

PERENCANAAN JALAN TAMBANG DENGAN METODE LEAST COST PATH DI WILAYAH IUP PT LOA HAUR KABUPATEN MURUNG RAYA PROVINSI KALIMANTAN TENGAH

Affan Rivandi^{*)}, Hana Sugiastu Firdaus, Moehammad Awaluddin
Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email: affanrivandi58@gmail.com^{*)}

ABSTRAK

PT Loa Haur adalah Perusahaan tambang yang berlokasi di Kabupaten Murung Raya, Provinsi Kalimantan Tengah. Wilayah IUP (Izin Usaha Pertambangan) PT Loa Haur belum memiliki infrastruktur tambang dikarenakan wilayahnya masih berupa hutan. Perencanaan infrastruktur tambang perlu dilakukan untuk menunjang kegiatan penambangan. Salah satu infrastruktur penting dalam pertambangan adalah jalan tambang. Perencanaan jalan tambang dilakukan pada 4 rute yaitu Office ke Mess, Office ke Pit, Office ke Workshop, dan Workshop ke Pit dengan memperhatikan pengaruh dari beberapa variabel. Perencanaan jalan tambang pada penelitian ini menggunakan metode *Least cost path(LCP)* dengan perhitungan bobot menggunakan *Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Perencanaan dilakukan dengan menggunakan 4 variabel yaitu kemiringan lereng, jenis tanah, status Kawasan hutan, dan Sungai. Perencanaan jalan tambang dilakukan sebanyak 3 simulasi berdasarkan pendapat ahli yang berbeda. Jalan tambang yang dihasilkan akan dibandingkan jarak, kedekatan dengan Sungai, dan selisih volume *cut & fill*. Hasil perencanaan dari ketiga simulasi yang dilakukan, simulasi kedua memiliki jarak terpendek yaitu 4169,655 meter dan paling sedikit melewati Sungai yaitu 5 kali. Sementara selisih volume *cut & fill* terendah adalah simulasi ketiga dengan -5071,802 m³.

Kata Kunci: AHP, Jalan Tambang, LCP

ABSTRACT

PT Loa Haur is a mining company located in Murung Raya Regency, Central Kalimantan Province. The PT Loa Haur IUP (Mining Business Permit) area does not yet have mining infrastructure because the area is still forest. Mining infrastructure planning needs to be carried out to support mining activities. One of the important infrastructure in mining is mining roads. Mining road planning is carried out on 4 routes, namely Office to Mess, Office to Pit, Office to Workshop, and Workshop to Pit, taking into account the influence of several variables. Mine road planning in this research uses the Least cost path(LCP) method with weight calculations using the Analytical Hierarchy Process (AHP). Planning is carried out using 4 variables, namely slope, soil type, forest area status, and river. Mine road planning was carried out in 3 simulations based on different expert opinions. The resulting mine roads will be compared for distance, proximity to the river, and difference in cut & fill volume. The planning results of the three simulations carried out, the second simulation has the shortest distance, namely 4169.655 meters and crosses the river the least, namely 5 times. Meanwhile, the lowest cut & fill volume difference is the third simulation with -5071.802 m³.

Keywords : AHP, Mining Road, LCP

^{*)} Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

PT Loa Haur merupakan perusahaan tambang Batubara yang Lokasi Izin Usaha Pertambangan (IUP) di Desa Dirung Sararung, Kecamatan Barito Tuhup Raya, Kabupaten Murung Raya. PT Loa Haur telah selesai melakukan eksplorasi di wilayah Selatan IUP dengan melakukan survei topografi dan pemetaan geologi (PT Mitra Reka Utama, 2023). Wilayah IUP PT Loa Haur belum memiliki jalan dikarenakan lahan yang masih berupa hutan. Status Kawasan hutan di IUP PT Loa Haur adalah hutan produksi. Sulitnya medan menjadi salah satu penyebab belum adanya jalan di wilayah IUP PT Loa Haur. Medan yang curam dan hutan yang lebat

menyebabkan perencanaan infrastruktur menjadi sulit dilakukan (PT Mitra Reka Utama, 2023). Sehingga, perencanaan konektivitas infrastruktur tambang menjadi hal penting dalam menunjang lancarnya kegiatan penambangan (Yustiadi, 2022).

Pada kegiatan pertambangan, terdapat beberapa tahap yang harus dijalani. Tahap-tahap kegiatan pertambangan meliputi tahap persiapan (eksplorasi), tahap pengoperasian tambang, dan tahap penutupan tambang (pasca operasi) (Yustiadi, 2022). Salah satu kegiatan yang menjadi pendukung penting dalam setiap tahap kegiatan pertambangan adalah kegiatan survei pendahuluan (Kurnia, et.al., 2015). Pada tahap persiapan, fungsi kegiatan survei adalah pembuatan peta topografi sebagai

peta dasar untuk mengetahui kenampakan muka bumi dari area tambang. Peta dasar ini akan berguna dalam perencanaan seperti perencanaan penambangan, geoteknik, hidrogeologi, dan infrastruktur pertambangan. Perencanaan infrastruktur menjadi salah satu hal penting di area pertambangan untuk menunjang kegiatan pertambangan. Infrastruktur pada area tambang harus memiliki konektivitas *DEMi* lancarnya kegiatan pertambangan (Yustiadi, 2022).

Salah satu bentuk konektivitas infrastruktur di dalam area tambang adalah Jalan tambang. Perencanaan jalan tambang sangat penting dilakukan untuk menghasilkan konektivitas yang efisien secara biaya pembangunan, namun tetap memperhatikan keselamatan. Jalan tambang mempunyai fungsi utama sebagai sarana pengangkutan bahan tambang (Sari, et.al., 2023) Salah satu metode yang dapat menunjang perencanaan jalan tambang adalah Sistem Informasi Geografis (SIG) (Sahrul, et.al., 2022).

Perencanaan jalan pada SIG mempunyai beberapa metode. Salah satu metodenya adalah *Least cost path (LCP)*. *Least cost path* adalah metode analisis spasial pada data raster yang bermanfaat untuk mencari rute atau jalur yang optimal dengan biaya atau cost terendah (Faisal, et.al., 2016). Jalur yang dihasilkan tidak hanya optimal, namun dapat memperhatikan Tingkat keselamatan dan lingkungan sekitar (Anggraini, 2023). Tingkat keselamatan dan lingkungan sekitar dapat diperhitungkan karena pada metode *LCP*, *slope* (kemiringan lereng) dan jenis tanah dapat menjadi faktor yang mempengaruhi penentuan rute atau jalur yang dilakukan. *LCP* akan menentukan jalur mana yang paling aman sesuai dengan faktor yang mempengaruhinya (Isdyantoko, 2018).

Pada penelitian ini, penulis menggunakan metode SIG dengan analisis *LCP* untuk perencanaan jalan tambang di PT Loa Haur. Metode *LCP* dipilih karena menjadi solusi perencanaan paling efisien, cepat dan memungkinkan untuk menambah variabel di luar spasial (Bagli, et.al., 2011). Variabel yang digunakan penulis untuk menentukan rute terbaik adalah *slope* (kemiringan lereng), jenis tanah, status kawasan hutan, dan sungai. Penulis berharap metode *LCP* dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan infrastruktur tambang, khususnya menjadi solusi alternatif dalam menentukan jalan tambang dengan rute terbaik.

I.2 Rumusan Masalah

Berikut rumusan masalah yang dapat dipetik berdasarkan latar belakang yang telah disusun:

1. Bagaimana hasil *slope* atau kemiringan lereng dari data kontur wilayah IUP PT Loa Haur?
2. Bagaimana hasil rencana jalan tambang di wilayah IUP PT Loa Haur dari Metode *LCP* dengan variabel kemiringan lereng, status Kawasan hutan, jenis tanah, dan Sungai.

I.3 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan dari penelitian berdasarkan latar belakang yang telah disusun:

1. Mengetahui hasil *slope* atau kemiringan lereng dari data kontur wilayah IUP PT Loa Haur.

2. Mengetahui hasil rencana jalan tambang di wilayah IUP PT Loa Haur dari Metode *LCP* dengan variabel kemiringan lereng, status Kawasan hutan, jenis tanah, dan Sungai..

I.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini seperti:

1. Penelitian dilakukan dengan wilayah studi kasus IUP PT Loa Haur dengan luasan topografi 283 Ha.
2. Penelitian dilaksanakan dengan mengambil data sekunder berupa data kontur, jenis tanah, sungai, dan status kawasan hutan. Data kontur akan menghasilkan *DEM* yang akan dijadikan analisis *slope* (kemiringan lereng). Data hasil analisis *slope*, status kawasan hutan, jenis tanah, dan sungai akan dijadikan faktor pendukung metode *LCP*.
3. Penelitian ini mengacu pada metode *Least cost path (LCP)* untuk menentukan jalan tambang teraman sesuai dengan faktor kemiringan lereng, status kawasan hutan, jenis tanah, dan sungai.
4. Data *tracking mapping* geologi akan menjadi acuan dalam penentuan peta jenis tanah oleh *geologist engineer* saat melakukan pemetaan geologi.
5. Penelitian ini hanya membahas *slope* sebagai geometri jalan.
6. Penelitian ini tidak membahas ekonomi dari metode *LCP*.

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Lokasi Penelitian

PT Loa Haur merupakan salah satu perusahaan tambang yang berfokus pada komoditas batubara. PT Loa Haur telah memiliki IUP (Izin Usaha Pertambangan) Operasi Produksi melalui Keputusan Bupati Murung Raya dengan Nomor 188.45/507/2013 dengan luas IUP 4810 Ha (PT Mitra Reka Utama, 2023).

Secara administratif, wilayah IUP PT Juba Pratama terletak di Desa Dirung Serarong, Kecamatan Barito Tuhup Raya, Kabupaten Murung Raya, Kalimantan Tengah. Secara geografis, PT Juba Pratama terletak di $0^{\circ} 32' 38.4''$ LS - $0^{\circ} 36' 53.9994''$ LS dan $114^{\circ} 54' 35.9994''$ BT - $114^{\circ} 58' 51.5994''$ BT. Lokasi IUP PT Juba Pratama dapat terlihat pada peta di bawah ini (PT Mitra Reka Utama, 2023). Terdapat rencana infrastruktur yang telah dibuat. Rencana infrastruktur tersebut antara lain, mess, office, workshop, dan pit. Berikut adalah fungsi dari infrastruktur tersebut.

1. Mess

Mess adalah akomodasi untuk karyawan tambang yang dipenuhi oleh perusahaan. *Mess* berguna untuk menghemat waktu dan biaya menuju lokasi tambang (Stefani, 2024).

2. Office

Office adalah kantor yang berada di *site* tambang. *Office* berfungsi untuk mengatur koordinasi di *site* agar berjalan dengan lancar (Stefani, 2024).

3. Workshop

Workshop adalah tempat perbaikan peralatan dan kendaraan tambang dan juga tempat *service* secara rutin (Andromeda, 2022).

4. Pit

Pit adalah lubang besar yang digali pada permukaan tanah untuk mengambil bahan tambang (Fehabutar, 2023).

II.2 Sistem Informasi Geografis di Pertambangan

SIG adalah sistem yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data, manusia (*brainware*), organisasi dan lembaga yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, dan menyebarkan informasi-informasi mengenai daerah-daerah di permukaan bumi (Chrisman, 1997). Fungsi SIG pada pertambangan antara lain, pengaksesan basis data peta tambang, pemantauan potensi aset dan risiko, serta mengurangi dampak lingkungan dengan pencegahan sebelum kegiatan penambangan

II.3 Jalan Tambang

Jalan tambang adalah infrastruktur di tambang yang memiliki fungsi sebagai penghubung lokasi infrastruktur tambang penting lainnya. Sebagai contoh, dalam menghubungkan lokasi office ke pit, lokasi mess ke stockpile, dan sebagainya (Mining FT Universitas Lambung Mangkurat, 2023). Rute jalan tambang harus memperhatikan beberapa faktor pendukung seperti kemiringan lereng, tata guna lahan, dan jenis tanah yang dilalui. Standar kemiringan lereng yang digunakan pada jalan tambang adalah 12% (Kementerian ESDM, 2018).

II.4 Pengaruh Pertambangan terhadap Sungai

Kegiatan Penambangan harus menjauhi sungai karena hal ini akan merusak air permukaan dan air tanah, mengganggu rekreasi dan kualitas hidup, serta merusak habitat. Masyarakat tidak menyukai kebisingan, cahaya, debu, keributan, dan kerusakan pemandangan bulan pada Sungai (Koberstein, 2005).

II.5 Analytical Hierarchy Process (AHP)

AHP digunakan untuk mengevaluasi serangkaian alternatif dan memilih yang terbaik di antara alternatif tersebut. Metode AHP sangat populer karena memungkinkan penggabungan kriteria kualitatif dan kuantitatif dalam kerangka pengambilan Keputusan (Cleveland et.al., 2004).

II.6 Metode Least Cost Path

Metode *Least cost path (LCP)* merupakan metode yang digunakan untuk memperoleh rute atau jalur dengan biaya terendah dari dua titik pada permukaan raster (ESRI, 2023). Pada ArcGIS, metode *LCP* terletak pada *Spatial Analyst Tool* di bagian *Distance*. Metode *LCP* dapat menghindari area yang tidak diinginkan untuk dilalui jalur dikarenakan faktor seperti, kemiringan lereng, ketinggian, atau area-area tertentu (Blue Marble Geo, 2023).

LCP menggunakan *DEM* sebagai acuan dalam penentuan jalur. Dalam menentukan representasi topografi lapangan, *DEM* sangat sering digunakan (Kantner, 2012). *DEM* dengan resolusi tinggi akan menghasilkan analisis yang semakin baik. Sebagai contoh, (Herzog, et. al., 2008) menghitung *LCP* dengan menggunakan *DEM* resolusi 25 & 100 meter. Kedua *DEM* menghasilkan rute yang berbeda. Untuk resolusi 25 meter sesuai mengikuti punggung bukit, sedangkan untuk resolusi 100 meter berada di Lembah.

II.7 Kemiringan Lereng (Slope)

Kemiringan lereng atau *slope* adalah sudut yang dibentuk antara bidang datar tanah dengan bidang horizontal dari perbedaan tinggi topografi. Besar

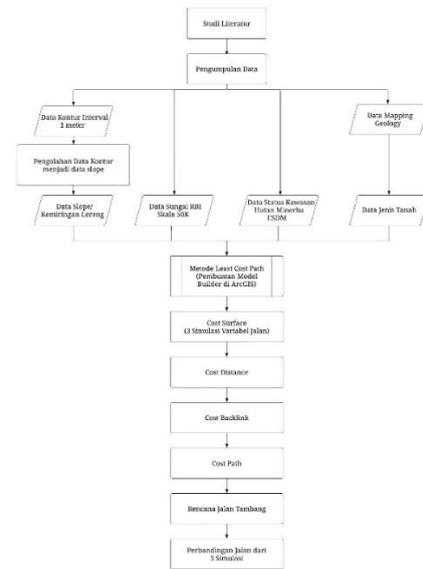
kemiringan lereng dapat dinyatakan dengan beberapa satuan, diantaranya adalah dengan persen (%) dan derajat (°) (Melo, et.al., 2018).

Perubahan permukaan bumi menyebabkan kemiringan lereng. Salah satu faktor yang mempengaruhi erosi yang dipengaruhi oleh *runoff* adalah kemiringan lereng. Lereng yang lebih curam memiliki laju dan volume aliran permukaan yang lebih tinggi, yang meningkatkan kemungkinan erosi yang signifikan dan bahkan dapat menyebabkan tanah longsor (Desa Sobokerto, 2022).

III. Pelaksanaan Penelitian

III.1 Diagram Alir Penelitian

Secara garis besar, tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

III.2 Peralatan dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam proses penelitian ini sebagai berikut:

1. Laptop ASUS ROG GL553VD
2. Software Arc.GIS 10.8
3. Software Global Mapper 20
4. Software Microsoft Excel 2019

Bahan-bahan yang digunakan dalam proses penelitian beserta sumber data tertera pada tabel 4 berikut.

1. Data Kontur Topografi IUP PT Loa Haur dari Survei Topografi PT Mitra Reka Utama Tahun 2023 dengan interval 1 meter
2. Data Infrastruktur Tambang PT Loa Haur
3. Data Status Kawasan Hutan Minerba ESDM
4. Data Tracking Mapping Geologi PT Loa Haur Tahun 2023
5. Data Jenis Tanah IUP PT Loa Haur dari Mapping Geologi PT Mitra Reka Utama Tahun 2023
6. Data Sungai IUP PT Loa Haur dari Peta RBI BIG Kabupaten Murung Raya Tahun 2014

III.3 Tahapan Persiapan Penelitian

Tahapan persiapan merupakan tahapan yang dilakukan sebelum pengolahan penelitian agar penelitian dapat berjalan lancar dengan melakukan hal-hal berikut:

1. Identifikasi Masalah
2. Studi Literatur

3. Pengumpulan Alat dan Data
4. Perijinan Permohonan Penggunaan Data

III.4 Tahapan Pengolahan Data

III.4.1 Penentuan Rute Jalan

Infrastruktur yang digunakan dalam perencanaan jalan tambang di PT Loa Haur yaitu koordinat Mess, Office, Workshop, dan Pit dengan rute sebagai berikut

- a. Mess ke Office
- b. Office ke Workshop
- c. Office ke Pit
- d. Workshop ke Pit

III.4.2 Pembuatan Geoprocessing Model Builder

Pembuatan *geoprocessing model builder* di ArcGIS digunakan untuk menghubungkan data dengan *tool* yang ada di ArcGIS. *Model builder* akan memudahkan dalam perubahan di satu langkah dalam metode sehingga tidak mengulang dari awal.

III.4.3 Pengolahan Data Kontur menjadi Data Kemiringan Lereng

Data kontur PT Loa Haur yang diperoleh merupakan data vektor garis dengan elevasi dengan interval kontur 1 meter. Data ini akan digunakan untuk menentukan besaran kemiringan lereng.

III.4.4 Penentuan Bobot Variabel dengan Metode AHP

Perencanaan jalan tambang menggunakan metode *Least cost path* dilakukan dengan 3 simulasi bobot variabel. Simulasi pertama yaitu simulasi dengan mempertimbangkan pendapat ahli yaitu Kamarullah, S.T. selaku Senior Geologist di PT Mitra Reka Utama. Simulasi kedua yaitu simulasi dengan mempertimbangkan pendapat ahli yaitu Septian Yudha Permana, S.T. selaku Project Manager di PT Mitra Reka Utama. Simulasi ketiga yaitu keempat variabel memiliki nilai bobot yang sama. Penentuan bobot dilakukan dengan metode AHP.

III.5 Pembuatan Data Raster Weighted Overlay

Data raster *weighted overlay* adalah raster hasil *overlay* perhitungan beberapa raster yang mempunyai skor dan bobot masing-masing sesuai dengan kepentingannya. 4 raster variabel yang telah dihasilkan akan diberikan skor dan bobot untuk menentukan raster yang akan digunakan dalam perencanaan jalan tambang. Bobot yang digunakan berasal dari ketiga perhitungan simulasi yang telah dilakukan.

III.6 Pengolahan Data Raster Least Cost Path

III.6.1 Cost Distance

Tool cost distance berguna untuk menghitung jarak biaya terkecil untuk setiap *cell* dari raster *cost raster surface* yang telah dibuat. Pada *tool cost distance*, dibutuhkan data source. Data source adalah titik yang menjadi awal rute yang akan dibuat jalannya. Pada contoh proses kali ini, sumbernya adalah office. Kemudian dibutuhkan juga raster *cost surface* yaitu raster *weighted overlay* yang telah dihasilkan pada proses sebelumnya.

III.6.2 Cost Backlink

Proses setelah *cost distance* adalah *cost backlink*. *Cost backlink* adalah *tool* untuk mendefinisikan *least cost path* antara *cell* dengan *cell* di sebelahnya. Sama halnya seperti *cost distance*, *cost backlink* juga membutuhkan data source dan raster *cost surface*. Data source adalah titik

office dan raster *cost surface* adalah raster *weighted overlay*.

III.6.3 Cost Path

Cost path adalah *tool* untuk menghasilkan jarak termurah dari proses-proses yang telah dilakukan sebelumnya. Pada *tool cost path*, dibutuhkan data destination sebagai tujuan akhir, *raster cost distance*, dan raster *cost backlink*. Data destination pada proses ini adalah tujuan akhir dari rute yaitu titik pit. Kemudian untuk raster *cost distance* dan *cost backlink* menggunakan raster yang dihasilkan pada proses sebelumnya.

III.7 Pengolahan Data Raster Cost Path menjadi Polyline Jalan Tambang

Data *cost path* telah menunjukkan rute jalan tambang yang dihasilkan. Namun, data yang dihasilkan masih berformat raster. Untuk mengetahui jarak jalan tambang dan cut & fillnya, maka diperlukan konversi data raster tersebut ke bentuk *polyline*. Pada proses ini, penulis menggunakan *tool Raster to Polyline*.

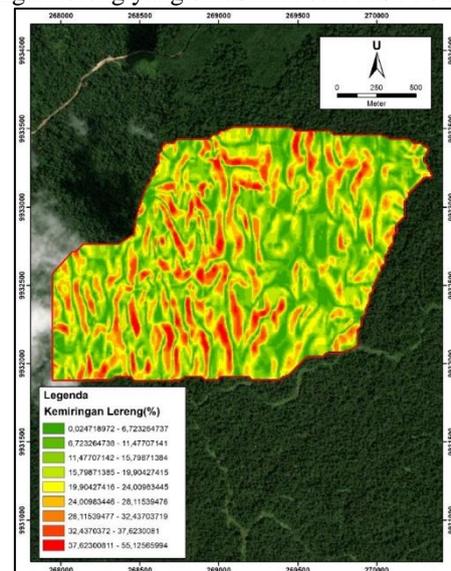
III.8 Perhitungan Cut & Fill Jalan Tambang

Perhitungan *cut & fill* jalan tambang, dilakukan menggunakan aplikasi Global Mapper. Tools yang digunakan adalah Calculate *Cut & fill* Volume dengan meng-*overlay* data DEM awal dengan data garis jalan. Pada perhitungan *cut & fill*, dapat ditentukan lebar jalan yang diinginkan dan elevasi jalan. Pada proses ini, penulis menggunakan lebar jalan 15 meter. Hal ini dikarenakan syarat lebar jalan tambang minimal adalah 14,4 meter. Kemudian untuk elevasi jalan, penulis menggunakan data mean dari jalan yang akan dihitung. Untuk perhitungan elevasi jalan, digunakan *tool Add Surface Information*.

IV. Hasil dan Pembahasan

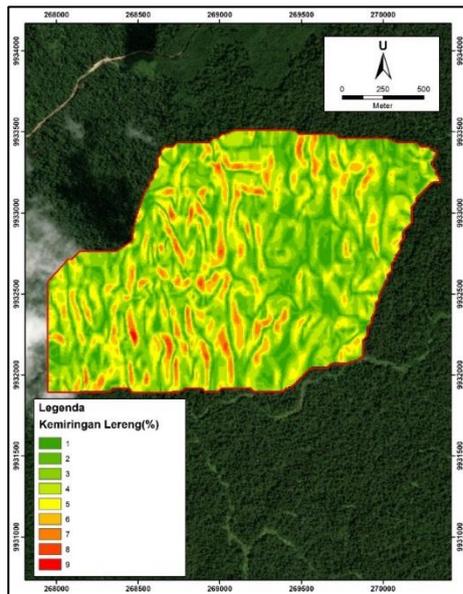
IV.1 Hasil Data Kemiringan Lereng

Data kemiringan lereng diperoleh dari data kontur yang diubah menjadi data DEM. Berikut adalah peta kemiringan lereng yang dihasilkan dari hasil Pengolahan.



Gambar 2 Peta Kemiringan Lereng

Peta kemiringan lereng di atas, akan diklasifikasikan ulang ke dalam 9 kelas. Kelas dibagi rata per 6% kemiringan lereng. Berikut peta kemiringan lereng dan pembagian kelas kemiringan lereng yang terbaru beserta skoringnya.



Gambar 3 Peta Kemiringan Lereng setelah Reklasifikasi

IV.2 Hasil dan Analisis Jalan Tambang

Perencanaan jalan tambang dilakukan dengan melakukan metode *least cost path* dengan mempertimbangkan 4 variabel yaitu kemiringan lereng, jenis tanah, Sungai, dan status kawasan hutan. Perencanaan disimulasikan dengan 3 konsep simulasi pembobotan yang akan dibandingkan volume *cut & fill*-nya.

IV.2.1 Pembobotan Simulasi Hasil AHP

Perencanaan jalan tambang pada penelitian ini, menggunakan 3 simulasi dengan pendapat ahli yang berbeda. Pada simulasi pertama, menggunakan pendapat dari Senior Geologist PT Mitra Reka Utama, Bapak Septian Yudha Permana, S.T.. Pada simulasi kedua menggunakan pendapat dari Project Manager PT Mitra Reka Utama, Bapak Kamarullah, S.T.. Sementara, pada simulasi ketiga, pembobotan dilakukan secara merata ke 4 variabel. Berikut ini adalah tabel perbandingan bobot variabel per simulasi.

Tabel 1 Nilai Bobot Variabel per Simulasi

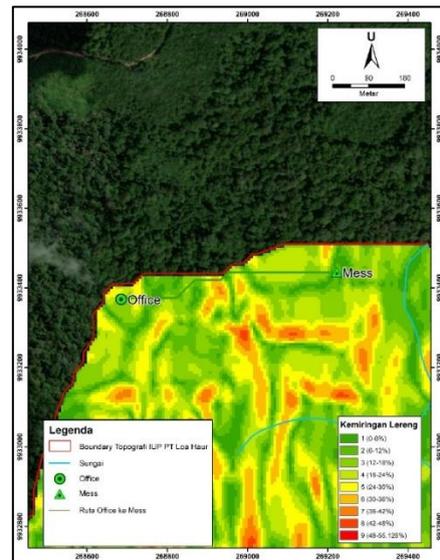
| Variabel | Bobot (%) | | |
|----------------------|-----------|-------|--------|
| | Pertama | Kedua | Ketiga |
| Kemiringan Lereng | 39.24 | 8.01 | 25 |
| Jenis Tanah | 32.07 | 4.31 | 25 |
| Sungai | 14.34 | 28.50 | 25 |
| Status Kawasan Hutan | 14.34 | 59.17 | 25 |

IV.2.2 Rute Office Ke Mess

Berdasarkan hasil Pengolahan Perencanaan jalan tambang dengan menggunakan metode *least cost path*, dihasilkan peta jalan dengan rute office ke mess. Penulis akan memaparkan hasil jalan rute office ke mess per simulasi.

a. Simulasi Pertama

Berikut adalah peta rute office ke mess dengan Pengolahan *LCP* simulasi pertama.



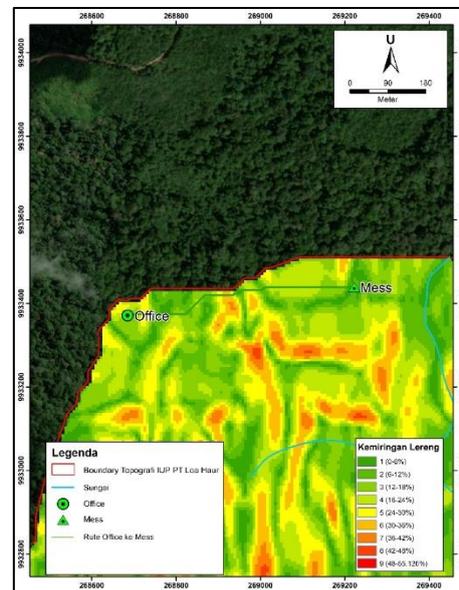
Gambar 4 Peta Jalan Tambang Rute Office ke Mess Simulasi Pertama

Berdasarkan hasil Pengolahan *LCP* di simulasi pertama dengan rute Office ke Mess, diperoleh perhitungan jarak sebesar 563.824 meter. Pada simulasi pertama, rute tidak melewati Sungai karena memang tidak terdapat Sungai antara titik Office dan Mess.

Berdasarkan hasil perhitungan volume *cut & fill*, pada rencana jalan tambang rute office ke pit simulasi pertama diperoleh selisih fill sebesar 11209.74 m³.

b. Simulasi Kedua

Berikut adalah peta rute office ke mess dengan Pengolahan *LCP* simulasi kedua.



Gambar 5 Peta Jalan Tambang Rute Office ke Mess Simulasi Kedua

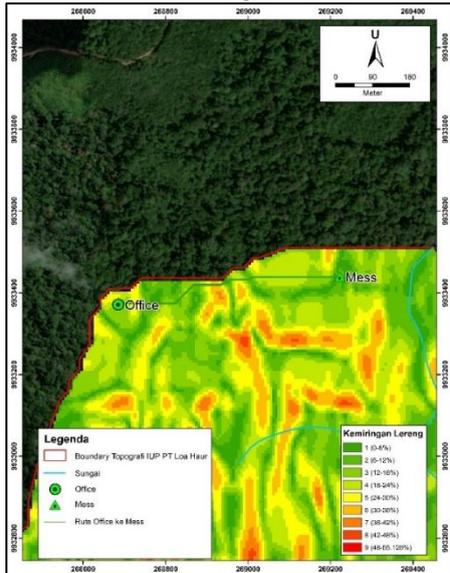
Berdasarkan hasil Pengolahan *LCP* di simulasi kedua dengan rute Office ke Mess, diperoleh perhitungan jarak sebesar 561.518 meter. Pada simulasi kedua, rute tidak melewati Sungai karena memang tidak terdapat Sungai antara titik Office dan Mess.

Berdasarkan hasil perhitungan volume *cut & fill*, pada rencana jalan tambang rute office ke pit simulasi kedua diperoleh selisih fill sebesar 11649.476 m³.

c. Simulasi Ketiga

Berikut adalah peta rute office ke mess dengan

Pengolahan LCP simulasi ketiga.



Gambar 6 Peta Jalan Tambang Rute Office ke Mess Simulasi Ketiga

Berdasarkan hasil Pengolahan LCP di simulasi ketiga dengan rute Office ke Mess, diperoleh perhitungan jarak sebesar 561.518 meter. Nilai ini sama dengan jarak pada simulasi kedua. Pada simulasi ketiga, rute tidak melewati Sungai karena memang tidak terdapat Sungai antara titik Office dan Mess.

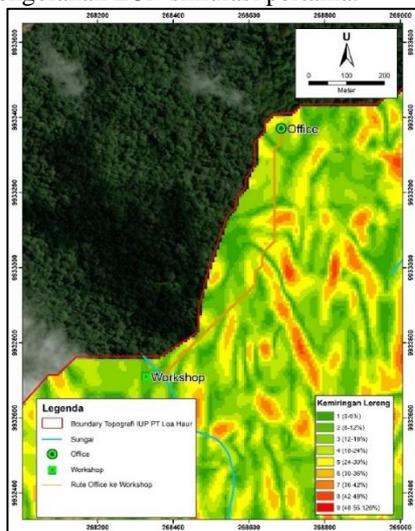
Berdasarkan hasil perhitungan volume cut & fill, pada rencana jalan tambang rute office ke pit simulasi ketiga diperoleh selisih fill sebesar 11649.476 m³. Volume yang diperoleh sama dengan simulasi kedua. Hal ini dikarenakan rute yang dilewati di kedua simulasi sama.

IV.2.3 Rute Office ke Workshop

Berdasarkan hasil Pengolahan Perencanaan jalan tambang dengan menggunakan metode least cost path, dihasilkan peta jalan dengan rute office ke workshop. Penulis akan memaparkan hasil jalan rute office ke workshop per simulasi.

a. Simulasi Pertama

Berikut adalah peta rute office ke workshop dengan Pengolahan LCP simulasi pertama.



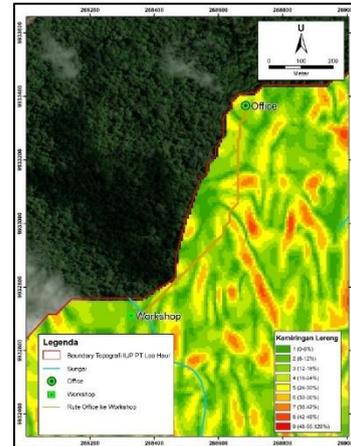
Gambar 7 Peta Jalan Tambang Rute Office ke Workshop Simulasi Pertama

Berdasarkan hasil Pengolahan LCP di simulasi pertama dengan rute Office ke Workshop, diperoleh perhitungan jarak sebesar 836.697 meter. Pada simulasi pertama, rute melewati Sungai sebanyak 1 kali.

Berdasarkan hasil perhitungan volume cut & fill, pada rencana jalan tambang rute office ke workshop simulasi pertama diperoleh selisih fill sebesar 86426.319 m³.

b. Simulasi Kedua

Berikut adalah peta rute office ke workshop dengan Pengolahan LCP simulasi kedua.



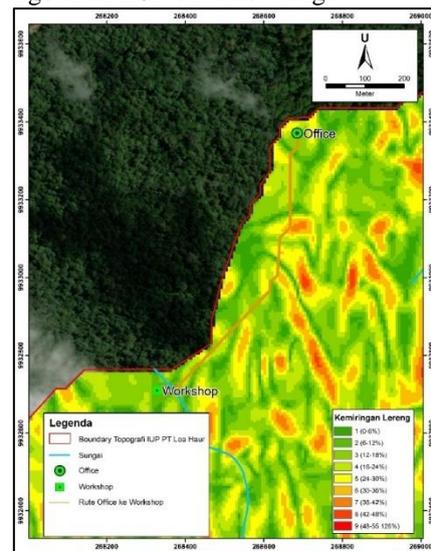
Gambar 8 Peta Jalan Tambang Rute Office ke Workshop Simulasi Kedua

Berdasarkan hasil Pengolahan LCP di simulasi kedua dengan rute Office ke Workshop, diperoleh perhitungan jarak sebesar 826.804 meter. Pada simulasi kedua, rute melewati Sungai sebanyak 1 kali.

Berdasarkan hasil perhitungan volume cut & fill, pada rencana jalan tambang rute office ke workshop simulasi ketiga diperoleh selisih fill sebesar 86080.068 m³.

c. Simulasi Ketiga

Berikut adalah peta rute office ke workshop dengan Pengolahan LCP simulasi ketiga.



Gambar 9 Peta Jalan Tambang Rute Office ke Workshop Simulasi Ketiga

Berdasarkan hasil Pengolahan LCP di simulasi ketiga dengan rute Office ke Workshop, diperoleh perhitungan jarak sebesar 830.432 meter. Pada simulasi ketiga, rute melewati Sungai sebanyak 1 kali.

Berdasarkan hasil perhitungan volume cut & fill,

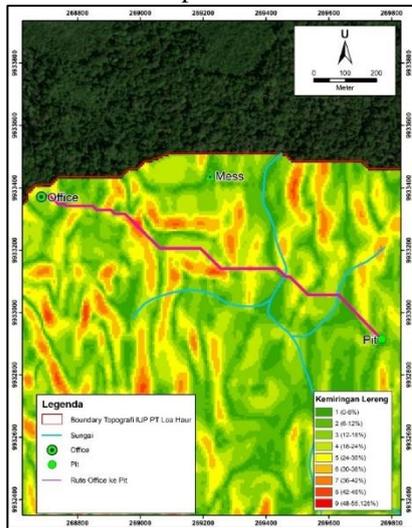
pada rencana jalan tambang rute office ke workshop simulasi ketiga diperoleh selisih fill sebesar 92014.404 m³.

IV.2.4 Rute Office ke Pit

Berdasarkan hasil Pengolahan Perencanaan jalan tambang dengan menggunakan metode least cost path, dihasilkan peta jalan dengan rute office ke pit. Penulis akan memaparkan hasil jalan rute office ke pit per simulasi.

a. Simulasi Pertama

Berikut adalah peta rute office ke pit dengan Pengolahan LCP simulasi pertama.



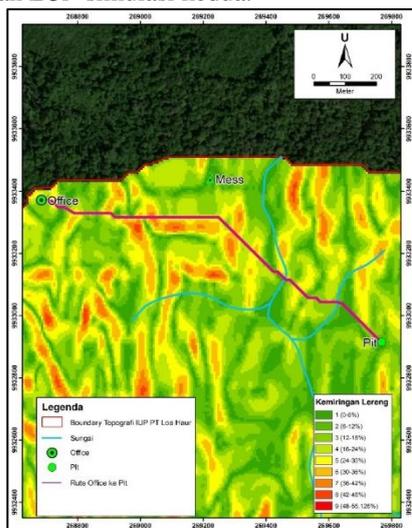
Gambar 10 Peta Jalan Tambang Rute Office ke Pit Simulasi Pertama

Berdasarkan hasil Pengolahan LCP di simulasi pertama dengan rute Office ke Pit, diperoleh perhitungan jarak sebesar 1272.747 meter. Pada simulasi pertama, rute melewati Sungai sebanyak 2 kali.

Berdasarkan hasil perhitungan volume cut & fill, pada rencana jalan tambang rute office ke pit simulasi pertama diperoleh selisih cut sebesar 91796.966 m³.

b. Simulasi Kedua

Berikut adalah peta rute office ke pit dengan Pengolahan LCP simulasi kedua.



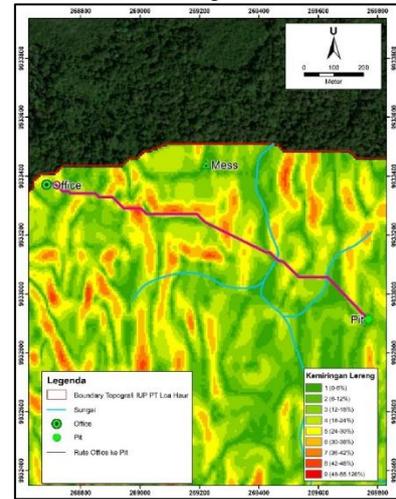
Gambar 11 Peta Jalan Tambang Rute Office ke Pit Simulasi Kedua

Berdasarkan hasil Pengolahan LCP di simulasi kedua dengan rute Office ke Pit, diperoleh perhitungan jarak sebesar 1264.536 meter. Pada simulasi kedua, rute melewati Sungai sebanyak 2 kali.

Berdasarkan hasil perhitungan volume cut & fill, pada rencana jalan tambang rute office ke pit simulasi kedua diperoleh selisih cut sebesar 36833.873 m³.

c. Simulasi Ketiga

Berikut adalah peta rute office ke pit dengan Pengolahan LCP simulasi ketiga.



Gambar 12 Peta Jalan Tambang Rute Office ke Pit Simulasi Ketiga

Berdasarkan hasil Pengolahan LCP di simulasi ketiga dengan rute Office ke Pit, diperoleh perhitungan jarak sebesar 1252.675 meter. Pada simulasi ketiga, rute melewati Sungai sebanyak 2 kali.

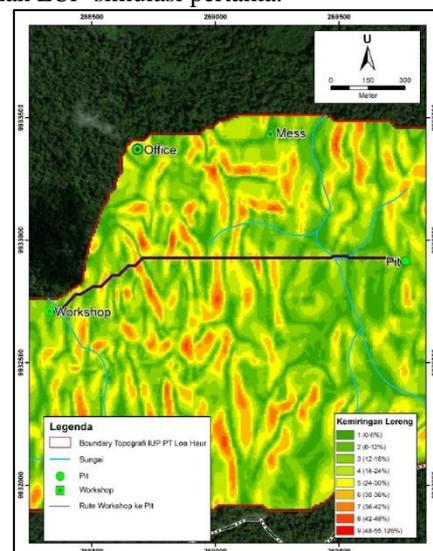
Berdasarkan hasil perhitungan volume cut & fill, pada rencana jalan tambang rute office ke pit simulasi ketiga diperoleh selisih cut sebesar 97336.849 m³.

IV.2.5 Rute Workshop ke Pit

Berdasarkan hasil Pengolahan Perencanaan jalan tambang dengan menggunakan metode least cost path, dihasilkan peta jalan dengan rute workshop ke pit. Penulis akan memaparkan hasil jalan rute workshop ke pit per simulasi.

1. Simulasi Pertama

Berikut adalah peta rute workshop ke pit dengan Pengolahan LCP simulasi pertama.



Gambar 13 Peta Jalan Tambang Rute Workshop ke Pit Simulasi Pertama

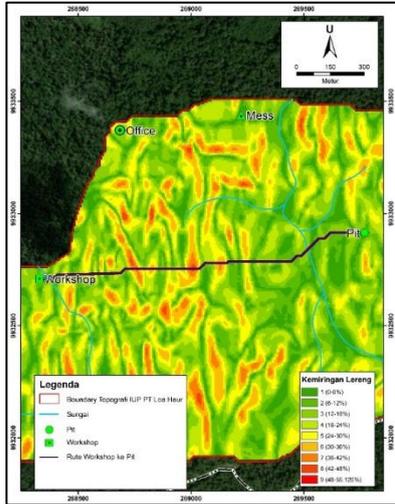
Berdasarkan hasil Pengolahan LCP di simulasi pertama dengan rute Workshop ke Pit, diperoleh perhitungan

jarak sebesar 1536.099 meter. Pada simulasi pertama, rute melewati Sungai sebanyak 3 kali.

Berdasarkan hasil perhitungan volume cut & fill, pada rencana jalan tambang rute workshop ke pit simulasi pertama diperoleh selisih cut sebesar 12505.735 m³.

2. Simulasi Kedua

Berikut adalah peta rute workshop ke pit dengan Pengolahan LCP simulasi kedua.



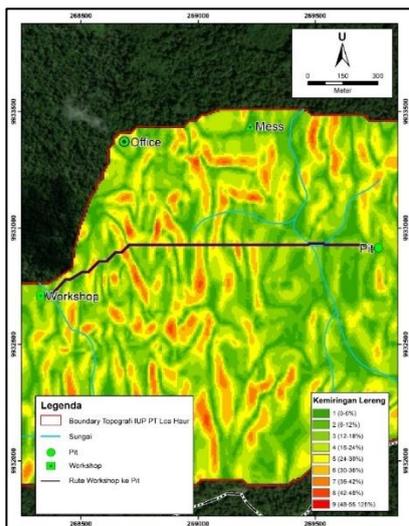
Gambar 14 Peta Jalan Tambang Rute Workshop ke Pit Simulasi Kedua

Berdasarkan hasil Pengolahan LCP di simulasi kedua dengan rute Workshop ke Pit, diperoleh perhitungan jarak sebesar 1516.797 meter. Pada simulasi kedua, rute melewati Sungai sebanyak 3 kali.

Berdasarkan hasil perhitungan volume cut & fill, pada rencana jalan tambang rute workshop ke pit simulasi kedua diperoleh selisih cut sebesar 143271.652 m³.

3. Simulasi Ketiga

Berikut adalah peta rute workshop ke pit dengan Pengolahan LCP simulasi ketiga.



Gambar 15 Peta Jalan Tambang Rute Workshop ke Pit Simulasi Ketiga

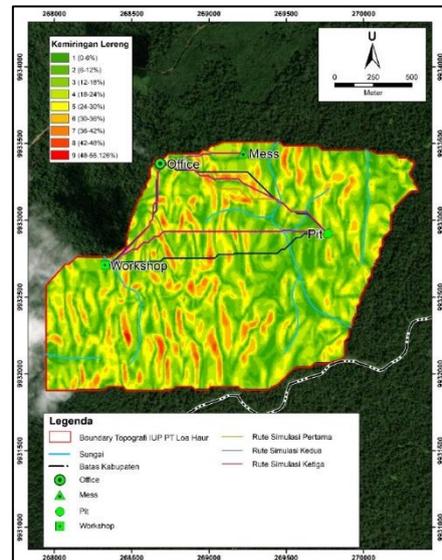
Berdasarkan hasil Pengolahan LCP di simulasi ketiga dengan rute Workshop ke Pit, diperoleh perhitungan jarak sebesar 1536.099 meter. Pada simulasi ketiga, rute melewati Sungai sebanyak 2 kali.

Berdasarkan hasil perhitungan volume cut & fill,

pada rencana jalan tambang rute workshop ke pit simulasi ketiga diperoleh selisih cut sebesar 11398.833 m³.

IV.2.6 Hasil Rute Jalan Tambang Keseluruhan

Berikut adalah peta rute jalan tambang PT Loa Haur secara keseluruhan yang dihasilkan dari metode least cost path.



Gambar 16 Peta Rute Jalan Tambang PT Loa Haur

IV.3 Perbandingan Antar Simulasi Jalan Tambang

Perbandingan jalan tambang di ketiga simulasi dilakukan dengan membandingkan jarak dan volume cut & fill untuk mengetahui simulasi mana yang terbaik dalam hal least cost (biaya termurah). Simulasi terbaik akan menjadi rekomendasi dalam perencanaan jalan tambang.

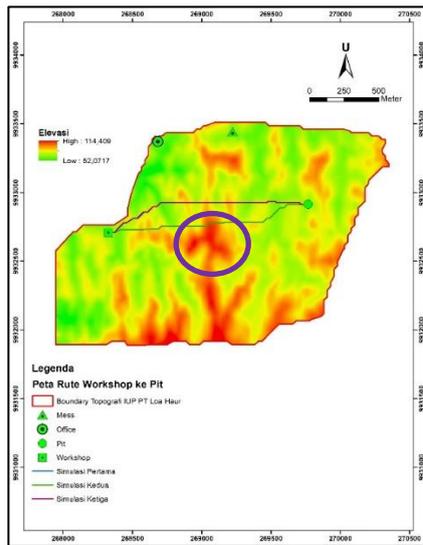
IV.3.1 Perbandingan Jarak

Berikut adalah tabel perbandingan jarak dari semua rute di ketiga simulasi.

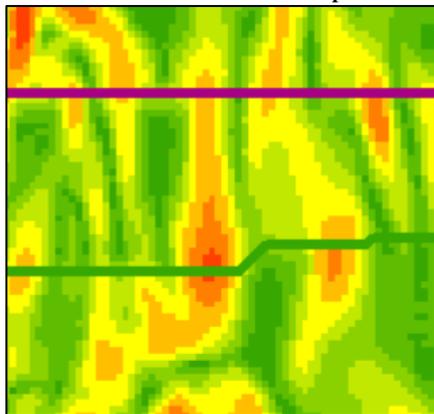
Tabel 2 Perbandingan Jarak Jalan Tambang Antar Simulasi

| Rute | Jarak Jalan Tambang (meter) | | |
|-------------------|-----------------------------|----------|----------|
| | Pertama | Kedua | Ketiga |
| Office – Mess | 563.824 | 561.518 | 561.518 |
| Office – Workshop | 836.697 | 826.804 | 830.432 |
| Office – Pit | 1272.747 | 1264.536 | 1252.675 |
| Workshop – Pit | 1536.099 | 1516.797 | 1536.099 |
| Jumlah | 4209.367 | 4169.655 | 4180.724 |

Dari ketiga simulasi, jumlah jarak jalan tambang simulasi pertama adalah 4209.367 meter. Jarak jalan tambang simulasi kedua adalah 4169.655 meter. Jarak jalan tambang simulasi ketiga adalah 4180.724 meter. Berdasarkan jarak yang ditempuh, simulasi kedua memiliki jarak terpendek dengan 4168.932 meter. Hal ini dikarenakan pada rute workshop ke pit, simulasi ketiga memotong jalan lebih pendek melewati bukit. Berikut adalah bukti gambar yang menunjukkan alasan tersebut.



Gambar 17 Peta Rute Workshop ke Pit



Gambar 18 Gambar Indeks Peta Rute Workshop ke Pit

Dapat dilihat pada gambar peta rute workshop ke pit bahwa rute simulasi pertama dan ketiga memiliki kesamaan yaitu melewati sisi utara. Sementara, simulasi kedua melewati sisi Selatan dengan memotong bukit (dapat dilihat di lingkaran ungu dan gambar indeks) dengan kemiringan lereng kelas 8 yaitu 42-48%.

IV.3.2 Perbandingan Faktor Kedekatan dengan Sungai

Berikut adalah tabel perbandingan kedekatan rute jalan tambang dengan Sungai di ketiga simulasi.

Tabel 3 Tabel Perbandingan Banyaknya Jalan Tambang melewati Sungai

| Dari | Ke | Banyaknya Melewati Sungai | | |
|-----------|-----------|---------------------------|-----------------|------------------|
| | | Simulas i Pertama | Simulas i Kedua | Simulas i Ketiga |
| Office | Mess | 0 | 0 | 0 |
| Office | Worksho p | 1 | 1 | 1 |
| Office | Pit | 2 | 2 | 2 |
| Worksho p | Pit | 3 | 2 | 3 |
| Jumlah | | 6 | 5 | 6 |

Dari tabel di atas, simulasi yang rute jalan tambangnya melewati paling sedikit Sungai adalah simulasi kedua dengan 5 kali. Sedangkan untuk simulasi pertama dan ketiga mempunyai nilai yang sama yaitu 6

kali. Perbedaan terjadi pada rute *workshop* ke pit yang mana pada simulasi kedua, rute jalan tambangnya melewati Sungai sebanyak 2 kali. Sedangkan, pada simulasi pertama dan ketiga melewati Sungai sebanyak 3 kali. Faktor yang menyebabkan jalan tambang pada simulasi kedua lebih sedikit melewati Sungai adalah karena simulasi kedua memang dirancang untuk mengedepankan faktor lingkungan yaitu variabel Sungai dan status kawasan hutan.

- Kemiringan Lereng : 8.01%
- Jenis Tanah : 4.31%
- Sungai : 28.50%
- Kawasan Hutan : 59.17%

Dapat dilihat bahwa variabel Sungai memiliki nilai bobot 28.50%. Semakin besar nilai bobot variabel Sungai, maka rute jalan yang terbentuk akan semakin menghindari Sungai. Hal inilah yang menjadi penyebab rute jalan tambang pada simulasi kedua melewati Sungai paling sedikit dibanding simulasi yang lain.

IV.3.3 Perbandingan Volume Cut & Fill

Berikut adalah perbandingan hasil perhitungan selisih volume *cut & fill* dari ketiga simulasi.

Tabel 4 Perbandingan Selisih Volume Cut & Fill

| Rute | Selisih Cut (-) / Fill (+) (m ³) | | |
|-------------------|--|-----------|-----------|
| | Pertama | Kedua | Ketiga |
| Office – Mess | 11209.764 | 11649.48 | 11649.476 |
| Office – Workshop | 86426.319 | 86080.07 | 86080.068 |
| Office – Pit | 91796.966 | -36833.9 | 97336.849 |
| Workshop – Pit | 12505.735 | -143272 | 11398.833 |
| Selisih Total | -6666.618 | 82375.982 | -5071.802 |

Dari hasil perhitungan volume *cut & fill* di ketiga simulasi dengan elevasi jalan 73 meter, simulasi dengan selisih cut terkecil adalah simulasi ketiga dengan 5071.802 m³. Sedangkan, untuk selisih cut terbesar adalah simulasi kedua dengan 82375.982 m³. Simulasi pertama hasil perhitungannya tidak berbeda jauh dengan simulasi ketiga yaitu dengan 6666.618 m³. Perhitungan *cut & fill* sangat bergantung pada elevasi awal jalan tambang yang dibuat. Semakin mendekati elevasi yang diinginkan, maka semakin kecil volume cut atau fill-nya.

Dari hasil perhitungan, Perbedaan signifikan terjadi pada simulasi kedua. Perbedaan signifikan terjadi pada rute Office ke Pit dan rute Workshop ke Pit.

a. Perbandingan Rute Office ke Pit

Berikut ini perbandingan selisih volume *cut & fill* pada rute office ke pit.

Tabel 5 Perbandingan Selisih Volume Cut & fill Rute Office ke Pit

| Simulasi | Selisih Volume Cut & fill Rute Office ke Pit (m ³) |
|----------|--|
| Pertama | -91796.966 |
| Kedua | -36833.873 |
| Ketiga | -97336.849 |

Dari data yang terdapat pada tabel di atas, selisih volume cut terkecil terdapat pada simulasi kedua dengan 36833.873 m³. Sedangkan, untuk selisih volume cut terbesar

terdapat pada simulasi ketiga dengan 97336.849 m³. Simulasi pertama hasil perhitungannya tidak berbeda jauh dengan simulasi ketiga yaitu dengan 91796.966 m³.

V. Penutup

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis penelitian pemetaan multi risiko Kabupaten Wonosobo yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perencanaan jalan tambang memerlukan data kemiringan lereng atau *slope*. Data kemiringan lereng diperoleh dari Pengolahan data kontur. Data kemiringan lereng yang diperoleh disajikan dalam satuan %. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa wilayah IUP PT Loa Haur mempunyai kemiringan lereng terendah 0.0247% dan kemiringan lereng tertinggi 55.126%. Data kemiringan lereng tersebut direklasifikasi menjadi 9 kelas untuk kebutuhan Pengolahan metode LCP.
2. Dari hasil perencanaan jalan tambang di ketiga simulasi, diperoleh jumlah jarak dari 4 rute yang disimulasikan. Jarak terpendek diperoleh dari simulasi kedua dengan jarak 4169.655 meter. Simulasi kedua juga menjadi simulasi rute jalan yang paling sedikit melewati Sungai sebanyak 5 kali. Hasil perhitungan volume *cut & fill* dengan selisih *cut* terendah adalah simulasi ketiga dengan 5071.802 m³. Berdasarkan hasil tersebut rute terbaik dalam Perencanaan biaya Pembangunan jalan adalah simulasi ketiga. Meskipun simulasi kedua memiliki jarak dan kedekatan Sungai yang lebih baik, namun rute pada simulasi kedua banyak melewati bukit/bukitan sehingga selisih *cut*-nya sangat besar.

V.2 Saran

Berdasarkan penelitian perencanaan jalan tambang menggunakan metode LCP di wilayah IUP PT Loa Haur, terdapat beberapa saran yang dapat dikembangkan oleh penelitian selanjutnya, yaitu :

1. Penggunaan data Sungai sebaiknya menggunakan data Sungai yang terbaru agar perencanaan jalan tambang lebih menyesuaikan kondisi existing.
2. Pada penelitian selanjutnya, diperlukan wawancara kepada ahli terkait tingkat kepentingan variabel yang digunakan.
3. Geometri jalan tambang yang diperhitungkan dalam perencanaan jalan tambang agar dapat ditambah. Lebar jalan pada tikungan dan jalan lurus agar dibedakan dan ditambahkan geometri superelevasi.
4. Penambahan variabel lain yang mendukung perencanaan jalan tambang akan menambah pengambilan keputusan dalam perencanaan jalan tambang.
5. Kendala yang mungkin terjadi adalah jalan yang telah direncanakan ternyata masuk ke dalam rencana pit penambangan di masa depan. Hal ini menyebabkan jalan harus direncanakan ulang. Jalan yang melalui sungai harus diperhatikan risikonya terhadap kebersihan sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, E. (2023, Agustus 22). *Pentingnya Sistem Informasi Geografis di Industri Pertambangan*. Retrieved from Blue Power Technology: <https://www.bluepowertechnology.com/news-detail/cek-6-manfaat-sistem-informasi-geografis-untuk-industri-pertambangan#:~:text=SIG%20memegang%20peranan%20penting%20untuk,limbah%20hasil%20buangan%20industri%20pertambangan>.
- Blue Marble Geo. (2023). *Least Cost Path Analysis*. Retrieved from Global Mapper: https://www.bluemarblegeo.com/knowledgebase/global-mapper-25/Pro/Least_Cost_Path_Analysis.htm
- Chrisman, N. R. (1997). *Exploring Geographic Informations Systems*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Desa Sobokerto. (2022, Juli 25). *Peta Kemiringan Lereng Desa Sobokerto*. Retrieved from Desa Sobokerto: <https://sobokerto.desa.id/berita-9-Peta.Kemiringan.Lereng.Desa.Sobokerto.html>
- ESRI. (2023). *Creating the least-cost path*. Retrieved from ArcGIS Pro: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/creating-the-least-cost-path.htm>
- Isdyantoko, B. A. (2018). Penentuan Jalur Pendakian Baru Gunung Lawu Menggunakan Analisis Least Cost Path, Crossing Kontur, dan Analisis Lapangan di Wilayah Kabupaten Ngawi . *Jurnal Bumi Indonesia*, 10.
- Kantner, J. (2012, January). Realism, reality, and routes : Evaluating cost-surface and cost-path algorithms. *Journal Routing*, 225.
- Kementerian ESDM. (2018, Mei 07). *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik*. Retrieved from Kementerian ESDM: <https://jdih.esdm.go.id/index.php/web/result/1805/detail>
- Koberstein, P. (2005). Impacts of Mining on Rivers. *A River Network Publication*, 15.
- Mining FT Universitas Lambung Mangkurat. (2023). *Jalan Tambang*. Retrieved from Mining FT ULM: https://mining.ft.ulm.ac.id/opencourseware/NHK_TAMKA-06.pdf
- PT Mitra Reka Utama. (2023). *Survei Topografi IUP PT Loa Haur*. Retrieved from PT Juba Pratama: <https://jubapratama.co.id/>
- Yustiadi, G. (2022). *Dasar-Dasar Teknik Geologi Pertambangan*. Jakarta: Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.