

Evaluasi Teknis Geometri *Loading Front* untuk Meningkatkan Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut di Pit North Main Ridge PT J Resources Bolaang Mongondow Site Bakan, Sulawesi Utara

Vhinsky Efraim Pinontoan¹, Barlian Dwinagara, Shofa Rijalul Haq, Indun Titisariwati

¹UPN “Veteran” Yogyakarta

Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral dan Energi, UPN “Veteran” Yogyakarta,
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Yogyakarta 55283 Indonesia

*email: pinontoanvhinsky@gmail.com

ABSTRACT

PT J Resources Bolaang Mongondow (PT JRBM) Bakan site is one of the subsidiaries of PT J Resources Asia Pacific Tbk (PSAB), which is a gold mining company, with a surface mining system and open pit mining method. In excavation and loading activities at PT JRBM, especially in the North Main Ridge pit, Volvo EC480D and Hitachi Zaxis 870LCH excavators are used. Both tools have productivity targets that have been set, namely 350 tons / hour and 650 tons / hour. While in hauling activities, the transport equipment used is the Liugong DW90A dump truck, as well as the Volvo A40G and A60H articulated dump trucks (ADT).

Based on observations in the field and the results of data processing, several excavators in the North Main Ridge pit have not met the set productivity targets. This is due to loading front geometries that are too narrow and low, causing a decrease in the productivity of the excavators. In addition, narrow loading fronts can also increase the maneuvering time of the hauling units which causes low productivity.

The purpose of this study is to design the optimal geometry of the loading front in the North Main Ridge pit, analyze the correlation between the loading front geometry and the productivity of the excavating equipment, and analyze the correlation between of loading front width and the productivity of the hauling units. In the loading front of the Volvo EC480D excavator, the observed loading front height ranged from 1.46 - 2.15 meters and the loading front width ranged from 10.86 - 19.49 meters. As for the Hitachi ZAXIS 870LCH excavator, the observed loading front height ranged from 1.71 - 3.55 meters and the loading front width ranges from 9.03 - 27.17 meters. But based on the calculation results, the optimal geometry of the loading front is 2.1 meters for height, and 17-21 meters for width. After improving the loading front geometry, the productivity of the excavator reached 105-155% of the set target.

Keywords: loading front geometry, mechanical equipment productivity, gold mining.

ABSTRAK

PT J Resources Bolaang Mongondow (PT JRBM) site Bakan adalah salah satu anak perusahaan PT J Resources Asia Pasifik Tbk (PSAB), yang merupakan perusahaan tambang komoditas emas, dengan sistem tambang terbuka (*surface mining*) dan metode penambangan *open pit*. Dalam kegiatan penggalian dan pemuatan di PT JRBM khususnya di *pit* North Main Ridge digunakan *excavator* Volvo EC480D dan Hitachi Zaxis 870LCH. Kedua alat tersebut memiliki target produktivitas yang sudah ditetapkan, yaitu masing-masing 350 ton/jam dan 650 ton/jam. Sedangkan dalam kegiatan pengangkutan, alat angkut yang digunakan adalah *dump truck* Liugong DW90A, serta *articulated dump truck* (ADT) Volvo A40G dan A60H.

Berdasarkan pengamatan di lapangan dan hasil pengolahan data, beberapa alat gali muat di *pit* North Main Ridge belum memenuhi target produktivitas yang ditetapkan. Hal tersebut disebabkan oleh kondisi *front* penambangan yang terlalu sempit dan rendah sehingga menyebabkan penurunan produktivitas alat gali muat. Selain itu, *loading front* yang sempit juga dapat meningkatkan waktu *maneuver* alat angkut sehingga produktivitasnya berkurang.

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat rancangan geometri *loading front* yang ideal untuk diterapkan di *pit* North Main Ridge, menganalisis pengaruh tinggi dan lebar *loading front* terhadap produktivitas alat gali muat, serta menganalisis pengaruh lebar *loading front* terhadap produktivitas alat angkut. Pada *loading front excavator* Volvo EC480D, tinggi *loading front* yang diamati berkisar dari 1,46 – 2,15 meter dan lebar *loading front* berkisar dari 10,86 – 19,49 meter. Sedangkan untuk *excavator* Hitachi ZAXIS 870LCH tinggi *loading front* yang diamati berkisar dari 1.71 – 3.55 meter dan lebar *loading front* berkisar dari 9.03 – 27.17 meter. Namun berdasarkan hasil perhitungan, geometri optimal *loading front* adalah 2,5 meter untuk tinggi, dan 17-21 meter untuk lebar. Setelah dilakukan perbaikan geometri *loading front*, produktivitas alat gali muat mencapai 105-155% dari target yang ditetapkan.

Kata Kunci: geometri *loading front*, produktivitas alat mekanis, tambang emas.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT J Resources Bolaang Mongondow (PT JRBM) *site* Bakan adalah perusahaan tambang komoditas emas, dengan sistem tambang terbuka dan metode penambangan *open pit*. Perusahaan ini berlokasi di Desa Bakan, Kecamatan Lolayan, Kabupaten Bolaang Mongondow, Provinsi Sulawesi Utara.

Salah satu faktor yang harus diperhatikan untuk mencapai target produksi adalah produktivitas alat gali muat dan alat angkut (Rahmatulaha et al., 2024). Dalam kegiatan penggalian dan pemuatan di PT JRBM khususnya di *pit* North Main Ridge digunakan *excavator* Volvo EC480D dan Hitachi Zaxis 870LCH. Kedua alat tersebut memiliki target produktivitas yang sudah ditetapkan, yaitu 350 ton/jam dan 650 ton/jam. Adapun dalam kegiatan pengangkutan, alat angkut yang digunakan adalah *dump truck* Liugong DW90A, serta *articulated dump truck* (ADT) Volvo A40G dan A60H dengan kapasitas masing-masing alat yaitu 50 ton, 40 ton, dan 60 ton. Berdasarkan pengamatan kondisi aktual di lapangan, didapati adanya penurunan kinerja alat gali muat yang dibuktikan dengan tidak tercapainya target produktivitas alat gali muat di *pit* North Main Ridge.

Setelah dievaluasi, kondisi *loading front* menjadi salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap kinerja alat gali muat dan alat angkut. *Loading front* merupakan area berlangsungnya kegiatan penggalian dan pemuatan oleh alat gali muat dan alat angkut. Pada lokasi penelitian terdapat beberapa *loading front* yang belum mencapai geometri minimum, yaitu <17 m untuk lebar, serta <2.1 m untuk tinggi. Kondisi tersebut menyebabkan produktivitas alat gali muat aktual hanya mencapai 77-95% dari target yang ditetapkan. Tidak tercapainya lebar *loading front* minimum menimbulkan peningkatan waktu yang diperlukan alat angkut untuk melakukan *maneuver* (pengambilan posisi untuk dimuat *excavator*), sehingga menimbulkan pula waktu tambahan bagi alat gali muat untuk menunggu alat angkut (*waiting time*). Di sisi lain tidak tercapainya tinggi *loading front* minimum menyebabkan peningkatan waktu yang diperlukan alat gali muat untuk menggali material (*digging time*), serta penurunan kuantitas material yang dapat digali oleh *bucket* alat gali muat (*bucket fill factor*).

1.2. Rumusan Masalah

Tidak tercapainya tinggi dan lebar minimum *loading front* di *pit* North Main Ridge, PT J Resources Bolaang Mongondow menyebabkan penurunan kinerja alat gali muat dan alat angkut sehingga produktivitasnya menurun. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi teknis untuk menentukan geometri *loading front* yang optimal dengan memasukan produktivitas alat gali muat dan alat angkut sebagai parameter utama.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Membuat rancangan geometri *loading front* yang ideal untuk diterapkan di *pit* North Main Ridge.
2. Menganalisis pengaruh tinggi dan lebar *loading front* terhadap produktivitas alat gali muat.
3. Menganalisis pengaruh lebar *loading front* terhadap produktivitas alat angkut.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

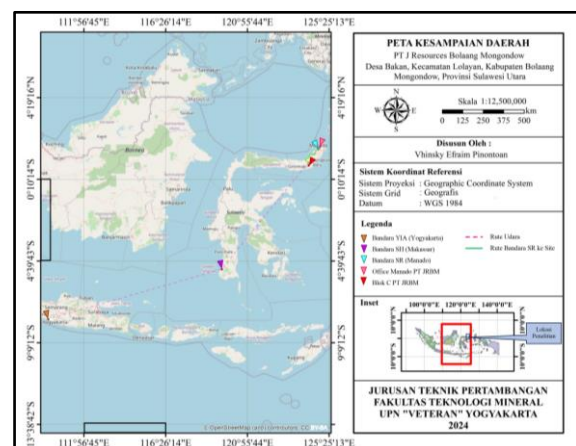
1. Penelitian Kecepatan alat angkut pada saat mengangkut material dan waktu yang diperlukan alat angkut untuk beroperasi di area *run of mine* (ROM) diasumsikan sama karena dalam penelitian ini hanya berfokus pada pengaruh geometri *loading front* sehingga tidak menganalisis pengaruh jalan angkut dan area ROM terhadap produktivitas alat mekanis.
2. Kapasitas aktual *vessel* alat angkut diasumsikan sama, di mana nilai kapasitas tersebut merupakan rata-rata dari hasil uji *payload* seluruh alat angkut yang beroperasi di *pit* North Main Ridge.

1.5. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi PT J Resources Bolaang Mongondow sebagai rekomendasi geometri *loading front*, yakni tinggi dan lebar yang optimal untuk diterapkan di *pit* North Main Ridge sehingga sehingga produktivitas alat gali muat dan alat angkut dapat meningkat.

1.6. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT J Resources Bolaang Mongondow (JRBM), yang secara astronomis pada 0°33'33,05" - 0°35'12,81" Lintang Utara dan 124°17'52,90" - 124°19'21,07" Bujur Timur. Untuk lebih jelasnya, lokasi dan kesampaian daerah dapat dilihat di peta pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Kesampaian Daerah

II. METODE DAN PUSTAKA

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode yang dimulai dari studi literatur, orientasi lapangan, pengambilan, pengolahan & analisis data, serta pembuatan kesimpulan dan saran.

1. Studi Literatur

Studi literatur adalah sebuah kegiatan mengumpulkan bahan-bahan pustaka seperti informasi, teori, jurnal, penelitian-penelitian sebelumnya, dan bentuk literatur lainnya guna menunjang penelitian. Dalam tahapan ini juga dilakukan perolehan informasi mengenai perusahaan lokasi penelitian.

2. Orientasi Lapangan

Orientasi lapangan adalah kegiatan di mana penulis mengamati langsung kondisi aktual di area penelitian, yakni proses penggalian & pemuatan material oleh *excavator* dan proses pengangkutan oleh *hauler*, kondisi *loading front*, serta kendala-kendala yang dialami.

3. Pengambilan Data

Adapun data-data yang diperlukan untuk penelitian ini terbagi menjadi dua, yaitu data primer dan data sekunder.

a. Data Primer:

Kondisi *loading front*, *cycle time* alat gali muat, *cycle time* alat angkut, jumlah pengisian (*bucket*) untuk memenuhi *hauler*, dan geometri *loading front* aktual.

b. Data Sekunder

average payload alat angkut di *pit North Main Ridge*, *loose & bank density* material, *swell factor* material, target produktivitas alat gali muat, curah hujan, serta spesifikasi alat gali muat dan alat angkut.

4. Pengolahan Data

Pengolahan data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

a. Data *cycle time*, *fill factor*, *swell factor*, efisiensi kerja, dan spesifikasi alat diolah untuk mengetahui produktivitas alat gali-muat dan alat angkut.

b. Data kondisi dan geometri *loading front*, serta spesifikasi alat gali muat dan alat angkut diolah berdasarkan dasar teori yang digunakan untuk menentukan geometri *loading front* ideal.

5. Analisis Data

Hasil pengolahan data kemudian dianalisis untuk mengetahui hubungan antara geometri *loading front* dengan produktivitas alat gali muat dan alat angkut sehingga diperoleh rekomendasi geometri *loading front* yang ideal.

6. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini penulis membuat rangkuman dari hasil penelitian yang dilakukan serta saran untuk penelitian ke depannya.

III. HASIL

3.1. Pengamatan *Loading Front*

Pola pemuatan yang digunakan di *pit North Main Ridge* berdasarkan penempatan alat angkut adalah *single back up* dan *double back up*. Sedangkan berdasarkan posisi dan kedudukan alat, pola yang digunakan adalah *top loading* dan *double bench loading*, atau pemuatan dengan dua jenjang. Setelah

melakukan pengukuran di lapangan, didapati bahwa sebagian besar *loading front* yang ada di *pit North Main Ridge* masih sempit dan rendah atau belum mencapai geometri optimal. Penentuan lebar *loading front* di PT JRBM dilakukan dengan memperhatikan alat gali muat & alat angkut yang digunakan, serta bentuk dari material *ore* dan *waste* yang ada di bawah permukaan. Sedangkan untuk penentuan tinggi *front loading* menyesuaikan dengan kedalaman lubang bor atau *blasting hole* yang ditetapkan yaitu 5 meter, sehingga untuk membentuk *double bench* tiap jenjangnya memiliki tinggi 2-2,5 meter. Hal tersebut menghasilkan variasi geometri *loading front* di *pit North Main Ridge*.

Pada *loading front excavator* Volvo EC480D, tinggi *loading front* yang diamati berkisar dari 1,46 – 2,15 meter dan lebar *loading front* berkisar dari 10,86 – 19,29 meter. Sedangkan untuk *excavator* Hitachi ZAXIS 870LCH tinggi *loading front* yang diamati berkisar dari 1,71 – 3,55 meter dan lebar *loading front* berkisar dari 9,03 – 27,17 meter (lihat pada Tabel 1 dan Tabel 2). Selanjutnya dilakukan pengamatan *loading front* untuk *unit hauler* dengan radius putar terbesar yang digunakan di *front* tersebut. Berdasarkan hasil pengukuran, lebar aktual dari *loading front* yang diamati berada dalam rentang 10,55 – 25,74 meter. Secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 1. Geometri *Loading Front Excavator* Volvo EC480D Aktual

No.	Elevasi / Blok	Alat Angkut	Tinggi <i>Front</i> Aktual (m)	Lebar <i>Front</i> Aktual (m)
1	375 / TA	Liugong DW 90A	2,14	10,86
2	390 / TM	Liugong DW 90A	2,11	18,01
3	380 / TI	ADT Volvo A40G	2,05	16,21
4	375 / TE	Liugong DW 90A	1,46	19,29
5	375 / TC	Liugong DW 90A	2,15	19,22

Tabel 2. Geometri *Loading Front Excavator* Hitachi ZAXIS 870LCH Aktual

No.	Elevasi / Blok	Alat Angkut	Tinggi <i>Front</i> Aktual (m)	Lebar <i>Front</i> Aktual (m)
1	380 TJ	Liugong DW 90A	2,61	20,13
2	385 TM	Liugong DW 90A	1,99	15,66
3	375 TA	Liugong DW 90A	2,12	12,37
4	375 DB	ADT Volvo A60H	2,38	12,04
5	375 TC	Liugong DW 90A	2,35	27,17
6	375 TC 2	Liugong DW 90A	3,55	21,31
7	375 TG	Liugong DW 90A	1,71	24,85
8	375 TZ	ADT Volvo A60H	2,31	9,03

Tabel 3. Lebar *Loading Front* Aktual untuk *Unit Hauler*

No.	Elevasi / Blok	Alat Angkut	Lebar <i>Front</i> Aktual (m)
1	375 / TF	Liugong DW 90A	10,55
2	375 TI	Liugong DW 90A	20,13
3	375 TK	Liugong DW 90A	25,74
4	375 / TD	ADT Volvo A60H	9,03
5	375 / TI 2	ADT Volvo A40G	17,31

3.2. Produktivitas Alat Gali Muat di Pit North Main Ridge

Adapun parameter utama untuk menghitung produktivitas alat gali muat yaitu kapasitas *bucket*, faktor pengembangan (*swell factor*), faktor pengisian

(*bucket fill factor*), efisiensi kerja, dan waktu edar (*cycle time*).

3.2.1. Kapasitas *Bucket*

Berdasarkan spesifikasi alat gali muat yang digunakan, *bucket* alat gali muat Volvo EC480D dan *excavator* Hitachi ZAXIS 870LCH memiliki kapasitas 3,10 m³ dan 4,30 m³.

3.2.2. *Swell Factor*

Berdasarkan data dari *Section Survei* PT JRBM, densitas material di *pit* North Main Ridge adalah sebagai berikut.

$$\text{Loose density} = 1,55 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{Bank density} = 1,95 \text{ ton/m}^3$$

Maka nilai *swell factor* adalah :

$$\text{Swell Factor} = \left(\frac{\text{Loose Dry Unit Weight}}{\text{Bank Dry Unit Weight}} \right) \times 100\%$$

$$\text{Swell Factor} = \left(\frac{1,55 \text{ ton/m}^3}{1,95 \text{ ton/m}^3} \right) \times 100\%$$

$$\text{Swell Factor} = 79\%$$

3.2.3. *Bucket Fill Factor (BFF)*

Untuk memperoleh kapasitas *bucket* aktual dilakukan dengan membandingkan kapasitas alat angkut dengan jumlah curah *bucket* rata-rata *excavator* untuk memenuhi satu unit *hauler* yang beroperasi di *loading front* tersebut. Data kapasitas *hauler* aktual merupakan data sekunder yang diperoleh dari perusahaan, di mana data ini adalah hasil uji *payload* atau uji kapasitas muatan alat angkut (lihat Tabel 4).

Tabel 4. Hasil Uji *Payload*

No.	Alat Angkut	Average <i>Payload</i> (ton)	Average <i>Payload</i> (BCM)
1	ADT 40	31,00	15,90
2	ADT 60	35,00	17,95
3	DT 50	34,00	17,44

Selanjutnya diambil data jumlah curah *bucket* yang merupakan data primer atau diperoleh langsung melalui pengamatan di lapangan, sehingga nilai kapasitas *bucket* aktual pun dapat diperoleh dengan membagi nilai kapasitas *hauler* aktual dengan jumlah curah *bucket* rata-rata. Berikut merupakan contoh perhitungan nilai kapasitas *bucket* aktual *excavator* Volvo EC480D blok TA 375:

$$\text{Kapasitas hauler aktual} = \frac{\text{Kapasitas Hauler Aktual (ton)}}{\text{Bank Density (ton/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Kapasitas hauler aktual} = \frac{34 \text{ ton}}{1,95 \text{ ton/m}^3} = 17,44 \text{ BCM}$$

$$\text{Kapasitas bucket aktual} = \frac{\text{Kapasitas Hauler Aktual (BCM)}}{\text{Jumlah Curah Bucket Rata-rata}}$$

$$\text{Kapasitas bucket aktual} = \frac{2,46 \text{ BCM}}{9} = 1,87 \text{ BCM}$$

Adapun data kapasitas *bucket* teoritis diperoleh dari spesifikasi alat gali muat, yakni *excavator* Volvo EC480D sebesar 2,46 BCM dan *excavator* Hitachi ZAXIS 870LCH sebesar 3,42 BCM. Kemudian dilakukan perhitungan faktor pengisian *bucket* atau BFF. Secara lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6. Berikut merupakan contoh perhitungan BFF *excavator* Volvo EC480D blok TA 375:

$$F_p = \frac{V_n}{V_t} \times 100\%$$

$$F_p = \frac{1,87 \text{ BCM}}{2,46 \text{ BCM}} \times 100\% = 76,09\%$$

Tabel 5. BFF *Excavator* Volvo EC480D

No.	Elevasi / Blok	Alat Angkut	Kapasitas <i>Bucket</i> Teoritis (BCM)	Kapasitas <i>Hauler</i> Aktual (BCM)	Jumlah Curah <i>Bucket</i> Rata-Rata	Kapasitas <i>Bucket</i> Aktual (BCM)	BFF (%)
1	375 / TA	Liugong DW 90A	2,46	17,44	9	1,87	76,09
2	390 / TM	Liugong DW 90A	2,46	17,44	9	1,85	75,28
3	380 / TI	ADT Volvo A40G	2,46	15,90	9	1,78	72,53
4	375 / TE	Liugong DW 90A	2,46	17,44	10	1,83	70,17
5	375 / TC	Liugong DW 90A	2,46	17,44	9	1,91	77,79

Tabel 6. BFF *Excavator* Hitachi ZAXIS 870LCH

No.	Elevasi / Blok	Alat Angkut	Kapasitas <i>Bucket</i> Teoritis (BCM)	Kapasitas <i>Hauler</i> Aktual (BCM)	Jumlah Curah <i>Bucket</i> Rata-Rata	Kapasitas <i>Bucket</i> Aktual (BCM)	BFF (%)
1	380/TJ	Liugong DW 90A	3,42	17,44	5,36	3,25	95,22
2	385/TM	Liugong DW 90A	3,42	17,44	6,42	2,71	79,45
3	375/TA	Liugong DW 90A	3,42	17,44	6,25	2,79	81,62
4	375/TB	ADT Volvo A60H	3,42	17,95	6,00	2,99	82,52
5	375/TC	Liugong DW 90A	3,42	17,44	5,85	2,97	87,09
6	375/TC 2	Liugong DW 90A	3,42	17,44	4,75	3,67	107,40
7	375/TG	Liugong DW 90A	3,42	17,44	6,80	2,56	75,02
8	375/TD	ADT Volvo A60H	3,42	17,95	5,80	3,09	90,54

3.2.4. Efisiensi Kerja Alat Gali Muat

Tabel 7 merupakan data sekunder mengenai waktu kerja harian rata-rata alat gali muat yang diperoleh dari PT JRBM berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan sebelumnya. Dalam pengujian tersebut diukur waktu kerja alat dan waktu-waktu hambatan alat gali muat, yakni waktu pemeliharaan, waktu menganggur alat, dan waktu tunda alat. Kemudian perhitungan waktu kerja efektif adalah sebagai berikut. Waktu Kerja Efektif = Waktu Kerja – Waktu

Hambatan

$$\text{Waktu Kerja Efektif} = 24 \text{ jam} - (2,04 + 3,16 + 0,48) = 18,32 \text{ jam}$$

Tabel 7. Waktu Kerja Harian Rata-Rata Alat Gali Muat

Deskripsi	Nilai (jam)
Waktu Kerja	24,00
Waktu Pemeliharaan (<i>Maintenance</i>)	2,04
Waktu Menganggur Alat	0,15
Hujan	0,10
Pergantian <i>Shift</i>	0,50
Makan dan Istirahat	2,00
Jumatan dan Ibadah Minggu	0,09
Salat	0,25
Rapat K3 (<i>Safety Meeting</i>)	0,07
Total Waktu Menganggur Alat	3,16
Waktu Tunda Alat	0,20
Pengecekan dan Pemeriksaan Harian (P2H) Alat	0,08
Pengisian Bahan Bakar	0,20
Toilet	0,20
Total Waktu Tunda Alat	0,48
Waktu Kerja Efektif	18,32

Sehingga nilai efisiensi kerja alat gali muat adalah:

$$\text{Efisiensi Kerja} = \frac{\text{Waktu Kerja Efektif}}{\text{Waktu Kerja}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Kerja} = \frac{18,32 \text{ jam}}{24 \text{ jam}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Kerja} = 0,7642 \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Kerja} = 76,42 \%$$

3.2.5. Waktu Edar Alat Gali Muat

Waktu edar alat gali muat merupakan jumlah dari waktu menggali (*Digging Time*), waktu ayun berisi muatan (*Swing Loaded Time*), waktu penumpahan

(*Dumping Time*), dan waktu ayun kosong (*Swing Empty Time*) ditambah dengan waktu tunggu (*waiting time*). Waktu-waktu tersebut merupakan data primer yang diperoleh dari hasil pengukuran langsung di lapangan dengan menggunakan alat ukur *stopwatch*. Waktu tunggu yang dimaksudkan di sini adalah waktu tunggu *excavator* saat unit *hauler* melakukan *positioning* di *loading front* untuk kegiatan pengangkutan material. Adapun waktu edar *excavator* pada setiap *loading front* yang diamati dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9. Berikut ini adalah contoh perhitungan waktu edar alat gali muat *excavator* Volvo EC480D blok TA:

$$CT_m = T_{m1} + T_{m2} + T_{m3} + T_{m4} + \text{waiting time}$$

$$CT_m = 9,87 \text{ detik} + 11,97 \text{ detik} + 6,18 \text{ detik} + 9,94 \text{ detik} + 3,45 \text{ detik}$$

$$CT_m = 41,42 \text{ detik}$$

Tabel 8. Waktu Edar (*Cycle Time*) *Excavator* Volvo EC480D

No.	Elevasi / Blok	Waiting Time (s)	Digging Time (s)	Swing Loaded Time (s)	Dumping Time (s)	Swing Empty Time (s)	Total (s)
1	375 / TA	3,45	9,87	11,97	6,18	9,94	41,42
2	390 / TM	2,07	11,89	6,37	3,34	6,66	30,33
3	380 / TI	2,20	12,25	6,49	3,22	5,04	29,20
4	375 / TE	1,48	16,57	7,23	3,78	7,24	36,31
5	375 / TC	2,25	8,68	6,67	3,37	5,45	26,42

Tabel 9. Waktu Edar (*Cycle Time*) *Excavator* Hitachi ZAXIS 870LCH

No.	Elevasi / Blok	Waiting Time (s)	Digging Time (s)	Swing Loaded Time (s)	Dumping Time (s)	Swing Empty Time (s)	Total (s)
1	380 TJ	1,70	10,59	8,92	4,15	7,84	33,21
2	385 TM	3,87	13,21	9,99	3,71	7,25	38,02
3	375 TA	5,18	12,57	11,61	4,45	6,90	35,53
4	375 TB	3,48	11,01	11,38	3,71	6,17	35,75
5	375 TC	0,12	11,39	4,85	3,19	4,71	24,26
6	375 TC 2	2,52	9,27	7,45	3,84	5,40	28,48
7	375 TG	1,24	13,45	7,89	3,58	5,67	31,83
8	375 TD	5,79	11,75	11,53	4,04	7,77	40,88

3.2.6. Perhitungan Produktivitas Alat Gali Muat

Target produktivitas alat gali muat yang ditetapkan oleh PT J Resources Bolaang Mongondow adalah 350 ton/jam untuk *excavator* Volvo EC480D, dan 650 ton/jam untuk *excavator* Hitachi ZAXIS 870LCH. Berdasarkan hasil pengolahan data, beberapa alat gali muat di *pit* North Main Ridge belum memenuhi target produktivitas dikarenakan geometri *loading front* yang kurang ideal, yakni pada blok 375 TA dan 375 TE untuk *excavator* Volvo EC480D dan untuk *excavator* Hitachi ZAXIS 870LCH yaitu pada blok 385 TM, 375 TA, TB 375, 375 TG, dan 375 TD (lihat Tabel 10 dan Tabel 4.11). Berikut ini merupakan contoh perhitungan produktivitas aktual *excavator* Volvo EC480D pada blok TA 375:

$$Q_m = \frac{3600}{CT_m} \times KB \times FP \times SF \times \text{Eff}$$

$$Q_m = \frac{3600}{41,42} \times 3,10\text{m}^3 \times 76,09\% \times 79\% \times 76,42\%$$

$$Q_m = 124,52 \text{ BCM/jam}$$

$$Q_m = 156,65 \text{ LCM/jam}$$

$$Q_m = 242,81 \text{ ton/jam}$$

$$\text{Ketercapaian target} = \frac{\text{Target Produktivitas}}{\text{Produktivitas Aktual}} \times 100\%$$

$$\text{Ketercapaian target} = \frac{242,81 \text{ ton/jam}}{350 \text{ ton jam}} \times 100\%$$

$$\text{Ketercapaian target} = 69,37\%$$

Tabel 10. Produktivitas Aktual *Excavator* Volvo EC480D

No	Elevasi / Blok	Tinggi <i>Front</i> (m)	Lebar <i>Front</i> (m)	Target Produktivitas (ton/jam)	Produktivitas Aktual (ton/jam)	Persentase Ketercapaian Produktivitas (%)
1	375 / TA	2,14	10,86	350,00	242,81	69,37
2	390 / TM	2,11	18,01	350,00	328,02	93,72
3	380 / TI	2,05	16,21	350,00	416,04	118,87
4	375 / TE	1,46	19,29	350,00	255,13	72,90
5	375 / TC	2,15	19,22	350,00	389,09	111,17

Tabel 11. Produktivitas Aktual *Excavator* Hitachi ZAXIS 870LCH

No	Elevasi / Blok	Tinggi <i>Front</i> (m)	Lebar <i>Front</i> (m)	Target Produktivitas (ton/jam)	Produktivitas Aktual (ton/jam)	Persentase Ketercapaian Produktivitas (%)
1	380 TJ	2,61	20,13	650,00	525,74	80,88
2	385 TM	1,99	15,66	650,00	383,09	58,94
3	375 TA	2,12	12,37	650,00	367,77	56,58
4	375 TB	2,38	12,04	650,00	448,90	69,06
5	375 TC	2,35	27,17	650,00	658,37	101,29
6	375 TC 2	3,55	21,31	650,00	691,38	106,37
7	375 TG	1,71	24,85	650,00	432,13	66,48
8	375 TD	2,31	9,03	650,00	406,05	62,47

3.3. Produktivitas Alat Angkut di *Pit* North Main Ridge

Faktor-faktor produktivitas alat angkut adalah jumlah curah *bucket*, kapasitas *bucket*, faktor pengembangan (*swell factor*), faktor pengisian (*bucket fill factor*), efisiensi kerja, dan waktu edar alat angkut.

3.3.1. Jumlah Curah *Bucket*

Nilai jumlah curah *bucket* merupakan data primer yang didapat dari hasil pengamatan di lapangan. Setelah data terkumpul diperoleh nilai rata-rata jumlah curah *bucket* (lihat Tabel 12).

Tabel 12. Jumlah Curah *Bucket* Rata-Rata

Alat Angkut	Jumlah Curah <i>Bucket</i> Rata-Rata
Liugong DW 90A	12
Liugong DW 90A	11
Liugong DW 90A	12
ADT Volvo A60H	11
ADT Volvo A40G	8
Rata-Rata	10,80

3.3.2. Kapasitas *Bucket*

Adapun alat gali muat yang digunakan yaitu *excavator* Volvo EC480D, di mana nilai kapasitas *bucket* teoritisnya merupakan data sekunder dari spesifikasi *excavator* Volvo EC480D, yakni sebesar 3,10 m³.

3.3.3. *Swell Factor*

Berdasarkan data dari *Section Survei* PT JRBM, densitas material di *pit* North Main Ridge adalah sebagai berikut.

$$\text{Loose density} = 1,55 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{Bank density} = 1,95 \text{ ton/m}^3$$

Maka nilai *swell factor* adalah :

$$\text{Swell Factor} = \left(\frac{\text{Loose Dry Unit Weight}}{\text{Bank Dry Unit Weight}} \right) \times 100\%$$

$$Swell Factor = \left(\frac{1,55 \text{ ton/m}^3}{1,95 \text{ ton/m}^3} \right) \times 100\%$$

$$Swell Factor = 79\%$$

3.3.4. Bucket Fill Factor (BFF)

Untuk mengetahui kapasitas *bucket* aktual maka digunakan data kapasitas alat angkut aktual berdasarkan uji *payload* (lihat Tabel 4) dibagi dengan data jumlah curah *bucket* rata-rata. Untuk mengubah satuan kapasitas alat angkut aktual menjadi *loose cubic meter* (LCM), maka nilai tersebut dikalikan dengan *loose density*. Contoh perhitungannya untuk alat angkut Liugong DW 90A adalah sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas Bucket Aktual} = \frac{\text{Kapasitas Vessel Aktual (ton)}}{\text{Jumlah Curah Bucket}}$$

$$\text{Kapasitas Bucket Aktual} = \frac{34 \text{ ton}}{12}$$

$$\text{Kapasitas Bucket Aktual} = 2,83 \text{ ton}$$

$$\text{Kapasitas Bucket Aktual} = \frac{\text{Kapasitas Bucket Aktual (ton)}}{\text{loose density (ton/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Kapasitas Bucket Aktual} = \frac{2,83 \text{ ton}}{1,55 \text{ ton/m}^3} = 1,89 \text{ m}^3$$

Setelah itu dilakukan perhitungan faktor pengisian (lihat Tabel 4.13) yang dilakukan dengan menggunakan persamaan 3.7. Untuk perhitungan lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran H. Berikut contoh perhitungannya:

$$Fp = \frac{Vn}{Vt} \times 100\%$$

$$Fp = \frac{1,89 \text{ m}^3}{3,10 \text{ m}^3} \times 100\% = 61\%$$

Tabel 13. Hasil Perhitungan *Bucket Fill Factor*

Alat Angkut	Kapasitas Bucket Teoritis (m ³)	Kapasitas Bucket Aktual (m ³)	BFF (%)
Liugong DW 90A	3,10	1,89	61
Liugong DW 90A	3,10	1,99	64
Liugong DW 90A	3,10	1,89	61
ADT Volvo A60H	3,10	3,23	104
ADT Volvo A40G	3,10	3,83	123
Rata-Rata	3,10	2,54	82

3.3.5. Efisiensi Kerja Alat Angkut

Dalam Tabel 4.14 terdapat data sekunder mengenai waktu kerja harian rata-rata alat angkut yang juga diperoleh dari PT JRBM berdasarkan hasil pengujian sebelumnya. Pada pengujian ini diukur waktu kerja alat dan waktu-waktu hambatan alat angkut, yakni waktu pemeliharaan, waktu menganggur alat, dan waktu tunda alat. Perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$\text{Waktu Kerja Efektif} = \text{Waktu Kerja} - \text{Waktu Hambatan}$$

$$\text{Waktu Kerja Efektif} = 24 \text{ jam} - (3,77 + 3,01 + 0,50) \text{ jam}$$

$$= 16,72 \text{ jam}$$

Tabel 14. Waktu Kerja Harian Rata-Rata Alat Angkut

Deskripsi		Nilai (jam)
Waktu Kerja		24,00
Waktu Pemeliharaan		3,77
Waktu Menganggur Alat	Kabut	0,15
	Hujan	0,10
	Pergantian Shift	0,35
	Makan dan Istirahat	2,00
	Jumatan dan Ibadah Minggu	0,09
	Salat	0,25
	Rapat K3 (Safety Meeting)	0,07
	Total Waktu Menganggur Alat	3,01
Waktu Tunda Alat	P2H (Pemeriksaan dan Pengecekan Harian)	0,20
	Pengisian Bahan Bakar	0,08
	Pengecekan Ban	0,02
	Toilet	0,20
	Total Waktu Tunda Alat	0,50
Waktu Kerja Efektif		16,72

Berdasarkan Tabel 14 didapati bahwa waktu kerja efektif alat angkut adalah 16,72 jam, sehingga nilai efisiensi kerja alat angkut adalah :

$$\text{Efisiensi Kerja} = \frac{\text{Waktu Kerja Efektif}}{\text{Waktu Kerja}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Kerja} = \frac{16,72 \text{ jam}}{24 \text{ jam}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Kerja} = 69,67 \%$$

3.3.6. Waktu Edar Alat Angkut

Waktu edar alat angkut adalah jumlah dari waktu pengambilan posisi di *loading front*, waktu pemuatan, waktu *travel* bermuatan, waktu pengambilan posisi di ROM *pad / disposal*, waktu penumpahan, dan waktu *travel* tanpa muatan (lihat Tabel 15). Berikut ini merupakan contoh perhitungan waktu edar alat angkut pada blok 375 TF:

$$CTa = Ta_1 + Ta_2 + Ta_3 + Ta_4 + Ta_5 + Ta_6$$

$$CTa = 47,95 \text{ detik} + 112,12 \text{ detik} + 521,41 \text{ detik} + 34,57 \text{ detik} + 31,81 \text{ detik} + 560,22 \text{ detik}$$

$$CTa = 1381,25 \text{ detik}$$

Tabel 15. Waktu Edar (*Cycle Time*) Alat Angkut

No.	Elevasi / Blok	Alat Angkut	T1 (detik)	T2 (detik)	T3 (detik)	T4 (detik)	T5 (detik)	T6 (detik)	Cycle Time (detik)
1	375 / TF	DT 50	47,95	112,12	521,41	34,57	31,81	560,22	1381,25
2	375 TI	DT 50	32,57	102,95	494,53	23,38	30,56	546,10	1272,51
3	375 TK	DT 50	27,79	113,33	492,85	30,88	29,24	569,79	1263,88
4	375 / TD	ADT 60	50,42	171,11	479,95	28,87	22,34	448,51	1201,21
5	375 TI 2	ADT 40	29,90	138,77	498,85	22,36	23,79	477,96	1191,63
	Rata-Rata		37,73	130,49	497,52	28,01	27,55	520,55	

3.3.7. Perhitungan Produktivitas Alat Angkut

Dikarenakan penelitian ini berfokus pada pengaruh *loading front* terhadap produktivitas alat gali muat dan alat angkut, maka variabel-variabel lain seperti jumlah *bucket*, faktor pengisian, waktu pemuatan, waktu *travel* bermuatan, waktu pengambilan posisi di ROM *pad / disposal*, waktu penumpahan, dan waktu *travel* tanpa muatan menggunakan angka rata-rata dari keseluruhan data yang diambil sehingga bisa diketahui pengaruh lebar *loading front* terhadap *maneuvering time hauler*. Tabel 16 merupakan hasil perhitungan produktivitas alat angkut di *pit* North Main Ridge. Contoh perhitungan produktivitas alat angkut pada blok 375 TF adalah sebagai berikut:

$$Qa = Na \frac{3600}{CTa} \times KB \times FP \times SF \times Eff$$

$$Qa = 10,80 \frac{3600}{(47,95+130,49+497,52+28,01+27,55+520,55)} \times 3,10\text{m}^3 \times 82\% \times 79\% \times 69,67\%$$

$$Qa = 10,80 \frac{3600}{1252,04} \times 3,10\text{m}^3 \times 82\% \times 79\% \times 69,67\%$$

$$Qa = 43,50 \text{ BCM/jam}$$

$$Qa = 55,06 \text{ LCM/jam}$$

$Q_a = 85,34 \text{ ton/jam}$

Tabel 16. Produktivitas Alat Angkut

No.	Elevasi / Blok	Alat Gali Muat	Lebar <i>Front</i> (m)	Produktivitas (ton/jam)
1	375 / TF	Liugong DW 90A	10,55	85,34
2	375 / TI	Liugong DW 90A	20,13	86,40
3	375 / TK	Liugong DW 90A	25,74	86,74
4	375 / TD	ADT Volvo A60H	9,03	85,17
5	375 / TI 2	ADT Volvo A40G	17,31	86,59

3.4. Perhitungan Geometri *Loading Front* Ideal

Berdasarkan spesifikasi alat gali muat dan alat angkut, hasil perhitungan geometri *loading front* ideal dapat dilihat pada Tabel 17 sedangkan perhitungannya adalah sebagai berikut.

Lebar = *Turning Radius* Alat Angkut + (2 x Lebar Alat Gali Muat)

Tinggi = 30% x *Maximum Digging Depth* Alat Gali Muat

- Geometri *Loading front* Excavator Volvo EC480D

1. Tinggi = 30% x 6,81 m
= 2,04 m

2. Lebar
 - DT 50
= 12 m + (2 x 3,44 m)
= 18,88 m

- ADT 60
= 10,01 m + (2 x 3,44 m)
= 16,89 m

- Geometri *Loading front* Excavator Hitachi ZAXIS 870LCH

1. Tinggi = 30% x 7,14 m
= 2,14 m

2. Lebar
 - DT 50
= 12 m + (2 x 4,45 m)
= 20,90 m
 - ADT 60
= 10,01 m + (2 x 4,45 m)
= 18,91 m

Tabel 17. Geometri *Loading Front* Ideal di *Pit North Main Ridge*

Alat Gali Muat	Alat Angkut Terbesar	Geometri <i>Loading Front</i>	
		Tinggi (m)	Lebar (m)
Excavator Volvo EC480D	ADT 60	2,04	16,89
	DT 50	2,04	18,88
Excavator Hitachi ZAXIS 870LCH	ADT 60	2,14	18,91
	DT 50	2,14	20,90

IV. PEMBAHASAN

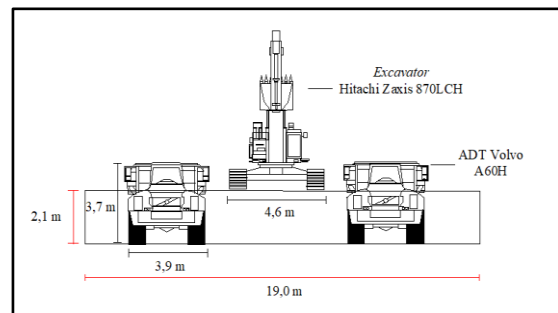
4.1. Rancangan Geometri *Loading Front* Ideal

Berdasarkan hasil perhitungan geometri *loading front* ideal pada Tabel 17, tinggi *loading front* 2 meter dan lebar *loading front* 16-21 meter sudah cukup ideal untuk alat gali muat dan alat angkut bekerja secara optimal. Selanjutnya, geometri *loading front* ideal tersebut disimplifikasi agar penerapannya di lapangan dapat dilaksanakan dengan mudah (Lihat Tabel 18). Adapun rancangan geometri *loading front* yang telah disimplifikasi untuk alat gali muat 80 ton dan alat

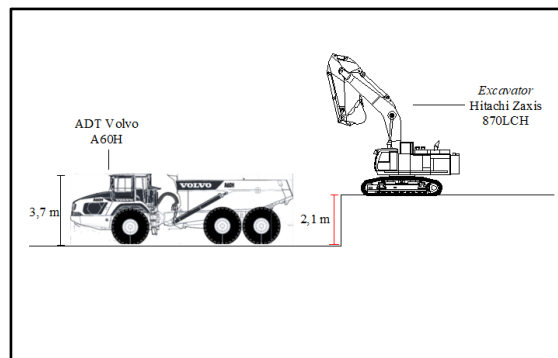
angkut *articulated dump truck* (ADT) dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.

Tabel 18. Simplifikasi Geometri *Loading Front* Ideal di *Pit North Main Ridge*

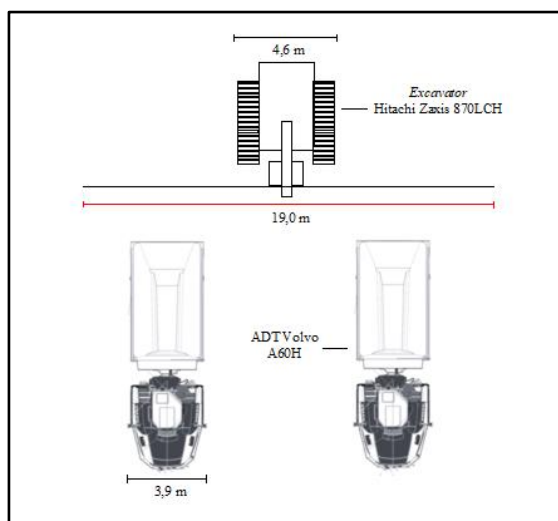
Alat Gali Muat	Alat Angkut Terbesar	Geometri <i>Loading Front</i>	
		Tinggi (m)	Lebar (m)
Volvo EC480 (40 ton)	ADT	2,10	17,00
	DT	2,10	19,00
Hitachi ZAXIS 870LCH (80 ton)	ADT	2,10	19,00
	DT	2,10	21,00



Gambar 2. Rancangan Geometri *Loading Front* Excavator 80 ton dan ADT Tampak Depan



Gambar 3. Rancangan Geometri *Loading Front* Excavator 80 ton dan ADT Tampak Samping



Gambar 4. Rancangan Geometri *Loading Front* Excavator 80 ton dan ADT Tampak Atas

4.2. Korelasi Antara Geometri *Loading Front* dengan Produktivitas Alat Gali Muat

Nilai produktivitas alat gali muat yang diperoleh dari perhitungan sebelumnya kemudian diselidiki korelasinya terhadap geometri *loading front* aktual. Dari hasil analisis tersebut dapat ditentukan tinggi dan lebar *loading front* minimum yang menghasilkan nilai *digging time*, *waiting time*, dan *bucket fill factor* optimal untuk mencapai target produktivitas. Persentase ketercapaian geometri *loading front* minimum dapat dilihat pada Tabel 19 & Tabel 20.

Tabel 19. Persentase Ketercapaian Tinggi & Lebar *Front Excavator* Volvo EC480D

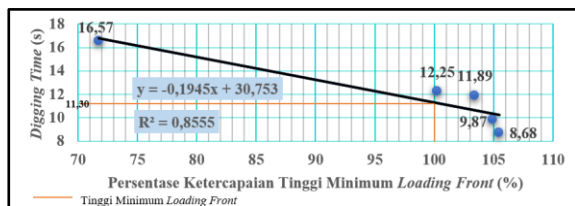
Elevasi / Blok	Persentase Ketercapaian Tinggi Minimum (%)	Persentase Ketercapaian Lebar Minimum (%)	Waiting Time (s)	Digging Time (s)	BFF (%)	Produktivitas Aktual (ton/jam)
375 / TA	104,90	57,53	32,99	9,87	76,09	242,81
390 / TM	103,42	95,39	19,43	11,89	75,28	328,02
380 / TI	100,25	102,36	19,67	12,25	72,53	416,04
375 / TE	71,75	102,17	12,03	16,57	70,06	255,13
375 / TC	105,48	101,81	19,97	8,68	77,79	389,09

Tabel 20. Persentase Ketercapaian Tinggi & Lebar *Front Excavator* Hitachi ZAXIS 870LCH

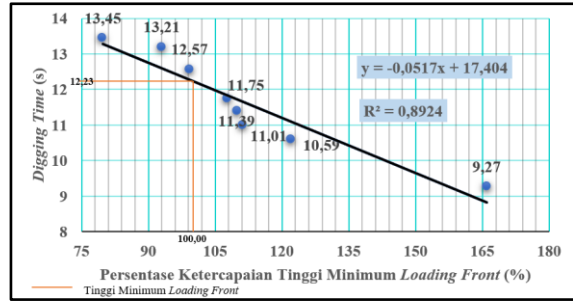
Elevasi / Blok	Persentase Ketercapaian Tinggi Minimum (%)	Persentase Ketercapaian Lebar Minimum (%)	Waiting Time (s)	Digging Time (s)	BFF (%)	Produktivitas Aktual (ton/jam)
380 / TJ	121,97	96,32	6,52	10,59	95,22	525,74
385 / TM	93,01	74,92	20,40	13,21	79,45	383,09
375 / TA	99,23	59,19	10,48	12,57	81,62	367,77
375 / TB	111,13	63,67	18,70	11,01	87,52	448,90
375 / TC	109,98	130,00	0,54	11,39	87,09	658,37
375 / TC 2	165,91	101,96	11,16	9,27	107,40	691,38
375 / TG	79,77	118,88	5,44	13,45	75,02	432,13
375 / TD	107,74	47,74	25,23	11,75	86,13	406,05

4.2.1. Korelasi Tinggi *Loading Front* dengan *Digging Time*

Berdasarkan grafik pada Gambar 5 dan Gambar 6 dapat disimpulkan bahwa hubungan antara persentase ketercapaian tinggi minimum *loading front* dengan *digging time* baik untuk *excavator* Volvo EC480D maupun *excavator* Hitachi ZAXIS 870LCH adalah berbanding terbalik. Semakin tinggi ketercapaian tinggi minimum *loading front* maka *digging time* alat gali muat akan semakin rendah. Hal tersebut dikarenakan semakin tinggi *loading front*, maka semakin luasnya alat gali muat untuk menggali material karena luas permukaan material yang dapat dicakup oleh *bucket* lebih besar sehingga waktu yang diperlukan untuk *digging* relatif lebih sedikit. Maka dari itu, *loading front* harus dipastikan mencapai tinggi minimum (2,04 dan 2,14 meter) agar waktu yang diperlukan untuk *digging* hanya sedikit agar bisa meningkatkan produktivitas alat gali muat.



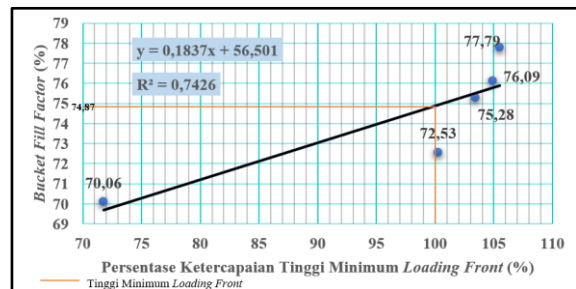
Gambar 5. Grafik Korelasi Antara Persentase Ketercapaian Tinggi Minimum Loading Front dengan *Digging Time* Excavator Volvo EC480D



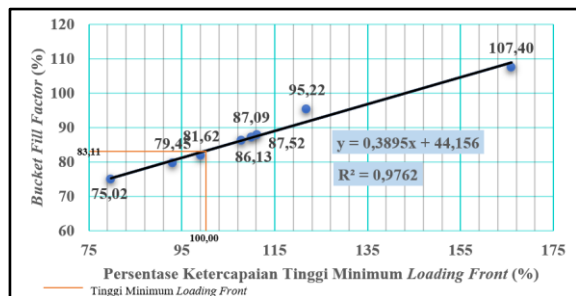
Gambar 6. Grafik Korelasi Antara Persentase Ketercapaian Tinggi Minimum Loading Front dengan *Digging Time* Excavator Hitachi ZAXIS 870LCH

4.2.2. Korelasi Antara Tinggi *Loading Front* dengan *Bucket Fill Factor*

Berdasarkan kedua grafik yang diperoleh dalam Gambar 7 dan Gambar 8, hubungan antara persentase ketercapaian tinggi minimum *loading front* dengan *bucket fill factor* alat gali muat adalah berbanding lurus. Semakin tinggi persentasenya, maka semakin tinggi juga *bucket fill factor* *excavator*. Begitu juga sebaliknya, semakin rendah persentase ketercapaiannya, maka semakin rendah juga *bucket fill factor* *excavator*. Hal itu disebabkan oleh sedikitnya kuantitas material yang dapat dimuat oleh *bucket* saat bekerja pada *front* yang rendah. Oleh karena itu, *loading front* harus dipastikan cukup tinggi atau mencapai tinggi minimum agar dapat meningkatkan produktivitas alat gali muat.



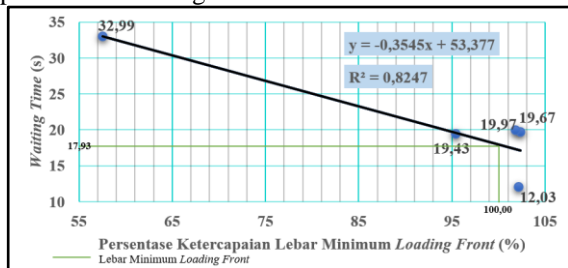
Gambar 7. Grafik Korelasi Antara Persentase Ketercapaian Tinggi Minimum Loading Front dengan *Bucket Fill Factor* Excavator Volvo EC480D



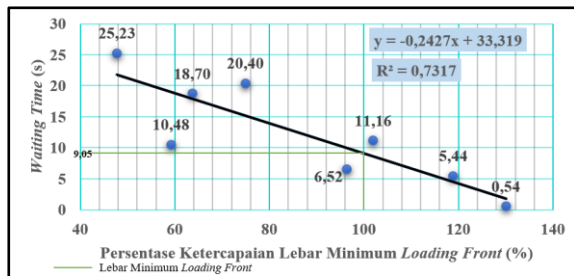
Gambar 8. Grafik Korelasi Antara Persentase Ketercapaian Tinggi Minimum Loading Front dengan *Bucket Fill Factor* Excavator Hitachi ZAXIS 870LCH

4.2.3. Korelasi Lebar *Loading Front* dengan *Waiting Time*

Berdasarkan kedua grafik yang diperoleh dalam Gambar 9 dan Gambar 10, hubungan antara persentase ketercapaian lebar minimum *loading front* dengan *waiting time* alat gali muat adalah berbanding terbalik. Semakin tinggi persentase ketercapaiannya, maka semakin rendah *waiting time*. Begitu juga sebaliknya, semakin rendah persentase ketercapaiannya, maka semakin tinggi *waiting time* excavator. Hal itu disebabkan oleh sempitnya *loading front* sehingga *hauler* tidak leluasa melakukan *maneuver*. Oleh karena itu, *loading front* harus dipastikan cukup luas atau mencapai lebar minimum agar dapat meningkatkan produktivitas alat gali muat.



Gambar 9. Grafik Korelasi Antara Persentase Ketercapaian Lebar Minimum *Loading Front* dengan *Waiting Time* Excavator Volvo EC480D



Gambar 10. Grafik Korelasi Antara Persentase Ketercapaian Lebar Minimum *Loading Front* dengan *Waiting Time* Excavator Hitachi ZAXIS 870LCH

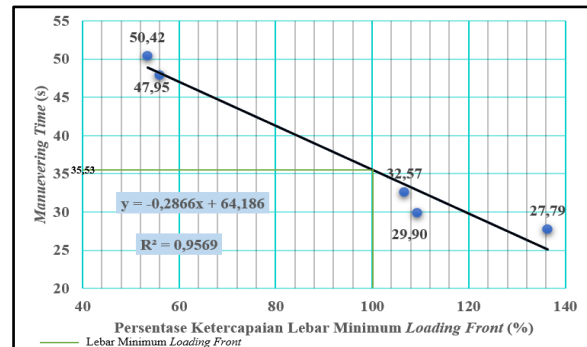
4.3. Korelasi Antara Geometri *Loading Front* dengan Produktivitas Alat Angkut

Setelah mengetahui produktivitas alat angkut yang bekerja di setiap *loading front* yang diamati, maka dilakukan analisis kaitan produktivitas alat angkut terhadap geometri *loading front* aktual yang diterapkan. Dari hasil analisis tersebut dapat ditentukan lebar *loading front* minimum yang menghasilkan nilai *waiting time* alat angkut optimal untuk mencapai target produktivitas. Persentase ketercapaian lebar *loading front* minimum dapat dilihat pada Tabel 21.

Tabel 21. Persentase Ketercapaian Lebar *Front* Alat Angkut

Elevasi / Blok	Alat Angkut	Alat Gali Muat	Persentase Ketercapaian Lebar Minimum (%)	<i>Maneuvering Time</i> (detik)	Produktivitas (ton/jam)
375 / TF	Liugong DW90A	Volvo EC480D	55,87	47,95	85,34
375 TI	Liugong DW90A	Volvo EC480D	106,62	32,57	86,40
375 TK	Liugong DW90A	Volvo EC480D	136,33	27,79	86,74
375 / TD	ADT Volvo A60H	Volvo EC480D	53,45	50,42	85,17
375 TI 2	ADT Volvo A40G	Volvo EC480D	109,30	29,90	86,59

Dalam Tabel 21 dapat dilihat bahwa perbedaan lebar *loading front* menghasilkan variasi *maneuvering time*, namun memiliki pengaruh yang sangat kecil terhadap produktivitas alat angkut. Misalnya pada blok TD 375 dengan persentase ketercapaian lebar *loading front* sebesar 53,45% menghasilkan *maneuvering time* 50,42 detik dan produktivitas 85,17 ton/jam. Sedangkan pada blok TK 375 dengan persentase ketercapaian lebar *loading front* sebesar 136,33% menghasilkan *maneuvering time* 27,79 detik dan produktivitas 86,74 ton/jam. Grafik hubungan antara *maneuvering time* alat angkut dengan lebar *loading front* dapat dilihat pada Gambar 11 berikut.



Gambar 11. Grafik Korelasi Antara Persentase Ketercapaian Lebar Minimum *Loading Front* dengan *Maneuvering time* Alat Angkut

Berdasarkan grafik yang diperoleh dalam Gambar 5.11, hubungan antara persentase ketercapaian lebar minimum *loading front* dengan *maneuvering time* alat angkut adalah berbanding terbalik. Semakin tinggi persentase ketercapaiannya, maka semakin rendah *maneuvering time*. Begitu juga sebaliknya, semakin rendah persentase ketercapaiannya, maka semakin tinggi *maneuvering time* *hauler*.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Rekomendasi geometri *loading front* ideal untuk diterapkan di *pit* North Main Ridge adalah tinggi sebesar 2,1 meter dan lebar sebesar 17-21 meter.
2. Tinggi dan lebar *loading front* memiliki pengaruh secara langsung terhadap *waiting time*, *digging time*, dan *bucket fill factor* sehingga dapat mempengaruhi produktivitas alat gali muat. Hasil analisis hubungannya adalah sebagai berikut:
 - Pada kondisi ketercapaian tinggi minimum *loading front* sebesar 100%, *backhoe* Volvo EC480D hanya memerlukan *digging time*

sebesar 11,30 detik dan menghasilkan *bucket fill factor* sebesar 74,87%, sedangkan *backhoe* Hitachi ZAXIS 870LCH hanya memerlukan *digging time* sebesar 12,23 detik dan menghasilkan *bucket fill factor* sebesar 83,11%.

- Pada kondisi ketercapaian lebar minimum *loading front* sebesar 100%, *backhoe* Volvo EC480D hanya memerlukan *waiting time* sebesar 17,93 detik, sedangkan *backhoe* Hitachi ZAXIS 870LCH hanya memerlukan *waiting time* sebesar 9,05 detik.

3. Lebar *loading front* memiliki pengaruh secara langsung terhadap *maneuvering time* sehingga dapat mempengaruhi produktivitas alat angkut. Pada kondisi ketercapaian lebar minimum *loading front* sebesar 100%, alat angkut hanya memerlukan *maneuvering time* sebesar 35,53 detik.

5.2. Saran

Adapun saran dari penulis untuk penelitian ke depannya adalah:

1. Pada rekomendasi geometri *loading front* ideal perlu ditambahkan juga pola pemuatan yang efektif untuk diterapkan beserta analisis mengenai pengaruhnya terhadap produktivitas alat mekanis.
2. Melakukan analisis pengaruh tinggi *loading front* terhadap sudut *swing* alat gali muat yang dapat mempengaruhi waktu edar sehingga dapat meningkatkan produktivitas.

Melakukan analisis pengaruh pengoptimalan geometri lokasi *dumping* pada area *run of mine* (ROM) terhadap waktu edar agar produktivitas alat angkut meningkat.

VI. DAFTAR PUSTAKA

Apandi, T., & Bachri S. (1997). *Peta Geologi Lembar Kotamobagu, Sulawesi, Skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Carlile, J. C., Digdowirogo, S., & Darius, K. (1990). Geological setting, characteristics and regional exploration for gold in the volcanic arcs of North Sulawesi, Indonesia. *Journal of Geochemical Exploration*, 108.

Darpawanto, N. J., Budihardjo, M. A., Muhammad, F., & Amalia, D. Z. (2002). Kajian Dampak Lingkungan Produksi Batubara PT Berau Coal – Site Samarata (SMO) Dengan Metode Life Cycle Assessment. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 707.

Day, D. A., & Nichols, H. L. (2010). *Moving The Earth: The Workbook of Excavation Sixth Edition*. New York: McGraww Hill.

Ghorbani, Y., Franzidis, J. P., & Petersen, J. (2015). Heap Leaching Technology—Current State, Innovations, and Future Directions: A

Review. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 8.

Hadi, S., & Kartini. (2020). Pengamatan Pola Muat Terhadap Produktivitas Alat Gali Muat Pada Pengupasan Lapisan Tanah Penutup. *J. POROS Tek.*, vol. 12, no. 2, 95.

Hall, R., & Wilson, M. E. (2000). Neogene Sutures in Eastern Indonesia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 790.

Hardjana, I. (2012). The Discovery, Geology, and Exploration of the High Sulphidation Au-Mineralization System in the Bakan District, North Sulawesi. *Majalah Geologi Indonesia*, 144-149.

Hinsberg, V. J. (2008). WILLS' MINERAL PROCESSING TECHNOLOGY: AN INTRODUCTION TO THE PRACTICAL ASPECTS OF ORE TREATMENT AND MINERAL RECOVERY Seventh edition. *American Mineralogist*, 5.

Hustrulid, W. A., Kuchta, M., & Martin, R. K. (2013). *Open Pit Mine Planning & Design (3rd Edition)*. Leiden: CRC Press.

Indonesianto, Y. (2005). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta.

Jimeno, E. L., Jimino, C. L., & Carcedo, A. (1995). *Drilling and Blasting of Rocks*. Rotterdam: Brookfield.

Kadarusman, A., Miyashita, S., Maruyama, S., Parkinson, C. D., & Ishikawa, A. (2004). Petrology, geochemistry and paleogeographic reconstruction of the East Sulawesi Ophiolite, Indonesia. *Tectonophysics*, 73.

Kavalieris, I., Leeuwen, T. M., & Wilson, M. R. (1992). Geological setting and styles of mineralization, north arm of Sulawesi, Indonesia. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 119, 123.

Khair, A., Triantoro, A., Riswan, & Hidayat, W. N. (2019). EVALUASI PENCAPAIAN TARGET PRODUKTIVITAS ALAT GALI MUAT DAN ALAT ANGKUT PADA AKTIVITAS PEMINDAHAN OVERBURDEN DI PIT1 BLOK15 PT RIMAU ENERGY MINING, SITE PUTUT TAWULUH. *Jurnal Himasapta Vol. 4 No. 1*, 19.

- Leeuwen, T. M., & Muhardjo. (2005). Stratigraphy and tectonic setting of the Cretaceous and Paleogene volcanic-sedimentary successions in northwest Sulawesi, Indonesia: implications for the Cenozoic evolution of Western and Northern Sulawesi. *Journal of Asian Earth Sciences*, 499.
- Nday, I., & Thomas, H. (2019). Optimization of the cycle time to increase productivity at Ruashi Mining. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 633.
- Oemiati, N., Revisdah, & Rahmawati. (2020). ANALISA PRODUKTIVITAS ALAT GALI MUAT DAN ALAT ANGKUT PADA PENGUPASAN LAPISAN TANAH PENUTUP (OVERBURDEN). *Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil Vol 6, No 3*, 198.
- Peurifoy, R. L., Schexnayder, C. J., & Shapira, A. (2006). *Construction Planning, Equipment, and Methods Seventh Edition*. New York: McGraw Hill.
- Putri, F. R., & Kriswandy, E. (2020). Analisa Working Space Excavator Dan Off Highway Dump Truck Berdasarkan Spesifikasi Unit Dengan Menghitung Luas Aktual Kerja Excavator Sebagai Acuan Desain Pit Weekly Di Area Sm – A3 Pt. Sims Jaya Kaltim Site Pt. Kideco Jaya Agungkalimantan Timur. *Computer Science & IT*, 116.
- Rahmatulah, R. R., Haq, S. R., Inmarlinianto, I., Suharyadi, H., Ardian, A., & Soekamto, U. (2024). Analisis fleet management system untuk optimalisasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca pada kegiatan pengupasan overburden di Pit 3 Banko Tengah PT Bukit Asam Tbk, Sumatera Selatan. *Jurnal Teknologi Pertambangan*, 10(1), Juli 2024
- Rate, A. W., Lee, K. M., & French, P. (2004). Application of biosolids in mineral sands mine rehabilitation: use of stockpiled topsoil decreases trace element uptake by plants. *Bioresource technology*, 224.
- Sompotan, A. F. (2012). *Struktur Geologi Sulawesi*. Bandung: Perpus Sains Kebumihan Institut Teknologi Bandung.
- Wahyudi, A., & Kopa, R. (2020). Kajian Teknis Penentuan Geometri Peledakan Untuk Mengoptimisasikan Perolehan Hasil Peledakan CV. Tekad Jaya Desa Lareh Sago Halaban, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat. *Jurnal Bina Tambang, Vol. 5, No.5*, 1.
- _____.(2005). *Specifications & Application Handbook* (26th ed.). Japan: Komatsu.