

MODEL TRANSPORTASI PENGANGKUTAN BATUBARA KE LOKASI DUMPING DENGAN METODE SUDUT BARAT LAUT DAN METODE BIAYA TERENDAH PADA PT. BUKIT ASAM (PERSERO), Tbk

TRANSPORTATION MODEL OF COAL HAULING TO DUMPING LOCATION BY NORTH-WEST CORNER RULE AND LEAST-COST RULE AT PT. BUKIT ASAM (PERSERO),Tbk

Fredy William Jhon¹, Makmur Asyik², Bochori³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Palembang - Prabumulih Km.32 Inderalaya, 30662, Indonesia

E-mail: fredywilliamjhon@yahoo.com

ABSTRAK

Penambangan batubara pada lokasi tambang Pit 3 Banko Barat terdapat dua lokasi loading point yaitu Pit 3 Timur dan Pit 3 Barat serta dua lokasi dumping yang telah tersedia yaitu dump hopper dan temporary stockpile. Mengacu pada target produksi batubara yang tidak tercapai, maka perlu adanya evaluasi terhadap pengangkutan batubara tersebut dengan model transportasi sehingga nantinya dapat diketahui batubara tersebut akan diangkut ke lokasi dumping mana yang paling efektif dan efisien dalam mencapai target produksi batubara. Pengangkutan batubara dengan menggunakan metode sudut barat laut didapatkan nilai cycle time sebesar 25,73 menit dan tarif angkutan Rp 9.503,31/ton serta dengan rute angkut dari Pit 3 Timur ke dump hopper, dari Pit 3 Barat ke dump hopper, dan dari Pit 3 Barat ke temporary stockpile. Jumlah alat angkut yang dibutuhkan pada metode sudut barat laut adalah sebanyak 20 unit ke dump hopper dan 5 unit ke temporary stockpile. Pengangkutan batubara dengan menggunakan metode biaya terendah didapatkan nilai cycle time 22,54 menit dan tarif angkutan Rp 8.805,63/ton serta dengan rute angkut dari Pit 3 Timur ke temporary stockpile, dari Pit 3 Timur ke dump hopper dan dari Pit 3 Barat ke dump hopper. Jumlah alat angkut yang dibutuhkan pada metode biaya terendah adalah sebanyak 17 unit ke dump hopper dan 5 unit ke temporary stockpile.

Kata kunci: pengangkutan batubara, dump hopper, temporary stockpile, model transportasi

ABSTRACT

Coal mining at the mine site Banko Barat Pit 3, there are two location loading point are Pit 3 Timur and Pit 3 Barat, and two dumping locations that has been provided are dump hopper and temporary stockpile. Referring to the coal production target is not achieved, then need an evaluation of the coal hauling by transportation model so that later it can be seen that coal will be transported to the dumping location where the most effective and efficient in achieving the target of coal production. Coal hauling by using the North-West Corner Rule obtained cycle time 25.73 minutes and hauling fares Rp 9.503,31/ton and route of coal hauling is from Pit 3 Timur to dump hopper, from Pit 3 Barat to dump hopper, and from Pit 3 Barat to temporary stockpile. Total conveyance on North-West Corner Rule is as much as 20 units to dump hopper and 5 units to temporary stockpile. Coal hauling by using Least-Cost Rule obtained cycle time 22.54 minutes and hauling fares Rp 8.805,63/ton and route of coal hauling is from Pit 3 Timur to temporary stockpile, from Pit 3 Timur to dump hopper and from Pit 3 Barat to dump hopper. Total conveyance on Least-Cost Rule is 17 units to dump hopper and 5 units to temporary stockpile.

Keywords: coal hauling, dump hopper, temporary stockpile, transportation model

1. PENDAHULUAN

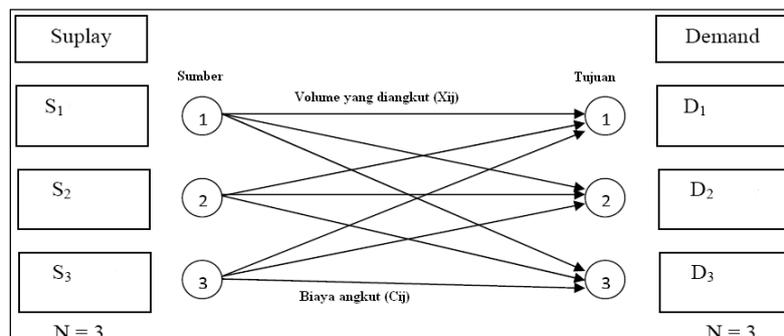
Penambangan batubara pada Pit 3 Banko Barat menggunakan metode tambang terbuka. Metode tambang terbuka umumnya memerlukan investasi kapital yang besar, namun memiliki produktivitas tinggi, biaya operasi rendah, dan kondisi yang aman [1]. Penggalian dan pemuatan batubara biasanya dilakukan dengan menggunakan *shovel*, baik *front-end loader*, *rope shovel*, atau *hydraulic backhoe*. Pemilihan alat dilakukan berdasarkan metode penambangan, kondisi *front* kerja, geologi endapan, dan penunjang produksi lainnya [2]. Kemampuan produktivitas alat mekanis dapat digunakan untuk menilai kinerja dari alat gali-muat dan alat angkut. Semakin baik tingkat penggunaan alat mekanis maka semakin besar produksi yang dihasilkan alat tersebut [3].

Penambangan batubara pada lokasi tambang Pit 3 Banko Barat terdapat dua lokasi *loading point* yaitu Pit 3 Timur dan Pit 3 Barat serta dua lokasi *dumping* yang telah tersedia yaitu *dump hopper* dan *temporary stockpile*. Penambangan batubara sangat erat kaitannya dengan pengangkutan batubara dan pemilihan lokasi *dumping* yang tersedia serta biaya transportasi yang efektif dan efisien. Masalah transportasi biasanya berhubungan dengan distribusi produk dari suatu sumber dengan penawaran terbatas menuju suatu tujuan dengan permintaan tertentu. Produk yang akan dipindahkan adalah batubara. Model transportasi solusi awal menggunakan tiga metode perhitungan yaitu Metode Sudut Barat Laut (*North-West Corner Rule*), Metode Biaya Terendah (*Least-Cost Rule*), dan Metode Aproksimasi Vogel (*VAM*) [4].

Salah satu faktor penyebab dari target produksi tidak tercapai adalah terjadinya penumpukan dan antrian alat angkut batubara pada lokasi *dumping* sehingga waktu edar menjadi tinggi [5]. Waktu edar dari *dump truck* memiliki empat komponen yaitu waktu muat, waktu angkut, waktu tumpah, dan waktu kembali [6]. Mengacu pada target produksi batubara yang tidak tercapai, maka perlu adanya evaluasi terhadap pengangkutan batubara tersebut dengan model transportasi, sehingga nantinya dapat diketahui batubara tersebut akan diangkut ke lokasi *dumping* yang paling efektif dan efisien dalam mencapai target produksi batubara dari segi teknis dan ekonomisnya.

Model transportasi berusaha menentukan sebuah rencana transportasi suatu barang dari sejumlah sumber ke sejumlah tujuan [7]. Data dalam model ini mencakup jumlah penawaran dari suatu sumber dan jumlah permintaan dari suatu tujuan, serta biaya transportasi per unit dari suatu sumber ke suatu tujuan. Metode transportasi adalah metode yang digunakan dalam mengatur distribusi produk dari sumber yang menyediakan produk yang sama, ke suatu tempat yang membutuhkan secara optimal. Alokasi produk ini diatur dengan sedemikian rupa, karena adanya perbedaan biaya dalam alokasi suatu produk dari satu sumber ke tempat tujuan yang berbeda-beda, dan juga dari beberapa sumber ke suatu tempat tujuan yang berbeda-beda juga [8]. Masalah transportasi biasanya berhubungan dengan distribusi suatu produk dari beberapa sumber dengan penawaran yang terbatas dan menuju ke beberapa tempat tujuan dengan permintaan tertentu serta dengan biaya transport yang minimum. Karena hanya ada satu macam produk, suatu tempat tujuan dapat dipenuhi permintaannya dari satu atau lebih sumber [9].

Permasalahan transportasi merupakan permasalahan yang berkaitan dengan perencanaan dalam pendistribusian barang atau jasa dari beberapa lokasi penawaran (*supply*) ke beberapa lokasi permintaan (*demand*). Masalah yang sering terjadi adalah barang yang tersedia disetiap lokasi penawaran (*asal/origin*) terbatas sedangkan barang tersebut dibutuhkan disetiap lokasi permintaan (*tujuan/destination*). Tujuan dari model transportasi ini adalah meminimalkan biaya transportasi barang dari suatu lokasi asal ke suatu lokasi tujuan [10]. Penelitian model transportasi oleh Nurjuliawati Putri menggunakan metode *stepping stone* untuk menentukan solusi yang terbaik, namun pada penelitian ini lebih memfokuskan model transportasi dengan metode *North-West Corner* dan metode *Least-Cost* dalam menentukan solusi yang terbaik. Model permasalahan transportasi dapat diilustrasikan sebagai suatu model jaringan (Gambar 1) [4].



Gambar 1. Model Permasalahan Transportasi

Ada tiga metode yang digunakan dalam mencari solusi dasar awal yaitu metode sudut barat laut (*North West Corner Rule*), metode biaya terendah (*Least Cost Rule*), dan *Aproksimasi Vogel Methode*. Metode sudut barat laut (*North-West Corner Rule*) adalah metode yang paling sederhana diantara tiga metode pada model transportasi untuk mencari solusi awal. Langkah-langkah pada metode sudut barat laut adalah dimulai pada pojok barat laut tabel. Kemudian alokasikan semaksimal mungkin ke kotak X_{11} dimana nilai yang diambil adalah nilai terkecil antara kotak permintaan 1 (D_1) dan penawaran 1 (S_1). Pengalokasian ini akan menghabiskan nilai pada permintaan 1 (D_1) atau penawaran 1 (S_1) sehingga tak ada lagi produk yang bisa dialokasikan ke dalam kolom atau baris yang telah habis dan kemudian baris atau kolom itu dihilangkan. Kemudian alokasikan sebanyak mungkin produk ke kotak di sekitarnya pada kolom atau baris yang tak dihilangkan. Jika kolom maupun baris telah dihilangkan, maka dapat pindah secara diagonal ke kotak berikutnya. Pengalokasian dilanjutkan dengan cara yang sama hingga semua penawaran telah dihabiskan dan keperluan permintaan telah terpenuhi [4].

Metode biaya terendah (*Least-Cost Rule*) bertujuan untuk meminimalisir biaya transportasi dengan alokasi sistematis pada kotak – kotak sesuai dengan biaya transportasi per unit. Langkah – langkah pada metode biaya terendah adalah dengan memilih variabel X_{ij} (kotak) dengan biaya transportasi (C_{ij}) terkecil lalu alokasikan sebanyak mungkin. Nilai yang diambil adalah nilai terkecil antara kotak permintaan dan penawaran. Kemudian dari kotak – kotak yang tersisa yaitu yang tidak terisi atau tidak dihilangkan, pilih nilai C_{ij} paling kecil dan alokasikan produk sebanyak mungkin nilai terkecil antara kolom permintaan dan penawaran. Proses selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama sampai semua penawaran dan permintaan terpenuhi [4].

Metode aproksimasi vogel (VAM) ini biasanya akan menghasilkan perhitungan solusi dasar awal yang paling baik jika dibandingkan dengan metode *North-West Corner* dan metode *Least-Cost*. Pada beberapa kasus, solusi awal yang diperoleh melalui VAM akan menjadi solusi optimum. VAM melakukan alokasi dengan mencari nilai *penalty* terbesar yang didapat dari pengurangan biaya transportasi (C_{ij}) dalam suatu kolom atau baris. Langkah – langkah metode aproksimasi vogel adalah dimulai dengan menghitung biaya *penalty* pada setiap baris dan kolom. Biaya *penalty* untuk setiap baris i dihitung dengan mengurangkan dua nilai C_{ij} terkecil pada baris itu dan biaya *penalty* untuk setiap kolom j diperoleh dengan cara yang sama. Kemudian pilih baris atau kolom dengan biaya *penalty* terbesar (jika terdapat nilai kembar, pilih secara sembarang). Lalu alokasikan sebanyak mungkin ke kotak dengan nilai C_{ij} terkecil pada baris atau kolom yang dipilih. Sesuaikan jumlah penawaran dan permintaan untuk menunjukkan alokasi produk yang sudah dilakukan. Lalu hilangkan baris dan kolom dimana jumlah penawaran dan permintaan telah dihabiskan. Apabila semua penawaran dan permintaan belum terpenuhi, maka kembali ke langkah 1 dan hitung lagi biaya *penalty* yang baru. Jika semua penawaran dan permintaan telah terpenuhi, maka solusi awal telah selesai dilakukan [4].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 2 September 2015 sampai 30 Oktober 2015 di Pit 3 Banko Barat PT. Bukit Asam (Persero). Penelitian ini dilakukan dengan cara menyelaraskan antara teori pada studi literatur dengan data-data pada pengamatan lapangan, sehingga didapatkan solusi dalam penyelesaian masalah. Beberapa studi literatur yang digunakan di dalam penelitian ini adalah buku dan jurnal ilmiah mengenai riset operasi dan arsip PT. Bukit Asam (Persero). Data yang diambil berupa data *cycle time* yang akan digunakan untuk menentukan produktivitas alat gali-muat sebagai kapasitas produksi dan produktivitas alat angkut untuk menentukan jumlah alat angkut yang dibutuhkan, data jarak angkut dan tarif angkutan batubara dari *loading point* ke lokasi *dumping*, serta data rencana produksi batubara. Hasil dari penelitian adalah model transportasi pengangkutan batubara berdasarkan *cycle time* (efektifitas kerja) dan berdasarkan tarif angkutan (efisiensi kerja) dengan menggunakan metode sudut barat laut dan metode biaya terendah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan perhitungan dengan model transportasi, maka dibuat terlebih dahulu tabel pemecahan model transportasi. Kapasitas produksi alat gali-muat Pit 3 Timur sebesar 81.653 ton dan Pit 3 Barat sebesar 301.325 ton. Kebutuhan *dumping* batubara pada *dump hopper* sebesar 300.000 ton dan kebutuhan pada *temporary stockpile* sebesar 80.000 ton. Pemecahan model transportasi berdasarkan efektifitas kerja diperlukan data *cycle time* alat angkut. *Cycle time* alat angkut Pit 3 Timur ke *dump hopper* sebesar 34,20 menit dan ke *temporary stockpile* sebesar 17,29 menit, sedangkan *cycle time* alat angkut Pit 3 Barat ke *dump hopper* sebesar 23,89 menit dan ke *temporary stockpile* sebesar 22,13 menit (Tabel 1). Pemecahan model transportasi berdasarkan efisiensi kerja diperlukan data tarif angkutan alat angkut. Tarif angkutan alat angkut dari Pit 3 Timur ke *dump hopper* sebesar Rp 11.009/ton dan ke *temporary stockpile* sebesar Rp 8.796/ton, sedangkan tarif angkutan alat angkut dari Pit 3 Barat ke *dump hopper* sebesar Rp 8.796/ton dan ke *temporary stockpile* sebesar Rp 9.897/ton (Tabel 2).

Tabel 1. Model Transportasi Pengangkutan Batubara Berdasarkan Efektifitas Kerja

Dari \ Ke		Dumping Point				Kapasitas (Penawaran)
		Dump Hopper		Temporary Stockpile		
Loading Point	Pit 3 Timur		34,20 X ₁₁		17,29 X ₁₂	81.653
	Pit 3 Barat		23,89 X ₂₁		22,13 X ₂₂	301.325
Kebutuhan (Permintaan)		300.000		80.000		382.978 380.000

Tabel 2. Model Transportasi Pengangkutan Batubara Berdasarkan Efisiensi Kerja

Dari \ Ke		Dumping Point				Kapasitas (Penawaran)
		Dump Hopper		Temporary Stockpile		
Loading Point	Pit 3 Timur		11.009 X ₁₁		8.796 X ₁₂	81.653
	Pit 3 Barat		8.796 X ₂₁		9.897 X ₂₂	301.325
Kebutuhan (Permintaan)		300.000		80.000		382.978 380.000

3.1. Metode Sudut Barat Laut (*North-West Corner Rule*)

Penjabaran dari pemecahan model transportasi dengan menggunakan metode sudut barat laut berdasarkan efektifitas kerja (Tabel 3) dan efisiensi kerja (Tabel 4) adalah pada sel $X_{11} = 81.653$ ton, jadi tidak ada lagi alokasi dalam baris Pit 3 Timur. Jumlah yang tersisa dalam kolom *dump hopper* adalah 218.347 ton. Sel $X_{21} = 218.347$ ton, untuk menyilang kolom *dump hopper* sehingga tersisa 80.000 ton dalam baris Pit 3 Barat. Sel $X_{22} = 80.000$ ton.

Tabel 3. Pemecahan dengan Metode Sudut Barat Laut Berdasarkan Efektifitas Kerja

Dari \ Ke		Dumping Point				Kapasitas (Penawaran)
		Dump Hopper		Temporary Stockpile		
Loading Point	Pit 3 Timur	81.653	34,20 X ₁₁	-	17,29 X ₁₂	81.653
	Pit 3 Barat	218.347	23,89 X ₂₁	80.000	22,13 X ₂₂	301.325
Kebutuhan (Permintaan)		300.000		80.000		380.000

Tabel 4. Pemecahan dengan Metode Sudut Barat Laut Berdasarkan Efisiensi Kerja

Dari \ Ke		Dumping Point				Kapasitas (Penawaran)
		Dump Hopper		Temporary Stockpile		
Loading Point	Pit 3 Timur	81.653	11.009 X ₁₁	-	8.796 X ₁₂	81.653
	Pit 3 Barat	218.347	8.796 X ₂₁	80.000	9.897 X ₂₂	301.325
Kebutuhan (Permintaan)		300.000		80.000		380.000

Nilai *cycle time* alat angkut minimum yaitu:

$$Z = C_{11} \cdot X_{11} + C_{21} \cdot X_{21} + C_{22} \cdot X_{22} \quad (1)$$

$$Z = 34,20 (81.653) + 23,89 (218.347) + 22,13 (80.000)$$

$$Z = 9.779.242,43 / 380.000$$

$$Z = 25,73 \text{ menit}$$

Nilai tarif angkutan minimum yaitu:

$$Z = C_{11} \cdot X_{11} + C_{21} \cdot X_{21} + C_{22} \cdot X_{22} \quad (2)$$

$$Z = 11.009 (81.653) + 8.796 (218.347) + 9.897 (80.000)$$

$$Z = 3.611.258.089 / 380.000$$

$$Z = \text{Rp } 9.503,31/\text{ton}$$

Lokasi *dumping* yang dapat dipilih untuk mengoptimalkan *cycle time* dan tarif alat angkut adalah dari Pit 3 Timur ke *dump hopper* dengan produksi batubara yang diangkut sebesar 81.653 ton. Dari Pit 3 Barat ke *dump hopper* dengan produksi batubara yang diangkut sebesar 218.347 ton. Dari Pit 3 Barat ke *temporary stockpile* dengan produksi batubara yang diangkut sebesar 80.000 ton.

Produksi batubara dalam model transportasi metode sudut barat laut dikorelasi dengan persentase ketercapaian produksi agar kebutuhan alat angkut disiapkan lebih banyak sehingga produksi dapat tercapai. Alat angkut yang dibutuhkan untuk memenuhi produksi batubara dari Pit 3 Timur ke *dump hopper* sebesar 85.055 ton adalah sebanyak 8 unit Alat angkut yang dibutuhkan untuk memenuhi produksi batubara dari Pit 3 Barat ke *dump hopper* sebesar 227.444 ton adalah sebanyak 12 unit. Alat angkut yang dibutuhkan untuk memenuhi produksi batubara dari Pit 3 Barat ke *temporary stockpile* sebesar 102.564 ton adalah sebanyak 5 unit. Total alat angkut yang dibutuhkan untuk mengangkut batubara ke *dump hopper* sebanyak 20 unit dan ke *temporary stockpile* sebanyak 5 unit (Tabel 5).

3.2. Metode Biaya Terendah (*Least-Cost Rule*)

Penjabaran dari pemecahan model transportasi dengan menggunakan metode biaya terendah berdasarkan efektifitas kerja (Tabel 6) dan efisiensi kerja (Tabel 7) adalah sebagai berikut pada X_{12} adalah variabel *cycle time* terkecil, penawaran dan permintaan yang bersangkutan memberikan $X_{22} = 80.000$ ton sehingga pada sel $X_{11} = 1.653$ ton. X_{21} adalah *cycle time* terkecil berikutnya, penawaran dan permintaan yang bersangkutan memberikan $X_{12} = 298.347$ ton. Karena semua penawaran sudah dipenuhi maka proses selesai.

Nilai *cycle time* alat angkut minimum yaitu:

$$Z = C_{11} \cdot X_{11} + C_{12} \cdot X_{12} + C_{21} \cdot X_{21} \quad (3)$$

$$Z = 34,20 (1.653) + 17,29 (80.000) + 23,89 (298.347)$$

$$Z = 8.567.242,43 / 380.000$$

$$Z = 22,54 \text{ menit}$$

Tabel 5. Kebutuhan Alat Angkut Dengan Metode Sudut Barat Laut

Rute Angkut	Rencana Produksi (ton)	Persentase Ketercapaian Produksi	Rencana Terkorelasi (ton)	Produktivitas Alat Angkut (ton)	Kebutuhan Alat Angkut
Pit 3 Timur – <i>Dump Hopper</i>	81.653	96	85.055	10.527	8
Pit 3 Barat – <i>Dump Hopper</i>	218.347	96	227.444	19.302	12
Pit 3 Barat – <i>Temporary Stockpile</i>	80.000	78	102.564	20.841	5

Tabel 6. Pemecahan dengan Metode Biaya Terendah Berdasarkan Efektifitas Kerja

		Ke		Dumping Point		Kapasitas (Penawaran)
		Dari		Dump Hopper	Temporary Stockpile	
Loading Point	Pit 3 Timur	1.653	34,20 X ₁₁	80.000	17,29 X ₁₂	81.653
	Pit 3 Barat		298.347		23,89 X ₂₁	
Kebutuhan (Permintaan)		300.000		80.000		380.000

Tabel 7. Pemecahan dengan Metode Biaya Terendah Berdasarkan Efisiensi Kerja

		Ke		Dumping Point		Kapasitas (Penawaran)
		Dari		Dump Hopper	Temporary Stockpile	
Loading Point	Pit 3 Timur	1.653	11.009 X ₁₁	80.000	8.796 X ₁₂	81.653
	Pit 3 Barat		298.347		8.796 X ₂₁	
Kebutuhan (Permintaan)		300.000		80.000		380.000

Nilai tarif angkutan minimum yaitu :

$$Z = C_{11} \cdot X_{11} + C_{12} \cdot X_{12} + C_{21} \cdot X_{21} \tag{4}$$

$$Z = 11.009 (1.653) + 8.796 (80.000) + 8.796 (298.347)$$

$$Z = 3.346.138.089 / 380.000$$

$$Z = \text{Rp } 8.805,63/\text{ton}$$

Lokasi *dumping* yang dapat dipilih untuk mengoptimalkan *cycle time* dan tarif alat angkut adalah dari Pit 3 Timur ke *dump hopper* dengan produksi batubara yang diangkut sebesar 1.653 ton. Dari Pit 3 Timur ke *temporary stockpile* dengan produksi batubara yang diangkut sebesar 80.000 ton. Dari Pit 3 Barat ke *dump hopper* dengan produksi batubara yang diangkut sebesar 298.347 ton.

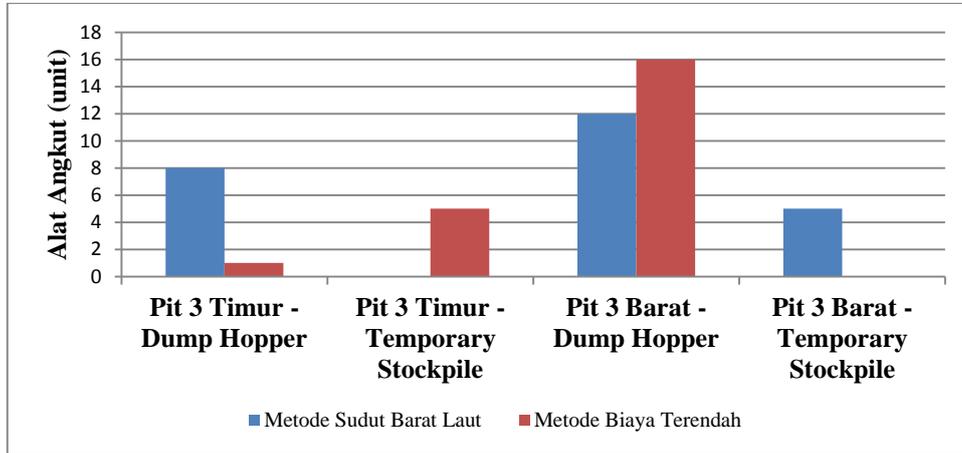
Produksi batubara dalam model transportasi metode biaya terendah dikorelasi dengan persentase produksi realisasi dan teoritis agar kebutuhan alat angkut disiapkan lebih banyak sehingga produksi dapat tercapai. Alat angkut yang dibutuhkan untuk memenuhi produksi batubara dari Pit 3 Timur ke *dump hopper* sebesar 1.721 ton adalah sebanyak 1 unit. Alat angkut yang dibutuhkan untuk memenuhi produksi batubara dari Pit 3 Barat ke *dump hopper* sebesar 310.778 ton adalah sebanyak 16 unit. Alat angkut yang dibutuhkan untuk memenuhi produksi batubara dari Pit 3 Timur ke *temporary stockpile* sebesar 102.564 ton adalah sebanyak 5 unit. Total alat angkut yang dibutuhkan untuk mengangkut batubara ke *dump hopper* sebanyak 17 unit dan ke *temporary stockpile* sebanyak 5 unit (Tabel 8).

Tabel 8. Kebutuhan Alat Angkut Dengan Metode Biaya Terendah

Rute Angkut	Rencana Produksi (ton)	Persentase Ketercapaian Produksi	Rencana Terkorelasi (ton)	Produktivitas Alat Angkut (ton)	Kebutuhan Alat Angkut
Pit 3 Timur – <i>Dump Hopper</i>	1.653	96	1.721	10.527	1
Pit 3 Barat – <i>Dump Hopper</i>	298.347	96	310.778	19.302	16
Pit 3 Timur – <i>Temporary Stockpile</i>	80.000	78	102.564	20.830	5

Tabel 9. Perbandingan Cycle Time dan Tarif Angkutan

Metode	Cycle Time (Menit)	Tarif Angkutan (Rp/ton)
Sudut Barat Laut	25,73	9.503,31
Biaya Terendah	22,54	8.805,63



Gambar 2. Alat Angkut Batubara Antara Metode Sudut Barat Laut dan Metode Biaya Terendah

3.3. Perbandingan Metode Sudut Barat Laut dan Metode Biaya Terendah

Metode sudut barat laut didapatkan nilai *cycle time* 25,73 menit dan tarif angkutan Rp 9.503,31/ton sedangkan dengan metode biaya terendah didapatkan nilai *cycle time* 22,54 menit dan tarif angkutan Rp 8.805,63/ton (Tabel 9). Model transportasi yang lebih efektif dan efisien adalah metode biaya terendah karena nilai *cycle time* dan tarifnya lebih kecil.

Jumlah alat angkut yang digunakan antara metode sudut barat laut dan metode biaya terendah didapatkan hasil yang berbeda. Jumlah alat angkut yang digunakan berdasarkan dengan metode sudut barat laut adalah sebanyak 25 unit dengan rincian 8 unit alat angkut dari Pit 3 Timur ke *dump hopper*, 12 unit alat angkut dari Pit 3 Barat ke *dump hopper*, dan 5 unit alat angkut dari Pit 3 Barat ke *temporary stockpile*. Metode biaya terendah menggunakan alat angkut sebanyak 22 unit dengan rincian 1 unit alat angkut dari Pit 3 Timur ke *dump hopper*, 5 unit alat angkut dari Pit 3 Timur ke *temporary stockpile*, dan 16 unit alat angkut dari Pit 3 Barat ke *dump hopper* (Gambar 2). Kebutuhan alat angkut batubara dengan metode biaya terendah adalah sebanyak 22 unit. Kebutuhan alat angkut batubara dengan metode sudut barat laut adalah sebanyak 25 unit. Kebutuhan alat angkut batubara dengan metode biaya terendah lebih kecil dibandingkan dengan kebutuhan alat angkut batubara dengan metode sudut barat laut, sehingga metode yang dapat dipilih adalah dengan menggunakan metode biaya terendah.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode sudut barat laut (*North-West Corner Rule*) didapatkan nilai *cycle time* 25,73 menit dan tarif angkutan Rp 9.503,31/ton serta dengan rute angkut dari Pit 3 Timur ke *dump hopper*, dari Pit 3 Barat ke *dump hopper*, dan dari Pit 3 Barat ke *temporary stockpile*. Alat angkut yang dibutuhkan untuk mengangkut batubara ke *dump hopper* sebanyak 20 unit dan ke *temporary stockpile* sebanyak 5 unit.
2. Metode biaya terendah (*Least-Cost Rule*) didapatkan nilai *cycle time* 22,54 menit dan tarif angkutan Rp 8.805,63/ton serta dengan rute angkut dari Pit 3 Timur ke *temporary stockpile*, dari Pit 3 Timur ke *dump hopper*, dan dari Pit 3 Barat ke *dump hopper*. Jumlah alat angkut yang dibutuhkan untuk mengangkut batubara ke *dump hopper* sebanyak 17 unit dan ke *temporary stockpile* sebanyak 5 unit.
3. Model transportasi yang lebih efektif dan efisien adalah model transportasi dengan menggunakan metode biaya terendah (*Least-Cost Rule*).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hartman, Howard L & Mutmansky, Jan M. (2002). *Introductory Mining Engineering second edition*. New York: A Willey Interscience Publication, John Willey & Sons, Inc.
- [2] Thompson, R.J. (2005). *Surface Strip Coal Mining Handbook*. Johannesburg: South African Colliery Manager Association.
- [3] Tenriajeng, Andi Tenrisukki. (2003). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Jakarta: Gunadarma.
- [4] Aminudin. (2005). *Prinsip-Prinsip Riset Operasi*. Jakarta: Erlangga.
- [5] Indonesianto, Y. (2005). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Yogyakarta: Seri Tambang Umum UPN Veteran.
- [6] Peurifoy, R.L.Schexnayder, Clifford J. Shapira, Aviad. (2006). *Construction, Planning, Equipment, and Method*, Seventh Edition. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- [7] Taha, H. (1997). *Riset Operasi*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- [8] Subagyo, P. (2000). *Dasar-Dasar Operation Research Edisi 2*. Yogyakarta.
- [9] Mulyono, Sri. (2007). *Riset Operasi Edisi Revisi 2007*. Jakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- [10] Putri, Nurjuliawati. (2013). Aplikasi Metode Stepping Stone Untuk Optimasi Perencanaan Biaya Pada Suatu Proyek Konstruksi. *Jurnal Sipil Statik*, 1(8), 571-578.