

Penjadwalan Produksi Perancangan Tambang dan Perencanaan *Fleet* pada Penambangan Batubara di PT XYZ Desa Lempesu Kecamatan Paser Belengkong Kabupaten Paser Provinsi Kalimantan Timur

Alfi Kusnandar Rukmana*, Zaenal, Yuliadi

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*alfikrs97@gmail.com

Abstract. PT XYZ is a private coal mining company located in Lempesu Village, Paser Belengkong Sub-District, Paser District, East Kalimantan Province. To meet market needs, PT XYZ plans to open a new mining pit located in block 800. Exploration activities have been carried out in the block to determine the quality and quantity of coal to be mined. The results of the exploration activities have been processed into a mine design using the Strip Mining type Open Mine method. The results of the design are divided into three pit limits, namely pit S02, U1, and S0. Since mining activities will be carried out on Block 800 Pit S02, it is necessary to make production scheduling, mine design and fleet planning. This study aims to determine the monthly production scheduling on the Block 800 Pit S02, determine the types and needs of loading and hauling equipment that will be used on the Block 800 Pit S02, and determine the design of mine progress on the 800 Pit S02 Block. The data used in this study are pit situation topography, geological modeling data, pit limit data on the Block 800 Pit S02, geotechnical recommendation data, mechanical device specification data, production target data, and Stripping Ratio. The data analysis technique used is a comparative analysis of production targets and Stripping Ratio values on production scheduling. Next, a comparative analysis is made between scheduling production and theoretical tool production. After that the mining design is made according to the production scheduling, slope geometry, road geometry, and the mining deadline. Production scheduling on the Block 800 Pit S02 in January - December obtained an average coal production of 41.698,890 tons/month and an average overburden of 334.856,187 BCM/month with an average Stripping Ratio of 8,030. The type and number of loading and hauling equipment needed on the Block 800 Pit S02 in January - December are 1 unit of PC300LC-8 excavator and 3 units of HM300-2R dump truck. Whereas for overburden PC1250-8R excavator needs 3 units and HD465-7E0 dump trucks for 11 units. The mining plan on the Block 800 Pit S02 produced a map of the mining progress plan in January - December with a total tonnage of coal mined at 500.386,685 tons and overburden at 4.018.274,246 BCM.

Keywords: Production Scheduling, Fleet Planning, Mine design.

Abstrak. PT XYZ merupakan perusahaan penambangan batubara swasta yang berlokasi di Desa Lempesu, Kecamatan Paser Belengkong, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. Untuk memenuhi kebutuhan pasar PT XYZ

berencana membuka *pit* penambangan baru yang berlokasi di Blok 800. Pada blok tersebut telah dilakukan kegiatan eksplorasi untuk mengetahui kualitas dan kuantitas dari batubara yang akan ditambang. Hasil dari kegiatan eksplorasi tersebut telah diolah menjadi rancangan penambangan dengan metode Tambang Terbuka tipe *Strip Mining*. Hasil dari perancangan tersebut terbagi kedalam tiga *pit limit*, yaitu *Pit S02*, *Pit U1* dan *Pit S0*. Berhubung akan dilaksanakan kegiatan penambangan pada Blok 800 *Pit S02*, maka perlu dibuat penjadwalan produksi, perancangan tambang dan perencanaan *fleet*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penjadwalan produksi bulanan pada Blok 800 *Pit S02*, mengetahui tipe dan kebutuhan dari alat muat dan alat angkut yang akan digunakan pada Blok 800 *Pit S02* dan mengetahui desain kemajuan tambang pada Blok 800 *Pit S02*. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah topografi situasi *pit*, data pemodelan geologi, data *pit limit* Blok 800 *Pit S02*, data rekomendasi geoteknik, data spesifikasi alat mekanis, data target produksi dan *Stripping Ratio*. Teknik analisis data yang dilakukan adalah analisis secara komparatif antara target produksi dan nilai *Stripping Ratio* terhadap penjadwalan produksi. Selanjutnya dilakukan analisis secara komparatif antara penjadwalan produksi terhadap produksi alat teoritis. Setelah itu dilakukan pembuatan desain penambangan sesuai dengan penjadwalan produksi, geometri lereng, geometri jalan dan batas akhir penambangan. Penjadwalan produksi di Blok 800 *Pit S02* pada bulan Januari - Desember diperoleh produksi rata-rata batubara sebesar 41.698,890 ton/bulan dan rata-rata *overburden* sebesar 334.856,187 BCM/bulan dengan *Stripping Ratio* rata-rata sebesar 8,030. Tipe dan jumlah alat muat dan alat angkut yang dibutuhkan di Blok 800 *Pit S02* pada bulan Januari - Desember yaitu Excavator PC300LC-8 sebanyak 1 unit dan Dump Truck HM300-2R sebanyak 3 unit. Sedangkan untuk *overburden* dibutuhkan *excavator* PC1250-8R sebanyak 3 unit dan *dump truck* HD465-7E0 sebanyak 11 unit. Rancangan penambangan di Blok 800 *Pit S02* menghasilkan peta rancangan kemajuan penambangan bulan Januari – Desember dengan total tonase batubara yang ditambang sebesar 500.386,685 ton dan *overburden* sebesar 4.018.274,246 BCM.

Kata Kunci: Penjadwalan Produksi, Perencanaan *Fleet*, Perancangan Tambang.

1. Pendahuluan

PT XYZ merupakan perusahaan penambangan batubara swasta yang berlokasi di Desa Lempesu, Kecamatan Paser Belengkong, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. Untuk memenuhi kebutuhan pasar PT XYZ berencana membuka *pit* penambangan baru yang berlokasi di Blok 800. Pada blok tersebut telah dilakukan kegiatan pemboran eksplorasi yang menghasilkan data berupa kualitas dan kuantitas dari batubara yang akan ditambang, data tersebut telah diolah menjadi pemodelan geologi dan rancangan penambangan dengan metode Tambang Terbuka tipe *Strip Mining*. Hasil dari rancangan tersebut terbagi ke dalam tiga *pit limit* yaitu *pit S02*, *U1*, dan *S0*.

Berhubung akan dilaksanakan kegiatan penambangan pada Blok 800 *Pit S02* dengan target produksi sebesar 500.000 ton/tahun, maka dibutuhkan studi lebih lanjut mengenai penjadwalan produksi per bulan agar target produksi setiap tahunnya dapat terpenuhi. Untuk memenuhi penjadwalan tersebut maka diperlukan juga perencanaan terhadap penggunaan peralatan dengan menganalisis kesesuaian antara kapasitas alat dengan penjadwalan produksi agar kegiatan penambangan dapat berjalan dengan optimal. Selain itu diperlukan juga perancangan kemajuan tambang bulanan agar batasan penambangan pada setiap bulannya dapat

ditentukan. Sehingga pada penelitian ini penyusun mengajukan judul Penjadwalan Produksi, Perancangan Tambang dan Perencanaan *Fleet* pada Penambangan Batubara di PT XYZ Desa Lempesu, Kecamatan Paser Belengkong, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut: “Bagaimana penjadwalan produksi dan perancangan tambang pada Blok 800 *Pit* S02 serta apa tipe dan berapa jumlah kebutuhan alat muat dan alat angkut pada Blok 800 *Pit* S02?”. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sebagai berikut.

1. Mengetahui penjadwalan produksi bulanan pada Blok 800 *Pit* S02.
2. Mengetahui tipe dan kebutuhan dari alat muat dan alat angkut yang akan digunakan pada Blok 800 *Pit* S02.
3. Mengetahui desain kemajuan tambang pada Blok 800 *Pit* S02.

2. Landasan Teori

Perencanaan tambang adalah penentuan persyaratan teknis pelaksanaan kegiatan pertambangan dan penentuan urutan teknis pelaksanaannya untuk mencapai sasaran dan kegiatan. Sedangkan perancangan adalah bagian dari perencanaan tambang yang berkaitan langsung dengan aspek geometri, termasuk diantaranya batas akhir penambangan, tahapan penambangan, dan penjadwalan produksi (Arif dan Adisoma, 2002).

Dari definisi perancangan tambang diatas maka terdapat beberapa pengertian yaitu seperti:

1. Batas akhir penambangan adalah batas akhir penambangan yang masih diperbolehkan secara geoteknik dan tidak melebihi batas IUP dengan kemiringan dan sudut lereng tertentu (Sulistianto, 2008).
2. Tahapan kemajuan tambang adalah bentuk-bentuk penambangan dalam satuan waktu tertentu yang menunjukkan bagaimana suatu *pit* akan ditambang dari titik awal penambangan hingga batas akhir penambangan. Arah kemajuan tambang pada lapisan batubara dimulai dari daerah singkapan ke arah tegak lurus jurus lapisan sampai lereng akhir tambang.
3. Penjadwalan produksi dibuat dengan tujuan untuk menentukan keuntungan yang paling optimal dengan menentukan pengaturan produksi per periode waktu tertentu. Pembuatan penjadwalan produksi dilakukan secara konvensional dengan coba-coba yaitu dengan membuat berbagai skenario penjadwalan produksi kemudian memilih skenario yang paling menguntungkan berdasarkan nilai uang sekarang (Arif dan Adisoma, 2002).

Perencanaan *fleet* dilakukan untuk menentukan tipe dan kebutuhan dari alat muat dan alat angkut yang akan dipergunakan pada aktivitas penambangan. Penentuan tipe dan kebutuhan alat tersebut dihitung berdasarkan produktivitas alat. Untuk memperhitungkan produktivitas alat digunakan persamaan sebagai berikut (Partanto, 1993):

$$Pm_1 = \frac{(Hm \times FFm) \times SF \times (Em \times 60) \times \rho_i}{Cm}$$

Keterangan:

- Pm_1 = Produktivitas alat muat (ton/jam/alat)
 Hm = Kapasitas bucket (LCM)
 SF = *Swell Factor* (%)
 FFm = *Fill Factor* alat muat (%)
 Em = Efisiensi kerja alat muat (%)
 ρ_i = *Density insitu* (ton/BCM)
 Cm = Waktu edar alat muat (menit)

$$Pa_1 = \frac{(Ea \times 60) \times (np \times Hm \times FFm) \times SF \times \rho_i}{Ca}$$

Keterangan:

- Pa_1 = Produktivitas alat angkut (ton/jam/alat)
 np = Banyaknya pengisian
 Hm = Kapasitas alat muat teoritis (LCM)

- FFm = *Fill Factor* alat muat (%)
- Ea = Efisiensi Kerja (%)
- SF = *Swell Factor*
- ρi = *Density Insitu* (ton/BCM)
- Ca = *Cycle Time* (menit)

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Penjadwalan Produksi

Penjadwalan produksi yang dimaksud pada penelitian ini adalah penjadwalan produksi bulanan selama satu tahun pertama yang dilakukan pada blok 800 *pit* S02. Penjadwalan produksi ini dibuat untuk menentukan tonase batubara dan volume overburden yang harus dicapai pada setiap bulannya agar dapat memenuhi target produksi PT XYZ yaitu sebesar 500.000 ton/tahun dengan mempertimbangkan nilai *Stripping Ratio* 8,187. Hasil dari penjadwalan produksi bulanan yang telah dibuat dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut.

Tabel 1. Penjadwalan Produksi

Bulan	Front Barat		Front Timur		Produksi Batubara	Produksi Overburden	Stripping Ratio
	Level	Arah Kemajuan	Level	Arah Kemajuan			
Januari	Top - RL+20	-	Top - RL+20	-	42.449,623	346.538,576	8,164
Februari	Top - RL+20	Utara	-	-	41.453,352	322.824,219	7,788
	RL+20 - RL+15	Selatan	-	-			
Maret	RL+20 - RL+15	Utara	Top - RL+25	Utara	41.032,500	327.852,499	7,990
	-	-	Top - RL+15	Selatan			
April	Top - RL+05	Selatan	-	-	39.557,814	323.312,660	8,173
Mei	RL+15 - RL+05	Utara	RL+20 - RL+15	Utara	41.999,533	341.448,122	8,130
Juni	Top - RL+15	Utara	RL+25 - RL+15	Utara	39.883,001	321.568,762	8,063
	RL+15 - RL+05	Utara	-	-			
Juli	RL+15 - RL+05	Utara	Top - RL+15	Utara	43.126,193	343.614,640	7,968
Agustus	Top - RL+05	Utara	Top - RL+20	Utara	41.034,404	322.310,234	7,855
September	Top - RL+10	Utara	RL+20 - RL+15	Utara	43.717,717	349.937,531	8,004
Oktober	Top - RL+30	Utara	Top - RL+15	Utara	42.590,165	341.389,681	8,016
	RL+10 - RL+05	Utara	-	-			
November	RL+30 - RL0	Selatan	RL +15 - RL+10	Selatan	41.838,325	341.726,626	8,168
	RL+05 - RL0	Selatan	RL+15 - RL0	Selatan			
Desember	RL+05 - RL0	Selatan	RL+15 - RL0	Selatan	41.704,057	335.750,696	8,051
	RL0 - RL-05	Selatan	RL+10 - RL-05	Selatan			
	-	-	RL+0 - RL-05	Selatan			
Total					500.386,685	4.018.274,246	8,030

Sumber: Data PT XYZ, 2019

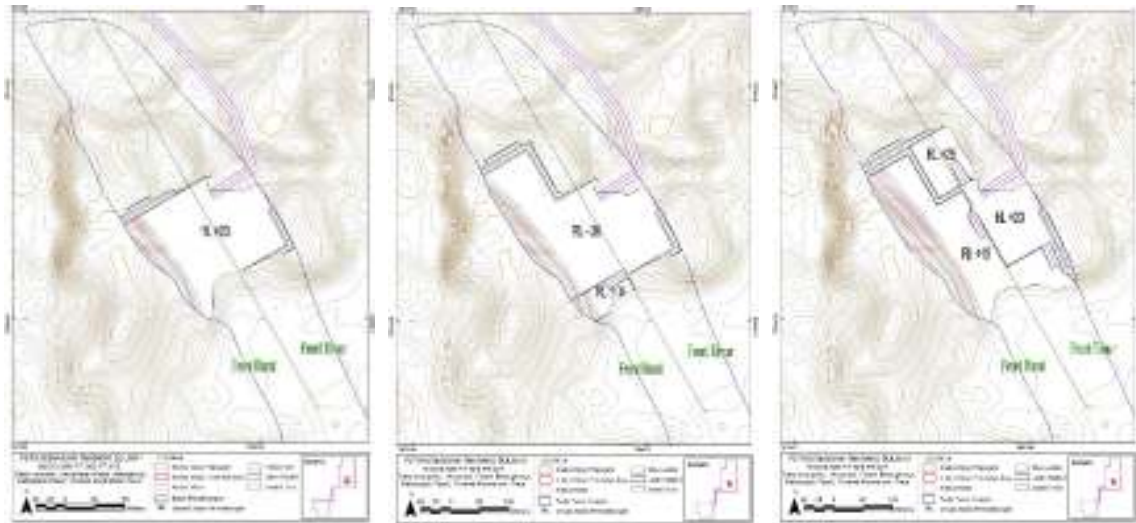
Berdasarkan hasil skenario penjadwalan produksi bulanan pada tahun pertama yang telah dibuat (**Tabel 1**), diperoleh tonase batubara yang bervariasi pada setiap bulannya dan menghasilkan total tonase batubara selama satu tahun sebesar 500.386,685 ton, dimana tonase tersebut melebihi target produksi yang telah ditetapkan yaitu sebesar 500.000 ton/tahun. Hal ini disebabkan karena penyesuaian terhadap luasan area penambangan, mengingat dalam pembuatan penjadwalan produksi mempertimbangan luas *front* kerja. Akan tetapi tonase batubara yang bervariasi dan kelebihan tonase batubara dengan target produksi tersebut telah disesuaikan dengan kapasitas alat gali dan alat angkut.

Apabila ditinjau dari kelayakan secara ekonomis, skenario penjadwalan produksi yang

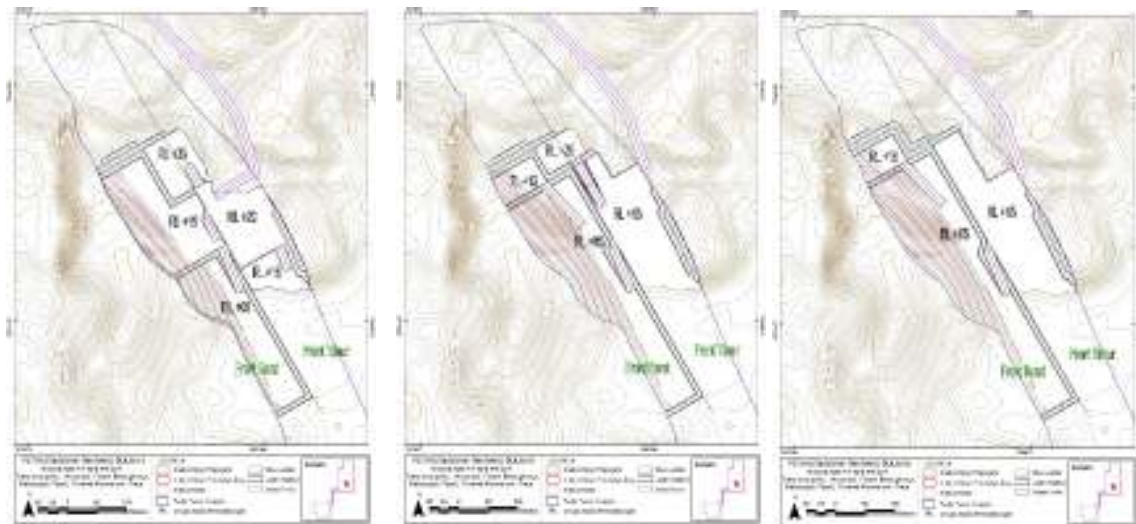
dibuat dapat di terapkan pada kegiatan penambangan karena nilai *Stripping Ratio* pada setiap bulan dan *Stripping Ratio* keseluruhan masih menunjukkan nilai yang tidak melebihi batas nilai *Stripping Ratio* yaitu 8,187.

Perancangan Kemajuan Tambang

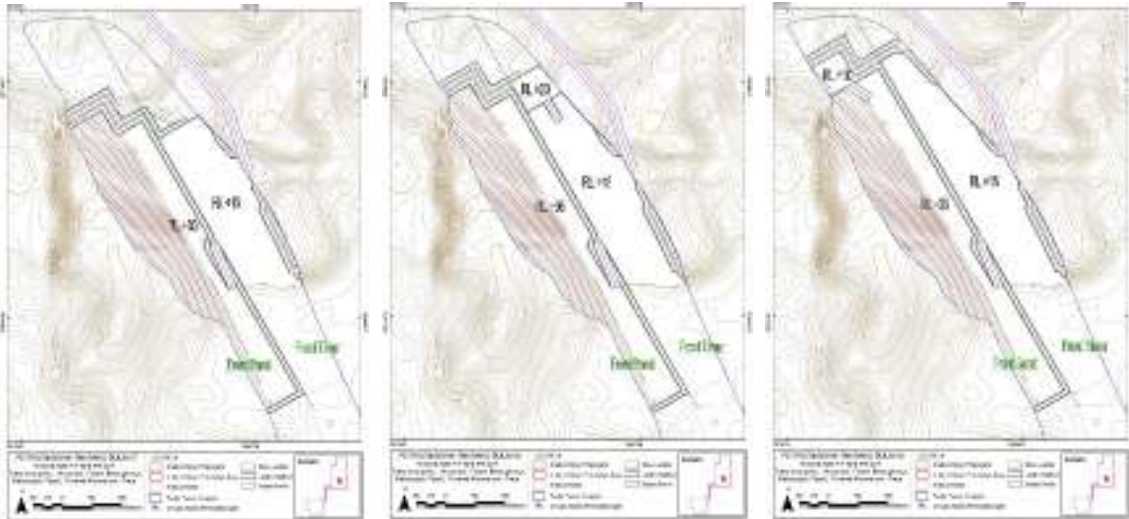
Perancangan kemajuan tambang yang dimaksud pada penelitian ini adalah perancangan kemajuan tambang pada blok 800 pit S02. Perancangan ini akan menunjukkan bagaimana bentuk pit dari penambangan pada setiap bulannya untuk mendapatkan tonase batubara dan volume *overburden* yang sesuai dengan penjadwalan produksi. Perancangan kemajuan tambang dibuat dengan memperhitungkan parameter geometri lereng dan geometri jalan tambang. Hasil dari perancangan kemajuan tambang yang telah di buat dapat dilihat pada **Gambar 1 – Gambar 4** sebagai berikut.



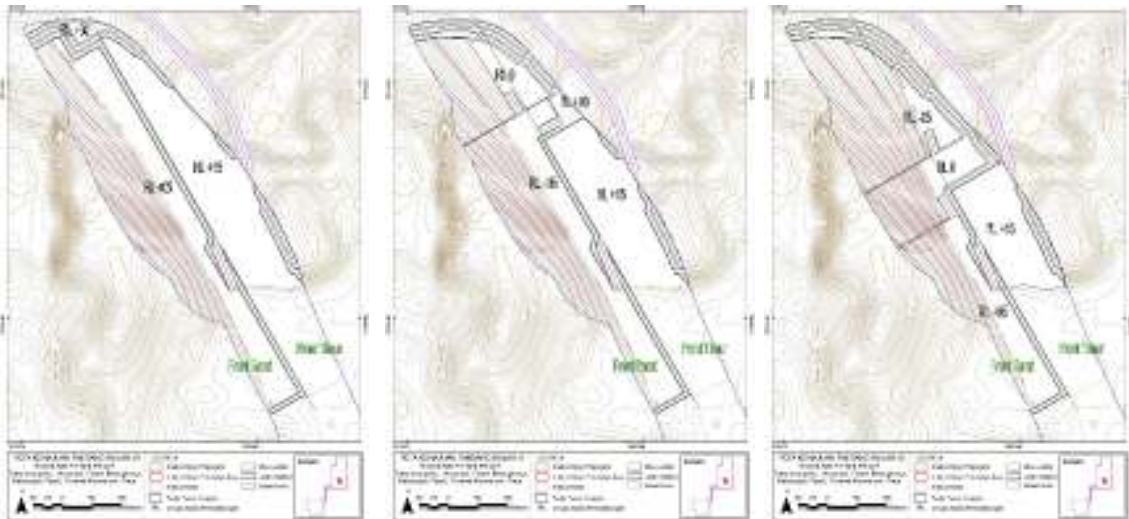
Gambar 1. Kemajuan Bulan Januari - Maret



Gambar 2. Kemajuan Bulan April - Juni



Gambar 3. Kemajuan Bulan Juli - September



Gambar 4. Kemajuan Bulan Oktober - Desember

Berdasarkan perancangan kemajuan tambang yang telah dibuat (**Gambar 1 – Gambar 4**), pada tahapan penambangan pertama di bulan Januari penambangan dimulai dari pengupasan *overburden* pada sekitar *outcrop* setelah itu dilakukan penambangan batubara yang telah tersingkap. Kemudian dilakukan hal serupa pada bulan-bulan berikutnya dengan arah penambangan yang berbeda pada setiap bulannya. Dimana pada bulan Februari hingga April arah kemajuan penambangan menuju ke dua arah yang berbeda yaitu utara dan selatan, kemudian pada bulan Mei hingga Oktober kemajuan penambangan menuju ke arah utara dan pada November hingga Desember penambangan menuju ke arah selatan. Perbedaan arah tersebut diakibatkan pengaruh dari ketebal batubara dan *overburden* yang bervariasi karena pada kemajuan penambangan setiap bulannya harus menadapatkan tonase batubara sekonstan mungkin dan harus mengupas *overburden* tidak melebihi nilai *Stripping Ratio*.

Secara garis besar kemajuan penambangan terbagi kedalam dua *front* kerja yaitu *front* barat dan *front* timur. Dimana *front* barat difokuskan untuk penambangan batubara yang telah tersingkap sedangkan *front* timur di fokuskan untuk pengupasan *overburden*. Hal ini dilakukan agar pada setiap bulannya produksi batubara dan produksi *overburden* dapat seimbang sesuai dengan nilai *Stripping Ratio*.

Perencanaan *Fleet*

Perencanaan *fleet* dilakukan untuk menentukan tipe dan kebutuhan dari alat muat dan alat angkut yang akan dipergunakan pada aktivitas penambangan di *pit* S02. Penentuan tipe dan kebutuhan alat tersebut harus dapat memenuhi penjadwalan produksi agar aktivitas penambangan dapat berjalan sesuai dengan target.

Aktivitas penambangan di *pit* S02 menggunakan *excavator* sebagai alat muat dan *dump truck* sebagai alat angkut. Penentuan tipe dan kebutuhan dari *excavator* dan *dump truck* diasumsikan berdasarkan perhitungan produksi alat teoritis. Dimana hasil perhitungan tersebut akan menghasilkan data dari kebutuhan alat pada setiap bulannya yang ditunjukkan oleh **Tabel 2** dan **Tabel 3** berikut.

Tabel 2. Kebutuhan Alat dan Produksi Alat Bulanan pada Penambangan Batubara

Bulan	Kebutuhan Alat Penambangan Batubara (Unit)			Produksi Batubara (ton/bulan)	Produksi Penambangan Batubara (ton/Bulan)	
	<i>Excavator</i> PC300LC-8	<i>Dump Truck</i> HM300-2R	<i>Match Factor</i>		<i>Excavator</i> PC300LC-8	<i>Dump Truck</i> HM300-2R
Januari	1	3	1,150	42.449,623	45.529,601	45.707,655
Februari	1	3	1,150	41.453,352	42.280,047	42.458,845
Maret	1	3	1,150	41.032,500	44.002,514	44.192,007
April	1	3	1,150	39.557,814	44.002,514	44.192,007
Mei	1	3	1,150	41.999,533	42.084,697	42.241,375
Juni	1	3	1,150	39.883,001	44.002,514	44.192,007
Juli	1	3	1,150	43.126,193	44.002,514	44.192,007
Agustus	1	3	1,150	41.034,404	42.280,047	42.458,845
September	1	3	1,150	43.717,717	44.002,514	44.192,007
Oktober	1	3	1,150	42.590,165	45.529,601	45.707,655
November	1	3	1,150	41.838,325	42.280,047	42.458,845
Desember	1	3	1,150	41.704,057	44.197,970	44.409,640

Sumber: Data PT XYZ, 2019

Tabel 3. Kebutuhan Alat dan Produksi Alat Bulanan pada Pengupasan *Overburden*

Bulan	Kebutuhan Alat Pengupasan <i>Overburden</i> (Unit)			Produksi <i>Overburden</i> (BCM/bulan)	Produksi Pengupasan <i>Overburden</i> (BCM/Bulan)	
	<i>Excavator</i> PC1250-8R	<i>Dump Truck</i> HD465-7E0	<i>Match Factor</i>		<i>Excavator</i> PC1250-8R	<i>Dump Truck</i> HD465-7E0
Januari	3	11	1,006	346.538,576	404.055,950	404.213,620
Februari	3	11	1,006	322.824,219	375.217,537	375.369,020
Maret	3	11	1,006	327.852,499	390.503,699	390.662,639
April	3	11	1,006	323.312,660	390.503,699	390.662,639
Mei	3	11	1,006	341.448,122	373.483,882	373.626,645
Juni	3	11	1,006	321.568,762	390.503,699	390.662,639
Juli	3	11	1,006	343.614,640	390.503,699	390.662,639
Agustus	3	11	1,006	322.310,234	375.217,537	375.369,020
September	3	11	1,006	349.937,531	390.503,699	390.662,639
Oktober	3	11	1,006	341.389,681	404.055,950	404.213,620
November	3	11	1,006	341.726,626	375.217,537	375.369,020
Desember	3	11	1,006	335.750,696	392.238,290	392.405,968

Sumber: Data PT XYZ, 2019

Berdasarkan hasil pemilihan alat (**Tabel 2** dan **Tabel 3**), Aktivitas penambangan di *pit*

S02 terbagi menjadi dua kombinasi alat dengan kapasitas yang berbeda. Dimana untuk penambangan batubara digunakan *excavator* PC300LC-8 dengan *dump truck* HM300-2R dan untuk pengupasan *overburden* menggunakan *excavator* PC1250-8 dengan *dump truck* HD465-7E0. Hal ini disebabkan karena penyesuaian dengan penjadwalan produksi (**Tabel 1**), karena pada penjadwalan produksi target batubara dan *overburden* memiliki perbedaan yang signifikan sebagai penyesuaian dengan nilai *Stripping Ratio*. Berdasarkan hasil penentuan kebutuhan alat yang ditunjukkan **Tabel 2 dan Tabel 3**, kebutuhan alat untuk produksi batubara pada bulan Januari - Desember membutuhkan *excavator* PC300LC-8 sebanyak 1 unit dan *dump truck* HM300-2R sebanyak 3 unit. Sedangkan untuk *overburden* pada bulan Januari - Desember dibutuhkan *excavator* PC1250-8R sebanyak 3 unit dan *dump truck* HD465-7E0 sebanyak 11 unit. Kombinasi jumlah alat muat dan alat angkut ini menghasilkan nilai faktor kesesuaian relatif baik yaitu untuk produksi batubara sebesar 1,150 dan untuk pengupasan *overburden* sebesar 1,006.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Penjadwalan produksi di Blok 800 Pit S02 pada bulan Januari - Desember diperoleh produksi rata-rata batubara sebesar 41.698,890 ton/bulan dan rata-rata *overburden* sebesar 334.856,187 BCM/bulan dengan *Stripping Ratio* rata-rata sebesar 8,030.
2. Tipe dan jumlah alat muat dan alat angkut yang dibutuhkan di Blok 800 Pit S02 pada bulan Januari - Desember yaitu *excavator* PC300LC-8 sebanyak 1 unit dan *dump truck* HM300-2R sebanyak 3 unit. Sedangkan untuk *overburden* dibutuhkan *excavator* PC1250-8R sebanyak 3 unit dan *dump truck* HD465-7E0 sebanyak 11 unit.
3. Rancangan penambangan di Blok 800 Pit S02 menghasilkan peta rancangan kemajuan penambangan pada bulan Januari – Desember dengan total tonase batubara yang ditambang sebesar 500.386,685 ton dan *overburden* sebesar 4.018.274,246 BCM.

5. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Membuat penjadwalan kerja dan melakukan pengukuran terhadap waktu hambatan aktual agar efisiensi kerja alat aktual dapat diketahui karena efisiensi pada penelitian ini masih berupa asumsi dan data sekunder.
2. Melakukan pengambilan data produksi alat aktual seperti waktu edar alat, *Swell Factor*, *Fill Factor* untuk menunjang perhitungan produktivitas alat aktual karena pada penelitian ini masih menggunakan data sekunder.
3. Melakukan kajian ekonomi terhadap perencanaan *fleet* karena pada penelitian ini pemilihan tipe dan jumlah alat dipilih hanya berdasarkan aspek teknis.

Daftar Pustaka

- [1] AASHTO, 1972, AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) Guide for Design of Pavement Structural, AASHTO, Washington DC.
- [2] Arif, I., dan Adisoma, G. S., 2002, Perencanaan Tambang, Departemen Teknik Pertambangan Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [3] Hustrulid, William, dan Kuchta, Mark, 1995, Open Pit Mine Planning and Design: Fundamentals. Vol. 1, Balkema, Netherland.
- [4] Komatsu, 2013, Specifications and Application Handbook Edition 31, Komatsu, Jepang.
- [5] Pemerintah Indonesia, 2018, Keputusan Menteri No. 1827 K/30/MEM Tahun 2018, Jakarta, Sekretariat Negara.
- [6] Prodjosumarto, Partanto, 1993, Pemindahan Tanah Mekanis, Jurusan Teknik Pertambangan Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [7] Sulistianto, 2008, Perencanaan Tambang, Departemen Teknik Pertambangan Institut Teknologi Bandung, Bandung.