

Kajian Geometri Jalan Tambang Berdasarkan Teori AASHTO dan KepMen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018 Pada Area Pertambangan Menggunakan Data Foto Udara (Studi Kasus : Sanga – Sanga, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur)

Study Of Mining Road Geometry Based On Aashto Theory and KepMen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018 In Mining Area Using Aerial Photography Data (Case Study : Sanga – Sanga, Kutai Kartanegara, East Kalimantan)

Wahyu Soleh Setiaji, Teguh Hariyanto*

Departemen Teknik Geomatika, FTSLK-ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

*Korespondensi penulis: teguh_hr@geodesy.its.ac.id

Diterima: 31072023; Diperbaiki: 14082023; Disetujui: 31082023; Dipublikasi: 08092023

Abstrak: Berdasarkan KepMen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018, geometri jalan tambang harus sesuai dengan peraturan yang ada dengan tujuan untuk mengurangi resiko kecelakaan jalan tambang. Area penelitian difokuskan pada area pit karena jalan pada area pit masih berupa tanah sehingga lebih rentan terhadap perubahan daripada jalan utama yang sudah berupa beton. Pada penelitian ini membahas terkait hubungan geometri jalan dengan keselamatan kerja pada pertambangan. Kajian geometri jalan tambang mengacu pada AASHTO dan acuan standar keamanan jalan tambang menggunakan KepMen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018. Pemantauan geometri jalan tambang dilakukan menggunakan metode foto udara untuk mengurangi resiko kecelakaan kerja. Geometri jalan meliputi lebar jalan, kemiringan jalan (grade), kemiringan melintang dan superelevasi jalan. Pengambilan data geometri jalan menggunakan metode foto udara, dari data foto udara tersebut didapatkan data orthophoto dan DEM (Digital Elevation Model) untuk mendapatkan data koordinat dan elevasi. Pengolahan dilanjutkan dengan melakukan perhitungan berdasarkan teori AASHTO, setelah didapatkan data geometri jalan kemudian dilakukan analisis kesesuaian dengan standar yang ada pada KepMen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018. Hasil dari penelitiandidapatkan tingkat kesesuaian parameter kemiringan (grade) sebesar 68.2% memenuhi standar, tingkat kesesuaian parameter lebar sebesar 58.5% memenuhi standar, tingkat kesesuaian parameter kemiringan melintang 79.4% memenuhi standar, dan tingkat kesesuaian parameter superelevasi adalah 50% memenuhi standar.

Copyright © 2023 Geoid. All rights reserved.

Abstract: Based on the Minister of Energy and Mineral Resources Decree No 1827 K/30/MEM/2018, the geometry of mine roads must comply with existing regulations with the aim of reducing the risk of mine road accidents. The research area is focused on the pit area because the road in the pit area is still dirt so it is more susceptible to change than the main road which is already concrete. This study discusses the relationship between road geometry and work safety in mining. The mine road geometry study refers to AASHTO and the standard reference for mine road safety uses the Minister of Energy and Mineral Resources Decree No 1827 K/30/MEM/2018. Mining road geometry monitoring is carried out using aerial photography methods to reduce the risk of work accidents. Road geometry includes road width, road slope (grade), cross slope and road superelevation. Retrieval of road geometry data using the aerial photo method, from the aerial photo data obtained orthophoto data and DEM (Digital Elevation Model) to obtain coordinate and elevation data. Processing is continued by carrying out calculations based on the AASHTO theory, after obtaining road geometry data then an analysis of conformity with the standards in the Minister of Energy and Mineral Resources Decree No 1827 K/30/MEM/2018 is carried out. The results of the study showed that the grade parameter was 68.2% in compliance with the standard, the width parameter was 58.5% in accordance with the standard, the cross-slope parameter was 79.4% in compliance with the standard, and the superelevation parameter was 50% in compliance with the standard.

Kata kunci: KepMen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018, kemiringan (grade), kemiringan melintang, lebar, superelevasi.

Cara untuk sitasi: Setiaji, W.S. & Hariyanto, T. (2023). Kajian Geometri Jalan Tambang Berdasarkan Teori AASHTO dan KepMen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018 Pada Area Pertambangan Menggunakan Data Foto Udara (Studi Kasus : Sanga – Sanga, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur), *Geoid* 19(1), 8-17.

Pendahuluan

Berdasarkan Lampiran II KepMen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018 Bagian C Poin 3 tentang pengertian, jalan pertambangan merupakan jalan khusus yang diperuntukkan untuk kegiatan pertambangan dan berada di area pertambangan atau area proyek yang terdiri atas jalan penunjang dan jalan tambang. Sementara jalan tambang/produksi merupakan jalan yang terdapat pada area pertambangan dan/atau area proyek yang digunakan dan dilalui oleh alat pemindah tanah mekanis dan unit penunjang lainnya dalam kegiatan pengangkutan tanah penutup, bahan galian tambang, dan kegiatan penunjang pertambangan (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral 2018). Pada Lampiran II KepMen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018 Bagian E poin 2 tentang studi kelayakan tambang menyebutkan bahwa kajian dalam hal perencanaan pengangkutan dan penumpukan material tambang menggunakan truk meliputi dimensi jalan tambang/produksi yang meliputi lebar jalan, grade, radius tikungan, dan superelevasi (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral 2018).

Jalan tambang memiliki peranan yang sangat penting dalam operasi penambangan, jalan tambang berfungsi sebagai penghubung lokasi – lokasi penting dalam area pertambangan, antara lain lokasi pertambangan dengan crushing plant, waste dump, area pengolahan, perkantoran, tempat tinggal karyawan dan atau tempat-tempat lain (Sari dkk., 2020). Jalan tambang merupakan jalan dengan parameter geometri yang selalu berubah bersamaan dengan waktu (Martadinata & Sepriadi, 2019). Kondisi jalan tambang didesain sesuai dengan ketentuan pada KepMen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018, apabila kondisi jalan yang ada tidak sesuai dengan standar maka akan menyebabkan kecelakaan kerja. Kecelakaan kerja akan menimbulkan efek yang sangat besar bagi individu, keluarga dan perusahaan (Kristiawan & Abdullah, 2020). Penggunaan alat berat pada proses penambangan memiliki peran yang sangat penting terutama dalam kegiatan pengangkutan, kegiatan pengangkutan menggunakan alat berat pasti melalui jalan tambang. Oleh karena itu geometri jalan tambang harus sangat diperhatikan, utamanya pada lebar dan kemiringan jalan (Febrinaldi & Anaperta, 2021). Penggunaan teori AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) dikarenakan merupakan standar perhitungan Amerika dan telah banyak digunakan oleh pihak internasional dalam pembuatan jalan, baik jalan umum maupun jalan di pertambangan (Multriwahyuni dkk., 2017).

Saat ini UAV (Unmanned Aerial Vehicle) digunakan untuk kehidupan sehari – hari, diantaranya penginderaan jauh, melakukan respon terhadap bencana yang terjadi, dan memantau proses konstruksi yang sedang berjalan. Penggunaan UAV atau drone untuk memantau proses konstruksi ini termasuk melakukan evaluasi geometri jalan menggunakan UAV (Irfan dkk., 2020). Penggunaan UAV digunakan untuk pemantauan jalan supaya mengetahui kondisi asal dari jalan dengan memanfaatkan informasi yang diperoleh, serta mampu juga dipergunakan menjadi dasar pada pengambilan keputusan terkait kondisi jalan raya (Failsuf dkk., 2018). Agar mendapatkan kondisi jalan raya terkini, dapat dilakukan pembuatan suatu model 3 dimensi jalan raya dengan memanfaatkan foto udara yang menunjukkan kondisi jalan raya pada saat ini dengan menggunakan suatu metode model 3 dimensi. Hingga informasi-informasi dari kondisi jalan raya terkini dapat diperoleh, misalkan kondisi lebar jalan raya dari model yang disesuaikan dengan keadaan lapangan (Priambodo dkk., 2022). Pemilihan metode fotogrametri dalam pemantauan geometri jalan tambang dikarenakan metode pengukuran konvensional membutuhkan waktu yang lama, biaya yang tinggi, serta memiliki resiko kecelakaan kerja yang tinggi. Utamanya pada resiko kecelakaan kerja dimana pada PITaktif alat berat beroperasi selama 24 jam, bahaya ketidakstabilan tanah, dll (Deni, 2018).

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi tingkat keamanan jalan tambang menggunakan metode pembobotan berdasarkan KepMen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018. Area penelitian difokuskan pada area pit karena jalan pada area pit masih berupa tanah sehingga lebih rentan terhadap perubahan daripada jalan utama yang sudah berupa beton. Parameter keamanan jalan tambang yang akan diidentifikasi berupa tiga hal, yaitu kemiringan (grade), lebar, kemiringan melintang, dan superelevasi jalan. Data yang digunakan sebagai dasar dari penelitian ini adalah data fotogrametri berupa orthophoto dan digital elevation model (DEM). Hasil akhir dari penelitian ini berupa peta keamanan jalan tambang per-parameter.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat kesesuaian kondisi *existing* jalan dengan standar pada KepMen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018. Evaluasi jala dilakukan pada 4 parameter yaitu kemiringan (*grade*), lebar, kemiringan melintang, dan superelevasi.

Data dan Metode

Lokasi penelitian ini terletak pada salah satu lokasi penambangan batubara di Kecamatan Sanga – Sanga, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. Kecamatan Sanga - Sanga terletak antara 117° 01' s.d 117° 17' Bujur Timur dan 0° 35' - 0° 45' Lintang Selatan. Luas wilayah pertambangan secara keseluruhan kurang lebih 30 Ha. Batas – batas wilayah Kecamatan Sanga – Sanga adalah Kecamatan Anggana di utara dan timur, Kecamatan Anggana di utara dan timur, Kecamatan Muara Jawa di selatan, Kota Samarinda di Barat. Jalan tambang yang digunakan dibagi menjadi 44 segmen jalan dengan panjang tiap segmen 20 meter. Panjang jalan angkut yang diteliti secara keseluruhan ±840 meter. Berikut peta lokasi wilayah penelitian.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

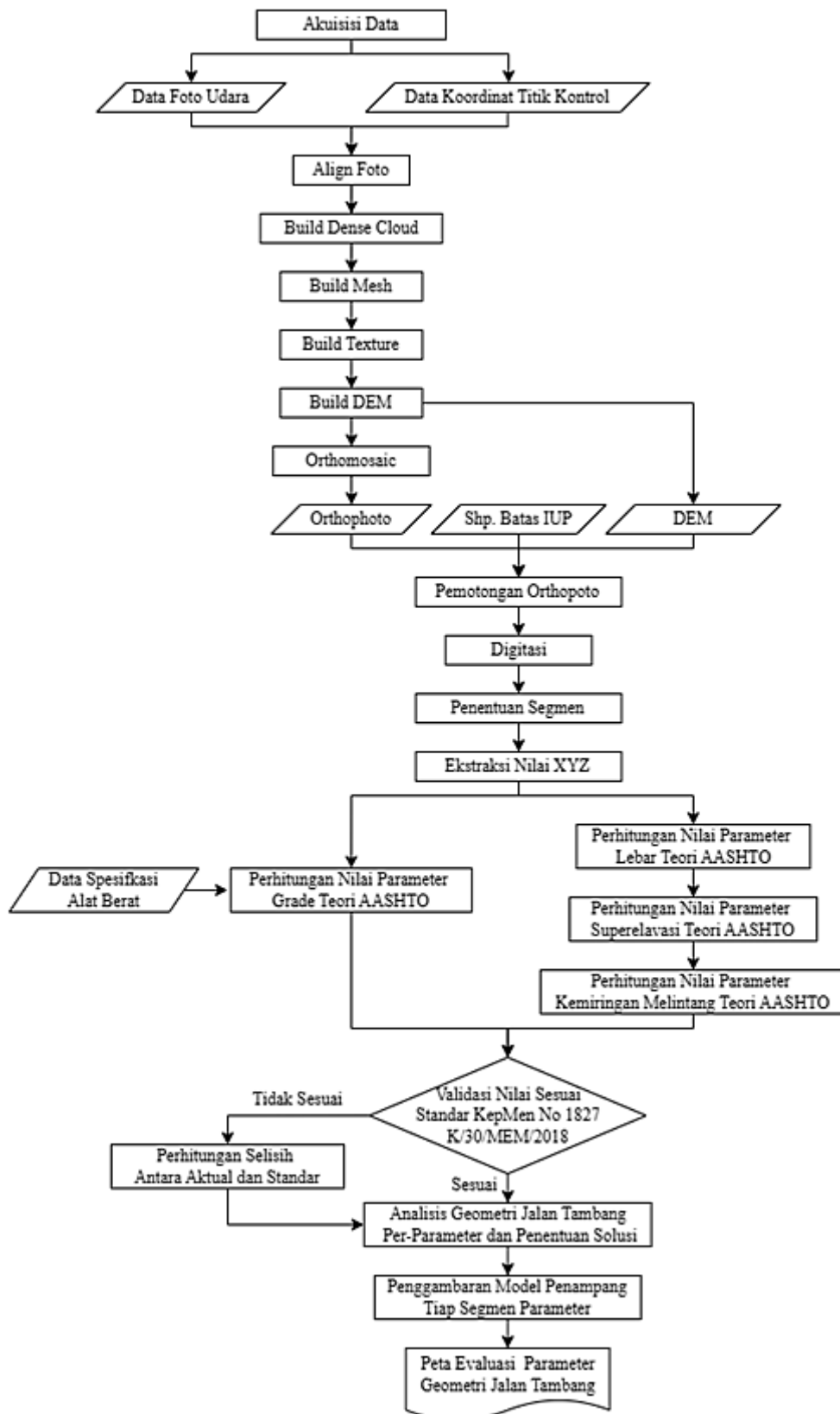
Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 4 data, yaitu (1) Data Foto Udara salah satu area pertambangan di Kecamatan Sanga – Sanga yang di akuisisi menggunakan drone DJI Mavic Pro 2. (2) Data Digital Elevation Model (DEM) hasil foto udara yang diakuisisi menggunakan drone DJI Mavic Pro 2. (3) Shape file batas area Izin Usaha Pertambangan (IUP) yang didapatkan dari perusahaan. (4) Data spesifikasi kemampuan alat angkut HD 773E dan Scania P410 XT.

Sedangkan untuk peralatan yang digunakan terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak, perangkat keras terdiri dari dua hal yaitu (1) Laptop (2) Mouse. Perangkat lunak terdiri dari (1) Agisoft Metashape Professional, perangkat lunak yang digunakan dalam pengolahan data foto udara dan pembentukan DEM. (2) ArcGIS 10.8, perangkat lunak yang digunakan dalam proses evaluasi geometri jalan tambang dan pembuatan peta keamanan jalan tambang. (3) Microsoft Office 365, perangkat lunak yang digunakan dalam penyusunan laporan. (4) AutoCAD Civil 3D 2015, perangkat lunak yang digunakan untuk menggambar penampang. (5) Global Mapper V20, perangkat lunak yang digunakan untuk menggambar penampang.

Pengolahan data foto udara dilakukan menggunakan perangkat lunak Agisoft Metashape Profesional, dimana foto hasil survey foto udara diolah untuk menghasilkan data orthophoto dan digital elevation model (DEM). Orthophoto dihasilkan dari proses orthorectification pada software, sementara DEM dihasilkan dari build DEM yang terdapat pada software Agisoft dengan GSD 2.54 cm/pixel. Referensi koordinat foto udara di dapatkan dari koordinat hasil survei statik GNSS.

Data input yang digunakan selama pengolahan adalah data foto udara dan data digital elevation model (DEM), data spesifikasi alat berat, serta data shapefile batas area untuk melakukan pemotongan data. Data orthophoto dan

DEM hasil foto udara dipotong menggunakan data shapefile batas izin usaha pertambangan (IUP).



Gambar 2. Diagram Alir Pengolahan Data

Digitasi yang dilakukan merupakan penggambaran garis untuk memodelkan parameter yang akan diteliti dan untuk menentukan penggambaran penampang. Parameter yang didigitasi berupa as jalan, lebar jalan, kemiringan melintang dan superelevasi jalan. Pembagian segmen didasarkan pada panjang jalan yang diteliti yaitu ± 840 meter. Untuk parameter kemiringan (grade), kemiringan melintang dan lebar menggunakan jarak antar segmen 20 meter, sedangkan untuk parameter superelevasi menggunakan jarak antar segmen 10 meter. Nilai koordinat X, Y, Z didapatkan dari orthophoto dan DEM, nilai koordinat akan digunakan dalam perhitungan parameter dan penggambaran penampang.

Perhitungan nilai tiap – tiap parameter dilakukan menggunakan data koordinat dan data spesifikasi alat berat pertambangan, acuan perhitungan menggunakan rumus yang terdapat pada teori AASHTO. Nilai hasil perhitungan di validasi dengan standar yang ada pada KepMen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018, analisis dilakukan untuk menentukan segmen yang aman dan berbahaya pada tiap – tiap parameternya. Apabila aman maka akan langsung dilanjutkan untuk menentukan tingkat keamanan jalan tambang, apabila berbahaya akan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan selisih antara aktual dan standar yang ada dan melakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai sesuai standar. Adapun standar yang ditetapkan berdasarkan KepMen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018 ditunjukkan pada Tabel 1. Hasil dari penelitian berupa tabel dan peta keamanan jalan tambang tiap parameter serta penggambaran penampang tiap segmen parameter.

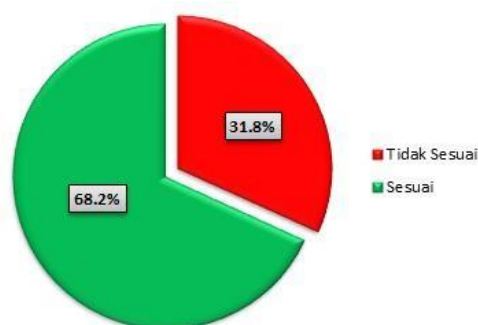
Tabel 1. Tabel Standar Parameter

Parameter	Aman	Tidak Aman
Grade	<12%	>12%
Cross Fall	>2%	<2%
Superelevasi	<7%	>7%
Lebar	>2 x L alat angkut terbesar	<2 x L alat angkut terbesar

Hasil dan Pembahasan

1. Evaluasi Kemiringan (Grade) Jalan

Evaluasi keamanan kemiringan (grade) jalan dilakukan dengan acuan standar KepMen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018 dimana nilai maksimal kemiringan (grade) adalah 12%. Jumlah segmen yang dibuat adalah 44 segmen dengan panjang 20 meter. Dari hasil evaluasi didapatkan 30 segmen memenuhi standar dan 14 segmen tidak memenuhi standar. Persentase kesesuaian parameter kemiringan (grade) jalan dengan standar yang ditentukan adalah sebagai berikut.



Gambar 3. Persentase Kesesuaian Parameter Kemiringan (Grade)

Didapatkan 31.8% segmen tidak sesuai dengan standar yang ada. Kondisi kemiringan (grade) jalan yang tidak sesuai dengan standar dapat berpengaruh terhadap cycle time alat berat dan yang akan mempengaruhi bahan bakar dan mesin alat berat. Selain itu ketidaksesuaian kemiringan (grade) jalan juga dapat menyebabkan kecelakaan berupa alat berat tidak bisa naik dan alat berat tergelincir yang dapat membahayakan keselamatan

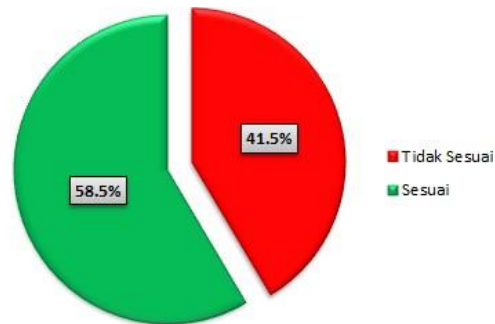
pekerja tambang. Penanggulangan terhadap segmen yang tidak sesuai dengan standar kemiringan (grade) dilakukan dengan pemotongan tinggi atau penambahan tinggi pada salah satu titik sehingga nilai kemiringan dapat memenuhi standar. Evaluasi kemiringan (grade) jalan adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Evaluasi Kemiringan (grade)

Segmen (STA Awal)	Segmen (STA Ke)	Jarak (m)	Elevasi Segmen (STA Awal)	Elevasi Segmen (STA Ke)	Beda Tinggi Aktual (m)	Evaluasi (m)
STA 0+000	STA 0+020	20	40.012	37.170	2.842	Penambahan tinggi pada segmen (STA ke) sebesar 0.442m
STA 0+020	STA 0+040	20	37.170	33.866	3.304	Penambahan tinggi pada segmen (STA ke) sebesar 0.904m
STA 0+040	STA 0+060	20	33.866	30.996	2.145	Penambahan tinggi pada segmen (STA ke) sebesar 0.47m
STA 0+060	STA 0+080	20	31.721	29.248	2.473	Penambahan tinggi pada segmen (STA ke) sebesar 0.073m
STA 0+220	STA 0+240	20	19.504	16.656	2.848	Penambahan tinggi pada segmen (STA ke) sebesar 0.448m
STA 0+240	STA 0+260	20	16.656	13.491	3.165	Penambahan tinggi pada segmen (STA ke) sebesar 0.765m
STA 0+260	STA 0+280	20	13.491	10.718	2.773	Penambahan tinggi pada segmen (STA ke) sebesar 0.373m
STA 0+280	STA 0+300	20	10.718	7.473	3.245	Penambahan tinggi pada segmen (STA ke) sebesar 0.845m
STA 0+300	STA 0+320	20	7.473	4.747	2.726	Penambahan tinggi pada segmen (STA ke) sebesar 0.326m
STA 0+360	STA 0+380	20	1.149	-1.350	2.499	Penambahan tinggi pada segmen (STA ke) sebesar 0.099m
STA 0+380	STA 0+400	20	-1.350	-4.814	3.464	Penambahan tinggi pada segmen (STA ke) sebesar 1.064m
STA 0+400	STA 0+420	20	-4.814	-8.693	3.879	Penambahan tinggi pada segmen (STA ke) sebesar 1.479m
STA 0+680	STA 0+700	11	-16.800	-14.780	2.020	Penambahan tinggi pada segmen (STA awal) sebesar 0.7m
STA 0+820	STA 0+840	20	-15.333	-18.095	2.763	Penambahan tinggi pada segmen (STA ke) sebesar 0.363m

2. Evaluasi Lebar Jalan

Evaluasi keamanan lebar jalan dilakukan dengan acuan standar KepMen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018 dimana nilai minimal adalah 2 kali lebar alat angkut terbesar. Alat angkut terbesar pada area pertambangan yang diteliti adalah HD 773 E untuk pengangkutan tanah penutup dengan lebar 4.45m dan SCANIA P410 XT untuk pengangkutan batu bara dengan lebar 2.65m. Dari perhitungan didapatkan standar nilai minimal lebar jalan tambang adalah 8.9m. Jumlah segmen yang dibuat untuk parameter lebar jalan adalah 41 segmen dengan jarak antar segmen 20m. Dari hasil evaluasi didapatkan 24 segmen memenuhi standar dan 17 tidak memenuhi standar. Persentase kesesuaian parameter lebar jalan dengan standar yang sudah ditetapkan adalah sebagai berikut



Gambar 4. Persentase Kesesuaian Parameter Lebar

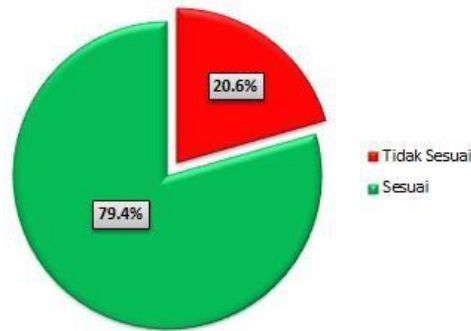
Didapatkan 41.5% segmen tidak sesuai dengan standar yang ada. Kondisi lebar jalan yang tidak sesuai dapat menyebabkan kecelakaan yang berupa gesekan atau tabrakan antar unit alat berat yang melintas atau menyebabkan longsor pada bahu jalan karena beban dari alat berat tidak tersebar dengan baik ke tanah. Penanggulangan terhadap segmen yang tidak sesuai standar dilakukan dengan penambahan lebar jalan. Evaluasi lebar jalan adalah sebagai berikut

Tabel 3. Hasil Evaluasi Lebar

Segmen	Lebar (m)	Penambahan Lebar (m)
STA 0+000	5.595	3.305
STA 0+020	6.425	2.475
STA 0+040	6.597	2.303
STA 0+420	8.037	0.863
STA 0+440	8.101	0.799
STA 0+460	8.285	0.615
STA 0+520	8.900	0.000
STA 0+540	8.253	0.647
STA 0+560	8.112	0.788
STA 0+580	8.256	0.644
STA 0+600	8.153	0.747
STA 0+780	7.261	1.639
STA 0+840	8.605	0.295
STA 0+860	8.091	0.809
STA 0+620	6.376	2.524
STA 0+640	6.783	2.117
STA 0+660	8.863	0.037

3. Evaluasi Kemiringan Melintang (*Cross Fall*)

Evaluasi keamanan kemiringan melintang jalan dilakukan dengan acuan standar KepMen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018 dimana nilai minimal kemiringan melintang adalah 2%. Jumlah segmen yang dibuat adalah 34. Dari hasil evaluasi didapatkan 27 segmen memenuhi standar dan 7 segmen tidak memenuhi standar. Persentase kesesuaian parameter kemiringan melintang jalan dengan standar yang ditentukan adalah sebagai berikut



Gambar 5. Persentase Kesesuaian Parameter Kemiringan Melintang

Didapatkan 20.6% segmen tidak sesuai dengan standar yang ada. Kemiringan melintang negatif dapat menyebabkan air hujan yang seharusnya mengalir menjadi tergenang di jalan, genangan air di jalan akan melunakkan lapisan tanah dan menyebabkan longsor pada jalan tambang. Kemiringan melintang jalan yang tidak sesuai dengan standar juga menyebabkan air sulit mengalir sehingga jalanan menjadi licin dan alatberat dapat tergelincir saat melintas. Penanggulangan terhadap segmen yang tidak sesuai dengan standar kemiringan melintang dilakukan dengan pemotongan tinggi atau penambahan tinggi pada punggung atau bahu. Evaluasi kemiringan melintang jalan adalah sebagai berikut

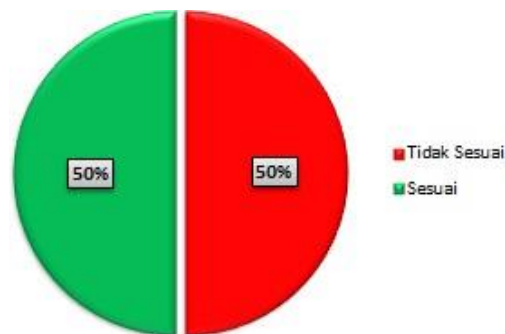
Tabel 4. Hasil Evaluasi Kemiringan Melintang

Segmen	Elevasi Segmen (m)	Lebar (m)	Penambahan Elevasi	
STA 0+020	Bahu Kiri	37.375	6.425	Penambahan tinggi punggung sebesar 0.246m
	Punggung Tengah	37.170		
	Bahu Kanan	37.198		
STA 0+040	Bahu Kiri	34.201	6.597	Penambahan tinggi punggung sebesar 0.375m
	Punggung Tengah	33.866		
	Bahu Kanan	34.149		
STA 0+180	Bahu Kiri	23.304	9.364	Penambahan tinggi punggung sebesar 0.089m
	Punggung Tengah	23.273		
	Bahu Kanan	23.322		
STA 0+260	Bahu Kiri	13.628	9.618	Penambahan tinggi punggung sebesar 0.178m
	Punggung Tengah	13.491		
	Bahu Kanan	13.570		
STA 0+280	Bahu Kiri	10.708	9.790	Pengurangan tinggi bahu kiri sebesar 0.03m
	Punggung Tengah	10.718		
	Bahu Kanan	10.672		
STA 0+420	Bahu Kiri	-8.666	8.037	Penambahan tinggi bahu kanan sebesar 0.022m
	Punggung Tengah	-8.693		
	Bahu Kanan	-8.755		
STA 0+480	Bahu Kiri	-14.499	9.245	Penambahan tinggi bahu kanan sebesar 0.039m
	Punggung Tengah	-14.419		
	Bahu Kanan	-14.428		
STA 0+740	Bahu Kiri	-16.036	8.952	Pengurangan tinggi bahu kanan sebesar 0.027m
	Punggung Tengah	-16.082		

	Bahu Kanan	-16.095		
STA 0+760	Bahu Kiri	-14.951	8.947	Pengurangan tinggi bahu kanan sebesar 0.016m
	Punggung Tengah	-15.077		
	Bahu Kanan	-15.101		
STA 0+780	Bahu Kiri	-14.093	7.261	Pengurangan tinggi bahu kiri sebesar 0.032m
	Punggung Tengah	-14.086		
	Bahu Kanan	-14.188		

4. Evaluasi Superelevasi

Evaluasi keamanan superelevasi jalan dilakukan dengan acuan standar KepMen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018 dimana nilai maksimal sesuai dengan jenis kendaraan alat berat dan batasan kecepatan saat melintas. Alat angkut terbesar pada area pertambangan yang diteliti adalah HD 773 E dengan batasan kecepatan saat belok 20km/h dengan diameter belok 22m. Berdasarkan tabel hubungan kecepatan dan superelevasi milik Bina Marga tahun 1990 nilai superelevasi yang sesuai dengan spesifikasi alat berat adalah maksimal 7%. Jumlah segmen yang dibuat untuk parameter superelevasi jalan adalah 12 segmen. Dari hasil evaluasi didapatkan 6 segmen memenuhi standar dan 6 segmen tidak memenuhi standar. Persentase kesesuaian parameter superelevasi jalan dengan standar yang sudah ditetapkan adalah sebagai berikut.



Gambar 6. Persentase Kesesuaian Parameter Superelevasi

Didapatkan 50% segmen tidak sesuai dengan standar yang ada. Superelevasi yang tidak sesuai standar dapat menyebabkan unit alat berat tambang terbalik saat belok atau muatan tumpah saat belok. Penanggulangan terhadap segmen yang tidak sesuai dengan standar superelevasi dilakukan dengan pemotongan tinggi atau penambahan tinggi pada bahu jalan. Evaluasi superelevasi jalan adalah sebagai berikut.

Tabel 5. Hasil Evaluasi Superelevasi

Segmen	Elevasi (m)	Lebar	Superelevasi (%)	Penambahan Tinggi	
C	Bahu Kiri	-17.224	5.4	5.0	Menambah tinggi bahu kiri sebesar 0.647m
	Bahu Kanan	-16.955			
D	Bahu Kiri	-17.162	6.7	4.7	Menambah tinggi bahu kiri sebesar 0.769m
	Bahu Kanan	-16.861			
E	Bahu Kiri	-17.413	6.6	14.5	Menambah tinggi bahu kiri sebesar 1.421m
	Bahu Kanan	-16.455			
F	Bahu Kiri	-17.284	6.0	8.5	Menambah tinggi bahu kiri sebesar 0.927m
	Bahu Kanan	-16.776			
G	Bahu Kiri	-15.212	7.6	11.0	Mengurangi tinggi bahu kiri sebesar 0.301m
	Bahu Kanan	-16.045			
L	Bahu Kiri	-16.001	10.0	13.1	Mengurangi tinggi bahu kiri sebesar 0.450m
	Bahu Kanan	-17.151			

Kesimpulan

Hasil evaluasi parameter kemiringan (grade) didapatkan 30 segmen memenuhi standar dan 14 segmen tidak memenuhi standar. Nilai kemiringan (grade) yang paling jauh dari standar adalah pada STA 0+400 – STA 0+420 yaitu 19.5%. penambahan tinggi yang diperlukan sebesar 1.479m pada STA 0+420. Hasil evaluasi parameter kemiringan melintang didapatkan 27 segmen memenuhi standar dan 7 segmen tidak memenuhi standar berdasarkan standar. Nilai kemiringan melintang yang paling jauh dari standar adalah STA 0+780 yaitu 0.7% pada bahu kiri. Hasil evaluasi parameter superelevasi didapatkan 12 segmen memenuhi standar dan 6 segmen tidak memenuhi standar. Nilai superelevasi yang paling jauh dari standar adalah segmen E yaitu 14.5%. Hasil evaluasi parameter lebar didapatkan 24 segmen memenuhi standar dan 17 segmen tidak memenuhi standar. Nilai lebar yang paling jauh dari standar adalah STA 0+000 yaitu 5.595m dan evaluasi penambahan lebar sebesar 3.305m.

Berdasarkan hasil evaluasi parameter didapatkan nilai persentase kesesuaian dengan standar pada KepMen ESDM No 1827 K/30/MEM/2018 sebagai berikut. (1) Nilai kesesuaian adalah 68.2% untuk parameter kemiringan (grade). (2) Nilai kesesuaian adalah 58.5% untuk parameter lebar. (3) Nilai kesesuaian adalah 79.4% untuk parameter kemiringan melintang. (4) Nilai kesesuaian adalah 50% untuk parameter superelevasi.

Daftar Pustaka

- Failusuf, N. A., Suwardhi, D., & Mertotaroeno, S. H. (2018). Monitoring Geometri Konstruksi Jalan Tol Menggunakan Fotogrametri Wahana Tanpa Awak. *Seminar Nasional Geomatika*, 3,29.
- Febrianaldi, E., & Anaperta, Y. M. (2021). Evaluasi Jalan Tambang Untuk Meningkatkan Produksi dari Pit A 1 B Ke Evorable Finish Ore (EFO) Di PT Paramitha Persada Tama Blok Kerja PT Bintang Delapan Resources. *Jurnal Bina Tambang*, 6(5), 17-32.
- Irfan, D. K., Sutoyo, S., & Sudiby, T. (2020). Evaluasi Geometri Jalan Menggunakan Uav Dengan Aplikasi Agisoft Photo Scanner pada Jalan Meranti Kampus IPB Dramaga. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 5(2), 101-114.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2018). Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik.
- Kristiawan, Rolan., & Abdullah, R. (2020). Faktor Penyebab Terjadinya Kecelakaan Kerja Pada Area Penambangan Batu Kapur Unit Alat Berat PT. Semen Padang. *Jurnal Bina Tambang*, 5(2).
- Martadinata, M. A. J., & Sepriadi. (2019). Pemodelan Desain Pit Batubara Dengan Menggunakan Software Minescape 4.119. *Jurnal Teknik Patra Akademia*, 10(02).
- Multriwahyuni, A., Gusman, M., & Anaperta, Y. M. (2017). Evaluasi Geometri Jalan Tambang Menggunakan Teori AASHTO Untuk Peningkatan Produktivitas Alat Angkut Dalam Proses Pengupasan Overburden Di PIT Timur PT. Artamulia Tatapratama Desa Tanjung Belit, Kecamatan Jujuhan, Kabupaten Bungo Provinsi Jambi. *Jurnal Bina Tambang*, 3(4), 1513-1522.
- Priambodo, D. A., Tjahjadi, M. E., & Suhari, K. T. (2022). Pembuatan Model 3D Jalan Raya Bayat Untuk Keperluan Existing Menggunakan Metode Foto Udara (UAV) di Klaten. *Teras Jurnal*, 12(1), 177-190.
- Putri, K. M., Subiyanto, S., & Suprayogi, A. (2017). Pembuatan Peta Wisata Digital 3 Dimensi Obyek Wisata Brown Canyon Secara Interaktif dengan Menggunakan Wahana Unmanned Aerial Vehicle (UAV). *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 84-92.
- Sari, A. S., Fadillah, A., & Saputra, R. A. (2020). Kajian Teknis Analisis Resiko Jalan Tambang Batubara PT. Pasir Walannae, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Teknologi Kebumihan Dan Kelautan*, 2(1), 53-59.



This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)