

**IMPLEMENTASI METODE ZHANG UNTUK MENENTUKAN
PARAMETER KALIBRASI KAMERA STEREO PADA *OPENCV***

SKRIPSI



Disusun Oleh:

JUSMAN PRAHARA

NIM. 2025055

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

LEMBAR PERSETUJUAN

**IMPLEMENTASI METODE ZHANG UNTUK MENENTUKAN
PARAMETER KALIBRASI KAMERA STEREO PADA *OPENCV***

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Mencapai Gelar Sarjana
Teknik (ST) Strata Satu (S-1) Teknik Geodesi S-1, Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang**

Disusun Oleh:

Jusman Prahara

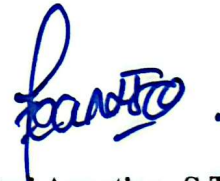
20.25.055

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing I**



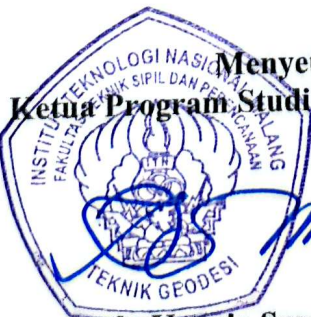
M. Edwin Tjahjadi, S.T., M.Geo.Sc., Ph.D.
NIP.Y. 1039800320

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing II**



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

**Menyetujui,
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 SKRIPSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

NAMA : JUSMAN PRAHARA
NIM : 20.25.055
JURUSAN : TEKNIK GEODESI S-1
JUDUL : IMPLEMENTASI METODE ZHANG UNTUK
MENENTUKAN PARAMETER KALIBRASI KAMERA
STEREO PADA OPENCV

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 : Rabu/06 Agustus 2025

Dengan Nilai :

**Panitia Ujian Skripsi
Ketua Penguji**

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

Anggota Penguji

Dosen Penguji I

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

Dosen Pendamping

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

Dosen Penguji II

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

IMPLEMENTASI METODE ZHANG UNTUK MENENTUKAN PARAMETER KALIBRASI KAMERA STEREO PADA OPENCV

Jusman Prahara (20.25.055)

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

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

ABSTRAK

Pengelolaan dan pemeliharaan aset infrastruktur secara berkelanjutan membutuhkan metode pengukuran presisi yang ramah pengguna dan ekonomis. Penelitian ini mengusulkan penggunaan sistem kamera stereo sebagai solusi, yang menawarkan akurasi tinggi dan kemampuan pemantauan *real-time*. Untuk mencapai akurasi optimal, dilakukan kalibrasi stereo menggunakan metode Zhang yang diintegrasikan dengan *Python* dan pustaka OpenCV untuk menentukan parameter intrinsik dan ekstrinsik. Eksperimen dengan kamera DSLR Canon EOS 600D dan papan *chessboard* berhasil menunjukkan parameter intrinsik yang konsisten. Hasil validasi menunjukkan nilai *reprojection error* rata-rata sebesar 0.8 piksel dan RMSE jarak 0.06 mm dari hasil triangulasi, membuktikan bahwa sistem kalibrasi ini mampu menghasilkan parameter kalibrasi stereo dengan akurasi presisi tinggi untuk aplikasi pengukuran dan pemeliharaan aset infrastruktur.

Kata Kunci: Kalibrasi Kamera Stereo, Metode Zhang, Sistem Kamera Stereo, OpenCV, *Reprojection Error*, *Root Mean Square Error (RMSE)*

IMPLEMENTATION OF ZHANG'S METHOD TO DETERMINE STEREO CAMERA CALIBRATION PARAMETERS IN OPENCV

Jusman Prahara (20.25.055)

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

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

ABSTRACT

Sustainable management and maintenance of infrastructure assets require a user-friendly and economical method for precise measurement. This research proposes using a stereo camera system as a solution, which offers high accuracy and real-time monitoring capabilities. To achieve optimal accuracy, stereo calibration was performed using the Zhang method, integrated with Python and the OpenCV library to determine intrinsic and extrinsic parameters. Experiments with a Canon EOS 600D DSLR camera and a chessboard successfully demonstrated consistent intrinsic parameters. The validation results showed an average reprojection error of 0.8 pixels and a distance RMSE of 0.06 mm from the triangulation, proving that this calibration system can produce high-precision stereo calibration parameters for infrastructure asset measurement and maintenance applications.

Keywords: *Stereo Camera Calibration, Zhang's Method, Stereo Camera System, OpenCV, Reprojection Error, Root Mean Square Error (RMSE)*

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Jusman Prahara
NIM : 20.25.055
Program Studi : Teknik Geodesi S-1
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan yang sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul:

IMPLEMENTASI METODE ZHANG UNTUK MENENTUKAN PARAMETER KALIBRASI KAMERA STEREO PADA OPENCV

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


Jusman Prahara

20.25.055

LEMBAR PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahiim

Alhamdulillah, puji syukur atas kehadiran Allah SWT. berkat rahmat dan inayah-Nya kita semua selalu diberikan segala nikmat tak terhingga sampai dengan saat ini. Shalawat serta salam tentu selalu tercurahkan kepada junjungan kita sang akademik, revolusioner sejati, penyuar kebenaran yaitu Rasulullah Muhammad SAW. Berkat perjuangannya kehidupan bertransformasi dari masa kegelapan (*Jahiliyah*) menuju masa pencerahan, dengan semangat iman, islam dan ihsan.

Bagi saya ini adalah fase yang sarat makna, proses yang dilalui selama ini belajar, berjuang, dan bertahan tentu bukanlah sesuatu yang dapat dilalui dengan mudah, namun dibarengi doa dan ikhtiar yang besar *alhamdulillah* skripsi ini dapat terselesaikan. Perjalanan ini adalah refleksi dari pesan Bapak Proklamator, Mohammad Hatta, yang mengingatkan bahwa "*Jatuh bangunnya negara ini, sangat tergantung dari kaum muda. Jadi, pemuda, harus belajar dan berkarya.*"

Kutipan ini menggarisbawahi peran strategis mahasiswa sebagai generasi penerus. Dengan keilmuan yang dimiliki, kita harus sanggup menjadi *Agen of Change* dan *Agen of Control* demi menyongsong kehidupan masyarakat, bangsa, dan negara menuju *Baladun Thayyibatun Wa Rabbun Ghafur*.

Karya ini dipersembahkan kepada

Kedua orang tua tercinta yang telah menjadi sumber inspirasi, kekuatan, dan cinta tak terbatas. Dukungan, doa, dan pengorbanan yang tak terhitung adalah pondasi utama dalam setiap langkah perjalanan ini. Kepada saudara, keluarga, yang telah banyak berjasa dalam berbagai proses yang dilalui. Persembahan juga kepada rumah perjuangan yang mengajarkan banyak hal dalam hidup saya Himpunan Mahasiswa Islam (HMI) Cabang Malang Komisariat Jabal Thareeq ITN Malang. Harapan saya, karya ini dapat bermanfaat dan dipergunakan sebagaimana mestinya. Yakinkan dengan Iman, Usahakan dengan Ilmu, Sampaikan dengan Amal. Demikian persembahan ini. YAKUSA, Yakin Usaha Sampai.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT. berkat rahmat dan inayah-Nya kita semua selalu diberikan segala nikmat sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini. Salawat dan salam tentu selalu tercurahkan kepada junjungan kita Rasulullah Muhammad SAW. Berkat perjuangan beliau kehidupan bertransformasi dari masa kegelapan (*Jahiliyah*) menuju masa pencerahan, dengan semangat iman, islam dan ihsan. Peneliti menyadari bahwa skripsi dengan judul **“Implementasi Metode Zhang Untuk Menentukan Parameter Kalibrasi Kamera Stereo Pada OpenCV.”** Skripsi ini dapat terselesaikan karena bimbingan, arahan, dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta dan keluarga besar penulis yang selalu mendoakan, memberi arahan, bantuan, dan dukungan sehingga peneliti mampu sampai pada fase ini.
2. Bapak Awan Uji Krismanto, ST.,MT.,Ph.D, selaku Rektor ITN Malang
3. Ibu Dr. Debby Budi Susanti, S.T., M.T., Selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITN Malang.
4. Bapak Dedy Kurnia Sunaryo, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Geodesi ITN Malang.
5. Bapak M. Edwin Tjahjadi, S.T., M.Geo.Sc., Ph.D., selaku kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) ITN Malang, sekaligus sebagai Dosen Pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk membimbing penulis.
6. Bapak/Ibu Dosen dan Civitas akademika Teknik Geodesi ITN Malang yang telah membantu dan memfasilitasi penulis.
7. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Islam (HMI) Cabang Malang Komisariat Jabal Thareeq ITN Malang, sebagai rumah belajar, sekaligus berjuang yang memiliki kontribusi besar selama penulis menempuh studi.
8. Teman-teman mahasiswa Teknik Geodesi ITN Malang yang telah memberikan dukungan dan dorongan.
9. Sahabat setia penulis Ramadhan Bagus Wijayanto, Arafiq Pelu, Jewelry Naurel Eklesia Nirwana Putri, Gimnastiar Arsyad, Abid Waluyo, Chumas,

Inosensius, Andika, Purnama Wijaya, Galank Vijanarki, M. Kurniawan Hanfi, Nindya DH, Ahmad Fauzi, Muqaddim, Irdansyah, dan M. Fiqri Amarullah yang sudah membantu dalam penulisan skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Demikian skripsi ini disusun, peneliti menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan dari berbagai pihak. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi setiap yang membacanya dan menjadi kontribusi positif bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Malang, 07 Agustus 2025

Jusman Prahara

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
BERITA ACARA UJIAN SEMINAR HASIL SKRIPSI.....	ii
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT.....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II DASAR TEORI.....	6
2.1 Kamera Stereo	6
2.2 Kalibrasi Stereo Kamera.....	7
2.3 Rektifikasi Stereo	20
2.4 RMSE (Root Mean Square Error)	24
2.5 Raspberry Pi 5 Model B	25
2.6 OpenCV	27
2.7 Python.....	29
2.8 Gphoto2	29
BAB III METODOLOGI	31
3.1 Objek Penelitian	31
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	31
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	33
3.4 Akuisisi Data	38

3.5	Pengolahan Data.....	40
3.6	Evaluasi Hasil Kalibrasi	43
3.7	Parameter Stereo Kalibrasi	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		46
4.1	Hasil Detect Corner	46
4.2	Hasil Mono Kalibrasi	48
4.3	Hasil Kalibrasi Stereo Kamera	56
4.4	Hasil Evaluasi Paramater Stereo Kalibrasi.....	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		72
5.1	Kesimpulan.....	72
5.2	Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA		74
LAMPIRAN		77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Mata Manusia (Sumber: Shofwan Ali Fauji, 2016)	6
Gambar 2.2 Ilustrasi Konsep Sistem Kamera Stereo (Sumber: Heinz-Jürgen Przybilla, 2009)	7
Gambar 2.3 Checkerboard Pattern (Sumber: www.vectorstock.com)	20
Gambar 2.4 Raspberry Pi (Sumber: www.raspberrypi.com)	26
Gambar 2. 5 OpenCV (Sumber: https://opencv.org)	28
Gambar 2.6 Python (Sumber: www.python.org)	29
Gambar 2.7 gphoto2 (Sumber: https://gphoto.github.io)	30
Gambar 3. 1 Diagram Alir.....	33
Gambar 3.2 Tahapan Pengumpulan Data	38
Gambar 3.3 Kamera Terkonfigurasi	39
Gambar 3.4 Hasil Pemotretan Kamera Kiri Tersimpan Otomatis.....	39
Gambar 3.5 Hasil Pemotretan Kamera Kanan Tersimpan Otomatis.....	40
Gambar 3.6 Proses Pengolahan Data	41
Gambar 3.7 Detect Corner	41
Gambar 3.8 Single Calibrate (Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025).....	42
Gambar 3.9 Stereo Calibrate	42
Gambar 3.10 Export Parameters	45
Gambar 3.11 Hasil Parameter Yang Sudah Di Eksport.....	45
Gambar 4.1 Hasil Detect Corner Chessboard 6x4	47
Gambar 4.2 Hasil Detect Corner Chessboard 8x6	47
Gambar 4.3 Hasil Detect Corner Chessboard 12x8	47
Gambar 4.4 Papan Chessboard 6x4	49
Gambar 4.5 Papan Chessboard 8x6	51
Gambar 4.6 Papan Chessboard 12x8	54
Gambar 4.7 Projection Error Chessboard 6x4	61
Gambar 4.8 Hasil Rektifikasi Chessboard 6x4	62
Gambar 4.9 Projection Error Chessboard 8x6	63
Gambar 4. 10 Hasil Rektifikasi Chessboard 8x6	64
Gambar 4.11 Projection Error Chessboard 12x8	64
Gambar 4.12 Hasil Rektifikasi Chessboard 12x8	65

Gambar 4.13 Reprojection Error 6x4.....	66
Gambar 4. 14 Reprojection Error 8x6.....	66
Gambar 4. 15 Reprojection Error 12x8.....	66

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Peralatan Yang Digunakan Dalam Penelitian.....	31
Tabel 4.1 Parameter Intrinsik Hasil Mono Kalibrasi 6x4	49
Tabel 4.2 Parameter Intrinsik Hasil Mono Kalibrasi 8x6	51
Tabel 4.3 Parameter Intrinsik Hasil Mono Kalibrasi 12x8	54
Tabel 4. 4 Parameter Ekstrinsik Chessboard 6x4.....	57
Tabel 4. 5 Parameter Ekstrinsik Chessboard 8x6.....	58
Tabel 4.6 Parameter Ekstrinsik Chessboard 12x8.....	59
Tabel 4.7 Tabel Perhitungan RMSE Chessboard 6x4	67
Tabel 4. 8 Tabel Perhitungan Chessboard 8x6	68
Tabel 4. 9 Tabel Perhitungan Chessboard 12x8	69