode simplek biasa dengan fungsi tujuan awal Z dikembalikan dalam bentuk semula. Dalam tabel tersebut menunjukkan perhitungan sudah optimal yang menunjukkan $Z_j - C_j \geq 0$ dimana pada fase II dihasilkan sebagai berikut:

- Variabel buatan telah dihilangkan dalam tabel simplek (A_1 dan A_2).
- Variabel basis dalam tabel telah diubah dari fungsi tujuan yang telah ditambahkan variabel $Z = -A_1 - A_2$ menjadi $Z = X_1 + X_2 + X_3$
- Dalam tabel menunjukkan perhitungan sudah optimal yang menunjukkan $Z_j - C_j \geq 0$.

Tabel 6. Tabel Hasil Perhitungan Metode Simplek Fase-2 Iterasi-1

Cj	Basis	0	0	0	-1	-1	0	0	0		
	Variabel	X ₁	X ₂	X ₃	A ₁	A ₂	S ₂	S ₃	S ₄	Kuantitas	Rasio
I ₅											
0	S ₂	0	0	0	56,1087	-1	1	0,7319	-1,0721	1.625,38	
0	X ₁	1	0	0	4,7089	0	0	0,7331	-0,6035	3.790,84	
0	X ₂	0	1	0	-4,8368	0	0	0,243	0,3524	3.461,05	
0	X ₃	0	0	1	1,1278	0	0	-0,9762	0,2511	2.248,1	
	Z _j	0	0	0	0	0	0	0	0	9.500	
	Z _j -C _j	0	0	0	1	1	0	0	0		

4. Perhitungan kadar *blending* menggunakan metode pembobotan

Penggunaan bauksit pada ROM yang telah dihasilkan dari perhitungan metode simplek dan selanjutnya akan menghitung kadar yang akan dicapai setelah bauksit tersebut tercampur dengan metode pembobotan untuk di*blending* sebagai berikut:

- Perhitungan Kadar dari Hasil Perhitungan Metode Simplek

- 1) Kadar Al_2O_3

$$\text{Kadar } Al_2O_3 = (47,25 \times 3.790,84 + 45,12 \times 3.451,05 + 45,97 \times 2.248,11) / 9.500 \\ = 46,171 \%$$

- 2) Kadar SiO_2

$$\text{Kadar } SiO_2 = (10,98 \times 3.790,84 + 13,39 \times 3.451,05 + 11,58 \times 2.248,11) / 9.500 \\ = 12 \%$$

- 3) Kadar $RSiO_2$

$$\text{Kadar } RSiO_2 = (3,98 \times 3.790,84 + 4,6 \times 3.451,05 + 3,11 \times 2.248,11) / 9.500 \\ = 4 \%$$

Komposisi tonase yang dihasilkan oleh perhitungan metode simplek dapat dilihat pada tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil Perhitungan *Blending* Menggunakan Metode Simplek

ROM	Komposisi Tonase	Parameter		
		%Al ₂ O ₃	%SiO ₂	% RSiO ₂
ROM 03	3.790,84133	47,25	10,98	3,98
ROM 06	3.451,05238	45,12	13,39	4,60
ROM 12	2.248,10629	45,97	11,58	3,11
HASIL	9.500	46,171	12	4

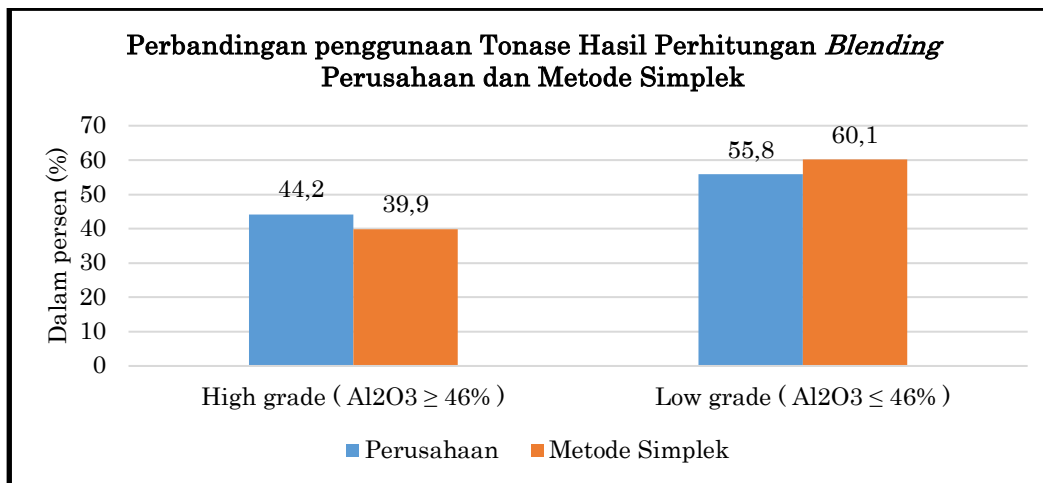
5. Analisis perbandingan presentase hasil *blending* bauksit perusahaan dan metode simplek

- a) Perbandingan presentase penggunaan tonase hasil *blending* bauksit perusahaan dan metode simplek

Tabel 8. Perbandingan Hasil Perhitungan *Blending* Komposisi Tonase dari Perusahaan dan Metode Simplek

ROM	Kadar Al ₂ O ₃ %	Perusahaan		Metode Simplek	
		Komposisi Tonase	Dalam Persen (%)	Komposisi Tonase	Dalam Persen (%)
ROM 03	47,25	4.200	44,2 %	3.790,84	39,9 %
ROM 06	45,12	2.900	30,5 %	3.461,05	36,5 %
ROM 12	45,97	2.400	25,3 %	2.248,11	23,6 %
Hasil		9.500	100 %	9.500	100 %

Pada tabel tersebut dapat dibandingkan penggunaan tonase pada perhitungan *blending* yang dilakukan oleh perusahaan dengan peneliti menggunakan metode simplek dalam penggunaan ROM *high grade* dan *low grade* yang dirincikan pada grafik perbandingan diagram batang sebagai berikut:



Gambar 2. Perbandingan Penggunaan Tonase Hasil Perhitungan *Blending* Perusahaan dan Metode Simplek

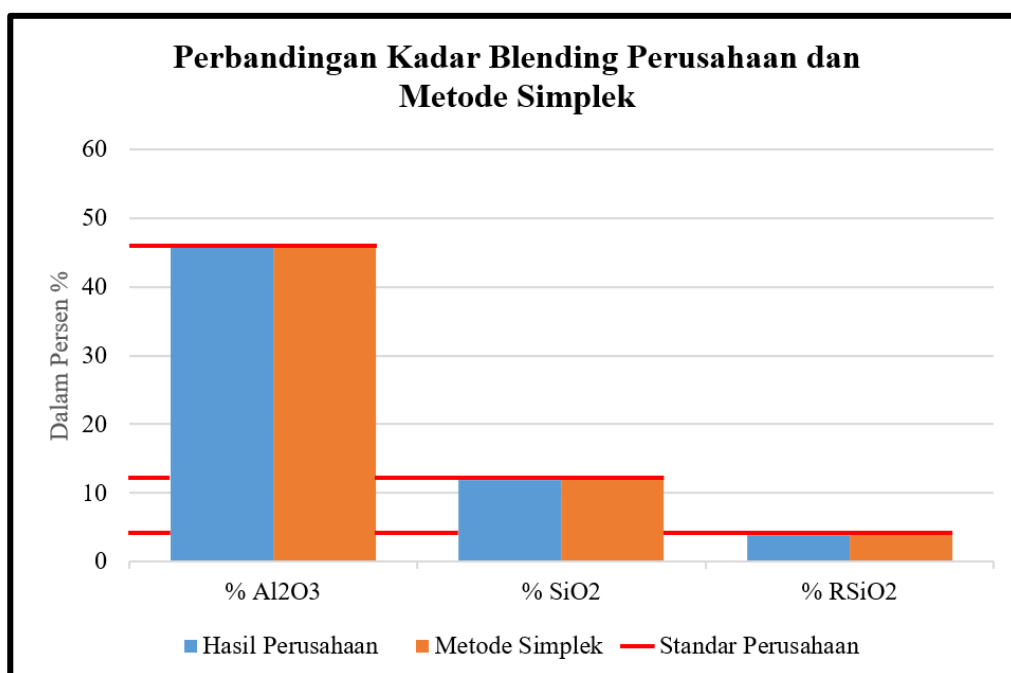
- Pada hasil perhitungan *blending* oleh perusahaan memiliki selisih nilai penggunaan tonase *high grade* (kadar Al₂O₃ ≥ 46%) lebih besar dibanding dengan hasil perhitungan *blending* menggunakan metode simplek dengan selisih 4,3 %.
- Pada hasil perhitungan *blending* oleh perusahaan memiliki selisih nilai penggunaan tonase *low grade* (kadar Al₂O₃ ≤ 46%) lebih kecil dibanding dengan hasil perhitungan *blending* menggunakan metode simplek dengan selisih 4,3 %.

b) Perbandingan presentase kadar hasil *blending* bauksit perusahaan dan metode simplek

Tabel 9. Perbandingan Hasil Perhitungan Kadar *Blending* Dari Perusahaan dan Metode Simplek

No	Hasil	Kadar		
		% Al ₂ O ₃	% SiO ₂	% RSiO ₂
1	Standar Perusahaan	46	12	4
2	Hasil Perusahaan	46,276	11,867	3,949
3	Peneliti (Metode Simplek)	46,171	12	4

Pada tabel tersebut dapat dibandingkan presentase kadar pada perhitungan *blending* yang dilakukan oleh perusahaan dan peneliti dengan standar perusahaan menggunakan metode simplek yang dirincikan pada grafik perbandingan diagram batang sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Perbandingan Nilai Kadar *Blending* Perusahaan dan Metode Simplek

- Pada kadar % Al₂O₃, hasil perhitungan kadar yang dapat dilihat pada tabel menunjukkan presentase perhitungan metode simplek sedikit lebih rendah dibandingkan milik perusahaan dengan perbedaan nilai sebesar 0,105 %.
- Pada kadar % SiO₂, hasil perhitungan kadar yang dapat dilihat pada tabel menunjukkan presentase perhitungan perusahaan sedikit lebih rendah dibandingkan milik peneliti dengan perbedaan nilai sebesar 0,133 %.
- Pada kadar % RSiO₂, hasil perhitungan kadar yang dapat dilihat pada tabel menunjukkan presentase perhitungan perusahaan sedikit lebih rendah dibandingkan milik peneliti dengan perbedaan nilai sebesar 0,051 %.

KESIMPULAN

1. Kegiatan *blending* berasal dari 3 ROM *stockpile*, yaitu ROM 03 dimana kadar Al₂O₃ sebesar 47,25 %, kadar SiO₂ sebesar 10,98 %, dan kadar RSiO₂ sebesar 3,98 %, ROM 06 kadar Al₂O₃ sebesar 45,15 %, kadar SiO₂ sebesar 13,39 %, dan kadar RSiO₂ sebesar 4,60 %, dan ROM 12 kadar Al₂O₃ sebesar 45,97 %, kadar SiO₂ sebesar 11,58 %, dan kadar RSiO₂ sebesar 3,11 %. Pencampuran bauksit dilakukan dengan 3 ROM tersebut untuk memenuhi permintaan konsumen dengan penetapan kadar yaitu Al₂O₃ ≥ 46%, SiO₂ ≤ 12%, dan RSiO₂ ≤ 4%.

2. Dalam kegiatan *blending* peneliti menggunakan metode simplek dengan aplikasi *QM For Windows* dengan total kuantitas bauksit sebesar 9.500 ton yang didapat dari pencampuran 3 ROM dengan masing masing kuantitas pada setiap ROM, yaitu ROM 03 sebanyak 3.790,84133 (44,2 %), ROM 06 sebanyak 3.451,05238 (30,5%), dan ROM 12 sebanyak 2.248,10629 (25,3 %), dengan kadar Al_2O_3 sebesar 46,171 %, kadar SiO_2 sebesar 12 %, dan kadar $RSiO_2$ sebesar 4 %. Hasil ini kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan perusahaan dimana:
 - Pada Kadar % Al_2O_3 , hasil perhitungan *blending* yang dapat dilihat pada tabel menunjukkan presentase perhitungan metode simplek sedikit lebih rendah dibandingkan milik perusahaan dengan perbedaan nilai sebesar 0,105 %.
 - Pada Kadar % SiO_2 , hasil perhitungan *blending* yang dapat dilihat pada tabel menunjukkan presentase perhitungan perusahaan sedikit lebih rendah dibandingkan milik peneliti dengan perbedaan nilai sebesar 0,133 %.
 - Pada Kadar % $RSiO_2$, hasil perhitungan *blending* yang dapat dilihat pada tabel menunjukkan presentase perhitungan perusahaan sedikit lebih rendah dibandingkan milik peneliti dengan perbedaan nilai sebesar 0,051%.

Hasil ini menunjukkan pada hasil perhitungan *blending* yang dilakukan oleh perusahaan dapat di maksimalkan dari segi kualitas *blending* pada kadar Al_2O_3 yang mana telah dilakukan perbandingan dengan hasil perhitungan oleh peneliti dapat mengoptimalkan penggunaan ROM dengan kualitas kadar Al_2O_3 yang rendah ($\leq 46\%$) dan mengurangi penggunaan ROM dengan kualitas kadar Al_2O_3 yang tinggi ($\geq 46\%$).

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti memberikan banyak terima kasih untuk Bapak Ir. M. Khalid Syafrianto, S.T., M.T., dan Ibu Ricka Aprilia, S.T., M.T., yang telah menjadi dosen pembimbing dengan sabar dan penuh pengorbanan untuk membimbing peneliti kearah yang lebih baik untuk menyelesaikan penelitian ini.

PUSTAKA

- Ali, M. M. 2022. *Metodologi Penelitian Kuantitatif Dan Penerapan Nya Dalam Penelitian*. JPIB: Jurnal Penelitian Ibnu Rusyd, 1(2), 1-5.
- Budianti, R. S., Nurrahman, A. A., Afriyadi, H., Ahmadi, D., & Harahap, E. 2020. *Penggunaan Metode Simpleks Untuk Memaksimalkan Target Sales Pada Penjualan Paket Internet*. J. Ris. & Ap. Mat. Vol. 04 No. 2 , pp. 108-114.
- Lestari, S., & Abdullah, R. 2018. *Optimalisasi Pencampuran Batubara Untuk Memenuhi Kriteria Permintaan Konsumen Dengan Menggunakan Metode Simplek dan Evaluasi Biaya Pada Proses Blending Batubara Di Lokasi CV. Tahiti Coal, Talawi, Sawahlunto, Sumatera Barat*, Bina Tambang, 3(3), 974-983.
- Muchjidin. 2006. *Pengendalian Mutu dalam Industri Batubara*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Ramadan, N. W., Syahrudin, S., & Syafrianto, M. K. 2022. *Analisis Blending Bauksit Menggunakan Metode Simplek di PT Jaga Usaha Sandai Kabupaten Ketapang Provinsi Kalimantan Barat*. JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang, 9(3).
- Solang, G. D., Rande, S. A., & Wardana, N. K. 2021. *Kajian Proses Blending Pengapalan Bijih Nikel di Site Moronopo PT Antam Tbk UBPB Provinsi Maluku Utara*. Mining Insight, 2(2), 79-90.
- Syahputra, Edi. 2015. *Program Linier*. Medan : UNIMED.
- Triatmodjo, Bambang. (2002) 'Metode Numerik: Dilengkapi Dengan Program Komputer', *Betta Offset*, 61-63.
- Weiss, H. J. 2005. *Quantitative Methods, production and operations Management (POM-QM)*. Software for decision sciences.

Wulandari, S. A., Defriyanto, & Suherman. 2019. *Optimalisasi Keuntungan Dalam Inovasi Bisnis Model Dengan Menggunakan Linear Programming Metode Simplek*. Jurnal Balitbangda Lampung.