

TUGAS AKHIR

**ANALISIS STABILITAS LERENG MENGGUNAKAN PEMETAAN
FOTOGRAMETRI DRONE MAPPA XI RTK DENGAN OPTIMASI TITIK
KONTROL TANAH (GCP) BERBASIS GNSS GEODETIK**

Diajukan sebagai salah satu persyaratan dalam mencapai derajat Sarjana S-1
Program Studi S-1 Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat



Oleh:

VINADO FANDINATA PUTRA

NIM. 2210811210074

Pembimbing Utama

Prof. Dr.-Ing. Ir. Yulian Firmana Arifin, S.T., M.T.

NIP. 19750719 200003 1 001

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL

BANJARBARU

2026

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL

**Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Pemetaan Fotogrametri Drone
MAPPA XI Dengan Optimasi Titik Kontrol Tanah (GCP) Berbasis GNSS
Geodetik**

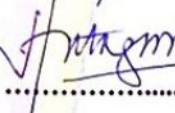
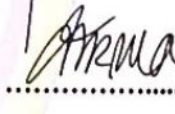
Oleh

Vinado Fandinata Putra (2210811210074)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 15 Juli 2026 dan dinyatakan

L U L U S

Komite Penguji:

Ketua	:	Dr. Ir. Muhammad Afief Ma'ruf, S.T., M.T. NIP. 19841031 200812 1 001	
Anggota 1	:	Prof. Dr. Ir. Rusdiansyah, S.T., M.T. NIP. 19740809 200003 1 001	
Anggota 2	:	Dr. Ir. Hutagamissufardal, S.T., M.T. NIP. 19700212 199502 1 001	
Pembimbing	:	Prof. Dr.-Ing. Ir. Yulian Firmana Arifin, S.T., M.T. NIP. 19750719 200003 1 001	

Banjarbaru, 21 JUN 2026

Diketahui dan disahkan oleh:

**Wakil Dekan Bidang Akademik
Fakultas Teknik ULM**

**Koordinator Program Studi
S-1 Teknik Sipil ULM**



Dr. Mahmud, S.T., M.T.
NIP. 19740107 199802 1 001

Dr. Muhammad Arsvad, S.T., M.T.
NIP. 19720826 199802 1 001

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Vinado Fandinata Putra
NIM : 2210811210074
Fakultas : Teknik
Jurusan : S-1 Teknik Sipil
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Pemetaan Fotogrametri Drone MAPPA XI RTK Dengan Optimasi Titik Kontrol Tanah (GCP) Berbasis GNSS Geodetik.
Pembimbing : Prof. Dr.-Ing. Ir. Yulian Firmana Arifin, S.T., M.T.

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggung jawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas Lambung Mangkurat.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Banjarbaru, 2026
Penulis



Vinado Fandinata Putra
NIM. 2210811210074

ANALISIS STABILITAS LERENG MENGGUNAKAN PEMETAAN FOTOGRAMETRI DRONE MAPPA XI RTK DENGAN OPTIMASI TITIK KONTROL TANAH (GCP) BERBASIS GNSS GEODETIK

Vinado Fandinata Putra¹, Yulian Firmana Arifin²

*Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lambung
Mangkurat*

Jl. Jenderal Achmad Yani Km. 35,5 Banjarbaru, Kalimantan Selatan – 70714

E-mail: vinadofandinataputra@gmail.com

ABSTRAK

Stabilitas lereng merupakan aspek penting dalam perencanaan konstruksi dan mitigasi longsor. Ketelitian model geometri lereng hasil fotogrametri *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dipengaruhi oleh jumlah *Ground Control Point* (GCP) yang digunakan pada proses georeferensi. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi jumlah GCP terhadap akurasi model geometri lereng, mengevaluasi kesesuaian *Digital Elevation Model* (DEM) hasil fotogrametri UAV terhadap data GNSS Geodetik metode RTK, serta mengkaji pengaruhnya terhadap hasil analisis stabilitas lereng.

Data diperoleh melalui pemotretan UAV dan diolah menggunakan Agisoft Metashape Professional dengan variasi 3, 6, dan 9 Titik GCP. Akurasi model dievaluasi menggunakan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE), sedangkan kesesuaian DEM dianalisis melalui perbandingan profil elevasi terhadap data GNSS Geodetik RTK. Geometri lereng dari setiap variasi selanjutnya dianalisis menggunakan PLAXIS 2D dengan model Mohr–Coulomb dan metode *Strength Reduction Method* (SRM) untuk memperoleh nilai *Factor of Safety* (FoS).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi 3 Titik GCP menghasilkan RMSE GCP terkecil sebesar 4,44655 cm, sedangkan variasi 9 Titik GCP memberikan ketelitian DEM terbaik dengan RMSE elevasi sebesar 0,21 m. Nilai FoS yang diperoleh berturut-turut sebesar 1,801; 1,784; 1,793; dan 1,791 untuk model acuan GNSS Geodetik RTK. Seluruh model memiliki FoS > 1,5 sehingga lereng tergolong stabil. Secara keseluruhan, penggunaan 9 Titik GCP menghasilkan model elevasi yang paling mendekati data referensi GNSS Geodetik dan paling representatif untuk analisis stabilitas lereng.

Kata kunci: UAV, *Ground Control Point*, DEM, GNSS Geodetik, Faktor Keamanan.

SLOPE STABILITY ANALYSIS USING MAPPA XI RTK DRONE PHOTOGRAMMETRY MAPPING WITH GEODETIC GNSS-BASED GROUND CONTROL POINT (GCP) OPTIMIZATION

Vinado Fandinata Putra¹, Yulian Firmana Arifin²

*Civil Engineering Program, Faculty of Engineering, Lambung Mangkurat
University*

Jl. Jenderal Achmad Yani Km. 35,5 Banjarbaru, South Kalimantan – 70714

E-mail: vinadofandinataputra@gmail.com

ABSTRACT

Slope stability is an important aspect of construction planning and landslide hazard mitigation. The accuracy of slope geometry generated from Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photogrammetry is influenced by the number of Ground Control Points (GCPs) used during georeferencing. This study analyzes the effect of different GCP configurations on the accuracy of slope geometry, evaluates the agreement between UAV-derived Digital Elevation Models (DEMs) and Geodetic GNSS RTK data, and assesses their influence on slope stability analysis.

UAV imagery was processed in Agisoft Metashape Professional using 3, 6, and 9 Titik GCP configurations. Geometric accuracy was evaluated using the Root Mean Square Error (RMSE), while DEM accuracy was assessed by comparing elevation profiles with Geodetic GNSS RTK data. The resulting slope geometries were analyzed in PLAXIS 2D using the Mohr–Coulomb constitutive model and the Strength Reduction Method (SRM) to determine the Factor of Safety (FoS).

The results indicate that the 3-GCP configuration produced the lowest GCP RMSE of 4.44655 cm, whereas the 9-GCP configuration achieved the highest DEM accuracy with an elevation RMSE of 0.21 m. The FoS values were 1.801, 1.784, 1.793, and 1.791 for the Geodetic GNSS RTK reference model. All models yielded FoS values greater than 1.5, indicating stable slope conditions. Overall, the 9-GCP configuration produced the DEM that most closely matched the Geodetic GNSS reference and was the most representative for slope stability analysis.

Keywords: UAV, Ground Control Point, DEM, Geodetic GNSS, Factor of Safety.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim. Segala syukur terpanjatkan untuk Allah SWT, Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, karena atas berkah rahmat dan hidayah-Nya jualah tugas akhir ini dapat diselesaikan. Shalawat serta salam juga untuk junjungan umat, Nabi Besar Muhammad SAW. Harapan dan doa semoga kita dapat memperoleh kebahagiaan dunia dan akhirat.

Tugas akhir ini disusun sebagai syarat untuk menempuh ujian Strata Satu (S1) Pada Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru, dengan judul “Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Pemetaan Fotogrametri Drone MAPPA XI RTK Dengan Optimasi Titik Kontrol Tanah (GCP) Berbasis GNSS Geodetik”.

Keberhasilan penyusunan tugas akhir ini berkat doa restu dan dukungan banyak pihak, untuk itu penyusun mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas segala bentuk kasih sayang, ilmu, dan limpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Orang tua tercinta saya, Bapak Widodo dan Ibu Nina Khusiana, yang senantiasa memberikan dukungan, kasih sayang, doa restu, serta memfasilitasi saya hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
3. Kepada Bapak Prof. Dr.-Ing. Ir. Yulian Firmana Arifin, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing yang telah dengan penuh kesabaran memberikan ilmu, saran, serta waktu berharga untuk membimbing proses penyelesaian tugas akhir ini dari awal hingga selesai.
4. Kepada Ibu Dr. Nilna Amal S.T., M.Eng. sebagai dosen pembimbing akademik yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi selama masa perkuliahan.
5. Seluruh dosen Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, khususnya staf pengajar Program Studi S-1 Teknik Sipil, yang telah memberikan ilmu berharga selama masa perkuliahan.
6. Rekan-rekan instruktur Laboratorium SuperSIG FT ULM yang telah memberikan penulis pengalaman berharga, ilmu, suka duka dan canda tawa yang tidak ternilai kenangannya.

7. Rekan-rekan Kos Pria Idaman yang senantiasa memberikan semangat, dukungan, bantuan, serta kebersamaan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, khususnya Irfan, Yudis, Madhan, Nazril, dan Jastian.
8. Keluarga besar Zenrasyn yang telah menjadi teman perjalanan selama perkuliahan, dengan semangat dan ideologi mahasiswa yang selalu membara.
9. Keluarga Besar CV. Erlima Teknik yang telah memberikan arahan, dukungan, pengalaman, serta bantuan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.
10. Kepada seseorang yang istimewa dengan NIM 2310912220031, terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan saya selama penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih atas doa, dukungan, semangat, motivasi, serta kesediaan untuk mendengarkan setiap keluh kesah dan memberikan penguatan di setiap proses hingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.
11. Kepada diri saya sendiri, Vinado Fandinata Putra. Terima kasih telah berjuang, bertahan, dan tidak pernah menyerah hingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.
12. Dan semua pihak yang telah memberikan andil besar dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan tugas akhir ini. Semoga segala bantuan yang diberikan menjadi amal ibadah dan mendapat balasan dari Allah SWT.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan di masa mendatang. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat serta menambah wawasan bagi para pembaca.

Banjarbaru, 2026

Penulis



Vinado Fandinata Putra
NIM. 2210811210074

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Administrasi Wilayah Penelitian	4
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 Lereng dan Kestabilan Lereng.....	5
2.1.1 Pengertian Lereng	5
2.1.2 Jenis-Jenis Lereng	5
2.1.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng.....	6
2.1.4 Parameter Geoteknik yang Berpengaruh	6
2.1.5 Penyebab Umum Longsor di Daerah Lereng.....	7
2.2 Fotogrametri Drone (UAV <i>Photogrammetry</i>)	8
2.2.1 Prinsip Kerja UAV dalam Pemetaan	8
2.2.2 Faktor yang Mempengaruhi Akurasi Fotogrametri.....	9
2.2.3 Keunggulan UAV Untuk Pemetaan Lereng Curam	10
2.3 <i>Ground Control Points</i> (GCP).....	10
2.3.1 Pengertian GCP	10
2.3.2 Pengaruh Jumlah dan Distribusi GCP terhadap Akurasi.....	11
2.3.3 Optimasi GCP pada Area Lereng	11

2.4	GNSS Geodetik	11
2.4.1	Pengertian GNSS Geodetik.....	11
2.4.2	Ketelitian GNSS geodetik.....	12
2.4.3	Integrasi GNSS dengan Pemetaan Drone	13
2.4.4	<i>Root Mean Square Error</i> (RMSE)	13
2.5	Sondir (<i>Cone Penetration Test/CPT</i>).....	14
2.5.1	Dasar dan Parameter Uji Sondir (<i>Cone Penetration Test/CPT</i>)..	14
2.5.2	Interpretasi CPT untuk Nilai c dan ϕ	15
2.5.3	Peran CPT dalam Analisis Stabilitas Lereng	15
2.6	Analisis Kestabilan Lereng.....	16
2.6.1	Konsep faktor keamanan (<i>Factor of Safety (FoS)</i>)	16
2.6.2	Dasar Metode Analisis Kestabilan	16
2.6.3	Pengaruh Ketelitian DEM terhadap hasil FoS	17
2.7	PLAXIS 2D	18
2.7.1	Pengertian PLAXIS.....	18
2.7.2	<i>Finite Element Method</i> (FEM).....	18
2.7.3	Model Mohr–Coulomb.....	19
2.7.4	Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan PLAXIS 2D.....	19
2.8	Penelitian Terdahulu (<i>State of The Art</i>)	20
2.8.1	Studi Pemetaan Lereng menggunakan Drone	20
2.8.2	Studi Optimasi GCP/GNSS untuk Akurasi Fotogrametri	20
2.8.3	Studi Pemetaan dan Analisis Kestabilan Lereng di Aranio.....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		23
3.1	Lokasi Penelitian	23
3.2	Persiapan dan Pengumpulan Data	23
3.2.1	Tahapan Persiapan.....	23
3.2.2	Pengumpulan Data	24
3.3	Metode Analisis Data.....	28
3.2.1	Analisis Akurasi Fotogrametri UAV untuk Optimasi GCP.....	29
3.2.2	Analisis Korelasi DEM UAV dengan Titik Referensi GNSS	29
3.2.3	Pengolahan Data CPT	29
3.2.4	Analisis Kestabilan Lereng dan Perbandingan FoS	30

3.4	Analisis Stabilitas Lereng untuk Setiap Skenario GCP.....	30
3.5	Analisis Ketidakpastian Model (<i>Model Uncertainty</i>).....	31
3.5.1	Statistik Dasar	31
3.5.2	Selisih terhadap Model Acuan	31
3.6	Analisis Reliabilitas Lereng (<i>Reliability Analysis</i>).....	31
3.6.1	Penentuan <i>Limit State</i> dan Probabilitas Kegagalan.....	32
3.6.2	Perhitungan Indeks Reliabilitas (β).....	32
3.6.3	Analisis Sensitivitas terhadap Jumlah GCP	32
3.7	Bagan Alir Penelitian.....	34
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		35
4.1	Analisis Akurasi Model Geometri Lereng.....	35
4.1.1	Hasil Pengolahan Data Fotogrametri Drone	35
4.1.2	Analisis RMSE Variasi GCP	39
4.1.3	Pengaruh Jumlah GCP terhadap Akurasi Model Geometri Lereng	40
4.2	Evaluasi Kesesuaian Model Elevasi Lereng terhadap Data GNSS Geodetik.....	42
4.2.1	Perbandingan Elevasi <i>Long Section</i> Data GNSS Geodetik dengan DEM Variasi 3 Titik GCP	43
4.2.2	Perbandingan Elevasi <i>Long Section</i> Data GNSS Geodetik dengan DEM Variasi 6 Titik GCP	45
4.2.3	Perbandingan Elevasi <i>Long Section</i> Data GNSS Geodetik dengan DEM Variasi 9 Titik GCP	46
4.3	Analisis Stabilitas Lereng menggunakan PLAXIS 2D.....	48
4.3.1	Parameter Tanah sebagai Input Permodelan PLAXIS	49
4.3.2	Analisis Faktor Keamanan (<i>Factor of Safety</i>) Lereng	53
4.3.3	Pengaruh Variasi Jumlah GCP terhadap Hasil Analisis Stabilitas Lereng	58
BAB V PENUTUP		61
5.1	Kesimpulan.....	61
5.2	Saran	62
DAFTAR PUSTAKA.....		63

GLOSARIUM.....	66
LAMPIRAN.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Drone MAPPA X1 RTK	24
Tabel 3.2 Sifat Tanah dari BH1, BH2, dan BH3 untuk Analisis Stabilitas Lereng	27
Tabel 4.1 Parameter Hasil Pengolahan Fotogrametri UAV	38
Tabel 4.2 Nilai RMSE <i>Ground Control Point</i>	39
Tabel 4.3 Perbandingan Elevasi <i>Long Section</i> Data GNSS Geodetik dengan DEM Variasi 3 Titik GCP	43
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan RMSE DEM Variasi 3 Titik GCP terhadap Data GNSS Geodetik.....	44
Tabel 4.5 Perbandingan Elevasi <i>Long Section</i> Data GNSS Geodetik dengan DEM Variasi 6 Titik GCP	45
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan RMSE DEM Variasi 6 Titik GCP terhadap Data GNSS Geodetik.....	46
Tabel 4.7 Perbandingan Elevasi <i>Long Section</i> Data GNSS Geodetik dengan DEM Variasi 9 Titik GCP	47
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan RMSE DEM Variasi 9 Titik GCP terhadap Data GNSS Geodetik.....	47
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Tanah pada Setiap Borehole	50
Tabel 4.10 Persamaan Korelasi Empiris Parameter Tanah Berdasarkan Data CPT	52
Tabel 4. 11 Parameter Tanah Hasil Korelasi sebagai Input Material PLAXIS 2D	52
Tabel 4. 12 Nilai <i>Total Displacement</i> Maksimum pada Berbagai Model Geometri Lereng.....	55
Tabel 4.13 Hasil Analisis Faktor Keamanan Lereng Berdasarkan Variasi Model Elevasi	57
Tabel 4.14 Perbandingan Nilai <i>Factor of Safety</i> (FoS) dan Persentase Perbedaannya	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Penelitian (Desa Aranio)	3
Gambar 1.2 Peta Administrasi Kecamatan Aranio	4
Gambar 2.1 Prinsip Overlay dalam Proses Pengolahan Orthofoto	8
Gambar 2.2 Penempatan GCP dan DEM.....	9
Gambar 2.3 Akusisi Data GCP	10
Gambar 2.4 Ilustrasi Konsep Pengukuran Posisi menggunakan Metode RTK GNSS	12
Gambar 2.5 Ilustrasi Digital Elevation Model (DEM)	17
Gambar 2.6 Ilustrasi Pengukuran menggunakan GNSS Geodetik dan Drone	21
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	23
Gambar 3.2 Hasil uji penetrasi konus (CPT): profil tahanan konus (qc) dan rasio gesekan (FR) untuk CPT 1, CPT 2, dan CPT 3.	26
Gambar 3.3 Klasifikasi tanah pada lokasi 1, 2, dan 3 menggunakan data CPT ..	27
Gambar 4.1 Jalur Terbang UAV pada Area Penelitian	36
Gambar 4.2 Camera Locations dan Image Overlap Hasil Pengolahan <i>Agisoft</i> <i>Metashape</i>	37
Gambar 4.3 Hasil Pengujian <i>Cone Penetration Test</i> (CPT)	49
Gambar 4.4 Interpretasi Lapisan Tanah Berdasarkan Data CPT	50
Gambar 4.5 Perbandingan Profil Elevasi Lereng Berdasarkan Data RTK dan Variasi DEM UAV	53
Gambar 4.6 Hasil Analisis <i>Safety Factor</i> dan Bidang Keruntuhan Kritis Lereng pada PLAXIS 2D	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Permohonan Penyusunan Skripsi	73
Lampiran 2. Surat Kesediaan Dosen Pembimbing Utama	74
Lampiran 3. Surat Tugas Seminar Proposal	75
Lampiran 4. Berita Acara Seminar Proposal	77
Lampiran 5. Lembar Asistensi.....	81
Lampiran 6. <i>General Report 3</i> Titik GCP	83
Lampiran 7. <i>General Report 6</i> Titik GCP	93
Lampiran 8. <i>General Report 9</i> Titik GCP	103
Lampiran 9. Data CPT Sekunder	113
Lampiran 10. Data HB Sekunder	122
Lampiran 11. Data Indeks Properti Tanah.....	130
Lampiran 12. Tabel Koordinat GNSS Geodetik.....	163
Lampiran 13. Dokumentasi Pengambilan Data.....	174