Optimalisasi Produktivitas Alat Gali–Angkut pada Penambangan Limestone Berdasarkan Analisis *Cycle Time* dan *Match Factor*

Ign Mahendradewa Adam[1*], Muhamad Rizky[2], Zahratul Muna[3]
Program Studi Teknik Pertambangan, Politeknik Batulicin[1,2,3]
*e-mail: adam@politeknikbatulicin.ac.id

ABSTRAK

Kegiatan penambangan batu kapur di PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk, Tarjun, memerlukan kinerja alat gali dan alat angkut yang optimal agar target produksi dapat tercapai secara efisien. Namun, dalam pelaksanaannya masih dijumpai perbedaan antara target dan realisasi produksi akibat berbagai hambatan operasional di lapangan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis produktivitas Excavator Komatsu PC 300 dan Dump Truck CWB 45 pada kegiatan penambangan batu kapur di Pit Blok B3 Kiri serta mengevaluasi keserasian kerja kedua alat. Metode yang digunakan adalah observasi langsung dengan pengambilan data *cycle time*, ritase, kapasitas muatan, serta perhitungan *planned availability* dan *match factor*. Hasil analisis menunjukkan bahwa selama satu shift tercatat 29 ritase dengan total produksi 650,76 ton dan produktivitas aktual sebesar 117,78 ton/jam, dengan nilai *planned availability* 69,06%. Nilai *match factor* sebesar 1,07 menandakan keserasian alat yang cukup baik, sehingga rendahnya produktivitas lebih disebabkan oleh kondisi jalan hauling yang licin dan menanjak, keterbatasan ruang front, fragmentasi batuan yang tidak merata, serta perbaikan jalan yang dilakukan bersamaan dengan operasi. Disarankan dilakukan perawatan rutin jalan tambang, penataan front loading, penjadwalan perbaikan di luar jam produksi, serta pencatatan ritase dan *cycle time* secara sistematis untuk meningkatkan efisiensi produksi.

Kata kunci : Batu Kapur; *Dump Truck*; *Excavator*; Produktivitas Alat; Tambang Terbuka

ABSTRACT

Limestone mining activities at PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk, Tarjun, require optimal performance of loading and hauling equipment to achieve production targets efficiently. In practice, discrepancies between planned and actual production are still observed due to various operational constraints in the field. This study aims to analyze the productivity of the Komatsu PC 300 excavator and CWB 45 dump truck in limestone mining operations at Pit Block B3 Left and to evaluate the compatibility between the two units. The method employed was direct field observation, including the collection of cycle time, hauling trips, payload capacity, and the calculation of planned availability and match factor. The results show that within one operational shift, 29 trips were recorded, producing a total of 650.76 tons with an actual productivity of 117.78 tons per hour and a planned availability value of 69.06%. A match factor of 1.07 indicates that the loading and hauling equipment are reasonably well matched. Therefore, the relatively low productivity is mainly influenced by field conditions rather than equipment incompatibility. The main constraints include slippery and steep hauling roads, limited loading front space, uneven rock fragmentation, and road and front maintenance conducted simultaneously with production activities. It is recommended to implement routine road maintenance, improve front loading arrangements, schedule maintenance outside peak production hours, and apply systematic monitoring of hauling trips and cycle time to enhance operational efficiency.

***Keywords* :** *Dump Truck; Equipment Productivity; Excavator; Limestone; Open Pit Mining*

PENDAHULUAN

Kegiatan penambangan batu kapur merupakan tahapan krusial dalam rantai produksi industri semen, karena batu kapur berfungsi sebagai bahan baku utama yang secara langsung menentukan kontinuitas dan kapasitas produksi pabrik. Pada konteks operasional tambang terbuka, keberhasilan pencapaian target produksi harian sangat ditentukan oleh efektivitas sistem pemindahan material, khususnya kombinasi alat gali-muat dan alat angkut. Ketidakefisienan pada salah satu komponen sistem ini akan berdampak langsung pada keterlambatan pasokan bahan baku, peningkatan biaya operasional, serta penurunan kinerja keseluruhan tambang. PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk, khususnya pada area Quarry Limestone Tarjun, menerapkan sistem penambangan terbuka dengan memanfaatkan Excavator Komatsu PC 300 sebagai alat gali-muat dan Dump Truck CWB 45 sebagai alat angkut. Secara teoritis, kombinasi alat gali dan angkut harus dirancang sedemikian rupa agar tercapai keserasian kerja yang optimal, sehingga waktu tunggu dapat diminimalkan dan produktivitas sistem meningkat. Produktivitas alat berat sendiri didefinisikan sebagai kemampuan alat dalam memindahkan material dalam satuan waktu tertentu, yang dipengaruhi oleh kapasitas alat, waktu siklus, efisiensi kerja, serta kondisi lapangan (Hartman & Mutmansky, 2002; Caterpillar, 2018).

Namun demikian, praktik operasional di lapangan menunjukkan bahwa pencapaian target produksi sering kali tidak sejalan dengan perencanaan yang tertuang dalam Rencana Kerja dan Anggaran Biaya (RKAB). Perbedaan ini disebabkan oleh berbagai faktor teknis dan non-teknis, seperti kondisi jalan hauling yang licin dan menanjak, keterbatasan ruang front loading, fragmentasi batuan yang tidak seragam, serta keterlambatan akibat aktivitas perbaikan jalan yang berlangsung bersamaan dengan operasi produksi. Faktor-faktor tersebut berdampak langsung terhadap *cycle time* alat, ritase dump truck, dan tingkat pemanfaatan waktu kerja efektif. Sejumlah penelitian terdahulu menekankan bahwa produktivitas alat gali dan angkut sangat sensitif terhadap perubahan *cycle time* dan kondisi operasional lapangan. Prodjosumarto (1993) menegaskan bahwa semakin panjang *cycle time*, maka semakin kecil ritase yang dapat dicapai, sehingga produktivitas sistem akan menurun. Studi lain juga menunjukkan bahwa keserasian alat gali-muat dan alat angkut yang diukur melalui match factor menjadi indikator penting dalam menilai apakah sistem kerja alat sudah berada pada kondisi ideal (Hartman & Mutmansky, 2002). Akan tetapi, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada pendekatan teoritis atau simulasi, dengan keterbatasan pada analisis empiris berbasis data lapangan yang spesifik terhadap kondisi tambang batu kapur.

Research gap dalam penelitian ini terletak pada minimnya kajian empiris yang secara simultan mengaitkan produktivitas aktual alat, tingkat ketersediaan alat (planned availability), serta keserasian alat (match factor) dengan kondisi nyata lapangan pada tambang batu kapur di Indonesia, khususnya pada konteks tambang yang beroperasi dalam satu shift dengan keterbatasan waktu kerja efektif. Penelitian sebelumnya umumnya menilai produktivitas alat secara terpisah, tanpa mengintegrasikan faktor teknis alat dan hambatan operasional lapangan secara komprehensif. Oleh karena itu, penelitian ini menghadirkan *novelty* berupa analisis terintegrasi produktivitas Excavator Komatsu PC 300 dan Dump Truck CWB 45 berbasis data aktual lapangan, dengan mengombinasikan perhitungan *cycle time*, ritase, planned availability, utilization availability, serta match factor. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi yang lebih presisi terhadap sumber utama ketidaktercapaian target produksi, apakah berasal dari ketidaksesuaian alat atau dominan dipengaruhi oleh kondisi operasional lapangan.

Secara metodologis, penelitian ini berbeda dari studi sebelumnya karena tidak hanya mengevaluasi potensi produktivitas teoritis, tetapi juga membandingkannya secara langsung dengan produktivitas aktual yang terjadi di lapangan. Dengan demikian, hasil penelitian mampu memberikan gambaran nyata mengenai selisih antara kinerja ideal dan kinerja aktual alat, sekaligus menegaskan peran faktor lingkungan kerja dalam menentukan efektivitas sistem gali-angkut (Caterpillar, 2018). Implikasi teoretis dari penelitian ini

adalah penguatan pemahaman bahwa optimalisasi produktivitas alat berat tidak dapat hanya bertumpu pada spesifikasi teknis alat, tetapi harus mempertimbangkan dinamika operasional lapangan secara menyeluruh. Sementara itu, implikasi praktisnya adalah tersedianya dasar rekomendasi yang aplikatif bagi perusahaan dalam melakukan perbaikan kondisi jalan hauling, penataan front loading, serta pengaturan jadwal perawatan agar tidak mengganggu jam produksi utama. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi secara signifikan terhadap peningkatan efisiensi operasional penambangan batu kapur dan pengembangan kajian produktivitas alat berat di sektor pertambangan terbuka.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan metode observasi langsung di lapangan untuk menganalisis produktivitas alat gali-muat dan alat angkut pada kegiatan penambangan batu kapur. Objek penelitian adalah Excavator Komatsu PC 300 dan Dump Truck CWB 45 yang beroperasi pada area Quarry Limestone PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk, Tarjun. Pengumpulan data dilakukan selama kegiatan operasional berlangsung dengan mencatat waktu siklus (*cycle time*), jumlah ritase, kapasitas muatan, serta waktu kerja efektif dan waktu kerja tersedia. Konsep produktivitas digunakan sebagai dasar analisis, yaitu jumlah material yang dapat dipindahkan dalam satuan waktu tertentu (Hartman & Mutmansky, 2002; Caterpillar, 2018). Produktivitas excavator dihitung dengan mempertimbangkan kapasitas bucket, *fill factor*, *swell factor*, densitas material, jumlah ayunan per siklus, serta *cycle time*. Sementara itu, produktivitas dump truck dianalisis berdasarkan ritase, waktu tempuh angkut, dan waktu bongkar muat. Analisis keserasian kerja alat gali dan angkut dilakukan menggunakan pendekatan *match factor*, yaitu perbandingan antara *cycle time* dump truck dan *cycle time* excavator. Nilai *match factor* mendekati satu menunjukkan kondisi kerja alat yang serasi, sedangkan nilai yang menyimpang mencerminkan adanya waktu tunggu salah satu alat (Prodjosumarto, 1993).

Selain itu, tingkat pemanfaatan alat dievaluasi melalui perhitungan *planned availability* dan *utilization availability*, yang masing-masing menunjukkan proporsi waktu kerja efektif terhadap waktu kerja tersedia serta tingkat penggunaan alat setelah memperhitungkan waktu tunda (*delay*). Seluruh data dianalisis secara kuantitatif untuk membandingkan produktivitas aktual dengan target produksi perusahaan dan mengidentifikasi faktor-faktor operasional yang memengaruhi kinerja alat. Selama proses pengumpulan data, penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) menjadi bagian integral dari metode penelitian. Pengamatan dilakukan dari lokasi aman di luar radius kerja alat, dengan penggunaan alat pelindung diri lengkap, serta koordinasi dengan pengawas lapangan untuk menghindari risiko kecelakaan. Pendekatan ini memastikan bahwa proses pengukuran produktivitas tidak mengganggu operasi tambang dan tetap memenuhi standar keselamatan kerja.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bidang Kerja

Selama pelaksanaan Praktik Kerja Industri di PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk, Tarjun, penulis ditempatkan di bawah Mining Department dan mengikuti berbagai kegiatan yang mencakup proses penambangan batu kapur, pemantauan produktivitas alat berat, serta kegiatan pendukung lainnya. Fokus utama praktik kerja adalah analisis produktivitas alat gali Komatsu PC 300 dan Dump Truck CWB 45, namun pada bulan pertama hingga bulan terakhir atau ketiga penulis juga berkesempatan untuk mengenal aspek lain dari kegiatan tambang dan operasional pendukung yang bersifat edukatif dan teknis. *Seperti kegiatan blasting,pemetaan argisc*

Kegiatan Praktik Kerja Industri

Selama bulan pertama pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan (PKL), penulis melaksanakan serangkaian kegiatan utama dan kegiatan pendukung yang berfokus pada analisis produktivitas alat berat pada kegiatan penambangan batu kapur di Pit Blok B3 Kiri PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk, Tarjun, Kabupaten Kotabaru, Provinsi Kalimantan Selatan. Kegiatan utama yang dilakukan meliputi observasi langsung kinerja alat gali Excavator PC 300 dan alat angkut Dump Truck CWB 45 di area front penambangan, pengambilan data *cycle time* dan ritase secara sistematis selama jam operasi, serta pencatatan kondisi operasional lapangan yang mencakup kondisi front kerja, kondisi jalan hauling, dan efisiensi kerja alat. Data yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menghitung produktivitas aktual alat gali Excavator PC 300 dan mengevaluasi ketercapaian target produksi. Selain kegiatan utama tersebut, penulis juga mengikuti kegiatan pendukung dan edukasi tambahan berupa pembelajaran penggunaan drone untuk keperluan pemetaan dan dokumentasi area kerja, yang bertujuan untuk meningkatkan pemahaman spasial terhadap kondisi tambang serta mendukung kegiatan analisis dan pelaporan.



Gambar 1. Belajar Menggunakan Drone

Sebagai lanjutan dari kegiatan pendukung, penulis juga terlibat dalam kegiatan pembibitan reklamasi yang bertujuan untuk mendukung upaya pemulihan lingkungan pascatambang. Kegiatan ini diawali dengan pengenalan berbagai jenis tanaman *cover crop* yang umum digunakan dalam reklamasi area bekas tambang, termasuk pemahaman mengenai fungsi ekologisnya dalam mengendalikan erosi, meningkatkan kesuburan tanah, serta mempercepat proses revegetasi. Selanjutnya, penulis mempelajari dan terlibat langsung dalam proses penyemaian awal, mulai dari persiapan media tanam, teknik penaburan benih, hingga perawatan bibit pada fase awal pertumbuhan, sehingga memberikan gambaran komprehensif mengenai tahapan awal reklamasi sebagai bagian integral dari praktik pertambangan yang berkelanjutan.



Gambar 2. Pengenalan Jenis Tanaman Reklamasi

Selain itu, penulis juga memperoleh pengenalan terhadap alat *mimic monitor* yang digunakan untuk memantau kondisi sistem dan sinyal kerja dalam *operbin* (operational bin). Kegiatan ini mencakup pemahaman fungsi panel *mimic* dalam menampilkan alur proses operasional, status peralatan, serta indikator kerja secara real time, sehingga memudahkan operator dan pengawas dalam melakukan pengendalian operasi. Melalui pengenalan ini, penulis memahami peran *mimic monitor* sebagai sarana pendukung pengambilan keputusan yang cepat dan akurat, khususnya dalam mendeteksi gangguan sistem, memastikan kelancaran aliran material, serta menjaga stabilitas dan efisiensi proses operasional secara keseluruhan.



Gambar 3. Pengenalan *Mimic* Monitor

Selanjutnya, penulis turut serta dalam kegiatan pengecekan kelistrikan pada *operbin* bersama tim kelistrikan untuk memahami fungsi-fungsi kontrol kelistrikan dalam sistem operasional. Kegiatan ini meliputi pengenalan komponen utama kelistrikan, seperti panel kontrol, sistem pengaman, serta rangkaian pendukung yang berperan dalam mengatur dan menjaga kestabilan operasi *operbin*. Melalui keterlibatan langsung dalam proses pengecekan, penulis memperoleh pemahaman mengenai alur kerja sistem kelistrikan, prosedur keselamatan yang harus diterapkan, serta pentingnya koordinasi antara tim operasional dan kelistrikan dalam mencegah gangguan teknis dan memastikan proses penanganan material berjalan secara aman, andal, dan efisien.



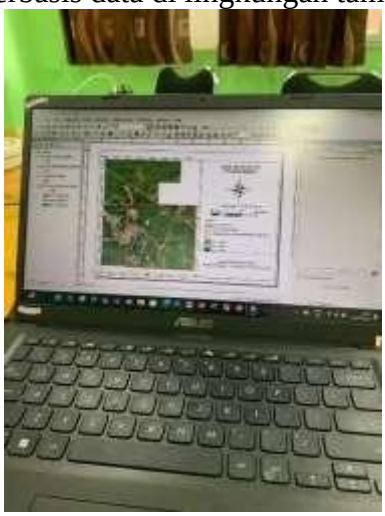
Gambar 4. Pengenalan Jenis Tanaman

Selain itu, penulis mempelajari penggunaan GPS Garmin untuk menentukan titik koordinat pemboran di lapangan. Kegiatan ini meliputi pemahaman cara membaca dan menginterpretasikan koordinat geografis, melakukan penentuan posisi (*positioning*), serta memplot titik bor sesuai dengan *layout* yang telah ditetapkan oleh tim engineering. Melalui praktik langsung, penulis memahami pentingnya ketelitian dalam penentuan koordinat pemboran guna menjamin kesesuaian antara rencana teknis dan pelaksanaan di lapangan, meminimalkan deviasi posisi, serta mendukung kelancaran dan keselamatan kegiatan pemboran pada area penambangan batu kapur.



Gambar 5. Penggunaan GPS Garmin

Penulis memperoleh pembelajaran mengenai penggunaan perangkat lunak *ArcGIS* untuk mengolah dan menampilkan data spasial yang berkaitan dengan pemetaan tambang. Kegiatan ini mencakup pengenalan antarmuka dan fungsi dasar *ArcGIS*, pengolahan data koordinat hasil pengukuran lapangan, serta penyajian peta tematik yang menggambarkan kondisi area penambangan. Melalui penggunaan perangkat lunak ini, penulis memahami peran sistem informasi geografis dalam mendukung perencanaan, pengawasan, dan evaluasi kegiatan penambangan, khususnya dalam meningkatkan akurasi pemetaan, integrasi data spasial, serta pengambilan keputusan berbasis data di lingkungan tambang.



Gambar 6. Belajar Penggunaan Perangkat Lunak ArcGIS

Selain itu, penulis mendapatkan pengenalan terhadap alat *total station* Nikon 3.C, termasuk pemahaman mengenai prinsip kerja serta cara pengukuran koordinat dan elevasi. Kegiatan ini dilakukan untuk mendukung pelaksanaan survei dan pemetaan topografi di area tambang, mulai dari penentuan titik kontrol hingga pengambilan data posisi dan ketinggian permukaan lahan. Melalui praktik penggunaan *total station*, penulis memahami pentingnya ketelitian dan akurasi pengukuran dalam menghasilkan data topografi yang andal, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar perencanaan penambangan, evaluasi kemajuan tambang, serta pengendalian kegiatan operasional secara keseluruhan.



Gambar 7. Pengenalan Alat *Total Station* Nikon 3.C

Prosedur Kerja yang Diamati

Prosedur kerja yang diamati dalam kegiatan ini difokuskan pada pengukuran dan analisis produktivitas alat gali–angkut, khususnya Excavator Komatsu PC 300 dan Dump Truck CWB 45. Pengamatan dilakukan dengan mencatat *cycle time* excavator pada setiap rit, yang meliputi waktu penggalian, ayunan bermuatan menuju dump truck, proses dumping material ke bak angkut, serta ayunan kosong kembali ke posisi gali. Selain itu, *cycle time* dump truck dicatat secara menyeluruh sejak unit menunggu di *loading point*, proses pemuatan, perjalanan menuju *dumping point*, pembongkaran muatan, hingga kembali ke front penambangan. Data waktu siklus tersebut kemudian diolah untuk menghitung produktivitas aktual alat, sehingga diperoleh gambaran kuantitatif mengenai kinerja operasional alat berat serta tingkat pencapaian produksi terhadap target yang ditetapkan. Prosedur ini memungkinkan identifikasi hambatan operasional yang memengaruhi efisiensi kerja alat, baik yang bersumber dari kondisi teknis alat maupun dari faktor lingkungan kerja di lapangan.

Selain kegiatan analisis produktivitas, prosedur kerja yang diamati juga mencakup pemanfaatan teknologi pendukung dan kegiatan rehabilitasi tambang. Drone digunakan untuk pemantauan area reklamasi serta pembuatan visualisasi kontur area tambang, yang berfungsi sebagai dasar evaluasi kondisi lahan dan perencanaan tindak lanjut reklamasi. Sementara itu, GPS Garmin dimanfaatkan untuk menentukan dan memverifikasi titik koordinat pemboran dengan mencocokkan posisi aktual di lapangan terhadap *layout* peta bor yang disusun oleh tim engineering. Pada aspek rehabilitasi dan monitoring, kegiatan pembibitan tanaman dilakukan di *nursery area* sebagai bagian dari persiapan reklamasi lahan bekas tambang. Selain itu, pengecekan *mimic monitor* dan *operbin* dilaksanakan bersama tim instrumen dan kelistrikan untuk memastikan sistem pemantauan dan kontrol operasional berjalan dengan baik, sehingga mendukung kelancaran, keselamatan, dan keberlanjutan kegiatan penambangan secara keseluruhan.



Gambar 8. Kegiatan Produktivitas Alat

Data Lapangan

Kegiatan penambangan batu kapur di PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk, Tarjun dilaksanakan dengan metode tambang terbuka (*open pit*), yang menuntut koordinasi optimal antara sistem penggalian dan pengangkutan material dari front penambangan menuju *crusher*. Dalam sistem ini, excavator Komatsu PC 300 berperan sebagai alat gali-muat utama, sedangkan dump truck CWB 45 digunakan sebagai alat angkut. Operasi produksi direncanakan berlangsung dalam satu shift kerja berdurasi 8 jam, namun hasil pengamatan lapangan menunjukkan bahwa waktu kerja efektif yang benar-benar dimanfaatkan untuk kegiatan produksi hanya mencapai 5 jam 31 menit atau sekitar 331 menit. Sisa waktu kerja digunakan untuk aktivitas non-produktif, seperti perbaikan jalan tambang yang licin dan menanjak, waktu istirahat, serta antrean dump truck di area *loading point*. Kondisi ini mencerminkan adanya kesenjangan antara waktu kerja terencana dan realisasi di lapangan, yang secara langsung berdampak pada rendahnya tingkat pemanfaatan alat dan pencapaian target produksi harian.

Lebih lanjut, hambatan operasional yang memengaruhi kinerja produksi dapat diklasifikasikan menjadi hambatan teknis dan hambatan alam atau lingkungan. Hambatan teknis meliputi keterbatasan bahan peledak atau keterlambatan proses *charging* dan *blasting* yang berdampak pada kesiapan front, kegiatan perbaikan dan perataan jalan yang memperlambat aliran hauling, serta penanganan jalan licin yang membutuhkan waktu tambahan. Sementara itu, hambatan alam atau lingkungan mencakup kondisi jalan tambang yang licin atau rusak sehingga menurunkan kecepatan angkut, keterbatasan lebar front atau *loading point* yang menyulitkan dump truck melakukan posisi *spotting* secara optimal di depan excavator, serta risiko selip pada jalan licin yang menyebabkan dump truck kesulitan memperoleh traksi ketika membawa muatan penuh. Kombinasi berbagai hambatan tersebut berimplikasi pada meningkatnya *cycle time*, menurunnya ritase, dan pada akhirnya berdampak langsung terhadap produktivitas aktual alat gali-muat dan alat angkut pada Blok B3 Kiri.

Tabel 1. Data DT

Jadwal Kerja	Keterangan	Waktu(menit/jam)
07.00-07.05	Persiapan	5 menit
07.05-07.10	P5M	5 menit
07.10-07.30	Persiapan operator DT dan PC ke Fleet	20 menit
07.30-11.40	Oprasi	4 Jam
11.40-12.00	Blasting 1	20 menit
12.00-12.30	Istirahat	30 menit
12.30-12.40	Blasting 2	20 menit
12.50-14.35	Oprasi	1 jam 45 menit
14.35-15-00	Closing data	25 menit

Tabel 2. Data PC300/Unit

Parameter	Satuan	Nilai	Keterangan
Kapasitas Bucket (Cb)	M^3	2,2	Sesusai spesifikasi PC300
Fill Factor (Ff)	-	0,85	Untuk material limestone
Swell Factor(Sf)	M^3	1,335	Asumsi umum limestone
Cycle Time (Ct)	Detik	107	Rata rata diukur dengan stopwatch (n=107)
Efesiensi Kerja (E)	%	69,06	Observasi & catatan downtime
Produktivitas (Qe)	BCM/hari	1.601,1	Hasil perhitungan

Tabel 3. Data Final (BLOK B3 KIRI)

Parameter	Satuan	Nilai/Observasi
Jumlah PC	Unit	1
Jumlah DT	Unit	3
Waktu Operasi Efektif	Jam/shift	5,5
Muatan nominal truk	Ton/ritase	22,44
Produktivitas actual per jam	Ton/Jam	533,7
Produktivitas actual per shift	Ton/shift	1.601,1
Target produksi per jam	Ton/jam	1700

Tabel 4. Data Ritase *Dump Truck* CWB45 (1 Shift)

Trip	Spot load (min)	loading (min)	hauling (min)	Spot dump (min)	dump (min)	return (min)	delay (min)	Idle (min)	CT total (min)
1	1,83	1,77	2,47	0,66	1,52	3,14	30,05	2,5	11,39
2	0,78	1,56	3,84	0,59	1,48	3,59		1,02	11,3
3	0,83	2,95	2,21	0,64	1,55	3,89		2,01	11,25
4	0,66	1,94	2,1	0,66	1,49	3		3,5	9,42
5	1,18	2,15	2,24	0,63	1,51	3,12		1,28	10,83
6	1,27	1,74	3,31	0,86	1,46	3,13		1,02	11,77
7	1,19	1,64	3,02	0,8	1,53	2,15		1,33	11,33
8	0,98	1,7	3,32	0,77	1,5	3,16		0,5	11,43
9	1,02	1,48	1,53	0,66	1,47	3,18		0,45	9,34
10	0,95	1,5	1,60	0,9	1,54	3,19	25,05	1,5	9,68
11	1,02	1,61	3,49	0,56	1,45	3,21		0,1	11,34
12	0,64	1,14	4,41	0,55	1,54	3,22		1,52	11,5
13	0,92	2,73	1,39	0,75	1,5	3,23		2,25	10,52
14	1,08	1,54	4,77	0,55	1,49	3,24		1,28	12,67
15	1,87	1,55	3,59	0,72	1,52	3,25		1,67	12,5
16	1,06	1,71	7,63	0,82	1,48	3,87		1,52	15,96
17	1,98	1,64	6,55	0,68	1,55	3,69		1,98	15,67
18	0,89	1,7	2,34	0,84	1,46	2,27		1,52	10,5
19	0,98	1,48	3,54	0,77	1,51	3,28		2,25	11,52
20	1,02	1,5	1,88	0,81	1,53	2,29		1,28	10,03
21	0,95	1,61	2,36	0,86	1,47	3,29		1,67	10,34
22	0,78	1,14	4,29	0,63	1,54	3,29		1,52	11,67
23	0,83	2,73	2,33	0,87	1,5	3,3		1,28	11,56
24	0,66	1,54	2,76	0,79	1,45	3,38		1,02	10,5
25	1,18	1,55	3,01	0,67	1,56	3,3		1,33	11,27
26	1,87	1,71	2,21	0,79	1,48	3,3		2,25	11,36
27	1,06	1,56	2,32	0,9	1,52	3,31		1,28	10,67
28	0,98	2,95	3,10	0,75	1,49	3,4		1,67	12,67
29	0,88	1,94	3,08	0,65	1,51	3,3		1,52	11,36

Rata2		1,78							11,43

Analisis Data

Analisis produksi dump truck (DT) dan *excavator* PC300 dilakukan berdasarkan data operasional lapangan untuk mengevaluasi pencapaian target produksi sebesar 1.700 ton/jam. Berdasarkan hasil pengamatan, sistem hauling menggunakan dump truck CWB 45 dengan waktu siklus rata-rata (*cycle time*, CT_DT) 11,43 menit, muatan per ritase 22,44 ton, dan waktu operasi efektif 5,5 jam per shift. Jumlah ritase per jam dihitung menggunakan persamaan ritase/jam = 60 / CT_DT = 60 / 11,43 = 5,25 ritase/jam. Dengan demikian, produksi per unit dump truck dihitung menggunakan rumus produksi per truk = ritase/jam × muatan/ritase × waktu efektif, yaitu 5,24 × 22,44 × 5,5 = 646,72 ton/unit/shift. Untuk armada sebanyak tiga unit dump truck, produksi total armada menjadi 646,72 × 3 = 1.940,16 ton/shift. Produktivitas per jam kemudian diperoleh dari persamaan produksi/jam = produksi total / waktu efektif = 1.940,16 / 5,5 = 352,75 ton/jam, yang menunjukkan bahwa produksi aktual masih jauh di bawah target produksi yang direncanakan.

Perhitungan muatan dan produktivitas didasarkan pada parameter teknis *excavator* PC300 dan kondisi material. Volume material per ritase dihitung menggunakan rumus V_ritase = jumlah swing × kapasitas bucket × fill factor = 6 × 2,20 × 0,85 = 11,22 m³. Densitas material lepas (*loose density*) diperoleh dari persamaan ρ_loose = ρ_bank / swell factor = 2.670 / 1,335 ≈ 2.000 kg/m³. Dengan demikian, muatan per ritase dump truck adalah W_DT = V_ritase × ρ_loose = 11,22 × 2.000 = 22.440 kg atau 22,44 ton. Total muatan yang terangkut selama 29 ritase dihitung dengan rumus W_total = 22,44 × 29 = 650,76 ton. Produktivitas aktual alat dihitung menggunakan persamaan Q = W_total / waktu efektif = 650,76 / 5,52 = 117,89 ton/jam, yang mencerminkan tingkat produksi aktual *excavator*–dump truck pada kondisi lapangan saat pengamatan.

Tingkat ketersediaan alat dianalisis melalui Planned Availability (PA) dan Utilization Availability (UA). Berdasarkan data lapangan, waktu kerja efektif alat adalah 331 menit dari total waktu kerja tersedia 480 menit. Planned Availability dihitung menggunakan rumus PA = (waktu kerja efektif / waktu kerja tersedia) × 100% = (331 / 480) × 100% = 69,06%. Nilai ini menunjukkan bahwa hanya sekitar 69,06% waktu kerja tersedia yang dimanfaatkan secara produktif, sedangkan 30,94% sisanya hilang akibat delay dan hambatan operasional. *Utilization Availability* (UA) dihitung dengan rumus yang sama, yaitu UA = (331 / 480) × 100% = 69,06%, yang mengindikasikan bahwa tingkat pemanfaatan alat masih belum optimal. Kehilangan waktu tercatat sekitar 150 menit, terdiri atas 55 menit delay teridentifikasi akibat perbaikan jalan dan kondisi front, serta 95 menit idle atau standby karena antrean alat dan keterbatasan akses jalan.

Keserasian kerja antara *excavator* PC300 dan dump truck CWB 45 dianalisis menggunakan Match Factor (MF). *Cycle time excavator* untuk mengisi satu dump truck dihitung dengan rumus CT_PC = waktu rata-rata per swing × jumlah swing = 1,7848 × 6 = 10,71 menit. Match Factor kemudian dihitung menggunakan persamaan MF = CT_DT / CT_PC = 11,43 / 10,71 = 1,07. Nilai MF yang mendekati 1 menunjukkan bahwa keserasian alat gali-muat dan alat angkut tergolong baik, meskipun dump truck cenderung sedikit menunggu *excavator*. Analisis volume angkut per jam menunjukkan bahwa satu dump truck mampu melakukan 5,25 ritase/jam, sehingga volume bank per jam adalah BCM/jam = 11,22 × 5,25 = 58,90 m³/jam, dan volume loose per jam adalah 58,90 × 1,335 = 78,65 m³/jam. Meskipun secara teoritis sistem alat sudah relatif serasi, produktivitas aktual masih rendah akibat hambatan lapangan, terutama kondisi jalan licin dan menanjak, front loading yang sempit dan tidak rata, aktivitas perbaikan yang bersamaan dengan operasi, serta antrean dump truck. Oleh karena itu, peningkatan produktivitas direkomendasikan melalui perbaikan dan perawatan jalan hauling, penataan front agar manuver dump truck lebih lancar, pengaturan lalu lintas hauling untuk mengurangi antrean, serta penggunaan material kasar atau kerikil guna meningkatkan traksi dan menstabilkan *cycle time*.



Gambar 9. DT *Idle*

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis selama pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk, Tarjun, dapat disimpulkan bahwa kinerja kombinasi alat gali–muat dan alat angkut secara teknis tergolong cukup baik, namun belum optimal dari sisi pemanfaatan waktu kerja. Jumlah ritase yang tercatat sebanyak 29 trip menghasilkan total produksi sebesar 650,76 ton, dengan produktivitas aktual mencapai 117,78 ton/jam dan nilai Planned Availability (PA) sebesar 69,06%. Hal ini menunjukkan bahwa masih terdapat kehilangan waktu kerja yang cukup signifikan. Nilai Match Factor (MF) sebesar 1,07 mengindikasikan keserasian yang relatif baik antara excavator dan dump truck, sehingga rendahnya produktivitas lebih dominan dipengaruhi oleh kondisi operasional lapangan, seperti jalan tambang yang licin dan menanjak, keterbatasan ruang di area front, fragmentasi batuan yang tidak merata, serta aktivitas perbaikan jalan dan front yang dilakukan bersamaan dengan operasi penambangan.

Sehubungan dengan temuan tersebut, disarankan agar perusahaan melakukan perawatan dan peningkatan kualitas jalan tambang secara rutin, khususnya pada jalur hauling dan area tanjakan, dengan penggunaan material yang dapat meningkatkan traksi guna menjaga kestabilan cycle time dan mengurangi delay. Selain itu, penataan area front perlu ditingkatkan dengan memperluas ruang kerja dan mengatur jalur manuver dump truck agar waktu idle dan antrean dapat diminimalkan. Pekerjaan perbaikan jalan dan perataan front sebaiknya dijadwalkan di luar jam produksi utama untuk menghindari gangguan operasional. Sebagai upaya pengendalian berkelanjutan, pencatatan ritase dan cycle time secara sistematis melalui penerapan fleet management system direkomendasikan agar kinerja alat dapat dipantau secara real-time dan hambatan operasional dapat diidentifikasi serta ditangani lebih cepat.

DAFTAR PUSTAKA

Ahlawat, R., & Bandyopadhyay, S. (2021). Optimization of shovel–truck system for surface mining. *International Journal of Mining Science and Technology, 31*(3), 457–466. https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2020.11.005

Badan Standardisasi Nasional. (2001). *Pedoman umum perencanaan tambang terbuka batuan industri (SNI 13-6483-2001)*. BSN.

Caterpillar Inc. (2018). *Performance handbook* (48th ed.). Caterpillar Inc.

Dassault Systèmes. (2020). *Surpac software manual: Mine planning and design module*. Dassault Systèmes.

Halim, A. (2016). *Alat berat untuk proyek konstruksi*. Erlangga.

Hartman, H. L., & Mutmansky, J. M. (2002). *Introductory mining engineering* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Koesnaryo, H. (2017). *Manajemen peralatan tambang*. Penerbit Universitas Indonesia.

Laporan Tugas Akhir Mahasiswa Politeknik Batulicin. (2023). *Hubungan standar parameter kesesuaian front terhadap produktivitas alat angkut dan alat muat*.

Partanto, P. (2013). *Teknik pertambangan: Eksploitasi tambang terbuka*. ITB Press.

Prodjosumarto, P. (1993). *Pemindahan tanah mekanis*. PT Gramedia.

PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. (2025). *Data operasional dan produksi* (Wawancara langsung). Tarjun, Kalimantan Selatan.

PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. (2025). *Laporan shift produksi dan ritase alat* (Dokumen internal produksi). Tarjun, Kalimantan Selatan.

Widiatmoko, B. (2015). *Perencanaan tambang terbuka*. Penerbit ANDI.