

Analisa Kesperasian Armada untuk Mencapai Produksi Armada yang Optimum di PT Nunukan Bara Sentosa Satu, Desa Sebakis, Kecamatan Nunukan, Kabupaten Nunukan, Provinsi Kalimantan Utara

Muhamad Surya Awaludin^{*}, Iswandaru, Noor Fauzi Isnarno

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

^{*} muhamadsurya.awaludin@gmail.com,
noor.fauzi.isnarno@gmail.com

iswandaru230390@gmail.com,

Abstract. To support the mining process, at the Ambu site using a means of transportation with the Sany SKT 90 Dump Truck type with a Sany 750H digging tool, with the open pit open pit mining method, so that in all mining activities there are factors that are difficult to avoid, namely the weather, if it rains it will result in The cessation of production was due to the condition of the road being still soiled and the handling of the slipperly still lacking units, but this can be covered by sunny weather conditions. For this reason, this study has the aim of being able to analyze fleet machth for optimum productivity by minimizing obstacles that occur such as hauling roads that are not standardized by the Ministerial Decree No. 1827/K/30/MEM/2018, slipperly handling, road maintenance, front maintenance, truck queue which results in high cycle times that occur. The percentage of achievement of the productivity target based on the planned overburden stripping in July was 545,669 Bcm. Meanwhile, based on the actual results, only 222,276 BCM. The result is less than half of the plan that has been targeted. One of the causes of not achieving the production target is in the location preparation mechanism, lack of supervision, the number of breakdown units, the effect of site preparation and the effect of the compatibility of the number of equipment.

Keywords: *Productivity, Target Achieving, Barriers.*

Abstrak. Untuk menunjang proses penambangan, pada site Ambu menggunakan alat angkut dengan jenis Dump Truck Sany SKT 90 dengan alat gali muat Sany 750H, dengan metode tambang terbuka open pit, sehingga dalam seluruh kegiatan penambangan terdapat faktor yang sulit untuk dihindari yaitu cuaca, jika terjadinya hujan akan mengakibatkan berhentinya produksi dikarenakan dengan kondisi jalan yang masih tanah serta dalam penanganan sliperly nya masih kekurangan unit, akan tetapi hal tersebut bisa ditutupi dengan kondisi cuaca yang cerah. Untuk itu penelitian ini memiliki tujuan agar dapat menganalisa fleet machth untuk productivity yang optimum dengan meminimalisir hambatan yang terjadi seperti jalan hauling yang kurang standar dengan peraturan Kepmen No.1827/K/30/MEM/2018, penanganan sliperly, road maintenance, front maintenance, truck queue yang mengakibatkan tingginya cycle time yang terjadi. Persentase ketercapaian target produktivitas berdasarkan rencana pengupasan lapisan tanah penutup (Overburden) pada bulan Juli sebesar 545.669 Bcm. Sedangkan berdasarkan hasil aktualnya hanya sebesar 222.276 BCM. Hasil tersebut kurang dari setengahnya dari rencana yang telah ditargetkan. Penyebab tidak tercapainya target produksi salah satunya yaitu dalam mekanisme penyiapan lokasi, kurangnya pengawasan, banyaknya unit yang breakdown, pengaruh penyiapan lokasi dan pengaruh keserasian jumlah alat.

Kata Kunci: *Produktivitas, Ketercapaian Target, Hambatan.*

A. Pendahuluan

PT NBSS adalah perusahaan pertambangan yang terdiversifikasi dan juga terintegrasi secara vertikal yang memiliki orientasi ekspor. Dengan melalui operasi yang tersebar di seluruh Indonesia untuk dapat memanfaatkan sumber daya alam berupa batubara. Kegiatan mencakup eksplorasi, kegiatan penambangan, pengolahan serta lebih lanjut melakukan pemasaran dari komoditas batubara. Dengan lokasi penambangannya berlokasi di Desa Sebakis Kecamatan Nunukan Kabupaten Nunukan Provinsi Kalimantan Utara.

Pada bulan Juli 2022 Rencana Kerja dan Anggaran Perusahaan (RKAP) untuk penggalan overburden di Pit Ambu yaitu sebesar 545.669 Bcm, sedangkan untuk aktual produksi pada pengupasan overburden di Pit Ambu bulan Juli 2022 yaitu sebesar 222.276 Bcm. Berdasarkan data realisasi produksi tersebut, dapat disimpulkan bahwa produksi pengupasan overburden di Pit Ambu pada Bulan Juli 2022 belum mencapai target. Hal ini berdampak pada biaya operasi yang dikeluarkan untuk pengupasan setiap BCM (Bank Cubic Metre) lapisan overburden tersebut.

Dari latar belakang di atas perlu kiranya dibahas dan diteliti tentang produktivitas dari alat gali-muat dan angkut serta mengoptimalkannya dalam bentuk penelitian dengan judul: “Analisa Kesorasian Armada Untuk Mencapai Produksi Armada Yang Optimum Di Pt Nunukan Bara Sentosa Satu, Desa Sebakis, Kecamatan Nunukan, Kabupaten Nunukan, Provinsi Kalimantan Utara”.

Perumusan masalah yang dibahas ini mengacu terhadap kesesuaian latar belakang dari penelitian yang dilaksanakan di PT Nunukan Bara Sentosa Satu, yaitu upaya apa saja yang perlu dilakukan agar keserasian armada dapat mencapai produksi armada yang optimum. Selanjutnya, tujuan dari penelitian ini, yaitu untuk mengetahui :

1. Nilai produktivitas dari alat muat dan angkut.
2. Faktor-faktor hambatan yang mempengaruhi kegiatan produksi.
3. Faktor-faktor pendukung yang mempengaruhi kegiatan produksi.
4. Nilai Match Factor antara alat muat dan angkut yang digunakan pada kegiatan produksi.
5. Solusi sebagai upaya mengatasi hambatan yang mempengaruhi kegiatan produksi.

B. Metodologi Penelitian

Penambangan adalah bagian kegiatan dari usaha pertambangan untuk memproduksi mineral dan/atau batubara dan mineral ikutannya. Sistem penambangan batubara di Indonesia umumnya merupakan sistem tambang terbuka dengan metode konvensional yang menggunakan kombinasi penggunaan excavator/shovel dan truk.

Ketika kondisi suatu fleet terdiri dari 1 jenis alat angkut dan 1 jenis alat muat maka fleet tersebut bersifat homogen. Namun dalam operasinya, aktivitas fleet-fleet tersebut bisa menjadi tidak homogen dikarenakan penambahan kapasitas produksi yang menuntut penambahan alat muat dan alat angkut (truk) yang bisa jadi berbeda jenis dan atau kapasitasnya. Christina N. Burt dan Louis Caccetta (2018) mengusulkan cara baru untuk menentukan match factor jika kondisi fleet bersifat heterogen.

Waktu edar yang diperoleh setiap unit alat mekanis berbeda-beda, hal tersebut dikarenakan beberapa faktor, antara lain :

1. Kekompakan Material
Material yang kompak sukar untuk digali oleh alat mekanis, hal tersebut menyebabkan lamanya waktu untuk menggali sehingga menurunkan kemampuan produksi.
2. Kondisi Tempat Kerja
Tempat kerja yang luas akan memperkecil waktu edar dari alat, dikarenakan ruang gerak dan pengambilan posisi cukup luas. Dengan begitu alat tidak perlu banyak bergerak, untuk alat angkut sendiri kondisi jalan ini perlu memperhitungkan dari kekerasan, kehalusan, kemiringan dan lebar jalannya.
3. Pola Pemuatan
Untuk pola pemuatan yang sesuai dengan target produksi maka dibutuhkan pola pemuatan berdasarkan posisi dari dumptruck untuk dimuati bahan galian
Jenis jalan pada area penambangan sebenarnya belum ada klasifikasinya, namun secara

umum dapat dibagi menjadi jalan hauling (akses ke inpit menuju port atau stockpile) dan jalan tambang (jalan di sekitar area penambangan). Kedua jalan tersebut memiliki konstruksi yang hampir sama dengan jalan raya pada umumnya tetapi yang membedakannya hanya pada permukaan jalannya (road surface) yang jarang dilapisi aspal atau beton. Hal tersebut dikarenakan jalan tambang sering dilalui oleh alat berat mekanis. Beberapa pertimbangan dalam desain jalan tambang dan jalan hauling diantaranya meliputi letak jalan masuk dan keluar, lebar jalan kemiringan melintang (cross fall), dan superelevasi. Menurut KEPMEN ESDM No 1827 K/30/MEM/2018 lebar jalan tambang/produksi mempertimbangkan alat angkut terbesar yang melintasi jalan tersebut paling kurang :

1. Tiga setengah kali lebar alat angkut terbesar, untuk jalan tambang dua arah
2. Dua kali lebar alat angkut terbesar, untuk jalan tambang satu arah.
3. Lebar jalan pada jembatan sesuai ketentuan di atas

Dalam pemindahan material, siklus kerja merupakan suatu kegiatan yang dilakukan berulang. Proses gerakan dari suatu alat dari gerakan mulanya sampai kembali lagi pada gerakan mula tersebut. Adapun waktu yang diperlukan untuk melakukan satu siklus kegiatan diatas disebut waktu siklus/edar (Nurhakim, 2004) Pekerjaan utama dalam kegiatan tersebut menggali, memuat, memindahkan, membongkar muatan dan kembali ke kegiatan awal. Setiap alat yang bekerja akan mempunyai kemampuan memindah material per siklus.

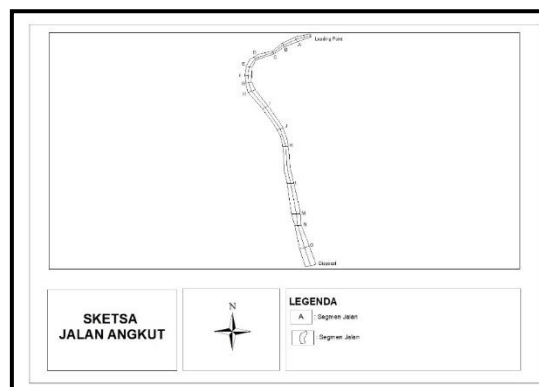
Jam kerja efektif merupakan waktu efektif yang dapat dilakukan tanpa adanya hambatan selama waktu kerja terhitung. Untuk menghitung efisiensi waktu kerja alat muat dan alat angkut yang tidak produktif pada jam kerja tersedia dengan menjumlah waktu tersedia dikurang dengan hambatan yaitu waktu perbaikan alat (repair) dan waktu standby.

Pengupasan overburden yaitu pemindahan suatu lapisan tanah/batuan yang berada diatas cadangan bahan galian, agar bahan galian tersebut menjadi tersingkap. Semakin baik pengupasan overburden yang dilakukan maka semakin lancar pula kegiatan penambangannya. Dalam hal ini, diperlukan perencanaan terhadap alat mekanis yang akan digunakan dengan situasi aktual yang ada pada lapangan. Hal ini dilakukan agar produksi yang dihasilkan dari alat mekanis mencapai target yang telah direncanakan. Produksi alat gali-muat dan angkut dapat dilihat dari kemampuan alatnya dalam penggunaan di lapangan.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Geometri Jalan

Kondisi dari jalan angkut pada penambangan batubara site Ambu, yaitu kondisi jalan angkut dimulai dari area setelah loading point dari front penambangan sampai ke disposal ataupun intermediate stockpile (ISP) menggunakan 1 jalur dengan arah 2 lajur dan memiliki kondisi material yang dominan pada permukaan adalah pasir lempungan yang tidak terlalu padat (compact), hal ini karena pada area jalan angkut tidak dilakukan compacting, dengan kondisi jalur memiliki perbedaan elevasi yang tinggi di beberapa segmen, hal tersebut dipengaruhi karena topografi. Kondisi jalan secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Sketsa Jalan Angkut

Waktu Tersedia

Waktu tersedia, adalah waktu yang telah ditetapkan untuk melakukan aktivitas penambangan oleh perusahaan, untuk waktu produktif, dengan jumlah shift sebanyak 2 shift yaitu shift siang dan malam. Dengan jam kerja dimulai pada pukul 07:00 WITA – 19:00 WITA dengan durasi istirahat pada hari Sabtu s/d Kamis adalah 1 jam, dan pada hari jumat durasi istirahat adalah 2 jam. Dengan rincian dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Waktu Kerja PT NBSS

Waktu Kerja PT NBSS		
Kegiatan	Sabtu s/d Kamis	Jumat
Kerja	07.00 - 12.00	07.00 - 11.15
Istirahat	12.00 - 13.00	11.15 - 13.15
Kerja	13.00 - 19.00	13.15 - 19.00
Tersedia (Jam/hr)	12	12
Produktif (Jam/hr)	11	10

Waktu Hambatan

Untuk Waktu hambatan memiliki pengertian sebagai waktu yang tidak digunakan atau waktu yang tidak terpakai pada saat waktu kerja berlangsung, sehingga akan berpengaruh pada waktu efektif yang akan semakin berkurang dan tidak sepenuhnya waktu produktif dapat digunakan. Waktu hambatan ini didapat dengan pengambilan langsung selama waktu 30 hari dimulai pada tanggal 18 Agustus - 16 September 2022, sehingga didapat nilai rata-rata perharinya dengan waktu hambatan yang didapatkan adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Rekapitulasi Waktu Hambatan Alat Gali-Muat

Working	Waktu Kerja		(Jam)
	Waktu Produktif		12,00
	Waktu Efektif		7,18
Stand By	Perapihan <i>Loading Point</i>	0,24	3,47
	<i>Waiting Truck</i>	0,68	
	<i>Moving Alat</i>	0,17	
	Toilet	0,06	
	<i>P5M, P2H, Change Shift, Dll</i>	0,40	
	<i>Safety Talk</i>	0,08	
	<i>Refueling</i>	0,15	
	<i>Sliperly</i>	0,23	
	<i>Rain</i>	0,27	
	<i>Rest, Meal and Pray</i>	1,19	
Repair	<i>Maintenance</i>	1,35	1,35

Tabel 3. Rekapitulasi Waktu Hambatan Alat Angkut

Working	Waktu Kerja		(Jam)
	Waktu Produktif		12,00
	Waktu Efektif		7,33
Stand By	<i>Truck Queue</i>	0,41	3,38
	<i>Front Maintenance</i>	0,23	
	<i>Road Maintenance</i>	0,07	
	Toilet	0,09	
	<i>No Loader</i>	0,31	
	<i>P5M, P2H, Change Shift, Dll</i>	0,38	
	<i>Safety Talk</i>	0,08	
	<i>Refuling</i>	0,09	
	<i>Sliperly</i>	0,25	
	<i>Rain</i>	0,27	
	<i>Rest, Meal and Pray</i>	1,19	
Repair	<i>Repair</i>	1,29	1,29

Kondisi Peralatan Mekanis

Kondisi peralatan mekanis adalah nilai yang menunjukkan kondisi alat terhadap waktu pakai atau operasi penambangan dilakukan, dengan waktu hambatan yang ada pada alat angkut serta alat gali-muat, maka perhitungan kondisi peralatan, sebagai berikut.

1. Alat muat *excavator* sany 750H

$$a. \text{ Mechanical Availability (MA)} = \frac{7,18 \text{ jam}}{7,18 \text{ jam} + 1,35 \text{ jam}} \times 100 \% = 84 \%$$

$$b. \text{ Physical Availability (PA)} = \frac{7,18 \text{ jam} + 3,47 \text{ jam}}{12 \text{ jam}} \times 100 \% = 89 \%$$

$$c. \text{ Use Of Availability (UA)} = \frac{7,18 \text{ jam}}{7,18 \text{ jam} + 3,47 \text{ jam}} \times 100 \% = 67 \%$$

$$d. \text{ Effective Utilization (EU)} = \frac{7,18 \text{ jam}}{12 \text{ jam}} \times 100 \% = 60 \%$$

2. Alat angkut *dumptruck* sany skt 90S

$$a. \text{ Mechanical Availability (MA)} = \frac{7,33 \text{ jam}}{7,33 \text{ jam} + 1,29 \text{ jam}} \times 100 \% = 85 \%$$

$$b. \text{ Physical Availability (PA)} = \frac{7,33 \text{ jam} + 3,38 \text{ jam}}{12 \text{ jam}} \times 100 \% = 89 \%$$

$$c. \text{ Use Of Availability (UA)} = \frac{7,33 \text{ jam}}{7,33 \text{ jam} + 3,38 \text{ jam}} \times 100 \% = 68 \%$$

$$d. \text{ Effective Utilization (EU)} = \frac{7,33 \text{ jam}}{12 \text{ jam}} \times 100 \% = 61 \%$$

Produktivitas Alat

Produktivitas Alat dibagi atas dua perhitungan, yaitu produktivitas alat angkut, dan produktivitas alat gali – muat.

1. Produktivitas Alat Angkut

$$Pa(1) = \frac{Ea \times 60 \times (Hmt \times np \times FFm) \times SF}{Ca}$$

$$Pa(1) = \frac{61\% \times 60 \times (4,3 \times 5 \times 103\%) \times 97\%}{10,80} = 77,03 \frac{\text{BCM}}{\text{jam}} / \text{A lat}$$

$$P_{m1} = 220,35 \text{ BCM/jam/alat}$$

2. Produktivitas Alat Gali-Muat

$$Pm(1) = \frac{Em \times 3600 \times Hm \times FFm \times SF}{Cm}$$

$$Pm(1) = \frac{60\% \times 3600 \times 4,3 \times 103\% \times 97\%}{30,62} = 302,61 \frac{\text{BCM}}{\text{Jam}} / \text{A lat}$$

Produksi Alat

Perhitungan produksi alat dibagi menjadi dua, diantaranya :

1. Produksi Alat Angkut :

$$Pm = Pa(1) \times na$$

$$Pa = 77,03 \times 4 = 302,55 \frac{\text{BCM}}{\text{Jam}} = 302,55 \frac{\text{BCM}}{\text{Jam}} \times 1,4 = 423,57 \frac{\text{ton}}{\text{jam}}$$

2. Produksi Alat Gali-Muat :

$$Pm = Pm(1) \times nm$$

$$Pm = 302,61 \frac{\text{BCM}}{\text{Jam}} / \text{Alat} \times 1,4 = 423,65 \text{ ton/jam}$$

Match Factor

Match Factor dapat dihitung dengan menggunakan data yang didapat dari lapangan dengan perhitungan:

$$MF = \frac{Na \times Ltm}{Nm \times Cta}$$

$$MF = \frac{4 \times 2,55}{1 \times 10,80} = 0,94$$

Upaya Peningkatan Produksi

Dalam melakukan upaya peningkatan produksi dimulai dari loss time dengan membuat parameter-parameter yang dapat menghambat jalannya pekerjaan seperti pada truck queue, front maintenance, road maintenance, dan slipery yang terjadi di lapangan terlepas dari dumptruck menunggu untuk di loading, kurang lebarnya jalan, jalanan yang bergelombang, jalanan yang licin atau berlumpur, dan perapihan loading point hal pertama untuk mengantisipasinya dengan mengoptimalkan penggunaan grader dalam memperluas dan memperbaiki jalanannya, lalu untuk bulldozer sendiri perlunya diadakan mobilitas yang efisien dalam membantu merapihkan loading point, merapikan jalan yang berada dekat front, membuat lebar jalan untuk dumptruck manuver agar tidak terlalu jauh, dengan tidak mengganggu kegiatan produksi. Hal tersebut akan berdampak pada cycle time, jika jalannya lebar dan tidak bergelombang maka dumptruck akan lebih optimal dalam mengangkut muatannya, jika semua sudah dilakukan dan tetap tidak memenuhi produktivitas adapun saran dalam bentuk pengawasan terhadap operator alat angkut.

Perbaikan produktivitas dan produksi alat bertujuan untuk dapat mengetahui peningkatan produksi setelah dilakukan perbaikan jalan angkut, penambahan unit, maka terdapat rekomendasi kecepatan serta waktu edar (cycle time) dari alat angkut, dengan rekomendasi tersebut, maka jumlah produksi diharapkan dapat meningkat. Untuk hasil perhitungan produksi setelah perbaikan dan untuk perhitungan perbaikan produksi sesuai dengan rekomendasi sebagai berikut. Untuk rata-rata produktivitas dan produksi dari alat gali-muat dan angkut setelah perbaikan, sebagai berikut :

$$Pm(1) = \frac{72\% \times 3600 \times 4,3 \times 100\% \times 97\%}{28} = 386,12 \frac{BCM}{Jam} / A \text{ lat}$$

$$Pm = 386,12 \frac{BCM}{Jam} / Alat \times 1,4 = 540,56 \frac{ton}{jam}$$

$$Pa(1) = \frac{70,2\% \times 60 \times (4,3 \times 5 \times 100\%) \times 97\%}{9,10} = 95,53 \frac{BCM}{jam} / A \text{ lat}$$

$$Pa = 95,53 \times 4 = 386,12 \frac{BCM}{Jam}$$

$$= 386,12 \frac{BCM}{Jam} \times 1,4 = 540,56 \frac{ton}{jam}$$

Adapun perbaikan untuk match factor dari alat gali-muat dan angkut setelah perbaikan dilakukan, sehingga didapatkan nilai sebagai berikut :

$$MF = \frac{4 \times 2,8 \text{ menit}}{1 \times 9,1 \text{ menit}} = 1,03$$

D. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa.

1. Produktivitas overburden pada pit Ambu di Bulan Agustus–September 2022 sebelum perbaikan dengan unit Exavator Sany 750H dan unit dumptruck Sany SKT 90S belum mencapai target produktivitas. Hal ini terbukti dengan diperoleh nilai produktivitas excavator sebesar 302,61 BCM/Jam dan produktivitas dumptruck sebesar 302,55 BCM/Jam. Sedangkan setelah dilakukannya upaya peningkata produktivitas pada Exavator Sany 750H sebesar 386,12 BCM/Jam dan untuk dumptruck Sany SKT 90S sebesar 386,12 BCM/Jam

2. Faktor–faktor yang menghambat kegiatan produktivitas sehingga tidak mencapai target seperti kerusakan dari unit, truck queue, road maintenance, front maintenance, moving alat, waiting truck, dan kondisi jalan.
3. Faktor – faktor yang mendukung kegiatan produktivitas yaitu lingkungan kerja, keterampilan dalam menggunakan unit, kesehatan operator, fasilitas, dan kerja sama.
4. Faktor keserasian atau match factor dari alat muat Exavator Sany 750H dengan alat angkut Dumptruck Sany SKT 90S sebesar 0,94 dengan begitu match factor nya belum mencapai keserasian dengan nilai = 1.
5. Solusi dalam mengatasi hambatan yang mempengaruhi produktivitas yaitu dengan mengoptimalkan penggunaan unit bulldozer dan grader dalam memperbaiki dan memperlebar jalan, pengawasan pada keberlangsungan cycle time serta memperhatikan perawatan pada masing-masing unit.

Acknowledge

1. Keluarga penyusun, Bapak Dana Suryaatmaja, Ibu Karlina Widiana serta adik saya Tsania Nurmulki Lestari dan Alma Syafiqa yang senantiasa memberikan dukungan untuk membantu menyelesaikan dari awal perkuliahan sampai dengan Skripsi ini.
2. Terima kasih kepada seluruh Dosen dan Staff Teknik Pertambangan atas seluruh ilmu dan bantuan kepada penyusun.
3. Terima kasih untuk teman–teman Teknik Pertambangan Unisba yang tidak dapat saya sampaikan satu persatu.

Daftar Pustaka

- [1] Anonim, Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. “Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik”. Nomor 1827 K/30/MEM/2018
- [2] Akhmad, Nafarin. 2011. “Proses Pekerjaan Pemindahan Tanah”. genborneo.com.
- [3] Basuki, S dan Nurhakim. 2004. Modul Ajar dan Praktikum Pemindahan Tanah Mekanis. Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
- [4] Burt, C.N., dan Caccetta, L. (2008): Match Factor for Heterogeneous Truck and Loader Fleets, International Journal of Mining, Reclamation and Environment, 22, 84-85
- [5] Burt, C.N., dan Caccetta, L. (2018): Equipment Selection for Mining: with Case Studies. Springer International Publishing, Switzerland, 53-59.
- [6] Chaowasakoo, P., Seppälä, H., Koivo, H., dan Zhou, Q. (2017): Improving Fleet Management in Mines: The Benefit of Heterogeneous Match Factor. European Journal of Operational Research, 261, 1052-1065.
- [7] Irwandy, Arif. 2000. “Tambang Terbuka”. Buku Ajar. Jurusan Teknik Pertambangan ITB.
- [8] Nurhakim. 2004. Program Studi Teknik Pertambangan. Banjarbaru : Universitas Lampung Mangkurat.
- [9] Prodjosumarto, P. 1995. Pemindahan Tanah Mekanis. Jurusan Teknik Pertambangan. ITB. Bandung.
- [10] Soemardikatmojo, I. (2003). PTM dan Alat-Alat Berat. Jakarta: Universitas Indonesia.
- [11] Suwandi, A. 2001. “Optimalisasi Produksi Alat Berat”, badan pendidikan dan pelatihan energi dan sumberdaya mineral, pusat pendidikan dan pelatihan teknologi mineral dan batubara, departemen energi dan sumber daya mineral RI, Bandung.
- [12] Tenrisukki, Andi, 2003, “Pemindahan Tanah Mekanis”, Universitas Gunadarma : Jakarta.