

SKRIPSI
KALIBRASI KAMERA STEREO DENGAN DUA KAMERA CANON
EOS 600D MENGGUNAKAN METODE CHARUCO



Disusun Oleh :

Karolus Se Sare
19.25.022

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

LEMBAR PERSETUJUAN

**KALIBRASI KAMERA STEREO DENGAN DUA KAMERA CANON
EOS 600D MENGGUNAKAN METODE CHARUCO**

Skripsi

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

**Disusun Oleh:
Karolus Se Sare
19.250.22**

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing I**


Martinus Edwin Tjahjadi, ST, MT, Ph.D
NIP.P. 1039800320

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing II**


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

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



Dedy Kurnia Sunarvo, S.T., M.T
NIP.Y. 1039500280



PT. DAN PERUSAHAAN MALANG
BANK NACA 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 : J. Bendungan Sigaragata No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 60145
Kampus II : J. Raya Karangas. Km 2 Telp. (0341) 417635 Fax. (0341) 417634 Malang

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

NAMA : KAROLUS SE SARE
NIM : 1925022
JURUSAN : TEKNIK GEODESI S-I
**JUDUL : KALIBRASI KAMERA STEREO DENGAN DUA
KAMERA CANON EOS 600D MENGGUNAKAN
METODE HARUCO**

Telah **Dipertahankan** di Hadapan Panitia Penguji Ujian Skripsi
Jenjang Starta (S-I) 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 : _

Panitia Ujian Skripsi

Ketua Penguji

Hery Purwanto, S.T., M.Sc

NIP.Y. 1030000345

Dosen Penguji I

Dosen Pendamping

Dosen Penguji II

Silvester Sari Sai, S.T., M.T.

NIP.P. 1030600413

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

NIP.P. 1012000582

Alifah Norani, S.T., M.T

NIP.P. 1031500478

KALIBRASI KAMERA STEREO DENGAN DUA KAMERA CANON EOS 600D MENGGUNAKAN METODE CHARUCO

Karolus Se Sare (19.25.022)

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

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

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hasil kalibrasi stereo menggunakan dua kamera DSLR Canon EOS 600D yang dikendalikan secara sinkron oleh Raspberry Pi 5 Model B. Proses kalibrasi dilakukan menggunakan metode ChArUco berbasis algoritma OpenCV, yang menggabungkan pola checkerboard dan Aruco marker untuk meningkatkan akurasi deteksi titik sudut (corner). Papan kalibrasi yang digunakan adalah ChArUco berukuran 12×8 , yang dirancang untuk menjaga kestabilan deteksi marker meskipun sebagian area papan tidak sepenuhnya terlihat oleh kamera. Tahapan penelitian meliputi pengambilan citra papan ChArUco dari berbagai sudut dan jarak, kalibrasi mono untuk memperoleh parameter intrinsik dan distorsi lensa, serta kalibrasi stereo untuk menentukan parameter ekstrinsik berupa rotasi (R) dan translasi (T). Hasil kalibrasi mono menunjukkan reprojection error sebesar 1,143 piksel pada kamera kiri dan 1,138 piksel pada kamera kanan. Sementara itu, kalibrasi stereo menghasilkan rata-rata reprojection error 1,024 piksel dengan Root Mean Square Error (RMSE) sebesar 0,41 piksel, serta baseline antar-kamera sebesar $[-219,7; -2,3; 31,8]$ mm. Nilai error yang relatif kecil menunjukkan hasil kalibrasi yang stabil dan konsisten. Berdasarkan hasil yang diperoleh, metode ChArUco 12×8 terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi dan stabilitas proses kalibrasi stereo. Sistem stereo berbasis Canon EOS 600D yang dikendalikan Raspberry Pi 5 dapat menghasilkan estimasi parameter kamera dan rekonstruksi 3D dengan tingkat presisi tinggi, sehingga berpotensi diterapkan pada sistem stereo vision di bidang fotogrametri, machine vision, dan pengukuran spasial berpresisi tinggi.

Kata kunci : Kalibrasi Stereo, Raspberry Pi, Stereo Vision, DSLR Canon 600D, OpenCV, RMSE

STEREO CAMERA CALIBRATION USING TWO CANON EOS 600D CAMERAS WITH THE CHARUCO METHOD

Karolus Se Sare (19.25.022)

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

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

ABSTRACT

This study aims to analyze the results of stereo calibration using two Canon EOS 600D DSLR cameras controlled synchronously by a Raspberry Pi 5 Model B. The calibration process was carried out using the ChArUco method based on the OpenCV algorithm, which combines checkerboard and Aruco marker patterns to improve the accuracy of corner detection. The calibration target used was a 12×8 ChArUco board, designed to maintain stable marker detection even when parts of the board were not fully visible to the cameras. The research stages included capturing images of the ChArUco board from various angles and distances, performing mono calibration to obtain intrinsic parameters and lens distortion, and conducting stereo calibration to determine extrinsic parameters such as rotation (R) and translation (T). The mono calibration results showed reprojection errors of 1.143 pixels for the left camera and 1.138 pixels for the right camera. Meanwhile, the stereo calibration achieved an average reprojection error of 1.024 pixels with a Root Mean Square Error (RMSE) of 0.41 pixels, and an inter-camera baseline of $[-219.7; -2.3; 31.8]$ mm. These relatively small error values indicate stable and consistent calibration results. Based on these findings, the 12×8 ChArUco method proved effective in improving the accuracy and stability of stereo calibration. The Canon EOS 600D stereo system controlled by Raspberry Pi 5 successfully produced accurate camera parameter estimations and 3D reconstructions with high precision, making it suitable for stereo vision applications in photogrammetry, machine vision, and high-precision spatial measurement.

Keywords : Stereo Calibration, Raspberry Pi, Stereo Vision, Canon EOS 600D, OpenCV, RMSE

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Karolus Se Sare
NIM : 1925022
Program Studi : Teknik Geodesi S-1
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa SKRIPSI saya yang berjudul :

KALIBRASI KAMERA STEREO DENGAN DUA KAMERA CANON EOS 600D MENGGUNAKAN METODE HARUCO

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



Karolus Se Sare

1925022

LEMBAR PERSEMBAHAN

Lembar persembahan ini saya tunjukkan kepada semua pihak yang berperan bersama dalam Skripsi ini. Berdasarkan hal tersebut saya mengucapkan terimakasih banyak kepada:

Tuhan Yesus Kristus dan Bunda Maria

yang senantiasa mendengarkan setiap doa dan permohonan saya, serta memberikan kekuatan, ketenangan, dan jalan keluar di setiap kesulitan hingga akhirnya saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Bapa Donatus Setu dan Mama Theresia Talo

Terima kasih atas cinta dan pengorbanan yang tidak pernah lekang oleh waktu. Langkah saya hari ini adalah buah dari doa dan kerja keras kalian, yang selalu menuntun saya menuju keberhasilan dan harapan yang kalian dambakan.

Kakak Nensi Sare dan Adik Roslin Sare

Terimakasih untuk doa, kasih sayang, dan perhatian yang tulus. terimakasih telah saling menopang untuk setiap kebutuhan yang terus menerus datang dan tidak ada habisnya.

Para Dosen Teknik Geodesi dan Para Pembimbing

Terima Kasih untuk dosen pembimbing karena telah membatu banyak hal selama proses bimbingan untuk tugas akhir ini, yang senantiasa mendampingi, memberi masukan dan saran dalam proses pengerjaan skripsi ini. Untuk para pengajar dan staf di jurusan Teknik Geodesi ITN Malang terima kasih.

Teman-Teman Perjuangan

Untuk sahabat-sahabat luar biasa yang selalu ada di setiap langkah perjuangan ini. Ario Baju, Janu Soares, Denilson Mesquita, Takdir Lamanepa, Riski samini, Deny Santos, Luis Dule, Mali Tae, Septian Mantur, Lala Nahak, Romy Sogen, Asko Payong—yang selalu memberi semangat dan kebersamaan yang tak ternilai.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Tuhan yang telah memberikan berkat, kesehatan, dan kekuatan sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul **“KALIBRASI KAMERA STEREO DENGAN DUA KAMERA CANON EOS 600D MENGGUNAKAN METODE CHARUCO”**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memenuhi tugas akhir dan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Geodesi ITN Malang. Penulisan skripsi ini dimaksudkan untuk menganalisis proses kalibrasi stereo kamera menggunakan metode ChArUco serta mengevaluasi tingkat akurasi hasil kalibrasinya.

Tentunya dalam proses penyusunan Skripsi ini tidak luput dari kerjasama, bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, saya selaku penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yesus dan Bunda Maria, atas kasih dan penyertaan-Nya yang senantiasa memberikan kesehatan, hikmat, serta kekuatan dalam menyelesaikan setiap tahap penelitian hingga penulisan skripsi ini.
2. Orang Tua tercinta, yang selalu memberikan doa, dukungan moral dan materi, serta semangat tanpa henti selama proses perkuliahan dan penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih juga kepada seluruh keluarga besar atas dukungan dan kasih yang telah diberikan.
3. Martinus Edwin Tjahjadi, ST, MT, Ph.D selaku Dosen Pembimbing I yang dengan penuh kesabaran telah memberikan arahan, bimbingan, serta motivasi dalam setiap tahapan penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Fransisca Dwi Agustina, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing II, yang dengan teliti memberikan masukan berharga terutama dalam hal perbaikan sistematika penulisan sehingga skripsi ini dapat tersusun dengan lebih baik.
5. Bapak Ibu Dosen di Program Studi Teknik Geodesi ITN Malang yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, serta wawasan yang sangat bermanfaat selama masa perkuliahan.
6. Teman-teman seperjuangan di Program Studi Teknik Geodesi ITN Malang, terima kasih yang tulus dan senantiasa memberikan dukungan,

semangat, dan kebersamaan selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini. Kebersamaan, kerja sama, dan doa dari teman-teman menjadi motivasi berharga bagi saya untuk tetap berjuang hingga terselesaikannya tugas akhir ini.

Malang, 27 September 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
BERITA ACARA	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	vi
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1. <i>Raspberry Pi</i>	4
2.2 Fotogrametri Jarak Dekat	7
2.3 Kalibrasi kamera.....	7
2.4 Kamera Stereo	8
2.5 Kamera Canon DSLR 600D	10
2.6 Kalibrasi Metode <i>ChAruco</i>	11
2.7 Retifikasi stereo	16
2.8 <i>RMSE (Root Mean Square Error)</i>	22

2.9 Papan Kalibrasi <i>ChAruco</i>	24
2.10 Kamera <i>Digital Single-Lens Reflex</i> (DSLR) Canon EOS 600D	27
2.11 <i>gPhoto2</i>	28
2.12 <i>Python</i>	28
2.13 <i>Picamera2 Library</i>	29
2.14 <i>Ansible playbook otomatisasi tool</i>	30
2.15 <i>SSH (Secure Shell)</i>	31
2.16 <i>OpenCV (Open Source Computer Vision Library)</i>	32
BAB III <u>PENELITIAN</u>	33
3.1 Persiapan	33
3.2 Diagram Alir.....	38
3.3 Pelaksanaan Penelitian	39
3.3.1 Pembuatan Papan <i>CharUco</i>	39
3.3.2 Persiapan Papan Kalibrasi Baja (<i>Calibration board</i>)	40
3.4 Akuisisi Data (Pemotretan Papan Kalibrasi).....	42
3.5 Pengolahan Data	44
3.6 Evaluasi Hasil Kalibrasi	48
3.7 Stereo Kalibrasi	48
BAB IV <u>HASIL DAN PEMBAHASAN</u>	50
4.1 Hasil Deteksi Corner	50
4.2 Hasil Single/Mono Kalibrasi	51
4.3 Hasil Stereo Kalibrasi.....	53
4.4 Hasil Rektifikasi	56
4.5 Hasil Reprojection Error	57
BAB V <u>KESIMPULAN DAN SARAN</u>	61
DAFTAR PUSTAKA	63

LAMPIRAN A	67
LAMPIRAN B.....	76
LAMPIRAN C.....	78
LAMPIRAN D	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Camera Stereo Raspbeery Pi, ArduCam (2021).....	5
Gambar 2. 2 Module Single Board <i>Raspberry Pi</i> , Sumber: ArduCam (2021)	6
Gambar 2. 3 Port GPIO Raspberry, Pinout.GPIO (2020)	6
Gambar 2. 4 Progam Phyton, CircuitDigest (2020)	6
Gambar 2. 5 Stereo Kamera visi, Nordmann, A. (2022).....	9
Gambar 2. 6 Camera Canon 600D, Canon UK (2022)	10
Gambar 2. 7 Pola Papan Kalibrasi <i>ChAruco</i> , Kalibr ETHZ-ASL, (2022)	24
Gambar 2. 8 Pola Papan Catur, Kalibr ETHZ-ASL, (2022)	25
Gambar 2. 9 <i>Marker Aruco</i> , Kalibr ETHZ-ASL, (2022)	26
Gambar 2. 10 Logo python, Wikimedia Commons ,(2008)	29
Gambar 3. 1 Papan Kalibrasi <i>ChAruco</i> , Dokumentasi Pribadi (2024) ..	34
Gambar 3. 2 Kamera DSLR 600D, Dokumentasi Pribadi (2024).....	34
Gambar 3. 3 Diagram alir penelitian	38
Gambar 3. 4 <i>Website</i> Papan <i>CharUco</i> (Sumber: Calib.io 2018).....	39
Gambar 3. 5 Ukuran Papan <i>Charuco</i> (Sumber: Calib.io 2018)	39
Gambar 3. 6 Pemasangan Papan <i>Charuco</i> (Sumber: Dokumentasi Pribadi 2024).....	40
Gambar 3. 7 Papan Kalibrasi Baja (Sumber: Dokumentasi Pribadi 2024)	41
Gambar 3. 8 Ukuran Papan Kalibrasi Baja (Sumber: Dokumentasi Pribadi 2024).....	41
Gambar 3. 9 Ukuran Dimensi Papan Kalibrasi Baja (Sumber: Dokumentasi Pribadi 2024).....	42
Gambar 3. 10 Kamera Terkonfigurasi (Sumber: Dokumentasi Pribadi 2024).....	43
Gambar 3. 11 Hasil Pemotretan Kamera Kiri Tersimpan Otomatis(Sumber: Dokumentasi Pribadi 2024)	43

Gambar 3. 12 Hasil Pemotretan Kamera Kanan Tersimpan Otomatis(Sumber: Dokumentasi Pribadi 2024)	44
Gambar 3. 13 Input Gambar Kiri dan Kanan Pada Aplikasi (Sumber: Dokumentasi Pribadi 2025).....	45
Gambar 3. 14 Deteksi Sudut Papan Catur (Sumber: Dokumentasi Pribadi 2025).....	45
Gambar 3. 15 Kalibrasi Tunggal <i>Single Calibration</i> (Sumber: Dokumentasi Pribadi 2025).....	46
Gambar 3. 16 Stereo Kalibration (Sumber: Dokumentasi Pribadi 2025)	46
Gambar 3. 17 Hasil Parameters Yang Sudah Eksport (Sumber: Dokumentasi Pribadi 2025).....	49
Gambar 4. 1 Hasil Deteksi Corner(Sumber: Dokumentasi Pribadi 2024)	50
Gambar 4. 2 Hasil Mono Kalibrasi(Sumber: Dokumentasi Pribadi 2024)	51
Gambar 4. 3 Hasil Parameter Mono Kalibrasi(Sumber: Dokumentasi Pribadi 2024).....	51
Gambar 4. 4 Hasil Stereo Kalibrasi(Sumber: Dokumentasi Pribadi 2024)	53
Gambar 4. 5 Hasil Parameter Stereo Kalibrasi(Sumber: Dokumentasi Pribadi 2024).....	54
Gambar 4. 6 Hasil Rektifikasi(Sumber: Dokumentasi Pribadi 2024)....	57
Gambar 4. 7 Hasil Plot Box All kamera(Sumber: Dokumentasi Pribadi 2024).....	58
Gambar 4. 8 Hasil Plot Box per kamera(Sumber: Dokumentasi Pribadi 2024).....	58
Gambar 4. 9 Hasil Histogram All Kamera(Sumber: Dokumentasi Pribadi 2024).....	59
Gambar 4. 10 Hasil Histogram Per Kamera(Sumber: Dokumentasi Pribadi 2024).....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Perangkat Keras	35
Tabel 3. 2 Perangkat Lunak.....	36
Tabel 4. 1 Hasil Mono Kalibrasi Kamera Kanan dan Kiri.....	52
Tabel 4. 2 Hasil Stereo Kalibrasi Dua Kamera	54