

**ANALISIS DEFORMASI JEMBATAN AKIBAT BANJIR BANDANG
BERBASIS FOTOGRAMETRI JARAK DEKAT**

(Studi Kasus : Desa Pandansari, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang)

SKRIPSI



Disusun Oleh :
Larasaty Ayu Parsamardhani
NIM. 1725074

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEODESI S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2022

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS DEFORMASI JEMBATAN AKIBAT BANJIR BANDANG BERBASIS FOTOGRAMETRI JARAK DEKAT

(Studi Kasus : Desa Pandansari, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang)

SKRIPSI

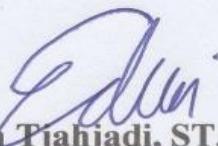
Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam mencapai
Gelar Sarjana Teknik (ST) Strata Satu (S-1) Teknik Geodesi S-1
Institut Teknologi Nasional Malang

Oleh:

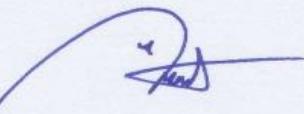
LARASATY AYU PARSAMARDHANI
1725074

Menyetujui :

Dosen Pembimbing Utama


M.Edwin Pjahjadi, ST.,MGeomSc.,PhD.
NIP.Y.1019800320

Dosen Pembimbing Pendamping


Feny Arafah, ST.,MT.
NIP.P.1031500516


Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Geodesi S-1


Silvester Sari Sai, ST.,MT.
NIP.P.1030600413



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SEMINAR HASIL SKRIPSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

NAMA : LARASATY AYU PARSA MARDHANI
NIM : 1725074
PRODI : TEKNIK GEODESI S-1
JUDUL : ANALISIS DEFORMASI JEMBATAN AKIBAT BANJIR BANDANG
BERBASIS FOTOGRAMETRI JARAK DEKAT
(Studi Kasus: Desa Pandansari, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang)

Telah Dipertahankan Di Hadapan Panitia Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata 1 (S-1)

Pada Hari : Jumat

Tanggal : 11 Februari 2022

Dengan Nilai :

**Panitia Ujian Skripsi
Ketua**



**Silvester Sari Sai, ST., MT.
NIP.P. 1030600413**

Penguji I



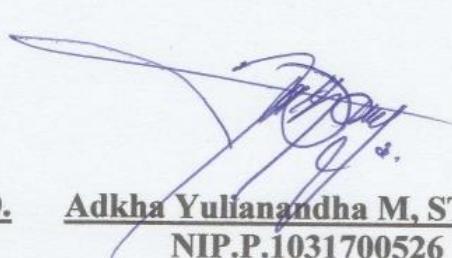
**Alifah Noraini, ST., MT.
NIP.P. 1031500478**

Dosen Pendamping



**M. Edwin Tjahjadi, ST., MGeomSc., PhD.
NIP. Y. 1039800320**

Penguji II



**Adkha Yulianandha M, ST., MT.
NIP.P.1031700526**

**ANALISIS DEFORMASI JEMBATAN AKIBAT BANJIR BANDANG
BERBASIS FOTOGRAMETRI JARAK DEKAT**
(Studi Kasus: Desa Pandansari, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang)

Larasaty Ayu Parsamardhani 1725074
Dosen Pembimbing I : Martinus Edwin Tjahjadi, ST., MGeomSc., PhD.
Dosen Pembimbing II : Feny Arafah, ST., MT.

Abstraksi

Pemantauan deformasi pada objek-objek di daerah terjadinya bencana alam merupakan salah satu langkah antisipatif untuk mengurangi kerugian, dalam hal ini sebagai upaya pelaksanaan mitigasi dengan tujuan untuk keselamatan kelangsungan hidup masyarakat. Selama ini salah satu faktor kendala dalam proses memperoleh informasi tentang kekuatan struktur dan perubahan bentuk serta dimensi (per satuan waktu) dari objek-objek tersebut adalah tingginya biaya operasional dan lamanya pengolahan data apabila digunakan alat ukur konvensional.

Melalui artikel ini, suatu metode alternatif yang cepat, murah, mudah dan akurat untuk mendeteksi pergeseran atau deformasi struktur material jembatan akibat banjir bandang hanya dengan memanfaatkan kamera DSLR. Data-data foto digital hasil pemotretan jembatan diproses lebih lanjut dengan perangkat lunak tertentu untuk mendapatkan koordinat retro reflektif target yang sudah dilekatkan secara merata pada objek jembatan sebagai titik referensi.

Dari serangkaian pemotretan secara berkala yang dilakukan dari Bulan Juli 2020 sampai Agustus 2021, deformasi struktur jembatan berhasil dideteksi dengan nilai rata-rata 0.557 mm dengan tingkat ketelitian pengukuran berkisar 0.081 mm, dengan tingkat ketelitian pengukuran tersebut sistem ini mampu untuk mendeteksi adanya deformasi struktur lebih kecil dari 0.1 mm, bahkan pergeseran yang tidak kasat mata pun masih bisa terdeteksi. Artikel ini akan menguraikan teknik dan metodologi pengukuran deformasi secara cepat dan akurat hanya dengan kamera DSLR.

Kata Kunci : Banjir Bandang, Deformasi, Fotogrametri Jarak Dekat, Jembatan, Kamera

SURAT PENYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Larasaty Ayu Parsamardhani
NIM : 1725074
Program Studi : Teknik Geodesi S-1
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya yang berjudul :

“Analisis Deformasi Jembatan Akibat Banjir Bandang Berbasis Fotogrametri Jarak Dekat (Studi Kasus: Desa Pandansari, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang”

Adalah hasil karya saya sendiri dan bukan menjiplak atau menduplikat serta tidak mengutip atau menyadur dari hasil karya orang lain kecuali disebutkan sumbernya.

Malang, Februari 2022
Yang membuat pernyataan



Larasaty Ayu Parsamardhani
NIM : 1725074

LEMBAR PERSEMPAHAN

Yang utama dari segalanya...

Sembah sujud serta syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kekuatan serta kemudahan hingga akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan.

Karya sederhana ini penulis persembahkan kepada mereka yang istimewa, mereka yang luar biasa...

Ibu Immaculata Mulyaningsih Putri dan
Papa Kadarsin Surya Kencana,
sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tidak terhingga atas kasih sayang, dukungan, dan cinta yang tidak mungkin dapat penulis balas hanya dengan selembar kertas yang bertuliskan kata cinta dan persembahan.

Adik Sabda Muhammad dan Keluarga Besar,
yang selalu memberi nasihat, dukungan, dan dorongan untuk menyelesaikan studi penulis serta perhatiannya baik secara moril maupun materi.

Bapak Martinus Edwin Tjahjadi, S.T., M.GeoM.Sc., Ph.D. dan
Ibu Fransisca Dwi Agustina, S.T., M.Eng
yang telah menjadi inspirasi penulis.

Saudara TIM UAV 2021,
Vikanisa Rahmadany, S.T., Roshina Agnesta Meo, S.T.,
Nicolas Alnando, S.T., Muhammad Zhorif Nasri, S.T.,
Kevinsano Teniwut, S.T., Raynier Geraldino Dadu Kerong, S.T.
Terima kasih sudah memilih untuk bertahan, disaat ingin menyerah.

KATA PENGANTAR

Tiada kata paling indah selain puji dan rasa syukur kepada Allah SWT, atas berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul “Analisis Deformasi Jembatan Akibat Banjir Bandang Berbasis Fotogrametri Jarak Dekat (Studi Kasus: Desa Pandansari, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang)” yang merupakan syarat menyelesaikan studi untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Strata 1 (S-1) di Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam penyelesaiannya, penulis banyak mendapat pelajaran, dukungan motivasi, dan bantuan berupa bimbingan yang sangat berharga dari berbagai pihak mulai dari pelaksanaan hingga penyusunan laporan skripsi ini.

Ucapan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Silvester Sari Sai, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Geodesi S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Hery Purwanto, S.T, M.Sc. selaku Dosen Wali penulis yang telah memberikan bimbingan serta arahan selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Geodesi S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Martinus Edwin Tjahjadi, S.T., M.GeoM.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I penulis yang telah memberikan bimbingan, dukungan, saran serta masukan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Ibu Feny Arafah, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II penulis yang telah memberikan bimbingan, dukungan, saran serta masukan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Ibu Fransisca Dwi Agustina, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Pendamping penulis yang telah memberikan bimbingan, dukungan, saran serta masukan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.
6. Mas Heri dan Ibu Sulis berserta staf karyawan di Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi

Nasional Malang atas segala bimbingan dan bantuan selama penulis menempuh pendidikan.

7. Rekan-rekan Teknik Geodesi angkatan 2017, kakak tingkat, dan adik tingkat terima kasih untuk kebersamaannya sehingga semua terasa lebih indah dan mudah.
8. Seluruh pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan, saran serta masukan.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, hal itu disadari karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki penulis, untuk itu kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan.

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlipat ganda kepada semua pihak yang telah turut membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.

Akhir kata, penulis mengharapkan semoga tujuan dari pembuatan skripsi ini dapat tercapai sesuai dengan yang diharapkan.

Malang, Februari 2022
Penulis

Larasaty Ayu P.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
BERITA ACARA.....	ii
ABSTRAKSI	iii
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
A. Tujuan penelitian	3
B. Manfaat Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 Jembatan.....	5
2.2 Banjir Bandang.....	5
2.3 Fotogrametri Jarak Dekat	7
2.4 Kamera	8
2.5 Kalibrasi Kamera.....	11
2.6 Sistem Koordinat dalam Fotogrametri	12
2.7 Restitusi Koordinat Fotogrametri	14
2.8 Deformasi	17
2.9 Vektor Pergeseran	18
2.10 Uji Statistik.....	19
2.10.1 Uji Global.....	20
2.10.2 Uji Pergeseran	21
2.11 Elips Kesalahan	21

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Lokasi Penelitian	25
3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian	26
3.3 Diagram Alir Penelitian	27
3.4 Pelaksanaan Penelitian	30
3.4.1 Persiapan Lapangan	30
3.4.2 Pemasangan Retro Reflektif Target	31
3.4.3 Pemotretan Objek Jembatan.....	31
3.5 Pengolahan Data.....	32
3.5.1 Software Australis v8	32
3.5.2 Software Ms. Excel 2010	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	50
4.1 Kalibrasi Kamera.....	50
4.1.1 Parameter Orientasi Dalam	50
4.1.2 Parameter Orientasi Luar	53
4.2 Koordinat Objek 3D	56
4.2.1 Koordinat Objek 3D Data 2020 Sebelum Banjir Bandang	56
4.2.2 Koordinat Objek 3D Data 2021 Pasca Banjir Bandang.....	58
4.3 Analisis Deformasi	61
4.3.1 Vektor Pergeseran	61
4.3.2 Uji Global.....	64
4.3.3 Uji Pergeseran	65
4.3.4 Elips Kesalahan.....	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	69
5.1. Kesimpulan.....	69
5.2. Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jembatan Pandansari	5
Gambar 2.2 Banjir Bandang.....	6
Gambar 2.3 Kondisi Ideal dimana Stasiun Pemotretan Foto, Titik Objek, dan Gambar Foto Terletak Pada Satu Garis Lurus	7
Gambar 2.4 <i>Angular Field of View</i> pada Kamera.....	8
Gambar 2.5 Kamera Digital Non Metrik	9
Gambar 2.6 Hubungan Bidang Pandang	10
Gambar 2.7 Pencahayaan Target	10
Gambar 2.8 Ilustrasi Distorsi Lensa.....	11
Gambar 2.9 Sistem Koordinat Piksel dan Foto.....	13
Gambar 2.10 Sistem Koordinat Kamera dan Objek	13
Gambar 2.11 Ilustrasi Vektor Pergeseran	17
Gambar 2.12 (a) Jaringan Absolut, (b) Jaringan Relatif	18
Gambar 2.13 Elips Kesalahan	22
Gambar 2.14 Representasi Grafis Parameter Elips Kesalahan	23
Gambar 3.1 Peta <i>Orthophoto</i> Lokasi Penelitian	25
Gambar 3.2 Objek Penelitian Jembatan Pandansari	26
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 3.4 Stiker Retro Reflektif Target.....	30
Gambar 3.5 Pemasangan Retro Reflektif Target	31
Gambar 3.6 Foto <i>Landscape</i> dan <i>Portrait</i> Hasil Pemotretan.....	32
Gambar 3.7 Menu Awal Pembuatan <i>Project</i>	33
Gambar 3.8 Proses <i>Input</i> Data Foto	33
Gambar 3.9 Data Foto Setelah di <i>input</i>	34
Gambar 3.10 Pengaturan Spesifikasi Kamera.....	35
Gambar 3.11 Menu <i>Project Setting</i>	35
Gambar 3.12 Membuka Foto pada Lembar Kerja	36
Gambar 3.13 Proses <i>Marking Centroid</i> Retro	37
Gambar 3.14 Foto <i>Project</i> Beton Tereferensi.....	37

Gambar 3.15 Foto <i>Project</i> Baja Tereferensi	37
Gambar 3.16 Proses <i>Bundle Adjustment</i>	38
Gambar 3.17 <i>Bundle Setup</i>	38
Gambar 3.18 Hasil <i>Bundle Adjustment</i>	39
Gambar 3.19 Hasil Kalibrasi Kamera	40
Gambar 3.20 Proses Transformasi Sistem Koordinat.....	40
Gambar 3.21 <i>Import Point</i> Titik Koordinat Epok 1.....	41
Gambar 3.22 Proses <i>Link to</i> Koordinat Titik Poin.....	41
Gambar 3.23 Koordinat dan Standar Deviasi Data <i>Benchmark</i> 2020.....	42
Gambar 3.24 Koordinat dan Standar Deviasi Data Epok 1 2021	42
Gambar 3.25 Nilai Selisih Koordinat dan Vektor Pergeserannya	43
Gambar 3.26 Nilai Matriks Kovarian Dara 2020 dan 2021	44
Gambar 3.27 Matriks Kovarian Vektor Pergeseran Epok 1 dan 2.....	44
Gambar 3.28 Nilai Matriks Bobot Data Epok 1 dan 2.....	45
Gambar 3.29 <i>Goodness of Fit Test</i> yang sudah terisi data.....	46
Gambar 3.30 Hasil Pengujian Global	46
Gambar 3.31 Mencari Nilai Batas pada Tabel Fisher.....	47
Gambar 3.32 Nilai Batas pada Tabel Fisher	47
Gambar 3.33 Nilai Parameter Elips Kesalahan.....	49
Gambar 4.1 Arah dan Besaran Vektor Pergeseran terhadap Sumbu x dan y.....	64
Gambar 4.2 Elips Kesalahan Relatif Epok 1.....	68
Gambar 4.3 Elips Kesalahan Relatif Epok 1.....	68
Gambar 4.4 Elips Kesalahan Relatif Epok 3.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sistem Kuadran.....	23
Tabel 4.1 Orientasi Dalam Data 2020 Sebelum Banjir Bandang	51
Tabel 4.2 Orientasi Dalam Data 2021 Pasca Banjir Bandang	52
Tabel 4.3 Orientasi Luar Data 2020 Sebelum Banjir Bandang.....	53
Tabel 4.4 Orientasi Luar Data 2021 Epok 1 Pasca Banjir Bandang	54
Tabel 4.5 Orientasi Luar Data 2021 Epok 2 Pasca Banjir Bandang	55
Tabel 4.6 Orientasi Luar Data 2021 Epok 3 Pasca Banjir Bandang	55
Tabel 4.7 Koordinat Objek 3D Data 2020 Sebelum Banjir Bandang.....	56
Tabel 4.8 Koordinat Objek 3D Epok 1 2021 Pasca Banjir Bandang.....	58
Tabel 4.9 Koordinat Objek 3D Epok 2 2021 Pasca Banjir Bandang	59
Tabel 4.10 Koordinat Objek 3D Epok 3 2021 Pasca Banjir Bandang.....	60
Tabel 4.11 Vektor Pergeseran Koordinat Epok 1 Sebelum dan Pasca Banjir Bandang	62
Tabel 4.12 Vektor Pergeseran Koordinat Epok 2 Sebelum dan Pasca Banjir Bandang	62
Tabel 4.13 Vektor Pergeseran Koordinat Epok 3 Sebelum dan Pasca Banjir Bandang	63
Tabel 4.14 Uji Global Data 2020 Sebelum Banjir Bandang.....	64
Tabel 4.15 Uji Global Data 2021 Pasca Banjir Bandang.....	65
Tabel 4.16 Hasil Uji Pergeseran Epok 1 Sebelum dan Pasca Banjir Bandang.....	65
Tabel 4.17 Hasil Uji Pergeseran Epok 2 Sebelum dan Pasca Banjir Bandang.....	66
Tabel 4.18 Hasil Uji Pergeseran Epok 3 Sebelum dan Pasca Banjir Bandang.....	66