

**ANALISIS KEMAMPUAN DRONE DJI PHANTOM 4 PRO DAN  
KAMERA DSLR UNTUK MENDETEKSI PERGESERAN MINIMUM  
PADA STRUKTUR JEMBATAN**

*(Studi Kasus: Jembatan Tunggulmas, Kelurahan Tlogomas dan Tunggulwulung,  
Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang)*

**SKRIPSI**



**Disusun Oleh:  
Nindita Putri Indika  
NIM. 1825068**

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

**2023**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**ANALISIS KEMAMPUAN DRONE DJI PHANTOM 4 PRO DAN  
KAMERA DSLR UNTUK MENDETEKSI PERGESERAN MINIMUM  
PADA STRUKTUR JEMBATAN**

*(Studi Kasus: Jembatan Tunggulmas, Kelurahan Tlogomas dan  
Tunggulwulung, Kecamatan Lowokwaru, Kota 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:

**NINDITA PUTRI INDIKA**

**1825068**

**Menyetujui,**

**Dosen Pembimbing Utama,**

**Dosen Pembimbing Pendamping,**

  
**M. Edwin Fahjadi, S.T., M.Geo.Sc. Ph.D.**  
**NIP.Y. 1039800320**

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

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi Teknik Geodesi S-1**

  
  
**Dedy Kurnia Sunarvo, S.T., M.T.**  
**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 : NINDITA PUTRI INDIKA**  
**NIM : 1825068**  
**PRODI : TEKNIK GEODESI S-1**  
**JUDUL : ANALISIS KEMAMPUAN DRONE DJI PHANTOM 4 PRO DAN  
KAMERA DSLR UNTUK MENDETEKSI PERGESERAN MINIMUM  
PADA STRUKTUR JEMBATAN**  
*(Studi Kasus: Jembatan Tunggulmas, Kelurahan Tlogomas dan  
Tunggulwulung, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang)*

Telah **Dipertahankan** di Hadapan Panitia Penguji Ujian Skripsi Jentang Strata Satu (S-1)

Pada Hari : Kamis  
Tanggal : 24 Agustus 2023  
Dengan Nilai :

**Panitia Ujian Skripsi  
Ketua**

**Dedy Kurnia Sunaryo, S.T., M.T.**  
NIP.Y. 1039500280

**Dosen Penguji I**

**Alifah Noraini, S.T., M.T.**  
NIP.P. 1031500478

**Dosen Pendamping**

**M. Edwin Trihadi, S.T., M.Gnom.Sc. Ph.D.**  
NIP.Y. 1039800320

**Dosen Penguji II**

**Silvester Sari Sai, S.T., M.T.**  
NIP.P. 1030600413

# **ANALISIS KEMAMPUAN DRONE DJI PHANTOM 4 PRO DAN KAMERA DSLR UNTUK MENDETEKSI PERGESERAN MINIMUM PADA STRUKTUR JEMBATAN**

*(Studi Kasus: Jembatan Tunggulmas, Kelurahan Tlogomas dan Tunggulwulung, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang)*

Nindita Putri Indika 1825068

Dosen Pembimbing I: M. Edwin Tjahjadi, S.T., M.Geom.Sc. Ph.D.

Dosen Pembimbing II: Fransisca Dwi Agustina, S.T., M.Eng.

## **Abstraksi**

Pemantauan kesehatan jembatan dapat menggunakan berbagai teknologi dan teknik dengan data kuantitatif yang melibatkan investigasi langsung untuk melihat adanya regangan atau pergeseran salah satunya dengan metode berbasis non-kontak. Terdapat teknologi di bidang fotogrametri berbasis non-kontak untuk memonitor deformasi pada objek jembatan, diantaranya adalah UAV dan kamera *DSLR*. Teknologi yang digunakan dalam memonitoring deformasi memiliki tingkat sensitivitas (ketelitian) yang berbeda-beda dalam mendeteksi deformasi. Tingkat sensitivitas dari teknologi yang digunakan sangat berpengaruh untuk mendeteksi perubahan atau deformasi sekecil mungkin. Melalui artikel ini, akan dibahas mengenai kemampuan *drone* DJI Phantom 4 Pro dan kamera *DSLR* yang merupakan teknologi di bidang fotogrametri dalam mendeteksi nilai pergeseran minimum pada objek struktur jembatan dengan teknik pemotretan konfigurasi konvergen. Foto-foto digital yang diperoleh akan diolah dengan perangkat lunak tertentu dengan proses *bundle adjustment* untuk mendapatkan koordinat tiga dimensi dari stiker retro reflektif yang telah ditempel secara merata pada sisi objek yang akan diteliti. Hasil pengkajian tersebut nantinya dapat menghasilkan uji ketelitian pada *drone* DJI Phantom 4 Pro dan kamera *DSLR*. Dari pemotretan yang telah dilakukan pada dua rentang waktu berbeda, yaitu pada bulan September 2023 dan November 2023, maka diperoleh *drone* DJI Phantom 4 Pro dan kamera *DSLR* dalam mendeteksi pergeseran terkecil struktur jembatan memiliki keakurasian hingga di bawah 1 mm dengan nilai pergeseran berturut-turut sebesar 0.087 mm dan 0.047 mm. Sehingga, kedua teknologi ini dapat digunakan sebagai alternatif teknologi efektif dan efisien dalam memonitoring deformasi jembatan.

**Kata Kunci:** Jembatan, deformasi, *drone* DJI Phantom 4 Pro, kamera *DSLR*, pergeseran minimum

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRISI

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Nindita Putri Indika  
NIM : 1825068  
Program Studi : Teknik Geodesi S-1  
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya yang berjudul:

**“ANALISIS KEMAMPUAN DRONE DJI PHANTOM 4 PRO DAN  
KAMERA DSLR UNTUK MENDETEKSI PERGESERAN MINIMUM  
PADA STRUKTUR JEMBATAN**

*(Studi Kasus: Jembatan Tunggulmas, Kelurahan Tlogomas Dan Tunggulwulung,  
Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang)”*

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

Malang, 13 September 2023  
Yang membuat pernyataan,



Nindita Putri Indika  
NIM. 1825068

## LEMBAR PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan rasa syukur yang dalam kepada yang utama dari segalanya, yaitu Allah swt. atas segala limpahan keberkahan, kesehatan, kemudahan, dan kekuatan dalam proses pengerjaan skripsi ini hingga akhirnya terselesaikan. Semoga semua lelah, ilmu, dan segala proses pembelajaran didalamnya dapat menjadi berkah untuk bekal positif kedepannya. Karya sederhana penulis ini dipersembahkan kepada orang-orang baik ini:

**Keluarga Terbaik.** Bapak dan Niko terimakasih sebesar-besarnya untuk kekuatan dukungan, kepercayaan, serta doa baiknya yang selalu bisa jadi penguat. Terimakasih juga Bapak dan Mama untuk cinta dan dedikasinya yang selalu berusaha memberikan pendidikan terbaik kepada anaknya, terkhusus Bapak sebagai donatur utama. Teruntuk almarhumah Mama, maaf dan terimakasih untuk 20 tahun kebersamaan, didikan, dan doa-doanya. Anak Mama ini sedang beradaptasi dan berproses untuk terus berusaha jadi lebih baik kedepannya. Dan seluruh keluarga besar lainnya terimakasih sekali untuk semua dukungan dan doa baiknya.

**Diri Sendiri,** yang sudah berjuang ditengah segala ujian yang ada baik selama perkuliahan hingga ke tahap ini. Terimakasih untuk masih bisa berusaha bertahan dan tetap kuat.

**Dosen Pembimbing,** Bapak Martinus Edwin Tjahjadi, S.T, M.Geom.Sc., Ph.D. dan Ibu Fransisca Dwi Agustina, S.T., M.Eng yang telah membuka wawasan, memberikan pembelajaran, serta bekal ilmu selama proses penelitian dan bimbingan. Terimakasih juga telah menginspirasi.

**Rekan-rekan The Fams, Dinasti Baboniah, dan Jihan,** terimakasih untuk kebaikan dan kehangatan pertemannya serta menjadi tempat untuk saling merangkul dan berbagi suka duka selama perkuliahan. Sampai ketemu lagi dengan versi terbaik kita masing-masing, ya.

**Tim Penelitian Skripsi Foto 2022** untuk usaha, kerja sama, dan kerja kerasnya demi mencapai tujuan yang sama agar bisa lulus. Terutama perempuan-perempuan kuat Tasya dan Rena yang menjadi *partner* terbaik selama di

lapangan untuk semangat dan dedikasinya. Terimakasih juga untuk pihak-pihak lain yang telah membantu proses penelitian tim kami.

**Segenap dosen di Progran Studi Teknik Geodesi** untuk segala ilmu dan pembelajaran yang telah diberikan. Serta **segenap staff Prodi Teknik Geodesi** yang telah membantu segala kelancaran dalam perkuliahan sampai tersusunnya skripsi ini.

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Kemampuan Drone DJI Phantom 4 Pro dan Kamera DSLR untuk Mendeteksi Pergeseran Minimum pada Struktur Jembatan (Studi Kasus: Jembatan Tunggulmas, Kelurahan Tlogomas Dan Tunggulwulung, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang)”. Skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik Jenjang Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang. Penyusunan skripsi ini tidak mungkin dapat terselesaikan tanpa adanya dukungan serta bantuan dari pihak-pihak yang bersangkutan. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada para pihak, diantaranya:

1. Dedy Kurnia Sunaryo, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang
2. Bapak Martinus Edwin Tjahjadi, S.T., M.Gem.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing satu penulis yang telah memberikan saran, masukan, dan *support* mulai dari sebelum penelitian dilakukan sampai terselesaikannya penelitian ini.
3. Ibu Fransisca Dwi Agustina, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dua yang selalu membimbing memberikan masukan serta semangat dalam setiap proses pengerjaan skripsi ini sehingga dapat selesai dengan lancar dan baik.
4. Bapak dan Ibu dosen lainnya beserta staff karyawan di Program Studi Teknik Geodesi atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan selama masa studi.
5. Orang tua, adik, dan keluarga yang selalu mendukung, memberikan semangat, doa serta cinta kepada penulis selama penulis menempuh masa studi hingga penyelesaian skripsi ini.



6. Teman-teman dari tim Penelitian Foto 2022 yang telah bersama-sama berjuang dengan penulis dari proses perencanaan penelitian hingga penelitian ini selesai dilakukan.
7. Teman-teman Teknik Geodesi angkatan 2018 yang selalu bersama-sama dan saling mendukung pada saat menempuh studi di Teknik Geodesi.
8. Seluruh pihak yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan, saran, dan masukan, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini dan jauh dari kata sempurna baik dalam penyusunan penelitian maupun tata bahasa. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan dan diterima dengan segala kerendahan hati. Akhir kata, penulis mengucapkan banyak terima kasih dan berharap skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis sendiri dan pembaca pada umumnya.

Malang, September 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>BERITA ACARA</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI</b> .....	v
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>BAB I LATAR BELAKANG</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II DASAR TEORI</b> .....	5
2.1 Deformasi Jembatan .....	5
2.2 <i>Drone</i> DJI Phantom 4 Pro .....	6
2.3 Kamera <i>DSLR</i> .....	7
2.4 Akuisisi Foto dengan Teknik Konfigurasi Konvergen.....	8
2.5 Pengolahan Data Foto.....	9
2.5.1 Relative Orientation .....	9
2.5.2 Intersection.....	9
2.5.3 Resection.....	10
2.5.4 Self Calibration Bundle Adjustment .....	10
2.6 Vektor Pergeseran .....	11
2.7 Uji Statistik.....	14
2.7.1 Uji Global.....	14
2.7.2 Uji Pergeseran .....	15
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	17

3.1	Lokasi Penelitian .....	17
3.2	Peralatan dan Bahan Penelitian .....	18
3.3	Diagram Alir Penelitian.....	18
3.4	Pelaksanaan Penelitian .....	23
3.4.1	Pemasangan Retro pada Jembatan .....	23
3.4.2	Pemotretan Objek Jembatan.....	24
3.5	Pengolahan Data.....	25
3.5.1	Pengolahan Data <i>Software</i> Australis V8.541 .....	25
3.5.2	<i>Software</i> Microsoft Excel.....	31
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>33</b>
4.1	Parameter Kalibrasi Kamera.....	33
4.1.1	Parameter <i>Interior Orientation</i> .....	33
4.1.2	Parameter <i>Exterior Orientation</i> .....	35
4.2	Koordinat Objek 3D .....	37
4.2.1	Koordinat Objek 3D dari Data Kamera <i>DSLR</i> .....	38
4.2.2	Koordinat Objek 3D dari Data <i>Drone</i> DJI Phantom 4 Pro .....	39
4.2.3	Uji Global Koordinat Objek 3D.....	41
4.3	Analisis Pergeseran .....	41
4.3.1	Vektor Pergeseran .....	42
4.3.2	Uji Pergeseran .....	44
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>46</b>
5.1	Kesimpulan.....	46
5.2	Saran .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>48</b>
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Drone</i> DJI Phantom 4 Pro V2.0 (DJI, 2018).....	6
Gambar 2.2 Kamera <i>DSLR</i> (Nikon, 2022) .....	8
Gambar 2.3 Konfigurasi Konvergen, Luhmann (2011).....	9
Gambar 2.4 Ilustrasi Proses <i>Intersection</i> (Agustina, 2022) .....	10
Gambar 3.1 Peta <i>Orthophoto</i> Hasil Penelitian Tahun 2022.....	17
Gambar 3.2 Objek Penelitian Jembatan Tunggulmas .....	18
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian .....	20
Gambar 3.4 Pemasangan Retro Reflektif Target .....	24
Gambar 3.5 Teknik Konfigurasi Konvergen untuk Pemotretan .....	24
Gambar 3.6 Tampilan Pengaturan <i>Camera Parameter</i> .....	26
Gambar 3.7 Tampilan <i>Project Setting</i> .....	26
Gambar 3.8 Proses <i>Marking Centroid</i> Retro .....	27
Gambar 3.9 Tampilan Foto Sebelum dan Sesudah Tereferensi .....	27
Gambar 3.10 Hasil Proses <i>Bundle Adjustment</i> .....	28
Gambar 3.11 Hasil Kalibrasi .....	29
Gambar 3.12 Proses Transformasi .....	29
Gambar 3.13 Proses Penentuan <i>Nilai Chi Square Distribution</i> .....	30
Gambar 3.14 Tabel <i>Chi Square Distribution</i> .....	30
Gambar 3.18 Perhitungan Nilai <i>F-Distribution</i> .....	32
Gambar 3.19 Tabel Nilai <i>F-Distribution</i> .....	32

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi <i>Drone</i> DJI Phantom 4 Pro V2.0, DJI (2018).....	7
Tabel 3.1 Peralatan yang Digunakan dalam Penelitian.....	18
Tabel 3.2 Uji <i>Chi-square</i> Dua Arah.....	31
Tabel 3.3 Vektor Pergeseran dan Ketelitian Pergeseran.....	31
Tabel 3.4 Perhitungan Nilai <i>T-Distribution</i> .....	32
Tabel 4.1 Parameter <i>Interior Orientation</i> Data Kamera <i>DSLR</i> .....	33
Tabel 4.2 Parameter <i>Interior Orientation</i> Data <i>Drone</i> DJI Phantom 4 Pro.....	34
Tabel 4.3 Parameter <i>Exterior Orientation</i> Data Kamera <i>DSLR</i> .....	35
Tabel 4.4 Parameter <i>Exterior Orientation</i> Data <i>Drone</i> DJI Phantom 4 Pro .....	36
Tabel 4.5 Koordinat Objek 3D Data <i>Epoch</i> 1 Kamera <i>DSLR</i> .....	38
Tabel 4.6 Koordinat Objek 3D Data <i>Epoch</i> 2 Kamera <i>DSLR</i> .....	38
Tabel 4.7 Koordinat Objek 3D Data <i>Epoch</i> 1 <i>Drone</i> DJI Phantom 4 Pro .....	39
Tabel 4.8 Koordinat Objek 3D Data <i>Epoch</i> 2 <i>Drone</i> DJI Phantom 4 Pro .....	40
Tabel 4.9 Tabel Uji <i>Chi-square</i> Data Kamera <i>DSLR</i> .....	41
Tabel 4.10 Tabel Uji <i>Chi-square</i> Data <i>Drone</i> DJI Phantom 4 Pro .....	41
Tabel 4.11 Besar dan Ketelitian Vektor Pergeseran Data Kamera <i>DSLR</i> .....	42
Tabel 4.12 Besar dan Ketelitian Vektor Pergeseran <i>Drone</i> DJI Phantom 4 Pro...	42
Tabel 4.13 Hasil Uji Pergeseran Data Kamera <i>DSLR</i> .....	44
Tabel 4.14 Hasil Uji Pergeseran Data <i>Drone</i> DJI Phantom 4 Pro .....	44

