RANCANG BANGUN SISTEM *STEREO VISION* UNTUK MENGUKUR ESTIMASI KEDALAMAN OBJEK BERBASIS *SOFTWARE* LABVIEW

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Fisika



Disusun oleh:

Erlita Triana Dewi

21106020002

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

2026

LEMBAR PENGESAHAN

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2351/Un.02/DST/PP.00.9/09/2026

Tugas Akhir dengan judul : Rancang Bangun Sistem Stereo Vision Untuk Mengukur Estimasi Kedalaman Objek Berbasis Software LabVIEW

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ERLITA TRIANA DEWI
Nomor Induk Mahasiswa : 21106020002
Telah diujikan pada : Senin, 31 Agustus 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang

Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 6aad3037c7c08

Penguji I

Ade Kurniawan, M.Si., Ph.D.
SIGNED

Valid ID: 6ab0e015d302e

Penguji II

Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D.
SIGNED

Valid ID: 6aab444b279ff

Yogyakarta, 31 Agustus 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6ab101fe548ec

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Erlita Triana Dewi
NIM	: 21106020002
Program Studi	: Fisika
Fakultas	: Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "Rancang Bangun Sistem *Stereo Vision* Untuk Mengukur Estimasi Kedalaman Objek Berbasis *Software* LabVIEW" merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 20 Agustus 2026

Penulis



Erlita Triana Dewi

NIM: 21106020002

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga FM-UINSK-BM-05-03/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi

Lamp : -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama	:	Erlita Triana Dewi
NIM	:	21106020002
Judul Skripsi	:	Rancang Bangun Sistem Stereo Vision Untuk Mengukur Estimasi Kedalaman Objek Berbasis Software LabVIEW

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Fisika.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 20 Agustus 2026

Pembimbing II

Rochan Rifai, S.Si, M.Sc
NIP.19980208 000000 1 301

Pembimbing I

Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc
NIP.19780510 200501 1 003

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN MOTTO

"even the blink of a little star, they can explode to be a part of the galaxy---"

"—and in that final, brilliant explosion, they create the very foundation of life. When a star ends its life in a supernova, it does not just disappear. It transforms."

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Allah Swt.

Diri saya sendiri

Ibu Suiswati dan Bapak Surata

Aprilia Dwi Nugroho

Ivung Tatiana Sari

Study Club Fisika Instrumentasi

Fisika 2021

Program Studi Fisika UIN Sunan Kalijaga

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirobbil 'alamin, segala puji dan syukur atas kehadirat Allah Swt. yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul "Rancang Bangun Sistem *Stereo Vision* untuk Mengukur Estimasi Kedalaman Objek Berbasis *Software* LabVIEW" dengan baik dan lancar. Tidak lupa shalawat serta salam tercurah kepada Nabi Muhammad saw. semoga kelak kita memperoleh syafaatnya di hari perhitungan.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu bentuk tanggung jawab akademik dalam menyelesaikan studi dan merupakan syarat untuk memperoleh kelulusan. Pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan ini tentunya tak luput dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ayah, Ibu serta kakak-kakak yang selalu memberikan doa, semangat, motivasi, serta dukungan yang tiada hentinya.
2. Prof. Noorhaidi Hasan, S.Ag., M.A., M.Phil., Ph.D. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Dr. Widayanti, S.Si., M.Si. selaku Kepala Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Bapak Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, serta dorongan kepada penulis sehingga penyusunan skripsi ini berjalan dengan lancar.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

5. Bapak Rochan Rifai, S.Si., M.Sc. sebagai Dosen Pembimbing II yang senantiasa memberikan masukan berharga dan motivasi yang membangun penyempurnaan tugas akhir ini.
6. Bapak/Ibu seluruh dosen Program Studi Fisika yang telah menuangkan ilmu dan membimbing mahasiswanya.
7. Teman-teman seperjuangan kepada Nabila, Nurul, Aul, Dea, Icha, Sasa yang selalu mendukung, memotivasi, serta memberikan masukan.
8. Teman-teman *Study Club* Instrumentasi 2021.
9. Teman-teman Fisika 2021.
10. Seluruh pihak yang terlibat.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan kelemahan, baik dalam pelaksanaan maupun penyusunan tugas akhir ini sehingga besar harapan untuk memberikan kritik dan saran yang membangun. Semoga penelitian ini dapat menjadi pengalaman yang berharga bagi penulis dan bermanfaat untuk masyarakat yang lebih luas.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 20 Agustus 2026

Penulis



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

RANCANG BANGUN SISTEM *STEREO VISION* UNTUK MENGUKUR ESTIMASI KEDALAMAN OBJEK BERBASIS *SOFTWARE* LABVIEW

Erlita Triana Dewi
21106020002

INTISARI

Estimasi kedalaman merupakan salah satu proses penting dalam bidang *computer vision* untuk memperoleh informasi jarak dan membangun persepsi spasial terhadap objek di ruang tiga dimensi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membuat, dan menguji sistem *stereo vision* untuk mengukur estimasi kedalaman objek berbasis *software* LabVIEW. Metode penelitian dilakukan melalui tahapan perancangan dan pembuatan perangkat sistem yang meliputi braket kamera dan objek pengujian, kemudian dilanjutkan dengan perakitan keseluruhan perangkat sistem *stereo vision* serta program pengolahan citra menggunakan *software* LabVIEW. Pengujian sistem diawali dengan akuisisi citra menggunakan dua *webcam* Logitech C270 sebagai kamera stereo. Data citra stereo yang diperoleh kemudian diproses menggunakan *software* LabVIEW untuk mendapatkan informasi disparitas antara citra kiri dan kanan. Proses pengolahan citra menerapkan algoritma *Semi-Global Block Matching* (SGBM) untuk menentukan nilai disparitas pada setiap piksel. Selanjutnya, proses *stereo matching* menghasilkan peta disparitas yang kemudian dikonversi menjadi informasi kedalaman berdasarkan parameter hasil kalibrasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tingkat akurasi dan presisi keterulangan system pada rentang pengujian yang digunakan telah memenuhi standar minimal SNI ISO/IEC 17025, yaitu 98% – 100% untuk variasi jarak kamera terhadap latar 35,5 cm. Pada variasi tersebut, sistem menghasilkan nilai akurasi sebesar 99,81% dan presisi keterulangan sebesar 99,78%. Sementara itu, pada variasi jarak kamera terhadap latar 30 cm didapatkan hasil nilai akurasi sebesar 97,60% dan presisi keterulangan sebesar 97,69% masih berada di bawah batas minimal standar.

Kata kunci: estimasi kedalaman, sistem *stereo vision*, LabVIEW, kamera stereo

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DESIGN OF A STEREO VISION SYSTEM TO MEASURE OBJECT DEPTH ESTIMATION BASED ON LABVIEW SOFTWARE

Erlita Triana Dewi
21106020002

ABSTRACT

Depth estimation is an important process in the field of computer vision for obtaining distance information and establishing spatial perception of objects in three-dimensional space. This study aims to design, develop, and test a stereo vision system for estimating object depth using LabVIEW software. The research method consisted of several stages, including the design and fabrication of system components, such as the camera bracket and test object, followed by the assembly of the overall stereo vision system and the development of an image-processing program using LabVIEW software. System testing began with image acquisition using two Logitech C270 webcams as stereo cameras. The acquired stereo images were then processed using LabVIEW software to obtain disparity information between the left and right images. The image-processing procedure employed the Semi-Global Block Matching (SGBM) algorithm to determine the disparity value at each pixel. Subsequently, the stereo matching process generated a disparity map, which was then converted into depth information based on the calibrated parameters. The test results showed that the system's accuracy and repeatability precision within the tested range met the minimum standard of SNI ISO/IEC 17025, namely 98%–100%, at a camera-to-background distance of 35.5 cm. At this distance, the system achieved an accuracy of 99.81% and repeatability precision of 99.78%. Meanwhile, at a camera-to-background distance of 30 cm, the system achieved an accuracy of 97.60% and repeatability precision of 97.69%, which were below the minimum standard.

Keyword: *depth estimation, stereo vision system, LabVIEW, stereo camera*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ..... **ii**
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR ..... **iii**
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR ..... **iv**
HALAMAN MOTTO ..... **v**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **vi**
KATA PENGANTAR ..... **vii**
INTISARI ..... **ix**
ABSTRACT ..... **x**
DAFTAR ISI ..... **xi**
DAFTAR GAMBAR ..... **xiii**
DAFTAR TABEL ..... **xv**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 7
1.3 Tujuan Penelitian 7
1.4 Batasan Penelitian 8
1.5 Manfaat Penelitian 9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **10**
2.1 Studi Pustaka 10
2.2 Landasan Teori 17
2.2.1 Citra Digital 17
2.2.2 Pengolahan Citra Digital 19
2.2.3 Stereo Vision 21
2.2.4 Algoritma Semi-Global Block Matching (SGBM) 27
2.2.5 Estimasi Kedalaman 30
2.2.6 LabVIEW 33
2.2.7 *Webcam* Logitech C270 37
2.2.8 Akurasi 39
2.2.9 Presisi 40
2.2.10 Wawasan Islam Mengenai Pengukuran 42
BAB III METODE PENELITIAN **44**
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 44
3.2 Alat dan Bahan Penelitian 44
3.2.1 Alat Perancangan Sistem 44
3.2.2 Alat dan Bahan Pembuatan Sistem 45
3.2.3 Alat dan Bahan Pengujian Sistem 45

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

3.3 Prosedur Penelitian 46
3.3.1 Perancangan Sistem 46
3.3.2 Pembuatan Sistem 50
3.3.3 Pengujian Sistem 54
3.4 Sistematika Pembahasan Hasil Penelitian 64
3.4.1 Sistematika Pembahasan Hasil Perancangan dan Pembuatan Sistem 65
3.4.2 Sistematika Pembahasan Hasil Pengujian Sistem 65
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 67
4.1 Hasil 67
4.1.1 Hasil Perancangan Sistem 67
4.1.2 Hasil Pembuatan Sistem 73
4.1.3 Hasil Pengujian Sistem 75
4.2 Pembahasan 80
4.2.1 Pembahasan Perancangan dan Pembuatan Sistem 80
4.2.2 Pembahasan Pengujian Sistem 86
4.3 Integrasi-Interkoneksi 92
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 94
5.1 Kesimpulan 94
5.2 Saran 95
DAFTAR PUSTAKA 97
LAMPIRAN 100
Lampiran 1. Perancangan Sistem 100
Lampiran 2. Pembuatan Sistem 101
Lampiran 3. Pengujian Sistem 105

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Koordinat piksel (Kumaseh dkk., 2013)..... 18
Gambar 2.2 Proses akuisisi citra digital (Yanu dkk., 2022)..... 20
Gambar 2.3 (a) *Stereo vision* (Özlüoymak, 2020), (b) Kamera stereo (RMS, 2024)..... 21
Gambar 2.4 Pola-pola kalibrasi (Sels dkk., 2019)..... 23
Gambar 2.5 Alur pencocokan stereo (Yashika dan Durdi, 2020) 26
Gambar 2.6 Algoritma *Semi-Global Block Matching* (SGBM) (Setyawan dkk., 2018)..... 27
Gambar 2.7 Tahap menentukan disparitas (Nvidia, 2023)..... 31
Gambar 2.8 *Front panel* 34
Gambar 2.9 Diagram blok 35
Gambar 2.10 Ikon dan panel konektor (National Instruments, 2025)..... 36
Gambar 2.11 *Webcam* Logitech C270 (Logitech, 2021)..... 37
Gambar 2.12 Komparasi untuk (a) presisi rendah dan akurasi rendah, (b) presisi tinggi dan akurasi rendah, serta (c) presisi dan akurasi tinggi (Morris dan Langari, 2020)..... 40
Gambar 3.1 Diagram blok sistem *stereo vision*..... 46
Gambar 3.2 Skema pengujian sistem *stereo vision* 55
Gambar 4.1 Desain braket kamera sistem *stereo vision*..... 67
Gambar 4.2 Desain objek pengujian sistem *stereo vision*..... 68
Gambar 4.3 Hasil rancangan keseluruhan perangkat sistem *stereo vision*..... 68
Gambar 4.4 Diagram alur program LabVIEW 70
Gambar 4.5 (Lanjutan) 71
Gambar 4.6 (Lanjutan) 72
Gambar 4.7 Sistem *stereo vision* yang telah dibuat..... 73
Gambar 4.8 Program sistem *stereo vision* pada *software* LabVIEW 74
Gambar 4.9 Citra disparitas dari pengujian sistem *stereo vision* untuk jarak kamera terhadap latar sebesar; (a) 30 cm dan (b) 35,5 cm..... 76
Gambar 4.10 Grafik hubungan antara kedalaman aktual dengan estimasi kedalaman pengukuran pada jarak kamera terhadap latar sebesar 30 cm 77
Gambar 4.11 Grafik hubungan antara kedalaman aktual dengan estimasi kedalaman pengukuran pada jarak kamera terhadap latar sebesar 35,5 cm 78
Gambar Lampiran 1.1 Proses perancangan sistem *stereo vision*..... 100
Gambar Lampiran 1.2 Desain braket kamera, objek, dan sistem *stereo vision* menggunakan perangkat lunak SketchUp 100
Gambar Lampiran 1.3 Perancangan program LabVIEW pada Microsoft Visio 101
Gambar Lampiran 2.1 Persiapan alat dan bahan 101
Gambar Lampiran 2.2 Pembuatan perangkat sistem *stereo vision*..... 102
Gambar Lampiran 2.3 Pembuatan blok diagram konfigurasi kamera stereo pada *software* LabVIEW 102

Gambar Lampiran 2.4 Pembuatan blok diagram untuk kalibrasi kamera stereo pada *software* LabVIEW 103
Gambar Lampiran 2.5 Pembuatan blok diagram untuk menyimpan pola hasil kalibrasi stereo pada *software* LabVIEW..... 103
Gambar Lampiran 2.6 Pembuatan blok diagram untuk rektifikasi stereo pada *software* LabVIEW..... 103
Gambar Lampiran 2.7 Pembuatan blok diagram untuk proses *stereo matching* pada *software* LabVIEW 104
Gambar Lampiran 2.8 Pembuatan blok diagram untuk mengukur estimasi kedalaman sistem *stereo vision* pada *software* LabVIEW 104
Gambar Lampiran 3.1 Proses pengambilan data 105
Gambar Lampiran 3.2 Pola kalibrasi yang digunakan dalam pengujian kalibrasi sistem *stereo vision*..... 105
Gambar Lampiran 3.3 Hasil kalibrasi kamera kiri dan kanan pada software LabVIEW 106
Gambar Lampiran 3.4 Hasil pengukuran estimasi kedalaman objek pada *software* LabVIEW..... 106
Gambar Lampiran 3.5 Hasil pengujian sistem *stereo vision* dengan (a) Gambar kiri dan (b) Gambar kanan dari objek; serta (c) Citra peta disparitas..... 107

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi *webcam* Logitech C270 38
Tabel 3.1 Alat perancangan sistem..... 44
Tabel 3.2 Alat pembuatan sistem 45
Tabel 3.3 Bahan pembuatan sistem..... 45
Tabel 3.4 Alat pengujian sistem 45
Tabel 3.5 Bahan pengujian sistem..... 45
Tabel 3.6 Nilai akurasi pada jarak kamera terhadap latar sebesar 30 cm..... 62
Tabel 3.7 Nilai akurasi pada jarak kamera terhadap latar sebesar 35,5 cm..... 62
Tabel 3.8 Nilai presisi keterulangan pada jarak kamera terhadap latar sebesar 30 cm. 64
Tabel 3.9 Nilai presisi keterulangan pada jarak kamera terhadap latar sebesar 35,5 cm. 64
Tabel 4.1 Nilai akurasi pada jarak kamera terhadap latar sebesar 30 cm..... 79
Tabel 4.2 Nilai akurasi pada jarak kamera terhadap latar sebesar 35,5 cm..... 79
Tabel 4.3 Nilai presisi keterulangan pada jarak kamera terhadap latar sebesar 30 cm..... 80
Tabel 4.4 Nilai presisi keterulangan pada jarak kamera terhadap latar sebesar 35,5 cm..... 80
Tabel Lampiran 3.1 Hasil kalibrasi sistem stereo vision pada jarak kamera terhadap latar sebesar 30 cm 107
Tabel Lampiran 3.2 Hasil kalibrasi sistem stereo vision pada jarak kamera terhadap latar sebesar 35,5 cm 107
Tabel Lampiran 3.3 Hasil pengukuran estimasi kedalaman pada jarak kamera terhadap latar sebesar 30 cm 108
Tabel Lampiran 3.4 Hasil pengukuran estimasi kedalaman pada jarak kamera terhadap latar sebesar 35,5 cm 109
Tabel Lampiran 3.5 Hasil penghitungan estimasi kedalaman pada jarak kamera terhadap latar sebesar 30 cm 110
Tabel Lampiran 3.6 Hasil penghitungan estimasi kedalaman pada jarak kamera terhadap latar sebesar 35,5 cm 110

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi dan komputasi yang semakin pesat mendorong pemanfaatan sistem berbasis komputer dalam berbagai bidang kehidupan seperti penerapan dalam pengamatan, pengukuran, dan intrepretasi lingkungan. Salah satu dari sekian banyak perkembangan di bidang teknologi, fokus penelitian yang dinilai menarik untuk dikembangkan adalah sistem pencitraan komputer atau *computer vision* (Szeliski, 2022). *Computer vision* merupakan bidang ilmu yang berfokus pada pengembangan metode agar mesin mampu memperoleh, mengolah, dan menafsirkan citra digital untuk mengenali informasi visual. Tugas utama dari *computer vision* adalah bagaimana membuat komputer memahami citra digital dan data visual yang didapatkan dari keadaan nyata. Data yang diperoleh ini perlu melalui pengolahan, klasifikasi, *filtering*, dan banyak lagi untuk memperoleh informasi seperti model dua dimensi (2D) atau tiga dimensi (3D), posisi, deteksi objek, pengenalan objek, pengelompokan hingga pengukuran jarak objek terhadap kamera (Arnita dkk., 2022).

Teknologi pada bidang *computer vision* bekerja dengan meniru fungsi penglihatan manusia yang mampu mengenali, memahami, dan menafsirkan lingkungan sekitarnya. Hal ini mencerminkan nilai filosofis dalam Islam yang menekankan pentingnya pengamatan visual terhadap fenomena alam. Nilai filosofis ini terdapat dalam Al-Qur'an pada surah Yunus ayat ke-101, Allah Swt. berfirman:

قُلِ انْظُرُوْا مَاذَا فِى السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ ۗوَمَا تُغْنِى الْاٰيٰتُ وَالنُّذُرُ عَنْ قَوْمٍ لَّا يُؤْمِنُوْنَ ۝١٠١

Artinya: "*Katakanlah, "Perhatikanlah apa yang ada di langit dan di bumi!" Tidaklah bermanfaat tanda-tanda (kebesaran Allah) dan rasul-rasul yang memberi peringatan bagi orang yang tidak beriman.*" (Kemenag RI, 2025).

Menurut Shihab (2002), ayat ini dikaitkan dengan perintah untuk memperhatikan langit dan bumi yang menjadi dorongan untuk berfikir secara ilmiah memanfaatkan akal dan ilmu pengetahuan dalam memahami ayat kauniyah. Ilmu pengetahuan yang ada pada *computer vision* ini memberikan pemahaman dalam memanfaatkan fenomena visual. Salah satu informasi penting yang dibutuhkan dalam memahami fenomena visual adalah informasi kedalaman atau jarak objek pada citra tiga dimensi, sedangkan citra dua dimensi hanya meberikan informasi posisi dan bidang objek. Permasalahan ini dapat dijawab melalui estimasi kedalaman (*depth estimation*,) yaitu proses menentukan jarak suatu objek terhadap kamera atau sensor. Penentuan ini dilakukan melalui pengukuran karakteristik visual yang berkaitan dengan posisi objek pada ruang tiga dimensi (Szeliski, 2022).

Pengukuran kedalaman objek ini secara umum dapat dilakukan dengan dua pendekatan, salah satunya pendekatan aktif menggunakan teknologi sensor aktif yang menggunakan sumber energi atau sinyal tambahan untuk memperoleh informasi kedalaman, seperti teknologi *Light Detection and Ranging* (LiDAR) yang menggunakan waktu tempuh pulsa cahaya yang dipantulkan kembali oleh objek. Sementara itu, pendekatan pasif memanfaatkan informasi visual yang diperoleh kamera dan melakukan analisis citra serta pencocokan fitur atau piksel untuk mengestimasi kedalaman objek. Kedua pendekatan tersebut memiliki

karakteristik dan tantangan masing-masing. Pendekatan aktif dapat memberikan informasi jarak secara langsung, namun terbatas dalam kondisi lingkungan tertentu. Adapun pendekatan pasif memiliki keunggulan karena tidak memerlukan pemancaran sinyal tambahan dan sekaligus dapat mempertahankan informasi visual objek berupa warna dan tekstur (Zhang dkk., 2025).

Salah satu pendekatan pasif yang dapat digunakan untuk memperoleh informasi estimasi kedalaman adalah *stereo vision*. Sistem *stereo vision* yang digunakan dalam penelitian bekerja berdasarkan pada penglihatan binokular. Konsep ini memungkinkan untuk melakukan analisis kedalaman dan membangun representasi ruang tiga dimensi dari lingkungan nyata (Pramudyo dkk., 2022). Berbeda dengan penggunaan sensor aktif yang secara khusus digunakan untuk mengukur jarak atau kedalaman, sistem *stereo vision* tidak hanya menghasilkan informasi kedalaman, tetapi juga mempertahankan informasi visual berupa tekstur dan warna objek dalam bentuk citra. Kemampuan tersebut menjadikan sistem *stereo vision* berpotensi untuk diterapkan pada berbagai sistem yang membutuhkan informasi spasial dari lingkungan.

Meskipun prinsip dasar *stereo vision* relatif sederhana, tetapi pada kondisi nyata implementasinya memiliki sejumlah permasalahan. Proses estimasi kedalaman menggunakan sistem *stereo vision* ini tidak hanya bergantung pada persamaan geometris, tetapi juga pada kualitas citra, karakteristik kamera, kondisi pencahayaan, tekstur objek, distorsi lensa, posisi relatif kamera, dan algoritma yang digunakan dalam pengolahan citra stereonya (National Instruments, 2025). Selain faktor tersebut, penerapan *stereo vision* membutuhkan modul kamera

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

stereo, namun ketersediaan modul kamera stereo di pasaran elektronik lokal masih sangat terbatas dan memiliki rentang harga yang relatif mahal. Kondisi tersebut mendorong penelitian ini menggunakan kamera berbiaya rendah (*low-cost camera*) sebagai sistem kamera stereo dengan perangkat pengolahan citra menggunakan *software* LabVIEW.

Penerapan *stereo vision* menggunakan kamera berbiaya rendah (*low-cost camera*) menjadi salah satu alternatif untuk membangun sistem pengukuran kedalaman dengan kebutuhan perangkat keras yang lebih ekonomis. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kamera berbiaya rendah memiliki potensi untuk digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan informasi spasial. Penelitian Subrata dan Baiquni (2024) menggunakan dua buah kamera *webcam* sebagai perangkat stereo yang menangkap citra objeknya. Penelitian lain oleh Zaki dkk. (2023) juga menerapkan kamera berbiaya rendah dalam pengembangan sistem untuk aplikasi robotika. Selain itu, penelitian Rasmuson dkk. (2021) menunjukkan bahwa kamera USB atau *webcam* dapat digunakan sebagai pasangan kamera stereo sehingga sistem tidak harus menggunakan kamera stereo khusus yang telah terintegrasi. Penggunaan dua buah *webcam* sebagai kamera stereo ini juga dinilai lebih lebih fleksibel dan kompatibilitas di berbagai lingkungan (Abdelsalam dkk., 2024). Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini menggunakan dua buah kamera *webcam* Logitech C270 sebagai perangkat kamera stereo mempertimbangkan efisiensi biaya, ketersediaan perangkat, serta tujuan yang dicapai dalam penelitian.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Penggunaan kamera berbiaya rendah ini dihitung lebih ekonomis, namun tentunya memiliki tantangan tersendiri dalam memperoleh hasil pengukuran yang akurat. Kamera yang digunakan sebagai sistem stereo harus memiliki parameter intrinsik serta hubungan geometris antarkamera yang baik. Perbedaan karakteristik kamera, distorsi lensa, posisi, orientasi kamera, serta jarak antarkamera atau *baseline* dapat memengaruhi hasil pengukuran kedalaman. Oleh karena itu, diperlukan kalibrasi kamera sebagai tahapan dalam pengembangan sistem *stereo vision*. Kalibrasi digunakan untuk memperoleh parameter intrinsik dan ekstrinsik kamera sehingga hubungan geometris antara citra kiri dan kanan dapat ditentukan dengan lebih tepat. Selain kalibrasi, kualitas *stereo matching* juga berpengaruh langsung terhadap disparitas yang didapatkan untuk menghitung kedalaman (National Instruments, 2025). Dalam implementasinya, *software* LabVIEW dapat digunakan untuk pengembangan dan mengintegrasikan tahap pengolahan citra stereo ini.

LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) merupakan sebuah perangkat lunak yang dikembangkan oleh National Instruments berbasis pemrograman grafis. Fitur unggulan yang tersedia pada perangkat ini adalah *Graphical Programming Language* yang memungkinkan pengguna untuk membuat program secara visual melalui diagram blok tanpa harus menulis kode secara tekstual. Pemilihan LabVIEW ini karena dinilai mampu melakukan pengolahan citra stereo secara lebih terstruktur dan terintegrasi dengan memanfaatkan pustaka Vision Development Module (VDM). Pustaka ini menyediakan berbagai fungsi yang digunakan dalam pemrosesan citra seperti

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

akuisisi, analisis, dan interpretasi citra digital. Selain itu, LabVIEW menyediakan modul NI-IMAQdx untuk akuisisi citra dari berbagai jenis kamera, termasuk kamera USB. Modul ini juga mendukung berbagai fitur seperti kalibrasi kamera, analisis partikel, pengukuran objek, dan ekstraksi fitur dalam satu lingkungan yang menjadikannya sangat relevan dalam implementasi sistem *stereo vision* dan estimasi kedalaman objek berbasis citra digital (National Instruments, 2025).

Sistem ini dalam penerapannya memerlukan kondisi pencahayaan yang lebih stabil dan konsisten agar hasil pencocokan citra diperoleh secara optimal, serta pemilihan objek yang memiliki permukaan bertekstur sehingga disparitas dari citra dapat terdeteksi dengan baik. Selain itu sistem *stereo vision* yang dikembangkan ini masih dalam tahap bentuk sederhana sehingga sistem masih memerlukan optimasi algoritma yang digunakan dalam pengukuran kedalaman yang lebih stabil dan akurat. Dalam penelitian ini, perangkat lunak LabVIEW menerapkan algoritma *Semi-Global Block Matching* (SGBM) dalam metode pengukuran kedalamannya. Algoritma *Semi-Global Block Matching* (SGBM) yang digunakan ini dinilai dapat meningkatkan akurasi dengan optimasi pencocokan melalui beberapa arah dengan mempertimbangkan kesesuaian piksel untuk memperoleh peta disparitas yang lebih konsisten sehingga sistem mampu menghasilkan peta kedalaman yang lebih halus dan stabil (Setyawan dkk., 2018).

Penerapan metode serta perangkat pemrosesan citra yang telah diuraikan sebelumnya mendorong keterbaruan dalam perwujudan sistem pengukuran kedalaman objek yang lebih sederhana dan efisien. Melalui implementasi sistem *stereo vision* menggunakan kamera berbiaya rendah (*low-cost camera*) yaitu dua

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

buah *webcam* Logitech C270, penelitian ini menawarkan alternatif terhadap kebaruan sistem yang lebih ekonomis dibandingkan penggunaan modul kamera stereo dengan integrasi LabVIEW sebagai perangkat yang membangun sistem pengukuran kedalaman berbasis citra pada rentang pengukuran tertentu.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada bagian latar belakang, maka rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana hasil rancangan sistem *stereo vision* untuk mengukur estimasi kedalaman objek menggunakan *software* LabVIEW?
2. Bagaimana hasil pembuatan sistem *stereo vision* untuk mengukur estimasi kedalaman objek menggunakan *software* LabVIEW?
3. Bagaimana kinerja sistem *stereo vision* dalam mengukur estimasi kedalaman objek berbasis *software* LabVIEW?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian dilakukan untuk mencapai sasaran yang telah dirumuskan sebelumnya. Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang sistem *stereo vision* untuk mengukur estimasi kedalaman objek berbasis *software* LabVIEW.
2. Membuat sistem *stereo vision* untuk mengukur estimasi kedalaman objek berbasis *software* LabVIEW.
3. Menguji sistem *stereo vision* untuk mengukur estimasi kedalaman objek yang telah dibuat berbasis *software* LabVIEW.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

1.4 Batasan Penelitian

Berdasarkan tujuan yang diangkat dalam penelitian ini, diperlukan beberapa batasan penelitian. Batasan-batasan dari penelitian ini diantaranya sebagai berikut.

1. Perangkat lunak yang digunakan pada pembuatan dan pengujian sistem adalah NI LabVIEW 2024.
2. Kamera yang digunakan adalah dua buah *webcam* merek Logitech C270.
3. Objek yang digunakan dalam pengujian memiliki tekstur permukaan yang rata, tidak terlalu reflektif, serta berada dalam posisi statis.
4. Pengujian dilakukan dalam ruangan dengan pencahayaan yang relatif stabil dengan resolusi citra sebesar 640 x 480 piksel.
5. Algoritma pencocokan citra yang digunakan dalam pengujian adalah *Semi-Global Block Matching* (SGBM).
6. Pengujian sistem ini menggunakan dua variasi jarak kamera terhadap latar yaitu sebesar 30 cm dan 35,5 cm.
7. Pengukuran estimasi kedalaman dilakukan menggunakan 10 interval jarak pengujian objek dengan 3 titik uji sebanyak 5 kali pengulangan pada setiap titik uji.
8. Parameter pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah akurasi dan presisi keterulangan.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dan penerapan di bidang terkait. Manfaat yang dapat diperoleh dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menambah khazanah dalam bidang sistem pengukuran kedalaman objek khususnya dengan pendekatan berbasis *stereo vision*.
2. Sistem *stereo vision* dapat diimplementasikan dalam sistem deteksi yang memerlukan informasi kedalaman pada objek statis.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan beberapa hasil dan pembahasan sistem yang dapat digunakan untuk merumuskan beberapa kesimpulan diantaranya sebagai berikut.

1. Sistem *stereo vision* untuk mengukur estimasi kedalaman objek berbasis *software* LabVIEW ini telah dirancang terdiri dari hasil rancangan sistem dan programnya. Hasil rancangan sistem meliputi desain braket kamera, objek pengujian, dan keseluruhan perangkat sistem, sedangkan rancangan program direpresentasikan dalam bentuk diagram alur.
2. Sistem *stereo vision* untuk mengukur estimasi kedalaman objek berbasis *software* LabVIEW telah berhasil dibuat meliputi perangkat akuisisi dan program pengolahan citranya. Sistem dibuat menggunakan dua *webcam* Logitech C270 sebagai perangkat akuisisi citra. Adapun program pada *software* LabVIEW dibuat untuk memproses citra stereo dalam pengukuran estimasi kedalaman objek.
3. Sistem *stereo vision* untuk mengukur estimasi kedalaman objek berbasis *software* LabVIEW telah melalui tahap pengujian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tingkat akurasi dan presisi keterulangan sistem pada rentang pengujian yang digunakan telah memenuhi standar minimal SNI ISO/IEC 17025, yaitu 98% – 100% untuk variasi jarak kamera terhadap latar 35,5 cm. Pada variasi tersebut, sistem menghasilkan nilai akurasi sebesar

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

99,81% dan presisi keterulangan sebesar 99,78%. Sementara itu, pada variasi jarak kamera terhadap latar 30 cm didapatkan hasil nilai akurasi sebesar 97,60% dan presisi keterulangan sebesar 97,69% masih berada di bawah batas minimal standar.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian sistem *stereo vision* untuk mengukur estimasi kedalaman berbasis *software* LabVIEW yang telah dilaksanakan terdapat beberapa kekurangan yang dapat menjadi bahan pengembangan pada penelitian berikutnya. Beberapa saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya di antaranya sebagai berikut.

1. Penelitian ini menggunakan kamera *webcam* sebagai perangkat akuisi citra dalam proses estimasi kedalaman sehingga kualitas citra yang diperoleh masih memiliki keterbatasan yang memengaruhi hasil pengukurannya. Penelitian selanjutnya dapat digunakan modul kamera stereo untuk meningkatkan kualitas citra yang diperoleh dan jangkauan pengamatan objek yang lebih luas.
2. Akuisisi data estimasi kedalaman sistem *stereo vision* ini masih dilakukan secara manual dalam pencatatan data kedalaman dan penyimpanan citra dari peta disparitasnya. Pengembangan selanjutnya dapat dikembangkan program untuk mencatat dan menyimpan hasil citra dan data hasil pengukuran secara langsung.
3. Proses kalibrasi stereo masih perlu dikaji dan dioptimalkan dengan memperhatikan parameter intrinsik dan ekstrinsik kamera. Pengujian dapat

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

dilakukan menggunakan beberapa variasi posisi titik kalibrasi untuk memperoleh parameter kalibrasi yang lebih optimal dan mengetahui pengaruh kesalahan kalibrasi terhadap hasil estimasi kedalaman.

4. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan perbandingan metode *Semi-Global Block Matching* (SGBM) dengan metode *stereo matching* lainnya seperti *Block Matching* (BM) dan untuk kondisi pengujian dan parameter evaluasi yang sama. Perbandingan tersebut dapat digunakan untuk menentukan metode yang memberikan hasil estimasi kedalaman paling akurat dan stabil pada sistem *stereo vision* berbasis LabVIEW.
5. Pengujian penelitian ini hanya berada pada rentang variasi 30 cm dan 35,5 cm sehingga untuk penelitan selanjutnya dapat dilakukan pengukuran dari rentang jarak yang lebih luas, mencakup batas minimal dan maksimal yang dapat diambil oleh sistem *stereo vision*. Pengukuran tersebut disarankan dengan mempertimbangkan pengembangan sistem untuk memperoleh hasil estimasi kedalaman yang mendekati nilai aktual.
6. Pengujian sistem *stereo vision* dapat dikembangkan dengan membandingkan objek pada posisi dan kondisi pengamatan yang berbeda untuk mengevaluasi konsistensi hasil pengukuran sistem. Selain itu, dapat juga dilakukan variasi tekstur objek serta pencahayaan yang berbeda untuk mengetahui pengaruhnya terhadap keberhasilan pengolahan citra.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR PUSTAKA

Abdelsalam, A., Mansour, M., Porras, J., dan Happonen, A. 2024. Depth Accuracy Analysis of the ZED 2i Stereo Camera in an Indoor Environment. *Robotics and Autonomous Systems*, **179**, 1–11.

Apriliyani, S. A., Martono, Y., Riyanto, C. A., Mutmainah, dan Kusmita, L. 2018. Validation of UV-VIS Spectrophotometric Methods for Determination of Inulin Levels from Lesser Yam (*Dioscorea esculenta* L.). *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, **21(4)**, 161–165.

Arnita, Marpaung, F., Aulia, F., Suryani, N., dan Nabila, R. C. 2022. *Computer Vision dan Pengolahan Citra Digital* (1st ed.). Surabaya: Pustaka Aksara.

Arunakumari, B. N., Shashidhar, R., Farheen, H. S. N., dan Roopa, M. 2023. *Realtime Object Distance Measurement Using Stereo Vision Image Processing*. 9–19.

Badan Standardisasi Nasional. 2018. *Implementasi SNI ISO/IEC 17025: 2017* (1st ed). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Faradiba. 2020. *Buku Materi Pembelajaran Metode Pengukuran Fisika*. Jakarta: Prodi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Kristen Indonesia.

Fatkhurohman, M., dan Syam, R. S. E. 2023. Relasi Sains Dan Agama : Materi Besaran Dan Satuan Dalam Meningkatkan Keimanan Peserta Didik. *Jurnal Riset Rumpun Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam (JURRIMIPA)*, **2(1)**, 213–224.

FullForms. 2025. *Full Form of Logitech: What does Logitech mean?* Diakses 10 Agustus 2025 dari https://fullforms.com/Logitech

Gonzalez, R. C., dan Woods, R. E. 2018. *Digital Image Processing* (4th ed). Pearson. New York: Pearson.

Hamad, L., Khan, M. A., dan Mohamed, A. 2024. Object Depth and Size Estimation Using Stereo-Vision and Integration with SLAM. *IEEE Sensors Letters*, 1–4.

He, J., Li, P., An, X., dan Wang, C. 2024. A Reconstruction Methodology of Dynamic Construction Site Activities in 3D Digital Twin Models Based on Camera Information. *Buildings*, **14**, 1–21.

Hidayat, N. M., Rachman, N., dan Hudha, M. 2021. Implementasi Metode Stereo Vision Pada Robot Tempur CIA Versi N2MR3 dengan Menggunakan Dua Kamera. *Jurnal Telkommil*, **2(1)**, 42–48.

Kementrian Agama Republik Indonesia. 2025. *Qur'an Kemenag*. Diakses 14 April 2025 dari https://quran.kemenag.go.id/

Kumaseh, M. R., Latumakulita, L., dan Nainggolan, N. 2013. Segmentasi Citra

STATE ISLAMIC UNIVERSITY SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA

Digital Ikan Menggunakan Metode Thresholding. *Jurnal Ilmiah Sains*, **13(1)**, 74–79.

Liu, L., Tian, J., Luo, G., Xu, S., Zhang, C., Hu, H., dan Tao, W. 2024. Image Depth Estimation Assisted by Multi-view Projection. *Complex and Intelligent Systems*, **11(66)**, 1–16.

Logitech. 2021. *Logitech HD C270 Webcam for Education*. Diakses 10 Agustus 2025 dari https://www.logitech.com/content/dam/logitech/en/support/qsg/education-center/logitech-c270-for-education-one-pager.pdf

Marleny, F. D. 2021. *Pengolahan Citra Digital Menggunakan Python*. Jawa Tengah: CV Pena Persada.

Morris, A. S., dan Langari, R. 2020. *Measurement and Instrumentation: Theory and Application* (3rd ed). New York: Academic Press.

National Instruments. 2025. *LabVIEW Fundamentals*. Diakses 6 Juli 2025 dari https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/labview/page/user-manual-welcome.html?srsltid=AfmBOoo7kn8bp6HChJd-RcY2cLqpGSv0HC3RCUCnbhzt1Nhx7X31rKSI&utm

Nvidia. 2023. *Stereo Depth*. Diakses 9 Juli 2025 dari https://nvidia-isaac ros.github.io/concepts/stereo_depth/index.html

Özlüoymak, Ö. B. 2020. Determination of Plant Height for Crop and Weed Discrimination by Using Stereo Vision System. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, **17(1)**, 97–107.

Pramudyo, A. S., Angkoso, A. D., dan Muhammad, F. 2022. Sistem Deteksi Objek Menggunakan Metode HSV dan Binocular Disparity Pada Turtlebot3. *Setrum: Sistem Kendali Tenaga Elektronika Telekomunikasi Komputer*, **11(1)**, 21–34.

Rasmuson, S., Sintorn, E., dan Assarsson, U. 2021. A Low-Cost, Practical Acquisition and Rendering Pipeline for Real-time Free-viewpoint Video Communication. *The Visual Computer*, **37**, 553–565.

RMS. 2024. *Iris M™ Motion Amplification Camera*. Diakses 14 Juli 2025 dari https://rms-reliability.com/product/motion-amplification-camera-iris-m/

Sels, S., Ribbens, B., Vanlanduit, S., dan Penne, R. 2019. Camera Calibration Using Gray Code. *Sensors*, **19(2)**, 1–11.

Setiaji, Y., Miransyahputra, M. R., dan Nazaruddin, Y. Y. 2021. Analisis Metoda Estimasi Peta Kedalaman Dari Citra RGB 2D Untuk Penerapan Teknik Persepsi Pada Kendaraan Otonom. *Jurnal Otomasi Kontrol Dan Instrumentasi*, **13(2)**, 65–71.

Setyawan, R. A., Sunoko, R., Choiron, M. A., dan Mudjirahardjo, P. 2018. Implementation of Stereo Vision Semi-Global Block Matching Methods for Distance Measurement. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, **12(2)**, 585–591.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Shihab, M. Q. 2002. *Tafsir Al-Misbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an (Jilid 5).* Jakarta: Lentera Hati.

Situmorang, P. H., dan Rokhmana, C. A. 2019. Calibration of Digital Cameras for Mobile Mapping Purposes. *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, **2(1)**, 138–143.

Szeliski, R. 2022. *Computer Vision: Algorithms and Applications* (2nd ed). Switzerland: Springer Nature.

Umasudhan, M. 2022. Image Depth Estimation Using Stereo Vision. *TechRxiv*, 1–19.

Utama, A. M., Purwanto, D., dan Mardianto, R. 2016. Rancang Bangun Sistem Pengukuran Posisi Target dengan Kamera Stereo untuk Pengarah Senjata Otomatis. *Jurnal Teknik ITS*, **5(2)**, 1–5.

Verykokou, S., dan Ioannidis, C. 2025. Image Matching: A Comprehensive Overview of Conventional and Learning-Based Methods. *Encyclopedia*, **5(1)**, 1-21.

Yanu, M., Yuwono, B., dan Boedi, D. 2022. *Dasar Pengolahan Citra Digital (Jilid 2).* Yogyakarta: Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) UPN Veteran Yogyakarta.

Yashika, dan Durdi, V. B. 2020. Stereo-vision based Image Fusion using SURF Algorithm. *International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR)*, **7(3)**, 479–482.

Zaki, A.M.A., Carnevale, M., Schlette, C., dan Giberti, H. 2023. On the Use of Low-Cost 3D Stereo Depth Camera to Drive Robot Trajectories in Contact-Based Applications. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, **128**, 3745–3759.

Zhang, Z., Zhang, Y., Li, Y., dan Wu, L. 2025. Review of Monocular Depth Estimation Methods. *Journal of Electronic Imaging*, **34(2)**, 1–48.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA