

BAB IV

PROSEDUR DAN HASIL PENELITIAN

Kegiatan pengupasan dan pengangkutan lapisan penutup batubara di **PT Kideco Jaya Agung** dilakukan dengan cara dilakukan kegiatan pengeboran dan peledakan untuk memudahkan proses pemuatan dan pengangkutan yang menggunakan bantuan alat mekanis *dumptruck* dan *backhoe*. Salah satu alat mekanis yang digunakan di area Roto *South Pit G* yaitu, *backhoe* Komatsu PC2000-8 yang dipasangkan dengan 9 unit *dumptruck* Komatsu HD785-7 sebagai alat angkutnya. Setelah dilakukan pengamatan dan pengambilan data di lapangan, didapatkan hal-hal sebagai berikut :

4.1 Keadaan Umum Lokasi

4.1.1 Kondisi *Front Kerja*

Lokasi pengambilan data dilakukan pada area Roto *South Pit G* PT Kideco Jaya Agung, kegiatan pengupasan dan pengangkutan lapisan penutup dilaksanakan dengan kondisi *front kerja* relatif luas, dengan material batu lempung hasil peledakan.

4.1.2 Pola Pemuatan

Dari hasil pengamatan yang dilakukan, pola pemuatan yang dilakukan di lapangan, menggunakan pola *top loading*, dimana alat muat ditempatkan lebih tinggi atau di atas jenjang, sedangkan alat angkut berada lebih rendah daripada alat muat. Dan untuk alat angkut menggunakan pola *single back up*, dimana alat angkut meposisi diri untuk dimuati di satu tempat saja, dan alat angkut berikutnya menunggu secara bergantian untuk dimuati hingga penuh.

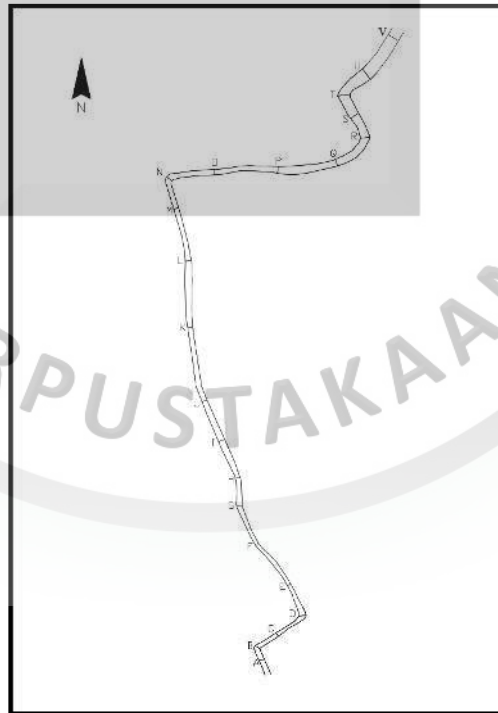
4.1.3 Kondisi Jalan Angkut

Kondisi jalan angkut dari *front* menuju disposal merupakan jalan yang materialnya bersumber dari struktur aslinya, dengan permukaan rata dan dirawat dengan benar, akan tetapi sedikit ambles ketika terkena beban alat berat.

4.2 Geometri Jalan

4.2.1 Lebar Jalan Angkut

Lebar jalan angkut yang ada pada area Roto *South Pit G* ini merupakan jalan angkut dengan dua jalur, pengukuran lebar jalan secara aktual menggunakan meteran laser *Leica Disto D5* yang diukur dibagi menjadi beberapa segmen jalan (gambar 4.1). Dan untuk penentuan lebar minimal digunakan alat angkut terbesar yaitu Komatsu HD785-7 dengan lebar 6,885 m. sedangkan untuk lebar jalan angkut dapat dibedakan menjadi jalan lurus dan jalan tikungan.



Gambar 4.1
Sketsa Pembagian Segmen pada Jalan Angkut Area Roto South Pit G

1. Lebar Jalan Lurus

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan di lapangan, lebar jalan angkut pada kondisi lurus memiliki lebar yang bervariasi dan dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini :

Tabel 4.1
Lebar Jalan Angkut pada Kondisi Lurus

Segmen	Rencana Berdasarkan Perhitungan (m)	Lebar Jalan Aktual (m)	Penambahan Lebar Jalan (m)
A	24,09	28,88	-
C		23,81	0,28
E		27,60	-
F		29,00	-
H		25,25	-
I		25,56	-
J		27,43	-
K		27,30	-
L		32,18	-
M		26,80	-
O		24,38	-
P		35,17	-
Q		30,47	-
S		36,12	-
U		43,82	-
V		36,31	-

Perhitungan untuk menentukan lebar jalan lurus minimum berdasarkan teori *AASHTO* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$L_{(\min)} = n.W_t + (n + 1) (1/2.W_t)$$

Keterangan :

$L_{(\min)}$ = lebar minimum jalan angkut, meter.

n = jumlah jalur

$W_{(t)}$ = Lebar alat angkut, meter.

Diketahui :

n = 2 Jalur

Lebar HD785-7 W_t = 6,88 m

Sehingga lebar jalan angkut minimum untuk alat angkut *Komatsu HD785-7* pada kondisi lurus ialah:

$$\begin{aligned} L_{(\min)} &= 2 \times 6,88 + (2+1) (1/2 \times 6,88) \\ &= 24,09 \text{ m} \end{aligned}$$



Gambar 4.2
Pengukuran Lebar Jalan Lurus



Gambar 4.3
Pengukuran Lebar Jalan Lurus Bagian 2

2. Lebar jalan pada Tikungan

Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan, didapatkan lebar jalan secara aktual dengan data bisa dilihat pada tabel 4.2 berikut ini :

Tabel 4.2
Lebar Jalan Angkut pada kondisi Tikungan

Segmen	Rencana Berdasarkan Perhitungan (m)	Lebar Jalan Aktual (m)	Penambahan Lebar Jalan (m)
B	27,39	35,85	-
D		41,51	-
G		31,66	-
N		32,88	-
R		31,42	-

Bersambung

Lanjutan Tabel 4.2

Segmen	Rencana Berdasarkan Perhitungan (m)	Lebar Jalan Aktual (m)	Penambahan Lebar Jalan (m)
T		36,05	-

Berdasarkan hasil pengukuran secara langsung, dapat ditentukan untuk perhitungan lebar pada tikungan minimal berdasarkan teori *AASHTO*, untuk menentukan nya, diperlukan data lebar atau jejak roda kendaraan, lebar jantai *dumpruck* bagian depan dan bagian belakang pada saat tikungan, jarak antar *dumpruck* dan juga jarak sisi luar *truck* pada tepi jalan.

Persamaan yang dapat digunakan ialah sebagai berikut :

$$W_{min} = n (U + Fa + Fb + Z) + C$$

$$C = Z = 0,5(U + Fa + Fb)$$

Keterangan :

W_{min} = lebar jalan angkut pada tikungan

U = jarak jejak roda, meter

n = jumlah jalur

Fa = lebar jantai depan, meter

Fb = lebar jantai belakang, meter

Z = lebar bagian tepi jalan, meter.

C = lebar antar *truck*, meter.

Untuk alat angkut yang digunakan adalah *dumpruck* Komatsu HD785-7, berdasarkan spesifikasi teknis diketahui bahwa :

U = 4,32 meter

Fa = 1,41 meter

Fb = 2,092 meter

Ad = 2,15 meter

Ab = 3,19 meter

α = 41°

$$C = Z = 0,5(U + Fa + Fb)$$

$$C = \frac{(4,32 \text{ m} + 1,41 \text{ m} + 2,09 \text{ m})}{2}$$

= 3,91 meter

Sehingga didapatkan untuk lebar jalan angkut minimum pada tikungan untuk dua jalur dengan alat angkut HD785-7 ialah sebesar :

$$W_{\min} = 2 (4,32 \times 1,41 \times 2,09 \times 3,91) \text{ m} + 3,914 \text{ m}$$

$$W_{\min} = 27,39 \text{ meter}$$



Gambar 4.4
Pengukuran Lebar Jalan Tikungan

4.2.2 Kemiringan Jalan (Grade)

Kemiringan jalan angkut dapat dinyatakan dalam persen (%), dimana pada saat pengukuran langsung dilakukan menggunakan *Leica Disto D5*, dan menggunakan GPS *Garmin 60CsX* serta didukung dengan data sekunder yang didapat dari departemen *Development* PT Kideco Jaya Agung berupa data grade

jalan aktual yang diperbarui setiap akhir bulan. data kemiringan jalan setiap segmen dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3
Kemiringan Jalan pada Setiap Segmen

Segmen	Elevasi (mdpl)	Beda Elevasi		Panjang Jalan (m)	(%) Grade	
		Keadaan Isi	Keadaan Kosong		Keadaan Isi	Keadaan Kosong
A-B	62	-4	4	73,3	-5,46	5,46
	58					
B-C	58	-1,20	1,2	124,3	-0,97	0,97
	56,8					
C-D	56,8	2,490	-2,49	168,1	1,48	-1,48
	59,29					
D-E	59,29	-0,31	0,31	178,8	-0,17	0,17
	58,98					
E-F	58,98	4,29	-4,29	410,9	1,04	-1,04
	63,27					
F-G	63,27	3,14	-3,14	235,2	1,34	-1,34
	66,41					
G-H	66,41	-1,66	1,66	94,5	-1,76	1,76
	64,75					
H-I	64,75	2,3	-2,3	149,1	1,54	-1,54
	67,05					
I-J	67,05	4,62	-4,62	446,5	1,03	-1,03
	71,67					
J-K	71,67	8,98	-89,8	401,5	2,24	-2,24
	80,65					
K-L	80,65	7,8	-7,8	353,2	2,21	-2,21
	88,45					
L-M	88,45	5,86	-5,86	287,9	2,04	-2,04
	94,31					
M-N	94,31	0,69	-0,69	164,2	0,42	-0,42
	95					
N-O	95	15,69	-15,69	249,4	6,29	-6,29
	110,69					
O-P	110,69	27,52	-27,95	338,5	8,13	-8,13
	138,21					
P-Q	138,21	24,79	-24,79	316,8	7,96	-7,96
	163,43					
Q-R	163,43	11,81	-11,81	204,3	5,78	-5,78
	175,24					
R-S	175,24	3,41	-3,41	129,4	2,64	-2,64
	178,65					

Bersambung

Lanjutan Tabel 4.3

Segmen	Elevasi (mdpl)	Beda Elevasi		Panjang Jalan (m)	(%) Grade	
		Keadaan Isi	Keadaan Kosong		Keadaan Isi	Keadaan Kosong
S-T	178,65	4,08	-4,08	123,3	3,31	-3,31
	182,73					
T-U	182,73	1,94	-1,94	165,6	1,17	-1,17
	184,67					
U-V	184,67	1,44	-1,44	296,9	0,48	-0,48
	186,11					

Untuk mendapatkan kemiringan jalan tersebut, dapat menggunakan perbandingan antara beda tinggi dan juga jarak mendatar, dengan persamaan sebagai berikut :

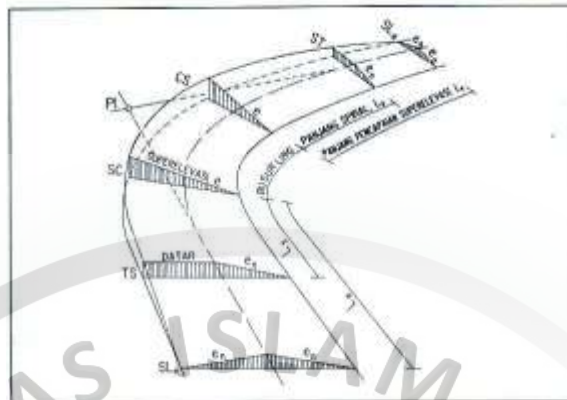
$$\text{Grade } (\%) = \frac{\Delta h}{\Delta x}$$

$$\begin{aligned} \text{Grade } (\%) &= \frac{4}{73,3} (100 \%) \\ &= 5,46 \% \end{aligned}$$

Berdasarkan data yang didapatkan, untuk kemiringan jalan yang ditentukan SOP perusahaan PT Kideco Jaya Agung, maksimal sebesar 12 %. (Penampang segmen jalan dapat dilihat pada **Lampiran L**).

4.2.3 Superelevasi

Superelevasi memiliki tujuan untuk memaksimalkan kecepatan unit dalam mengatasi tikungan, dengan adanya superelevasi ini diharapkan alat angkut bisa secara maksimal melewati tikungan tanpa tergelincir. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Sumber : Dwayne D. Tannant, 2001

Gambar 4.5
Proses Perubahan Kemiringan Melintang pada Tikungan

Untuk mendapatkan nilai superelevasi standar dapat berpatokan pada nilai superelevasi yang diizinkan, dalam hal ini penyusun menggunakan kecepatan maksimal 20km/jam.

Untuk $V < 80$ km/jam

$$f = -0,00065 \times V + 0,192$$

$$e + f = \frac{V^2}{127 \times R}$$

Keterangan :

e = Angka superelevasi

f = Koefisien gesekan melintang

V = Kecepatan Kendaraan (Km/Jam), 20 km/jam

R = Radius/Jari-jari Tikungan (m)

f = $-0,00065 \times V + 0,192$

$$= 0,179$$

$$R = \frac{V^2}{127 (e + f)}$$

$$= \frac{20^2}{127 (0,04 + 0,179)}$$

$$= 14,38 \text{ meter}$$

$$e + f = \frac{V^2}{127 \times R}$$

$$e = \frac{(20)^2}{127 \times 14,38} - 0,179$$

$$e = 0,04$$

Sehingga angka superelevasi yang dianjurkan untuk mengatasi tikungan jalan dengan kecepatan maksimal 20 km/jam dengan lebar jalan minimal sebesar 27,39 m adalah 0,04. Dan untuk beda tinggi yang harus dibuat yaitu :

$$\text{tg } \alpha = 0,04 ; \text{ maka } \alpha = 2,29^\circ$$

$$\begin{aligned} a &= r \times \sin \alpha \\ &= 27,39 \text{ m} \times \sin 2,29^\circ \\ &= 1,09 \text{ m} \end{aligned}$$

4.2.4 Jari-jari Tikungan

$$R = \frac{V^2}{127 (e + f)}$$

Keterangan :

V = Kecepatan *truck*, 20 km/jam

R = jari-jari tikungan, m

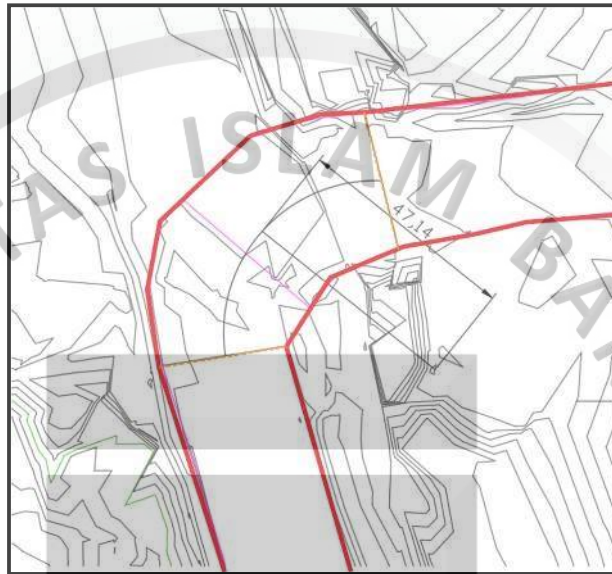
e = *superelevasi*, 40 mm/m = 0,04 m/m

f = koefisien gesek melintang, untuk kecepatan < 80 km/jam

$$\begin{aligned} f &= - 0,00065 \cdot V + 0,192 \\ &= - 0,00065 (20) + 0,192 \\ &= 0,179 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{V^2}{127 (e + f)} \\ &= \frac{(20)^2}{127 (0,04 + 0,179)} \\ &= 14,38 \text{ meter} \end{aligned}$$

Jari – jari tikungan minimal yang mampu dilalui oleh *truck* adalah sebesar 14,38 meter. Dari hasil pengamatan dan perhitungan di lapangan, jari – jari tikungan jalan angkut sebesar 47,14 meter sehingga jari – jari tikungan jalan angkut sudah memenuhi syarat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Sumber : Data Department Development PT KJA, 2019

Gambar 4.6
Jari-jari Berdasarkan data Topografi

4.2.5 Dimensi Tanggul

Berdasarkan ketentuan yang telah dibuat, ada beberapa ketentuan untuk pembuatan tanggul pengaman, tanggul pengaman biasanya dibuat dengan kemiringan tidak kurang dari 45° , dengan tujuan untuk mencegah kendaraan menaiki tanggul dan juga berfungsi untuk mengalihkan arah gerakan roda. Selain itu tinggi tanggul pengaman yang digunakan memiliki tinggi minimal $\frac{1}{2}$ diameter roda terbesar dari unit yang digunakan pada area tersebut. Panjang tanggul pun diberi batas maksimal yaitu 25 meter dengan tujuan untuk mengalirkan air ke area paritan yang ada.



Gambar 4.7
Dimensi Tanggul Pengaman

4.3 Perhitungan Rimpull

Dari hasil pengamatan di lapangan, jenis material yang digunakan untuk jalan angkut sebagian besar berasal dari material yang ada di *front* penambangan, yaitu lempung dengan kondisi kering. Dengan dilakukan pemadatan serta pengkerasan jalan dengan menggunakan *compact* maka, nilai *Coefficient of Traction* untuk ban karet, masuk katagori “*Dry, Clay Loam*” dengan range 50-70%. Dan untuk nilai *Rolling Resistance* dalam satuan lb/ton dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4
Angka Rata-rata Tahanan Gulir (RR) untuk berbagai macam jalan

Macam Jalan	RR untuk Ban Karet (lb/ton)
Hard, smooth surface, well maintained	40
Firm but flexible surface, well maintained	65
dirt road, average construction road, little maintained	100
Dirt road, soft or rutted	150
Deep, muddy surface, or loose sand	250-400

Sumber : Partanto Prodjosumarto, 1993

4.3.1 Rimpull yang Tersedia

Rimpull yang tersedia pada alat angkut dapat dihitung berdasarkan persamaan rumus sebagai berikut :

$$RP = \frac{375 \times HP \times \text{Efisiensi Mesin}}{V \text{ (MPH)}}$$

Tabel 4.5
Rimpull pada setiap gear yang digunakan

Gear	Kecepatan (MPH)	Kecepatan (km/jam)	Efisiensi mesin	HP	Rimpull (lb)
1	5,90	9,5	85%	879	47.492
2	8,38	13,5	85%	879	33.421
3	11,36	18,3	85%	879	24.655
4	15,46	24,9	85%	879	18.120
5	20,80	33,5	85%	879	13.468
6	28,26	45,5	85%	879	9.916
7	40,37	65	85%	879	6.941

Perhitungan rimpull dapat dilihat pada lampiran G. dan berikut merupakan contoh perhitungan rimpull dan data cycle time yang didapatkan:

Tabel 4.6
Data Perhitungan Rimpull

Front-Disposal	D	Satuan
Berat Total	179,84	(ton)
	396.479	(lbs)
Kemiringan	1,48	(%)
RR 65		(lbs/ton)
GR 20		(lbs/ton)
AR 20		(lbs/ton)
CT	60	(%)
	0,6	
% Beban Roda Penggerak	68,6	(%)
	0,686	

Rimpull untuk mengatasi RR = 179,84 ton x 65 lbs/ton
= 11.689 lbs

Rimpull untuk mengatasi GR = 179,84 ton x 20 lbs/ton/% x 1,48 %
= 5.323 lbs

Rimpull untuk mengatasi AR = 179,84 ton x 20 lbs/ton/%

$$= 3.597 \text{ lbs}$$

$$\text{Total RP yang dibutuhkan} = 11.689 \text{ lbs} + 5.323 \text{ lbs} + 3.597 \text{ lbs}$$

$$= 20.610 \text{ lbs}$$

$$\text{Waktu Tempuh pada segmen A-B} = \frac{0,073 \text{ km}}{20,00 \text{ km/jam}} = 0,22 \text{ menit}$$

Tabel 4.7
Hasil Rekapitulasi Perhitungan *Rimpull* untuk HD Bermuatan

Segmen	Panjang Jalan	Panjang Jalan (km)	Grade	Km/Jam	Waktu (jam)	Waktu (menit)
A - B	73,32	0,073	-5,46	20,00	0,004	0,22
B - C	124,3	0,124	-0,97	40,00	0,003	0,19
C - D	168,1	0,168	1,48	35,89	0,005	0,28
D - E	178,8	0,179	-0,17	20,00	0,009	0,54
E - F	410,9	0,411	1,04	37,73	0,011	0,65
F - G	235,2	0,235	1,34	36,50	0,006	0,39
G - H	94,5	0,095	-1,76	20,00	0,005	0,28
H - I	149,1	0,149	1,54	35,63	0,004	0,25
I - J	446,5	0,447	1,03	37,77	0,012	0,71
J - K	401,5	0,402	2,24	32,69	0,012	0,74
K - L	353,2	0,353	2,21	32,81	0,011	0,65
L - M	287,9	0,288	2,04	33,54	0,009	0,51
M - N	164,2	0,164	0,42	40,00	0,004	0,25
N - O	249,4	0,249	6,29	20,00	0,012	0,75
O - P	338,5	0,339	8,13	7,78	0,043	2,61
P - Q	316,8	0,317	7,96	8,50	0,037	2,24
Q - R	204,3	0,204	5,78	17,71	0,012	0,69
R - S	129,4	0,129	2,64	20,00	0,006	0,39
S - T	123,3	0,123	3,31	28,16	0,004	0,26
T - U	165,6	0,166	1,17	20,00	0,008	0,50
U - V	296,93	0,297	-1,01	40,00	0,007	0,45
Waktu Tempuh Muatan (menit)						13,53

Tabel 4.8
Hasil Rekapitulasi Perhitungan *Rimpull* untuk HD Kosongan

Segmen	Panjang Jalan	Panjang Jalan (km)	Grade	Km/Jam	Waktu (jam)	Waktu (menit)
U - V	296,93	0,297	1,01	40,00	0,007	0,45
T - U	165,6	0,166	-1,17	20,00	0,008	0,50

Bersambung

Lanjutan Tabel 4.8

Segmen	Panjang Jalan	Panjang Jalan (km)	Grade	Km/Jam	Waktu (jam)	Waktu (menit)
S - T	123,3	0,123	-3,31	40,00	0,003	0,18
R - S	129,4	0,129	-2,64	20,00	0,006	0,39
Q - R	204,3	0,204	-5,78	40,00	0,005	0,31
P - Q	316,8	0,317	-7,96	40,00	0,008	0,48
O - P	338,5	0,339	-8,13	40,00	0,008	0,51
N - O	249,4	0,249	-6,29	20,00	0,012	0,75
M - N	164,2	0,164	-0,42	40,00	0,004	0,25
L - M	287,9	0,288	-2,04	40,00	0,007	0,43
K - L	353,2	0,353	-2,21	40,00	0,009	0,53
J - K	401,5	0,402	-2,24	40,00	0,010	0,60
I - J	446,5	0,447	-1,03	40,00	0,011	0,67
H - I	149,1	0,149	-1,54	40,00	0,004	0,22
G - H	94,5	0,095	1,76	20,00	0,005	0,28
F - G	235,2	0,235	-1,34	40,00	0,006	0,35
E - F	410,9	0,411	-1,04	40,00	0,010	0,62
D - E	178,8	0,179	0,17	20,00	0,009	0,54
C - D	168,1	0,168	-1,48	40,00	0,004	0,25
B - C	124,3	0,124	0,97	20,00	0,006	0,37
A - B	73,3	0,073	5,46	40,00	0,002	0,11
Waktu Tempuh Kosongan (menit)						8,78

 = Jalan Belokan

4.3.2 Perhitungan *Rimpull* berdasarkan kecepatan aktual

Untuk mendapatkan waktu edar berdasarkan kecepatan alat angkut, maka dilakukan pengukuran kecepatan setiap segmen yang dibuat dengan memperhitungkan jarak serta *grade* jalan yang ada, berdasarkan hasil pengamatan serta perhitungan, didapatkan waktu edar keseluruhan sebesar 26 menit.

Nilai *rolling resistance* dan *speed factor* ditentukan berdasarkan keadaan jalan, dengan ketentuan sebagai berikut :

Tabel 4.9
Ketentuan *Rolling Resistance*

Haul road Conditions	Rolling resistance (%)
Well-maintained road, surface is flat and firm, properly wetted, and does not sink under weight of vehicle	2,00
Same road conditions as above, but surface sinks slightly under weight of vehicle	3,50

Bersambung

Lanjutan Tabel 4.8

Haul road Conditions	Rolling resistance (%)
Poorly maintained, not wetted, sinks under weight of vehicle	5,00
Badly maintained, road base not compacted or stabilized, forms ruts easily	8, 00
Loose sand or gravel road	10,00
Not maintained at all, soft, muddy, deeply rutted	15 to 20

Sumber : Komatsu Handbook edition 31

Tabel 4.10
Ketentuan Speed Factor

Distance of each section of haul road (m)	When making a Standing start	When running into each section
0-100	0.25-0.50	0.50-0.70
100-250	0.35-0.60	0.60 - 0.75
250 - 500	0.50 - 0.65	0.70 - 0.80
500 - 750	0.60 - 0.70	0.75 - 0.80
750 - 1000	0.65 - 0.75	0.80 - 0.85
1000 -	0.70 - 0.85	0.80 - 0.95

Sumber : Komatsu Handbook edition 31

Waktu *hauling* per segmen jalan didapatkan berdasarkan jarak dan rata-rata kecepatan meter per menit yang sudah diukur sebelumnya, sehingga didapatkan kecepatan jalan setiap segmen yang ada. Berikut merupakan hasil rekapitulasi penentuan *cycle time* berdasarkan pengukuran kecepatan secara aktual.

Tabel 4.11
Rekapitulasi Rimpull Berdasarkan Kecepatan Aktual (Kondisi Muatan)

Kondisi	Lintasan	Grade Resistance		Rolling Resistance (%)	Total Resistance	Cycle Time Hauling					
		Jarak (m)	α (%)			Kecepatan			Waktu Hauling (menit)	Total CT DT (menit)	
						Speed Factor	(km/h)	(m/menit)			AVERAGE (m/menit)* speed factor
Loaded	A - B	73.32	5.46	3.5	-2	0.61	30	500,00	304,99	0,24	15,88
	B - C	124.3	0.97	3.5	3	0.66	22	366,67	242,79	0,51	
	C - D	168.1	1.48	3.5	5	0.68	35	583,33	399,03	0,42	
	D - E	178.8	0.17	3.5	3	0.69	28	466,67	321,72	0,56	
	E - F	410.9	1,04	3,5	5	0,76	29	483,33	365,97	1,12	
	F - G	235,2	1,34	3,5	5	0,72	30	500,00	358,80	0,66	
	G - H	94.5	1.76	3.5	2	0.42	24	400,00	166,15	0,57	
	H - I	149.1	1.54	3.5	5	0,67	30	500,00	337,28	0,44	
	I - J	446.5	1.03	3.5	5	0,76	44	733,33	560,49	0,80	
	J - K	401.5	2.24	3.5	6	0,76	48	800,00	604,24	0,66	
	K - L	353.2	2.21	3.5	6	0,75	30	500,00	372,82	0,95	
	L - M	287.9	2.04	3.5	6	0,73	35	583,33	427,34	0,67	
	M - N	164,2	0,42	3,5	4	0,68	25	416,67	284,21	0,58	
	N - O	249,4	6,29	3,5	10	0,72	20	333,33	241,57	1,03	
	O - P	338,5	8,13	3,5	12	0,74	14	233,33	173,30	1,95	
	P - Q	316.8	7.96	3.5	11	0,74	15	250,00	184,59	1,72	
	Q - R	204.3	5.78	3.5	9	0,70	22	366,67	257,46	0,79	
	R - S	129.4	2.64	3.5	6	0,66	30	500,00	332,35	0,39	
	S - T	123.3	3.31	3.5	7	0,66	22	366,67	242,61	0,51	
	T - U	165.6	1.17	3.5	5	0,68	29	483,33	330,02	0,50	
U - V	296.93	1.01	3.5	2	0,73	30	500,00	367,19	0,81		

Tabel 4.12
Rekapitulasi Rimpull Berdasarkan Kecepatan Aktual (Kondisi Kosong)

Kondisi	Lintasan	Grade Resistance		Rolling Resistance (%)	Total Resistance	Cycle Time Hauling					
		Jarak (m)	α (%)			Kecepatan			AVERAGE (m/menit)*	Waktu Hauling (menit)	Total CT DT (menit)
						Speed Factor	(km/h)	(m/menit)			
Empty	U - V	296,93	1,01	3,5	5	0,73	30	500,00	367,19	0,81	11,76
	T - U	165,6	-1,17	3,5	2	0,68	32	533,33	364,16	0,45	
	S - T	123,3	-3,31	3,5	0	0,66	32	533,33	352,88	0,35	
	R - S	129,4	-2,64	3,5	1	0,66	40	666,67	443,13	0,29	
	Q - R	204,3	-5,78	3,5	-2	0,70	32	533,33	374,48	0,55	
	P - Q	316,8	-7,96	3,5	-4	0,74	40	666,67	492,24	0,64	
	O - P	338,5	-8,13	3,5	-5	0,74	44	733,33	544,65	0,62	
	N - O	249,4	-6,29	3,5	-3	0,72	20	333,33	241,57	1,03	
	M - N	164,2	-0,42	3,5	3	0,68	42	700,00	477,47	0,34	
	L - M	287,9	-2,04	3,5	1	0,73	51	850,00	622,69	0,46	
	K - L	353,2	-2,21	3,5	1	0,75	38	633,33	472,24	0,75	
	J - K	401,5	-2,24	3,5	1	0,76	44	733,33	553,89	0,72	
	I - J	446,5	-1,03	3,5	2	0,76	48	800,00	611,44	0,73	
	H - I	149,1	-1,54	3,5	2	0,67	24	400,00	269,82	0,55	
	G - H	94,5	1,76	3,5	5	0,64	24	400,00	256,70	0,37	
	F - G	235,2	-1,34	3,5	2	0,54	42	700,00	376,37	0,62	
	E - F	410,9	-1,04	3,5	2	0,76	32	533,33	403,83	1,02	
	D - E	178,8	0,17	3,5	4	0,69	34	566,67	390,66	0,46	
	C - D	168,1	-1,48	3,5	2	0,68	45	750,00	513,04	0,33	
	B - C	124,3	0,97	3,5	4	0,66	25	416,67	275,90	0,45	
A - B	73,3	5,46	3,5	9	0,61	36	600,00	365,99	0,20		

4.4 Sifat Fisik Material

4.4.1 Faktor Pengembangan (*Swell Factor*)

Faktor pengembangan material didapatkan dengan menggunakan perbandingan antara densitas material lepas (*loose*) dan densitas material asli (*bank*), dengan demikian dapat ditentukan faktor pengembangan materialnya. Faktor pengembangan dilakukan dengan mengacu pada teori yang telah ada sehingga dengan jenis batuan atau material lempung, didapatkan densitas insitu sebesar 1,82 ton/BCM, dan untuk material lepas didapatkan berdasarkan data dept. *Development* PT Kideco Jaya Agung dengan nilai sebesar 1,48 ton/LCM. Sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$SF = \frac{\text{Density Loose}}{\text{Density insitu}}$$

$$= \frac{1,48 \text{ ton/LCM}}{1,82 \text{ ton/BCM}} = 0,81$$

4.4.2 Faktor Isian Mangkok (*Bucket Fill Factor*)

Bucket fill factor merupakan suatu nilai yang menunjukkan kapasitas nyata yang didapatkan dari kapasitas *bucket* yang digunakan oleh alat muat, alat muat yang digunakan ialah Komatsu PC2000, dengan kapasitas *bucket* sebesar 14 LCM . nilai

dari *bucket fill factor* dapat ditentukan dengan cara membandingkan nilai *payload* aktual yang berada di alat angkut, dengan jumlah *swing*, kapasitas *bucket* dan juga densitas *loose* yang telah didapatkan. Berikut merupakan data hasil rekapitulasi *bucket fill factor* :

Tabel 4.13
Rekapitulasi Pengukuran *Bucket Fill Factor*

Payload Standart (Ton)	Payload Aktual (Ton)	Jumlah Swing	Kapasitas Bucket (LCM)	Densitas Loose OB (Ton/LCM)	Bucket Fill Factor (%)
	106,80	5	14	1,48	103,09
	107,81	5	14	1,48	104,06
	107,80	6	14	1,48	86,72
	107,15	5	14	1,48	103,42
	107,53	6	14	1,48	86,50
	107,18	6	14	1,48	86,21
	107,72	5	14	1,48	103,98
	108,33	6	14	1,48	87,14
	107,93	6	14	1,48	86,81
	107,90	6	14	1,48	86,80
	107,67	5	14	1,48	103,92
	107,60	6	14	1,48	86,55
	108,30	6	14	1,48	87,11
	107,45	6	14	1,48	86,43
100	107,78	6	14	1,48	86,70
	107,60	5	14	1,48	103,87
	107,83	5	14	1,48	104,08
	108,33	5	14	1,48	104,56
	108,30	5	14	1,48	104,54
	107,67	5	14	1,48	103,93
	108,09	6	14	1,48	86,95
	107,88	5	14	1,48	104,13
	108,06	6	14	1,48	86,92
	108,28	5	14	1,48	104,52
	107,67	6	14	1,48	86,60
	108,04	5	14	1,48	104,29
	108,42	6	14	1,48	87,21
	108,43	5	14	1,48	104,66
Rata-Rata					95

4.5 Produktivitas Alat

4.5.1 Waktu Kerja Efektif

Untuk penentuan waktu kerja efektif, perusahaan PT Pamapersada Nusantara sebagai kontraktor, menerapkan kegiatan penambangan dalam dua *shift* kerja, *shift* satu mulai bekerja dari pukul 06.00 – 18.00 WITA dan *shift* dua pukul 18.00-06.00 WITA. Pengambilan data diambil dalam satu hari yang terdiri atas dua *shift* kerja.

Tabel 4.14
Jadwal Waktu Kerja PT Pamapersada Nusantara site Kideco SHIFT 1

Hari	Kegiatan	Waktu	Jam	Waktu tersedia(jam/hari)	Waktu tersedia (jam /30 hari)
Senin	Kerja	06.00-12.00	6	11	330
	Istirahat	12.00-13.00	1		
	Kerja	13.00-18.00	5		
Selasa	Kerja	06.00-12.00	6	11	330
	Istirahat	12.00-13.00	1		
	Kerja	13.00-18.00	5		
Rabu	Kerja	06.00-12.00	6	11	330
	Istirahat	12.00-13.00	1		
	Kerja	13.00-18.00	5		
Kamis	Kerja	06.00-12.00	6	11	330
	Istirahat	12.00-13.00	1		
	Kerja	13.00-18.00	5		
Jumat	Kerja	06.00-11.30	5,5	10,5	315
	Istirahat	11.30-13.00	1,5		
	Kerja	13.00-18.00	5		
Sabtu	Kerja	06.00-12.00	6	11	330
	Istirahat	12.00-13.00	1		
	Kerja	13.00-18.00	5		
Minggu	Kerja	06.00-12.00	6	11	330
	Istirahat	12.00-13.00	1		
	Kerja	13.00-18.00	5		

3.5.2 Waktu Hambatan

Waktu hambatan adalah waktu dimana alat gali dan muat tidak berproduksi atau dapat disebut juga dengan *loose time*. Hambatan-hambatan yang terjadi pada suatu unit produksi dibagi menjadi 2, yaitu hambatan *stand by* dan hambatan *repair*.

Perbedaan kedua hambatan tersebut adalah, jika pada hambatan *stand by* maka alat hanya diam dan dapat beroperasi kembali, sedangkan pada hambatan *repair* adalah jika alat berat benar-benar rusak atau tidak dapat digunakan dalam waktu yang lama. Waktu hambatan yang diamati di lapangan, menghasilkan perbedaan antara hambatan pada alat gali dan hambatan pada alat angkut. Berikut hambatan yang terjadi pada alat gali dan angkut (data waktu tiap hambatan ada pada Lampiran H) :

1. *Excavator KomatsuPC 2000*

Hambatan-hambatan yang terjadi selama penggalian adalah *Overshift*, Hujan, *Slippery*, istirahat lebih awal, *blasting*, perapihan *loading point*, waktu tunggu *hauler*, shalat jum'at, *moving* alat, dan *maintenance* yang termasuk ke dalam waktu *stand by*.

2. *Komatsu HD 785-7*

Hambatan yang termasuk *stand by* pada proses pengangkutan adalah *Overshift*, *Safety Talk/P2H*, Hujan, *Slippery*, istirahat lebih awal, *blasting*, *refuelling*, shalat jum'at, persiapan *front* kerja, dan lain-lain yang termasuk ke dalam hambatan-hambatan kecil pada jalan angkut.

3.5.3 Waktu Edar

Pengamatan yang dilakukan untuk mendapatkan waktu edar antara alat muat dan alat angkut dilakukan pada *area pit* yang dijadikan area penelitian, waktu yang diperoleh merupakan waktu edar rata-rata alat yang melakukan kerja pada waktu tertentu. Untuk waktu edar alat muat ditentukan berdasarkan waktu untuk *digging*, *swing load*, *dumping time*, *swing empty*. Berikut merupakan hasil rata-rata waktu edar yang diperoleh.

Tabel 4.15
Waktu Edar Alat Muat

Material	Jenis alat, dan <i>loading area</i>	CT (detik)
Lempung	Komatsu PC2000 EX 1733 (<i>PIT G</i>)	41,17

Selanjutnya untuk pengamatan waktu edar alat angkut, yang terdiri dari 9 unit dengan jarak *dumping* sejauh $\pm 5,83$ km, dari lokasi *pit G* dengan lokasi *disposal 3F*. waktu edar alat angkut meliputi waktu manuver pengisian, waktu pengisian muatan, waktu *travel* isi, waktu manuver *dumping*, waktu *dumping*, waktu *travel* kosong.

Tabel 4.16
Waktu Edar Alat Angkut

Material	Alat Angkut, <i>Loading</i> dan <i>Dumping area</i>	Jarak Angkut (km)	CT (menit)
Lempung	Komatsu HD785-7 (<i>Pit G, Disposal 3F</i>)	$\pm 5,83$	29,18

3.5.4 Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja merupakan waktu kerja yang sesungguhnya untuk melakukan suatu kegiatan penambangan, dengan adanya efisiensi kerja maka tidak semua waktu kerja yang tersedia oleh perusahaan dapat dimanfaatkan secara maksimal oleh para operator dan alat yang tersedia untuk beroperasi. Waktu kerja tersedia tidak dimanfaatkan secara maksimal dapat disebabkan oleh adanya hambatan-hambatan yang dapat berpotensi mengurangi waktu kerja yang tersedia.

1. Waktu Kerja Alat Gali-Muat Komatsu PC2000 EX 1733

Waktu Kerja rata-rata per hari = 1041,80 menit

Waktu Kerja tersedia per hari = 1320 menit

Efisiensi Kerja alat gali-muat = $\frac{W_e}{W_t} \times 100\%$

$$= \frac{; <= ; > <}{; ? @ <} \times 100\%$$

$$= 79\%$$

2. Waktu Kerja Alat Angkut Komatsu HD785-7

Waktu Kerja rata-rata per hari = 1053,27 menit

Waktu Kerja tersedia per hari = 1320 menit

$$\text{Efisiensi Kerja alat gali-muat} = \frac{W_e}{W_t} \times 100\%$$

$$= \frac{; < A ? , @ B}{; ? @ <} \times 100\%$$

$$= 81\%$$

3.5.5 Produktivitas Alat Muat dan Alat Angkut

Produktivitas alat pada kegiatan penambangan dapat diperoleh berdasarkan perhitungan dari masing-masing rangkaian kegiatan yang sudah ditetapkan, data yang dibutuhkan untuk memperoleh produktivitas alat gali-muat dan angkut didapatkan berdasarkan pengamatan seperti waktu edar, kapasitas *bucket* alat muat, faktor pengembangan material, faktor pengisian, dan juga efisiensi kerja alat.

1. Produktivitas Alat Muat

Alat muat yang digunakan yaitu Komatsu PC2000 EX1733 dengan kegiatan pembongkaran dan pemuatan material *overburden* yang dilaksanakan di area Roto Selatan *pit* G. produktivitas alat muat dapat dilihat pada **Lampiran I**

Produktivitas alat gali dihitung dengan rumus berikut ini:

$$P_{im} = \frac{E_m \times 60 \times H_m \times FF_m \times SF}{CT_m}$$

$$P_{im} = \frac{0,79 \times 60 \times 14 \times 0,95 \times 0,81}{0,68}$$

$$P_{im} = 662,55 \text{ BCM/jam/unit}$$

2. Produktivitas Alat Angkut

Kegiatan pengangkutan material *overburden* dilakukan menggunakan alat angkut dengan tipe Komatsu HD785-7 dengan kapasitas *Vessel* 40 LCM, dan dilakukan menggunakan 9 unit dengan jarak dari *front* menuju *disposal* sejauh $\pm 5,83$ km.

(Produktivitas alat angkut secara lengkap dapat dilihat pada **Lampiran I**)

Berikut merupakan contoh perhitungan produktivitas alat angkut :

$$P_{ia} = \frac{E_a \times 60 \times (H_{mt} \times n_p \times FF_m \times SF)}{C_a}$$

$$P_{ia} = \frac{0,81 \times 60 \times (4 \times 5 \times 0,95) \times 0,81}{29,18}$$

$$P_{ia} = 73,58 \text{ BCM/jam/unit}$$

Tabel 4.17
Produksi Alat Gali-Muat Angkut

No	Unit	Produksi (BCM/jam)
1	Komatsu PC2000 EX 1733	662,55
2	Komatsu HD 785-7	662,18

3.5.6 Faktor Keserasian Kerja (*Match Factor*) Alat

Match factor merupakan nilai yang menunjukkan keserasian kerja antara alat gali-muat dan alat angkut yang digunakan dalam 1 *fleet* atau dalam satu rangkaian, nilai keserasian ini dapat ditentukan berdasarkan data *cycle time* dan jumlah antara alat gali-muat dan alat angkut yang digunakan di lapangan. Dari data yang telah diperhitungkan, nilai keserasian alat masih di bawah 1, yang artinya alat muat memiliki waktu menunggu alat angkut untuk datang. Berikut merupakan hasil perhitungan faktor keserasian alat yang ada :

$$MF = \frac{N_a \times L_{tm}}{N_m \times C_{ta}} \times 100\%$$

$$L_{tm} = \frac{h_a}{h_m \times C_{tm}}$$

$$L_{tm} = \frac{h_a}{h_m} \times C_{tm}$$

$$L_{tm} = \frac{53,2 \text{ LCM}}{14} \times 0,67$$

$$L_{tm} = 2,54$$

$$MF = \frac{N_a \times L_{tm}}{N_m \times C_a} \times 100\%$$

$$MF = \frac{9 \times 2,54}{1 \times 29,18} \times 100\%$$

$$MF = 0,78$$

