

EVALUASI GEOMETRI JALAN ANGKUT TAMBANG DARI STOCKPILE TANJUNG GUNUNG KE PIT DAMAR SELATAN PADA PENAMBANGAN BATUBARA DI PT SEBUKU IRON LATERITIC ORES (SILO) KALIMANTAN SELATAN

Habibie Anwar*, Anshariah, Abdul Salam Munir, Emi Prasetyawati Umar, Arif Nurwaskito, Sakti Aji Adi Sanra

Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo KM. 5, Makassar Sulawesi Selatan 90231 Indonesia
e-mail: *hbhnwr@umi.ac.id

ABSTRAK

Jalan tambang merupakan salah satu prasarana dalam proses penambangan untuk menghubungkan lokasi-lokasi penting, diantaranya adalah lokasi tambang menuju ke pelabuhan *stockpile*, perkantoran, pabrik pengolahan bahan galian (*smelter*), perumahan karyawan dan tempat-tempat lain di area penambangan. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengevaluasi kondisi geometri *mine haul road* sepanjang 7,5 kilometer dimulai dari *stockpile* tanjung gunung sampai ke *pit* penambangan di damar selatan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kondisi geometri jalan angkut lokasi penambangan di PT. Sebuk Iron Lateritic Ores (SILO), apakah telah sesuai standar atau belum. Tahapan pengambilan data geometri jalan dimulai dengan pengukuran dimensi jalan menggunakan dua jenis alat *survey* yaitu *Total Station* (TS) dan *Real Time Kinematic* (RTK). Tahap selanjutnya adalah mengolah data dari alat *survey* tersebut menggunakan alat bantu *software Surpac* dan *Autocad* untuk mengetahui nilai dimensi dari jalan tambang tersebut. Dari hasil evaluasi geometri jalan dari *stockpile* tanjung gunung sampai ke *pit* penambangan di damar selatan, hanya dimensi lebar jalan yang keseluruhan segmennya telah sesuai standar perusahaan, sedangkan untuk dimensi jari-jari tikungan, superelevasi, *grade*, *cross slope*, tanggul pengaman, parit dan *cut and fill*, masih terdapat beberapa segmen yang belum sesuai standar. Penyebab tidak standarnya segmen tersebut adalah karena kurangnya *maintenance* jalan *hauling* yang dilakukan oleh perusahaan.

Kata-kata kunci: jalan tambang, jari-jari tikungan, superelevasi, *cross slope*, *cut and fill*

PENDAHULUAN

Pertambangan merupakan semua jenis kegiatan yang dimulai dari prospeksi, eksplorasi, studi kelayakan, evaluasi, eksploitasi, pengolahan, pemasaran bahan galian dan reklamasi. Nilai keberhasilan pencapaian target produksi sangat dipengaruhi oleh sistem pengangkutan. Kondisi jalan angkut dapat mempengaruhi produktivitas kerja alat muat dan alat angkut yang juga akan mempengaruhi tingkat *match factor* alat gali dan alat angkut yang pada akhirnya juga mempengaruhi ketercapaian target produksi. Maka dengan memperhatikan kondisi jalan angkut produksi, diharapkan mempertinggi nilai efisiensi kerja alat dan tingkat keamanan dari alat angkut, sehingga target produksi dapat optimal sesuai dengan yang diharapkan. Sehingga adanya kajian teknis terhadap kondisi desain jalan tambang penting untuk dilakukan (SILO, PT. 2018).

Jalan tambang merupakan salah satu prasarana yang sangat penting dalam proses penambangan untuk menghubungkan lokasi-lokasi penting, diantaranya adalah lokasi tambang dengan pelabuhan *stockpile*, perkantoran, pabrik pengolahan bahan galian (*smelter*), perumahan karyawan dan tempat-tempat lain di area penambangan. Konstruksi jalan tambang secara garis besar sama dengan jalan angkut di kota, namun bedanya terletak pada permukaan jalannya yang jarang sekali dilapisi oleh aspal atau beton seperti pada jalan angkut di kota (SILO, PT. 2018). Dalam penelitian ini, diteliti kesesuaian geometri jalan seperti lebar jalan, *grade* atau kemiringan jalan, panjang *vertical curve*, jari-jari tikungan, superelevasi, *cross slope*, tanggul pengaman, *cut and fill*, jarak pandang

henti dan parit, terhadap standar jalan *hauling* yang telah ditetapkan pada umumnya.

Lebar jalan terdiri dari dua bagian, yaitu lebar jalan angkut di jalan lurus dan lebar jalan angkut di tikungan. Lebar jalan angkut di jalan lurus yang baik adalah ketika memiliki dimensi lebar berdasarkan spesifikasi lebar alat angkut terbesar yang melewati jalan tersebut. Desain lebar jalan dibuat dengan menambahkan lebar jalan di sisi kiri dan sisi kanan jalan dengan nilai setengah dari lebar alat angkut. Lebar jalan angkut di tikungan harus lebih lebar dibanding jalan lurus. Pada kelokan atau tikungan, kendaraan membutuhkan ruang gerak yang lebih lebar untuk melewatinya (Kaufman & Ault, 1977).

Superelevasi adalah badan jalan yang dimiringkan ke arah titik pusat pada belokan atau tikungan, yang berfungsi untuk mengatasi gaya sentrifugal kendaraan pada saat membelok. Superelevasi memiliki hubungan yang erat dengan jari-jari tikungan, kecepatan rencana kendaraan dan perubahan kecepatan. Superelevasi dapat dicapai secara bertahap dari kemiringan normal atau nol derajat pada bagian jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian jalan yang melengkung atau tikungan. Semakin besar nilai superelevasi, maka akan semakin besar pula komponen berat kendaraan yang diperoleh. *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) menganjurkan pemakaian beberapa nilai superelevasi maksimum yaitu: 4%, 6%, 8%, 10%, dan 12%. Kecepatan rencana dibutuhkan untuk memberikan

rekomendasi kecepatan maksimum pada saat melalui tikungan dan sekaligus memberikan peringatan kepada pengemudi agar selalu berhati-hati dalam mengoperasikan unit *truck* agar terhindar dari insiden yang tidak diinginkan, sehingga budaya *safety* terlaksana dengan baik. Jari-jari tikungan minimum dibutuhkan untuk keselamatan pengemudi agar terhindar dari kemungkinan kecelakaan, sekaligus memberi peringatan kepada pengemudi bahwa kendaraan masih dapat melewati tikungan dengan nilai jari-jari tikungan minimum tersebut. Penentuan nilai jari-jari tikungan minimum berdasarkan pada nilai superelevasi, kecepatan rencana dan nilai koefisien gesek maksimum (AASHTO, 2001).

Kemiringan jalan angkut berhubungan langsung dengan kemampuan alat angkut baik dalam mengatasi tanjakan maupun dalam pengereman pada saat alat angkut berisi muatan maupun dalam keadaan kosong. Jalan angkut di jalan tambang biasanya dirancang pada kemiringan 8% atau maksimal 10%. Kemiringan jalan 8% merupakan kemiringan paling umum yang akan memberikan kemudahan dalam proses pembuatannya, serta memudahkan dalam pengaturan masuk ke pendakian tanpa menjadi terlalu terjal di beberapa tempat. Panjang kritis adalah panjang landai maksimal yang harus di buat agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya, sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan rencana. Menurut Kaufman & Ault tahun 1977, panjang lengkungan atau tikungan vertikal sebaiknya tidak kurang dari 30 meter demi kenyamanan dan keamanan pengemudi. Umumnya, panjang tikungan vertikal lebih besar dari minimum nilai panjang tikungan vertikal yang diinginkan, dan menghasilkan jarak penglihatan yang lebih panjang (Kaufman & Ault, 1977).

Jarak pandangan henti adalah panjang bagian jalan di depan pengemudi yang dapat dilihat dengan jelas, diukur dari tempat kedudukan mata pengemudi. Kemampuan untuk dapat melihat kemuka dengan jelas merupakan hal yang penting untuk keselamatan dan pemakaian kendaraan yang efisien bagi pengemudi di jalan. *Cross slope* adalah badan jalan yang membentuk sudut pada kedua sisi permukaan jalan terhadap bidang horizontal. Dibuat demikian dengan tujuan untuk memperlancar penyaliran. Saat musim hujan atau sebab lain, air yang ada pada permukaan jalan akan segera mengalir ke tepi jalan angkut sesuai dengan arah kemiringan *cross slope*, tidak berhenti dan membentuk genangan pada permukaan jalan. Hal ini penting karena air yang menggenang pada permukaan jalan angkut akan membahayakan kendaraan yang lewat dan mempercepat kerusakan jalan. Sudut yang dibentuk oleh dua sisi permukaan jalan terhadap bidang horizontal atau *cross slope* sebaiknya 1/50 s.d 1/25 (20 mm/m s.d. 40 mm/m) (Kaufman & Ault, 1977).

Tanggul atau gundukan pengaman adalah timbunan di sisi atau tengah jalan yang dibuat untuk menghentikan atau menahan laju kecepatan alat angkut pada saat terjadi insiden. *Medians berm* (tanggul tengah jalan) dibuat lebih tinggi dan lebih besar dari *conventional berm* agar pada saat kondisi terjadinya suatu insiden kecelakaan, maka *median berm* mampu menahan laju kendaraan agar tidak menabrak kendaraan lain dari arah yang berlawanan (Kaufman & Ault, 1977).

Parit berfungsi untuk mengalirkan air, mengurangi dan atau membuang kelebihan air dari suatu

kawasan penambangan, sehingga kawasan penambangan tersebut dapat difungsikan secara optimal. Dalam sistem tata ruang, drainase atau parit berperan penting untuk mengatur pasokan air untuk pencegahan banjir. Parit dibuat berdasarkan dari sumber mata air atau air limpasan menuju kolam penampungan sementara, langsung ke sungai atau diarahkan ke selokan (*riool*). Jumlah parit ini disesuaikan dengan kebutuhan, sehingga bisa lebih dari satu. Apabila parit harus dibuat melalui lalu lintas tambang maka dapat dipasang gorong-gorong yang terbuat dari beton atau galvanis (Suwandhi, 2004).

Cut and fill adalah proses penggalian tanah dimana sejumlah massa tanah diambil, kemudian dipindahkan ke tempat lain. Perbedaan *cut and fill* dengan pengerjaan tanah adalah proses *cut and fill* dilakukan hanya di satu lokasi yang menjadi target pengerjaan. *Cut and fill* cenderung terencana sehingga jumlah tanah yang di ambil dan di timbun di tempat lain minimal seimbang, sehingga mengurangi biaya transportasi. Perencanaan *cut and fill* biasanya dilakukan setelah pengukuran wilayah. Untuk kemiringan lereng yang ideal memiliki nilai yang berbeda-beda, tergantung jenis batuan. *Cut slope* yang ada di PT. SILO berada pada kawasan dengan jenis batuan yang berbeda-beda yaitu jenis batuan soil dan batuan serpentinisasi peridotit. Nilai kemiringan lereng maksimum yang digunakan oleh PT. SILO untuk batuan soil adalah maksimum 45⁰ dan untuk kemiringan lereng maksimum pada batuan serpentinisasi peridotit adalah 60⁰ (SILO, 2018).

Jenis alat *survey* yang digunakan penulis dalam pengambilan data di lapangan adalah *real time kinematics* (RTK) dan *total station* (TS). Pengolahan data *survey* dilakukan menggunakan *software surpac* dan *autocad* 2007.

METODE PENELITIAN

Tahap pengambilan data geometri ini dimulai dari pengukuran secara langsung dimensi dari jalan tersebut baik itu dengan menggunakan meteran maupun dengan menggunakan alat *survey* jenis *total station* (TS) merek sokkia dan *real time kinematics* (RTK) merek topcon. Pengambilan data ini dimulai dari pit damar selatan sampai *stockpile* tanjung gunung dengan jarak antara kedua lokasi pengamatan tersebut sepanjang 7,5km. Jenis geometri jalan yang di ambil adalah lebar jalan, *grade* atau kemiringan jalan, panjang *vertical curve*, jari-jari tikungan, superelevasi, *cross slope*, tanggul pengaman, *cut and fill*, jarak pandang henti dan parit.

Tahap selanjutnya adalah mengolah data. Pengolahan data terdiri dari 2 tahapan, yang pertama adalah pengolahan data *survey* menggunakan *software surpac* dan *autocad* untuk memunculkan model desain jalan dalam bentuk titik-titik yang memiliki nilai elevasi yang selanjutnya titik-titik tersebut di sambungkan menggunakan *tools* garis yang ada di *software surpac* untuk membentuk model desain jalan aktual. *Software autocad* digunakan untuk mencari nilai jari-jari tikungan aktual. Tahapan ke 2 adalah menghitung nilai-nilai geometri jalan seperti lebar jalan, *grade* atau kemiringan jalan, panjang *vertical curve*, jari-jari tikungan, superelevasi, *cross slope*, tanggul pengaman, *cut and fill*, jarak pandang henti dan parit sesuai dengan rumusnya masing-masing.

Setelah nilai-nilai aktualnya telah didapatkan, kemudian dibandingkan dengan nilai rekomendasi para pakar dan ahli dalam bidang geometri jalan, seperti kaufman & ault, bina marga dan suwandhi, maupun membandingkannya dengan nilai standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan, sehingga dapat di buat suatu kesimpulan dari hasil penelitian tersebut.

HASIL PENELITIAN
Spesifikasi Alat Angkut

Jenis alat angkut yang digunakan di PT. Sebuku Iron Lateritic Ores, adalah *dump truck* scania tipe P380CB 6x4. Berikut adalah spesifikasi alat angkut *dump truck* scania tipe P380CB 6x4:

- a. Jarak antara poros ban depan dan belakang (A) = 4,1 meter
- b. Jarak antara poros ban depan dan tepi belakang kabin (Z) = 0,58 meter
- c. Lebar jantai depan (I) = 1,46 meter
- d. Lebar jantai belakang (JA) = 2,19 meter
- e. Lebar kendaraan (W) = 2,6 meter
- f. Radius putar ban = 10 meter

Peta Situasi Lokasi Penelitian

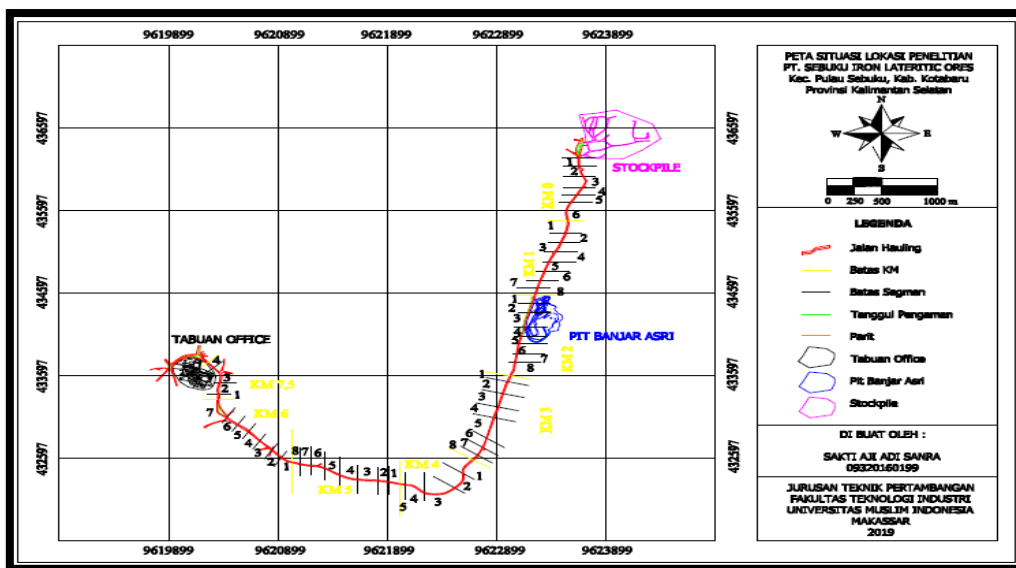
Peta situasi lokasi penelitian merupakan peta situasi jalan yang dievaluasi oleh peneliti. Berdasarkan peta tersebut, dapat diketahui bahwa panjang jalan yang dievaluasi sepanjang 7,5km dimulai dari *stockpile* tanjung gunung (KM 0) sampai pit damar selatan atau tepatnya di kantor tabuan (KM 7,5). Gambar 1 di atas merupakan peta situasi jalan di lokasi penelitian yang di buat berdasarkan data *real* dari pengukuran secara lansung menggunakan alat *survey* jenis *total station* (TS) dan *real time kinematic* (RTK) yang kemudian di olah pada *software surpac* dan *autocad*. Setiap KM memiliki jumlah segmen atau pembagian jarak penelitian yang berbeda-beda.

Lebar Jalan Angkut Di Jalan Lurus

Penentuan lebar jalan *hauling* dapat dilakukan dengan melihat spesifikasi alat angkut atau *dump truck* terbesar yang sering menggunakan atau melewati jalan *hauling*. Dengan mengetahui spesifikasi alat angkut, maka kita dapat menentukan lebar jalan *hauling*. Berdasarkan data spesifikasi alat angkut yang ada, maka lebar jalan minimum ditetapkan sebesar 9,1 meter. Dari hasil pengukuran secara langsung di lapangan, dapat diketahui bahwa lebar jalan dari KM 0 sampai pada KM 7 di PT. SILO telah memenuhi standar minimum lebar jalan *hauling* yang telah ditetapkan yaitu 9,1 meter. Berikut ini adalah tabel-1 untuk lebar jalan aktual hasil dari pengukuran secara langsung di lapangan di mana Segmen (Seg) dan Lebar (m).

Lebar Jalan Angkut Di Tikungan

Sama halnya dengan penentuan lebar jalan di segmen lurus, penentuan lebar jalan di tikungan juga dapat dilakukan dengan melihat spesifikasi alat angkut atau *dump truck* terbesar yang sering menggunakan atau melewati jalan *hauling*. Spesifikasi alat yang diperlukan adalah lebar jantai depan, lebar jantai belakang, radius putar dan jarak antar pusat ban (roda depan). Berdasarkan spesifikasi dari alat angkut tersebut, maka hasil yang didapat untuk lebar jalan angkut minimum untuk 2 jalur adalah sebesar 13 meter dan untuk lebar jalan angkut minimum untuk 1 jalur adalah sebesar 7,2 meter (hasil perhitungan terdapat pada lampiran A halaman 72). Berdasarkan hasil aktual yang didapatkan dilapangan, terdapat beberapa segmen tikungan yang belum memenuhi standar minimum lebar jalan angkut di tikungan yang telah ditetapkan. Dari 12 segmen tikungan yang ada, yang belum memenuhi nilai standar minimum hanya ada 3 segmen saja. Berikut ini adalah tabel-2 untuk lebar aktual jalan di tikungan hasil dari pengukuran secara langsung di lapangan.



Gambar-1. Peta Situasi Lokasi Penelitian

Tabel-1. Lebar Jalan Angkut Di Jalan Lurus

KM 0		KM 1		KM 2		KM 3		KM 4		KM 5		KM 6		KM 7	
Seg	L	Seg	L	Seg	L	Seg	L	Seg	L	Seg	L	Seg	L	Seg	L
1	13	2	15	1	16	1	17	5	9,2	1	16	2	12	1	18
2	11	3	15	2	15	2	16			2	16	3	11	4	10
4	13	4	15	3	16	3	13			3	17	4	11		
5	12	5	15	4	16	4	18			4	13	5	12		
		6	13	5	15	5	13			5	14	6	13		
		7	16	6	15	6	15			7	13				
		8	16	7	15	7	13			8	14				
				8	17	8	23								

Tabel-2. Lebar Jalan Angkut Di Tikungan

KM 0		KM 1		KM 4		KM 5		KM 6		KM 7	
Seg	L (m)	Seg	L (m)	Seg	L (m)	Seg	L (m)	Seg	L (m)	Seg	L (m)
3	18	1	23	1	16	6	16	1	12	2	12
6	13			2	15			7	10	3	12
				3	20						
				4	13						

Tabel-3. Nilai Superelevasi Aktual Dan Kecepatan Rencana Yang Standar

KM	Seg	R Aktual	LJ	Elevasi Sisi Luar	Elevasi Sisi Dalam	Beda Tinggi	Jarak Datar	(E) Aktual	Vr Aktual
		M	m	m	m	m	m	%	km/jam
0	6	150	13	28,116	27,712	0,404	13	6,2	34
1	1	242	23	30,317	29,423	0,894	23	3,8	34
5	6	188	16	69,394	68,391	1,003	16	6,2	38

Tabel-4. Rekomendasi Superelevasi Dan Kecepatan Rencana Dengan Jari-jari Tetap

KM	Segmen	R Aktual	E Aktual	Vr Aktual	Rekomendasi (E) dan (Vr) Dengan (R) Tetap		
		m	%	Km/Jam	E (%)	Vr (km/jam)	
	1	92	0,4	7	8	31	
4	2	102	-0,43	7	7	32	
	3	188	2,4	24	4	31	
7	2	170	-3,8	29	4,5	31	

Tabel-5 Rekomendasi Superelevasi Dan Kecepatan Rencana Dengan Jari-jari Berubah

KM	Seg	Aktual			Rekomendasi (E) dan (Vr) Dengan (R) Tetap			Rekomendasi (E) Standar Dengan (R) Berubah Dan (Vr) Tetap		
		R	E	Vr	R	E	Vr	R	E	Vr
0	3	58	3,6	16	58	13	31	100	7,5	31
4	4	57	-2,5	16	57	13	31	100	7,5	31
6	1	73	1	10	73	11	32	100	8	32
	7	79	2,6	16	79	10	32	100	8	32
7	3	137	10,4	43	137	10,1	43	137	8	37

Tabel-6. Rekomendasi Superelevasi Standar Dan Jari-jari Tetap Dengan Kecepatan Rencana Berubah

KM	Seg	Aktual			Rekomendasi (E) dan (Vr) Dengan (R) Tetap			Rekomendasi (E) Standar Dengan (R) Tetap Dan (Vr) Berubah		
		R	E	Vr	R	E	Vr	R	E	Vr
7	3	137	10,4	43	137	10,1	43	137	8	37

Jari-jari Tikungan Minimum

Untuk mengetahui jari-jari tikungan minimum, diperlukan beberapa tahap pengambilan data, yaitu yang pertama adalah mengetahui jari-jari tikungan aktual di lapangan yang kedua adalah mencari nilai superelevasi aktual dan yang ketiga adalah mencari nilai koefisien gesek maksimum. Untuk mengetahui jari-jari tikungan aktual dilapangan, maka perlu dilakukan pengukuran secara langsung dilapangan dengan menggunakan alat survey yang selanjutnya data dari hasil survey di olah pada *software surpac* dan *autocad*. Alat survey yang kami gunakan ada 2 macam yaitu *Total Station (TS)* merek Sokkia dan *Real Time Kinimetik (RTK)* merek Topcon. Setelah data aktual jari-jari tikungan dan nilai superelevasi aktual telah didapatkan, selanjutnya adalah mencari nilai koefisien gesek dengan menggunakan rumus ketetapan yang telah ada. Berikut ini adalah tabel untuk jari-jari tikungan dari hasil perhitungan manual dan penelitian menggunakan kombinasi antara *software surpac* dan

software autocad. Besarnya hasil nilai jari-jari tikungan minimum yang didapatkan tergantung dari nilai superelevasi aktual dilapangan dan nilai kecepatan rencana. Semakin besar nilai superelevasi dan kecepatan rencana, maka akan semakin besar pula nilai jari-jari tikungan minimumnya. Sebaliknya, semakin kecil nilai superelevasi dan kecepatan rencana, maka akan semakin kecil pula nilai jari-jari tikungan minimumnya. Dapat di lihat pada tabel, bahwa terdapat beberapa nilai jari-jari tikungan yang sangat kecil, yang menandakan bahwa nilai superelevasi dan kecepatan rencana yang terlalu kecil berimbas pada nilai jari-jari tikungan minimum yang juga harus kecil. Tujuan mencari nilai jari-jari tikungan minimum adalah untuk memberikan informasi bahwa kendaraan masih dalam melewati tikungan dengan nilai jari-jari minimum tersebut dengan kondisi superelevasi aktual dan kecepatan rencana maksimum yang hasilnya telah didapatkan terlebih dahulu.

Tabel-7. Jari-jari Tikungan Minimum Dengan Vr Standar

KM	Segmen	R Aktual	E Aktual	F	Vr	Rmin
		m	%		Km/Jam	m
0	6	150	6,2	0,170	34	39
1	1	242	3,8	0,169	34	45
5	6	188	6,2	0,167	38	50

Tabel-8. Rekomendasi Jari-jari Tikungan Minimum Dengan Vr Standar

KM	Seg	Aktual					Rekomendasi				
		R	E	F	Vr	Rmin	R	E	F	Vr	Rmin
0	3	58	3,6	0,182	16	9	100	7,5	0,172	31	31
	1	92	0,4	0,187	7	2	92	8	0,172	31	30
	2	102	-0,4	0,187	7	3	102	8	0,171	32	30
4	3	188	2,3	0,177	23	21	188	4	0,172	31	36
	4	57	-2,4	0,183	13	9	100	7,5	0,172	31	31
6	1	73	1	0,186	10	4	100	8	0,171	32	32
	7	79	2,6	0,182	16	10	100	8	0,171	32	32
7	2	170	-3,7	0,174	28	45	170	4,5	0,189	31	32
	3	137	10,4	0,165	42	52	137	8	0,171	37	43

Kemiringan Jalan

Dari hasil pengolahan data pada lampiran D di halaman 105, terdapat beberapa nilai kemiringan aktual yang tidak memenuhi standar AASHTO (maksimal 8%). Pada tabel 9 di bawah ini, terdapat 19 segmen, dimana terdapat 2 segmen yang tidak sesuai standar yaitu pada KM 3 segmen 3 dan segmen 8.

Keterangan:

- VN = Vertikal naik
- VT = Vertikal turun

VNM = Vertikal naik dan menikung

THT = Tikungan horizontal turun

Panjang Tikungan Vertikal

Untuk semua segmen di setiap KM telah memenuhi standar, karena nilai aktual panjang tikungan vertikal lebih tinggi dari nilai jarak pandang henti. Pada adalah tabel 10 hasil penelitian panjang tikungan vertikal aktual dan hasil perhitungan untuk rekomendasi panjang tikungan vertikal.

Jarak Pandang Henti

Seperti yang terlampir pada tabel di di bawah ini terdapat perbedaan nilai jarak pandang henti minimum untuk setiap *grade* atau kemiringan. Semakin tinggi nilai kemiringan jalan, maka akan semakin tinggi pula nilai jarak pandang henti minimum yang dibutuhkan. Pada tabel 11 hasil nilai jarak pandang henti minimum dari pengamatan dengan menggunakan kurva kaufman & ault. Penggunaan aturan jarak pandang henti ini bertujuan untuk mengantisipasi terjadinya kejadian yang tidak di inginkan. Salah satu contohnya adalah pada saat terjadinya rem blong pada suatu kendaraan yang menyebabkan kendaraan tersebut berjalan cukup cepat, maka pengemudi dapat memiliki waktu untuk segera menghindari kendaraan lain yang ada didepannya dan mengarahkan kendaraannya ke tanggul pengaman.

Cross Slope

Berdasarkan data aktual yang didapatkan dilapangan dengan menggunakan alat *survey* RTK dan TS, data yang di ambil yaitu lebar jalan dan elevasi antara sisi samping jalan dan sisi tengan jalan. Pada tabel di bawah ini, sebagian besar nilai *cross slope* di semua segmen belum memenuhi standar AASHTO, yaitu maksimum (4%) dan minimum (2%). Nilai *cross slope* yang terlalu tinggi pada jalan lurus dapat mengganggu kenyamanan pengemudi kendaraan saat melewati jalan tersebut. Untuk

nilai *cross slope* yang bernilai minus juga tidak baik, karena itu menandakan bahwa sisi samping jalan lebih tinggi dari bagian tengah jalan dan pada saat musim hujan tiba, air akan mengalir dan berkumpul ditengah jalan. Dan jika kondisi ini terus dibiarkan lama, maka jalan tersebut akan rusak atau berlubang. Berikut adalah tabel 12 perolehan nilai *cross slope* aktual yang standar dan tabel 13 adalah rekomendasi *cross slope* standar untuk segmen *cross slope* yang belum memenuhi standar dengan keterangan tabel sebagai berikut:

- Seg = Segmen
- LJ = Lebar jalan
- EP = Elevasi pusat
- ES = Elevasi samping
- BT = Beda tinggi
- JD = Jarak datar

Tanggul Pengaman

Berdasarkan data spesifikasi alat angkut yang digunakan di PT. SILO, tinggi ban dari alat angkut tersebut adalah 120cm. Dari data tinggi ban alat angkut tersebut, dapat diketahui bahwa tinggi minimum tanggul pengaman yang dibutuhkan adalah 100cm dan lebar atas yang dibutuhkan adalah 100cm, sedangkan kemiringan tanggul pengaman yang ditetapkan di PT. SILO adalah 34°. Berikut adalah gambar 2 yang merupakan desain tanggul pengaman yang sesuai standar PT. SILO.

Tabel-9. Hasil Pengolahan Data Kemiringan Jalan

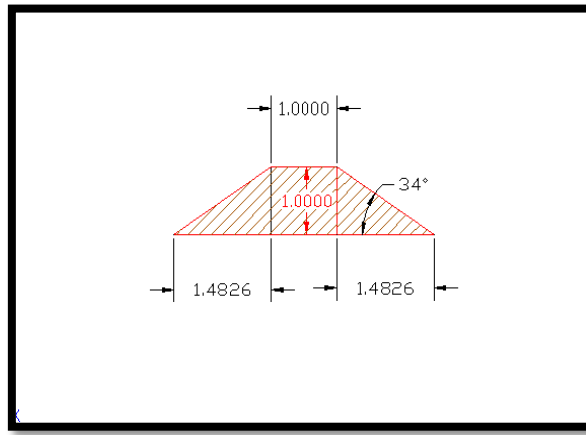
KM	Segmen	Z1	Z2	Beda Tinggi	Jarak Datar	Kemiringan	
		m	m	m	m	(%)	(°)
1	2 (VN)	34,005	29,455	4,55	100	4,55	2
	6 (VT)	32,61	29,177	3,433	150	2,29	1
	7 (VN)	33,227	29,609	3,618	100	3,62	1,6
2	3 (VN)	56,139	45,105	11,034	174,6	6,32	2,8
	4 (VN)	58,285	56,139	2,146	99,89	2,15	1
	6 (VT)	55,542	45,947	9,595	199,76	4,8	2,16
3	7 (VN)	51,347	45,947	5,4	99,89	5,4	2,4
	8 (VN)	54,759	51,347	3,412	124,9	2,7	1,2
	3 (VT)	55,423	45,963	9,46	99,51	9,5	4,27
4	4 (VN)	51,952	45,963	5,989	149	4	1,8
	5 (VT)	53,853	35,62	18,233	299,4	6,1	2,74
	8 (VN)	56,428	35,426	21	173	12	5,4
5	2 (VNM)	65,895	56,428	9,467	224,8	4,21	1,89
	3 (VNM)	79,624	65,895	13,729	249,6	5,5	2,47
	4 (VNM)	95,756	79,624	16,132	299,6	5,4	2,4
6	3 (VT)	73,153	64,478	8,675	149	5,8	2,61
	6 (VNM)	69,07	64,754	4,316	99	4,32	1,9
6	1 (THT)	67,345	64,09	3,255	149	2,2	1
	4 (VN)	80,95	66,71	14,24	249	5,7	2,56

Tabel-10. Hasil Perhitungan Panjang Tikungan Vertikal

KM	Segmen	Kemiringan	Jarak PH	Rekomendasi Panjang TV	Panjang Aktual TV
		(%)	m	m	m
1	2 (VN)	4,55	52	17	100
	6 (VT)	2,29	45	6,4	150
	7 (VN)	3,62	50	12,5	100
2	3 (VN)	6,3	55	26,3	175
	4 (VN)	2,15	45	6	100
	6 (VT)	4,8	51	17,2	100
	7 (VN)	5,4	53	21	100
	8 (VN)	2,7	47	8,2	125
3	3 (VT)	9,5	69	62,5	100
	4 (VN)	4	48	13	150
	5 (VT)	6,1	55	25,5	200
4	8 (VN)	12	73	88	175
	2 (VN & M)	4,21	48	13,4	225
	3 (VN & M)	5,5	55	23	250
	4 (VN & M)	5,4	53	21	150
5	3 (VT)	5,8	70	39,3	150
	6 (VN & M)	4,32	48	13,7	60
6	1 (TH & T)	2,2	45	6	150
	4 (VN)	5,7	54	23	200

Tabel-11. Nilai Jarak Pandang Henti

KM	Segmen	Kemiringan	Kecepatan	Jarak Pandang Henti
		(%)	Km/jam	m
1	2 (VN)	4,55	40	52
	6 (VT)	2,29	40	45
	7 (VN)	3,62	40	50
2	3 (VN)	6,32	40	55
	4 (VN)	2,15	40	45
	6 (VT)	4,8	40	51
	7 (VN)	5,4	40	53
	8 (VN)	2,7	40	47
3	3 (VT)	9,5	40	69
	4 (VN)	4	40	48
	5 (VT)	6,1	40	55
4	8 (VN)	12	40	73
	2 (VN & M)	4,21	40	48
	3 (VN & M)	5,5	40	55
	4 (VN & M)	5,4	40	53
5	3 (VT)	5,8	40	70
	6 (VN & M)	4,32	40	48
6	1 (TH & T)	2,2	40	45
	4 (VN)	5,7	40	54



Gambar-2. Desain Tanggul Pengaman

Tabel-12. Cross Slope Aktual Standar

KM	Seg	LJ	EP	ES	BT	JD	cross slope Aktual	
		m	m	m	mm	m	$\frac{mm}{m}$	%
0	4	12,6	29,20	29,04	160	6,3	25	2,5
1	4	15	33,31	33,1	210	7,5	28	2,8
	5	15	32,55	32,22	330	7,5	44	4,4
2	1	16	33,227	33,038	189	8	24	2,4
	7	15	48,494	48,278	216	7,5	28,8	2,88
3	8	17	51,347	50,972	375	8,5	44,11	4,411
	2	16	55,423	55,161	262	8	32,8	3,28
4	4	18	51,952	51,541	411	9	45.6	4,56
	2	16	81,465	81,238	227	8	28,4	2,84
5	4	13	64,478	64,187	291	6,5	44,8	4,48
	7	13	68,452	68,245	207	6,5	31,84	3,184
6	2	12	66,119	65,924	195	6	32,5	3,25

Parit

Berdasarkan dari hasil pengamatan dan pengukuran secara langsung dilapangan, untuk dimensi tinggi dan lebar parit sudah melebihi standar yang di tetapkan. Sedangkan untuk kemiringan dinding saluran, masih banyak yang belum memenuhi standar atau kemiringan dindingnya terlalu tegak. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh dimensi saluran terbuka berbentuk trapesium pada jalan tambang adalah:

1. Kemiringan dinding saluran terbuka (β) = 56°
2. Tinggi jagaan saluran terbuka (w) = 0,352 meter
3. Ketinggian air (h) = 0,419 meter
4. Kedalaman saluran terbuka (d) = 0,771 m eter
5. Lebar dasar saluran terbuka (b) = 0,435m
6. Panjang sisi saluran (a) = 0,9 meter
7. Lebar atas saluran terbuka (B) = 1,2 meter
8. Jari-jari hidraulik (R) = 0,176 meter

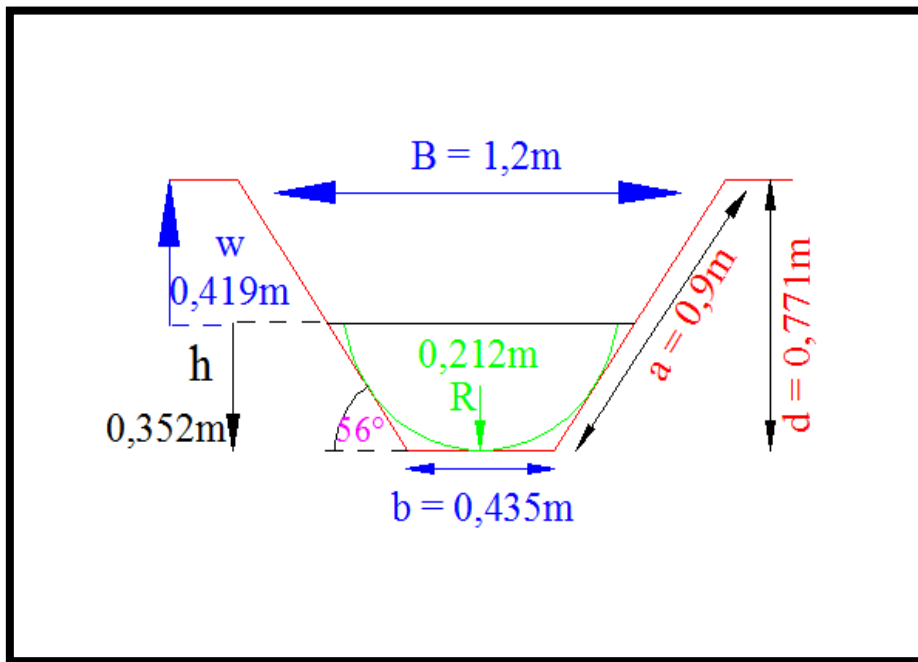
Berikut ini adalah gambar 3 yang merupakan desain parit bentuk trapesium beserta dengan petunjuk posisi masing-masing nilai yang telah didapatkan.

Cut and Fill

Berdasarkan data aktual yang didapatkan di lapangan, terdapat 1 segmen yang memiliki tipe box cut yaitu pada KM 4 segmen 1 dan 3 segmen yang memiliki tipe side cut yaitu pada KM 5 segmen 3 dan pada KM 4 segmen 2 dan 4. Pada KM 4 segmen 1 tipe box cut, nilai yang didapatkan adalah pada sisi kanan memiliki kemiringan 45° dan ketinggian lereng 5 meter. Sedangkan pada sisi kiri memiliki kemiringan 27° , lebar bench 3 meter dan ketinggian jenjang pertama dan kedua adalah 7 meter. Untuk kemiringan lerengnya telah memenuhi standar kemiringan lereng yang digunakan di PT. Sebuku Iron Lateritic Ores, yaitu 45° . Berikut ini adalah tabel 4.17 dan tabel 4.18 untuk nilai aktual cut and fill hasil pengamatan dan pengukuran secara langsung dilapangan.

Tabel-13. Rekomendasi Cross Slope

KM	Seg	LJ	BT	JD	cross slope Aktual		Rekomendasi cross slope		
		m	mm	m	$\frac{\text{mm}}{\text{m}}$	%	BT max (mm)	$\frac{\text{mm}}{\text{m}}$	%
0	1	13	32,49	31,92	566	6,5	87	8,7	260
	2	10,7	30,34	30,32	20	5,35	4,1	0,37	214
	5	12	29,41	29,32	90	6	15	1,5	240
1	2	15	31,58	31,55	30	7,5	4	0,4	300
	3	15	33,78	33,42	360	7,5	48	4,8	300
	6	13	31,44	31,41	30	6,5	3,7	0,46	260
	7	16	32,6	31,62	980	8	123	12,25	320
	8	16	30,4	30,03	370	8	46,25	4,63	320
2	2	15	36,322	36,387	-65	7,5	-8,6	-0,86	300
	3	16	50,397	50,004	393	8	49	4,9	320
	4	16	58,285	58,2	85	8	11	1,1	320
	5	15	57,717	57,581	136	7,5	18	1,8	300
	6	15	51,139	51,061	78	7,5	10,4	1,04	300
3	1	17	52,628	52,522	106	8,5	12,5	1,25	340
	3	13	47,085	47,127	-42	6,5	-6,5	-0,65	260
	5	13	35,62	35,557	63	6,5	9,7	0,97	260
	6	15	35,408	35,594	-186	7,5	-25	-2,5	300
	7	13	35,527	35,525	2	6,5	0,3	0,03	260
4	8	23	36,882	36,845	37	11,5	3,22	0,32	460
	5	9,2	90,019	90,245	-226	4,6	-49	-4,9	184
5	1	16	86,512	86,141	371	8	46,38	4,638	320
	3	17	70,3	69,82	480	8,5	56,5	5,65	340
	5	14	63,445	63,343	102	7	14,6	1,46	280
	8	14	67,702	67,641	61	7	8,714	0,871	280
6	3	11	67,093	66,987	106	5,5	19,3	1,93	220
	4	11	80,95	80,49	460	5,5	83,6	8,36	220
	5	12	82,41	83,08	-670	6	-111,6	-11,2	240
	6	13	82,48	83	-520	6,5	-80	-8	260
7	1	17	77,64	77,53	110	8,5	13	1,3	340
	4	9,5	68,41	68,34	7	4,8	1,5	0,15	192



Gambar-3. Desain Parit Bentuk Trapesium

Tabel-14. Cut

KM	Seg	Tipe Cut	Kemiringan Slope			Tinggi Slope			Lebar Bench		
			($^{\circ}$)			m			m		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
4	1	Box cut	45	28	28	5	7	7	-	3	-
4	2	Side cut	45	26	-	1,8	7	-	5,6	-	-
4	4	Side cut	25	80	-	1	5	-	5,2	-	-
5	3	Side cut	49	78	28	1,8	1,7	3,5	5	1,3	-

Tabel-15. Fill

KM	Seg	Kemiringan Slope	Tinggi Slope	Lebar Jalan	Panjang Area Fill
		($^{\circ}$)	m	m	m
6	2	38	1,7	12	125
6	3	37	5	11	200

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan secara langsung di PT. Sebuku Iron Lateritic Ores, maka dapat disimpulkan hasilnya sebagai berikut:

- Lebar jalan pada jalan lurus di semua segmen telah memenuhi standar lebar minimum yaitu 9,1 meter yang telah ditetapkan PT. SILO berdasarkan dari spesifikasi alat angkut, sedangkan lebar jalan pada tikungan ditetapkan 13 meter dan terdapat 3 segmen yang belum memenuhi standar minimum lebar jalan.
- Superelevasi yang standar menurut AASHTO yaitu 4% sampai 8%. Dari 12 segmen superelevasi, hanya 3 segmen yang telah memenuhi standar. Superelevasi yang tidak standar akan berpengaruh kepada rendahnya nilai rekomendasi kecepatan rencana.
- Jari-jari tikungan minimum berfungsi untuk memberi informasi kepada pengemudi bahwa kendaraan masih dapat melewati tikungan dengan nilai jari-jari minimum tersebut dengan nilai superelevasi dan nilai kecepatan rencana yang telah ditentukan sebelumnya.
- Kemiringan jalan di PT. SILO terdapat 19 segmen dan terdapat 3 segmen yang melebihi standar maksimum yg direkomendasikan oleh AASHTO yaitu maksimal 8%.
- Panjang tikungan vertikal di PT. SILO terdapat 19 segmen dan semua segmen tersebut telah memenuhi standar yang direkomendasikan oleh Kaufman & Ault yaitu nilai dari panjang tikungan vertikal harus lebih tinggi dari nilai jarak pandang henti.

- f. Jarak pandang henti di semua segmen telah memenuhi standar yang direkomendasikan oleh Kaufman & Ault yaitu nilai jarak pandang henti harus lebih rendah dari nilai panjang tikungan vertikal.
- g. *Cross slope* yang nilainya standar menurut Kaufman & Ault yaitu 2% sampai 4%. Dari 42 segmen *cross slope*, hanya 12 segmen yang telah sesuai standar.
- h. Tanggul pengaman yang standar berdasarkan spesifikasi tinggi roda ban alat angkut yang digunakan PT. SILO yaitu tinggi tanggul pengaman 100 cm dan lebar 100cm. Dari 54 segmen tanggul yang ada, 39 segmen untuk tinggi tanggul dan 44 segmen untuk lebar tanggul telah memenuhi standar.
- i. Parit yang ada di PT. SILO di semua segmen telah memenuhi standar untuk tinggi dan lebar parit, sedangkan untuk kemiringan dinding saluran parit, ada beberapa segmen yang memiliki dinding saluran yang terlalu tegak.
- j. *Cut & Fill* yang ada PT. SILO sebagian besar segmen telah memenuhi standar, hanya pada KM 4 segmen 4 dan KM 5 segmen 3 yang memiliki kemiringan *slope* melebihi standar (standar maksimum 45°).

Rom Stock Pile 2 Pada Pt Argo On Star Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan.

- [10] Survey, T.G., 2018, "Survey Teresstris Dengan Menggunakan Metode RTK" <http://totalgeosurvey.com/gps-real-time-kinematic-survey/>. Diakses tanggal 10 desember 2018
- [11] Suwandhi, A., 2014, Perencanaan Jalan Tambang.
- [12] Tinov,N., 2012, Penggunaan TS "Tutorial Manual Total Station Seri Tps Flexline", <http://naufaltinov.blogspot.com/2012/08/penggunaan-total-station.html>. Diakses tanggal 10 desember 2018.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Sebuku Iron Lateritic Ores, Orang tua, dan teman-teman semua yang sudah mendukung dan membantu baik secara moril, finansial, sarana dan prasarana terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] AASHTO., 2001, A Policy On Geometric Design Of Highways and Streets.
- [2] Ardi, M., 2016, Hill Conceptual di lokasi Ferarri south Pinang Balaba PT. Vale Indonesia tbk, Sorowako, Sulawesi selatan.
- [3] Amq, A., 2012, <http://helm-tambang.blogspot.com/2012/03/blog-post.html>. Di akses tanggal 10 desember 2018
- [4] Fadli, F., 2015. Desain Pit Penambangan Batubara Blok C pada PT. Intibuana Indah Selaras Kabupaten Nunukan Provinsi Kalimantan Utara. *Jurnal Geomine*, 1(1).
- [5] Hartman. and Howard, L., 1987, "Introductory Mining Engineering" The University of Alabama Tuscaloosa : Alabama.
- [6] Kaufman,W.W., & J.C. Ault., 1977, *Design of Surface Mine Haulage Roads – A Manual*. USBM IC 8758.
- [7] Marga, B., 1997, Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota.
- [8] SILO, PT., 2018, Sebuku Mine Haul Road Manual.
- [9] Shinse., 2014, Evaluasi Geometri Jalan Angkut Tambang Batubara Dari Front Penambangan Pit 1 Ke