

**ANALISIS DEFLEKSI VERTIKAL JEMBATAN MENGGUNAKAN
SIPAT DATAR**

(Studi Kasus: Jembatan Tunggulmas, Kota Malang, Provinsi Jawa timur)

SKRIPSI



Disusun Oleh :
Rizkiawan Fadila
Nim. 1725005

PROGRAM STUDI TEKNIK GEODESI S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2024

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS DEFLEKSI VERTIKAL JEMBATAN MENGGUNAKAN SIPAT
DATAR**

(Studi Kasus: Jembatan Tunggulmas, Kota Malang, Provinsi Jawa Timur)

Diajukan untuk melengkapi persyaratan dalam mencapai Gelar Sarjana Teknik
(ST) Strata Satu (S1) Teknik Geodesi S-1, Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang

Persetujuan ini diberikan kepada :

Rizkiawan Fadila

1725005

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Pendamping



Silvester Sari Sai, ST., M.T.

NIP.Y. 1030000345



Alifah Norani, ST.,MT.

NIP.P.1031500478

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Geodesi S-1



Dedi Kurnia Sunarvo, ST.,MT.

NIP.Y.1039500280



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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 : Rizkiawan Fadila
NIM : 1725005
JURUSAN : Teknik Geodesi S-1
JUDUL : ANALISIS DEFLEKSI VERTIKAL MENGGUNAKAN SIPAT
DATAR (*Studi Kasus: Jembatan Tunggulmas, Kota Malang
Provinsi Jawa Timur*)

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

Pada Hari : Rabu
Tanggal : 07 Februari 2024
Dengan Nilai : _____(Angka)

**Panitia Ujian Skripsi
Ketua**

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

Penguji I

dwin Tjahjedi, S.T., M.GEOM.Sc., Ph.D
NIP.Y.1039800320

Dosen Pendamping

Alifah Norani, S.T., MT
NIP.P. 1031500478

Penguji II

Fransisca Dwi Agustina, S.T., M.Eng
NIP.P.1012000582

ANALISIS DEFLEKSI VERTIKAL JEMBATAN MENGGUNAKAN SIPAT DATAR

(Studi Kasus: Jembatan Tunggulmas, Kota Malang, Provinsi Jawa timur)

Rizkiawan Fadila 1725005

Dosen Pembimbing I : Silvester Sari Sai, ST., MT.

Dosen Pembimbing II : Alifah Noraini, ST., MT.

Abstrak

Pengadaan sistem referensi geospasial biasanya menerapkan survei *Global Navigation Satellite System* (GNSS), UU No. 4 Tahun 2011 terkait Informasi Geospasial menugaskan Badan Informasi Spasial (BIG) untuk mengelola informasi geospasial, mencakup acuan vertikal yang berbasis pada model geoid. Jembatan Tunggulmas, yang menghubungkan Kota Batu dan Kota Malang, merupakan infrastruktur penting dalam transportasi di daerah tersebut. *Monitoring* perlu dilakukan untuk memastikan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan. Pengukuran sipat datar digunakan untuk memastikan perbedaan ketinggian antara titik-titik yang diamati di atas permukaan dengan akurasi tertinggi. Proses perataan jaringan dilakukan dengan menerapkan metode kuadrat terkecil, di mana tujuannya adalah untuk menentukan nilai akhir sedemikian rupa sehingga jumlah kuadrat dari residu mencapai nilai minimum. Dengan demikian, tidak mungkin terdapat hasil perhitungan lain yang memiliki jumlah kuadrat residu yang lebih rendah.

Penelitian ini menggunakan metode perataan terkecil untuk menganalisis nilai ketelitian dan defleksi vertikal di Jembatan Tunggulmas. Dari hasil penelitian diperoleh dengan pengukuran sipat datar di instrumen jembatan Tunggulmas menunjukkan ketelitian terendah 0.0012 mm pada pengukuran epoch 3 dan ketelitian tertinggi mencapai 0.0030 mm pada pengukuran epoch 4. Analisis pengukuran menunjukkan bahwa defleksi vertikal yang diakibatkan oleh beban atau gaya dapat mempengaruhi titik lainnya. Perbedaan tinggi selama 2 bulan, dengan interval 14 hari, di jembatan Tunggulmas, signifikan pada epoch 1 dan epoch 4 di titik TB 1, mencapai 4 mm. Perubahan tinggi tersebut disebabkan oleh beban atau gaya yang melewati titik pada instrumen jembatan, menyebabkan perubahan tinggi pada titik yang berkesinambungan mengalami perubahan.

Kata kunci: *defleksi, epoch, geospasial, Jembatan Tunggulmas, monitoring, ..*

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rizkiawan Fadila
NIM : 1725005
Program Studi : Teknik Geodesi S-1
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan yang sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul :

ANALISIS DEFLEKSI VERTIKAL JEMBATAN MENGGUNAKAN SIPAT DATAR (*Studi Kasus: Jembatan Tunggulmas, Kota Malang, Provinsi Jawa Timur*)

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

Malang, 19 Februari 2024

Yang membuat pernyataan




Rizkiawan Fadila

Nim. 1725005

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah Rabbil Aalamin, sujud serta syukur kepada Allah SWT. Terimakasih atas karunia-Mu yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Skripsi ini saya persembahkan untuk istri saya tersayang **Alfafa Ali**, yang telah menemani saya dan berusaha menyakinkan saya. Terimakasih atas dukungannya dan doa tak pernah henti selama melakukan penelitian ini hingga selesai.

Teruntuk bapak **Murdiono** dan mamak **Sri Lestari** tercinta yang tanpa lelah sudah mendukung semua keputusan dan pilihan dalam hidup saya, serta tidak pernah putus mendoakan saya. Dan banyak -banyak terima kasih untuk bapak menyisihkan finansialnya, sehingga saya bisa menyelesaikan penelitian saya. Kalian sangat berarti bagi saya

Tak lupa saya mempersembahkan kepada anak saya terkasih **Kinan Ayra Fadila**, semoga menjadi anak *sholehah* dan berbakti kepada kedua orang tua dan menjadi pribadi yang baik. Semoga diberikan rezeki umur sehingga dapat menempuh ilmu sampai Strata-1.

Dan terakhir skripsi ini saya persembahkan untuk Bapak **Silvester Sari Sai, S.T., M.T.** yang selalu memberikan yang terbaik bagi mahasiswanya, terutama selaku pembimbing saya. Terima kasih karena telah memberikan bantuan, ilmunya, saran dan masukan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan

Terimakasih banyak untuk semuanya yang telah mendukung dan meyemangati dalam perjuangan ini. *The most important thing isn't how fast you walk, but how you walk until the finish line.*

“ Tidak ada doa yang selesai, jika kita tetap berusaha “

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya kegiatan penulisan skripsi yang berjudul “ Analisis Defleksi Vertikal Menggunakan Sipat Datar ” telah selesai. Skripsi ini merupakan salah satu tanggung jawab seorang mahasiswa untuk meraih gelar Sarjana Teknik (S-1) di Prodi Teknik Geodesi, Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam skripsi ini mungkin masih ada kekurangan yang tak luput dari penulis sendiri karena penulis hanyalah manusia biasa yang tak luput dari salah keliru dan dosa. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik untuk bisa membangun lebih sempurna lagi dalam penulisan maupun penyusunan skripsi. Dalam pelaksanaan penulisan skripsi ini tidak akan dapat terselesaikan tanpa ada bantuan dan dukungan berbagai pihak, untuk itu penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Murdiono dan Ibu Sri Lestari selaku Orang Tua saya yang telah banyak memberikan Do'a, Semangat, Didikan Moral, dan Bantuan Material selama masa kuliah, dalam melakukan kegiatan penelitian dan penulisan skripsi.
2. Bapak Silvester Sari Sai, S.T., M.T selaku Pembimbing I yang senantiasa telah memberikan arahan dan bimbingan dengan sabar terhadap penulis.
3. Ibu Alifah Norini, ST.,MT. selaku Pembimbing II yang telah membimbing dalam penulis dalam proses kegiatan penulisan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Dedy Kurnia Sunaryo, M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Geodesi S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.
5. Ibu Alfafa Ali selaku Istri penulis yang telah membantu selama mengerjakan penulisan skripsi sehingga bisa meraih gelar Sarjana.
6. Para Staff Institut Teknologi Nasional Malang wabil khususnya di jurusan Teknik Geodesi yang telah membantu mengurus berkas untuk kegiatan skripsi yang dibutuhkan seperti surat menyurat dan lainnya.
7. Aditya, dan rekan - rekan yang telah membantu untuk melakukan penelitian di Jembatan Tunggulmas.

8. Rekan-rekan seperjuangan Geodesi angkatan 2017 yang sempat memberikan support dan membantu dalam proses kegiatan skripsi
Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan balasan terhadap semua amal kebaikan mereka dan skripsi ini bisa bermanfaat bagi pembaca dan pihak-pihak yang membutuhkan. Aamiin...

Malang, 19 Februari 2024

Penulis

Rizkiawan Fadila

Nim. 1725005

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
BERITA ACARA	ii
ABSTRAK	iii
SURAT PERNYATAAN KEASILAN SKRIPSI.....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Deformasi	5
2.2 Jembatan.....	6
2.3 Sistem Tinggi	7
2.3.1 Tinggi Ellipsoid.....	8
2.3.2 Tinggi Dinamis.....	9
2.3.3 Tinggi Orthometris	9
2.3.4 Tinggi Normal	10
2.4 Datum Vertikal	11
2.5 Sipat datar (<i>Waterpass</i>)	12
2.6 Pengukuran Tinggi	14
2.7 Metode Pengukuran Beda Tinggi.....	16
2.7.1 Prinsip dan Fungsi Pengukuran Beda Tinggi	16
2.8 Kesalahan Garis Bidik.....	17

2.9	Perataan Beda Tinggi Sipat Datar	20
2.10	Hitung Perataan Parameter.....	21
2.10.1	Hitung Kuadrat Terkecil Metode Parameter	23
2.10.2	Hitung Kuadrat Terkecil Metode Bersyarat.....	24
2.11	Uji Statistik.....	25
2.11.1	Uji Global	26
2.11.2	Uji Penurunan.....	26
2.12	Penelitian Terdahulu.....	27

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Lokasi Penelitian.....	30
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	31
3.3	Diagram Alir Penelitian.....	31
3.4	Pengambilan Data	35
3.4.1	Survey Lapangan.....	35
3.4.2	Survey <i>Benchmark</i>	35
3.4.3	Penempatan Titik Pengamatan	36
3.4.4	Pengambilan Data GPS.....	38
3.4.5	Pengambilan Data Sipat Datar	39
3.5	Pengolahan Data.....	42
A.	Pengolahan Data GPS Geodetik.....	42
3.5.1	Input data GPS Geodetik.....	42
3.5.2	Pengolahan Sinyal GPS.....	42
3.5.3	Proses <i>Baseline</i>	43
3.5.4	<i>Add coordinate</i> Pada Titik Kontrol (<i>CORS</i>).....	43
3.5.5	Proses <i>Adjusment Baseline</i>	44
B.	Pengolahan Data Sipat Datar.....	45
3.5.1	Membuat Parameter Persamaan Beda Tinggi	45
3.5.2	Matriks A^T	45
3.5.3	Matriks P	46
3.5.4	Matriks $A^T \cdot P$	46

3.5.5 Matriks $A^T \cdot P \cdot A$	46
3.5.6 Matriks $(A^T \cdot P \cdot A)^{-1}$	47
3.5.7 Menentukan Matriks L	47
3.5.8 Menghitung Nilai Matriks X	48
3.5.9 Matriks X.....	48
3.5.10 Menentukan Matriks V.....	49
3.5.11 Perhitungan Pergerakan vertikal.....	51
3.5.12 Uji Statistik.....	50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Uji Ketelitian Berdasarkan SNI.....	53
4.2 Hasil Uji <i>Global Test</i>	53
4.3 Hasil Perbandingan Tinggi.....	55
4.4 Hasil Uji F	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	60
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA.....	68
LAMPIRAN.....	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tinggi Terhadap Bidang Refrensi.....	8
Gambar 2.2 Tinggi Ellipsoid.....	9
Gambar 2.3 Tinggi Ilustrasi Tinggi Orthometrik	10
Gambar 2.4 <i>Waterpass</i>	14
Gambar 2.5 Pengukuran Beda Tinggi Terbuka	15
Gambar 2.6 Pengukuran Beda Tinggi Terbuka Antara 2 titik	18
Gambar 2.7 Pengukuran Menyipat Datar.....	20
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	28
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian.....	30
Gambar 3.3 Survey Lapangan Jembatan Tunggulmas.....	35
Gambar 3.4 Survey Penempatan Titik di Jembatan Tunggulmas	36
Gambar 3.5 Titik di Jembatan Tunggulmas	36
Gambar 3.6 Pemasangan Titik di Jembatan Tunggulmas	37
Gambar 3.7 Titik Pengamatan Point 3 di Jembatan Tunggulmas	37
Gambar 3.8 <i>Benchmark</i>	37
Gambar 3.9 Pengamatan BM Kampus 2.....	38
Gambar 3.10 Pengamatan BM Kampus 2.....	38
Gambar 3.11 Pengamatan BM di Jembatan Tunggulmas	38
Gambar 3.12 Pengukuran Epoch 1 Menggunakan Sipat Datar	47
Gambar 3.13 Pengukuran Epoch 1 Menggunakan Sipat Datar	47
Gambar 3.14 Pengukuran Epoch 2 Menggunakan Sipat Datar	40
Gambar 3.15 Pengukuran Epoch 2 Menggunakan Sipat Datar	40
Gambar 3.16 Pengukuran Epoch 3 Menggunakan Sipat Datar	41
Gambar 3.17 Pengukuran Epoch 3 Menggunakan Sipat Datar	41
Gambar 3.18 Pengukuran Epoch 4 Menggunakan Sipat Datar	41
Gambar 3.19 Input Data GPS Geodetik.....	50
Gambar 3.20 Pemilihan Sinyal <i>Baseline</i>	42
Gambar 3.21 Proses Data <i>Baseline</i>	42

Gambar 3.22 Proses <i>Add Data</i> Koordinat.	43
Gambar 3.23 Proses <i>Adjust Network</i>	43
Gambar 3.24 Hasil <i>Adjust Network</i>	44
Gambar 3.25 Hasil Persamaan Matriks A.	44
Gambar 3.26 Hasil Persamaan Matriks A^T	45
Gambar 3.27 Hasil Matriks P.	46
Gambar 3.28 Hasil Matriks $A^T \cdot P$	46
Gambar 3.29 Hasil Matriks $A^T \cdot P \cdot A$	47
Gambar 3.30 Hasil Matriks $A^T \cdot P \cdot A^T$	47
Gambar 3.31 Hasil Matriks $A^T \cdot P \cdot A^T$	48
Gambar 3.32 Hasil Matriks $A^T \cdot P \cdot L$	48
Gambar 3.33 Hasil Matriks X.	49
Gambar 3.34 Matriks $A \cdot X$	49
Gambar 3.35 Matriks V.	50
Gambar 3.36 Matriks V^T	50
Gambar 3.37 Hasil Data Beda Tinggi Masing - Masing Pengukuran.	51
Gambar 3.38 Input Data Pada Stats.	56
Gambar 3.39 Hasil Uji <i>Global Test</i>	57
Gambar 3.40 Input Data Pada Stats.	58
Gambar 3.41 Hasil Uji F.	58
Gambar 4.1 Hasil Uji <i>Global Test</i> Epoch 1.	60
Gambar 4.2 Hasil Uji <i>Global Test</i> Epoch 2.	60
Gambar 4.3 Hasil Uji <i>Global Test</i> Epoch 3.	61
Gambar 4.4 Hasil Uji <i>Global Test</i> Epoch 4.	62
Gambar 4.5 Hasil Uji F Epoch 1 dan Epoch 2.	65
Gambar 4.6 Hasil Uji F Epoch 1 dan Epoch 3.	66
Gambar 4.7 Hasil Uji F Epoch 1 dan Epoch 4.	66

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Hasil perbandingan Epoch 1 dan Epoch 2 dan Parameter	53
Tabel 3.2 Hasil perbandingan Epoch 1 dan Epoch 3 dan Parameter	54
Tabel 3.3 Hasil perbandingan Epoch 1 dan Epoch 4 dan Parameter	55
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Sipat Datar	59
Tabel 4.2 Hasil Data Perbandingan Epoch 1 dan 2	62
Tabel 4.3 Hasil Data Perbandingan Epoch 1 dan 3	63
Tabel 4.4 Hasil Data Perbandingan Epoch 1 dan 4	64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Epoch 1 dan Parameter.....	82
Lampiran 2 Hasil Epoch 2 dan Parameter.....	84
Lampiran 3 Hasil Epoch 3 dan Parameter.....	86
Lampiran 4 Hasil Epoch 4 dan Parameter.....	91
Lampiran 5 Hasil Perataan 1	93
Lampiran 6 Hasil Perataan 2	96
Lampiran 7 Hasil Perataan 3	99
Lampiran 8 Hasil Perataan 4.....	103