

**ANALISIS KOORDINAT HASIL *INTERSECTION* FOTO *STEREO*
DIGITAL SINGLE LENS REFLEX (DSLR) *CANON EOS 600 D* DENGAN
SENSOR *ADVANCED PHOTO SYSTEM TYPE-C* (APS-C)**

SKRIPSI



**Disusun oleh :
Ramadhan Bagus Wijayanto
20.25.005**

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEODESI S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2025**

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS KOORDINAT HASIL *INTERSECTION FOTO STEREO* *DIGITAL SINGLE LENS REFLEX (DSLR) CANON EOS 600 D DENGAN* *SENSOR ADVANCED PHOTO SYSTEM TYPE-C (APS-C)*

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 :

Ramadhan Bagus Wijayanto

2025005

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


M. Edwin Tishjadi, S.T., M.Geo.Sc., Ph.D.

NIP.Y. 1039800320


Fransisca Dwi Agustina, S.T., M.Eng

NIP.Y. 1012000582

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Teknik Geodesi S-1



Dedy Kurnia Sunaryo, S.T., M.T

NIP.Y. 1039500280



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 SRIPSI
FAKULTAS TEKNIK DAN PERENCANAAN**

NAMA : RAMADHAN BAGUS WIJAYANTO
NIM : 2025005
JURUSAN : PROGRAM STUDI TEKNIK GEODESI S-1
**JUDUL : ANALISIS KOORDINAT HASIL *INTERSECTION*
FOTO *STEREO DIGITAL SINGLE LENS REFLEX (DSLR)*
CANON EOS 600 D DENGAN SENSOR *ADVANCED*
PHOTO SYSTEM TYPE-C (APS-C)**

Telah **Dipertahankan** di Hadapan Panitia Penguji Ujian Skripsi Jenjang Starta 1
(S-1) Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Institut Teknologi Nasional Malang dan **Diterima** untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu (SI) Bidang Teknik Geodesi

Pada Hari/Tanggal : Kamis/ 14 Agustus 2025

Dengan Nilai : 71,00

Panitia Ujian Skripsi

Ketua Penguji

Dedy Kurnia Sunaryo, S.T., M.T

NIP.Y. 1039500280

Anggota Penguji

Dosen Penguji I

Dosen Pendamping

Dosen Penguji II

Hart Purwanto, S.T., M.Sc.
NIP.Y. 1030000345

M. Edwin Tjahjadi, S.T., M.Geom.Sc., Ph.D.
NIP.Y. 1039800320

Fransisca Dwi Agustina, S.T., M.Eng.
NIP.P 1032300625

**ANALISIS KOORDINAT HASIL *INTERSECTION FOTO STEREO*
DIGITAL SINGLE LENS REFLEX (DSLR) CANON EOS 600 D DENGAN
*SENSOR ADVANCED PHOTO SYSTEM TYPE-C (APS-C)***

Ramadhan Bagus Wijayanto (20.25.005)

M. Edwin Tjahjadi, S.T., M.Geo.Sc., Ph.D.

Fransisca Dwi Agustiani, S.T., M.Eng.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis keakuratan koordinat hasil intersection foto stereo menggunakan kamera DSLR Canon EOS 600D dengan sensor APS-C, yang dikendalikan melalui Raspberry Pi 5 Model B sebagai pengatur sinkronisasi pengambilan citra. Metode yang digunakan adalah Stereo Vision berbasis algoritma OpenCV, dengan tahapan kalibrasi kamera menggunakan metode Zhang, rektifikasi stereo image, serta triangulasi untuk rekonstruksi koordinat tiga dimensi. Evaluasi akurasi dilakukan dengan menghitung Root Mean Square Error (RMSE) jarak pada tiga variasi papan kalibrasi pola checkerboard, yaitu 6×4 dengan ukuran kotak 80 mm, 8×6 dengan ukuran kotak 60 mm, dan 12×8 dengan ukuran kotak 45 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa papan kalibrasi 8×6 memberikan akurasi terbaik, dengan rata-rata RMSE sebesar 0,0379 mm pada sumbu XY dan 0,19 mm pada sumbu Z. Papan 12×8 menempati urutan kedua dengan RMSE 0,0386 mm (XY) dan 0,19 mm (Z), sementara papan 6×4 menghasilkan deviasi terbesar, yaitu RMSE 0,0417 mm (XY) dan 0,21 mm (Z). Perbedaan tersebut mengindikasikan bahwa peningkatan jumlah titik sudut pada pola kalibrasi mampu memperbaiki estimasi parameter intrinsik dan ekstrinsik kamera sehingga menghasilkan triangulasi lebih stabil. Secara keseluruhan, sistem stereo berbasis DSLR APS-C terbukti mampu merekonstruksi koordinat 3D dengan konsistensi tinggi. Konfigurasi papan 8×6 dipandang paling optimal karena mampu menyeimbangkan jumlah titik kalibrasi dengan kestabilan perhitungan. Temuan ini mendukung penerapan sistem Stereo Vision dalam bidang fotogrametri, machine vision, robotika, dan kendaraan otonom, yang membutuhkan pengukuran spasial presisi tinggi dengan sistem yang efisien dan relatif terjangkau.

Kata kunci : Stereo Vision; DSLR APS-C; Kalibrasi Kamera; RMSE; Fotogrametri

**ANALYSIS OF COORDINATES RESULTING FROM STEREO PHOTO
INTERSECTION OF DIGITAL SINGLE-LENS REFLEX (DSLR)
CANON EOS 600D WITH ADVANCED PHOTO SYSTEM TYPE-C
(APS-C) SENSOR**

Ramadhan Bagus Wijayanto (20.25.005)

M. Edwin Tjahjadi, S.T., M.Geo.Sc., Ph.D.

Fransisca Dwi Agustiani, S.T., M.Eng.

ABSTRACT

This study analyzes the coordinate accuracy of stereo photo intersection using a Canon EOS 600D DSLR camera with an APS-C sensor, synchronized by a Raspberry Pi 5 Model B. The methodology applies a Stereo Vision framework with the OpenCV algorithm, consisting of camera calibration using Zhang's method, stereo image rectification, and triangulation for 3D coordinate reconstruction. Accuracy evaluation was performed using the Root Mean Square Error (RMSE) of distances on three calibration checkerboard patterns: 6×4 with 80 mm squares, 8×6 with 60 mm squares, and 12×8 with 45 mm squares. The results show that the 8×6 calibration board provided the highest accuracy, with an average RMSE of 0.0379 mm on the XY axis and 0.19 mm on the Z axis. The 12×8 board followed closely, with an RMSE of 0.0386 mm (XY) and 0.19 mm (Z), while the 6×4 board exhibited the largest deviation, with RMSE values of 0.0417 mm (XY) and 0.21 mm (Z). These findings indicate that increasing the number of corner points in the calibration pattern enhances the estimation of intrinsic and extrinsic camera parameters, leading to improved triangulation stability. Overall, the APS-C DSLR stereo system demonstrated reliable performance in reconstructing 3D coordinates with high consistency. The 8×6 pattern proved to be the most optimal configuration, offering a balance between calibration complexity and computational stability. These results emphasize the potential of DSLR-based Stereo Vision systems for broader applications in photogrammetry, machine vision, robotics, and autonomous vehicles, where precise spatial measurement is critical for automation and precision mapping.

Keywords : Stereo Vision; APS-C DSLR; Camera Calibration; RMSE; Photogrammetry

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ramadhan Bagus Wijayanto

NIM : 20.25.005

Program Studi : Program Studi Teknik Geodesi S-1

FAKULTAS : Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan yang sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul:

**ANALISIS KOORDINAT HASIL *INTERSECTION* FOTO *STEREO*
DIGITAL SINGLE LENS REFLEX (DSLR) CANON EOS 600 D DENGAN
SENSOR *ADVANCED PHOTO SYSTEM TYPE-C (APS-C)***

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

Malang, 27 Agustus 2025

Yang membuat pernyataan



Ramadhan Bagus Wijayanto
2025005

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Lembar persembahan dan motto ini adalah ungkapan yang saya tuliskan untuk mengakui bahwa setiap pencapaian bukanlah milik pribadi, melainkan cerminan dari kebaikan banyak hati.

MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

“Dan terhadap nikmat Tuhanmu, maka hendaklah engkau nyatakan (dengan bersyukur).” (QS. Ad-Dhuha: 11)

Surveyor nominor, Scientia me moveor

I am called Surveyor, I am moved by knowledge.

PERSEMBAHAN

Tuhan Yang Maha Esa

Karya ini kupersembahkan kepada-Mu, Gusti Allah, sumber segala ilmu dan kekuatan. Hanya atas kehendak-Mu skripsi ini terwujud, sebab tiada daya dan upaya pada diri kawula ini selain atas pertolongan dan karunia-Mu semata.

Keluarga

Untuk Mereka yang Namanya Terukir di Sanubari Terdalam:

Ayahanda, Ir. Anang Wijayanto

Ibunda, Dra. Sukastini Lestari

Kakakku, Raditya Pratama Wijayanto, S.T.

Jika ada yang bertanya untuk siapa perjuangan ini, maka nama kalianlah jawabannya. Di tengah badai keraguan dan pekatnya malam keputusan, senyum kalian adalah fajar yang terbit, yang berbisik bahwa semua akan baik-baik saja. Lelah ini sirna, sakit ini reda, hanya dengan mengingat pengorbanan kalian yang tiada tara. Skripsi ini bukanlah apa-apa, ia hanyalah setangkai bunga yang tumbuh dari taman cinta dan doa kalian. Terimalah, sebagai bukti kecil bahwa benih yang kalian tanam kini mulai berbunga.

Almamater ITN Malang Teknik Geodesi

Terima Kasih untuk dosen pembimbing karena telah membantu banyak hal selama proses bimbingan untuk tugas akhir ini, yang senantiasa mendampingi, memberi masukan dan saranya dalam proses pembuatan skripsi ini. Untuk parapengajar dan staf di jurusan Teknik Geodesi ITN Malang terima kasih sudah membimbing selama perkuliahan berlangsung. Semoga Tuhan senantiasa memberkati Bapak/Ibu.

Angkatan 2020 Teknik Geodesi

Untuk rekan-rekan seperjuangan yang saya banggakan. Teruntuk Jewelry, Ino, Yoppy, Chumas, Jusman, Rafi, Gama, Adit, Abdi, Abid, Arafiq, Andika, Terima kasih untuk setiap tawa, keluh kesah, secangkir kopi, dan malam-malam panjang yang kita lalui bersama. Kalian lebih dari sekadar teman, kalian adalah keluarga yang membuat perjalanan ini terasa lebih ringan dan bermakna. Semoga kesuksesan senantiasa menyertai langkah kita semua.

Rogonoto Performance (Kampoeng)

Teruntuk masyarakat teman sejawat kampung tapanular yang terkasih Rehan, Rizal, Hamzah, Indra, Agung, Bagus, Nanda, Fedo, dan nama-nama lain yang tidak disebutkan kalian adalah pemacu semangat dalam mengerjakan skripsi ini berbagi pengalaman, ilmu yang belum tentu bisa saya dapatkan di bangku perkuliahan, semoga kebaikan kalian senantiasa menjadi barokah amal jariyah.

Inspirasi diujung penantian

"Mungkin terdengar aneh berterima kasih pada seseorang yang belum kutemui. Namun, harapan untuk bertemu denganmu adalah semangat tak terlihat yang menemaniku di saat-saat tersulit. Skripsi ini adalah bagian dari ceritaku sebelum bertemu denganmu, sebuah cerita yang kelak akan dengan bangga kuperlihatkan kepada Ibu dari anak-anak kita."

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas limpahan rahmat, hidayah, dan kekuatan-Nya, sehingga skripsi yang berjudul “**ANALISIS KOORDINAT HASIL *INTERSECTION FOTO STEREO DIGITAL SINGLE LENS REFLEX (DSLR) CANON EOS 600D DENGAN SENSOR ADVANCED PHOTO SYSTEM TYPE-C (APS-C)***” akhirnya dapat terselesaikan. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad Shallallahu ‘Alaihi Wasallam, sang penerang peradaban dari gelapnya kebodohan menuju cahaya ilmu pengetahuan.

Skripsi ini bukan sekadar tumpukan kertas formalitas, tetapi sebuah catatan perjalanan, bukti jatuh bangun, dan hasil dari berjuta doa serta semangat yang tak pernah padam. Menjadi mahasiswa berarti ditempa untuk berpikir kritis, bekerja keras, sekaligus belajar sabar menghadapi kegagalan demi kegagalan. Dalam proses penelitian ini, penulis merasakan betul makna perjuangan itu mulai dari kamera yang kadang rewel, kode program yang sering error, hingga malam-malam panjang yang ditemani kopi, doa, dan keyakinan bahwa setiap usaha akan berbuah hasil.

Dengan penuh ketulusan, penulis menyampaikan terima kasih kepada kedua orang tua tercinta atas doa yang tak pernah putus, dosen pembimbing yang dengan sabar memberi arah di tengah kebingungan, para dosen dan staf Program Studi Teknik Geodesi ITN Malang atas ilmu dan bimbingannya, serta teman-teman seperjuangan yang selalu memberi energi positif.

Akhirnya, penulis menyadari karya ini masih jauh dari sempurna. Namun, semoga skripsi ini tidak hanya menjadi syarat akademik, melainkan juga menjadi bagian dari warisan kecil mahasiswa untuk ilmu pengetahuan, untuk almamater, dan untuk masa depan.

Malang, 27 Agustus 2025

Ramadhan Bagus Wijayanto
2025005

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
BERITA ACARA.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	vi
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
1.3.1 Tujuan Penelitian	3
1.3.2 Manfaat Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II DASAR TEORI.....	6
2.1 Penglihatan Stereokospik	6
2.1.1 Prinsip Dasar Stereokospik	6
2.1.2 <i>Stereo Vision Photogrammetry</i>	8
2.1.3 Geometri <i>Stereo Vision</i>	9
2.2 Kalibrasi Kamera.....	10
2.2.1 Algoritma Kalibrasi Kamera	12
2.2.2 Kalibrasi Kamera Metode <i>Zhang's</i>	19
2.3 Sistem Koordinat Dalam Fotogrametri	21
2.3.1 Sistem Koordinat Foto	21
2.3.2 Sistem Koordinat Piksel.....	21
2.3.3 Sistem Koordinat Kamera.....	22
2.3.4 Sistem Koordinat Objek.....	22
2.4 Geometri Epipolar dan Rektifikasi <i>Stereo Image</i>	22
2.4.1 Geometri Epipolar	22
2.4.2 Paralaks atau Disparitas	24
2.4.3 Rektifikasi	25
2.5 Restitusi Koordinat Fotogrametri.....	29
2.5.1. Relative Orientation	29
2.5.2. Intersection.....	30
2.5.3. Resection.....	30

2.5.4.	<i>Bundle Adjustment</i>	30
2.6	Triangulasi <i>Stereo Vision</i>	31
2.6.1.	Algoritma Triangulasi	31
2.6.2.	Algoritma <i>Intersections</i>	34
2.6.3.	Formulasi <i>Least Squares</i>	36
2.6.4.	Sistem Persamaan Linear	38
2.6.5.	Formulasi <i>Bundle Adjustment</i>	38
2.7	<i>Root Mean Square Error (RMSE)</i> untuk Jarak.....	40
2.8	Kamera <i>Digital Single Lens Reflex (DSLR)</i>	41
2.9	Pustaka Perangkat Lunak <i>OpenCV</i>	42
2.10	Antar Muka Baris Perintah (CLI) <i>gPhoto2</i>	43
2.11	Antar Muka Pengguna Grafis (GUI) <i>WxPython</i>	44
2.12	Bahasa Pemograman <i>Python</i>	45
2.13	<i>Raspberry Pi 5 Model B</i>	46
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	48
3.1	Objek Penelitian	48
3.2	Alat dan Bahan	48
3.3	Diagram Alir Penelitian.....	51
3.4	Akuisisi Data	54
3.5	Pengolahan Data.....	58
3.6	Evaluasi Konsistensi Koordinat	66
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	67
4.1	Deskripsi Data Penelitian	67
4.2	Hasil Kalibrasi Sistem <i>Stereo</i>	69
4.2.1	Parameter Orientasi Interior Kamera	69
4.2.2	Parameter Orientasi Eksterior Kamera.....	72
4.3	Analisis <i>Intersection Stereo Calibration</i>	75
4.4	Pembahasan	80
4.5	Ringkasan Hasil.....	81
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	82
5.1	Kesimpulan.....	82
5.2	Saran	82
DAFTAR PUSTAKA		83
LAMPIRAN		87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 representasi mata manusia melihat perspektif objek.....	6
Gambar 1. 2 Mekanisme penglihatan 3D pada mata manusia	7
Gambar 2. 1 Sistem koordinat dalam sistem pencitraan.....	9
Gambar 2. 2 Sistem Koordinat dihubungkan dengan Rotasi dan translasi.....	11
Gambar 2. 3 Epipolar geometry	23
Gambar 2. 4 Hasil Rektifikasi.....	26
Gambar 2. 5 kombinasi DSLR dengan Raspberry Pi 5B.....	41
Gambar 2. 6 logo OpenCV.....	42
Gambar 2. 7 logo gPhoto2	43
Gambar 2. 8 logo Wxpython.....	44
Gambar 2. 9 logo bahasa pemrograman python.....	45
Gambar 2. 10 Raspberry Pi 5B	46
Gambar 3. 1 Diagram form program akuisisi citra pola planar	54
Gambar 3. 2 setup persiapan pengambilan dengan metode stereorig	55
Gambar 3. 3 konfigurasi kamera dengan <i>rasberrypi 5b</i>	56
Gambar 3. 4 Persiapan program python untuk koneksi Stereo kamera	56
Gambar 3. 5 konfigurasi kamera sebelum pemotretan stereo	57
Gambar 3. 6 program berjalan otomatis pemotretan stereo.....	57
Gambar 3. 7 input gambar kanan dan kiri pada sourcode program	58
Gambar 3. 8 proses indentifikasi sudut pada papan kalibrasi	59
Gambar 3. 9 proses monocalibration untuk parameter intrinsik kamera	60
Gambar 3. 10 proses stereocalibration untuk parameter ekstrinsik kamera.....	61
Gambar 3. 11 proses stereo rectify, agar foto sejajar.	62
Gambar 3. 12 faktor konversi dari pixel ke metrik	63
Gambar 3. 13 hasil intersection dan simpangan baku.....	65
Gambar 3. 14 proses reprojection error.....	65
Gambar 4. 1 Pola dengan 24 sudut (6x4) dan ukuran kotak 80 mm.....	68
Gambar 4. 2 Pola dengan 48 sudut (8x6) dan ukuran kotak 60 mm.....	68
Gambar 4. 3 Pola dengan 96 sudut (12x8) dan ukuran kotak 45 mm.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Rincian Perangkat Keras Peneitian	48
Tabel 3. 2 Tabel perangkat lunak.....	50
Tabel 4. 1 konfigurasi citra stereo.....	67
Tabel 4. 2 Hasil matrik dan distorsi papan pola 24-6x4-80mm.....	69
Tabel 4. 3 hasil matrik dan distorsi papan pola 48-8x6-60mm.....	70
Tabel 4. 4 hasil matrik dan distorsi papan pola 96-12x8-45mm.....	71
Tabel 4. 5 Hasil parameter stereo kalibrasi 6x4-24-80mm.....	72
Tabel 4. 6 Hasil parameter kalibrasi stereo 8x6-48-60mm.....	73
Tabel 4. 7 Hasil parameter kalibrasi stereo 12x8-96-45mm.....	74
Tabel 4. 8 Presisi Koordinat intersection pada pola 6x4-24-80mm.....	76
Tabel 4. 9 Presisi Koordinat intersection pada pola 8x6-48-60mm.....	77
Tabel 4. 10 Presisi Koordinat intersection pada pola 12x8-96-45mm.....	77
Tabel 4. 11 Analisis Akurasi koordinat Intersection pola 6x4-24-80mm.....	79
Tabel 4. 12 Analisis Akurasi koordinat Intersection pola 8x6-48-60mm.....	79
Tabel 4. 13 Analisis Akurasi koordinat Intersection pola 12x6-98-45mm.....	79