

TUGAS AKHIR - CM224835

**PEMANFAATAN DATA UAV UNTUK PENENTUAN JALUR
KENDARAAN MENGHINDARI AREA RENTAN LONGSOR
MENGUNAKAN METODE SMORPH DAN *LEAST COST
PATH ANALYSIS* PADA RENCANA LOKASI PENGEBORAN
SUMUR MIGAS**

**(STUDI KASUS: LAPANGAN SEMANGGI PT PERTAMINA EP
CEPU)**

TALITA RIFDA MAULIDINI

NRP 03311940000068

Dosen Pembimbing

Dr-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc

NIP 195908191985021001

Program Studi S-1 Teknik Geomatika

Departemen Teknik Geomatika

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2023

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



TUGAS AKHIR - CM224835

**PEMANFAATAN DATA UAV UNTUK PENENTUAN
JALUR KENDARAAN MENGHINDARI AREA RENTAN
LONGSOR MENGGUNAKAN METODE SMORPH DAN
LEAST COST PATH ANALYSIS PADA RENCANA LOKASI
PENGEBORAN SUMUR MIGAS**

**(STUDI KASUS: LAPANGAN SEMANGGI PT PERTAMINA
EP CEPU)**

TALITA RIFDA MAULIDINI

NRP 03311940000068

Dosen Pembimbing

Dr-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc

NIP 195908191985021001

Program Studi S-1 Teknik Geomatika

Departemen Teknik Geomatika

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2023

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT - CM224835

UTILIZATION OF UAV DATA TO DETERMINE VEHICLE PATHWAYS TO AVOID LANDSLIDE-PRONE AREAS USING SMORPH AND LEAST COST PATH ANALYSIS METHODS IN OIL AND GAS WELL DRILLING SITE PLANS (CASE STUDY: PT PERTAMINA EP CEPU'S SEMANGGI FIELD)

TALITA RIFDA MAULIDINI

NRP 03311940000068

Advisor

Dr-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc

NIP 195908191985021001

Study Program Bachelor of Geomatics Engineering

Department of Geomatics Engineering

Faculty of Civil, Planning, and Geo Engineering

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2023

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PEMANFAATAN DATA UAV UNTUK PENENTUAN JALUR KENDARAAN
MENGHINDARI AREA RENTAN LONGSOR MENGGUNAKAN METODE SMORPH
DAN *LEAST COST PATH ANALYSIS* PADA RENCANA LOKASI PENGEBORAN
SUMUR MIGAS (STUDI KASUS: LAPANGAN SEMANGGI PT PERTAMINA EP
CEPU)

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Teknik Geomatika
Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : **TALITA RIFDA MAULIDINI**

NRP. 03311940000068

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc
2. Agung Budi Cahyono, S.T, M.Sc, DEA
3. Cherie Bhukti Pribadi, S.T, M.T
4. Nurwatic, S.T, M.Sc

Pembimbing

Penguji

Penguji

Penguji



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

APPROVAL SHEET

UTILIZATION OF UAV DATA TO DETERMINE VEHICLE PATHWAYS TO AVOID LANDSLIDE-PRONE AREAS USING SMORPH AND LEAST COST PATH ANALYSIS METHODS IN OIL AND GAS WELL DRILLING SITE PLANS (CASE STUDY: PT PERTAMINA EP CEPU'S SEMANGGI FIELD)

FINAL PROJECT REPORT

Submitted to fulfill one of the requirements
for obtaining a degree bachelor of engineering at
Undergraduate Study Program of Geomatics Engineering
Department of Geomatics Engineering
Faculty of Civil, Environment, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

By : **TALITA RIFDA MAULIDINI**

NRP. 0331194000068

Approved by Final Project Examiner Team :

1. Dr-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc
2. Agung Budi Cahyono, S.T, M.Sc, DEA
3. Cherie Bhkti Pribadi, S.T, M.T
4. Nurwatic, S.T, M.Sc

Advisor

Examiner

Examiner

Examiner



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Talita Rifda Maulidini / 03311940000068
Program studi : S-1 Teknik Geomatika
Dosen Pembimbing / NIP : Dr-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc /
195908191985021001

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Pemanfaatan Data UAV untuk Penentuan Jalur Kendaraan Menghindari Area Rentan Longsor Menggunakan Metode SMORPH dan *Least Cost Path Analysis* pada Rencana Lokasi Pengeboran Sumur Migas (Studi Kasus: Lapangan Semanggi PT Pertamina EP Cepu)” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 25 Juli 2023

Mengetahui
Dosen Pembimbing



Dr-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc
NIP. 195908191985021001

Mahasiswa



Talita Rifda Maulidini
NRP. 03311940000068

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of student / NRP : Talita Rifda Maulidini / 0331194000068
Department : S-1 Teknik Geomatika
Advisor / NIP : Dr-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc /
195908191985021001

hereby declare that the Final Project with the title of “Utilization of UAV Data to Determine Vehicle Pathways to Avoid Landslide-Prone Areas Using SMORPH and Least Cost Path Analysis Methods in Oil and Gas Well Drilling Site Plans (Case Study: PT Pertamina Ep Cepu's Semanggi Field)” is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing. If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 25 Juli 2023

Acknowledged

Advisor



Dr-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc
NIP. 195908191985021001

Student



Talita Rifda Maulidini
NRP. 0331194000068

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

PEMANFAATAN DATA UAV UNTUK PENENTUAN JALUR KENDARAAN MENGHINDARI AREA RENTAN LONGSOR MENGGUNAKAN METODE SMORPH DAN *LEAST COST PATH ANALYSIS* PADA RENCANA LOKASI PENGEBORAN SUMUR MIGAS (STUDI KASUS: LAPANGAN SEMANGGI PT PERTAMINA EP CEPU)

Nama Mahasiswa / NRP : Talita Rifda Maulidini / 0331194000068
Departemen : Teknik Geomatika FTSPK - ITS
Dosen Pembimbing : Dr-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc

Abstrak

Banyaknya kebutuhan akan energi minyak dan gas untuk masyarakat Indonesia, membuat industri migas mengimbangi dengan meningkatkan produktivitas dari proses industri migas, salah satunya yaitu dengan melakukan pengembangan eksplorasi sumur minyak baru. Salah satu aset dari PT Pertamina EP Cepu adalah sumur- sumur yang berada di Kecamatan Jepon, Kabupaten Blora, Jawa Tengah. Untuk membuka kawasan sumur baru, diperlukan ruas jalan yang aman dan terhindar dari *geohazard* atau bencana yang berasal dari alam. Penelitian ini dilakukan berdasarkan data *raw* hasil akuisisi pemetaan dengan metode foto udara/ fotogrametri yang dilengkapi dengan GCP (*Ground Control Point*) sehingga menghasilkan data *orthophoto* dan DTM (*Digital Terrain Model*). Selanjutnya dilakukan identifikasi daerah rentan longsor menggunakan SMORPH (*Slope Morphology*) yang menghasilkan pembagian area tingkat rentan longsor dengan klasifikasi Kelas Stabil seluas 8,952 Ha, Waspada seluas 17,258 Ha, dan Tidak Stabil seluas 13,636 Ha. Selanjutnya dilakukan analisis *Least Cost Path* yang menghasilkan rute jalur dengan panjang rata- rata sebesar 390,084 m pada area penelitian yaitu di Lapangan Semanggi PT Pertamina EP Cepu (SMG).

Kata kunci: Fotogrametri, Tanah Longsor, Rute Alternatif, SMORPH, *Least Cost Path Analysis*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRACT

UTILIZATION OF UAV DATA TO DETERMINE VEHICLE PATHWAYS TO AVOID LANDSLIDE-PRONE AREAS USING SMORPH AND LEAST COST PATH ANALYSIS METHODS IN OIL AND GAS WELL DRILLING SITE PLANS (CASE STUDY: PT PERTAMINA EP CEPU'S SEMANGGI FIELD)

Student Name / NRP : Talita Rifda Maulidini / 0331194000068
Department : Teknik Geomatika FTSPK - ITS
Advisor : Dr-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc

Abstract

The increasing demand for oil and gas energy from the people of Indonesia has made the oil and gas industry compensate by increasing its production of the oil and gas industry, one of which is by developing exploration for new oil wells. One of the assets of PT Pertamina EP Cepu is the well located in Jepon District, Blora Regency, Central Java. Therefore, it is necessary to have safe and protected roads from geohazards or natural disasters to open a new well area. This research was conducted on the raw data from the acquisition of mapping using the aerial photography/photogrammetry method equipped with a GCP (Ground Control Point) to produce an orthophoto and DTM (Digital Terrain Model). Furthermore, the identification of landslide-prone areas was carried out using SMORPH (Slope Morphology), which classified the areas into three categories: Stable Classes covering an area of 8,952 Ha, Alert covering an area of 17,258 Ha, and Unstable covering an area of 13,636 Ha. The Least Cost Path analysis method was conducted, resulting in a route with an average length of 390,084 m in the research area, specifically the Semanggi Field of PT Pertamina EP Cepu (SMG).

Keywords: Photogrammetry, Landslide, Alternative Routes, SMORPH, Least Cost Path Analysis.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa penulis haturkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan laporan Tugas Akhir (TA) yang berjudul “Pemanfaatan Data UAV Untuk Penentuan Jalur Kendaraan Menghindari Area Rentan Longsor Menggunakan Metode SMORPH dan *Least Cost Path Analysis* pada Rencana Lokasi Pengeboran Sumur Migas (Studi Kasus: Lapangan Semanggi PT Pertamina Ep Cepu) dengan baik dan tepat waktu.

Dalam proses kegiatan penelitian dan penyusunan laporan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan segenap keluarga penulis atas doa dan dukungan yang telah diberikan.
2. Bapak Dinar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D., selaku Kepala Departemen Teknik Geomatika Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan ITS.
3. Bapak Dr. Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc., selaku dosen pembimbing yang selalu sabar dalam memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
4. PT Pertamina EP Cepu yang telah memberikan izin untuk melakukan akuisisi data dan menggunakannya sebagai data utama dalam penelitian ini, serta penggunaan lisensi saat mengolah data.
5. Bapak Imam Mutaqien, Bapak SONDY Hardian MJ, dan Bapak Sesar Andi Prayitno selaku perwakilan dari PT Pertamina EP Cepu yang selalu membimbing dan memberi arahan, juga saran selama pengerjaan Tugas Akhir. Serta membantu dalam akuisisi data di lapangan.
6. Seluruh dosen pengajar dan staf akademik Departemen Teknik Geomatika yang telah membantu dan memberi pelajaran akademik maupun non akademik selama masa perkuliahan.
7. Seluruh teman-teman Teknik Geomatika ITS angkatan 2019 yang telah menjadi rekan diskusi dan telah memberikan dukungan serta saran kepada penulis.
8. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan. Demikian laporan Tugas Akhir ini disusun, semoga dapat memberikan manfaat serta wawasan yang baru bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, 3 Juli 2023

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	vii
APPROVAL SHEET	ix
PERNYATAAN ORISINALITAS	xi
STATEMENT OF ORIGINALITY	xiii
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvii
KATA PENGANTAR	xix
DAFTAR ISI	xxi
DAFTAR GAMBAR	xxiii
DAFTAR TABEL	xxv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Hasil Penelitian Terdahulu	5
2.2 Tanah Longsor	7
2.3 Jaringan Jalan	9
2.4 <i>SMORPH (Slope Morphology)</i>	10
2.4.1 Kemiringan Lereng (<i>Slope</i>)	10
2.4.2 Bentuk Lereng (<i>Curvature</i>)	11
2.5 SIG (Sistem Informasi Geografis)	12
2.6 <i>Least Cost Path Analysis</i>	12
2.6.1 Multi Kriteria untuk Jalur	13
2.7 Fotogrametri	14
2.7.1 UAV (<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>)	14
2.8 Model Permukaan Digital	15
2.9 Uji Ketelitian Geometri	15
BAB 3 METODOLOGI	17
3.1 Lokasi Penelitian	17
3.2 Metode yang digunakan	17

3.3	Bahan dan peralatan yang digunakan	23
3.3.1	Instrumen Survei Lapangan	23
3.3.2	Perangkat Keras.....	23
3.3.3	Perangkat Lunak.....	23
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1	Hasil Pengolahan Data Fotogrametri.....	25
4.1.1	Hasil Pengolahan GCP	25
4.1.2	Hasil Pengolahan Data Foto UAV	26
4.2	Hasil SMORPH	28
4.3	Hasil <i>Least Cost Path Analysis</i>	32
4.3.1	Hasil Pengolahan Kriteria untuk <i>Least Cost Path</i>	32
4.3.2	<i>Cost Surface</i>	34
4.3.3	<i>Cost Distance</i>	35
4.3.4	<i>Cost Backlink</i>	36
4.3.5	Hasil Jalur <i>Least Cost Path</i>	37
4.4	Analisis Hasil Pembuatan Jalur & Evaluasi Jalur Eksisting.....	38
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran	45
	DAFTAR PUSTAKA	47
	LAMPIRAN.....	51
	Lampiran 1. Deskripsi GCP	51
	Lampiran 2. <i>Report</i> Pengolahan Data Foto UAV	59
	Lampiran 3. Contoh <i>Training Sample</i> Klasifikasi Tutupan Lahan.....	67
	Lampiran 4. Profil Memanjang Jalur	68
	Lampiran 5. Perbandingan Visual Hasil Jalur LCP dan Jalur Eksisting.....	76
	Lampiran 6. Tabel Analisis Rute Terhadap Rentan Longsor Setiap 50 Meter	80
	Lampiran 7. Spesifikasi Teknis Instrumen Survei Lapangan	82
	BIODATA PENULIS	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jenis- Jenis Longsor	8
Gambar 2. 2 Faktor- Faktor Penyebab dan Pemicu Tanah Longsor	8
Gambar 2. 3 Ilustrasi dan Contoh Perhitungan Kemiringan Lereng	11
Gambar 2. 4 Ilustrasi <i>Profile Curvature</i>	11
Gambar 2. 5 Tampilan Konsep Real World pada SIG	12
Gambar 2. 6 Contoh Hasil Analisis <i>Least Cost Path</i>	13
Gambar 2. 7 Visualisasi Perbedaan DSM dan DTM	15
Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian	17
Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Pelaksanaan Penelitian Keseluruhan	18
Gambar 3. 3 Diagram Alir Pengambilan Data Lapangan	19
Gambar 3. 4 Diagram Alir Pengolahan Data Bagian 1	20
Gambar 3. 5 Diagram Alir Pengolahan Data Bagian 2	21
Gambar 3. 6 Drone Dji Mavic Air 2	23
Gambar 3. 7 GNSS Geodetik Trimble 5700	23
Gambar 4. 1 Peta <i>Orthophoto</i>	26
Gambar 4. 2 Hasil DSM	27
Gambar 4. 3 Hasil DTM	27
Gambar 4. 4 Hasil <i>Slope</i> dalam Persen	29
Gambar 4. 5 Hasil <i>Curvature</i>	30
Gambar 4. 6 Hasil Analisis SMORPH	31
Gambar 4. 7 Hasil Kemiringan Lereng dalam Derajat	32
Gambar 4. 8 Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan	34
Gambar 4. 9 Hasil <i>Cost Surface</i>	35
Gambar 4. 10 Hasil <i>Cost Distance</i>	36
Gambar 4. 11 Hasil <i>Cost Backlink</i>	37
Gambar 4. 12 Peta Hasil Rute Jalur <i>Least Cost Path</i>	38
Gambar 4. 13 Profil Memanjang Kelerengan Jalur Menuju Sumur 1 Hasil LCP	40
Gambar 4. 14 Peta Jalur dengan Area Rentan Longsor	41
Gambar 4. 15 Kontur Interval 0,5 m	43
Gambar 4. 16 Profil Memanjang Jalur Menuju Sumur Baru	43

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu Terkait Longsor dengan <i>Slope Morphology</i>	5
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu Terkait Jalur dengan <i>Cost Path Analysis</i>	6
Tabel 2. 3 Penyebab Umum Tanah Longsor	9
Tabel 2. 4 Klasifikasi Jaringan Jalan Berdasarkan Peruntukannya	9
Tabel 2. 5 Tabel Matriks <i>SMORPH</i>	10
Tabel 2. 6 Klasifikasi Kemiringan Lereng dalam Persen	11
Tabel 2. 7 Klasifikasi Bentuk Lereng	11
Tabel 2. 8 Nilai Skor <i>Cost</i> Multi-Kriteria	13
Tabel 2. 9 Nilai Skor <i>Cost</i> Multi-Kriteria (lanjutan)	14
Tabel 2. 10 Koefisien Kalibrasi	15
Tabel 4. 1 Hasil Koordinat GCP	25
Tabel 4. 2 <i>Standard Error</i> Masing- masing GCP	25
Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Ketelitian Geometri.....	28
Tabel 4. 4 Luasan Area Berdasarkan Klasifikasi <i>Slope</i> dalam Persen	29
Tabel 4. 5 Luasan Area Berdasarkan Klasifikasi <i>Curvature</i>	30
Tabel 4. 6 Luasan Area Rentan Longsor	31
Tabel 4. 7 Luasan Area Berdasarkan Klasifikasi <i>Slope</i> dalam Derajat	33
Tabel 4. 8 Luasan Area Berdasarkan Klasifikasi Tutupan Lahan	34
Tabel 4. 9 Panjang Setiap Jalur Hasil <i>Least Cost Path</i>	37
Tabel 4. 10 Perbandingan Jalur Berdasarkan Panjang	38
Tabel 4. 11 Perbandingan Jalur Berdasarkan Kelerengan dalam Derajat.....	39
Tabel 4. 12 Perbandingan Jalur Berdasarkan Kelerengan dalam Derajat (lanjutan)	40
Tabel 4. 13 Persentase Rute Jalur Berdasarkan Area Rentan Longsor	42
Tabel 4. 14 Analisis Rute Terhadap Rentan Longsor Setiap 50 Meter	44

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya perkembangan teknologi di setiap sektor industri dapat membantu untuk meningkatkan efektivitas produksi dari setiap sektor industri tersebut. Setiap sektor industri memiliki peran tersendiri bagi perekonomian Indonesia. Salah satu sektor yang berpengaruh dan secara rutin berkontribusi dalam perekonomian di Indonesia adalah sektor minyak dan gas. Salah satu perusahaan yang bergerak dalam sektor industri migas adalah PT Pertamina EP. Berdasarkan data pada salah satu bagian Pertamina *Upstream*, yaitu Pertamina Hulu Rokan, tercatat bahwa produksi sumur eksisting semakin menurun. Pada Januari 2022, produksi mencapai 140.800 bpd. Namun, dari bulan ke bulan terus menurun hingga menghasilkan 123.300 bpd pada Juli 2022. Jika tidak ada upaya, maka produksi minyak akan terus menurun (Dorimulu & Prakoso, 2022). Berdasarkan laman Portal Informasi Indonesia, pada 2023, pemerintah telah menetapkan target hasil produksi minyak yang siap digunakan sebesar 660.000 barel per hari. Sedangkan realisasi hingga berakhirnya semester I-2022, SKK Migas (Satuan Kerja Khusus Pelaksana Kegiatan Hulu Minyak dan Gas Bumi) mencatat bahwa hasil produksi migas yang siap digunakan yaitu sebesar 616.600 barel per hari. Dimana capaian tersebut lebih rendah dari target pada APBN 2022. Menurut pernyataan Menteri ESDM, Arifin Tasrif menyatakan bahwa banyak lapangan migas di Indonesia yang sudah tua, dan sejumlah penemuan lapangan migas baru masih pada tahap pengembangan (Hidranto, 2022).

Menurut BPPT, dalam skenario BAU (*Bussines As Usual*), perkiraan kebutuhan energi nasional dari tahun 2019 hingga 2050 terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan ekonomi, jumlah penduduk, harga energi, dan kebijakan pemerintah. Jumlah kebutuhan energi akhir diperkirakan akan meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata sebesar 3,5% setiap tahunnya. Sedangkan penggunaan energi berdasarkan jenis masih didominasi oleh bahan bakar minyak (BBM), yang diperkirakan akan meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata sebesar 2,8% setiap tahunnya (Hilmawan, 2021). Dengan banyaknya kebutuhan akan energi minyak dan gas untuk masyarakat Indonesia, industri migas mengimbangi dengan meningkatkan produktivitas dari proses industri migas, salah satunya yaitu dengan melakukan optimasi pada pengembangan eksplorasi sumur minyak baru. Salah satu aset dari PT Pertamina EP adalah sumur-sumur yang berada di Kecamatan Jepon, Kabupaten Blora, Jawa Tengah. Dimana Kawasan Semanggi (SMG) merupakan wilayah yang akan dijadikan sebagai letak pengembangan sumur baru. Wilayah tersebut merupakan kawasan hutan dan lahan yang terbuka.

Untuk membuka kawasan sumur baru, diperlukan ruas jalan yang aman dan terhindar dari *geohazard* atau bencana yang berasal dari alam. Hal tersebut diperlukan untuk meningkatkan produktivitas dan K3 (Keamanan dan Keselamatan Kerja) untuk para pekerja PT Pertamina EP Cepu. Pada laman BPBD (Badan Penanggulangan Bencana Daerah) Kabupaten Blora, tercatat pada 2022, Kabupaten Blora mengalami berbagai *geohazard*, dimana salah satunya yaitu tanah longsor yang mencapai 24 kejadian. Dimana bencana tanah longsor terdekat telah terjadi pada radius 5,52 km dari wilayah SMG yang merupakan area penelitian dan rencana lokasi pengeboran sumur migas (BPBD, 2022). Hal tersebut didukung juga pada Peta Kawasan Rentan Bencana Kabupaten Blora dengan Skala 1:25.000 oleh BAPPEDA (Badan Perencanaan Pembangunan Daerah) Kabupaten Blora yang menunjukkan bahwa wilayah rencana lokasi pengeboran Migas SMG, termasuk dalam klasifikasi daerah rentan longsor (BAPPEDA, 2019). Menurut BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana), tanah longsor termasuk dalam bencana alam atau bencana yang diakibatkan oleh serangkaian peristiwa alam. Tanah longsor merupakan salah satu jenis gerakan massa tanah dan/ atau batuan dengan keluar lereng atau

menuruninya yang disebabkan karena terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng (BNPB, 2023).

Menimbang tanah longsor yang berpotensi menimbulkan kerusakan, yang juga dapat mempengaruhi siklus produksi pada wilayah rencana pengeboran sumur migas, terutama terkait keselamatan para pekerja, sehingga diperlukan manajemen risiko bencana yang baik. Salah satu hal yang dapat dilakukan untuk membantu manajemen hal tersebut adalah dibuatnya pemodelan spasial terkait area rentan longsor dan jalur kendaraan untuk menghindarinya di lokasi rencana pengeboran sumur migas. Pada studi kasus dalam penelitian ini, dimana wilayah SMG merupakan wilayah yang memiliki luasan $\pm 39,9$ hektar yang nantinya akan menghasilkan peta dengan skala besar (1:1000 atau 1:2500), maka analisis spasial terkait area rentan longsor yang cocok adalah dengan metode SMORPH (*Slope Morphology*). Berdasarkan penelitian terdahulu oleh (Triwahyuni dkk., 2017), metode SMORPH memiliki kelebihan yaitu cukup baik dan sederhana untuk mengidentifikasi area rentan longsor, dikarenakan data yang digunakan adalah SRTM 1 Arc (30 meter) untuk variabel bentuk lereng dan kemiringan lereng, sehingga metode ini baik digunakan pada wilayah dengan curah hujan rendah, skala besar dengan luasan wilayah yang lebih kecil. Oleh karena itu pula, data foto udara dapat menjadi opsi sebagai data utama dalam analisis spasial area rentan longsor pada rencana lokasi pengeboran sumur migas SMG. Dikarenakan data foto udara yang telah diolah akan menghasilkan informasi yang lebih detail/ resolusi spasial yang lebih tinggi daripada citra satelit mau pun SRTM. Dimana gambar yang dihasilkan dengan menggunakan sensor kamera disebut dengan citra foto. Sedangkan foto udara merupakan citra foto yang dibuat dengan cara menggunakan wahana pesawat atau balon udara (Utoyo, 2007). Pada penelitian ini, wahana yang digunakan untuk mendapatkan data foto adalah wahana tak berawak atau yang biasa disebut dengan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*). Pemilihan wahana ini dikarenakan wahana UAV memiliki beberapa kelebihan yaitu, dapat membuat biaya dan waktu untuk akuisisi data lebih efisien, lebih mudah dioperasikan, dapat digunakan tanpa membahayakan nyawa manusia, serta dapat melakukan akuisisi pada area yang sulit untuk diakses manusia (Arrofiqoh dkk., 2022).

Sedangkan terkait jalur kendaraan menghindari area rentan longsor, terdapat penelitian terdahulu oleh (Buğday & Akay, 2022a), yang menggunakan metode *least cost path* dalam menentukan jalur alternatif untuk rencana proyek pembangunan jalan di hutan di daerah yang curam dan miring berdasarkan analisis rentan bencana longsor yang telah dianalisis. Metode ini akan menemukan jalur termurah antara 2 lokasi. Sehingga dapat meminimalisir biaya dan meningkatkan keamanan selama proses produksi pengembangan sumur baru dan lama dilakukan. Menimbang pentingnya keamanan jalan pada proses produksi migas pada kawasan yang akan dijadikan sebagai letak pengembangan sumur baru, maka dari itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pemodelan skala besar area rentan longsor dan penentuan jalur alternatif menghindarinya untuk para pekerja PT Pertamina EP Cepu di SMG dari data foto udara dengan metode *Slope Morphology* dan *Least Cost Path Analysis*.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut merupakan beberapa rumusan masalah pada penelitian ini, antara lain:

1. Bagaimana identifikasi kerentanan tanah longsor pada Lapangan Semanggi (SMG) PT Pertamina EP Cepu dari data foto udara menggunakan metode *SMORPH* untuk pemodelan wilayah skala besar?
2. Bagaimana penentuan jalur kendaraan untuk para pekerja PT Pertamina EP Cepu dalam menghindari daerah rentan longsor dengan metode *Least Cost Path Analysis* untuk pemodelan wilayah skala besar?

1.3 Batasan Masalah

Ada pun batasan masalah pada penelitian ini, antara lain:

1. Penelitian yang dilakukan berfokus pada pemanfaatan data foto udara hingga menjadi DTM yang menjadi data utama dalam identifikasi daerah rentan longsor, yang kemudian dilanjutkan pada penentuan jalur kendaraan dalam menghindari daerah yang berpotensi longsor.
2. Metode yang digunakan untuk penentuan area rentan longsor yaitu metode SMORPH (*Slope Morphology*).
3. Metode yang digunakan untuk penentuan jalur kendaraan yaitu metode *Least Cost Path Analysis* dengan kriteria yang digunakan yaitu area rentan longsor, tutupan lahan/ penggunaan lahan, dan kemiringan lereng dalam satuan derajat. Dimana pembobotan kriteria memiliki skor yang sama.
4. Penyebutan titik sumur eksisting merupakan hasil interpretasi dari *orthophoto* yang telah dihasilkan, sedangkan sumur baru merupakan asumsi perencanaan sumur baru.
5. Lokasi yang digunakan dalam studi kasus penelitian ini adalah lapangan Semanggi PT Pertamina EP Cepu yaitu area sumur migas SMG.
6. Penelitian ini dilakukan untuk pemodelan wilayah skala besar yaitu untuk skala 1:1000.
7. Data foto UAV dan GCP yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hasil akuisisi pada 26 Juli 2022, dimana merupakan data dari Kerja Praktik di PT Pertamina EP Cepu Zona 11 (Mutaqien dkk., 2022).
8. Area potensi tanah longsor meliputi keseluruhan jenis tanah longsor, dan tidak dibedakan berdasarkan jenisnya.

1.4 Tujuan

Ada pun tujuan dari penelitian yang akan dilakukan, antara lain:

1. Mengidentifikasi kerentanan tanah longsor pada Lapangan Semanggi (SMG) PT Pertamina Ep Cepu dari data foto udara menggunakan metode *SMORPH* untuk pemodelan wilayah skala besar.
2. Menentukan jalur kendaraan untuk para pekerja PT Pertamina EP Cepu dalam menghindari daerah rentan longsor dengan metode *Least Cost Path Analysis* untuk pemodelan wilayah skala besar.

1.5 Manfaat

Ada pun manfaat dari dilakukannya penelitian ini, antara lain:

1. Hasil penelitian dapat memberikan informasi pemetaan area rentan longsor dan jalur alternatif menghindarinya, di area penelitian.
2. Dapat digunakan sebagai salah satu data dasar dalam perencanaan pembangunan jalan pada wilayah pengembangan lokasi sumur PT Pertamina EP Cepu.
3. Sebagai bahan pertimbangan untuk pengambilan keputusan dalam rencana lokasi pengeboran sumur migas di area penelitian.
4. Dapat digunakan sebagai jalur alternatif untuk para pekerja PT Pertamina EP Cepu untuk menghindari daerah yang berpotensi longsor.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian terkait analisis spasial area rentan longsor dan penentuan rute telah banyak dilakukan oleh peneliti- peneliti sebelumnya dengan berbagai metode yang sesuai. Berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu yang telah dilakukan sebelumnya.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu Terkait Longsor dengan *Slope Morphology*

No	Penulis	Judul	Intisari
1	(E. H. Putra, 2014)	Identifikasi Daerah Rawan Longsor Menggunakan Metode <i>SMORPH - Slope Morphology</i> di Kota Manado	Penelitian ini mengidentifikasi wilayah yang berpotensi tanah longsor di Kota Manado menggunakan metode <i>Slope Morphology</i> dari data ASTER GDEM dan data SRTM. Penelitian ini menyatakan bahwa data ASTER GDEM memberikan informasi longsor yang lebih detail dibandingkan dengan data SRTM karena resolusi spasial yang lebih tinggi.
2	(Triwahyuni dkk., 2017)	Analisis Spasial Wilayah Potensi Longsor dengan Metode SINMAP dan SMORPH di Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta	Penelitian ini menganalisis wilayah potensi longsor menggunakan metode <i>Stability Index Mapping</i> (SINMAP) dan <i>Slope Morphology</i> (SMORPH), dimana analisis spasial dilakukan dengan menggunakan teknik overlay peta antara kedua wilayah potensi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pola wilayah potensi longsor antara kedua metode memiliki beberapa kesamaan seperti persebaran wilayah potensi pada kelas tinggi dan sedang. Variabel yang berbeda yang digunakan pada kedua metode yaitu jenis tanah dan curah hujan mempengaruhi perbedaan hasil wilayah potensi longsor.
3	(Harist dkk., 2018)	<i>GIS Modelling Based on Slope and Morphology for Landslide Potential Area in Wonosobo, Central Java</i>	Penelitian ini mengidentifikasi area berpotensi longsor dengan pendekatan SMORPH menggunakan Sistem Informasi Geografis di wilayah Wonosobo. Data DEM yang digunakan dalam penelitian ini adalah data SRTM (<i>Shuttle Radar Topographic Mission</i>) 1 <i>Arc-Second</i> dengan resolusi 30 m.
4	(Ramdhoni dkk., 2020)	<i>SMORPH Application for Landslide Identification in Kebumen Regency</i>	Penelitian ini mengidentifikasi distribusi area berpotensi longsor dengan metode SMORPH di wilayah Kebumen. Penelitian ini menggunakan data utama yaitu data DEMNAS dengan resolusi spasial 8.5 x 8.5 meter.

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu Terkait Jalur dengan *Cost Path Analysis*

No	Penulis	Judul	Intisari
1	(Huseynli, 2015)	<i>Determination of The Most Suitable Oil Pipeline Route Using GIS Least Cost Path Analysis</i>	Penelitian ini menghasilkan jalur dengan hasil kebenaran yang tinggi yang dapat membantu menganalisis biaya terendah. Metode yang digunakan untuk membuat rute adalah <i>Least Cost Path Analysis</i> dengan bobot prosentase <i>overlay</i> yang berbeda, dimana kriteria yang mempengaruhi yaitu kemiringan, geologi, populasi, dan penggunaan lahan. Rute jalur yang dihasilkan berdasarkan analisis <i>least cost path</i> lebih efektif daripada jalur pipa yang diusulkan.
2	(Kusumaningrum, 2021)	Kajian Kerawanan Longsor Lahan dan Teknik <i>Least Cost Path Analysis</i> untuk Penentuan Jalur Evakuasi di Sub DAS Jlantah, Jawa Tengah	Penelitian ini memetakan distribusi spasial tingkat kerentanan longsor dan mengetahui jalur evakuasi yang efektif di Sub DAS Jlantah. Metode yang digunakan untuk menganalisis tanah longsor yaitu dengan metode skoring dan pembobotan dengan menggunakan parameter curah hujan, kemiringan lereng, jenis batuan, jenis tanah, dan penggunaan lahan, sehingga menghasilkan 3 kelas kerentanan (tinggi, sedang, dan rendah). Kemudian dibuat pemetaan jalur evakuasi dengan Teknik <i>least cost path analysis</i> untuk menunjukkan secara efektif jalur evakuasi terdekat dengan biaya terendah. Dimana lokasi awal yang digunakan merupakan lokasi terjadinya longsor lahan/ daerah yang memiliki kerentanan tertinggi, dan lokasi akhir merupakan lokasi evakuasi.
3	(M. I. J. Putra & Widodo, 2019)	Model Spasial <i>Least Cost Path Analysis</i> (LCPA) dan <i>Multi Criteria Decision Analysis</i> (MCDA) dalam Perencanaan Konektivitas Jalan Tol Sukabumi-Cianjur-Padalarang	Penelitian ini bertujuan untuk menentukan rute optimal jaringan jalan secara efektif dengan LCPA dan MCDA. Kriteria yang digunakan untuk pemodelan rute yaitu meliputi topografi, geologi, tutupan lahan, dan wilayah multibahaya dengan 3 simulasi model bobot.

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu Terkait Jalur dengan *Cost Path Analysis* (lanjutan)

No	Penulis	Judul	Intisari
4	(Buğday & Akay, 2022)	<i>Assessment of Alternative Forest Road Routes and Landslide Susceptibility Mapping Using Machine Learning</i>	Penelitian ini memodelkan area rentan longsor dengan metode <i>Machine Learning (Logistic Regression (LR) dan Random Forest (RF))</i> . Dimana kemudian hasil dari analisis tersebut digunakan sebagai dasar untuk menentukan rute alternatif yang diperoleh dengan analisis <i>CostPath</i> . Pada penelitian ini dilakukan skenario yang rutenya dimulai dengan dua titik yang ditentukan di luar jalur eksisting yang perlu dihubungkan satu sama lain dan rute alternatif yang akan direncanakan.

Sedangkan perbedaan pada penelitian ini dengan penelitian- penelitian terdahulu, yaitu akan dilakukan analisis area rentan longsor dari data foto udara dengan cakupan area yang lebih kecil sehingga akan menghasilkan peta dengan skala yang lebih besar dan jalan alternatifnya diperuntukkan untuk pertimbangan keselamatan para pekerja PT Pertamina EP Cepu.

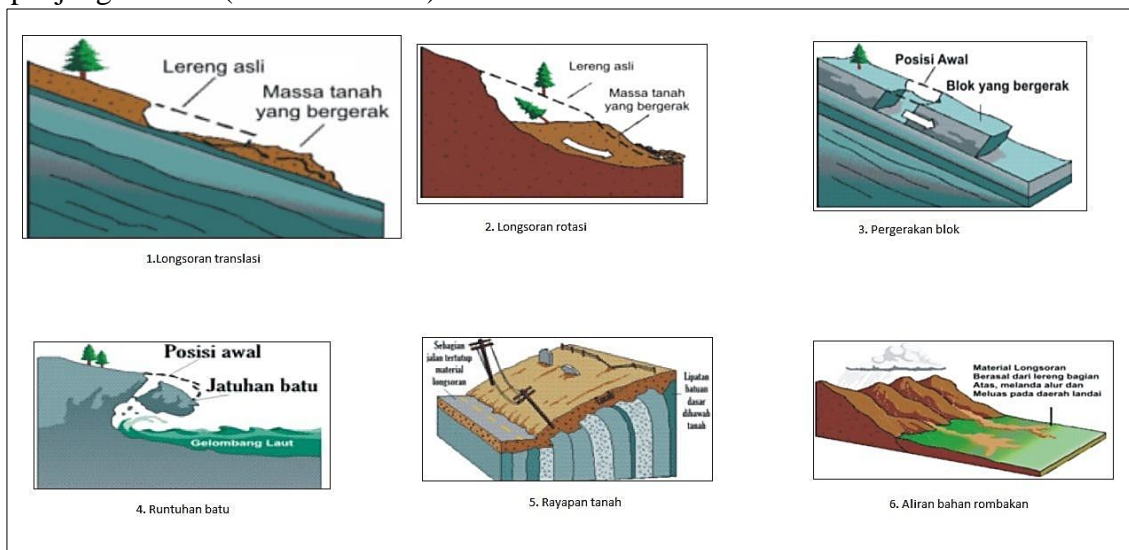
2.2 Tanah Longsor

Tanah longsor merupakan salah satu bencana yang disebabkan oleh alam, dimana terjadi perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran, yang bergerak ke bawah atau ke luar lereng. Pada prosesnya yaitu resapan air yang masuk ke tanah akan menambah bobot tanah, dimana kemudian air tersebut menembus sampai tanah kedap air, sehingga tanah tersebut menjadi licin dan pelapukan tanah di atasnya akan bergerak mengikuti lereng. Tanah yang berada di atas batuan kedap air pada perbukitan dengan kemiringan/ *slope* tergolong sedang hingga terjal, berpotensi mengakibatkan tanah longsor pada saat curah hujan berintensitas tinggi (Priyono, 2022).

Berdasarkan Balai Besar KSDA Sulawesi Selatan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dalam (Priyono, 2022), terdapat beberapa jenis tanah longsor, antara lain:

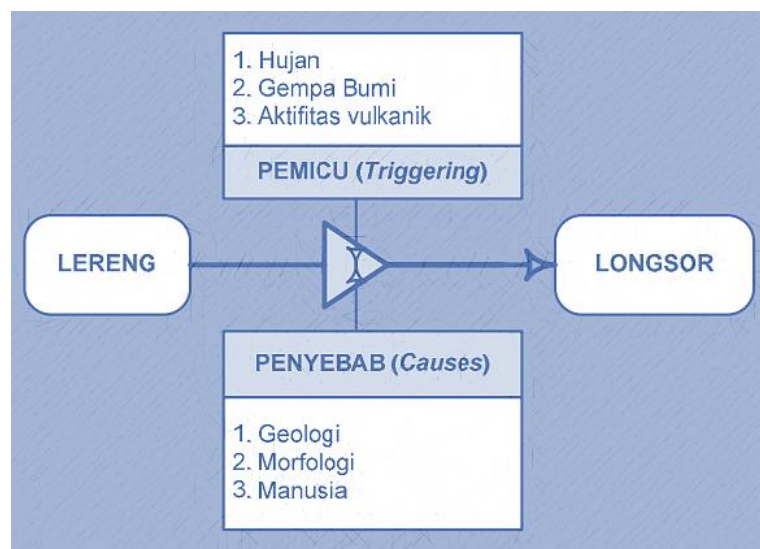
1. Longsoran Flow (*Translasi*)
Merupakan Bergeraknya massa tanah serta batuan pada bidang gelincir yang cenderung berbentuk rata atau landai.
2. Longsoran Slump (*Rotasi*)
Merupakan Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir yang cenderung berbentuk cekung.
3. Pergerakan Blok (*Slide*)
Merupakan batuan yang berpindah yang bergerak pada bidang gelincir yang berbentuk rata/landai.
4. Runtuhan (*Fall*)
Merupakan peristiwa saat sejumlah besar material batuan bergerak ke bawah dengan jatuh bebas. Sering kali terjadi pada kelerengan yang terjal.
5. Rayapan (*Creep*)
Merupakan jenis longsoran yang bergerak lambat, dimana jenis tanahnya berupa butiran halus dan kasar. Jenis tanah longsor ini hampir tidak dapat diidentifikasi/ dikenali.
6. Aliran Bahan Rombakan (*Landslide*)

Merupakan peristiwa ketika massa tanah bergerak didorong oleh air. Dimana kecepatan aliran longsor tergantung pada kemiringan lereng, volume serta tekanan air, dan jenis material. Jenis ini gerakannya dapat terjadi hingga ratusan meter jauhnya dan terjadi di sepanjang lembah (lurus ke bawah).



Gambar 2. 1 Jenis- Jenis Longsor (Priyono, 2022).

Tanah longsor hanya bisa terjadi pada suatu lereng pada perbukitan, bantaran sungai, pegunungan, mau pun struktur timbunan. Faktor- faktor yang membuat lereng menjadi rentan terhadap keruntuhan yang dapat disebut sebagai faktor penyebab (*causes*) yaitu faktor geologi, morfologi, dan aktivitas manusia. Faktor- faktor penyebab tersebut dapat membuat lereng mengalami kegagalan struktur, yang kemudian dapat membuat lereng menjadi tidak stabil. Sedangkan pemicu merupakan kejadian tunggal yang akhirnya dapat menyebabkan terjadinya longsor (Muntohar, 2012).



Gambar 2. 2 Faktor- Faktor Penyebab dan Pemicu Tanah Longsor (Muntohar, 2012).

Sedangkan berikut merupakan penyebab umum tanah longsor dalam (Muntohar, 2012).

Tabel 2. 3 Penyebab Umum Tanah Longsor

Kelompok Faktor Penyebab	Sumber Penyebab
Faktor Geologi	<ul style="list-style-type: none"> • Lapisan batuan yang lemah dan sensitif • Pelapukan batuan • Pergeseran batuan • Retakan atau pertemuan lapisan batuan • Perbedaan permeabilitas lapisan tanah • Perbedaan kekuatan batuan (kaku, padat, plastis)
Faktor Morfologi	<ul style="list-style-type: none"> • Pengangkatan tektonik atau vulkanik • Lapisan es • Erosi • Perubahan letak beban pada lereng • Kerusakan tanaman pelindung pada lereng
Faktor Fisik	<ul style="list-style-type: none"> • Curah hujan yang sangat tinggi • Pencairan es • Hujan yang sangat lama • Perubahan muka air tanah • Gempa bumi • Letusan vulkanik • Pelapukan tanah
Faktor Manusia	<ul style="list-style-type: none"> • Penggalian lereng • Penggundulan hutan (<i>deforestation</i>) • Penambangan • Getaran-getaran buatan, seperti percobaan nuklir

(Muntohar, 2012).

2.3 Jaringan Jalan

Secara umum, jalan merupakan prasarana pergerakan darat dalam bentuk di atas permukaan tanah meliputi melintasi berbagai kenampakan alam seperti sungai/ danau/ laut, sedangkan jika di bawah permukaan tanah meliputi terowongan, dan lainnya, dimana termasuk segala bagian jalan (bangunan pelengkap, perlengkapan pendukungnya) yang diperuntukkan bagi lalu lintas kendaraan, orang, dan hewan. Unsur- unsur yang terlibat dengan jalan yaitu meliputi kendaraan, fisik jalan, manusia, lalu lintas, dan lingkungan jalan. Berdasarkan UU No. 38 Tahun 2004 tentang jalan, berikut merupakan klasifikasi jalan menurut manfaat/ peruntukannya (Suwardo & Haryanto, 2018).

Tabel 2. 4 Klasifikasi Jaringan Jalan Berdasarkan Peruntukannya

Jenis Jalan	Keterangan
Jalan Umum	Untuk lalu lintas umum, dimana berlaku UU tentang lalu lintas dan angkutan jalan raya.
Jalan Khusus	Tidak diperuntukkan bagi lalu lintas umum, namun dapat dinyatakan oleh pemiliknya jika terbuka untuk umum. Contoh jenis jalan ini yaitu jalan Pertamina untuk inspeksi saluran minyak dan gas, jalan kehutanan, jalan inspeksi pengairan, jalan pertambangan, dan lainnya.

(Suwardo & Haryanto, 2018).

2.4 SMORPH (*Slope Morphology*)

SMORPH atau *Slope Morphology* merupakan metode yang dikembangkan pada 1995 oleh Shaw dan Johnson. Dimana Pasifik bagian Barat Laut merupakan studi kasus pada penelitian tersebut. Kemiringan dan bentuk lereng bukit merupakan peran utama dalam mengatur keberadaan dan peristiwa tanah longsor. Faktor fisik lainnya seperti kondisi hidrologi, sifat tanah, geologi batuan dasar, dan penggunaan lahan juga menentukan frekuensi dan waktu tanah longsor terjadi. Namun, titik inisiasi/ permulaan dari sebagian besar kejadian longsor dapat diperkirakan hanya berdasarkan morfologi lereng. Longsoran yang berupa puing-puing (misalnya tanah longsor yang dangkal dan cepat) sering terjadi di tanah dengan kondisi yang curam, terutama di topografi cekung yang membentuk titik pengumpulan air, tanah, dan puing-puing. Bahan-bahan ini akan menjadi tidak stabil ketika gaya-gaya yang mendorong gerakan massa (misalnya gaya gravitasi, dan kejenuhan tanah) mengatasi gaya-gaya penahan gerakan (misalnya kekuatan pergeseran tanah). Oleh karena itu, kemiringan dan bentuk lereng dapat digunakan sebagai alat untuk menentukan lokasi potensi longsor. Metode *SMORPH* merupakan sebuah metode spasial berbasis Sistem Informasi Geografis yang hanya bergantung pada data topografi dari bentuk lereng (cekung, planar, atau cembung) dan gradien kelerengannya. Metode ini menggunakan data utama berupa data raster yaitu data DEM (Shaw & Johnson, 1998). Format data raster akan sesuai jika digunakan dikarenakan data raster dapat menggambarkan sebaran spasial kontinu kondisi topografi sebagai elemen penting dalam membentuk perilaku hidrologi dan sifat tanah (Triwahyuni dkk., 2017).

Klasifikasi tanah longsor menggunakan metode *SMORPH* didasarkan pada matriks antara sudut kemiringan dan bentuk lereng.

Tabel 2. 5 Tabel Matriks *SMORPH*

Bentuk Lereng	Sudut Kelerengan (%)				
	0-2%	2-15%	15-25%	25-40%	>40%
Cembung (Convex)	Stabil	Stabil	Stabil	Stabil	Waspada
Datar (Planar)	Stabil	Stabil	Stabil	Waspada	Tidak Stabil
Cekung (Concave)	Stabil	Waspada	Tidak Stabil	Tidak Stabil	Tidak Stabil

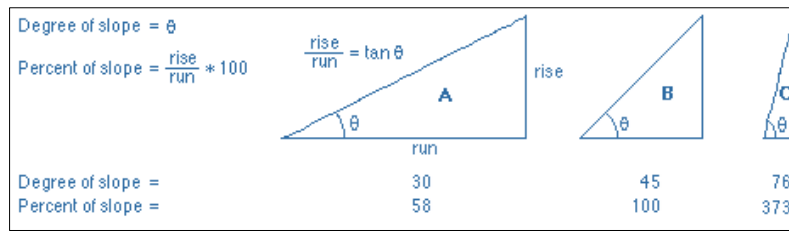
(E. H. Putra, 2014) dengan modifikasi.

Keterangan dalam klasifikasi kerentanan longsor (E. H. Putra, 2014):

- Kerentanan longsor yang rendah disebut *Stable* (Stabil)
- Kerentanan longsor yang sedang disebut *Caution* (Waspada)
- Kerentanan longsor yang tinggi disebut *Unstable* (Tidak Stabil)

2.4.1 Kemiringan Lereng (*Slope*)

Lereng merupakan salah satu istilah dalam geomorfologi (ilmu tentang bentuk permukaan bumi dan prosesnya) yang merepresentasikan permukaan tanah yang letaknya miring, dimana sudut tangen atau perbandingan antara perbedaan tinggi dengan jarak datar dapat dinyatakan dalam bentuk derajat atau persen lereng (Harjadi, 2015). Salah satu *tool* yang dapat digunakan untuk menganalisis kemiringan lereng dari data raster adalah dengan menggunakan *tool* pada perangkat lunak *ArcMap*. *Tool Slope* mengidentifikasi kecuraman pada setiap sel permukaan raster, dimana semakin rendah nilai kemiringannya, semakin datar medannya; semakin tinggi nilai kemiringan, maka semakin curam medannya (ESRI, 2023b).



Gambar 2. 3 Ilustrasi dan Contoh Perhitungan Kemiringan Lereng (ESRI, 2023b).

Berikut merupakan klasifikasi kemiringan lereng yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan klasifikasi Van Zuidam dalam (Harist dkk., 2018).

Tabel 2. 6 Klasifikasi Kemiringan Lereng dalam Persen

No	Kelas	Deskripsi
1	0-2%	Datar (<i>Flat</i>)
2	2-15%	Sedang (<i>Moderate</i>)
3	15-25%	Agak Curam (<i>Moderate Steep</i>)
4	25-40%	Curam (<i>Steep</i>)
5	>40%	Sangat Curam (<i>Very Steep</i>)

(Harist dkk., 2018).

2.4.2 Bentuk Lereng (*Curvature*)

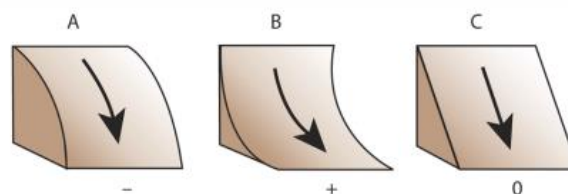
Curvature dapat digunakan untuk memodelkan bentuk kelerengan dari sebuah permukaan. Dimana dalam fungsi *ArcGIS*, *curvature* dapat membandingkan pola perbedaan ketinggian/ elevasi yang dibentuk antar suatu sel dengan sel lainnya. Pola perbedaan ketinggian tersebut dapat digunakan untuk memodelkan bentuk dari kelerengan antar sel yang dianalisis. Fungsi ini dapat menghasilkan tiga luaran data dalam bentuk raster, yaitu *profile curvature*, *planform curvature*, dan kombinasi. *Profile Curvature* dapat digunakan sebagai alat untuk merepresentasikan bentuk dan arah kelerengan secara paralel (Jumadi dkk., 2021).

Bentuk lereng dapat diperoleh melalui klasifikasi sebagai berikut berdasarkan klasifikasi (E. H. Putra, 2014).

Tabel 2. 7 Klasifikasi Bentuk Lereng

No	<i>Curvature</i>	<i>Curvature Value</i>
1	<i>Concave</i> (Cekung)	< -0,1
2	<i>Planar</i> (Datar)	-0,1 sampai dengan 0,01
3	<i>Convex</i> (Cembung)	> 0,01

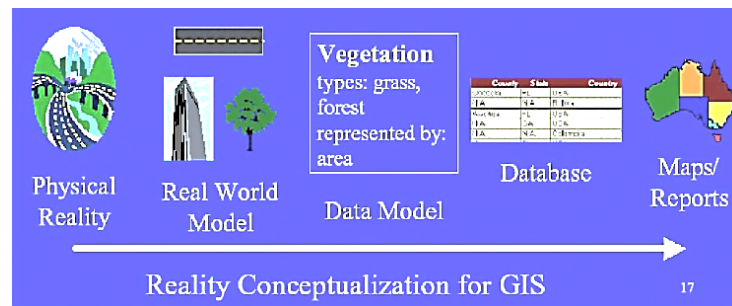
(E. H. Putra, 2014).



Gambar 2. 4 Ilustrasi *Profile Curvature* (ESRI, 2016).

2.5 SIG (Sistem Informasi Geografis)

Sebuah sistem dimana didesain untuk menangkap, menyimpan, memanipulasi, menganalisis, mengatur, dan menampilkan berbagai jenis data geografis atau data spasial, disebut dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) atau dalam Bahasa Inggris yaitu *Geographic Information System (GIS)*. Dalam pengertian sederhana, Sistem Informasi Geografis dapat dikatakan sebagai gabungan antara kartografi, analisis statistik, dan teknologi sistem basis data. SIG selalu berkaitan dengan data spasial, yaitu merupakan data- data yang memiliki informasi-informasi keruangan, termasuk permukaan bumi, di bawah permukaan bumi, perairan, kelautan, dan di bawah atmosfer. Data spasial terbagi menjadi model data raster dan model data vektor. Sistem Informasi Geografis menerapkan konsep *real world*, dimana dapat mengubah keadaan fisik realita menjadi sebuah sistem informasi yang dapat disimpan, dimanipulasi, diproses, dan ditampilkan (Irwansyah, 2013).



Gambar 2. 5 Tampilan Konsep Real World pada SIG (Irwansyah, 2013).

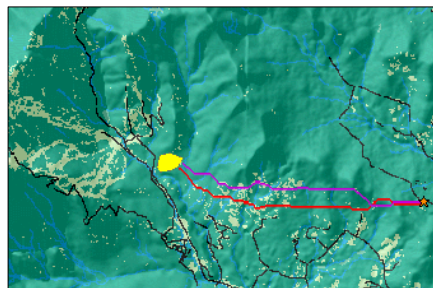
Menurut John E. Harmon dan Steven J. Anderson (2003) dalam (Adil, 2017), berikut merupakan komponen- komponen dalam SIG.

1. Pengguna, merupakan manusia yang menjalankan sistem, meliputi yang mengoperasikan, mengembangkan, mau pun pengguna manfaat sistem.
2. Aplikasi, yaitu prosedur yang digunakan dalam pengolahan data menjadi informasi yang dapat disajikan, misalnya yaitu penjumlahan, klasifikasi, *overlay*, *buffer*, dan lainnya.
3. Data, dalam SIG data yang digunakan berupa data grafis/spasial/koordinat (data yang memiliki referensi keruangan, seperti peta, foto udara, citra satelit, dan lainnya) dan data atribut/non spasial (aspek deskriptif, misalnya data statistik).
4. *Software*, merupakan perangkat lunak yang memiliki kemampuan mengelola, menyimpan, melakukan pemrosesan, menganalisis, dan menayangkan data- data spasial, misalnya yaitu *ArcGIS*, *MapInfo*, *QGIS*, dan lainnya.
5. *Hardware*, merupakan perangkat keras yang dibutuhkan untuk menjalankan sistem, misalnya berupa perangkat komputer, *printer*, *scanner*, *digitizer*, dan lainnya.

2.6 Least Cost Path Analysis

Analisis *Least Cost Path* merupakan analisis setiap sel raster dimana segmen berpindah dari sel ke sel dengan nilai akumulasi terkecil. Penentuan jaringan/ rute dengan melihat atribut medan, terdiri atas beberapa tahap di antaranya yaitu *cost surface*, *cost distance*, *cost backlink/cost direction*, dan *cost path*. Rute yang didapatkan dari *least cost path* dibuat di atas data *cost surface*/biaya permukaan. Langkah awal yang harus dilakukan dalam analisis ini yaitu menentukan biaya permukaan (*cost surface*) yang merupakan akumulasi dari bobot tiap piksel yang telah ditentukan sebelumnya. Hal tersebut berfungsi untuk mengidentifikasi harga dari perjalanan pada tiap sel. Cara yang dilakukan adalah dengan mengidentifikasi harga dari

parameter- parameter yang berpengaruh untuk tujuan/ aplikasi yang diinginkan. *Weighted/* pembobotan dapat disesuaikan dengan tujuan analisis. Langkah kedua yaitu merupakan *cost distance* yang merupakan analisis akumulasi terkecil setiap sel untuk lokasi sumber spesifik sepanjang *cost surface*. Dimana merupakan input untuk menemukan segmen terpendek dengan memperhatikan nilai yang dihitung, dengan menghubungkan *node* dari satu sel ke sel sebelumnya. Setiap sel nantinya akan diberi satu nilai sebagai fungsi akumulasi *cost*. Kemudian total *cost* yang melintasi tiap sel dikalikan dengan resolusi (jarak antar titik tengah sel raster). Selanjutnya yaitu *cost backlink* dimana merupakan analisis untuk mengidentifikasi sel tetangga yang berupa sel akumulasi *cost* terkecil dari *costpath* untuk dapat kembali ke sumber asal terdekat. Tahapan ini juga dapat diartikan sebagai identifikasi arah yang menggambarkan rute yang melintasi tiap selnya pada segmen harga terkecil menuju ke sumber terdekat. Tahapan terakhir yaitu analisis *cost path* yang menghitung segmen terpendek dari sumber ke tujuan dengan mengakumulasikan *cost surface* pada *cost distance* dan *cost backlink/ cost direction*. Nantinya segmen akan berjalan dari titik asal ke titik tujuan yang telah ditentukan sebagai rute alternatif yang paling murah sesuai dengan pendefinisian sebelumnya (Priyana dkk., 2015).



Gambar 2. 6 Contoh Hasil Analisis *Least Cost Path* (ESRI, 2023a).

2.6.1 Multi Kriteria untuk Jalur

Penentuan rute jalan yang optimal melibatkan berbagai kriteria dan sub kriteria yang masing- masing memiliki skala dan nilai pengukuran yang berbeda- beda. Perbedaan nilai ini diklasifikasikan menjadi skema penilaian relatif dari 1 hingga 10. Dimana asumsi yang digunakan adalah semakin tinggi skor kriteria, maka semakin tidak sesuai untuk jalan.

Tabel 2. 8 Nilai Skor *Cost* Multi-Kriteria

No	Variabel	Klasifikasi	Skor
1	Penggunaan Lahan/ Tutupan Lahan	Vegetasi Tidak Lebat	3
		Vegetasi Lebat	5
		Non Vegetasi	1
2	Kemiringan lereng (°)	0-2	1
		2-5	2
		5-8	3
		8-11	4
		11-15	5
		15-19	6
		19-23	7
		23-36	8
>36	9		

(M. I. J. Putra & Widodo, 2019) dengan modifikasi.

Tabel 2. 9 Nilai Skor *Cost* Multi-Kriteria (lanjutan)

No	Variabel	Klasifikasi	Skor
3	Kawasan Rentan Longsor	Stabil	1
		Waspada	5
		Tidak Stabil	10

(M. I. J. Putra & Widodo, 2019) dengan modifikasi.

Sedangkan untuk pembobotan model *Least Cost Path* analisis yaitu dengan menggunakan asumsi tiap variabel memiliki bobot yang sama.

2.7 Fotogrametri

Pemetaan foto udara sering disebut juga dengan Fotogrametri, yaitu seni, ilmu/sains, teknologi untuk mendapatkan informasi terpercaya tentang objek fisik dan lingkungan melalui proses perekaman, pengukuran, dan interpretasi gambaran fotografik dan pola radiasi tenaga elektromagnetik yang terekam. Definisi fotogrametri yang tersirat pada definisi tersebut mencakup 2 bidang yang berbeda, yaitu fotogrametri metrik dan fotogrametri interpretatif. Dimana fotogrametri metrik terdiri dari pengukuran berdasarkan foto dan sumber informasi lain yang pada umumnya digunakan untuk menentukan lokasi relatif titik-titik. Sedangkan fotogrametri interpretatif terutama mempelajari pengenalan dan identifikasi objek serta menilai arti pentingnya objek tersebut melalui suatu analisis sistematis dan cermat (Wolf, 1993).

Terdapat beberapa proses dalam pemetaan foto udara/ fotogrametri dalam (Ayyubi dkk., 2017) yaitu meliputi:

1. Perencanaan Jalur Terbang
Meliputi desain poligon area terbang, perencanaan *sidelap* dan *overlap*, rencana lokasi *take-off* dan *landing*, serta rencana sesi/ misi dan tinggi terbang.
2. Pengukuran GCP (*Ground Control Point*)
Pengukuran dilakukan menggunakan GPS Geodetik untuk mendapatkan koordinat, serta dilakukan *premarking*.
3. Kalibrasi Kamera
Dilakukan untuk mendapatkan IOP pada kamera dalam wahana.
4. Pemotretan Udara/ Akuisisi Data
5. Ortorektifikasi
Yaitu tahapan *georeference* dengan cara melakukan retriifikasi foto objek pada model menggunakan data dari GCP (*Ground Control Point*).
6. Pembuatan *Orthophoto*
Meliputi tahapan *alignment* foto, pemodelan geometri, pembentukan tekstur, transformasi koordinat, dan orthomosaik.

2.7.1 UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*)

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) atau pesawat tanpa awak merupakan sebuah mesin yang terbang dan dikontrol dengan pengendali jarak jauh atau pesawat yang terbang secara otomatis/ mandiri berdasarkan program/ *project* yang telah dimasukkan ke dalam mesin tersebut sebelum dilakukannya penerbangan. Persiapan UAV untuk proses pemetaan meliputi tahapan persiapan mesin UAV dan koneksi perangkat lunak ke UAV yang akan diterbangkan (Marjuki dkk., 2019).

Dalam penelitian ini, data foto udara wilayah SMG merupakan hasil dari akuisisi data foto udara menggunakan UAV *Dji Mavic Air 2*. Berikut merupakan data koefisien kalibrasi

kamera untuk pengolahan foto udara untuk *Dji Mavic Air 2* yang dapat digunakan pada saat pengolahan foto udara.

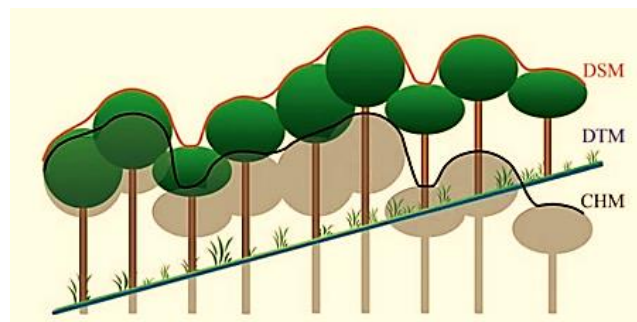
Tabel 2. 10 Koefisien Kalibrasi

Parameter	Nilai	Unit
f	27.273	mm
k1	0.230625	Distorsi Radial
k2	-0.438133	
k3	0.252709	
p1	-0.00342852	Distorsi Tangensial
p2	0.00346376	

(Ajayi & Ajulo, 2021).

2.8 Model Permukaan Digital

Permukaan tanah dapat dimodelkan dalam berbagai bentuk *surface* model, yaitu DEM, DSM, dan DTM. Istilah DEM digunakan untuk merujuk pada kombinasi dari DSM dan DTM. DSM merupakan permukaan yang mewakili permukaan atas dari area yang dipetakan. Di kawasan hutan, DSM mewakili bagian atas kanopi (dimana terdapat vegetasi) atau bagian atas objek tertinggi apa pun yang ada di suatu lokasi tanpa pohon. Sedangkan DTM merepresentasikan topografi tanah kosong (dimana semua objek alami atau buatan yang berada di atas tanah dihilangkan) (Remmel & Perera, 2017).



Gambar 2. 7 Visualisasi Perbedaan DSM dan DTM (Remmel & Perera, 2017).

2.9 Uji Ketelitian Geometri

Akurasi/ ketelitian geometri dari foto udara UAV dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis wahana, sensor, ketinggian terbang saat proses akuisisi, waktu dan kondisi cuaca saat akuisisi, perangkat lunak dan perangkat keras saat pemotretan. Uji ketelitian/ akurasi geometrik akan mempengaruhi tingkat kepercayaan terhadap keluaran yang dihasilkan. Oleh karena itu diperlukan standar untuk menganalisis ketelitian geometri, yaitu berdasarkan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Pengujian ketelitian geometri digunakan pada mosaik *orthophoto* dengan tujuan untuk memeriksa keakuratan dan kesalahan posisi secara horizontal. Sementara itu, akurasi vertikal atau kesalahan dalam ketinggian diuji dengan menggunakan data *Digital Terrain Model* (DTM). Pengujian ini didasarkan pada perbandingan koordinat (X, Y, dan Z) pada titik kontrol tanah yang diakuisisi menggunakan GNSS geodetik dengan koordinat pada *orthophoto* maupun DTM (Meiarti dkk., 2019).

Ketelitian geometri merupakan nilai yang menunjukkan ketidakpastian koordinat posisi objek pada peta disbanding dengan koordinat posisi objek yang dianggap sebenarnya.

Ketelitian geometrik ini terbagi menjadi CE90 untuk akurasi horizontal dan LE90 untuk akurasi vertikal. CE90 (*Circular Error 90%*) merupakan ukuran ketelitian horizontal sebagai radius lingkaran yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan posisi tidak lebih besar dari radius tersebut. Sedangkan LE90 (*Linear Error 90%*) merupakan ukuran ketelitian vertikal/ketinggian, yaitu nilai jarak yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan nilai ketinggian objek tidak lebih besar daripada nilai jarak tersebut. Ada pun nilai CE90 dan LE90 didapatkan dengan persamaan sebagai berikut (BIG, 2014).

$$CE90 = 1,5175 \times RMSE_r \quad (2.1)$$

$$LE90 = 1,6499 \times RMSE_z \quad (2.2)$$

dimana,

$RMSE_r$ = *Root Mean Square Error* pada posisi x dan y (horizontal)

$RMSE_z$ = *Root Mean Square Error* pada posisi z (vertikal)

(BIG, 2014).

Sedangkan untuk mendapatkan RMSE dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$RMSE_r = \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_y^2} \quad (2.3)$$

$$RMSE_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta z_i^2}{n}} \quad (2.4)$$

(Türk dkk., 2022).

Dengan,

$$RMSE_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i^2}{n}} \quad (2.5)$$

$$RMSE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta y_i^2}{n}} \quad (2.6)$$

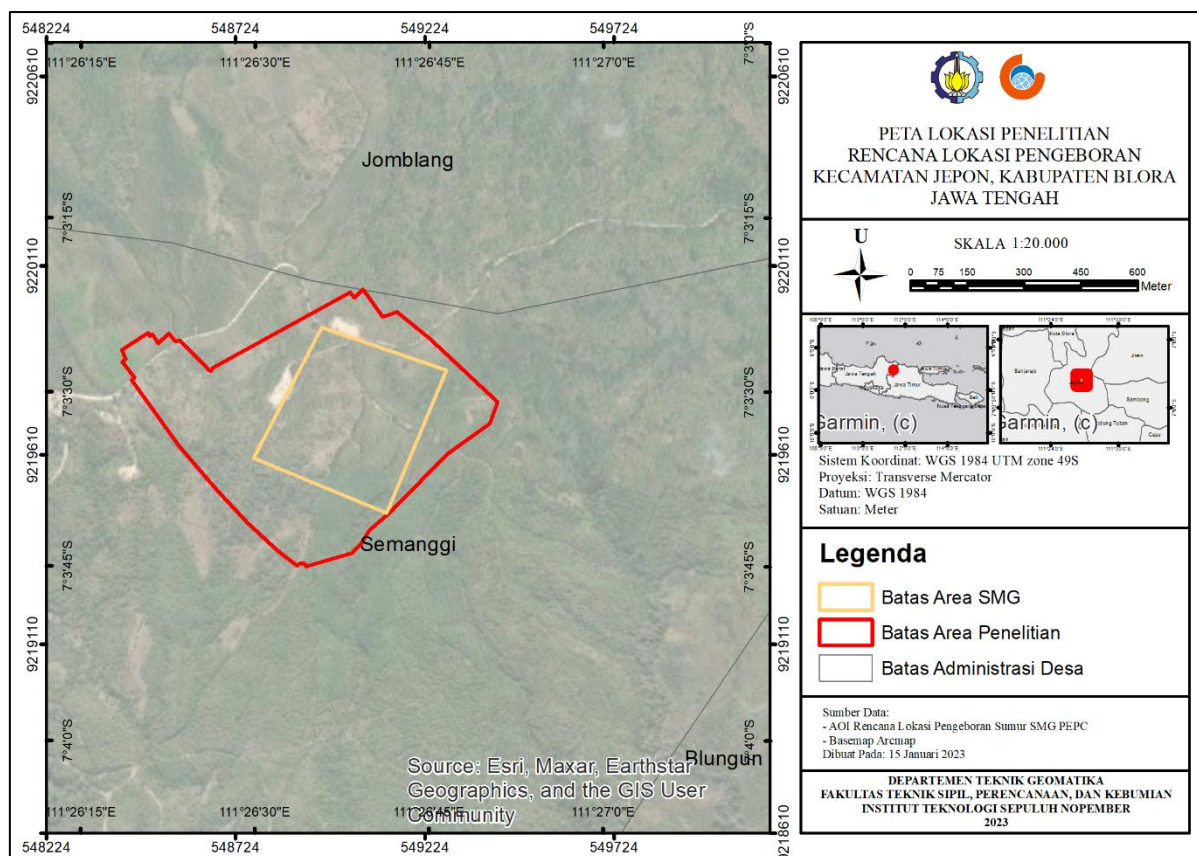
(Türk dkk., 2022).

Ada pun Δx , Δy , dan Δz merupakan selisih nilai antara titik kontrol tanah yang digunakan sebagai referensi dan titik yang terdapat pada hasil produk pengolahan data foto (Türk dkk., 2022).

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

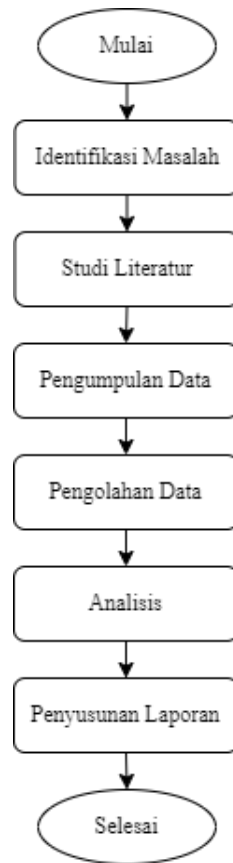
Area studi yang digunakan dalam penelitian ini adalah area lapangan Semanggi SMG milik PT Pertamina EP Cepu yang terletak pada Semanggi, Kecamatan Jepon, Kabupaten Blora, Jawa Tengah. Dimana luasan wilayah yang terfoto untuk dilakukannya analisis yaitu sebesar ±39,9 hektar, dengan koordinat *centroid* area yaitu 7°3'33,23"S; 111°26'37,76"E.



Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian

3.2 Metode yang digunakan

Tahapan penelitian tugas akhir ini digambarkan dalam diagram alir sebagai berikut.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Pelaksanaan Penelitian Keseluruhan

Penjelasan diagram alir pada Gambar 3.2 terkait perencanaan pelaksanaan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Identifikasi Masalah

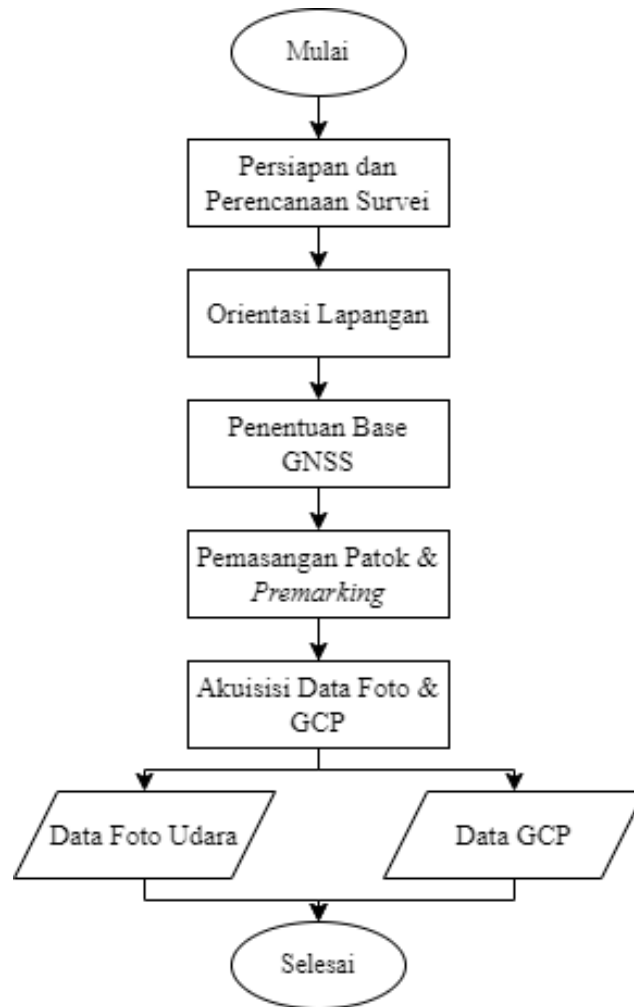
Pada tahapan ini bertujuan untuk menganalisis permasalahan yang akan dijadikan sebagai objek penelitian berdasarkan berbagai urgensi yang ada. Pada tahap ini, peneliti melakukan rincian terhadap latar belakang, batasan-batasan penelitian, hingga tujuan dan manfaat dilakukannya penelitian tugas akhir ini. Sehingga menghasilkan identifikasi untuk menentukan jalan alternatif menghindari tanah longsor untuk keselamatan pekerja PT Pertamina EP Cepu dari data foto udara sebagai salah satu data utama.

2. Studi Literatur

Studi literatur yaitu tahapan dimana dilakukannya pencarian berbagai referensi literatur dari berbagai sumber sebagai dasar dalam dilakukannya proses penelitian. Meliputi mencari metode yang sesuai yang akan diterapkan dalam penelitian. Beberapa hal yang didapatkan dalam tahapan ini yaitu materi tentang tanah longsor, fotogrametri, *slope morphology*, *least cost path analysis*, dan pengetahuan lainnya.

3. Pengumpulan Data

Merupakan proses untuk mengumpulkan berbagai data yang diperlukan terkait area penelitian, meliputi data *raw* foto udara, dan data *raw* koordinat GPS untuk GCP foto udara. Data-data tersebut berasal dari PT Pertamina EP Cepu. Sedangkan berikut merupakan tahapan akuisisi data foto udara yang telah dilakukan untuk mendapatkan data-data tersebut.



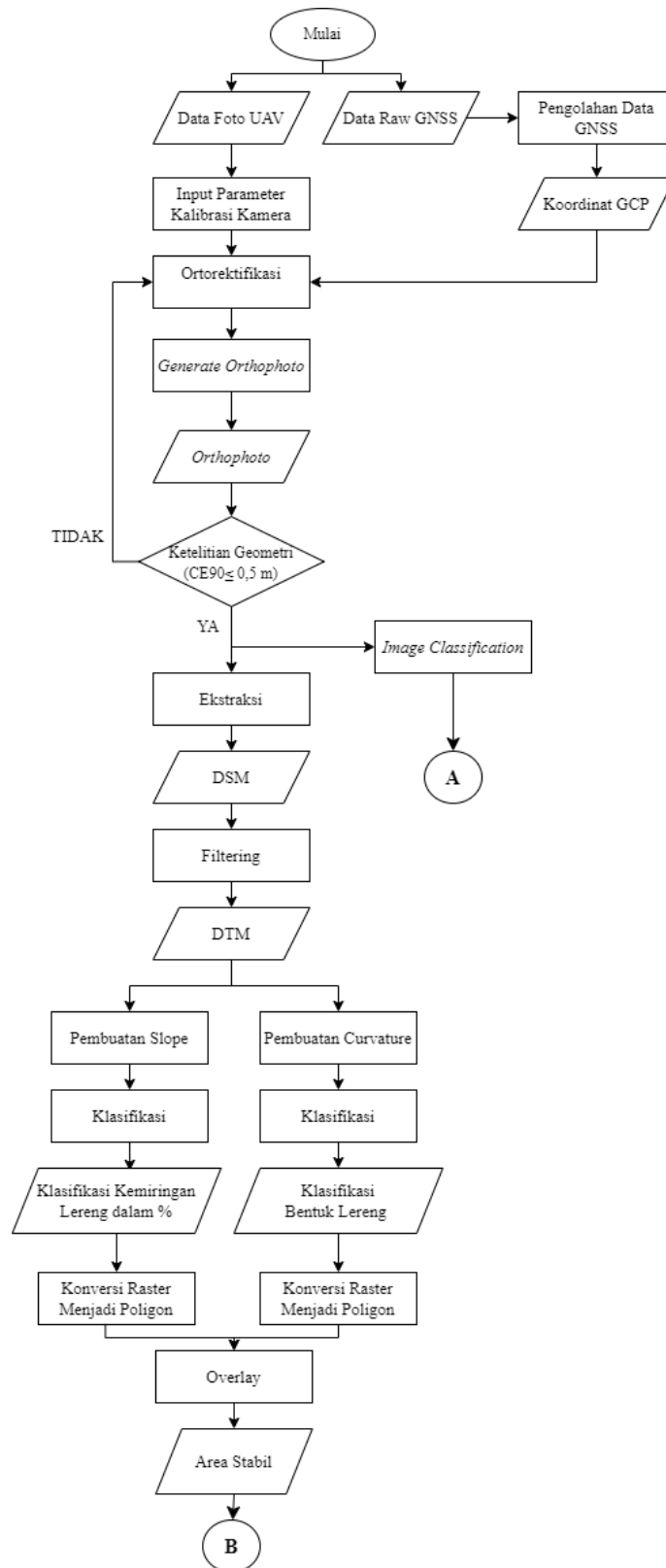
Gambar 3. 3 Diagram Alir Pengambilan Data Lapangan

Berikut merupakan penjelasan dari diagram alir pada Gambar 3.3.

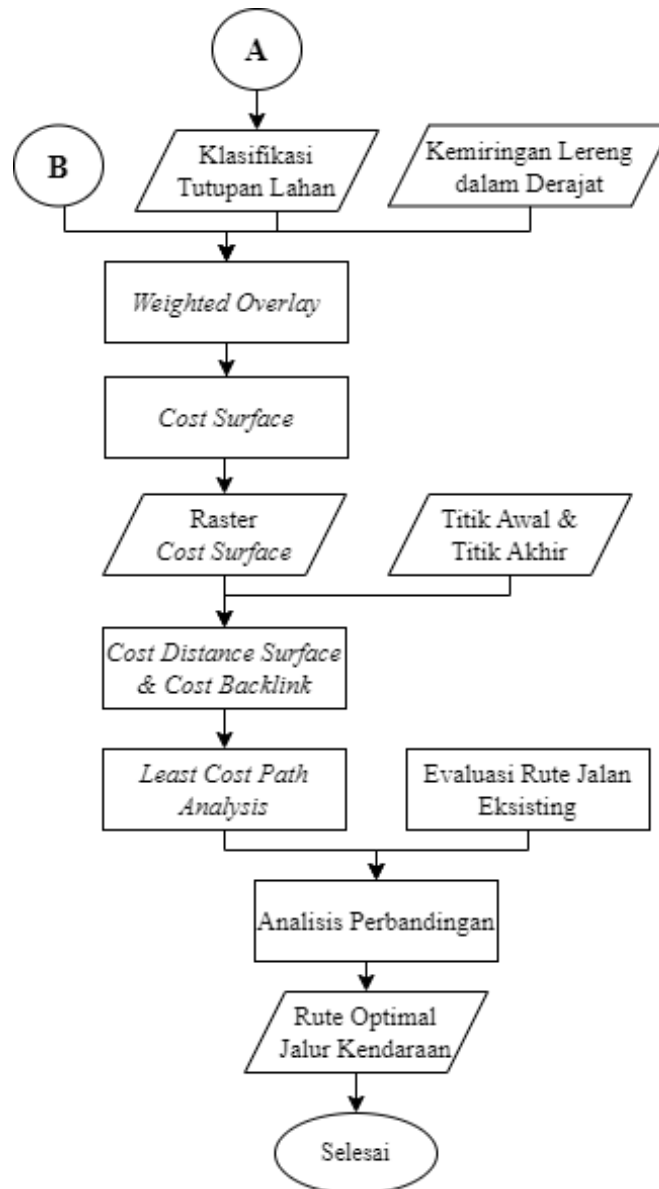
- a. Persiapan dan Perencanaan Survei
Pada tahap ini dilakukan perencanaan terkait survei yang akan dilaksanakan di lapangan mulai dari pembuatan rencana sebaran titik- titik GCP, mempersiapkan peralatan yang akan digunakan, serta membuat *rundown* pengukuran.
- b. Orientasi Lapangan
Pada tahapan ini dilakukan survei pendahuluan atau *scouting* terkait area yang akan diteliti, meliputi pencarian AOI dan BM eksisting.
- c. Penentuan *Base* GNSS
Pada tahapan ini dilakukan penentuan letak titik yang akan dijadikan sebagai *base* GNSS untuk pengukuran GCP.
- d. Pemasangan Patok & *Premarking*
Pada tahap ini dilakukan penentuan letak- letak titik GCP (4 titik) berdasarkan perencanaan yang telah dibuat dan kondisi topografi di lapangan. Dimana kemudian dilakukan pemasangan patok dan terpal sebagai *premark*.
- e. Akuisisi Data Foto & GCP
Pada tahap ini dilakukan pengambilan data GCP dengan metode statik- radial dengan lama pengamatan ± 30 menit menggunakan GPS Geodetik Trimble. Serta akuisisi data foto udara dengan *drone* *Dji Mavic Air 2* dengan ketinggian terbang 110 m, *free fly* manual, dan foto dipotret setiap pergerakan ± 2 detik.

4. Pengolahan Data

Proses dimana data-data diolah dengan metode yang telah ditentukan dengan berbagai perangkat lunak sehingga menghasilkan hasil yang diinginkan. Berikut merupakan gambaran proses pengolahan data yang disajikan dalam bentuk diagram alir.



Gambar 3. 4 Diagram Alir Pengolahan Data Bagian 1



Gambar 3. 5 Diagram Alir Pengolahan Data Bagian 2

Berikut merupakan penjelasan diagram alir pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.5.

a. Pengolahan Foto Udara dan GCP

Pengolahan foto udara dilakukan dengan *Agisoft Metashape*, sedangkan pengolahan titik- titik GCP yang berupa data GNSS diolah menggunakan *Trimble Business Center*. Untuk referensi elevasi yang digunakan adalah Geoid EGM 2008. Sedangkan pengolahan foto udara dilakukan mulai dari penambahan foto, *align photos*, dan dilanjutkan tahapan lainnya.

b. Ortorektifikasi

Tahapan ini merupakan tahapan *georeference* dengan cara melakukan retriifikasi foto objek pada model menggunakan data dari GCP (*Ground Control Point*).

c. *Generate Orthophoto*, dan DSM

Pembuatan *orthophoto* dan DSM dilakukan menggunakan *Agisoft Metashape* dengan tahapan mulai dari *build mesh*, *build DEM*, *build orthomosaic*. Sehingga menghasilkan Raster *Orthophoto* dan DSM.

d. Uji Ketelitian Geometri

Dilakukan perhitungan CE90, dan LE90 serta menyesuaikannya dengan standar Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial untuk peta skala besar. Dimana untuk nilai CE90 & LE90 $\leq 0,5$ m, serta resolusi spasial *orthophoto* ≤ 8 cm.

e. *Filtering* DSM menjadi DTM

Filtering dilakukan menggunakan perangkat lunak *filtering* dengan metode *filtering* semi-otomatis. Dimana dilakukan digitasi pada area tertentu yang ingin dilakukan *filtering* (pada studi kasus ini merupakan pepohonan).

f. Pembuatan *Slope*

Pembuatan kemiringan lereng dilakukan dengan tool pada *ArcMap* dari data utama berupa data DTM yang telah diolah sebelumnya, sehingga dapat menghasilkan klasifikasi kemiringan lereng dalam persen, seperti pada Tabel 2.6.

g. Pembuatan *Curvature*

Pembuatan kemiringan lereng dilakukan dengan tool pada *ArcMap* dari data utama berupa data DTM yang telah diolah sebelumnya, sehingga dapat menghasilkan klasifikasi bentuk lereng, seperti pada Tabel 2.7.

h. *Overlay*

Dilakukan *Overlay* pada hasil klasifikasi kemiringan lereng dan bentuk lereng dengan tool pada *ArcMap*, yaitu dengan *intersection*, sehingga menghasilkan klasifikasi seperti pada Tabel 2.5.

i. *Image Classification*

Pada tahapan ini dilakukan klasifikasi tutupan lahan terhadap data raster *orthophoto* yang telah dihasilkan sebelumnya.

j. *Weighted Overlay*

Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui harga permukaan/ *Cost surface*. Tahap ini dilakukan dengan tool pada *ArcMap* dengan pembobotan yang sama pada setiap parameter. Pembobotan dilakukan untuk kriteria sesuai Tabel 2.8.

k. *Cost Surface*

Tahap ini menunjukkan total harga dari area yang memiliki karakteristik tertentu sesuai dengan parameter yang dianalisis.

l. *Cost Distance Surface & Cost Backlink*

Tahap ini dilakukan input terhadap data hasil *Cost surface* dan lokasi titik awal untuk rute. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui biaya akumulasi terkecil tiap unit jarak dari seluruh grid menuju titik awal. Sedangkan *Cost backlink* dilakukan untuk mengkalkulasi piksel kembali menuju sumber lokasi, dimana *input* dalam proses ini yaitu raster *cost surface*, titik awal dan titik akhir. Dimana titik awal merupakan titik yang telah didefinisikan sebelumnya dengan koordinat 549028,519; 9219919,686 m, yaitu titik yang berada di pertigaan jalan eksisting dengan kriteria berada pada jalan yang memungkinkan untuk dilewati kendaraan yang akan menuju ke seluruh sumur. Sedangkan titik akhir merupakan 7 sumur eksisting dan 1 asumsi sumur baru dengan koordinat 548666,072; 9219727,665 m.

m. *Least Cost Path Analysis*

Pada tahap ini menciptakan jalur/ jalan yang terdiri dari piksel- piksel yang memiliki biaya/harga/*Cost* terkecil dan jarak terpendek.

5. Analisis

Pada tahap ini dilakukan analisis secara menyeluruh terhadap hasil penelitian yang telah dilakukan, seperti analisis hasil pembuatan jalur dengan metode *Least Cost Path*, hingga analisis terkait hasil pemetaan area rentan longsor dengan *Slope Morphology*. Serta dilakukan analisis perbandingan dengan jalan eksisting untuk mengevaluasi dan menentukan jalur yang lebih optimum. Dimana jalur yang lebih optimum merupakan jalur dengan kriteria paling pendek, dan lebih melalui area stabil dari longsor.

6. Penyusunan Laporan

Proses ini merupakan pembuatan laporan penelitian sesuai dengan hasil- hasil yang didapatkan sesuai dengan sistematika yang telah ditentukan.

3.3 Bahan dan peralatan yang digunakan

Ada pun data sebagai bahan yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain:

1. Data foto UAV wilayah SMG hasil akuisisi pada 26 Juli 2022 sejumlah 1.672 foto (dengan spesifikasi tinggi terbang 110 m, *free fly* manual, dan foto dipotret setiap pergerakan ± 2 detik). Data yang digunakan merupakan data dari Kerja Praktik di PT Pertamina EP Cepu Zona 11 (Mutaqien dkk., 2022).
2. Data GCP (*Ground Control Point*) yang diamati menggunakan metode statik-radial dengan waktu pengamatan ± 30 menit.

Ada pun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain:

3.3.1 Instrumen Survei Lapangan

1. Satu set Drone Dji Mavic Air 2



Gambar 3. 6 Drone Dji Mavic Air 2

2. Dua set GNSS Geodetik Trimble 5700



Gambar 3. 7 GNSS Geodetik Trimble 5700

3.3.2 Perangkat Keras

1. Komputer
2. Laptop Hp 14s-dk0077au
3. *Mouse*

3.3.3 Perangkat Lunak

1. *Trimble Business Center* versi 5.20
2. *Agisoft Metashape*
3. Perangkat lunak *filtering*
4. *ArcMap*
5. *Microsoft Word*
6. *Microsoft Excel*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengolahan Data Fotogrametri

Berikut merupakan rincian dari hasil pengolahan data- data fotogrametri yaitu meliputi hasil pengolahan GCP (*Ground Control Point*), data foto dari UAV yang menghasilkan *orthophoto*, dan DEM (*Digital Elevation Model*).

4.1.1 Hasil Pengolahan GCP

Dari hasil pengolahan *raw* data GNSS yang dihasilkan di lapangan, berikut merupakan hasil koordinat GCP (*Ground Control Point*) pada wilayah studi kasus dengan sistem koordinat UTM Zona 49S, Datum WGS1984, dan model geoid EGM2008 Global.

Tabel 4. 1 Hasil Koordinat GCP

Titik	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	Elevasi (m)
GCP1	549022,681	9219896,946	239,303
GCP2	549191,354	9219685,622	219,023
GCP3	549012,447	9219672,136	224,926
GCP4	548921,450	9219596,633	221,771

Ada pun koordinat GCP pada Tabel 4.1 kemudian digunakan sebagai koordinat titik referensi pada pengolahan data foto udara UAV hingga menghasilkan *orthophoto*.

Pada prosesnya, titik GCP1 mengikat pada *benchmark existing* milik PT. Pertamina EP Cepu yaitu titik BM-002. Dimana selanjutnya GCP1 menjadi *base* untuk GCP2, GCP3, dan GCP4. Berikut merupakan tabel yang menjelaskan *Standard Error* atau standar deviasi dari masing- masing GCP.

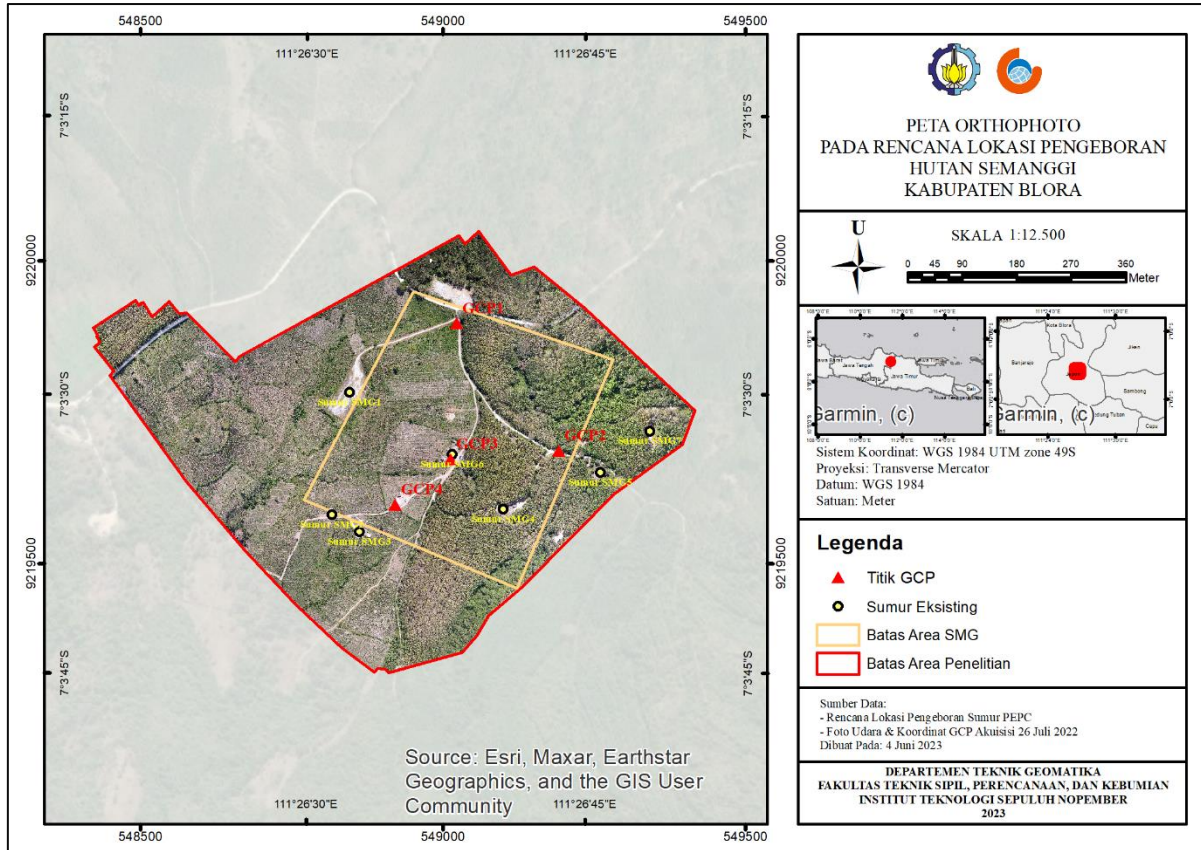
Tabel 4. 2 *Standard Error* Masing- masing GCP

<i>Vectors Errors</i>	GCP1	GCP2	GCP3	GCP4
$\sigma \Delta \textit{Easting}$	0,002 m	0,004 m	0,001 m	0,001 m
$\sigma \Delta \textit{Northing}$	0,002 m	0,004 m	0,001 m	0,001 m
$\sigma \Delta \textit{Elevation}$	0,003 m	0,012 m	0,005 m	0,004 m

Dari Tabel 4.2 terlihat bahwa GCP1 merupakan titik dengan ketelitian paling akurat di antara ketiga GCP lainnya. Sedangkan titik yang memiliki akurasi paling rendah yaitu GCP2. Hal itu memungkinkan untuk terjadi dikarenakan lokasi titik tersebut cenderung lebih dekat dan dikelilingi oleh pepohonan yang tinggi, sehingga potensi untuk mengalami *multipath* lebih tinggi dibandingkan dengan titik lainnya.

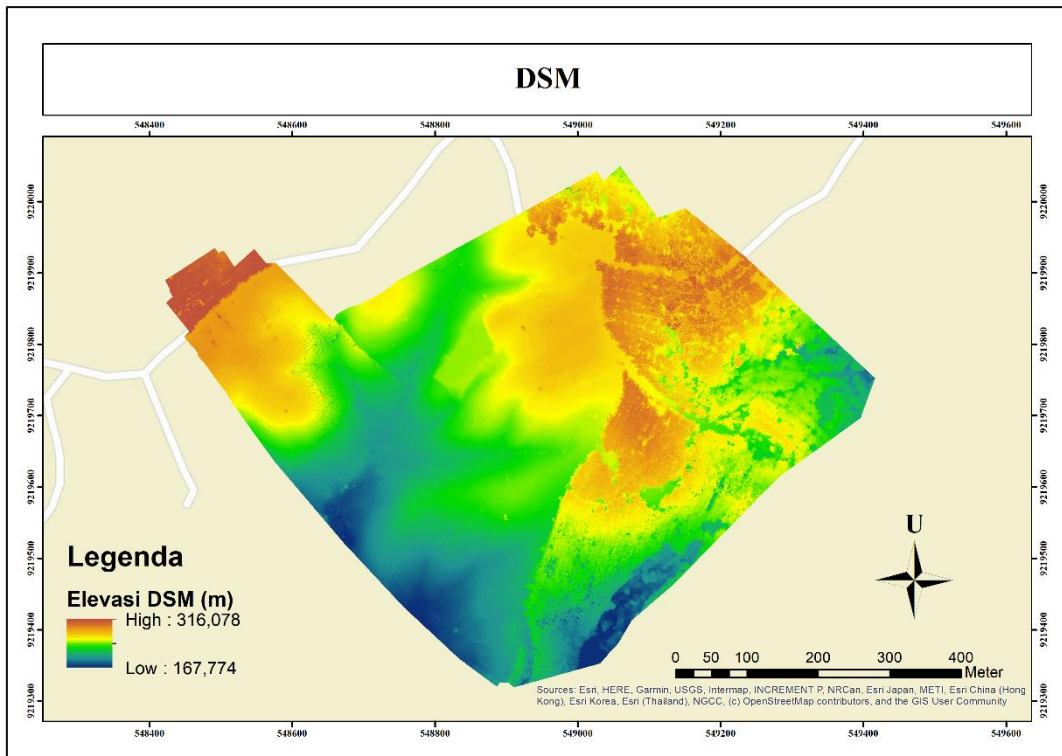
4.1.2 Hasil Pengolahan Data Foto UAV

Hasil dari pengolahan data foto UAV sebanyak 1.672 foto dengan *Agisoft Metashape* dari penelitian ini adalah *orthophoto* dan DEM (*Digital Elevation Model*). Dari pengolahan tersebut didapatkan *orthophoto* yang memiliki resolusi spasial sebesar 3,788 cm/pixel, dari *tie point* sebanyak 9.163.065 titik.



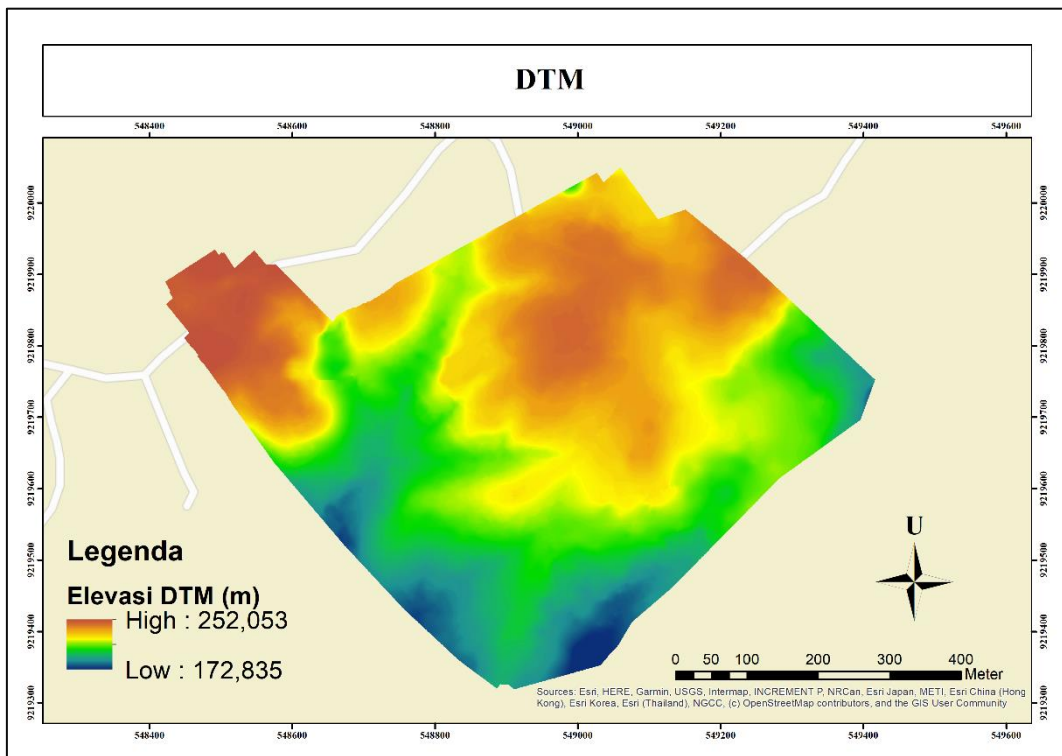
Gambar 4. 1 Peta *Orthophoto*

Pada Gambar 4.1 merupakan visualisasi *orthophoto* yang telah dihasilkan. Dimana pada gambar tersebut juga memperlihatkan sebaran titik 4 GCP (*Ground Control Point*) yang telah diamati menggunakan GNSS, disimbolkan dengan segitiga merah pada peta, serta simbol lingkaran kuning untuk merepresentasikan 7 sumur eksisting dari hasil interpretasi *orthophoto* yang akan digunakan sebagai tujuan dalam pembuatan jalur. Pada hasil *Orthophoto* tersebut terlihat bahwa di area penelitian terdiri dari jalan, dan pepohonan. Selain itu, didapatkan pula DEM (*Digital Elevation Model*) yang diekstraksi dari *orthophoto* yang telah dihasilkan. DEM tersebut memiliki resolusi sebesar 7,578 cm/pixel serta memiliki *point density* sebanyak 174 points/m². Pada Gambar 4.2, terlihat pada legenda peta bahwa DSM wilayah penelitian memiliki elevasi tertinggi yaitu 316,078 m dan elevasi terendah yaitu 167,774 m. Dimana referensi vertikal yang digunakan adalah EGM2008 dengan mengacu pada tinggi orthometrik.



Gambar 4. 2 Hasil DSM

Dari hasil DSM (*Digital Surface Model*) yang dihasilkan, yang terlihat pada Gambar 4.2, dilakukan proses *filtering* semi-otomatis menggunakan perangkat lunak *filtering*. Dimana pada proses ini dilakukan eliminasi ketinggian dari pepohonan dan bangunan yang ada di wilayah studi kasus, sehingga menghasilkan elevasi *terrain/ tanah*.



Gambar 4. 3 Hasil DTM

Setelah dihasilkan *orthophoto* dan DEM, dilakukan analisis ketelitian geometri yang berdasarkan pada Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Dimana terdapat dua komponen dalam ketelitian geometri, yaitu meliputi akurasi horizontal dan akurasi vertikal. Berdasarkan analisis ketelitian geometri, dimana akurasi horizontal diuji dengan nilai CE90/ *Circular Error 90%* (dari *orthophoto*), sedangkan akurasi vertikal diuji dengan LE90/ *Linear Error 90%* (dari DTM), didapatkan nilai seperti berikut.

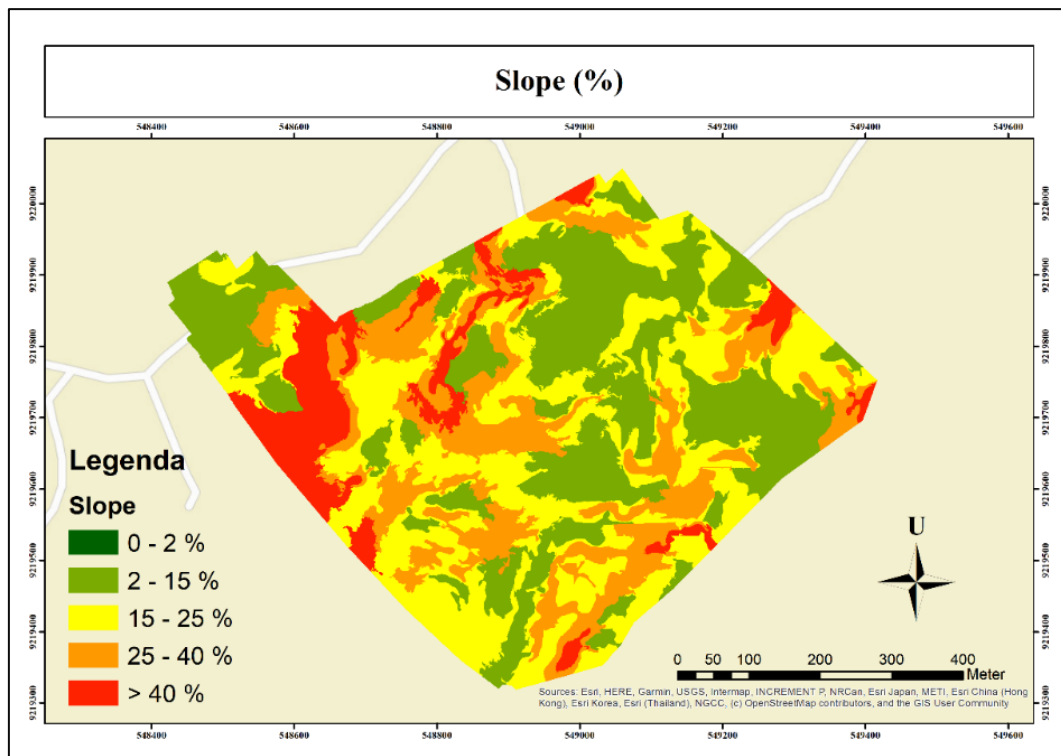
Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Ketelitian Geometri.

RMSEr	0,2784 m
CE90	0,4224 m
RMSEz	0,2638 m
LE90	0,4352 m

Sehingga dari Tabel 4.3, dapat dinyatakan bahwa *Orthophoto* dan DTM hasil pengolahan memenuhi standar ketelitian horizontal, dan standar ketelitian vertikal peta dasar untuk skala 1:1000 pada kelas 3, yaitu CE90 & LE90 sebesar 0,5 m berdasarkan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Sedangkan berdasarkan Peraturan BIG Nomor 1 Tahun 2020, tentang pembuatan peta skala besar, output *orthophoto* yang dihasilkan telah memenuhi standar karena memiliki resolusi spasial ≤ 8 cm untuk skala peta 1:1000. Hal ini sesuai dengan tujuan penelitian ini yang berfokus pada simulasi untuk peta skala besar.

4.2 Hasil SMORPH

SMORPH (*Slope Morphology*) melakukan analisis untuk area rentan longsor menggunakan parameter morfologi di area perencanaan lokasi sumur Migas, hutan Semanggi yaitu dengan menggabungkan parameter *Slope/* kemiringan dan *Curvature/* bentuk lereng. Gambar 4.4 merupakan hasil parameter kemiringan dan bentuk lereng yang didapatkan. Dalam analisis rentan longsor menggunakan metode SMORPH, diperlukan parameter kemiringan lereng dalam persen yang telah diklasifikasikan berdasarkan Tabel 2. 6. Kelerengan tersebut diklasifikasikan menjadi 5 kelas, dimana pada Gambar 4.4, area yang memiliki lereng paling landai disimbolkan dengan warna hijau tua, dan lereng yang memiliki lereng paling curam disimbolkan dengan warna merah. Dikarenakan semakin kecil nilai persen kemiringan lereng, maka semakin landai pula lereng tersebut. Berikut merupakan tabel hasil analisis luasan berdasarkan klasifikasi lereng dalam persen. Dimana analisis didapatkan dari raster kelerengan yang telah dilakukan generalisasi.



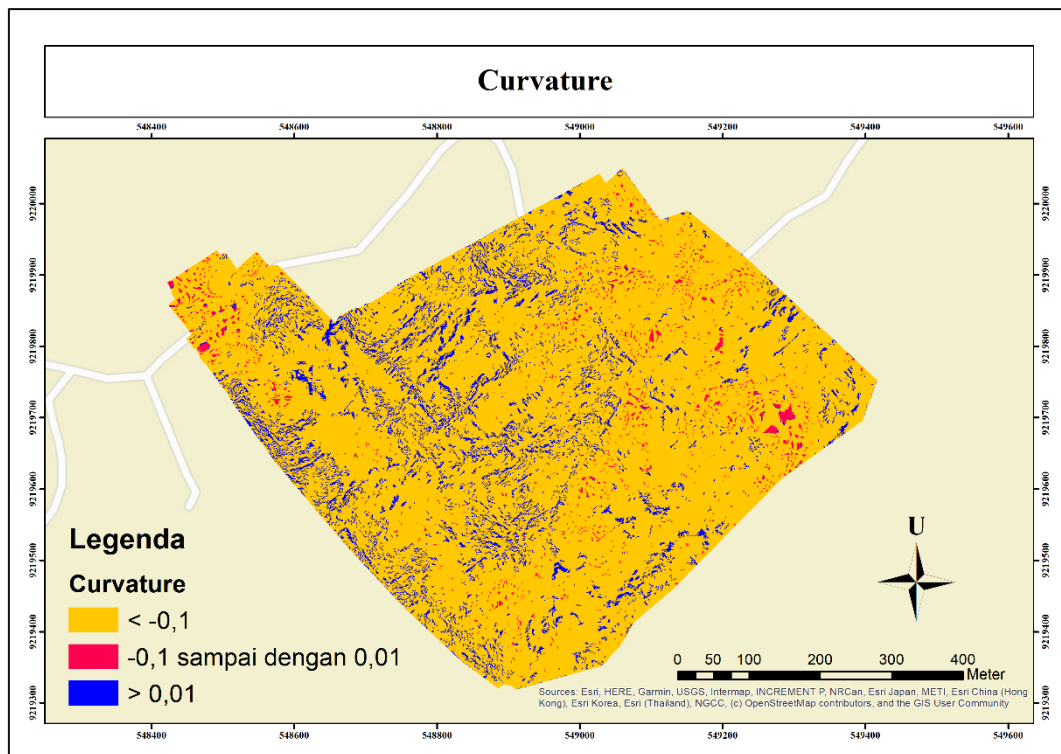
Gambar 4. 4 Hasil *Slope* dalam Persen

Sedangkan berikut merupakan hasil analisis luasan area penelitian berdasarkan klasifikasi *slope* dalam persen.

Tabel 4. 4 Luasan Area Berdasarkan Klasifikasi *Slope* dalam Persen

Klasifikasi	Luas Area (Ha)	Persentase (%)
0-2%	0	0
2-15%	13,637	34
15-25%	13,338	33
25-40%	8,816	22
>40%	4,057	10
Jumlah	39,846	100

Berdasarkan Tabel 4.4, terlihat bahwa area perencanaan sumur Migas SMG didominasi dengan kelereng dengan klasifikasi 2-15% dengan kategori sedang, yaitu sebesar 34% dari total luasan area penelitian. Sedangkan kategori sangat curam (>40%) yang cenderung berbahaya, memiliki persentase 10% dari total luasan area penelitian.



Gambar 4. 5 Hasil *Curvature*

Sedangkan Gambar 4.5 merupakan hasil analisis dari bentuk lereng/ *curvature*. Dimana bentuk lereng tersebut diklasifikasikan berdasarkan Tabel 2.7, yaitu meliputi lereng cekung (<math>< 0,1</math>) disimbolkan dengan warna oranye, lereng datar ($-0,1$ sampai dengan $0,01$) disimbolkan dengan warna merah, dan lereng cembung ($> 0,01$) disimbolkan dengan warna biru. Dari Gambar 4.5 terlihat bahwa hasil analisis menyebar dan area klasifikasi cenderung terlihat kecil. Hal ini memungkinkan untuk terjadi dikarenakan data raster yang dijadikan sebagai data dasar untuk analisis memiliki resolusi spasial sebesar 7,578 cm/pixel, yang memiliki arti bahwa setiap pixel pada raster tersebut merepresentasikan hasil identifikasi 7,578 cm di lapangan. Sehingga membuat hasil analisis bentuk lereng lebih detail sesuai dengan representasi pixel pada raster DTM sebagai *input*-nya. Sedangkan berikut merupakan hasil analisis luasan area penelitian berdasarkan klasifikasi *curvature*.

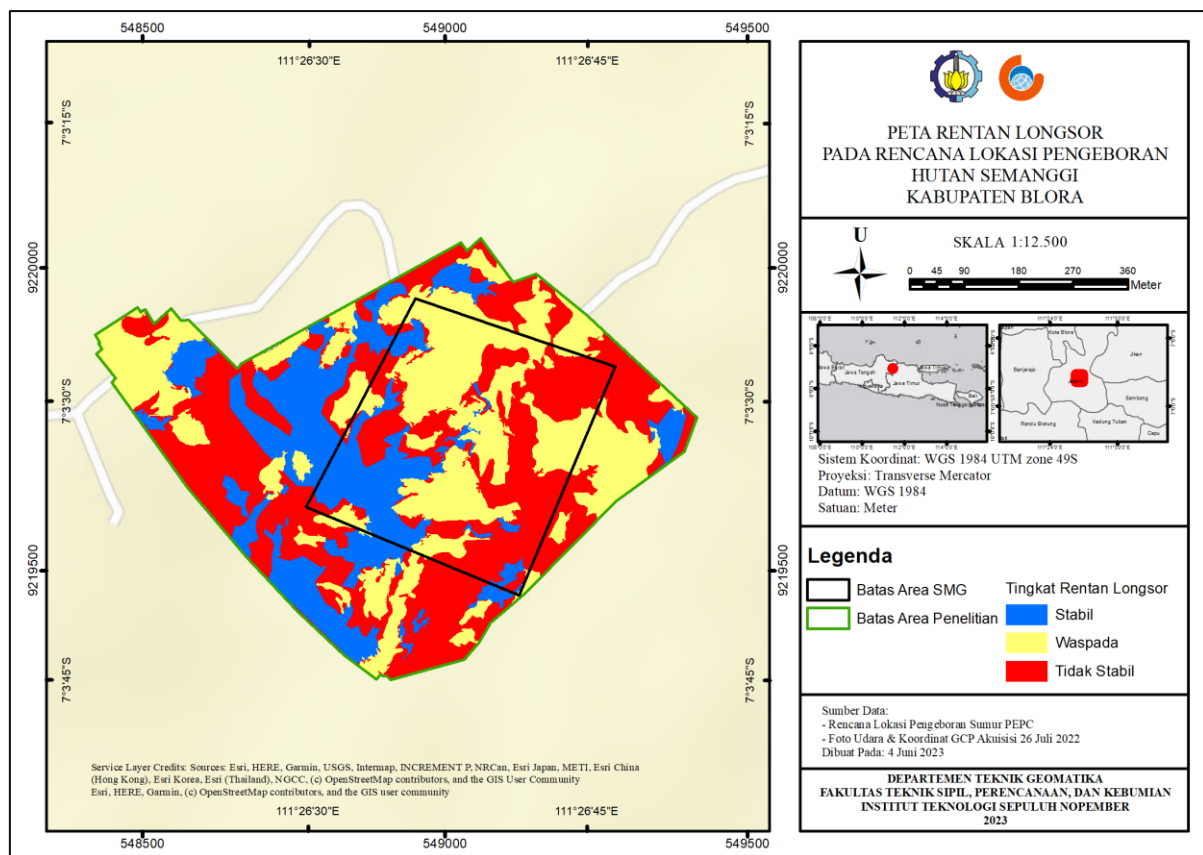
Tabel 4. 5 Luasan Area Berdasarkan Klasifikasi *Curvature*

Klasifikasi	Luas Area (Ha)	Persentase (%)
Lereng Cekung	35,661	89
Lereng Datar	0,736	2
Lereng Cembung	3,449	9
Jumlah	39,846	100

Terlihat pada Tabel 4.5 bahwa area penelitian didominasi dengan bentuk lereng yang cekung seluas 35,661 Ha dengan persentase 89% dari total area keseluruhan penelitian.

Dari kedua parameter tersebut, kemudian dilakukan *overlay* untuk menghasilkan klasifikasi area rentan longsor berdasarkan matriks SMORPH pada Tabel 2.5, yang diklasifikasikan menjadi area stabil, waspada, dan tidak stabil, seperti yang terlihat pada

Gambar 4. 6. Analisis SMORPH dilakukan dengan memanfaatkan *tools* pendefinisian *query* dalam *ArcMap* yang dibantu dengan *script python* untuk mendapatkan hasil klasifikasi berdasarkan matriks SMORPH yang telah ditentukan. Pada Gambar 4.6 yang disimbolkan dengan warna biru merupakan area stabil longsor, dimana area stabil berdasarkan matriks SMORPH, meliputi area dengan identifikasi *curvature* cekung- *slope* datar, *curvature* datar- dengan *slope* datar, sedang, dan agak curam, *curvature* cembung- dengan *slope* datar, sedang, agak curam, curam. Untuk area yang disimbolkan dengan warna kuning yang berarti area waspada longsor, memiliki identifikasi *curvature* cekung- *slope* sedang, *curvature* datar- *slope* curam, dan *curvature* cembung- dengan *slope* sangat curam. Sedangkan untuk area yang divisualisasikan warna merah yang merupakan area tidak stabil, memiliki identifikasi *curvature* cekung- dengan *slope* agak curam, curam, dan sangat curam, serta *curvature* datar- *slope* sangat curam.



Gambar 4. 6 Hasil Analisis SMORPH

Berikut merupakan analisis luasan area setiap klasifikasi tingkat kerentanan longsor pada wilayah perencanaan sumur Migas SMG.

Tabel 4. 6 Luasan Area Rentan Longsor

Tingkat Potensi	Luas Area (Ha)	Persentase (%)
Stabil	8,952	22
Waspada	17,258	43
Tidak Stabil	13,636	34
Jumlah	39,846	100

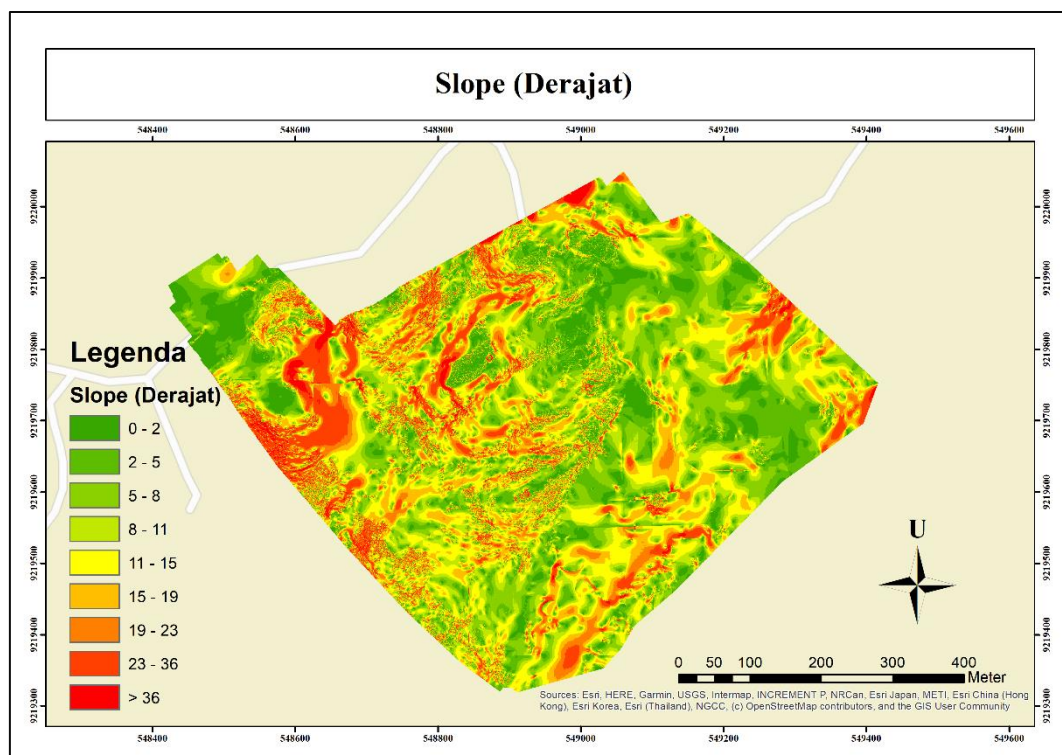
Dari data pada Tabel 4.6, dapat diketahui bahwa wilayah studi kasus yaitu wilayah rencana lokasi pengeboran sumur Migas milik PT Pertamina EP Cepu didominasi oleh area dengan tingkat potensi terhadap rentan longsor di kelas waspada dengan persentase sebesar 43% dari luas keseluruhan area yang dianalisis. Kemudian diikuti oleh area tidak stabil sebesar 34% dan area stabil sebesar 22%. Dimana hasil dari area stabil seluas 8,952 ha dapat menjadi salah satu rekomendasi untuk perencanaan lokasi sumur pengeboran baru di wilayah SMG berdasarkan parameter area rentan longsor dari kemiringan dan bentuk lereng. Hasil dari analisis area rentan longsor menggunakan metode SMORPH dapat digunakan sebagai survei pendahuluan yang cukup mumpuni sebelum menggunakan metode dengan penggunaan data detail, seperti curah hujan sebagai faktor pemicu tanah longsor. Sedangkan dengan metode SMORPH hanya menganalisis faktor penyebab tanah longsor yaitu faktor morfologi. Sehingga metode ini cocok jika diaplikasikan untuk keperluan survei pendahuluan PT Pertamina EP Cepu untuk *geohazard*.

4.3 Hasil *Least Cost Path Analysis*

Pengolahan *Least Cost Path* akan mendapatkan hasil jalur optimum untuk menghindari area rentan longsor dengan mempertimbangkan parameter area stabil terhadap kerentanan longsor, parameter kelerengan dalam derajat dan parameter tutupan lahan yang diklasifikasikan dari data orthophoto yang telah didapatkan sebelumnya. Jalur yang akan dihasilkan merupakan jalur dengan kalkulasi akumulasi nilai piksel terkecil berdasarkan kriteria- kriteria yang telah ditentukan, sehingga akan menghasilkan jalur dengan area stabil terhadap rentan longsor, tutupan lahan yang tidak melewati vegetasi yang terlalu lebat, dan lereng yang tidak curam.

4.3.1 Hasil Pengolahan Kriteria untuk *Least Cost Path*

Selain kriteria area stabil dari longsor yang telah didapatkan sebelumnya dengan metode SMORPH, kriteria lainnya untuk menentukan jalur yaitu kemiringan lereng/ *slope* dalam derajat dan tutupan lahan.



Gambar 4. 7 Hasil Kemiringan Lereng dalam Derajat

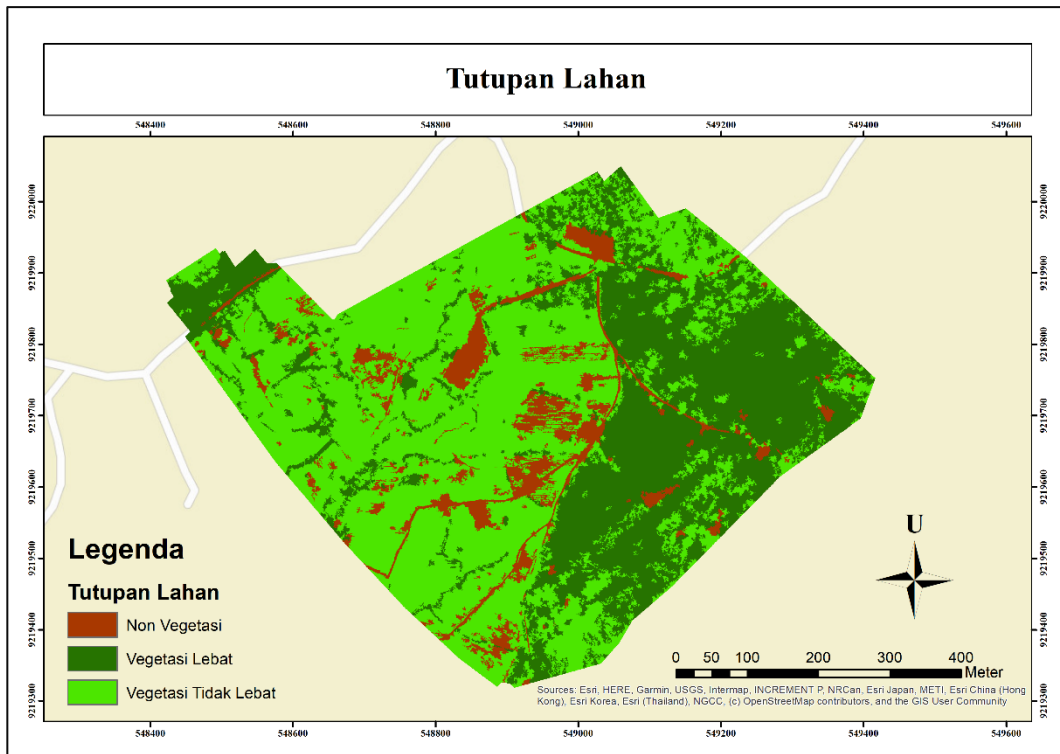
Pada Gambar 4.7, terlihat bahwa kemiringan lereng/ *slope* diklasifikasikan dalam 9 kelas sesuai dengan skor kriteria pada Tabel 2.8. Semakin curam lereng tersebut akan divisualisasikan dalam warna merah, namun semakin landai/ datar lereng tersebut, akan divisualisasikan dengan warna hijau. Analisis ketererangan pada raster DTM dilakukan dengan perangkat lunak *ArcMap* dengan metode linear. Dari peta pada Gambar 4.7, wilayah area perencanaan sumur Migas SMG tidak didominasi oleh lereng/ *slope* yang sangat curam. Sedangkan berikut merupakan hasil analisis luasan area penelitian berdasarkan klasifikasi *Slope* dalam Derajat.

Tabel 4. 7 Luasan Area Berdasarkan Klasifikasi *Slope* dalam Derajat

Kemiringan Lereng (°)	Luas Area (Ha)	Persentase (%)
0-2	3,534	9
2-5	6,080	15
5-8	6,037	15
8-11	6,033	15
11-15	7,086	18
15-19	4,604	12
19-23	2,730	7
23-36	3,178	8
>36	0,565	1
Jumlah	39,847	100

Terlihat pada Tabel 4.7 bahwa area penelitian didominasi dengan lereng dengan kemiringan 11°-15° seluas 7,086 Ha dengan persentase 18% dari total area keseluruhan penelitian.

Sedangkan untuk kriteria tutupan lahan, hasil analisis terlihat pada Gambar 4.8. Analisis dilakukan dengan metode *image classification* yaitu dengan klasifikasi *maximum likelihood*. Dimana metode klasifikasi ini adalah metode yang menggunakan nilai piksel yang telah ditentukan kategorinya melalui *training sample* dari setiap objek penutup lahan yang terlihat dari citra foto/ *orthophoto*. Analisis tutupan lahan diklasifikasikan menjadi 3 kelas yaitu meliputi area non vegetasi yang divisualisasikan dengan warna coklat, vegetasi lebat yang divisualisasikan dengan warna hijau tua, serta vegetasi tidak lebat yang divisualisasikan dengan warna hijau muda. Pada Gambar 4.8 terlihat bahwa hasil analisis cenderung detil dan terlihat piksel- piksel kecil dengan warna berbeda sesuai klasifikasi. Hal ini dapat terjadi dikarenakan data raster *orthophoto* yang digunakan sebagai data *input* untuk analisis tutupan lahan memiliki resolusi spasial sebesar 3,788 cm/pixel. Dimana memiliki arti bahwa setiap 1 piksel pada raster merepresentasikan identifikasi 3,788 cm di lapangan. Sehingga menghasilkan analisis vegetasi yang detil untuk setiap pikselnya. Tiga kelas dalam klasifikasi ditentukan berdasarkan penyesuaian dengan wilayah studi kasus yang merupakan kawasan hutan. Dimana terlihat pada Gambar 4.8 bahwa wilayah area perencanaan sumur Migas SMG didominasi dengan vegetasi tidak lebat berdasarkan interpretasi metode klasifikasi *maximum likelihood*.



Gambar 4. 8 Hasil Klasifikasi Tutupan Lahan

Sedangkan berikut merupakan hasil analisis luasan area penelitian berdasarkan hasil klasifikasi tutupan lahan.

Tabel 4. 8 Luasan Area Berdasarkan Klasifikasi Tutupan Lahan

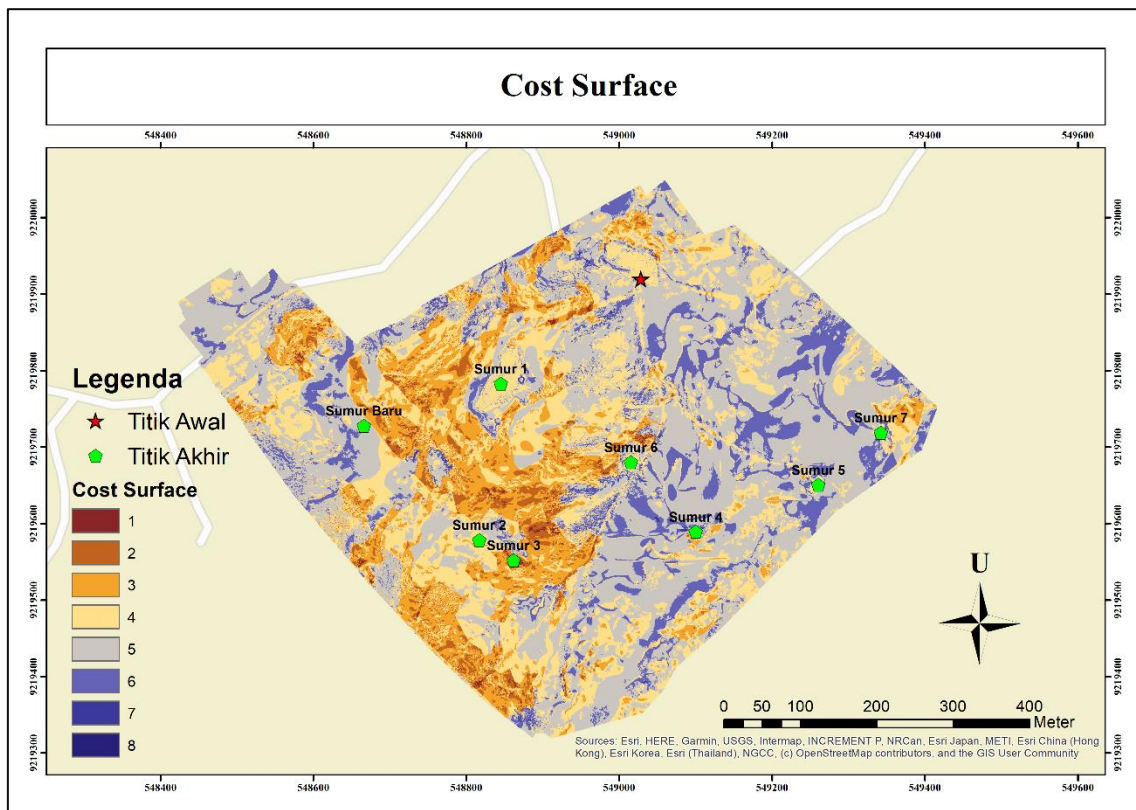
Kemiringan Lereng (°)	Luas Area (Ha)	Persentase (%)
Non Vegetasi	6,218	16
Vegetasi Lebat	15,017	38
Vegetasi Tidak Lebat	18,646	47
Jumlah	39,880	100

Terlihat pada Tabel 4.8 bahwa area penelitian didominasi dengan tutupan lahan vegetasi tidak lebat seluas 18,646 Ha dengan persentase 47 % dari total area keseluruhan penelitian. Dimana berdasarkan multi kriteria pada Tabel 2. 8, area non vegetasi dan vegetasi tidak lebat merupakan area yang potensial untuk dilewati jalur kendaraan.

4.3.2 Cost Surface

Kriteria- kriteria yang meliputi tutupan lahan, *slope*, dan area stabil dari longsor kemudian dianalisis menggunakan pembobotan/ *tool Weighted Overlay* pada *ArcMap* dengan pembobotan masing- masing bernilai 34% untuk area stabil dari tanah longsor, 33% untuk raster kelerengan, dan 33% untuk raster tutupan lahan, yang disesuaikan dengan skor setiap kriteria mengacu pada Tabel 2.8 dan 2.9. Penentuan kriteria dan pembobotan pada penelitian ini menyesuaikan dengan studi kasus yang merupakan area perencanaan sumur Migas yang berupa kawasan hutan dengan luasan area yang cukup kecil. Dengan proses *cost surface*, dihasilkan raster yang memiliki nilai setiap piksel sesuai dengan bobot dan skor multi kriteria yang telah ditentukan sebelumnya. Dimana nilai piksel paling kecil memiliki *cost*/harga bobot yang paling

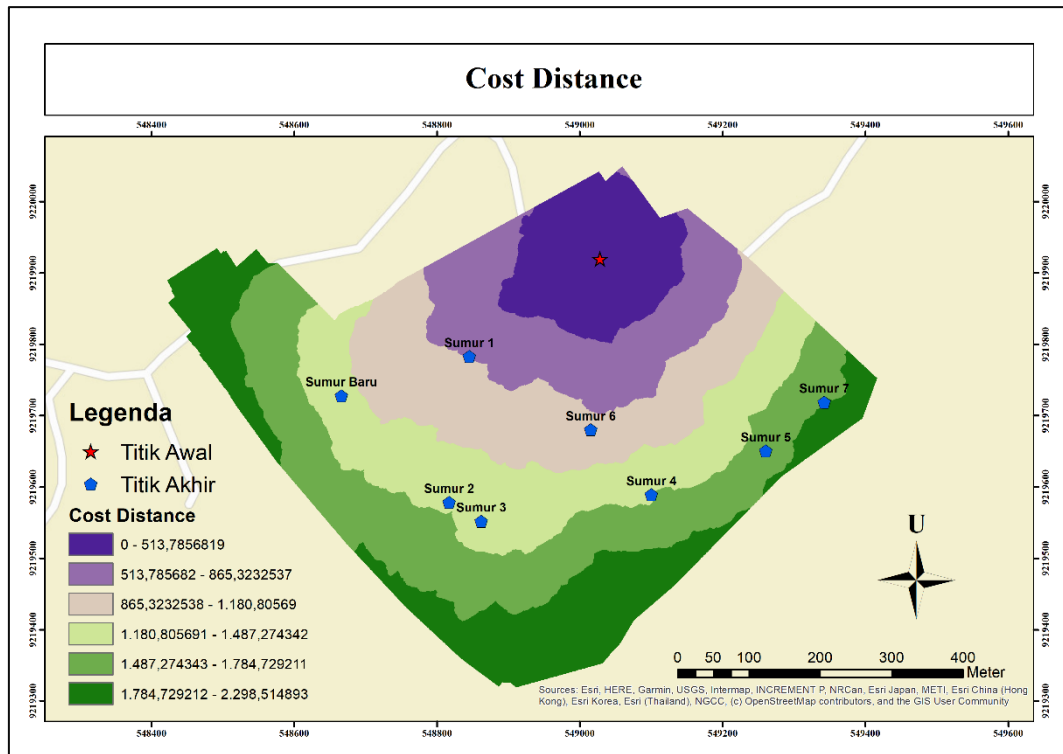
rendah pada raster tersebut, yang menyimbolkan area dengan kriteria longsor paling stabil, tutupan lahan yang cenderung tidak dipenuhi vegetasi lebat, dan lereng yang paling tidak curam, sesuai dengan kebutuhan untuk pendahuluan penentuan jalur kendaraan dalam menghindari area rentan longsor untuk pekerja PT Pertamina EP Cepu. Dapat terlihat pada Gambar 4.9 bahwa hasil *cost surface* terdiri dari 8 tingkatan kelas. Semakin kecil nilai kelas pada raster *cost surface* (menuju kelas 1), maka akan semakin optimum sebagai lokasi jalur kendaraan. Sebaliknya, semakin besar angka nilai kelas *cost surface*, maka semakin kurang optimal untuk dijadikan area yang akan dilewati jalur kendaraan.



Gambar 4. 9 Hasil *Cost Surface*

4.3.3 *Cost Distance*

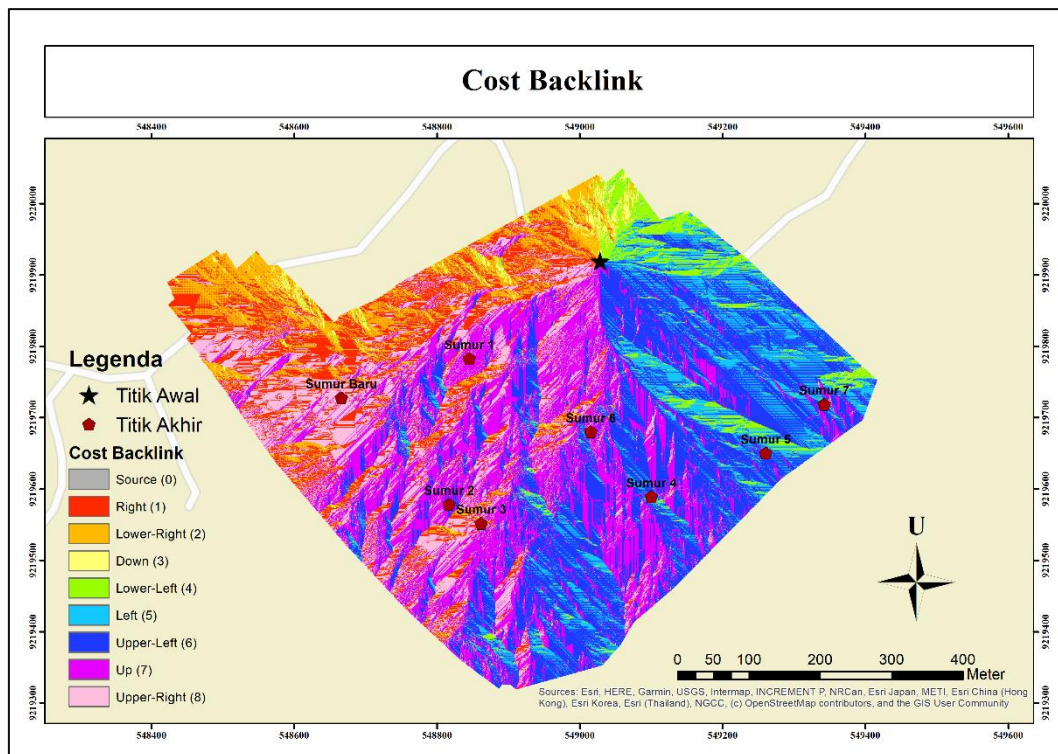
Masukan/ *input* yang digunakan dalam *cost distance* adalah data raster hasil *cost surface* dan lokasi titik awal. Titik awal merupakan titik yang telah ditentukan dan berada pada jalan eksisting. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui jarak kumulatif terpendek dari setiap piksel terdekat ke titik awal melalui *cost surface*. Ada pun pada Gambar 4.10 merupakan hasil proses *cost distance*. Dimana dihasilkan klasifikasi sebanyak 6 kelas, yang memiliki rentang nilai 0 - 2.298,515. Dimana area yang teridentifikasi paling jauh dari titik awal disimbolkan dengan warna hijau pada Gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Hasil *Cost Distance*

4.3.4 *Cost Backlink*

Analisis *Cost Backlink* dilakukan untuk penentu arah dari rute jalur kendaraan yang akan dibuat. *Input* yang digunakan dalam proses ini ialah raster *cost surface* serta titik awal dan akhir. Titik awal merupakan titik yang telah ditentukan dan berada pada jalan eksisting, dan titik akhir/tujuannya merupakan titik letak 7 sumur- sumur lama dan 1 titik simulasi untuk asumsi perencanaan sumur baru. Ketujuh titik sumur eksisting merupakan hasil interpretasi dari *orthophoto* yang telah dihasilkan. Pada Gambar 4.11, terlihat bahwa hasil diklasifikasikan menjadi *Source, Right, Lower- Right, Down, Lower-Left, Left, Upper- Left, Up, Upper- Right*. Pengelompokan tersebut menunjukkan arah yang digunakan untuk menggambarkan jalur terpendek dari titik akhir/ tujuan kembali ke sumber/ titik awal. Setiap kelas arah tersebut menunjukkan arah yang harus diikuti untuk mencapai rute jalur terpendek. Dimana *Source* merupakan titik awal yang telah ditentukan dalam analisis *cost backlink*, *Right* menunjukkan arah ke kanan dari titik tujuan ke titik awal, *Lower- Right* menunjukkan arah ke kanan bawah dari titik tujuan ke titik awal, *Down* menunjukkan arah ke bawah, *Lower-Left* menunjukkan arah ke kiri bawah, *Left* menunjukkan arah ke kiri, *Upper- Left* menunjukkan arah ke kiri atas, *Up* menunjukkan arah ke atas, dan *Upper- Right* menunjukkan arah ke kanan atas dari titik tujuan ke titik awal/ sumber. Dengan menggunakan informasi arah tersebut, selanjutnya dapat menentukan rute jalur terpendek dari setiap titik akhir kembali ke titik awal/ sumber dengan mempertimbangkan nilai akumulasi biaya pada hasil *cost surface*.



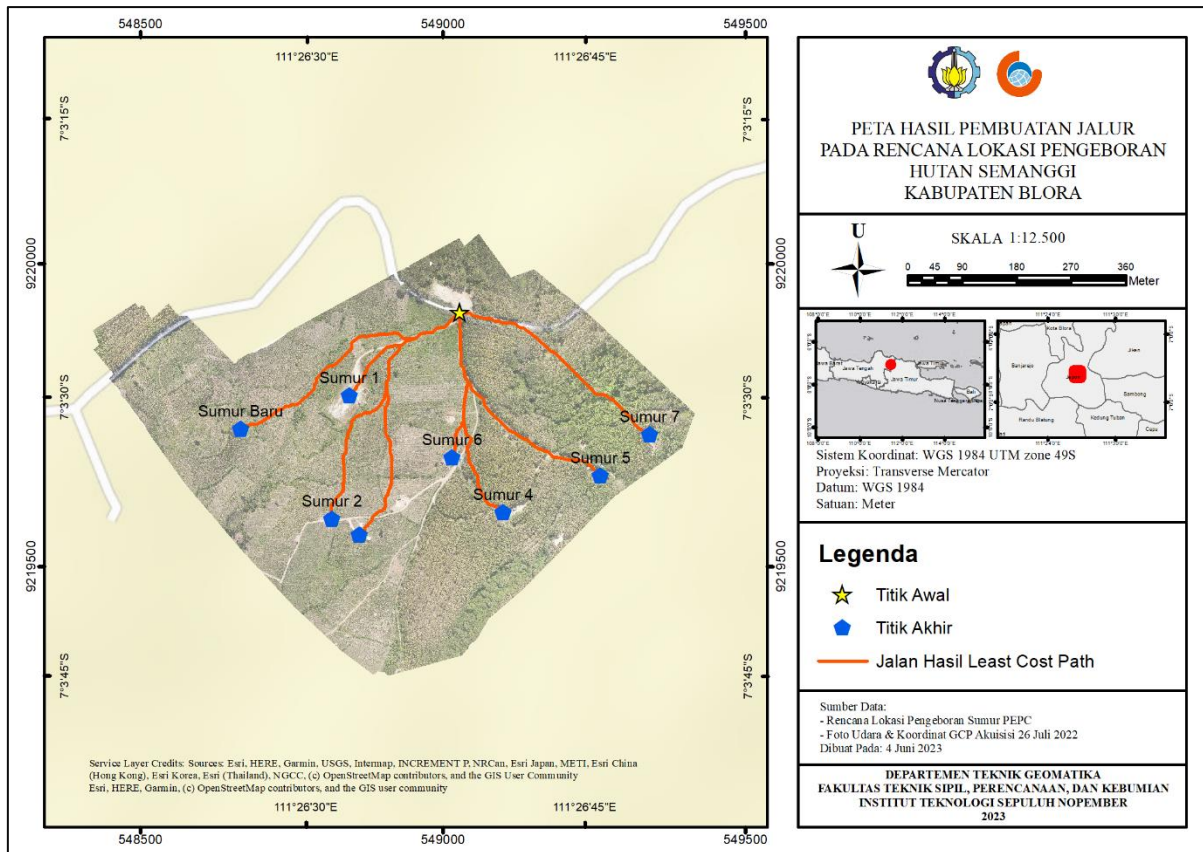
Gambar 4. 11 Hasil *Cost Backlink*

4.3.5 Hasil Jalur *Least Cost Path*

Setelah dilakukannya proses *cost surface*, *cost distance*, dan *cost backlink*, selanjutnya dapat melakukan pengolahan *cost path analysis* untuk mendapatkan rute jalur kendaraan menghindari area rentan longsor pada area rencana pengeboran sumur Migas baru wilayah SMG. Untuk titik awal dan titik akhir pada analisis ini sama dengan titik analisis sebelumnya yaitu pada *cost backlink*. Peta hasil pembuatan jalur ditampilkan untuk skala besar yaitu dengan skala 1:5000, seperti tertera pada Gambar 4.12. Pada gambar tersebut terlihat dihasilkan 8 jalur yang disimbolkan dengan *polyline* berwarna oranye. Dimana jalur tersebut menghubungkan antara titik awal menuju titik akhir yaitu titik- titik sumur yang disimbolkan dengan titik- titik berwarna biru pada Gambar 4.12 yang terdiri dari 7 sumur eksisting dan 1 asumsi perencanaan sumur baru. Berikut merupakan panjang rute jalur yang dihasilkan dengan metode *Least Cost Path*.

Tabel 4. 9 Panjang Setiap Jalur Hasil *Least Cost Path*

Jalur Menuju Sumur (Titik Akhir)	<i>Least Cost Path (m)</i>
Sumur 1	250,642
Sumur 2	470,434
Sumur 3	481,185
Sumur 4	378,140
Sumur 5	411,440
Sumur 6	263,078
Sumur 7	400,259
Sumur Baru	465,496



Gambar 4. 12 Peta Hasil Rute Jalur *Least Cost Path*

4.4 Analisis Hasil Pembuatan Jalur & Evaluasi Jalur Eksisting

Dalam melakukan analisis terhadap jalan untuk perencanaan wilayah sumur baru, diperlukan pula analisis atau evaluasi terhadap jalur eksisting. Berikut merupakan rincian perbandingan antara jalur yang telah dibuat menggunakan *Least Cost Path* dan jalur eksisting di lapangan.

Tabel 4. 10 Perbandingan Jalur Berdasarkan Panjang

Jalur Menuju Sumur	<i>Least Cost Path</i> (m)	Jalur Eksisting (m)	Selisih (m)
Sumur 1	250,642	257,074	6,432
Sumur 2	470,434	507,438	37,004
Sumur 3	481,185	510,570	29,386
Sumur 4	378,140	446,944	68,804
Sumur 5	411,440	414,394	2,954
Sumur 6	263,078	272,577	9,499
Sumur 7	400,259	524,450	124,191
Sumur Baru	465,496	-	-

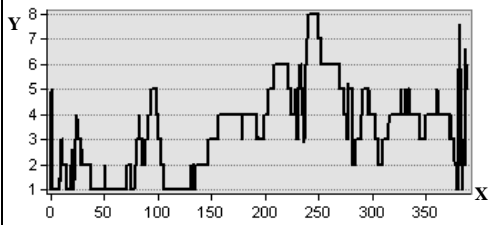
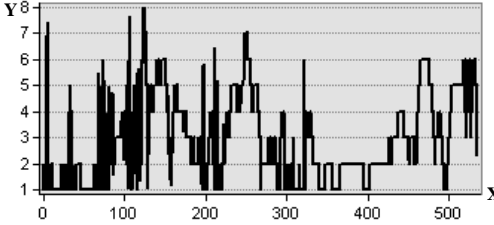
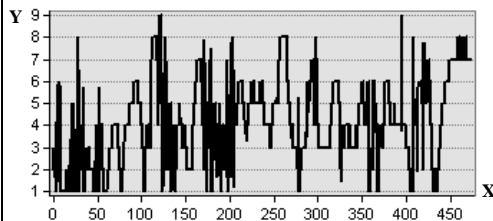
Pada Tabel 4.10 terlihat bahwa dari 7 jalur yang dianalisis, jalur dari hasil *Least Cost Path* memiliki panjang yang lebih pendek daripada jalur eksisting menuju sumur. Jalur yang terpendek cenderung memiliki waktu tempuh yang lebih cepat, sehingga memungkinkan untuk dapat meningkatkan produktivitas pada area sumur Migas. Dimana hasil jalur *Least Cost Path* memiliki rata-rata panjang sebesar 390,084 m.

Berikut pada Tabel 4. 11 yang merupakan profil memanjang terhadap kelerengan dalam derajat. Dimana untuk sumbu X merepresentasikan pertambahan panjang jalur, dan sumbu Y merupakan kelas kelerengan dalam derajat. Nilai klasifikasi kelerengan dalam derajat yang digunakan yaitu seperti pada Tabel 2.8. Berdasarkan Tabel 4. 11, dapat terlihat bahwa dari ketujuh jalur menuju sumur yang dianalisis, jalur eksisting lebih banyak menampilkan grafik dengan nilai kelas kemiringan lereng yang tinggi.

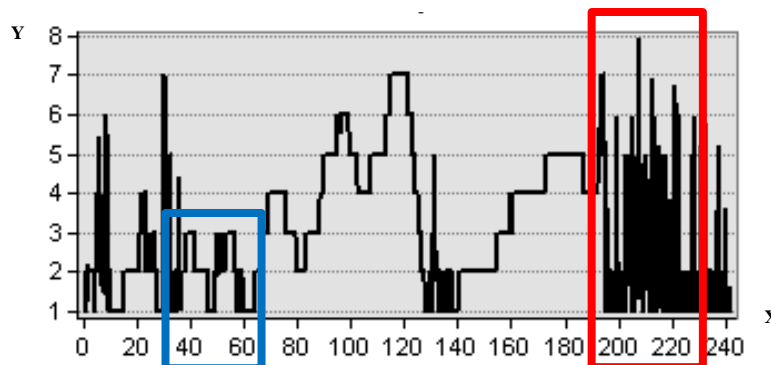
Tabel 4. 11 Perbandingan Jalur Berdasarkan Kelerengan dalam Derajat

Titik Akhir	<i>Least Cost Path (m)</i>	Jalur Eksisting (m)
Sumur 1		
Sumur 2		
Sumur 3		
Sumur 4		
Sumur 5		
Sumur 6		

Tabel 4. 12 Perbandingan Jalur Berdasarkan Kelerengan dalam Derajat (lanjutan)

Titik Akhir	Least Cost Path (m)	Jalur Eksisting (m)
Sumur 7		
Sumur Baru		-

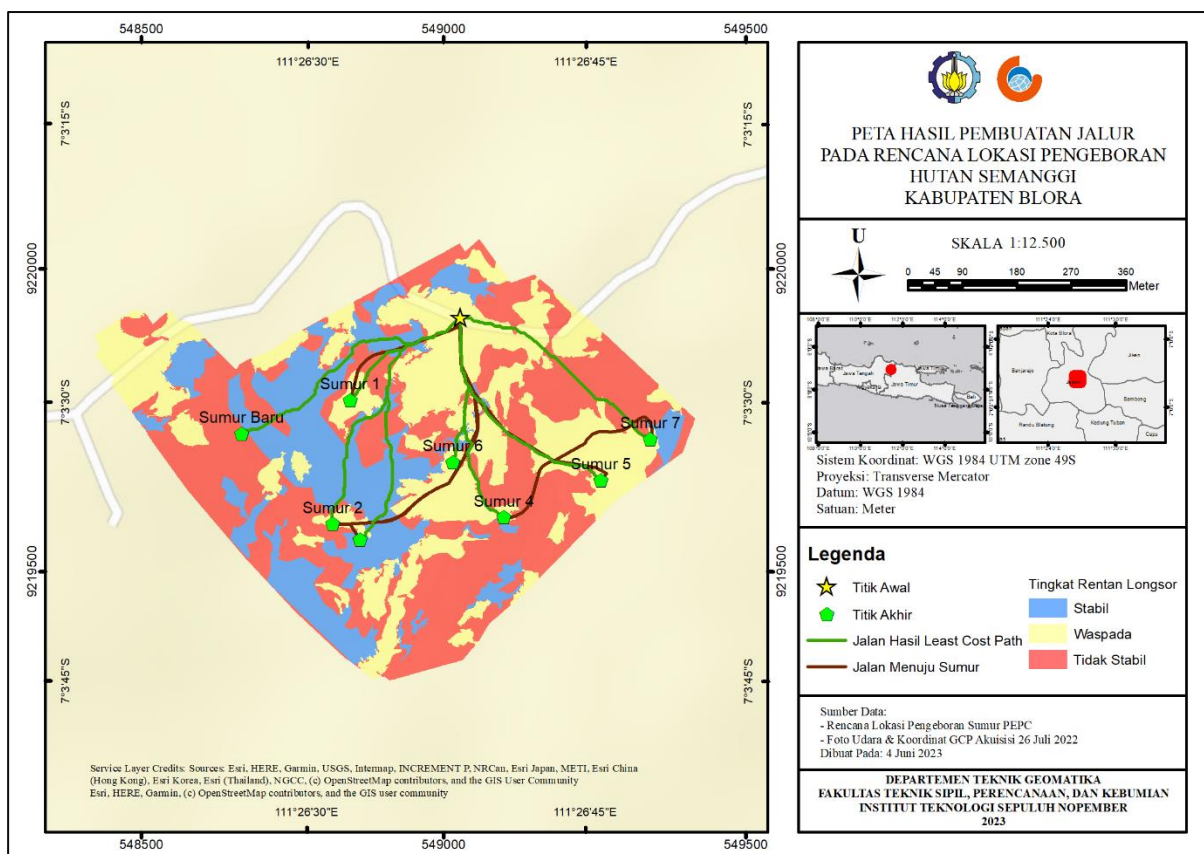
Pada Tabel 4.11 dan 4.12 terlihat perbedaan dari jalan hasil *least cost path* dan evaluasi jalan eksisting. Pada jalur menuju Sumur eksisting 1, terlihat bahwa evaluasi jalur eksisting melewati area dengan kelas kelerengan mencapai kelas 9 yaitu $>36^\circ$, sedangkan hasil LCP (*Least Cost Path*) melewati area dengan kelas kelerengan hanya mencapai kelas 8 yaitu $23^\circ-36^\circ$. Pada rute jalur menuju sumur 2, sumur 3, dan sumur 4 keduanya terlihat melewati area dengan kelas kelerengan mencapai kelas ke-9 yaitu $>36^\circ$, namun pada rute jalur menuju sumur 2 dan 3, tampak pada evaluasi jalur eksisting bahwa rute ini lebih banyak melewati kelerengan yang sangat curam yang terlihat pada titik-titik visualisasi grafik yang tinggi. Pada rute jalur menuju sumur 5, hasil evaluasi jalur eksisting melewati area dengan kelas kelerengan lebih tinggi daripada hasil rute jalur LCP, dimana rute ini melewati vegetasi lebat. Pada rute jalur menuju sumur 6, tampak rute melewati area dengan kelerengan maksimal pada kelas 9, sedangkan rute menuju sumur 7 keduanya tampak melewati kelerengan dengan kelas maksimal kelas 8. Untuk simulasi perencanaan jalan menuju sumur rencana Migas baru terlihat bahwa rute ini melewati kelas kelerengan maksimal yaitu pada kelas ke-9, dengan rata-rata melewati kelas kelerengan ke-8. Hal itu memungkinkan untuk terjadi dikarenakan pada simulasi perencanaan sumur baru ini belum dilakukan penanganan/ perlakuan terhadap *terrain* dibandingkan jika terdapat jalan eksisting menuju sumur tersebut. Namun, proses ini dapat dilakukan untuk menjadi survei pendahuluan pada perencanaan pembangunan rute jalan menuju sumur Migas.



Gambar 4. 13 Profil Memanjang Kelerengan Jalur Menuju Sumur 1 Hasil LCP

Pada Gambar 4.13, terlihat bahwa jalur menuju Sumur 1 hasil *Least Cost Path* melewati area dengan kelas kelerenghan kelas 1 hingga kelas 8. Pada jalur dengan panjang ke 200-220 m yang disimbolkan dengan kotak berwarna merah merupakan penanda bahwa jalur tersebut melewati area yang cukup curam dengan kemiringan kelas 6-8 yaitu 15° - 36° . Sedangkan pada jalur dengan panjang ke 40-60 m yang disimbolkan dengan kotak berwarna biru merupakan penanda bahwa jalur tersebut melewati area yang landai dengan kemiringan kelas 3 yaitu 5° - 8° yang merupakan area yang ideal untuk dilewati jalur kendaraan. Semakin kecil nilai kelas kelerenghan, maka semakin ideal pula area tersebut untuk dilewati jalur kendaraan.

Berikut merupakan hasil pembuatan rute jalur dengan metode *Least Cost Path* yang di-*overlay* dengan area rentan longsor yang terlihat pada Gambar 4.13. Pada gambar tersebut, terlihat bahwa di beberapa bagian jalur untuk menuju ke sumur masih melewati area yang tidak stabil untuk longsor yang disimbolkan dengan warna merah pada peta. Sedangkan untuk jalur hasil *Least Cost Path* sudah dominan untuk menghindari kawasan rentan longsor. Namun pada simulasi rute jalur untuk menuju sumur baru masih melewati sedikit area yang tidak stabil terhadap longsor yaitu sepanjang ± 28 m. Hal itu memungkinkan untuk terjadi karena algoritma juga mempertimbangkan jarak terpendek untuk menghasilkan *cost*/ biaya termurah. Dimana nantinya rute jalur dapat dimodifikasi sesuai dengan standar perusahaan.



Gambar 4. 14 Peta Jalur dengan Area Rentan Longsor

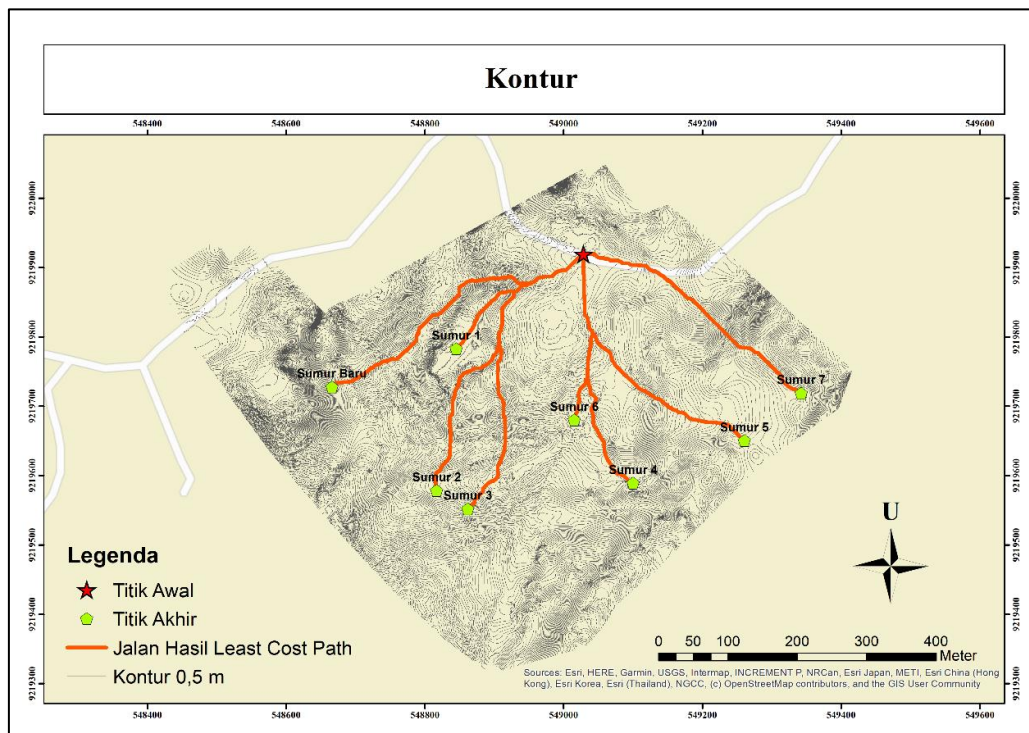
Berikut merupakan hasil analisis rute jalur yang dilalui berdasarkan kelas area rentan longsor berdasarkan metode SMORPH.

Tabel 4. 13 Persentase Rute Jalur Berdasarkan Area Rentan Longsor

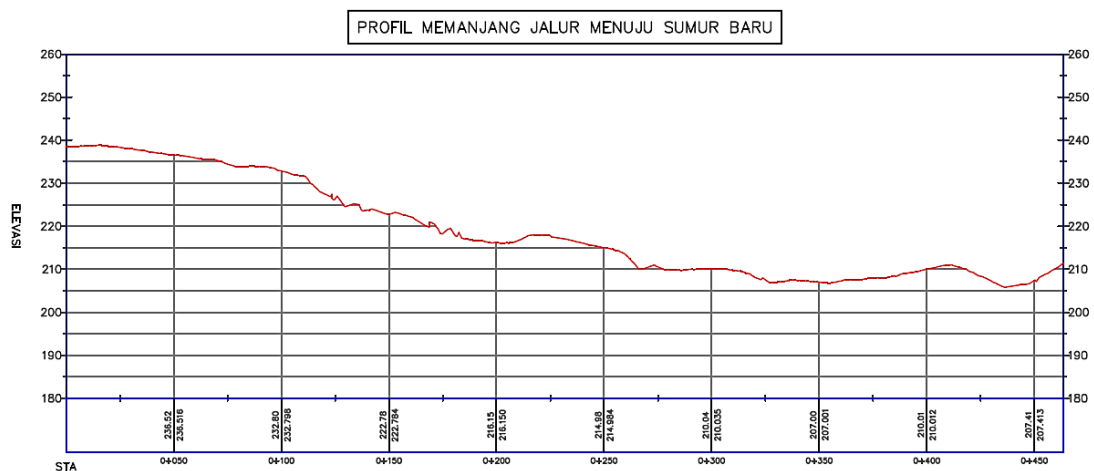
Jalur Menuju Sumur	Persentase (%) Kelas Rentan Longsor		
	Stabil	Waspada	Tidak Stabil
Sumur 1	27	45	28
Sumur 2	69	20	10
Sumur 3	65	18	18
Sumur 4	14	49	37
Sumur 5	1	71	28
Sumur 6	17	68	15
Sumur 7	1	39	61
Sumur Baru	77	15	8

Tabel 4.13 merupakan persentase panjang jalur yang melalui area rentan longsor berdasarkan kelas stabil, waspada, dan tidak stabil terhadap keseluruhan panjang jalur yang dibuat dengan *Least Cost Path*. Pada rute jalur menuju sumur 1, didapatkan bahwa jalur ini didominasi rute yang melalui area waspada sebesar 45% dari keseluruhan panjang jalur. Pada rute jalur menuju sumur 2, didapatkan rute yang didominasi rute yang melalui area stabil dari longsor dengan melalui area tidak stabil hanya sebesar 10% dari keseluruhan panjang jalur. Pada rute jalur menuju sumur 3, terlihat bahwa rute ini didominasi dengan rute yang melalui area stabil dari longsor sebesar 65%, dengan melalui area waspada dan tidak stabil dengan persentase yang hampir sama. Pada rute jalur menuju sumur 4, terlihat bahwa jalur ini memiliki jalur yang didominasi dengan jalur yang melewati area waspada sebesar 49%. Pada rute jalur menuju sumur 5, didapatkan jalur yang didominasi dengan rute jalur yang melewati area waspada longsor, namun hanya melewati area stabil sebesar 1%, dikarenakan jalur ini berada pada area waspada longsor namun area ini memiliki vegetasi yang lebat. Pada jalur menuju sumur 6 didapatkan rute jalur yang didominasi dengan rute jalur yang melalui area waspada longsor sebesar 68% dari keseluruhan panjang jalur. Pada rute jalur menuju sumur 7, didapatkan rute jalur yang didominasi oleh rute jalur yang melewati area tidak stabil dari tanah longsor sebesar 61% dan hanya melewati 1% area stabil longsor. Dikarenakan jalur ini berada pada kawasan tidak stabil longsor berdasarkan analisis SMORPH. Namun jalur 7 ini berada pada area dengan vegetasi yang lebat, sehingga dapat dipertimbangkan untuk perencanaan jalur kendaraan dikarenakan pepohonan dapat membantu mencegah longsor dengan menahan air berlebih yang masuk ke tanah saat curah hujan sedang tinggi, dengan catatan pepohonan memiliki akar yang cukup kuat. Sedangkan hasil pembuatan jalur simulasi sumur Migas baru didominasi dengan rute yang melalui area stabil sebesar 77%, disusul rute yang melalui area waspada sebesar 15%, dan rute yang melalui area tidak stabil sebesar 8% terhadap keseluruhan panjang jalur. Dari Tabel 4.13 terlihat bahwa hasil pembuatan jalur dengan metode *Least Cost Path* rata-rata tidak didominasi dengan jalur yang melewati area tidak stabil dari tanah longsor, sehingga rute jalur yang dibuat dengan metode *Least Cost Path Analysis* cocok digunakan sebagai survei pendahuluan untuk rekomendasi perusahaan PT Pertamina EP Cepu dalam menentukan rute jalan kendaraan menuju sumur eksplorasi Migas baru.

Dalam perencanaan pembuatan rute jalan, diperlukan analisis profil memanjang terhadap elevasi sebagai salah satu parameter penentuan jalur. Hal tersebut diperlukan untuk menambah analisis perencanaan pada pengambilan keputusan tentang perlakuan yang akan diterapkan di lapangan. Pada Gambar 4.15 merupakan visualisasi garis kontur yang digunakan untuk melakukan analisis terhadap profil memanjang. Kontur tersebut memiliki interval sebesar 0,5 m. Sedangkan Gambar 4.16 merupakan hasil visualisasi profil memanjang dari rute jalur menuju simulasi sumur Migas baru. Dimana elevasi profil tersebut tervisualisasi berdasarkan STA jalan yang dibagi setiap 50 meter. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada rute jalur menuju sumur baru melewati titik dengan elevasi tertinggi sebesar 236,516 m yang berada pada STA+050, jika dianalisis setiap jarak 50 meter. Sedangkan hasil visualisasi memanjang rute jalur lainnya berada pada lampiran 3.



Gambar 4. 15 Kontur Interval 0,5 m



Gambar 4. 16 Profil Memanjang Jalur Menuju Sumur Baru

Tabel 4.14 merupakan hasil analisis rute jalur yang dihasilkan dengan metode *Least Cost Path* berdasarkan area rentan longsor yang dilewatinya, dimana dianalisis berdasarkan pembagian STA jalan setiap 50 meter. Sehingga dari rincian tersebut dapat dijadikan sebagai salah satu analisis untuk rekomendasi perencanaan pembuatan jalan hingga penentuan titik sumur Migas baru. Dimana pengambilan keputusan tersebut akan mempertimbangkan bahaya dari bencana *geohazard* yaitu tanah longsor. Pada Tabel 4.14, terlihat bahwa pada jalur menuju sumur baru, didominasi dengan area stabil yaitu pada STA+100, STA+150, STA+200, STA+250, STA+300, STA+350, STA+450. Sedangkan untuk STA+50 termasuk dalam area kelas rentan longsor Waspada, dan STA+400 termasuk dalam area kelas rentan longsor tidak stabil.

Tabel 4. 14 Analisis Rute Terhadap Rentan Longsor Setiap 50 Meter

Jalur Menuju	STA Jalan	Kelas Longsor
Simulasi Sumur Baru	STA+50	Waspada
	STA+100	Stabil
	STA+150	Stabil
	STA+200	Stabil
	STA+250	Stabil
	STA+300	Stabil
	STA+350	Stabil
	STA+400	Tidak Stabil
	STA+450	Stabil

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh pada penelitian ini adalah:

1. Data foto udara dari akuisisi menggunakan UAV dapat dimanfaatkan untuk analisis area rentan longsor dan jalur untuk menghindarinya, serta dapat memenuhi standar BIG untuk peta skala besar 1:1000 dari hasil *orthophoto* yang didapatkan. Berdasarkan metode *Slope Morphology*, dihasilkan bahwa wilayah rencana lokasi pengeboran sumur Migas milik PT Pertamina EP Cepu di Hutan Semanggi, Kabupaten Blora terdiri dari area stabil dengan luasan sebesar 8,952 Ha yaitu 22% dari luas keseluruhan area penelitian, dan sisanya yaitu sebesar 78% (30,893 Ha) yang terdiri dari area dengan tingkat potensi terhadap rentan longsor yang berada di kelas waspada dengan persentase sebesar 43% dan 34% kelas tidak stabil dari luas keseluruhan area yang dianalisis.
2. Jalur yang dihasilkan dari metode *Least Cost Path* menghasilkan panjang jalur yang lebih pendek sebesar 124,191 m untuk selisih terpanjang (jalur menuju Sumur 7) dan 2,954 m untuk selisih terpendek (jalur menuju Sumur 5) dibanding dengan jalur eksisting di lapangan dalam rangka menghindari area rentan longsor. Jalur dari *Least Cost Path* memiliki panjang rata-rata sebesar 390,084 m. Dari hasil rute jalur yang didapatkan melalui metode *Least Cost Path Analysis* untuk asumsi perencanaan sumur baru, dapat dijadikan sebagai salah satu rekomendasi untuk PT Pertamina EP Cepu dalam merencanakan rute jalur menuju sumur baru.

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran oleh penulis untuk penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Menggunakan wilayah studi kasus yang lebih luas untuk memperluas analisis penelitian terkait rute jalur kendaraan dengan menghubungkannya dengan jalan utama nasional.
2. Melakukan pengukuran ICP (*Independent Check Point*) sebagai tambahan analisis untuk validasi ketelitian pengukuran *orthophoto*.
3. Menambah kriteria dalam analisis *Least Cost Path* dan menambahkan metode penentuan pembobotan multikriteria/ *Multi Criteria Decision Analysis*, seperti metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Adil, A. (2017). *Sistem Informasi Geografis*. Penerbit Andi.
- Ajayi, O. G., & Ajulo, J. (2021). Investigating the Applicability of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) Photogrammetry for the Estimation of the Volume of Stockpiles. *Quaestiones Geographicae*, 40(1), 25–38. <https://doi.org/10.2478/QUAGEO-2021-0002>
- Arrofiqoh, E. N., Muryanto, R., Afiyanti, D., Azizah, S. C., Kresnawan, S., Nuron, A., Program, F., Terapan, S., Survei, T., Dasar, P., & Kebumian, D. T. (2022). Pemanfaatan UAV dengan Sensor Kamera dan Lidar untuk Pemetaan Situs Cagar Budaya Kawasan Candi Prambanan. 17(2), 176–184.
- Ayyubi, A. S., Cahyono, A. B., & Hidayat, H. (2017). Pemetaan Foto Udara Menggunakan Wahana Fix Wing UAV (Studi Kasus: Kampus ITS, Sukolilo). *JURNAL TEKNIK ITS*, 403–408.
- BAPPEDA. (2019). Album Peta Studi Kelayakan Jalan Lingkar di Kabupaten Blora Tahun Kegiatan 2019. Dalam BAPPEDA Kabupaten Blora. Diakses pada 14 Januari 2023, dari <https://bappeda.blorakab.go.id/packages/upload/portal/files/ALBUM%20PETA%20STUDI%20KELAYAKAN%20JALAN%20LINGKAR%20KAB.BLORA%20FIX.pdf>
- BIG. (2014). Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014.
- BNPB. (2023). Definisi Bencana. BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana). Diakses pada 14 Januari 2023, dari <https://bnpb.go.id/definisi-bencana#:~:text=Tanah%20longsor%20merupakan%20salah%20satu,tanah%20atau%20Obatuan%20penyusun%20lereng>.
- BPBD. (2022). Laman BPBD. BPBD Kabupaten Blora. Diakses pada 14 Januari 2023, dari <https://bpbd.blorakab.go.id/#>
- Buğday, E., & Akay, A. E. (2022a). Assessment of Alternative Forest Road Routes and Landslide Susceptibility Mapping Using Machine Learning. *CERNE*, 28(1). <https://doi.org/10.1590/01047760202228012976>
- Buğday, E., & Akay, A. E. (2022b). Assessment of Alternative Forest Road Routes and Landslide Susceptibility Mapping Using Machine Learning. *Cerne*, 28(1). <https://doi.org/10.1590/01047760202228012976>
- Dji. (2023). Mavic Air 2 Specs. Diakses pada 31 Januari 2023, dari <https://www.dji.com/id/mavic-air-2/specs>
- Dorimulu, P., & Prakoso, R. (2022, Agustus 8). Pertamina Berkontribusi 60% Produksi Minyak Mentah Indonesia. *Investor Daily*. Diakses pada 14 Januari 2023, dari <https://investor.id/business/302379/pertamina-berkontribusi-60-produksi-minyak-mentah-indonesia>.
- ESRI. (2016). Curvature function—Help | ArcGIS for Desktop. Environmental Systems Research Institute. Diakses pada 16 Januari 2023, dari <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/curvature-function.htm>


- ESRI. (2023a). Creating the least-cost path—ArcGIS Pro | Documentation. Diakses pada 16 Januari 2023, dari <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/creating-the-least-cost-path.htm>
- ESRI. (2023b). How Slope works—ArcGIS Pro | Documentation. Diakses pada 16 Januari 2023, dari <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/how-slope-works.htm>
- Harist, M. C., Afif, H. A., Putri, D. N., & Shidiq, I. P. A. (2018). GIS Modelling Based on Slope and Morphology for Landslide Potential Area in Wonosobo, Central Java. *MATEC Web of Conferences*, 229, 03004. <https://doi.org/10.1051/MATECCONF/201822903004>
- Harjadi, B. (2015). *Survei ISDL (Inventarisasi Sumber Daya Lahan)*. Deepublish.
- Hidranto, F. (2022, Agustus 31). Mengejar Produksi Minyak 1 Juta Barel di 2030. *Indonesia.go.id* (Portal Informasi Indonesia). Diakses pada 14 Januari 2023, dari <https://indonesia.go.id/kategori/editorial/5579/mengejar-produksi-minyak-1-juta-barel-di-2030?lang=1>
- Hilmawan, E. (2021). *OUTLOOK ENERGI INDONESIA 2021 Perspektif Teknologi Energi Indonesia: Tenaga Surya untuk Penyediaan Energi Charging Station*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).
- Huseynli, S. (2015). *Determination of The Most Suitable Oil Pipeline Route Using GIS Least Cost Path Analysis [Universitas Jaume I]*.
- Irwansyah, E. (2013). *Sistem Informasi Geografis: Prinsip Dasar dan Pengembangan Aplikasi*. Penerbit Digibooks.
- Jumadi, Fikriyah, V. N., & Danardono. (2021). *Sistem Informasi Geografis dan Aplikasinya di Bidang Geografi* (1 ed.). Muhammadiyah University Press.
- Kusumaningrum, M. (2021). *Kajian Kerawanan Longsor Lahan dan Teknik Least Cost Path Analysis untuk Penentuan Jalur Evakuasi di Sub DAS Jlantah, Jawa Tengah [Universitas Muhammadiyah Surakarta]*.
- Marjuki, B., Astutik, S., Hartini, K. S., Wijanarko, S. R., & Prananingtyas, S. R. (2019). *Pemetaan Menggunakan UAV*. Pusdatin Kementerian PUPR Indonesia.
- Meiarti, R., Seto, T., & Sartohadi, J. (2019). Uji Akurasi Hasil Teknologi Pesawat Udara Tanpa Awak (Unmanned Aerial Vehicle) Dalam Aplikasi Pemetaan Kebencanaan Kepesisiran. *Jurnal Geografi, Edukasi dan Lingkungan (JGEL)*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.29405/jgel.v3i1.2987>
- Muntohar, A. S. (2012). *Tanah Longsor (Analisis - Prediksi - Mitigasi)*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Mutaqien, I., Amelia, R., & Maulidini, T. (2022). *Pemetaan Metode UAV Fotogrametri Untuk Akuisisi Data Dasar Perencanaan Lokasi Sumur Eksplorasi (Studi Kasus: Hutan Semanggi, Cepu, Kabupaten Blora)*.
- Priyana, Y., Noor Anna, A., & Anggoro Sigit, A. (2015). *Pembuatan Jalur Evakuasi Alternatif Berdasarkan Model Simulasi Banjir Luapan Sungai Bengawan Solo di Kota Surakarta Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG)*.
- Priyono. (2022). *Kumpulan Informasi Terutama Tentang Bencana Tanah Longsor dan Banjir Serta Upaya Mitigasinya*. Unisri Press.

- Putra, E. H. (2014). Landslide Hazard Area Identification Using Smorph-Slope Morphology Method in Manado City. *Jurnal Wasian*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.20886/JWAS.V1I1.849>
- Putra, M. I. J., & Widodo, T. (2019). Model Spasial Least Cost Path Analysis (LCPA) dan Multi Criteria Decision Analysis (MCDA) dalam Perencanaan Konektivitas Jalan Tol Sukabumi-Cianjur-Padalarang. *Seminar Nasional Geomatika*, 3, 575. <https://doi.org/10.24895/SNG.2018.3-0.1012>
- Ramdhoni, F., Damayanti, A., & Indra, T. L. (2020). Smorph Application for Landslide Identification in Kebumen Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 451(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/451/1/012013>
- Rommel, T. K., & Perera, A. H. (2017). *Mapping Forest Landscape Patterns*. Springer Nature.
- Shaw, S. C., & Johnson, D. H. (1998). *Slope Morphology Model Derived from Digital Elevation Data*.
- Suwardo, & Haryanto, I. (2018). *Perancangan Geometrik Jalan: Standar dan Dasar-Dasar Perancangan*. UGM PRESS.
- Trimble. (2001). Trimble 5700 Receiver. Diakses pada 31 Januari 2023, dari http://www.topomet.gr/hermes-content/uploads/2007/03/trimble_5700_specs.pdf
- Triwahyuni, L., Sobirin, S., & Saraswati, R. (2017). Analisis Spasial Wilayah Potensi Longsor dengan Metode SINMAP dan SMORPH di Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 8, 69–76. <https://doi.org/10.35313/IRWNS.V8I3.701>
- Türk, T., Tunalioglu, N., Erdogan, B., Ocalan, T., & Gurturk, M. (2022). Accuracy assessment of UAV-post-processing kinematic (PPK) and UAV-traditional (with ground control points) georeferencing methods. *Environmental monitoring and assessment*, 194(7). <https://doi.org/10.1007/S10661-022-10170-0>
- Utoyo, B. (2007). *Geografi: Membuka Cakrawala Dunia* - Google Books. PT Grafindo Media Pratama.
- Wolf, P. R. (1993). *Elemen Fotogrametri dengan Interpretasi Foto Udara dan Penginderaan Jauh*. Gadjah Mada University Press.

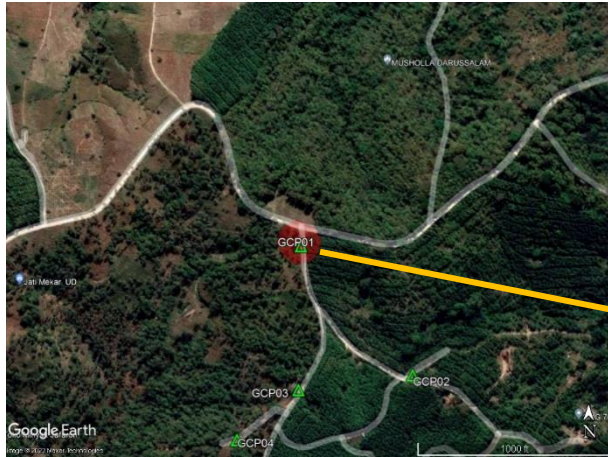
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1. Deskripsi GCP

	DESKRIPSI GROUND CONTROL POINT SMG GCP - 001	
<p>GCP : 001</p> <p>Lokasi : Jalan Tanpa Nama, Hutan, Semanggi, Kec. Jepon, Jawa Tengah</p>	<p>Tanggal : 25 Juli 2022</p> <p>Diukur</p> <p>Pelaksana : - Imam Mutaqien - SONDY HARDIAN MJ - Sesar Andi Prayitno - Rizka Amelia Dwi Safira - Talita Rifda Maulidini</p> <p>BM Referensi : BM-002 (milik PT Pertamina)</p>	
<p>DATUM : WGS 1984</p> <p>SISTEM PROYEKSI : UTM ZONA 49S</p>		
<p>EASTING : 549022.681 m</p> <p>NORTHING : 9219896.946 m</p> <p>ELEVATION : 239.628 m (EGM08)</p>	<p>LATITUDE : 7° 03' 26.16710'' S</p> <p>LONGITUDE : 111° 26' 38.00718'' E</p>	
<p>Deskripsi ke Lokasi</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bagian timur dan selatan lokasi merupakan kawasan hutan kering - Bagian utara dan timur lokasi merupakan lahan rumput kering - Terdapat akses jalan yang dapat dilalui truk di bagian utara lokasi - Topografi sekitar lokasi bergelombang 		
<p>Jalan ke Lokasi</p> <ul style="list-style-type: none"> - Jl. Nasional Blora Cepu – Jl. Blora Cepu, Kecamatan Jiken - Jalan lokasi GCP-001 		
<p>Transportasi</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kendaraan roda 4 		

Sketsa Umum



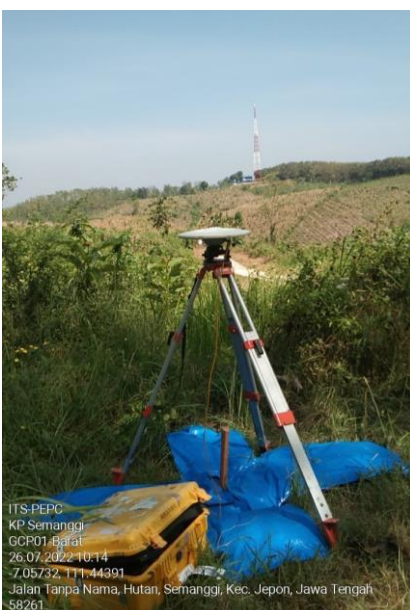
Sketsa Detail



GCP-001 Arah Pandangan ke **Utara**



GCP-001 Arah Pandangan ke **Selatan**



GCP-001 Arah Pandangan ke **Barat**



GCP-001 Arah Pandangan ke **Timur**

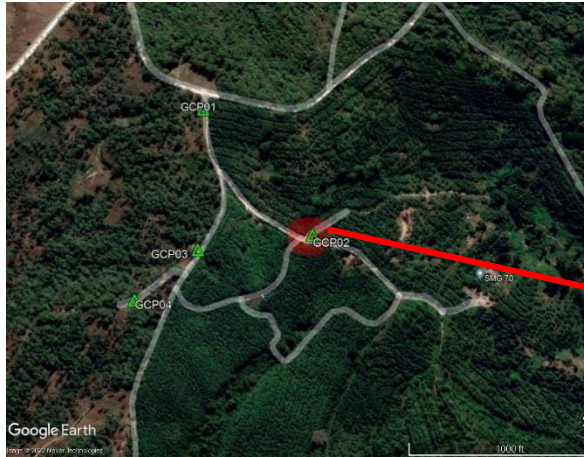


**DESKRIPSI GROUND CONTROL POINT SMG
GCP - 002**



GCP : 002	Tanggal : 26 Juli 2022
Lokasi : Jalan Tanpa Nama, Hutan, Semanggi, Kec. Jepon, Jawa Tengah	Diukur Pelaksana : - Imam Mutaqien - SONDY HARDIAN MJ - Sesar Andi Prayitno - Rizka Amelia Dwi Safira - Talita Rifda Maulidini BM Referensi : GCP-001
DATUM : WGS 1984 SISTEM PROYEKSI : UTM ZONA 49S	
EASTING : 549191.354 m NORTHING : 92119685.622 m ELEVATION : 219.120 m (EGM08)	LATITUDE : 7° 03' 33.04349'' S LONGITUDE : 111° 26' 43.51194'' E
Deskripsi ke Lokasi <ul style="list-style-type: none">- Sekitar lokasi merupakan kawasan hutan kering- Lokasi berada di dekat pertigaan akses jalan yang dapat dilewati kendaraan roda 4- Topografi relatif datar	
Jalan ke Lokasi <ul style="list-style-type: none">- Jl. Nasional Blora Cepu – Jl. Blora Cepu, Kecamatan Jiken- Jalan lokasi GCP-002	
Transportasi <ul style="list-style-type: none">- Kendaraan roda 4	

Sketsa Umum



Sketsa Detail



GCP-002 Arah Pandangan ke **Utara**



GCP-002 Arah Pandangan ke **Selatan**



GCP-002 Arah Pandangan ke **Barat**




GCP-002 Arah Pandangan ke **Timur**

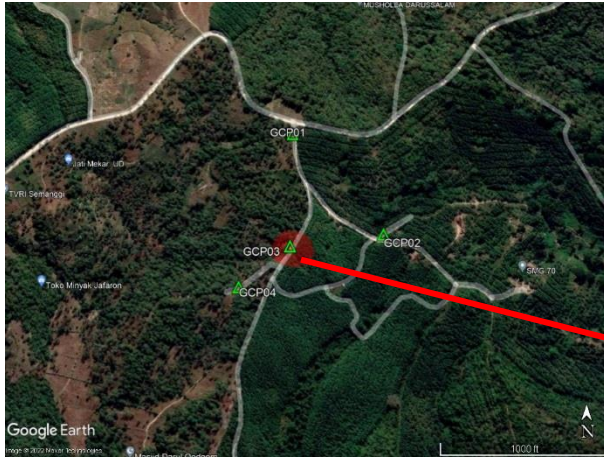


**DESKRIPSI GROUND CONTROL POINT SMG
GCP – 003**



GCP : 003	Tanggal : 26 Juli 2022
Lokasi : Jalan Tanpa Nama, Hutan, Semanggi, Kec. Jepon, Jawa Tengah	Diukur Pelaksana : - Imam Mutaqien - SONDY HARDIAN MJ - SESAR ANDI PRAYITNO - Rizka Amelia Dwi Safira - Talita Rifda Maulidini BM Referensi : GCP-001
DATUM : WGS 1984 SISTEM PROYEKSI : UTM ZONA 49S	
EASTING : 549012.447 m NORTHING : 9219672.136 m ELEVATION : 225.042 m (EGM08)	LATITUDE : 7° 03' 26.16709'' S LONGITUDE : 111° 26' 38.00717'' E
Deskripsi ke Lokasi <ul style="list-style-type: none">- Bagian timur dan selatan lokasi merupakan kawasan hutan kering- Dekat dengan SMG-P72TW	
Jalan ke Lokasi <ul style="list-style-type: none">- Jl. Nasional Blora Cepu – Jl. Blora Cepu, Kecamatan Jiken- Jalan lokasi GCP-003	
Transportasi <ul style="list-style-type: none">- Kendaraan roda 4	

Sketsa Umum



Sketsa Detail



GCP-003 Arah Pandangan ke **Utara**



GCP-003 Arah Pandangan ke **Selatan**



GCP-003 Arah Pandangan ke **Barat**




GCP-003 Arah Pandangan ke **Timur**

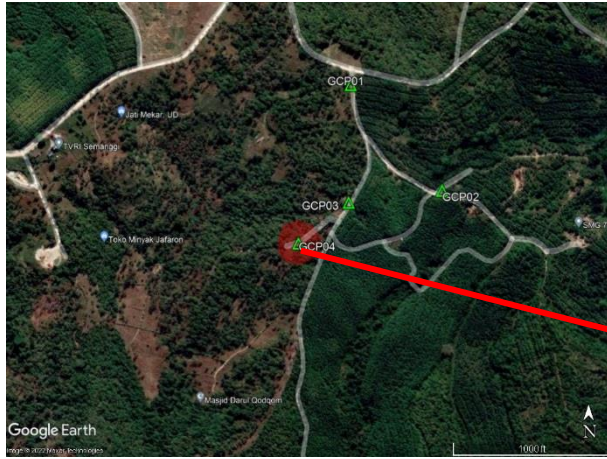


**DESKRIPSI GROUND CONTROL POINT SMG
GCP - 004**

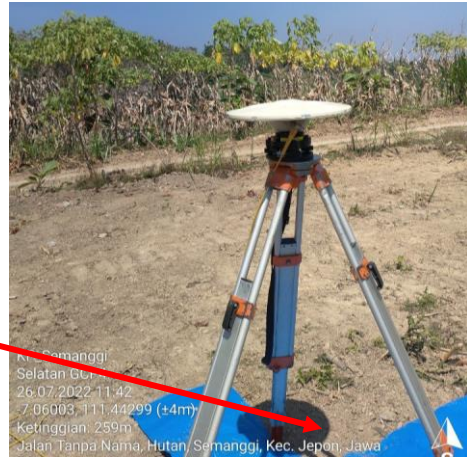


GCP : 004	Tanggal : 26 Juli 2022
Lokasi : Jalan Tanpa Nama, Hutan, Semanggi, Kec. Jepon, Jawa Tengah	Diukur Pelaksana : - Imam Mutaqien - Sondy Hardian MJ - Sesar Andi Prayitno - Rizka Amelia Dwi Safira - Talita Rifda Maulidini
	BM : GCP-001 Referensi
DATUM : WGS 1984 SISTEM PROYEKSI : UTM ZONA 49S	
EASTING : 548921.450 m NORTHING : 9219596.633 m ELEVATIO : 221.905 m N (EGM08)	LATITUDE : 7° 03' 35.94974'' S LONGITUD : 111° 26' 34.71667'' E
Deskripsi ke Lokasi <ul style="list-style-type: none">- Bagian selatan lokasi merupakan kawasan hutan kering- Bagian utara lokasi merupakan kawasan lahan rumput kering- Terdapat perbedaan topografi yang signifikan di bagian barat	
Jalan ke Lokasi <ul style="list-style-type: none">- Jl. Nasional Blora Cepu – Jl. Blora Cepu, Kecamatan Jiken- Jalan lokasi GCP-004	
Transportasi <ul style="list-style-type: none">- Kendaraan roda 4	

Sketsa Umum



Sketsa Detail



GCP-004 Arah Pandangan ke **Utara**



GCP-004 Arah Pandangan ke **Selatan**



GCP-004 Arah Pandangan ke **Barat**



GCP-004 Arah Pandangan ke **Timur**

Lampiran 2. *Report* Pengolahan Data Foto UAV

72TW_EGM2008_Precalibrated REPORT

Processing Report

13 April 2023



Survey Data

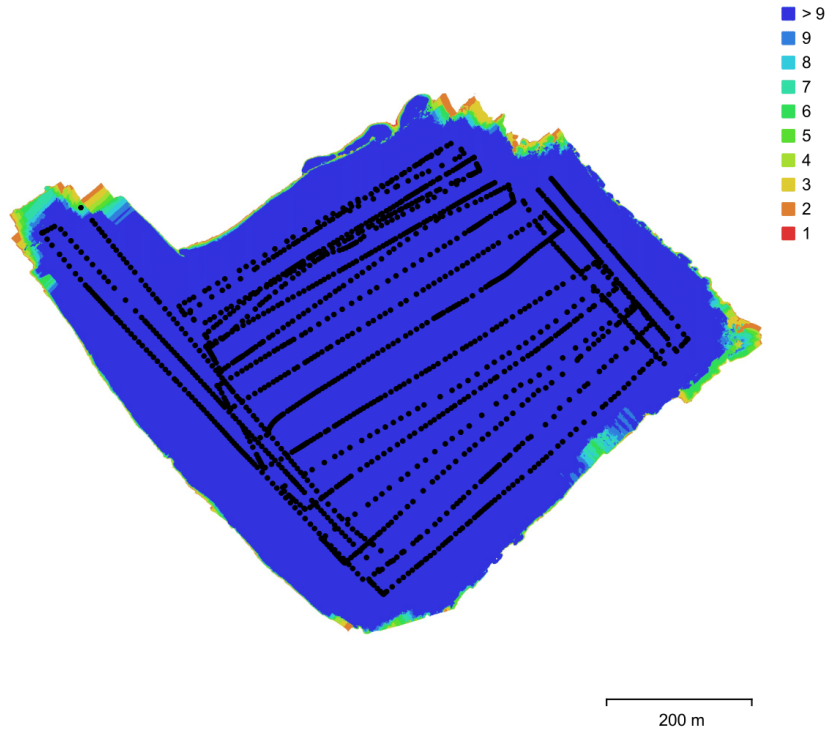


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	1,672	Camera stations:	1,672
Flying altitude:	110 m	Tie points:	9,163,065
Ground resolution:	3.79 cm/pix	Projections:	29,100,414
Coverage area:	0.421 km ²	Reprojection error:	2.41 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
FC3170 (4.5mm)	4000 x 3000	4.5 mm	1.62 x 1.62 μ m	Yes

Table 1. Cameras.

Camera Calibration

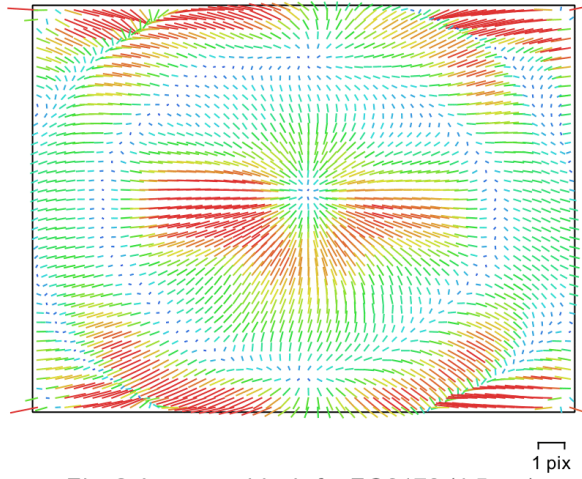


Fig. 2. Image residuals for FC3170 (4.5mm).

FC3170 (4.5mm)

1672 images, precalibrated

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
Frame	4000 x 3000	4.5 mm	1.62 x 1.62 μm
F:	2727.3		
Cx:	0	B1:	0
Cy:	0	B2:	0
K1:	0.230625	P1:	-0.00342852
K2:	-0.438133	P2:	0.00346376
K3:	0.252709	P3:	0
K4:	0	P4:	0

Ground Control Points



Fig. 3. GCP locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.
 Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
4	10.1916	6.45965	18.4075	12.0663	22.0098

Table 2. Control points RMSE.
 X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
GCP1	6.63089	9.05681	-4.89269	12.2447	5.945 (54)
GCP2	-6.25887	1.30168	-8.21572	10.4099	4.357 (48)
GCP3	-13.0753	-9.02233	30.8234	34.6763	6.129 (47)
GCP4	12.7032	-1.33618	-17.715	21.8399	6.863 (35)
Total	10.1916	6.45965	18.4075	22.0098	5.821

Table 3. Control points.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Digital Elevation Model

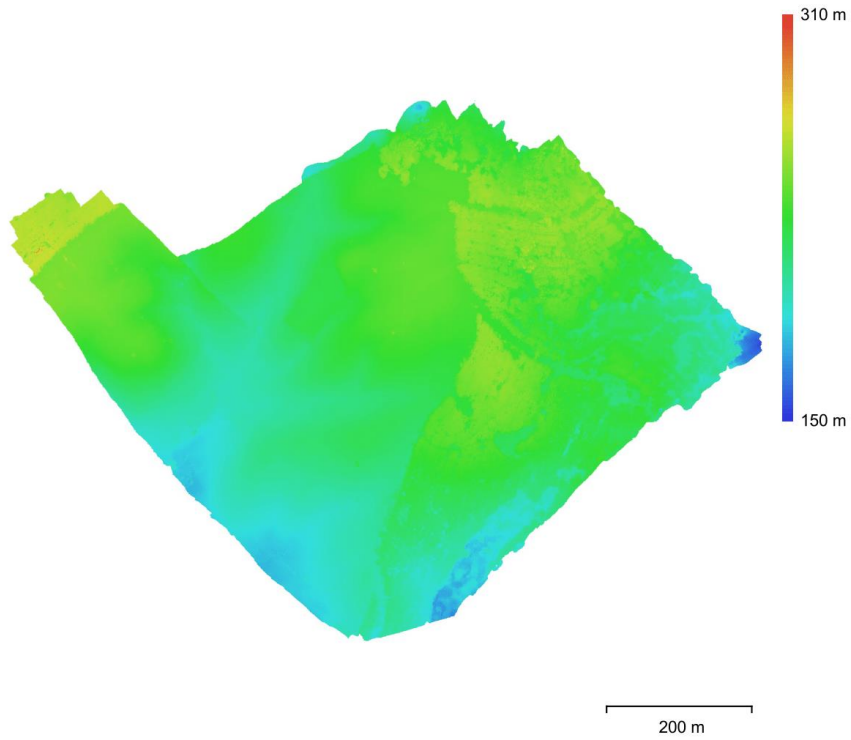


Fig. 4. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 7.58 cm/pix
Point density: 174 points/m²

Processing Parameters

General

Cameras	1672
Aligned cameras	1672
Markers	4
Coordinate system	WGS 84 / UTM zone 49S+EGM2008_25
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll

Point Cloud

Points	9,163,065 of 10,863,416
RMS reprojection error	0.558712 (2.40575 pix)
Max reprojection error	6.92737 (78.0113 pix)
Mean key point size	4.07189 pix
Point colors	3 bands, uint8
Key points	No
Average tie point multiplicity	4.53215

Alignment parameters

Accuracy	High
Generic preselection	Yes
Reference preselection	No
Key point limit	400,000
Tie point limit	40,000
Guided image matching	No
Adaptive camera model fitting	No
Matching time	1 hours 21 minutes
Matching memory usage	3.46 GB
Alignment time	3 hours 34 minutes
Alignment memory usage	4.32 GB

Optimization parameters

Adaptive camera model fitting	No
Optimization time	4 minutes 20 seconds
Software version	1.7.0.11429
File size	1.34 GB

Depth Maps

Count	1672
-------	------

Depth maps generation parameters

Quality	High
Filtering mode	Mild
Processing time	58 minutes 30 seconds
Memory usage	6.07 GB
Software version	1.7.0.11429
File size	4.64 GB

Dense Point Cloud

Points	214,391,947
Point colors	3 bands, uint8

Depth maps generation parameters


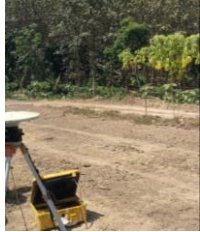
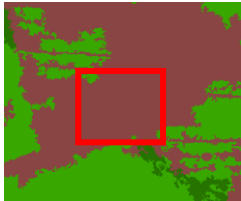





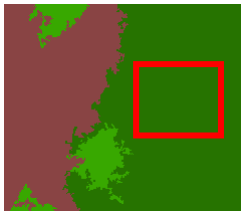
Quality	High
Filtering mode	Mild
Processing time	58 minutes 30 seconds
Memory usage	6.07 GB

Dense cloud generation parameters

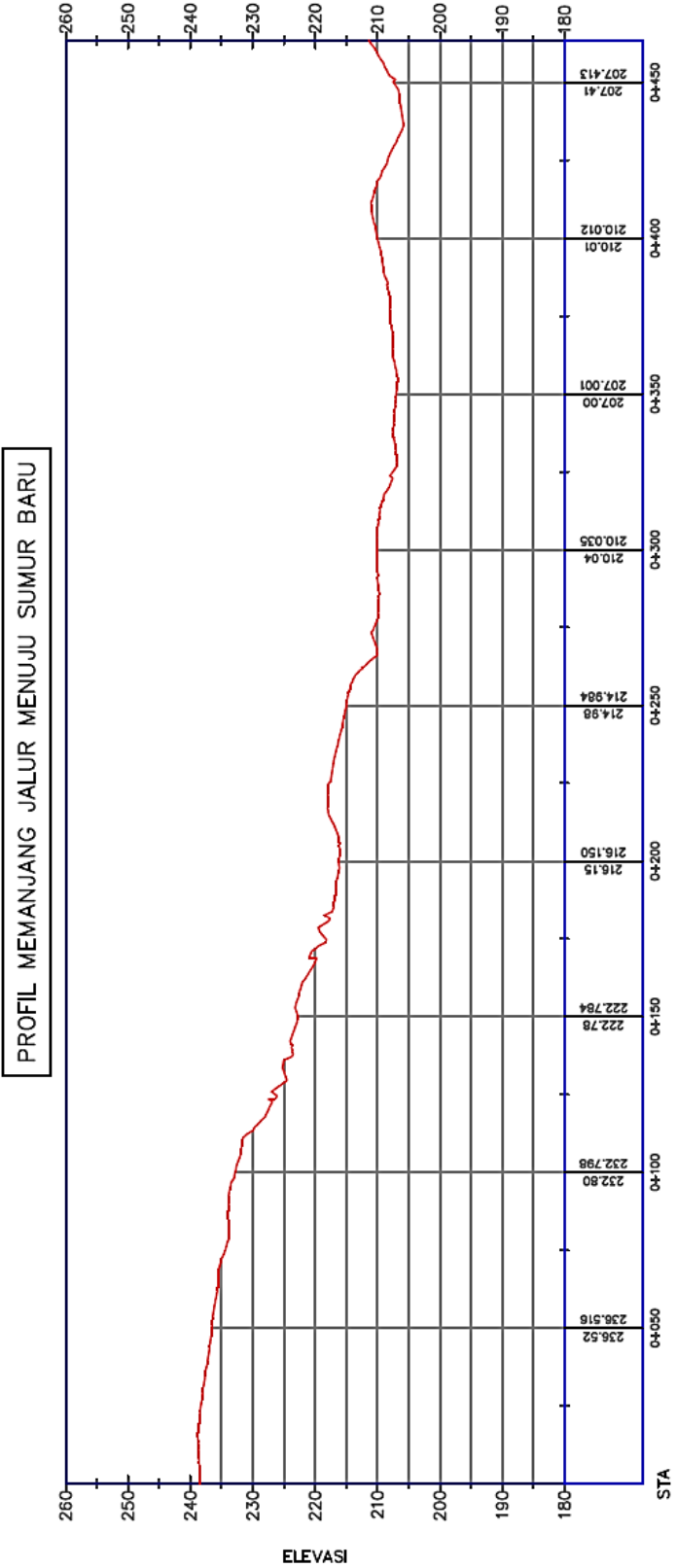
Processing time	4 hours 46 minutes
Memory usage	20.75 GB

Software version	1.7.0.11429
File size	2.76 GB
Model	
Faces	42,680,345
Vertices	21,348,015
Vertex colors	3 bands, uint8
Depth maps generation parameters	
Quality	High
Filtering mode	Mild
Processing time	58 minutes 30 seconds
Memory usage	6.07 GB
Reconstruction parameters	
Surface type	Height field
Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Strict volumetric masks	No
Processing time	10 minutes 18 seconds
Memory usage	5.02 GB
Software version	1.7.0.11429
File size	977.00 MB
DEM	
Size	16,048 x 13,194
Coordinate system	WGS 84 / UTMzone 49S+EGM2008_25
Reconstruction parameters	
Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Processing time	2 minutes 53 seconds
Memory usage	299.97 MB
Software version	1.7.0.11429
File size	312.32 MB
Orthomosaic	
Size	27,335 x 19,647
Coordinate system	WGS 84 / UTMzone 49S+EGM2008_25
Colors	3 bands, uint8
Reconstruction parameters	
Blending mode	Mosaic
Surface	DEM
Enable hole filling	Yes
Enable ghosting filter	No
Processing time	39 minutes 20 seconds
Memory usage	1.76 GB
Software version	1.7.0.11429
File size	27.74 GB
System	
Software name	Agisoft Metashape Professional
Software version	1.7.0 build 11429
OS	Windows 64 bit
RAM	63.93 GB
CPU	Intel(R) Core(TM) i7-9700F CPU @ 3.00GHz
GPU(s)	NVIDIA GeForce RTX 2080

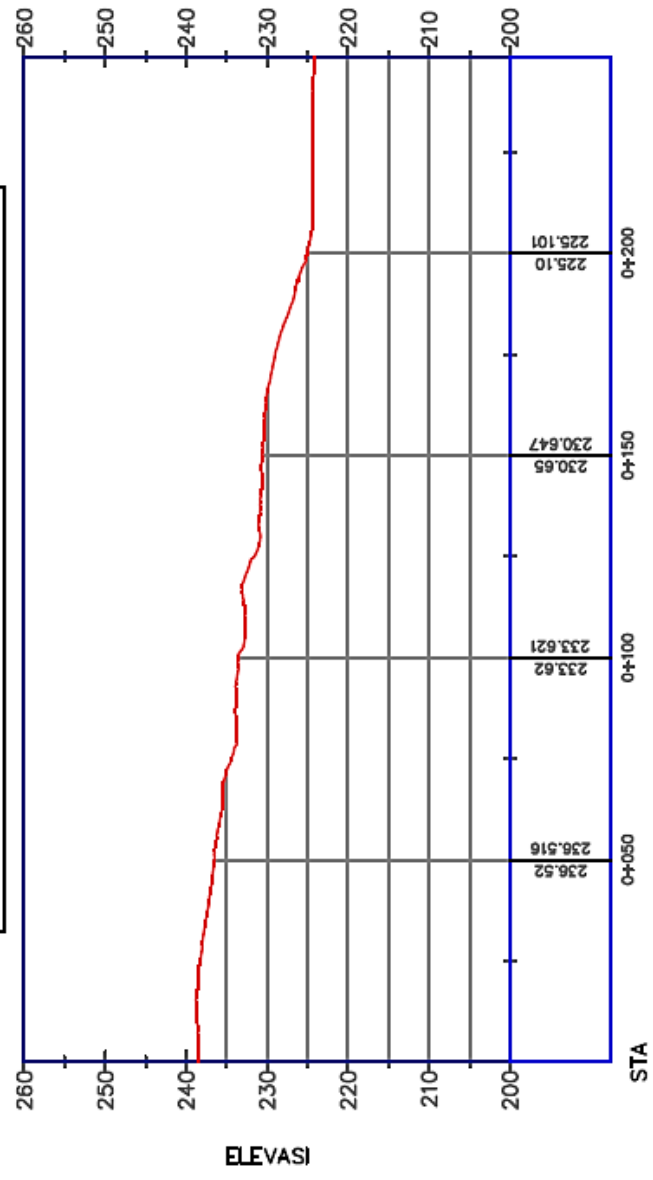
Lampiran 3. Contoh *Training Sample* Klasifikasi Tutupan Lahan

Tutupan Lahan	Tampilan pada <i>Orthophoto</i>	Dokumentasi Lapangan	Tampilan Hasil Klasifikasi	Deskripsi
Non Vegetasi				Tanah kosong, jalan
Vegetasi Tidak Lebat				Pepohonan dengan densitas tidak rapat, semak
Vegetasi Lebat				Pepohonan tinggi dengan densitas rapat

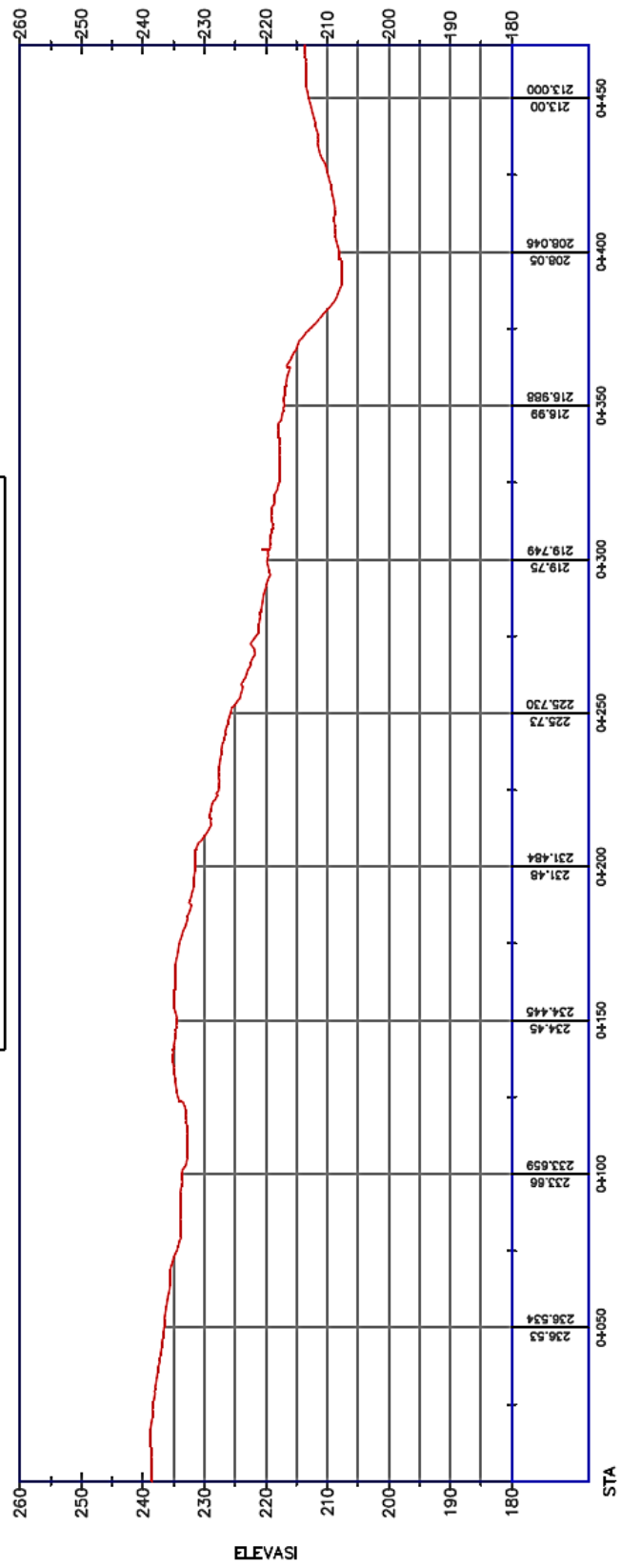
Lampiran 4. Profil Memanjang Jalur



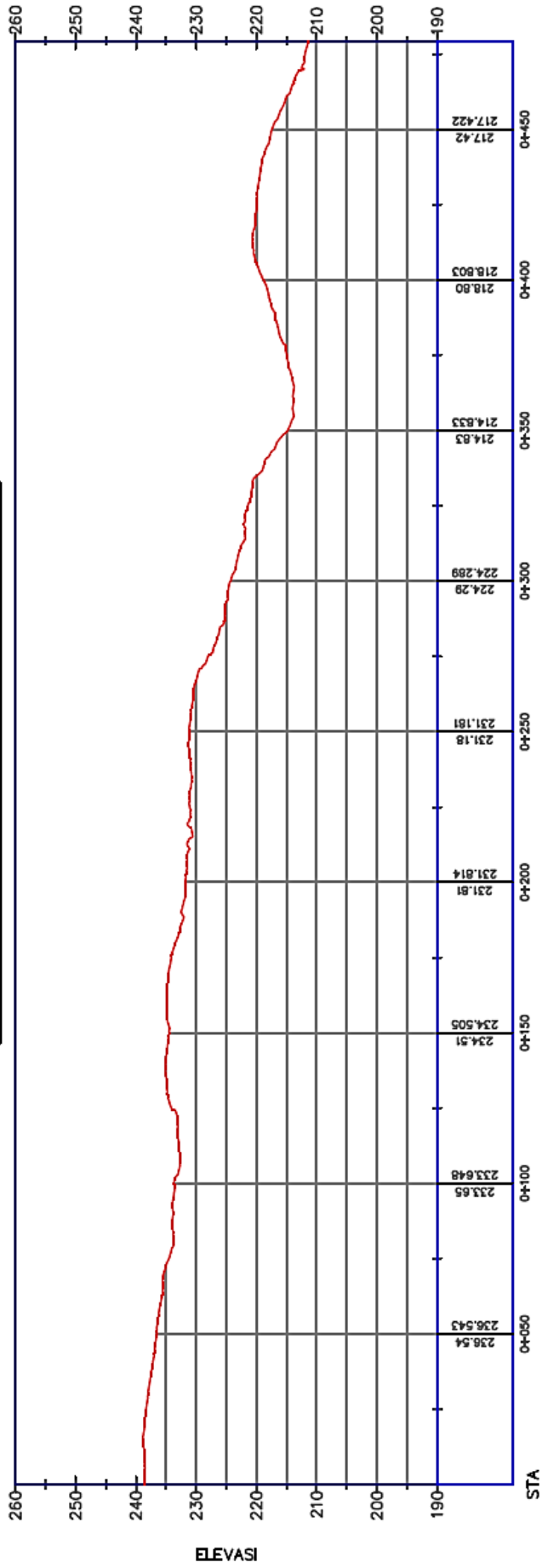
PROFIL MEMANJANG JALUR MENUJU SUMUR 1



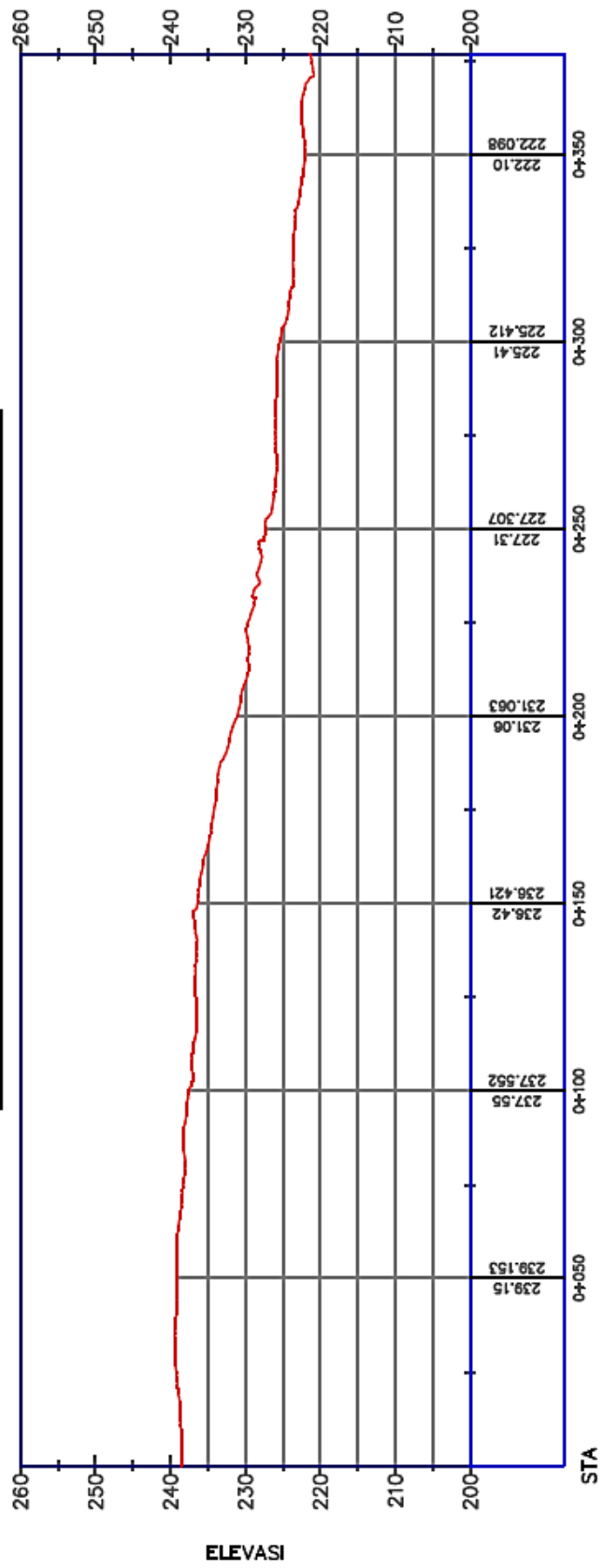
PROFIL MEMANJANG JALUR MENUJU SUMUR 2



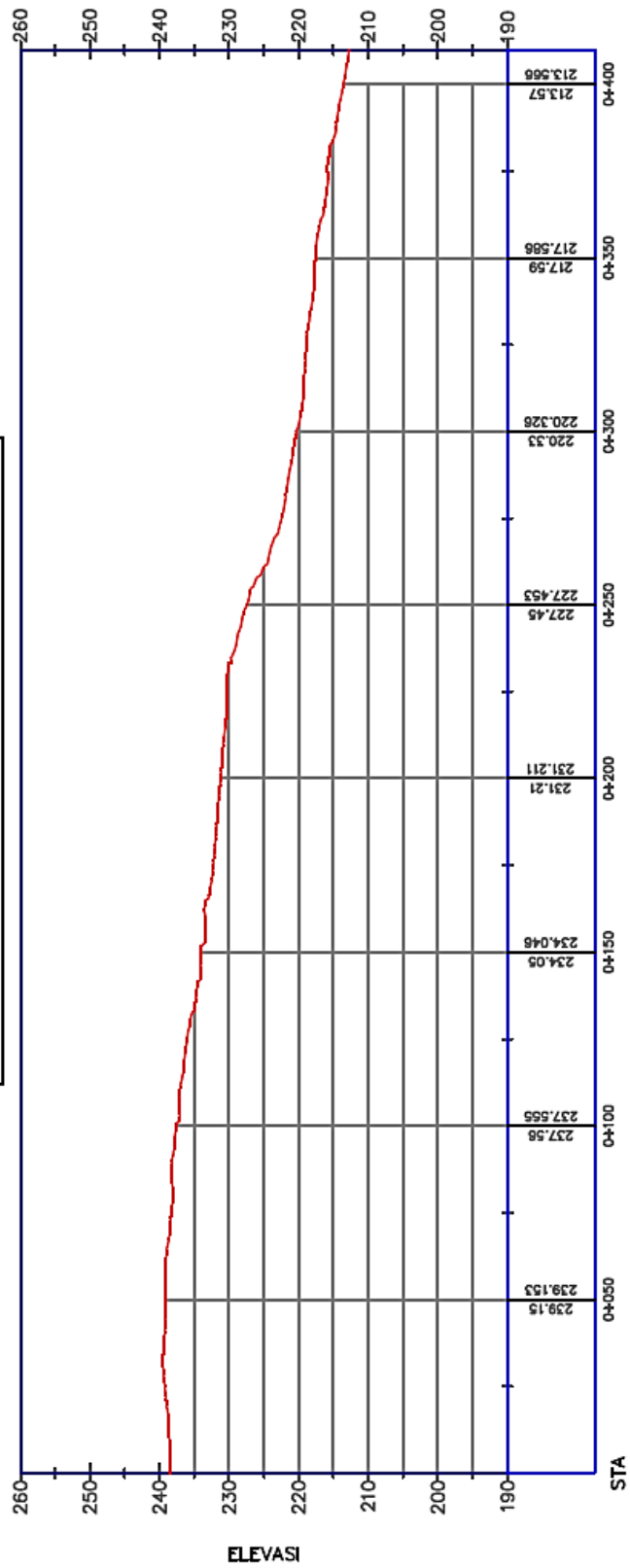
PROFIL MEMANJANG JALUR MENUJU SUMUR 3



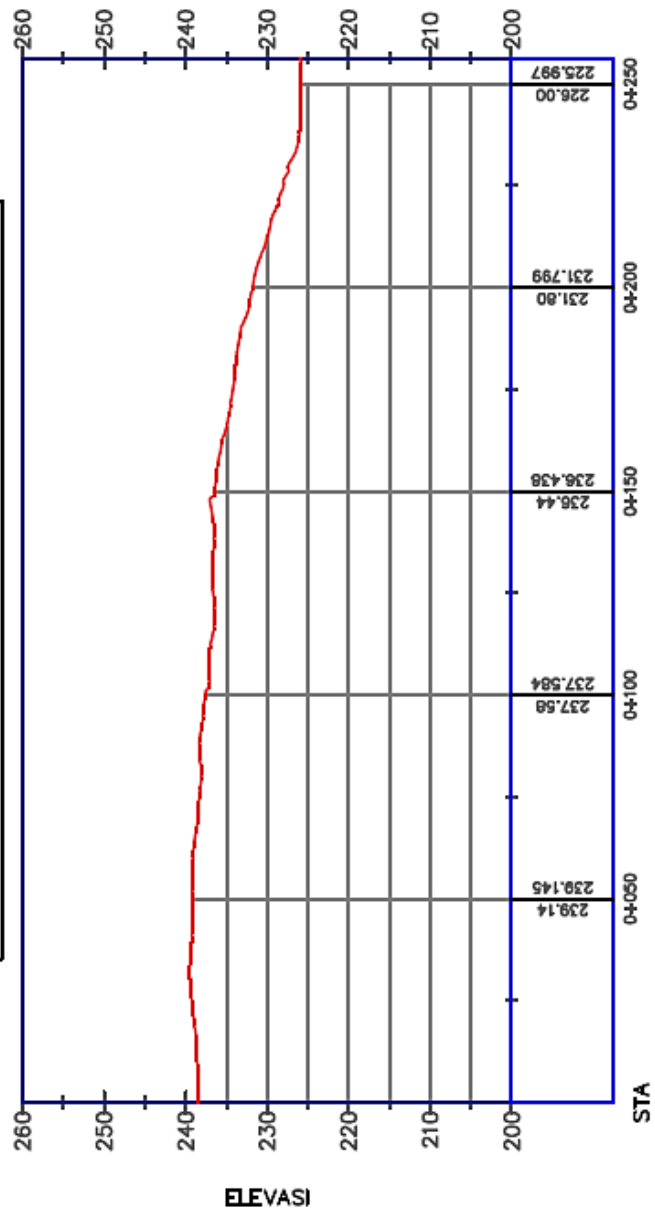
PROFIL MEMANJANG JALUR MENUJU SUMUR 4



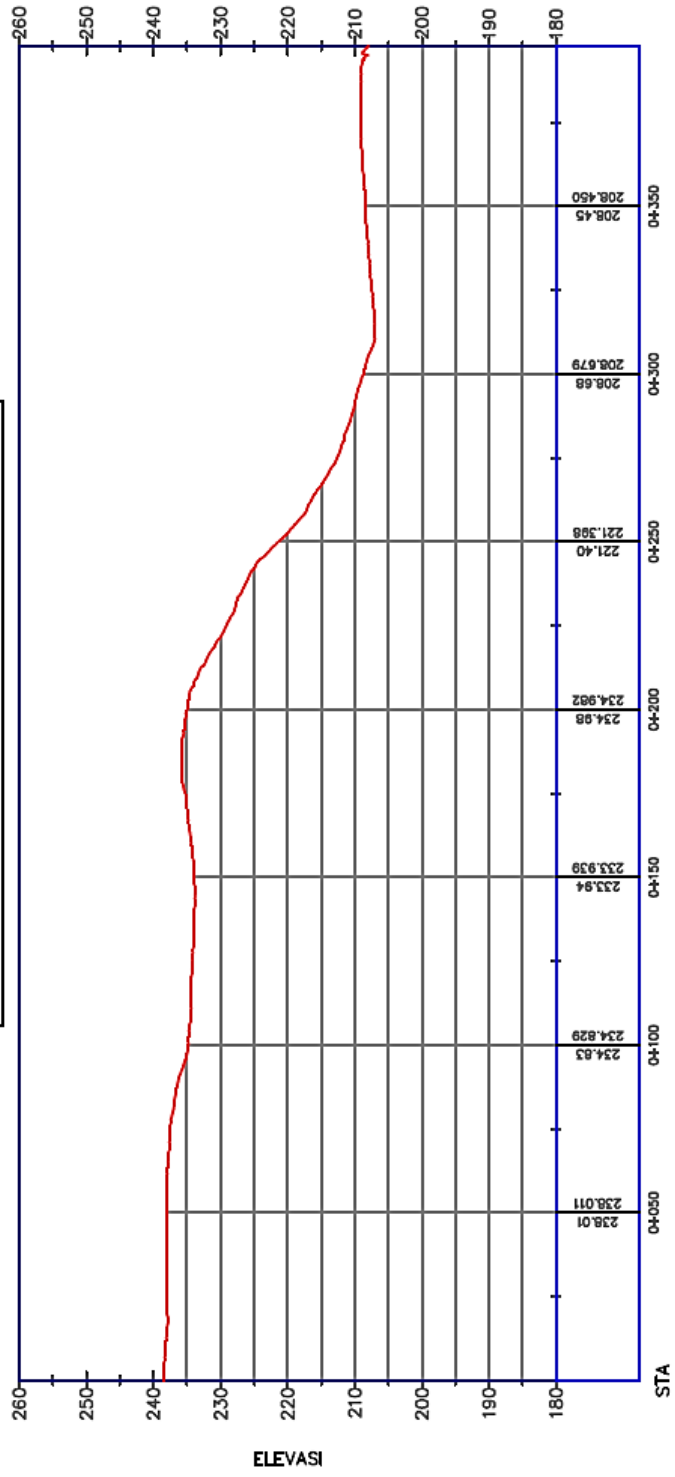
PROFIL MEMANJANG JALUR MENUJU SUMUR 5



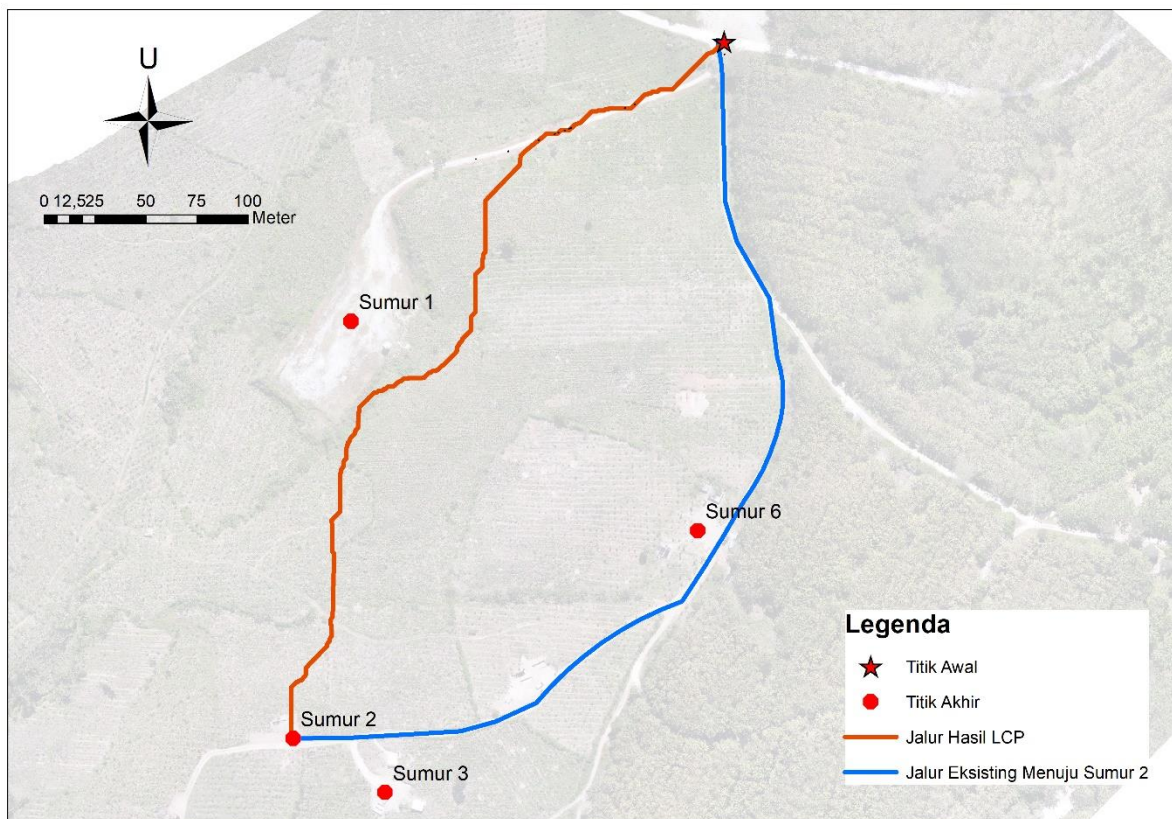
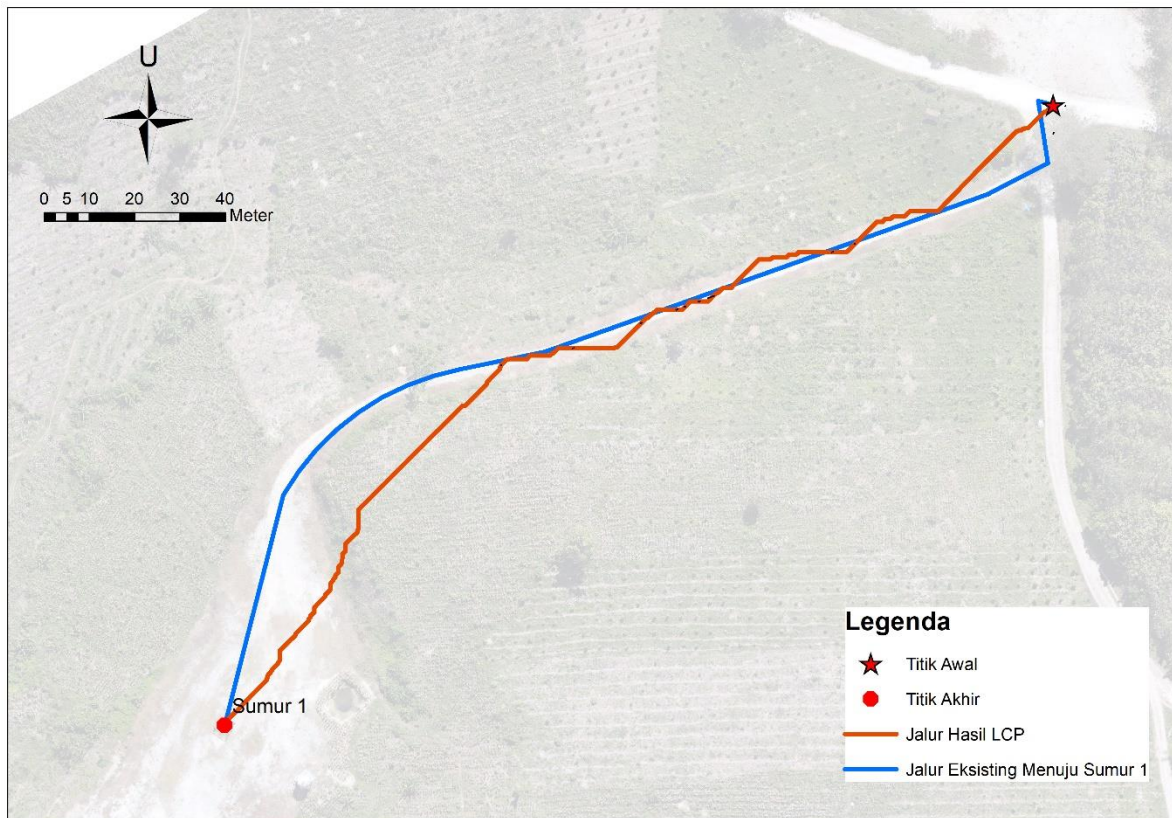
PROFIL MEMANJANG JALUR MENUJU SUMUR 6

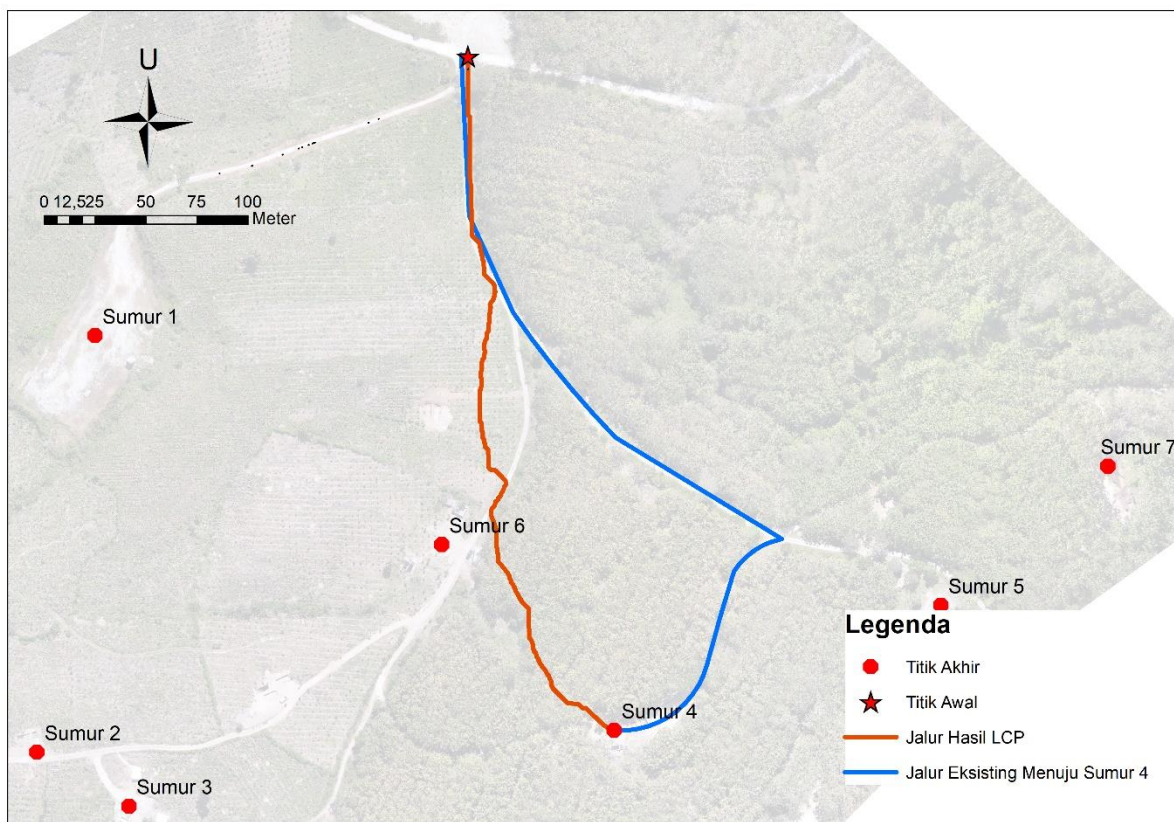
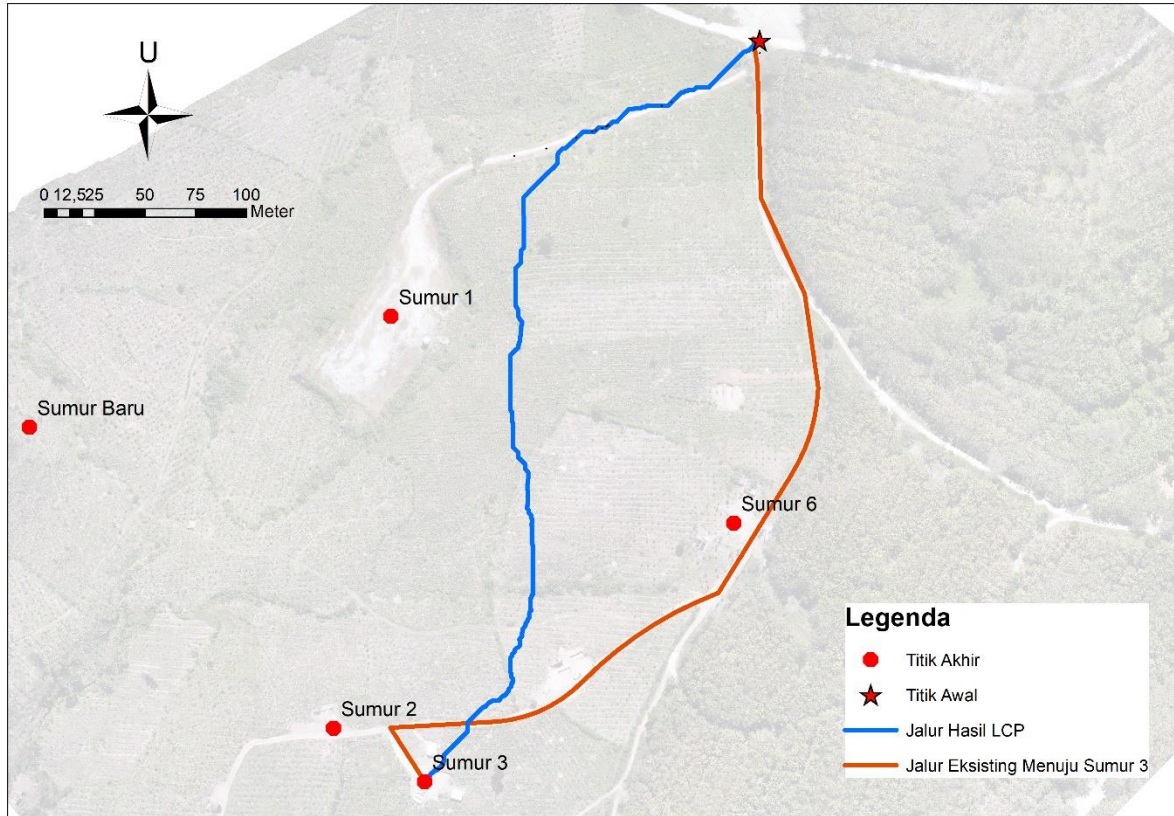


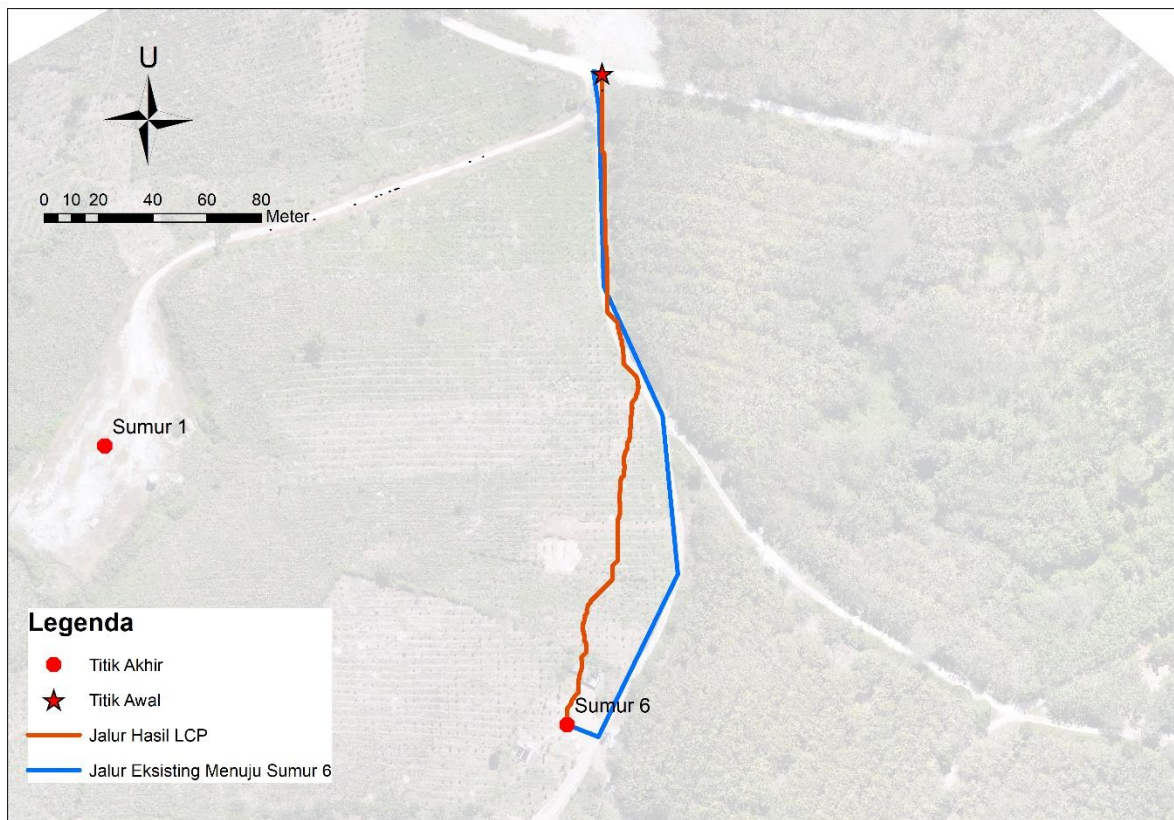
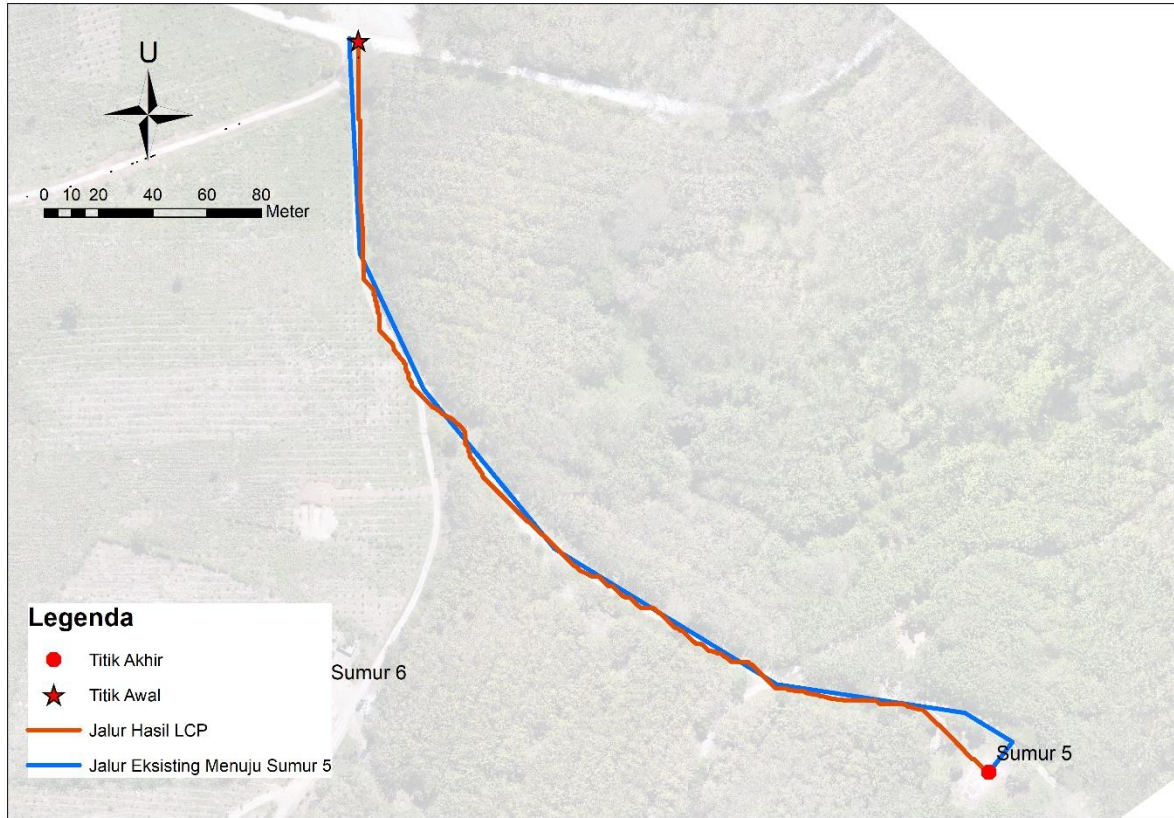
PROFIL MEMANJANG JALUR MENUJU SUMUR 7

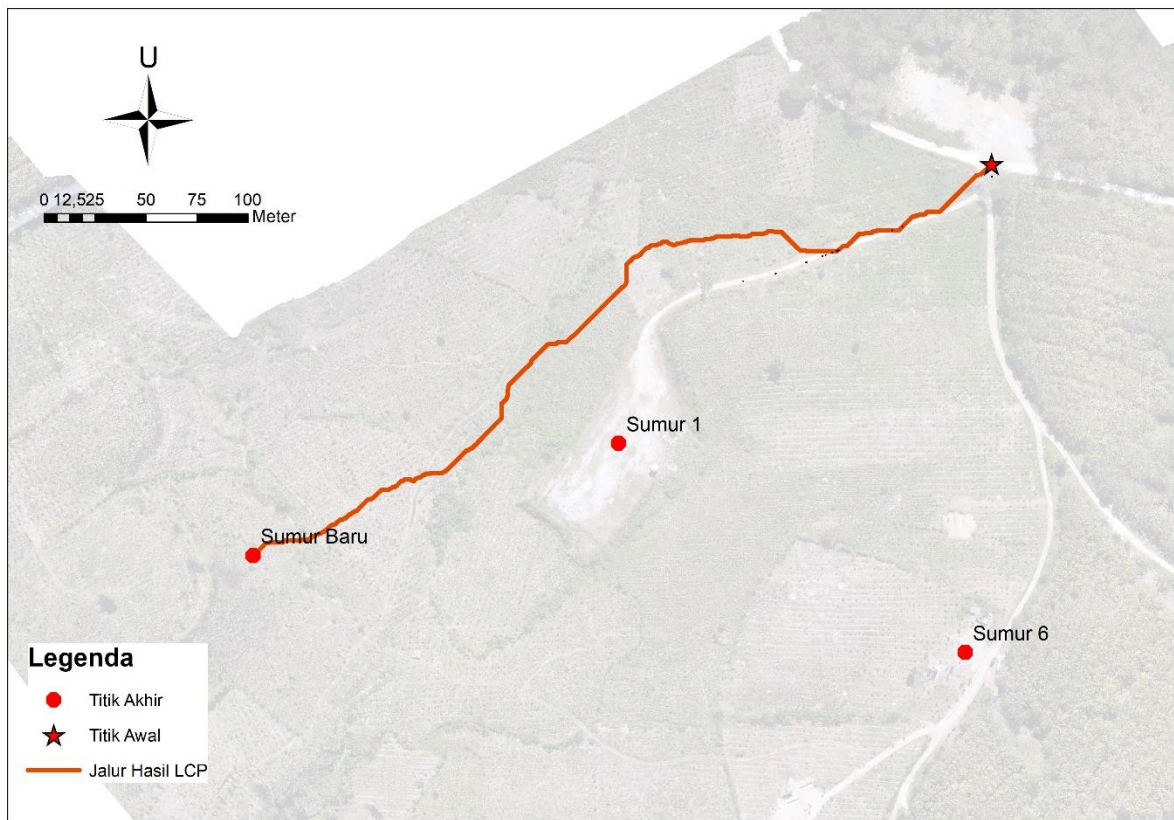
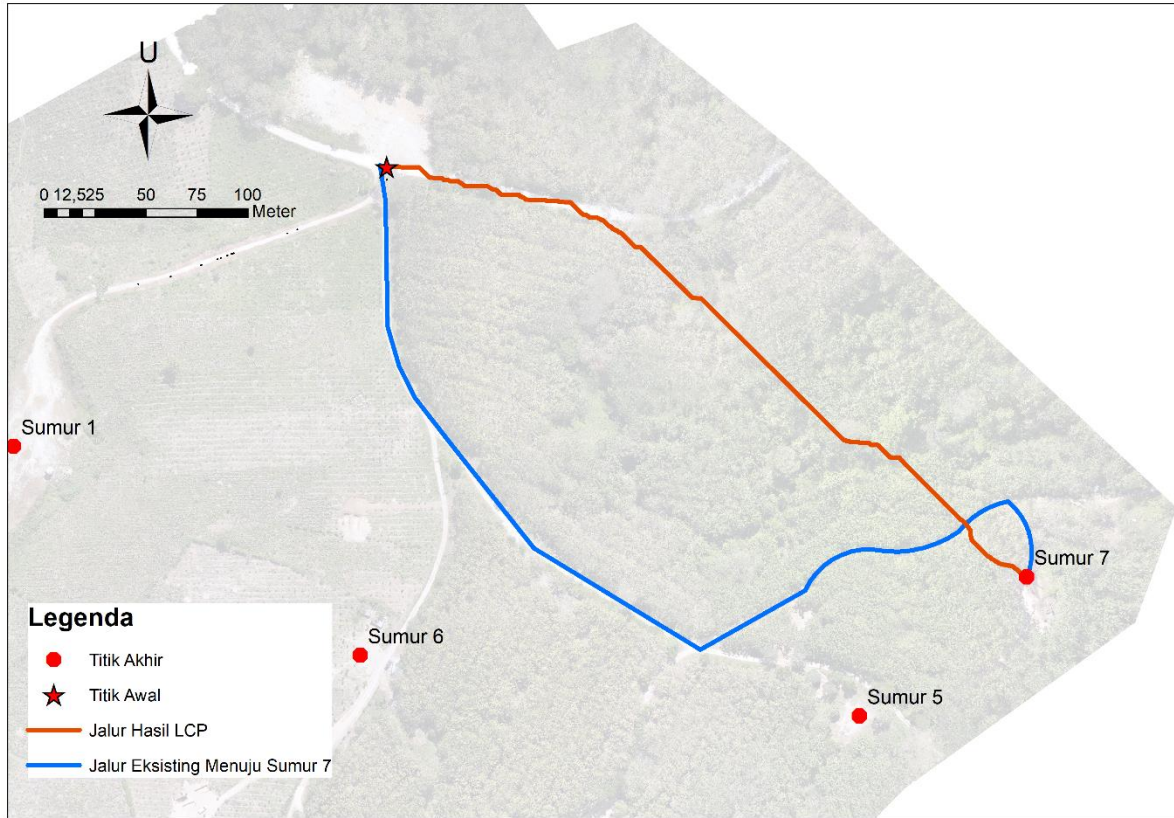


Lampiran 5. Perbandingan Visual Hasil Jalur LCP dan Jalur Eksisting









Lampiran 6. Tabel Analisis Rute Terhadap Rentan Longsor Setiap 50 Meter

Jalur Menuju	STA Jalan	Kelas Longsor
Simulasi Sumur Baru	STA+50	Waspada
	STA+100	Stabil
	STA+150	Stabil
	STA+200	Stabil
	STA+250	Stabil
	STA+300	Stabil
	STA+350	Stabil
	STA+400	Tidak Stabil
	STA+450	Stabil
Sumur 1	STA+50	Waspada
	STA+100	Stabil
	STA+150	Tidak Stabil
	STA+200	Tidak Stabil
Sumur 2	STA+50	Waspada
	STA+100	Stabil
	STA+150	Tidak Stabil
	STA+200	Stabil
	STA+250	Stabil
	STA+300	Stabil
	STA+350	Stabil
	STA+400	Stabil
	STA+450	Tidak Stabil
Sumur 3	STA+50	Waspada
	STA+100	Stabil
	STA+150	Tidak Stabil
	STA+200	Stabil
	STA+250	Tidak Stabil
	STA+300	Stabil
	STA+350	Stabil
	STA+400	Stabil
	STA+450	Stabil

Tabel Analisis Rute Terhadap Rentan Longsor Setiap 50 Meter (lanjutan)

Jalur Menuju	STA Jalan	Kelas Longsor
Sumur 4	STA+50	Waspada
	STA+100	Waspada
	STA+150	Tidak Stabil
	STA+200	Stabil
	STA+250	Stabil
	STA+300	Tidak Stabil
	STA+350	Tidak Stabil
Sumur 5	STA+50	Waspada
	STA+100	Waspada
	STA+150	Tidak Stabil
	STA+200	Waspada
	STA+250	Tidak Stabil
	STA+300	Waspada
	STA+350	Waspada
	STA+400	Waspada
Sumur 6	STA+50	Waspada
	STA+100	Waspada
	STA+150	Tidak Stabil
	STA+200	Stabil
	STA+250	Waspada
Sumur 7	STA+50	Waspada
	STA+100	Tidak Stabil
	STA+150	Waspada
	STA+200	Tidak Stabil
	STA+250	Tidak Stabil
	STA+300	Tidak Stabil
	STA+350	Tidak Stabil

Lampiran 7. Spesifikasi Teknis Instrumen Survei Lapangan

Tabel Spesifikasi Teknis Drone Dji Mavic Air 2

Camera	
Sensor	<i>1/2" CMOS</i>
	<i>Effective Pixels: 12 MP and 48 MP</i>
Lens	<i>FOV: 84°</i>
	<i>Equivalent Focal Length: 24 mm</i>
	<i>Aperture: f/2.8</i>
	<i>Focus Range: 1 m to ∞</i>
ISO	<i>Video:</i>
	<i>100-6400</i>
	<i>Photo (12 MP):</i>
	<i>100-3200 (Auto)</i>
	<i>100-6400 (Manual) Photo (48 MP):</i>
	<i>100-1600 (Auto)</i>
	<i>100-3200 (Manual)</i>
Max Photo Resolution	<i>48 MP 8000×6000 pixel</i>
Gimbal	
Stabilization	<i>3-axis (tilt, roll, pan)</i>
Mechanical Range	<i>Tilt: -135° to 45°</i>
	<i>Roll: -45° to 45°</i>
	<i>Pan: -100° to 100°</i>
Controllable Range	<i>Tilt: -90° to 0° (Default)</i>
	<i>-90° to 24° (Extended)</i>
Max Controllable Speed (tilt)	<i>100°/s</i>
Aircraft	
Max Flight Time (without wind)	<i>34 minutes</i>
Max Hover Time (without wind)	<i>33 minutes</i>
Max Flight Distance	<i>18.5 km</i>

Max Horizontal Flight Speed	<i>19 m/s (S Mode)</i>
	<i>12 m/s (N Mode)</i>
	<i>5 m/s (T Mode)</i>
Max Wind Resistance	<i>8.5-10.5 m/s (Level 5)</i>
Propellers	<i>Quick release, low noise, folding</i>
Satellite Systems	<i>GPS+GLONASS</i>
Compass	<i>Single Compass</i>
IMU	<i>Single IMU</i>

(Dji, 2023).

Tabel Spesifikasi Teknis GNSS Geodetik Trimble 5700

Performance Specifications	
<i>Code Differential GPS Positioning</i>	
<i>Horizontal</i>	<i>0.25m + 1ppm RMS</i>
<i>Vertical</i>	<i>0.50m + 1ppm RMS</i>
Performance Specifications	
<i>Static and Fast Static GPS Surveying</i>	
<i>Horizontal</i>	<i>±5mm + 0.5ppm RMS</i>
<i>Vertical</i>	<i>±5mm + 1ppm RMS</i>
<i>Kinematic Surveying</i>	
<i>Horizontal</i>	<i>10mm + 1ppm RMS</i>
<i>Vertical</i>	<i>20mm + 1ppm RMS 0.02 seconds (20 millisecond) latency</i>

(Trimble, 2001).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Talita Rifda Maulidini dilahirkan di Banyuwangi, 4 Juni 2001. Penulis merupakan putri pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh Pendidikan formal di SDN 1 Lateng Banyuwangi, SMPN 1 Banyuwangi, dan SMAN 1 Glagah Banyuwangi. Setelah lulus dari SMAN 1 Glagah, penulis melanjutkan kuliah S-1 dan diterima di Program Studi Teknik Geomatika Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan (FTSPK) Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) tahun 2019 dan terdaftar sebagai mahasiswa ITS dengan NRP 03311940000068 dan tergabung dalam angkatan G21. Selama menjalani masa perkuliahan, penulis aktif dalam kegiatan organisasi, meliputi MAHAGANA ITS (Mahasiswa Tanggap Bencana) sebagai ketua divisi Pengembangan Sumber Daya Anggota, Himpunan Mahasiswa Geomatika (HIMAGE-ITS) sebagai kepala Biro Hubungan Alumni Departemen Hubungan Luar, dan anggota Departemen Syiar GIS ITS (*Geomatics Islamic Study*), serta tergabung dalam beberapa kegiatan kepanitiaan dan kegiatan sukarelawan yang diselenggarakan oleh Institut mau pun di luar Institut. Selain itu, penulis juga telah mengikuti beberapa kegiatan pelatihan, yaitu LKMM Pra-TD, dan PKTI-TD. Sedangkan untuk kerja praktik, penulis pernah melakukan magang di PT Pertamina EP Cepu Regional 4 Zona 11, yang kemudian mendasari data untuk penelitian Tugas Akhir ini. Untuk mendapatkan gelar S.T (Sarjana Teknik), penulis mengambil topik penelitian tugas akhir analisis menggunakan Fotogrametri dan Sistem Informasi Geografis (SIG) pada laboratorium Geoinformatika dengan judul “Pemanfaatan Data UAV untuk Penentuan Jalur Kendaraan Menghindari Area Rentan Longsor Menggunakan Metode SMORPH dan *Least Cost Path Analysis* pada Rencana Lokasi Pengeboran Sumur Migas (Studi Kasus: Lapangan Semanggi PT Pertamina EP Cepu)”. Segala sesuatu yang ingin disampaikan kepada penulis, baik kritik maupun saran mengenai penelitian tugas akhir ini, dapat disampaikan melalui e-mail talitarifdamaulidini@gmail.com.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”