

EVALUASI PRODUKSI ALAT MUAT DAN ALAT ANGKUT DENGAN METODE REGRESI LINEAR BERGANDA PADA PENGUPASAN LUMPUR ASLI DI PIT 40 SOUTH SENTUK, PT MULTI HARAPAN UTAMA, KUTAI KARTANEGARA, KALIMANTAN TIMUR

Didit Adi Setiaji^{1a}, Nurkhamim¹, Sudaryanto¹, Kristanto Jiwo Saputro¹, Mardiah²

¹Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral,
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

²Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Bangka Belitung

^aemail: setiajdiditadi@gmail.com

Abstract

The productivity of loading and hauling equipment in overburden stripping activities, especially original mud in a coal mine, is important because it affects how quickly or slowly the coal layer underneath can be excavated. The problem often faced by coal mining companies is the non-achievement of production targets from mechanical equipment used by the company. The current problem at PT Multi Harapan Utama pit 40 South Sentuk is the non-achievement of the production target of the Komatsu PC 1250-8R loading equipment and Komatsu HD 785-7 hauling equipment used in the original mud stripping activities with a production target of 561,520 bcm/month for June 2023. June production only amounted to 410,493 bcm which means only about 73% of the production target. This study aims to assess the productivity of mechanical equipment used, analyze the variables that have the most influence on productivity values, and seek to increase production and efficiency in the use of mechanical equipment. The research method begins with a literature study, field observations to collect primary and secondary data directly in the field. The data obtained is then processed and analyzed so that alternative problem solving is obtained, and observing changes in the productivity value of the tool after improvements are made to the problems that occur. Multiple linear regression analysis is used to analyze the variables that have the most influence on the productivity value of mechanical equipment. The results obtained are based on theoretical calculations known production value of mechanical equipment amounting to 284.722,20 bcm/month for 3 units of loading equipment and 407.855,14 bcm/month for 18 units of hauling equipment. The results of multiple linear regression analysis show that the most influential variable on the productivity value of mechanical equipment is the work efficiency parameter with an R^2 value of 0,66 on loading equipment and 0,65 on hauling equipment and a regression coefficient of 525,08 on loading equipment and 101,90 on hauling equipment. Efforts to increase production are made by increasing the loading volume per bucket loader, improving work obstacles that occur, and adjusting the number of conveyance needs so as to produce a significant effect on increasing production capabilities. Changes in the production results of the Komatsu PC 1250 excavator from 284,722 bcm/month to 562.652,85 bcm/month and the Komatsu HD 785 rigid dump truck from 407.855,14 bcm/month to 565.814,71 bcm/month. Thus, it is theoretically obtained that the ability and availability of mechanical equipment after evaluation is able to achieve the production target of 561.520 bcm for June 2023 set by the company.

Keywords: Productivity, multiple linear regression, production optimization

Abstrak

Masalah yang sering dihadapi oleh perusahaan tambang batubara adalah tidak tercapainya target produksi dari alat-alat mekanis yang digunakan oleh perusahaan. Permasalahan yang terjadi di PT Multi Harapan Utama pit 40 South Sentuk saat ini adalah tidak tercapainya target produksi dari alat muat Komatsu PC 1250-8R dan alat angkut Komatsu HD 785-7 yang digunakan dalam kegiatan pengupasan lumpur asli dengan target produksi sebesar 561.520 bcm/bulan untuk bulan Juni 2023. Produksi bulan Juni hanya sebesar 410.493 bcm yang berarti hanya sekitar 73% dari target produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji produktivitas alat mekanis yang digunakan, menganalisis variabel yang paling berpengaruh terhadap nilai produktivitas, serta mengupayakan peningkatan produksi dan efisiensi penggunaan alat mekanis. Metode penelitian yang dilakukan diawali dengan studi literatur, observasi lapangan untuk pengambilan data primer dan sekunder secara langsung di lapangan. Data yang diperoleh selanjutnya diolah dan dianalisis sehingga didapatkan alternatif penyelesaian masalah, serta mengamati perubahan nilai produktivitas alat setelah dilakukan perbaikan terhadap masalah yang terjadi. Digunakan analisis regresi

linear berganda untuk menganalisis variabel yang paling berpengaruh terhadap nilai produktivitas alat mekanis. Hasil penelitian yang diperoleh yaitu berdasarkan perhitungan teoritis diketahui nilai produksi alat mekanis sebesar 284.722 bcm/bulan untuk 3 unit alat muat dan 407.855,14 bcm/bulan untuk 18 unit alat angkut. Hasil analisis regresi linear berganda menunjukkan bahwa variabel yang paling berpengaruh terhadap nilai produktivitas alat mekanis adalah parameter efisiensi kerja dengan nilai R^2 sebesar 0,63 pada alat muat dan 0,65 pada alat angkut serta koefisien regresi sebesar 525,08 pada alat muat dan 101,90 pada alat angkut. Upaya peningkatan produksi yang dilakukan yaitu dengan meningkatkan volume pemuatan per curah alat muat, memperbaiki hambatan kerja yang terjadi, serta menyesuaikan jumlah kebutuhan alat angkut sehingga menghasilkan pengaruh signifikan terhadap peningkatan kemampuan produksi. Perubahan hasil produksi alat muat *excavator* Komatsu PC 1250 dari 284.722 bcm/bulan menjadi sebesar 562.652,85 bcm/bulan dan alat angkut *rigid dump truck* Komatsu HD 785 dari 407.855,14 bcm/bulan menjadi sebesar 565.814,71 bcm/bulan. Dengan demikian, diperoleh secara teoritis bahwa kemampuan dan ketersediaan alat mekanis setelah dilakukan evaluasi mampu mencapai target produksi 561.520 bcm untuk bulan Juni 2023 yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

Kata kunci: Produktivitas, regresi linear berganda, optimalisasi produksi

I. PENDAHULUAN

Dalam aktivitas pertambangan, pemakaian alat mekanis tambang yang tidak maksimal hendak mengakibatkan pengaruh pada sasaran produksi yang ingin dicapai serta ongkos yang dikeluarkan (Alan dkk, 2021). Sehingga dibutuhkan analisis guna menghindari timbulnya hambatan dari proses operasi, dengan sokongan operator serta peralatan mekanis yang bekerja secara optimal agar sasaran produksi bisa terpenuhi. Beberapa aspek yang mempengaruhi produksi batubara salah satunya ialah produktivitas dari peralatan mekanis dalam pengupasan tanah penutup sehingga penggalian batubara bisa dilakukan.

PT Multi Harapan Utama (MHU) merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batubara yang memegang kontrak Perjanjian Karya Pengusahaan Pertambangan Batubara (PKP2B). Wilayah PKP2B perusahaan terletak di sekitar 60 km ke arah barat daya dari ibu kota Provinsi Kalimantan Timur, yakni kota Samarinda. Wilayah tersebut dilewati oleh Sungai Mahakam yang bermuara di Selat Makassar. Salah satu lokasi tambang batubara PT MHU yakni yang berlokasi di Desa Sentuk, Kecamatan Loa Kulu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Aktivitas penambangan dimulai dengan pengupasan tanah penutup dan lumpur asli, pemuatan (*loading*) tanah penutup dan lumpur asli serta pengangkutan (*hauling*) tanah penutup dan lumpur asli. Aktivitas berikutnya dilakukan pembongkaran, pemuatan dan pengangkutan batubara.

Kegiatan pengupasan lapisan tanah penutup yaitu pengupasan lapisan tanah penutup atau batuan yang berada di atas bahan galian dalam hal ini juga termasuk lumpur asli yang menjadi material ikutannya. Kegiatan pengupasan lumpur asli dilakukan di *pit* 40 Sub Blok *South* Sentuk menggunakan kombinasi alat mekanis yaitu 1

unit *excavator* Komatsu PC1250-8R dan 6 unit *rigid dump truck* Komatsu HD785-7 sebanyak 3 *fleet* yang diharapkan dapat mengakomodir pengupasan lumpur asli, tetapi target pengupasan lumpur asli yang diinginkan oleh perusahaan tidak tercapai. Dari target produksi pengupasan lumpur asli sebesar 561.520 BCM, perolehan produksi pada bulan Juni tahun 2023 hanya sekitar 73%, yaitu sebesar 410.493 BCM.

Oleh karena itu, perlu dilakukan pengkajian terhadap kinerja alat mekanis yang digunakan pada pengupasan lumpur asli agar produktivitasnya dapat ditingkatkan. Kajian yang dilakukan meliputi analisis terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi kegiatan pemuatan dan pengangkutan dalam meningkatkan produktivitas, serta perlu dilakukan perhitungan produktivitas aktual alat mekanis yang digunakan untuk mengetahui ketercapaian target produktivitas yang ditetapkan perusahaan. Selain itu, untuk menganalisis variabel faktor produksi yang paling krusial dan paling mempengaruhi nilai produktivitas, maka dilakukan analisis hubungan antara variabel faktor produksi terhadap nilai produktivitas dengan metode statistik regresi linear berganda. Komponen krusial ini akan menjadi fokus utama untuk dibenahi dalam perbaikan yang dilakukan sehingga target produksi pada bulan selanjutnya dapat terpenuhi.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan bersifat kuantitatif dan terdiri dari beberapa tahap meliputi persiapan penelitian, pengambilan data, pengolahan dan analisis data, serta pembuatan laporan. Tujuan dapat dicapai oleh beberapa tahapan penelitian yang sudah disusun secara sistematis dan menyesuaikan dengan target yang ingin dicapai. Diagram alir dan urutan pekerjaan

dibuat sebagai tahapan dari penelitian agar dapat dikerjakan secara sistematis dan terarah.

Tahap persiapan dilakukan sebelum pengambilan data untuk persiapan penelitian dengan mencari topik permasalahan dari literatur-literatur yang sudah ada yang selanjutnya akan dilakukan penelitian. Tahapan ini meliputi perumusan latar belakang penelitian dan studi literatur.

Sebelum dilakukan pengambilan data dilakukan orientasi dan observasi lapangan untuk mengetahui kondisi aktual dan permasalahan di lokasi penelitian. Data diperoleh baik melalui pengamatan secara langsung di lapangan maupun secara tidak langsung. Data yang diperoleh digunakan sebagai bahan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada, sehingga dapat diambil solusi yang tepat. Dari observasi dan investigasi di lapangan diperoleh kondisi aktual penambangan berupa metode penambangan, posisi material, pola pemuatan, serta hambatan atau kendala produksi yang terjadi. Pengambilan data yang diperlukan untuk perhitungan terbagi menjadi dua yaitu pengambilan untuk data primer dan data sekunder.

Pada data primer dilakukan pengambilan data langsung di lapangan. Data primer meliputi, waktu edar alat muat dan alat angkut, jumlah curah *bucket* aktual alat muat, dan waktu hambatan atau kendala produksi.

Selain data primer, dilakukan juga pengambilan data sekunder dari laporan penambangan bulan Juni 2023 dan dokumen *feasibility study* PT MHU. Data sekunder yang diambil meliputi data berat muatan pada alat angkut, target produksi pada bulan Juni 2023, jam kerja, waktu kerja alat, jumlah *fleet* yang beroperasi, spesifikasi alat, curah hujan, densitas lumpur asli, serta geologi lokal dan topografi.

Teknik pengolahan data dengan melakukan perhitungan yang selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel, grafik dan perhitungan penyelesaiannya. Pengolahan data untuk perhitungan dilakukan dengan *software* Microsoft Excel. Teknis pengolahan data yang dilakukan tahap pertama adalah menghitung data aktual atau sebelum peningkatan produksi. Pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi perhitungan nilai *match factor*, efisiensi kerja, faktor pengisian alat mekanis, produktivitas, waktu kerja efektif, serta produksi yang dapat dihasilkan alat mekanis dalam satu bulan.

Pada Analisa data melakukan keoptimalan data tiap aspek produksi akan dianalisis. Hasil dari analisis tersebut adalah aspek yang kurang optimal. Lalu selanjutnya akan dilakukan analisis variabel produktivitas yang paling berpengaruh

menggunakan regresi linear berganda. Hasil dari analisis regresi linear berganda adalah variabel yang paling berpengaruh serta urutan skala prioritas variabel produksi yang akan dievaluasi untuk pengoptimalan produksi. Selain skala prioritas variabel produksi, output dari metode regresi linear berganda yaitu prediksi nilai produktivitas alat mekanis pada kondisi terbaik dengan menggunakan persamaan regresi yang dihasilkan.

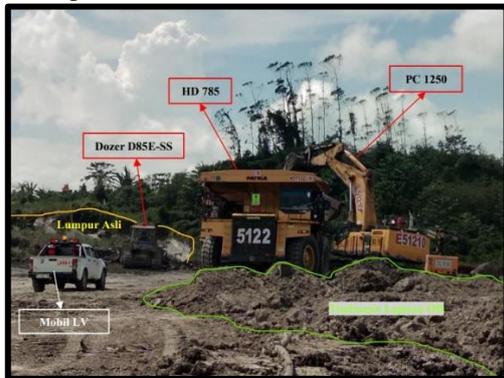
Setelah seluruh pengolahan dan analisis data selesai, maka dilanjutkan dengan pembuatan laporan penelitian untuk skripsi. Dari hasil pengolahan data yang dilakukan, diperoleh produktivitas aktual kegiatan pengupasan lumpur asli dari alat gali muat dan alat angkut yang telah dilakukan oleh perusahaan, beserta faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan kemampuan produksi alat gali muat maupun alat angkut yang digunakan. Dari permasalahan yang timbul dilakukan pengkajian berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan untuk menentukan kesimpulan dan alternatif saran serta solusi penyelesaian masalah yang dikaji. Hasil penelitian ini akan disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan perhitungan penyelesaiannya yang menjadi usulan dan rekomendasi bagi perusahaan agar target produksi pengupasan lumpur asli di bulan selanjutnya dapat tercapai.

III. HASIL

Kondisi *front* penambangan merupakan data yang dapat diambil melalui pengamatan langsung di lapangan. Kegiatan yang diamati adalah pola pemuatan saat di *loading point* dan jenis kegiatan pembongkaran material yang dilakukan. Tinjauan kondisi *front* penambangan dilakukan untuk menganalisis kondisi tempat kerja dan memastikan bahwa tempat kerja memenuhi standar yang ditetapkan. Hal ini penting karena kondisi tempat kerja dapat menjadi faktor penghambat produksi alat mekanis. Kondisi lapangan seperti keadaan jalan angkut, metode pemuatan serta sistem kerja alat muat dan alat angkut berpengaruh kepada waktu edar alat mekanis. Ketika musim kemarau permukaan jalan angkut menjadi berdebu yang mengakibatkan pandangan operator alat berat menjadi terganggu. Pada musim penghujan jalan angkut menjadi licin dan berkabut sehingga operator alat berat harus berhati-hati dan mengurangi kecepatan kendaraan. Kondisi cuaca pada waktu penelitian yaitu pada bulan Juni 2023, didominasi oleh musim hujan sehingga permukaan area kerja *front* penambangan dan jalan angkut cenderung sering licin dan berkabut.

Pengupasan lumpur asli dilakukan menggunakan alat muat *excavator* Komatsu PC

1250-8R. Kemudian hasil pengupasan dimuat ke alat angkut *rigid dump truck* Komatsu HD 785-7 sebanyak 6 unit untuk masing-masing alat muat. Dalam beroperasi, alat mekanis di lapangan dioperasikan oleh operator yang bekerja sebanyak 2 *shift*. Hasil pengamatan lapangan menunjukkan kondisi material pada *front* penambangan *pit* 40 *South* Sentuk termasuk ke dalam material lunak, sehingga membutuhkan material keras sebagai timbunan agar tidak amblas. Permukaan *front* termasuk tidak rata (*undulating*) sehingga membutuhkan alat *support* berupa *dozer* yang bersiap merapikan bekas penggalian alat muat serta material yang terkadang jatuh dari vessel alat angkut. Kondisi *front* penambangan *pit* 40 *South* Sentuk dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kondisi *Front* Penambangan

Pola pemuatan yang digunakan pada pengupasan lumpur asli di *pit* 40 *South* Sentuk adalah *bottom loading* dan *single back up*, yaitu alat muat berada di posisi jenjang atau kedudukan yang sama tinggi dengan alat angkut serta alat angkut memposisikan diri satu per satu untuk dimuati. Setelah alat angkut pertama sudah selesai dimuat, alat angkut kedua baru dapat melakukan manuver untuk dimuat di posisi alat angkut pertama (Gambar 2).



Gambar 2. Pola Pemuatan

Berdasarkan pengamatan di lapangan, pembongkaran material yang dilakukan menggunakan peledakan pembongkaran. Kegiatan peledakan dari pemboran lubang ledak sampai eksekusi peledakan dilaksanakan oleh kontraktor peledakan yaitu PT. Dahana. Sebelum

melakukan kegiatan peledakan, akan dilakukan pemboran lubang ledak yang dilakukan setiap hari di 2 *shift* yakni *shift* pagi dan *shift* malam. Setelah pemboran sudah selesai akan dilakukan pengisian material untuk peledakan dan akan dilakukan persiapan sebelum peledakan.

Dari hasil penelitian di lapangan, diperoleh bahwa faktor pengembangan (*swell factor*) yang ada di wilayah penambangan dapat dihitung berdasarkan pembagian densitas *loose* dan densitas *insitu*. Berdasarkan data yang diperoleh, densitas lumpur asli (*mud*) pada *pit* 40 *South* Sentuk dalam keadaan terkupas (*loose*) adalah 2 ton/m³ dan densitas lumpur asli dalam keadaan aslinya (*insitu*) adalah 2,64 ton/m³. Dengan demikian faktor pengembangan material (*swell factor*) lumpur asli adalah sebesar 0,76.

Dari hasil pengamatan didapatkan jumlah curah mangkuk aktual sampai alat angkut penuh. Jumlah pengamatan adalah 30 data disesuaikan dengan jumlah hari kerja dalam bulan Juni. Dari 30 pengamatan akan dilakukan pengolahan data sehingga didapatkan hasil seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Faktor Pengisian Mangkuk Alat Muat

Berat Muatan Pada Alat Angkut (Ton)	Jumlah Curah	Bobot isi (Ton/m ³)	Volume Nyata (m ³)	Volume Teoritis (m ³)	BFF (%)
81,62	8	2,00	5,10	6,70	76,13

Dari hasil pengolahan data didapatkan berat muatan bak aktual dari alat angkut. Data ini didapatkan melalui pendataan hasil penimbangan muatan di timbangan. Jumlah data berat muatan adalah 30 data yang selanjutnya dilakukan pengolahan data sehingga didapatkan hasil seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Faktor Pengisian Bak Alat Angkut

Berat Muatan Aktual Alat Angkut (Ton)	Kapasitas Bak Alat Angkut Teoritis (Ton)	Fill Factor (%)
81,62	100,00	81,62

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, didapatkan 2 waktu edar yang terdiri dari waktu edar alat muat dan waktu edar alat angkut. Total pengamatan yang dilakukan untuk waktu edar adalah 30 data untuk waktu edar alat muat dan 30 data untuk waktu edar alat angkut dengan pengambilan data dilakukan pada 1 operator dan alat berat dengan nomor lambung yang sama setiap harinya selama hari kerja di bulan Juni yakni 30 hari.

Pengamatan terhadap waktu edar alat muat meliputi: waktu untuk menggali dan mengisi mangkuk (Tm1), waktu untuk berputar dengan mangkuk bermuatan (Tm2), waktu untuk menumpahkan muatan ke vessel alat angkut (Tm3), dan waktu untuk kembali berputar saat mangkuk kosong (Tm4). Dari hasil pengolahan data, diperoleh estimasi rata-rata waktu edar alat

muat *excavator* Komatsu PC 1250-8R sebesar 27,25 detik dengan rincian yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Waktu Edar Alat Muat

Tm1 (detik)	Tm2 (detik)	Tm3 (detik)	Tm4 (detik)	Waktu Edar (detik)
11,48	6,62	3,64	5,50	27,25

Waktu edar alat angkut adalah periode waktu yang diperlukan untuk mengangkut material lumpur asli dari area *front* penambangan menuju ke *dumping area* atau *disposal*. Pengamatan terhadap waktu edar alat angkut meliputi : waktu manuver mengambil posisi saat akan dimuat (Ta1), waktu mengisi muatan ke bak alat angkut (Ta2), waktu perjalanan bermuatan dari pit menuju *disposal* (Ta3), waktu manuver mengambil posisi saat akan menumpahkan muatan ke *disposal* (Ta4), waktu saat melakukan penumpahan material dari *vessel* ke *disposal* (Ta5), dan waktu kembali kosong dari *disposal* menuju *pit* (Ta6). Dari hasil pengolahan data, diperoleh estimasi rata-rata waktu edar alat angkut *rigid dump truck* Komatsu HD 785-7 sebesar 1.419,72 detik dengan rincian yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Waktu Edar Alat Angkut

Ta1 (detik)	Ta2 (detik)	Ta3 (detik)	Ta4 (detik)	Ta5 (detik)	Ta6 (detik)	Waktu Edar (detik)
28,36	162,12	684,55	26,76	33,69	484,23	1.419,72

Kegiatan penambangan yang dilakukan di PT MHU memiliki waktu kerja setiap hari dari Senin sampai Minggu dengan total 30 hari pada bulan Juni 2023. Sementara itu jam kerja dibagi menjadi 2 (dua) *shift* dalam sehari. *Shift* 1 dimulai pada pukul 07.00 WITA sampai 18.00 WITA, sedangkan *shift* 2 dimulai pada pukul 19.00 WITA sampai 06.00 WITA. Adapun jadwal jam kerja penambangan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Jadwal Jam Kerja

Hari kerja	Waktu Kerja		Keterangan Istirahat (jam/shift)	Durasi Kerja (jam)
	Shift 1	Shift 2		
Senin	07.00-18.00	19.00-06.00	1	16
Selasa	07.00-18.00	19.00-06.00	1	16
Rabu	07.00-18.00	19.00-06.00	1	16
Kamis	07.00-18.00	19.00-06.00	1	16
Jumat	07.00-18.00	19.00-06.00	2	15
Sabtu	07.00-18.00	19.00-06.00	1	16
Minggu	07.00-18.00	19.00-06.00	1	16
Total Jam Kerja/Minggu				111

Pengambilan data lapangan pada bulan Juni 2023 dengan total waktu kerja:

Jumlah hari = 30 hari
 Jumlah hari Jumat = 5 hari
 Jumlah jam kerja efektif = (25 x 16 jam) + (5 x 15 jam)
 = 475 jam
 Jam kerja efektif per hari = 475 jam/30 hari
 = 15,83 jam/hari
 = 950 menit/hari

Dapat diketahui bahwa untuk waktu yang dapat digunakan untuk bekerja selama bulan Juni

2023 adalah sebesar 475 jam dengan jam kerja efektif setiap harinya sebesar 15,83 jam/hari.

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, waktu kerja alat dibedakan menjadi 4 bagian utama yakni *operational time*, *working hours*, *standby*, dan *repairs*. Data waktu kerja untuk alat muat dapat dilihat pada Tabel 6 dan data waktu kerja untuk alat angkut ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 6. Waktu Kerja Alat Muat

<i>Operational Time</i> (jam)	<i>Working hours</i> (jam)	<i>Standby</i> (jam)	<i>Repair</i> (jam)
720	366	263,57	90,43

kerja Alat Angkut

<i>Operational Time</i> (jam)	<i>Working hours</i> (jam)	<i>Standby</i> (jam)	<i>Repair</i> (jam)
720	416,60	253,81	49,59

Data pengamatan untuk kendala produksi dilakukan setiap harinya pada kedua *shift*. Berdasarkan pengamatan di lapangan, kendala produksi ini akan dibedakan menjadi 2 yaitu waktu henti (*idle time*) dan waktu tunda (*delay time*). Kendala produksi *idle time* meliputi hujan, kabut, *slippery*, dan *breakdown* alat. Sementara itu kendala produksi *delay time* meliputi sholat, istirahat, P5M dan perbaikan landasan *front*. Data hasil pengamatan kendala produksi alat mekanis ditunjukkan pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Tabel 8. Kendala Produksi Alat Muat

Kendala Produksi Alat Muat			
Kendala produksi yang tidak dapat ditekan		Kendala produksi yang dapat ditekan	
Keterangan	Waktu (jam)	Keterangan	Waktu (jam)
Hujan	42,44	Perbaikan Landasan <i>Front</i>	58,29
Kabut	7,95	P5M	2,54
<i>Breakdown</i> Alat	90,43	Terlambat Bekerja	8,86
<i>Slippery</i>	13,8	Istirahat Lebih Awal	11,73
Sholat	15	Istirahat Terlalu Lama	14,03
Istirahat dan Makan	37	Berhenti Sebelum <i>Shift</i> Berakhir	12,8
		<i>No Dozer</i>	39,13
Total kendala produksi yang tidak dapat ditekan	206,62	Total kendala produksi yang dapat ditekan	147,38
Total kendala produksi yang dapat ditekan dan tidak dapat ditekan		354	

Tabel 9. Kendala Produksi Alat Angkut

Kendala Produksi Alat Angkut			
Kendala produksi yang tidak dapat ditekan		Kendala produksi yang dapat ditekan	
Keterangan	Waktu (jam)	Keterangan	Waktu (jam)
Hujan	35,93	Perbaikan Landasan <i>Front</i>	57,16
Kabut	7,95	P5M	2,88
<i>Breakdown</i> Alat	49,59	Terlambat Bekerja	7,64
<i>Slippery</i>	13,47	Istirahat Lebih Awal	9,02
Sholat	15	Istirahat Terlalu Lama	9,29
Istirahat dan Makan	46	Berhenti Sebelum <i>Shift</i> Berakhir	11,65
		<i>No Dozer</i>	37,82
Total kendala produksi yang tidak dapat ditekan	167,94	Total kendala produksi yang dapat ditekan	135,46
Total kendala produksi yang dapat ditekan dan tidak dapat ditekan		303,4	

Efisiensi kerja dipengaruhi oleh kehilangan waktu kerja. Kehilangan waktu kerja alat mekanis menyebabkan berkurangnya waktu kerja efektif sehingga mengurangi nilai efisiensi kerjanya. Perhitungan efisiensi kerja digunakan untuk menghitung tingkat produksi aktual dengan mempertimbangkan waktu hambatan di lapangan untuk alat muat dan alat angkut.

Setelah dilakukan penjumlahan total waktu kendala-kendala produksi, diketahui bahwa durasi pada kendala perbaikan landasan *front* memakan waktu yang cukup besar yaitu 58,29 jam pada alat muat dan 57,16 jam pada alat angkut. Kendala tersebut merupakan kendala yang paling besar dibanding kendala *delay time* lainnya. Dari hasil observasi kendala yang terjadi di lapangan terhadap setiap alat muat dan alat angkut, selanjutnya dilakukan penghitungan ketersediaan alat muat dan alat angkut yang terdiri dari nilai Ketersediaan Mekanis (MA), Ketersediaan Fisik (PA), Ketersediaan Pemakaian (UA), dan Penggunaan Efektif (EU), yaitu waktu yang tersedia dikurangi dengan total waktu kendala produksi di setiap jenis alat gali-muat maupun alat angkut, sehingga diperoleh nilai ketersediaan alat mekanis yang ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Ketersediaan Alat Mekanis

Ketersediaan Alat Muat dan Alat Angkut				
Jenis Alat	MA (%)	PA (%)	UA (%)	EU (%)
Alat Muat Komatsu PC 1250	80,19%	87,44%	58,13%	50,83%
Alat Angkut Komatsu HD 785	89,36%	93,11%	62,14%	57,86%

Berdasarkan data perusahaan didapatkan kapasitas mangkuk alat muat sebesar 6,7 m³ dan faktor pengembangan material sebesar 0,76. Kemudian dari pengambilan data di lapangan didapatkan rata-rata waktu edar alat muat selama 27,25 detik dan jumlah alat muat *excavator* Komatsu PC 1250-8R sebanyak 3 unit. Kemudian dari pengolahan data didapatkan nilai efisiensi kerja untuk alat muat sebesar 50,83% dan faktor pengisian mangkuk sebesar 76,13%. Setelah data yang diperlukan sudah sesuai, selanjutnya dilakukan pengolahan data sehingga diperoleh nilai produktivitas untuk alat muat sebesar 777,93 bcm/jam dan hasil produksi alat muat sebesar 284.722,00 bcm selama bulan Juni 2023.

Dari data perusahaan didapatkan kapasitas bak alat angkut sebesar 60 m³ dan faktor pengembangan material sebesar 0,76. Lalu, dari pengambilan data di lapangan didapatkan rata-rata waktu edar alat angkut selama 1.419,72 detik, dan jumlah alat angkut *rigid dump truck* Komatsu HD 785-7 sebanyak 18 unit. Kemudian dari pengolahan data didapatkan efisiensi kerja untuk alat angkut sebesar 57,86% dan faktor pengisian bak sebesar 81,62%. Setelah data yang diperlukan sudah sesuai, dilakukan pengolahan data sehingga diperoleh nilai produktivitas alat angkut sebesar 979,01 bcm/jam dan hasil produksi alat angkut sebesar 407.855,14 bcm selama bulan Juni 2023.

Kontraktor yang diamati pada penelitian ini memiliki target produksi pengupasan lumpur asli bulan Juni 2023 sebesar 561.520 bcm. Dapat diketahui dari tabel hasil perhitungan bahwa

kemampuan alat muat dan alat angkut belum cukup untuk memenuhi target produksi yang diinginkan oleh perusahaan.

Penggunaan alat mekanis saat ini yaitu 18 unit alat angkut *rigid dump truck* Komatsu HD 785-7 dan 3 (tiga) unit alat muat *excavator* Komatsu PC 1250-8R. Berdasarkan data waktu edar alat muat dan angkut, serta jumlah alat mekanis yang digunakan dalam setiap kombinasi kerja, diperoleh nilai faktor keserasian kerja alat mekanis sebesar 0,92. Dari hasil perhitungan faktor keserasian kerja tersebut diketahui bahwa nilai MF < 1 yang menunjukkan alat angkut bekerja 100% dan alat muat bekerja kurang dari 100%. Sehingga terdapat waktu tunggu bagi alat muat karena menunggu alat angkut yang belum datang.

IV. Pembahasan

a. Analisis Regresi Linear Berganda Variabel Produktivitas

Ketercapaian produksi merupakan hal yang sangat penting dalam proses penambangan. Produksi aktual yang dicapai harus sesuai dengan target produksi yang telah direncanakan. Namun, beberapa faktor dapat menyebabkan terjadinya penurunan produksi sehingga produksi tidak tercapai. Dalam menghitung nilai produktivitas suatu alat mekanis dibutuhkan pertimbangan variabel-variabel yang mempengaruhi nilai produktivitas. Dalam rumus produktivitas, variabel fluktuatif yang selalu berubah-ubah dan mempengaruhi nilai produktivitas yaitu waktu edar, faktor pengisian, dan efisiensi kerja.

Analisis hubungan variabel faktor produktivitas dengan nilai produktivitas dilakukan dengan metode regresi linear berganda. Parameter waktu edar, faktor pengisian, dan efisiensi kerja dapat menjadi variabel independen yang mempengaruhi variabel dependen yaitu nilai produktivitas.

Analisis regresi linear berganda bertujuan untuk menentukan hubungan antara 1 variabel dependen dengan beberapa variabel independen serta mengetahui variabel independen yang memiliki hubungan paling kuat atau paling berpengaruh terhadap variabel dependen. Berdasarkan hasil analisis antara parameter produktivitas dan nilai produktivitas maka dapat diketahui bahwa 3 parameter produktivitas tersebut memiliki korelasi yaitu waktu edar, faktor pengisian, dan efisiensi kerja. Perpaduan ketiga parameter ini dapat melihat lebih jauh bagaimana pengaruh faktor parameter produktivitas terhadap nilai produktivitas. Semakin banyak variabel yang dipilih dapat meningkatkan keakuratan model regresi yang digunakan. Ketiga parameter tersebut digunakan

sebagai variabel independen dalam analisis regresi linear berganda. Parameter waktu edar digunakan sebagai X1, faktor pengisian sebagai X2, dan efisiensi kerja sebagai X3.

a) Regresi Linear Berganda Produktivitas Alat Muat

Berdasarkan hasil analisis regresi linear berganda hubungan nilai produktivitas alat muat dengan parameter produktivitas alat muat didapatkan nilai $a = 128,81$; nilai $b_1 = -16,37$; $b_2 = 428,10$; dan $b_3 = 525,08$. Rumus regresi linear berganda dapat dilihat pada Persamaan 7. Didapatkan nilai koefisien korelasi (R) = 0,98 yang menunjukkan bahwa nilai produktivitas alat muat dan tiga parameter produktivitas alat muat memiliki korelasi yang sangat kuat. Sementara itu, koefisien determinasi (R^2) = 0,95 yang bermakna bahwa nilai produktivitas alat muat dipengaruhi 95% oleh ketiga parameter produktivitas alat muat dan 5% oleh variabel lainnya. Nilai R^2 menunjukkan bahwa faktor parameter produktivitas alat muat memiliki pengaruh yang kuat terhadap nilai produktivitas alat muat.

$$\text{Produktivitas Alat Muat} = 128,81 - 16,37CTm + 428,10BFF + 525,08EUM \dots (7)$$

Koefisien regresi waktu edar alat muat = -16,37 yang dapat diartikan bahwa setiap adanya peningkatan pada variabel waktu edar alat muat sebesar satu poin, maka nilai variabel produktivitas alat muat akan mengalami penurunan sebesar 16,37 dengan asumsi variabel bebas lainnya tetap atau konstan. Koefisien regresi faktor pengisian mangkuk alat muat = 428,10 yang dapat diartikan bahwa setiap adanya peningkatan pada variabel faktor pengisian mangkuk alat muat sebesar satu poin, maka dapat meningkatkan nilai variabel produktivitas alat muat sebesar 428,10 dengan asumsi variabel bebas lainnya tetap atau konstan. Koefisien regresi efisiensi kerja alat muat = 525,08 yang dapat diartikan bahwa setiap adanya peningkatan pada variabel efisiensi kerja alat muat sebesar satu poin, maka dapat meningkatkan nilai variabel produktivitas alat muat sebesar 525,08 dengan asumsi variabel bebas lainnya tetap atau konstan.

b) Regresi Linear Berganda Produktivitas Alat Angkut

Berdasarkan hasil analisis regresi linear berganda hubungan nilai produktivitas alat angkut dengan parameter produktivitas alat angkut didapatkan nilai $a = -77,14$; nilai $b_1 = 0,01$; $b_2 = 77,74$; dan $b_3 = 101,90$. Rumus regresi linear berganda dapat dilihat pada Persamaan 8. Didapatkan nilai koefisien korelasi (R) = 0,994 yang menunjukkan bahwa nilai produktivitas alat

angkut dan tiga parameter produktivitas alat angkut memiliki korelasi yang sangat kuat. Sementara itu, koefisien determinasi (R^2) = 0,99 yang bermakna bahwa nilai produktivitas alat angkut dipengaruhi 99% oleh ketiga parameter produktivitas alat angkut dan 1% oleh variabel lainnya. Nilai R^2 menunjukkan bahwa parameter produktivitas alat angkut memiliki pengaruh yang kuat terhadap nilai produktivitas alat angkut.

$$\text{Produktivitas Alat Angkut} = -77,14 + 0,01CTa + 77,74VFF + 101,90EUA \dots (8)$$

Koefisien regresi waktu edar alat angkut = 0,01 yang dapat diartikan bahwa setiap adanya peningkatan pada variabel waktu edar alat angkut sebesar satu poin, maka dapat meningkatkan nilai variabel produktivitas alat angkut sebesar 0,01 dengan asumsi variabel bebas lainnya tetap atau konstan. Koefisien regresi faktor pengisian bak alat angkut = 77,74 yang dapat diartikan bahwa setiap adanya peningkatan pada variabel faktor pengisian bak alat angkut sebesar satu poin, maka dapat meningkatkan nilai variabel produktivitas alat angkut sebesar 77,74 dengan asumsi variabel bebas lainnya tetap atau konstan. Koefisien regresi efisiensi kerja alat angkut = 101,90 yang dapat diartikan bahwa setiap adanya peningkatan pada variabel efisiensi kerja alat angkut sebesar satu poin, maka dapat meningkatkan nilai variabel produktivitas alat angkut sebesar 101,90 dengan asumsi variabel bebas lainnya tetap atau konstan.

Setelah melakukan analisis regresi linear berganda, untuk menentukan variabel yang paling berpengaruh terhadap nilai produktivitas dapat dilihat dari nilai koefisien regresi untuk masing-masing variabel independen. Nilai koefisien regresi yang lebih besar menunjukkan bahwa variabel independen tersebut memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap variabel dependen. Berdasarkan nilai koefisien regresi masing-masing parameter produktivitas terhadap nilai produktivitas, diketahui bahwa variabel yang paling berpengaruh adalah parameter efisiensi kerja karena nilai koefisien regresinya lebih besar dibanding variabel lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa variabel efisiensi kerja memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap nilai produktivitas dibandingkan parameter lainnya. Oleh karena itu, parameter yang pertama kali harus dievaluasi untuk meningkatkan nilai produktivitas alat mekanis adalah parameter efisiensi kerja sebelum parameter lainnya. Semakin tinggi nilai efisiensi kerja, maka nilai produktivitas suatu alat mekanis dapat semakin baik.

Nilai R^2 yang dihasilkan dari analisis menunjukkan bahwa model regresi yang

dihasilkan cocok untuk dijadikan acuan dalam menentukan nilai produktivitas. Model regresi juga dapat dijadikan gambaran awal mengenai nilai produktivitas di lapangan dengan melihat faktor parameter produktivitas yang tersedia.

b. Analisis Faktor Penyebab Tidak Tercapainya Target Produktivitas Alat

1) Pola Pemuatan dan Jumlah Curah

Pola pemuatan berdasarkan kedudukan alat angkut terhadap alat muat dan jumlah alat angkut adalah *bottom loading* dan *single back up*. Alat muat PC 1250 berada di posisi jenjang atau kedudukan yang sama tinggi dengan alat angkut HD 785. Alat angkut memposisikan diri satu per satu untuk dimuat. Setelah alat angkut pertama sudah selesai dimuat, alat angkut kedua baru dapat melakukan manuver untuk dimuat di posisi alat angkut pertama. Pola pemuatan ini sesuai dengan kondisi di lapangan karena tidak memungkinkan untuk membuat 2 akses alat angkut.

Faktor pengisian aktual dari alat muat Komatsu PC 1250 memiliki nilai yaitu 76,13% serta 81,62% untuk alat angkut. Besarnya nilai ini belum mencapai target yang ditentukan perusahaan yaitu sebesar 95% untuk alat angkut dan 100% untuk alat muat sehingga dapat diketahui bahwa alat muat dan alat angkut masih bekerja dibawah standar kapasitas mangkuk dan baknya. Mengingat material yang dimuat adalah material lunak atau lumpur sehingga faktor pengisian alat muat sangat dipengaruhi oleh volume pemuatan mangkuk dari alat muat. Untuk itu, sebaiknya dalam proses pemuatan material ke mangkuk alat muat dapat dimaksimalkan sesuai dengan kapasitas mangkuknya.

Jumlah curah mangkuk alat muat PC 1250 atau jumlah pengisian *vessel* HD 785 pada lokasi penelitian di *pit* 40 yaitu sebanyak 8 kali curah. Jumlah curah ini cukup banyak sehingga waktu edar alat muat menjadi kurang optimal. Jumlah pengisian *vessel* ditentukan dengan memperhatikan kapasitas *bucket*, kapasitas *vessel*, serta faktor pengisiannya. Jumlah curah pengisian *vessel* juga dapat mempengaruhi waktu pemuatan atau *loading time* pada waktu edar dan berat muatan pada alat angkut. Berdasarkan kapasitas mangkuk alat muat 6,7 m³ dan bak alat angkut 60 m³, maka jumlah curah masih bisa dioptimalkan menjadi 7 kali curah serta memaksimalkan kedalaman penggalian *bucket* untuk meningkatkan volume muatan *bucket* per curahnya.

2) Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja dipengaruhi oleh kehilangan waktu kerja. Kehilangan waktu kerja menyebabkan berkurangnya waktu bekerja suatu alat sehingga mengurangi nilai efisiensi kerja.

Kehilangan waktu kerja alat muat dan alat angkut pada pengupasan lumpur asli diakibatkan oleh perbaikan landasan *front*.

Nilai efisiensi kerja alat muat di lokasi penelitian yaitu 46,67% dan 57,86% untuk alat angkut yang diketahui masih berada dibawah target perusahaan. Semakin banyak kehilangan waktu kerja maka semakin kecil nilai efisiensi kerja, sehingga menyebabkan produktivitas alat muat dan alat angkut semakin kecil. Begitu pula sebaliknya jika kehilangan waktu kerja semakin sedikit maka semakin besar pula produktivitas alat muat dan alat angkut.

3) Waktu Edar (Cycle Time)

Waktu edar merupakan satu siklus kerja pada suatu alat mekanis. Waktu edar alat mekanis terbagi menjadi beberapa tahapan. Target waktu edar alat muat yaitu 30 detik, sedangkan waktu edar aktual didapat rata-rata 27,25 detik. Sudah sesuai dengan target waktu edar alat muat yang direncanakan perusahaan.

Pada waktu edar alat angkut, yang paling lama adalah *travel full* dan *travel empty*, sehingga sangat berpengaruh pada waktu edar alat angkut Komatsu HD 785. Pada *fleet* pengupasan lumpur asli dengan jarak 4,1 km menghasilkan *travel full* sebesar 684,55 detik dan *travel empty* sebesar 484,23 detik. Sehingga didapatkan kecepatan rata-rata *travel full* sebesar 21,56 km/jam dan *travel empty* sebesar 30,48 km/jam dengan rata-rata kombinasi 26,02 km/jam. Sudah sesuai dengan target perusahaan yaitu *travel full* sebesar 20 km/jam dan *travel empty* sebesar 25 km/jam dengan rata-rata kombinasi 22,5 km/jam.

c. Evaluasi Peningkatan Produktivitas Alat Mekanis

1) Peningkatan Volume Pemuatan dan Pengurangan Jumlah Curah

Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas alat muat dari sisi faktor pengisian yaitu melalui peningkatan volume muatan per curah mangkuk alat muat sesuai dengan kapasitas teoritisnya. Hal ini dapat dilakukan dengan meningkatkan kedalaman penggalian mangkuk serta adanya sokongan unit *support* pada proses pengupasan lumpur asli. Dengan meningkatnya volume pemuatan mangkuk alat muat maka jumlah curahnya dapat dikurangi dari 8 kali menjadi 7 kali curah yang harus sejalan dengan pengoptimalan berat muatan standar pengisian bak alat angkut yang telah ditetapkan oleh perusahaan yaitu 95 ton dari kapasitas teoritis 100 ton. Dengan pengoptimalan tersebut, maka faktor pengisian yang awalnya 76,13% dan 81,62% bisa ditingkatkan menjadi 101,28% dan 95% karena mengalami pengurangan dalam jumlah curah serta peningkatan volume pemuatan material yang

terisi di mangkuk sehingga produktivitas alat muat dan alat angkut juga meningkat.

2) Perbaiki Waktu Kerja Efektif

Evaluasi kendala produksi yang dapat ditekan setelah ditotal dan dimasukkan ke dalam waktu *standby*, didapatkan *standby* berkurang dari 263,57 jam menjadi 183,48 jam pada alat muat dan 253,81 jam menjadi 188,01 pada alat angkut. Waktu *standby* tidak dapat diminimalisir lagi karena terdapat kendala produksi yang sudah tidak dapat ditekan seperti hujan, kabut, *slippery*, *breakdown* alat, sholat, istirahat dan makan, serta P5M. Setelah didapatkan waktu *standby* setelah evaluasi, *working hours* setelah evaluasi naik menjadi 446,09 jam pada alat muat dan 482,40 jam pada alat angkut. Diperoleh nilai efisiensi kerja (EU) meningkat sebesar 11% pada alat muat dan 9% pada alat angkut.

Dari hasil evaluasi, diketahui bahwa produktivitas meningkat menjadi 1.261,30 bcm/jam pada alat muat dan 1.319,53 pada alat angkut. Produktivitas alat muat dan alat angkut naik sehingga hasil produksi per bulannya juga naik menjadi 562.652,85 bcm dan 636.514,55 bcm. Jumlah produksi sudah melebihi kurang lebih 1.100 bcm pada alat muat dan 75.000 bcm pada alat angkut dari target produksi yang sudah ditetapkan oleh perusahaan. Kemudian dengan produksi alat angkut yang cukup besar setelah dievaluasi, maka jumlah alat angkut masih dapat dikurangi dari 18 unit menjadi 16 unit. Setelah pengurangan jumlah alat angkut, didapatkan produktivitas alat angkut sebesar 1.172,92 bcm/jam dan hasil produksi 565.814,71 bcm/bulan yang masih dapat mencapai target produksi perusahaan.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada setiap pihak yang membantu dalam penyusunan penelitian ini.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pada Bab V, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

1. Kemampuan produksi dari alat muat dan alat angkut dengan evaluasi yang dilakukan dapat memenuhi target produksi (561.520 bcm) dan dapat ditingkatkan menjadi sebesar 565.814,71 bcm/bulan.
2. Variabel yang paling berpengaruh terhadap nilai produktivitas adalah parameter efisiensi kerja dengan nilai koefisien regresi sebesar 525,08 pada alat muat dan 101,90 pada alat angkut.

3. Evaluasi peningkatan produktivitas alat muat dan alat angkut dapat dilakukan dengan cara:
 - a. Meningkatkan volume pemuatan material yang terisi di mangkuk alat muat serta menyesuaikan jumlah curah dari 8 menjadi 7 kali sehingga nilai faktor pengisian meningkat menjadi 101,28% pada alat muat dan 95% pada alat angkut.
 - b. Meningkatkan waktu jam kerja efektif dengan menekan kendala produksi yang dapat dihindari sehingga nilai Effective Utilization (EU) dapat meningkat sebesar 11% pada alat muat dan 9% pada alat angkut.
 - c. Mengurangi jumlah kebutuhan alat angkut sebanyak 2 unit untuk mengoptimalkan jumlah kebutuhan alat dan efisiensi ongkos produksi.

2. Saran

1. Meningkatkan pengawasan terhadap volume pemuatan alat mekanis agar sesuai dengan kapasitas mangkuk alat muat dan bak (*vessel*) alat angkut.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut terkait analisis kemampuan unit *support dozer* terhadap perbaikan dan pembuatan landasan *front* pada pengupasan lumpur asli.
4. Perlu adanya peningkatan kegiatan sosialisasi bagi para operator terutama penegasan SOP yang berlaku pada penggunaan waktu kerja agar dapat digunakan secara optimal sebagai upaya peningkatan efisiensi kerja dan produktivitas alat mekanis.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- Alan, M., Rianto, D. J., & Oktavia, M. (2021). *Evaluasi Kinerja Alat Mekanis Pada Kegiatan Pengupasan Tanah Penutup Di PT. Seluma Prima Coal Kecamatan Mandiangin Kabupaten Sarolangun. Mine Magazine*, 2(1), p.2.
- Burt, C.N., dan Caccetta, L. (2018): *Equipment Selection for Mining: with Case Studies*. Springer International Publishing, Switzerland.
- Ghozali, Imam. (2018). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 25*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.Padang.
- Gujarati, Damodar N. (2009). *Basic Econometrics, 5th Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Hasan, Iqbal. (2003). *Pokok-pokok Materi Statistik 2 (Statistik Interferensif)*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Hair, Jr. dan Joseph F. (2011). *Multivariate Data Analysis. 5th Edition*. New Jersey: PrenticeHall, Inc.York.

- Hustrulid, W., Kuchta, M., & Martin, R. (2013). *Open Pit Mine Planning & Design 3rd Edition*. Netherland: Fundamental: vol 1. CRC Press/Balkema.
- Indonesianto, Yanto. (2020). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Yogyakarta : Jurusan Teknik Pertambangan, UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Kadir, Efendi. (2008). *Diktat Pemindahan Tanah Mekanis*. Palembang: Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- Klanfar, M. (2021). *Influence of Crushed Rock Properties on the Productivity of a Hydraulic Excavator*. *Applied Sciences*, 11(5), p.6. Yogyakarta.
- Listyawan, A. B., Sahid, M. N., Mulyono, G. S., & Fadhlullah, H. K. (2021). *Analisis Produktivitas Alat Berat dan Biaya Pekerjaan Pemindahan Tanah Pada Pembangunan RSUD Pondok Aren Tangerang Selatan*. *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 14(1), p.8-12.
- Priyono. (2016). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Sidoarjo: Zifatama Publishing.
- Prodjosumarto, P. (1996). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Sarwono, J. (2006). *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sembiring, R.K. (1995). *Analisis Regresi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Sitindaon, D., & Harahap, M. H. (2014). *Pengaruh Penambahan Styrofoam Pada Pembuatan Beton Ringan Menggunakan Pasir Merah Labuhan Batu Selatan*. *Jurnal Einstein*, 2(3), p.3.
- _____. (2013). *Komatsu Specification and Application Handbook, 27th Edition*. Japan: Komatsu.
- _____. (2018). *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827/K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik*. Jakarta: Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- _____. (2020). *Caterpillar Performance Handbook, 49th Edition*. Peoria, Illinois, U.S.A. : Caterpillar Inc.
- _____. (2020). *Kajian Penggalan Soft Material*. Kutai Kartanegara: PT MHU.
- _____. (2020). *Komatsu Specification and Application Handbook, 31th Edition*. Japan: Komatsu.
- _____. (2023). *Annual Geotechnical Analysis, Pit 40 Sub Blok South Sentuk*. Kutai Kartanegara: PT MHU.
- _____. (2023). *Annual Rainfall Record*. Kutai Kartanegara: PT MHU.
- _____. (2023). *MHU Monthly Commitment and Production Record*. Kutai Kartanegara: PT MHU.