

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN VOLUME BANGUN
RUANG DATAR MENGGUNAKAN METODE STEREO VISION
BERBASIS PENGOLAHAN CITRA**

(Skripsi)

Oleh:

**DHIYA ULHAQ FAIRAAZ JAMIL
1815031050**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN VOLUME BANGUN RUANG DATAR MENGGUNAKAN METODE STEREO VISION BERBASIS PENGOLAHAN CITRA

Oleh

DHIYA ULHAQ FAIRAAZ JAMIL

Dalam kehidupan sehari-hari seringkali ditemui kegiatan mengukur volume suatu bangun ruang masih dilakukan secara manual dengan menggunakan penggaris sehingga dinilai tidak efektif dan tidak efisien. Salah satu teknologi yang dapat memecahkan masalah tersebut yaitu dengan menggunakan pengolahan citra. Pengolahan citra dapat digunakan untuk mengukur volume bangun ruang secara otomatis dari citra yang diproses. Penelitian ini bertujuan untuk membuat rancang bangun yang dapat mengukur volume suatu bangun ruang simetris menggunakan metode stereo vision berbasis pengolahan citra secara otomatis. Bangun ruang diletakkan didalam mini studio box berukuran 60 cm x 60 cm x 60 cm dan menggunakan 2 pasang ESP32-cam yang masing-masing terletak didepan dan disamping objek bangun ruang untuk menangkap citra bangun ruang tersebut. Hasil citra akan diolah menggunakan prinsip segmentasi dan metode stereo vision untuk menghasilkan jenis bangun ruang, jarak bangun ruang terhadap kamera, ukuran dimensi bangun ruang, dan hasil perhitungan volume bangun ruang. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa metode stereo vision dapat digunakan untuk mengukur volume suatu bangun ruang dengan membandingkan perhitungan volume bangun ruang secara manual dan perhitungan volume bangun ruang menggunakan sistem. Dan pada tugas akhir ini mendapatkan nilai akurasi sebesar 92,8% dari 32 data uji coba. Dengan hasil tingkat akurasi tersebut, dapat dikatakan bahwa sistem rancang bangun layak dan baik untuk dijadikan sistem pengukuran volume bangun ruang secara otomatis.

Kata Kunci: Bangun Ruang, Pengolahan Citra, ESP32-Cam, Pengukuran Volume, *Stereo Vision*

ABSTRACT**DESIGN OF FLAT GEOMETRY VOLUME MEASUREMENT SYSTEM
USING STEREO VISION METHOD BASED ON IMAGE PROCESSING****By****DHIYA ULHAQ FAIRAAZ JAMIL**

In everyday life, it is often found that the activity of measuring the volume of a geometry is still done manually using a ruler so that it is considered ineffective and inefficient. One of the technologies that can solve this problem is by using image processing. Image processing can be used to measure the volume of a geometry automatically from the processed image. This research aims to make a design that can measure the volume of a symmetrical geometry using the stereo vision method based on image processing automatically. The geometry is placed in a mini studio box measuring 60 cm x 60 cm x 60 cm and uses 2 pairs of ESP32-cams, each located in front of and beside the geometry object to capture the image of the geometry. The image results will be processed using the principle of segmentation and stereo vision method to produce geometry type, geometry distance to the camera, geometry dimensions, and geometry volume calculation results. Based on the results of this study, it can be concluded that the stereo vision method can be used to measure the volume of a geometry by comparing the calculation of geometry volume manually and the calculation of geometry volume using the system. And in this final project get an accuracy value of 92.8% of 32 test data. With the results of the accuracy rate, it can be said that the design system is feasible and good to be used as an automatic measurement system.

Keywords: Geometry, Image Processing, ESP32-Cam, Volume Measurement, Stereo Vision

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN VOLUME BANGUN
RUANG DATAR MENGGUNAKAN METODE STEREO VISION
BERBASIS PENGOLAHAN CITRA**

Oleh

DHIYA ULHAQ FAIRAAZ JAMIL

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**Judul : RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN
VOLUME BANGUN RUANG DATAR
MENGUNAKAN METODE STEREO VISION
BERBASIS PENGOLAHAN CITRA**

Nama Mahasiswa : *Dhiya Ulhaq Fairaaz Jamil*

NPM : 1815031050

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik



Sumadi

**Sumadi, S.T., M.T.
NIP. 197311042000031001**

Emir Nasrullah

**Emir Nasrullah, S.T., M.Eng.
NIP. 196006141994021001**

2. Mengetahui

**Ketua Jurusan
Teknik Elektro**

Herlinawati

**Herlinawati, S.T., M.T.
NIP. 197103141999032001**

**Ketua Program Studi
Teknik Elektro**

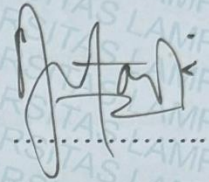
Sumadi

**Sumadi, S.T., M.T.
NIP. 197311042000031001**

MENGESAHKAN

1. **Tim Penguji**

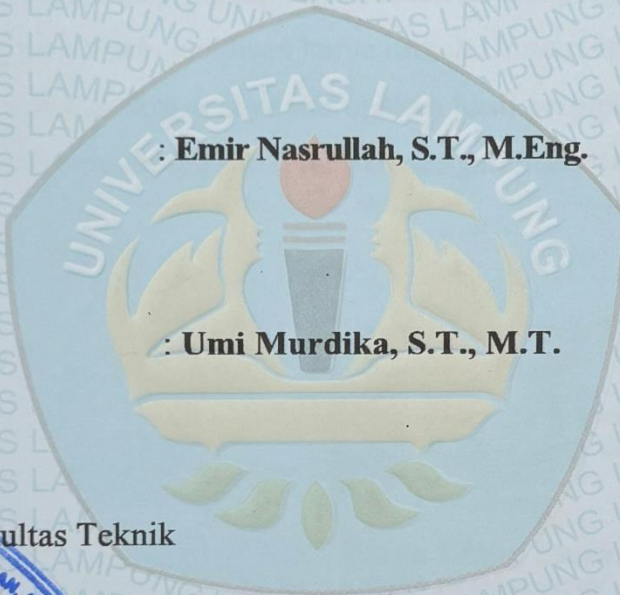
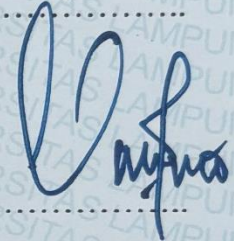
Ketua : Sumadi, S.T., M.T.



Sekretaris : Emir Nasrullah, S.T., M.Eng.



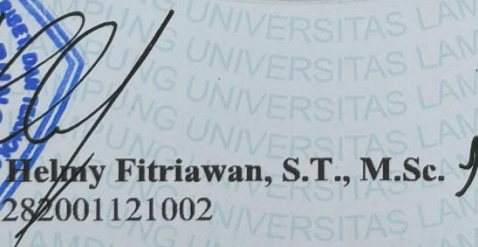
Penguji : Umi Murdika, S.T., M.T.



2. **Dekan Fakultas Teknik**



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP. 197509282001121002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 4 April 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pengukuran Volume Bangun Ruang Datar Menggunakan Metode Stereo Vision Berbasis Pengolahan Citra” merupakan karya saya sendiri dan bukan karya orang lain. Semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti skripsi saya merupakan hasil penjiplakan atau dibuat orang lain, maka bersedia menerima sanksi sesuai dengan hukuman yang berlaku.

Bandar Lampung, 24 Juni 2024



Dhiya Ulhaq Fairaaz Jamil
NPM. 1815031050

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Pringsewu pada tanggal 5 November 1999. Penulis merupakan anak sulung dari pasangan Alm. Bapak Jamiludin dan Ibu Dwi Andriyani, S.Pd.

Penulis lulus Sekolah Dasar di SD Negeri 2 Pringsewu Timur pada tahun 2012, lulus Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Pringsewu pada tahun 2015, lulus Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 2 Pringsewu pada tahun 2018. Penulis diterima di Program Studi Teknik Elektro Universitas Lampung pada tahun 2018 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, Penulis aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung (HIMATRO UNILA) sebagai anggota Departemen Sosial Dan Kewirausahaan pada periode 2019 dan sebagai anggota Departemen Komunikasi Dan Informasi pada periode 2020. Penulis aktif sebagai Asisten Laboratorium Teknik Kendali Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung pada tahun 2021 sampai tahun 2022. Penulis melaksanakan Kerja Praktik di UPT PLTU Tarahan pada tahun 2022 dan menyusun Laporan Kerja Praktik yang berjudul “Teknik Kalibrasi Sensor Suhu Termokopel Tipe K Di PLTU UPK Tarahan.”

PERSEMBAHAN



Kupersembahkan karya ini kepada :

Allah SWT. Taburan cinta dan kasih sayang-Mu telah memberikanku kekuatan, membekaliku dengan ilmu serta memperkenalkanku dengan cinta. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi ini dapat terselasaikan.

Keluarga :

(Alm) Ayah Jamiludin, Ibu Dwi Andriyani, S.Pd., Adik-adikku Diva Aulia Jamil dan Keiza Inaya Jamil. Sebagai wujud cinta, kasih sayang, kaena selalu memberikan semangat dan motivasi untuk menyelesaikan skripsi ini.

Serta Dosen Pembimbing, Dosen Penguji, dan Civitas Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, terimakasih telah memberikan bimbingan, arahan, saran, dan ilmu yang sangat bermanfaat sealama perkuliahan dan pengerjaan skripsi ini.

MOTTO

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”

(QS Al-Insyirah: 6)

“Kalo mau dibuat cepet ya bisa cepet, tapi kalo kamu nyantai ya gatau kapan kelar.”

(Ibuku)

“Nak, kamu di balam belum kelar apa? Mau pulang kapan?”

(Ibuku)

“Ibu ga marah, kamu udah gede. Kamu udah bisa bedain mana yang salah mana yang benar.”

(Ibuku)

SANWACANA

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala karunia, hidayah, serta inayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Rancang Bangun Sistem Pengukuran Volume Bangun Ruang Datar Menggunakan Metode *Stereo Vision* Berbasis Pengolahan Citra.”** Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat kelulusan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penulis banyak mendapatkan bantuan baik ilmu, petunjuk, bimbingan, dan juga saran dari berbagai pihak selama penyusunan Skripsi ini. Penulis dalam kesempatan ini mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr.Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
3. Bapak Ir. Meizano Ardhi Muhammad, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
4. Bapak Sumadi, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Lampung serta sebagai Dosen Pembimbing Utama yang telah membimbing dan memberikan ilmu dan saran dalam penyusunan Skripsi ini.
5. Ibu Yetti Yuniati S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membantu dan memberikan dukungan selama penulis melakukan kegiatan perkuliahan.

6. Bapak Emir Nasrullah, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah membimbing dan memberikan ilmu serta saran dalam penyusunan Skripsi ini.
7. Ibu Umi Murdika, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji serta Kepala Laboratorium Teknik Kendali Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung yang telah memberikan masukan dan saran dalam penyusunan Skripsi ini.
8. Seluruh Dosen Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu selama Penulis menuntut ilmu di Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
9. Staff Administrasi Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung
10. Raden, Kresna, Maul, Arfa, Naufal, Tama dan lainnya selaku rekan Asisten Laboratorium Teknik Kendali yang telah memberikan dukungan kepada Penulis.
11. Risma, Babal, Nabil, Osan, Ali, Azzam, Arlex, Afra, Rivian dan lainnya selaku rekan yang selalu memberikan dukungan kepada Penulis.
12. Rekan-rekan Teknik Elektro dan Teknik Informatika Universitas Lampung Angkatan 2018 yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.
13. Semua pihak yang terlibat dalam menyelesaikan Skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis sadar bahwa dalam penyusunan Skripsi ini masih banyak terdapat kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Semoga Skripsi ini dapat membantu dan bermanfaat bagi semua pihak sebagai media pembelajaran. Tuhan memberkati, Amin.

Bandar Lampung, 24 Juni 2024

Penulis,

Dhiya Ulhaq Fairaaz Jamil

NPM. 1815031050

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL.....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
SURAT PERNYATAAN.....	vi
RIWAYAT HIDUP.....	vii
PERSEMBAHAN	viii
SANWACANA.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Perumusan Masalah.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Hipotesis	4
1.7 Sistematika Penulisan	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Bangun Ruang	6
2.1.1 Macam-macam Bangun Ruang	6
2.2 <i>Stereo Vision</i>	9
2.3 Pengolahan Citra.....	12
2.3.1 Pengertian Pengolahan Citra	12
2.3.2 Macam-macam Operasi Pengolahan Citra	13

2.4	<i>Colour Filtering</i>	14
2.5	Proyeksi Perspektif Dua Titik Hilang.....	14
2.6	Pengukuran Dimensi Objek.....	15
2.7	Python.....	16
2.8	OpenCV.....	17
2.9	ESP32-CAM.....	18
2.10	Visual Studio Code.....	19
2.11	<i>Tkinter</i>	20
III.	METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	21
3.2	Alat dan Bahan.....	21
3.3	Tahapan dan Metode Penelitian.....	22
3.3.1	Perancangan Program.....	23
3.3.2	Bahan Penelitian.....	26
3.3.3	Rancang Bangun dan Antarmuka.....	26
3.3.4	Pengujian.....	28
3.3.5	Analisa dan Pembahasan.....	29
3.3.6	Penulisan Laporan.....	29
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1	Rancang Bangun Pengukuran Volume Bangun Ruang Datar.....	30
4.2	Prinsip Kerja Alat.....	30
4.3	Proses Pengukuran Jarak.....	31
4.4	Proses Pengukuran Dimensi.....	34
4.5	Proses Deteksi Objek.....	36
4.5.1	Deteksi Objek Dua Dimensi.....	37
4.5.2	Penggabungan Deteksi Objek Dua Dimensi.....	41
4.6	Proyeksi Deteksi Bangun Ruang.....	44
4.7	Pengujian Sistem Deteksi dan Pengukuran Volume.....	47
4.8	Kelebihan dan Kekurangan Sistem Rancang Bangun.....	54
4.8.1	Kelebihan.....	55
4.8.2	Kekurangan.....	55
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
5.1	Kesimpulan.....	56
5.2	Saran.....	56

DAFTAR PUSTAKA 58
LAMPIRAN **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Stereo Vision Menggunakan Prinsip Triangulasi.....	10
Gambar 2. 2 Relasi Antara <i>Depth</i> dan <i>Disparity</i> Sebuah Objek.....	11
Gambar 2. 3 Sistem koordinat yang digunakan untuk mewakili citra.	12
Gambar 2. 4 Bangun Ruang Dengan Proyeksi Perspektif Dua Titik Hilang	15
Gambar 2. 5 Visualisasi Proses <i>Interpreter</i>	17
Gambar 2. 6 ESP32-Cam	18
Gambar 2. 7 <i>Visual Studio Code</i>	20
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 3. 2 Diagram Alir Perancangan Program	24
Gambar 3. 3 Rancangan Rancang Bangun.....	27
Gambar 3. 4 Zona Aman.....	28
Gambar 3. 5 Rancangan Antarmuka Sistem	28
Gambar 4. 1 Pengukuran Jarak Objek Dengan Kamera	32
Gambar 4. 2 Pengukuran Dimensi Objek	34
Gambar 4. 3 Deteksi Dua Dimensi Segitiga	37
Gambar 4. 4 Deteksi Dua Dimensi Persegi.....	38
Gambar 4. 5 Deteksi Dua Dimensi Persegi Panjang.....	38
Gambar 4. 6 Deteksi Dua Dimensi Lingkaran	39
Gambar 4. 7 Deteksi Dua Dimensi Persegi Panjang Tabung.....	39
Gambar 4. 8 Deteksi Gabungan Bangun Ruang Kubus	42
Gambar 4. 9 Deteksi Gabungan Bangun Ruang Balok.....	42
Gambar 4. 10 Deteksi Gabungan Bangun Ruang Kerucut	42

Gambar 4. 11 Deteksi Gabungan Bangun Ruang Tabung.....	43
Gambar 4. 12 Proyeksi Bangun Ruang Kubus.....	45
Gambar 4. 13 Proyeksi Bangun Ruang Balok	45
Gambar 4. 14 Proyeksi Bangun Ruang Tabung.....	46
Gambar 4. 15 Proyeksi Bangun Ruang Kerucut	46
Gambar 4. 16 Tampilan Antarmuka.....	47
Gambar 4. 17 Peletakkan Objek Didalam Zona Aman.....	48
Gambar 4. 18 Hasil Gambar Yang Diambil.....	48
Gambar 4. 19 Hasil Proses	49
Gambar 4. 20 Proyeksi Bangun Ruang.....	50
Gambar 4. 21 Peletakkan Objek Diluar Zona Aman	50
Gambar 4. 22 Hasil Gambar Yang Diambil Objek Diluar Zona Aman.....	51
Gambar 4. 23 Hasil Proses Objek Diluar Zona Aman	51

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. 1 Penelitian Terdahulu	3
Tabel 2. 1 Spesifikasi Modul ESP32-CAM	19
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan.....	21
Tabel 4. 1 Proses Pengukuran Jarak.....	32
Tabel 4. 2 Data Kalibrasi Pengukuran Manual Sesuai Dengan Jarak	34
Tabel 4. 3 Pengukuran Dimensi Objek	35
Tabel 4. 4 Deteksi Dua Dimensi	40
Tabel 4. 5 Deteksi Gabungan Bangun Ruang	43
Tabel 4. 6 Pengukuran Manual Terhadap Objek	52
Tabel 4. 7 Pengujian Hasil Pengukuran Volume Berdasarkan Sistem	52

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari seringkali menemui bangun-bangun ruang yang berbentuk kubus, balok, tabung, limas, dan lain sebagainya. Seperti yang diketahui bangun ruang merupakan bangun geometri 3 dimensi yang memiliki sisi, rusuk, dan titik sudut. Sisi merupakan bagian ruang yang membatasi bagian dalam dan bagian luar, rusuk merupakan garis pertemuan antara kedua sisi, dan titik sudut merupakan pojok bangun ruang tersebut. Bangun ruang datar memiliki volume atau isi didalamnya. Untuk mengukur volume dari bangun ruang tersebut berbeda-beda tergantung dengan jenis bangun ruang. Contoh rumus yang digunakan untuk mengukur kubus yaitu sisi x sisi x sisi dan balok yaitu panjang x lebar x tinggi.

Pengukuran volume bangun ruang tersebut saat ini masih dilakukan secara manual menggunakan penggaris. Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur setiap rusuk atau sisi dari bangun ruang tersebut menggunakan penggaris. Lalu didapatkan volume atau isi dari bangun ruang tersebut. Pengukuran volume secara manual memiliki kelemahan yaitu tidak efektif dan tidak efisien sehingga membutuhkan waktu yang relatif cukup lama untuk mengukur jika terdapat lebih dari satu bangun ruang.

Oleh karena itu, sangat diperlukan teknologi yang diharapkan dapat mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu teknologi yang dapat digunakan adalah dengan memanfaatkan media komputer. Namun seiring dengan perkembangan teknologi, komputer dapat melakukan berbagai macam tugas lain. Salah satu tugas yang dapat dilakukan komputer saat ini adalah visi komputer atau *computer vision*.

Visi komputer atau *Computer Vision* merupakan salah satu bidang kecerdasan buatan yang digunakan untuk menganalisa, memahami, dan memodifikasi gambar tingkat tinggi [1]. Tujuan dari visi komputer ini adalah menentukan apa yang ditangkap didepan kamera dan menggunakan penalaran itu mengontrol komputer. Visi komputer digunakan untuk memberikan informasi yang berguna dalam memecahkan masalah sehari-hari. Visi komputer juga diterapkan dalam aplikasi untuk ponsel berbasis kecerdasan buatan seperti pendeteksi objek dan pengukuran objek. Dikarenakan ponsel memiliki kamera yang dapat membantu visi komputer, pengembangan aplikasi didalam ponsel diharapkan dapat berkembang lebih jauh lagi. Dalam visi komputer terdapat stereo vision yang berfungsi sebagai pengukuran jarak antara objek dengan kamera menggunakan dua pasang kamera yang diletakkan sejajar dengan jarak antara kamera yang disesuaikan.

Pengolahan citra atau *image processing* merupakan suatu teknik mengolah citra yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh manusia atau mesin komputer berupa foto dan video. Pengolahan citra merupakan cabang ilmu komputer yang berhubungan dengan pemrosesan sinyal digital yang mewakili gambar yang diambil dengan kamera digital atau dipindai oleh pemindai[2]. Metode yang terdapat dalam citra dapat digunakan untuk perhitungan matematis pada objek secara piksel maupun geometris. Masing-masing objek memiliki nilai perbedaan yang dapat dihitung secara matematis, sehingga menunjukkan ciri yang berbeda-beda antara objek satu dengan yang lain. Ciri-ciri dari perbedaan setiap objek dapat ditentukan dari bentuk, warna, dan tekstur. Dengan memanfaatkan informasi digital ini pengukuran suatu dimensi dapat diimplementasikan terhadap objek.

Berdasarkan latar belakang yang dijabarkan sebelumnya, penelitian ini bermaksud membuat suatu sistem yang mampu melakukan pengukuran volume suatu objek menggunakan kamera secara real-time. Pengukuran dilakukan secara otomatis menggunakan library berupa OpenCV sebagai basis rancangan, dan metode stereo vision yang memanfaatkan perhitungan triangulasi matematis untuk menentukan jarak suatu objek terhadap kamera yang nantinya jarak tersebut digunakan untuk

menjadi nilai yang diproses kedalam persamaan sehingga menghasilkan besaran pixel per metric yang akan dikonversi menjadi satuan ukuran cm dari objek yang terdeteksi. Kemudian, secara otomatis citra akan menampilkan besaran volume benda tersebut.

Adapun tabel penelitian yang dilakukan sebagai berikut

Tabel 1. 1 Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
Rany Zuriatna Utami, I Made Budi Suksmadana, Bulkis Kanata, 2015	Menentukan Luas Objek Citra Dengan Teknik Deteksi Tepi [3]	Pada penelitian ini menggunakan algoritma Canny dan proses Threshold.
Ahmad Ahsanudin Syafawi, Farrady Alif Fiolana, Fajar Yumono, 2018	Prediksi Luas Bangun Berbasis Image Prosessing Algoritma Canny [4]	Pada penelitian ini menggunakan algoritma Canny dan Objek Referensi untuk mengukur luas objek dua dimensi.
Dyna Ayunita1, Dodi Sofyan Arief 1, Midriem Mirdanies, 2019	Pencitraan Dan Pemrograman Berdasarkan Perhitungan Aplikasi Volume Paket Logistik [5]	Pada penelitian ini menggunakan laser dan kamera untuk menentukan volume suatu objek tiga dimensi

1.2 Tujuan Penelitian

1. Dapat membuat rancang bangun berbasis pengolahan citra menggunakan metode *stereo vision* yang dapat mengukur volume suatu objek geometris secara otomatis.
2. Merancang sistem antarmuka pengukuran volume suatu objek geometris menggunakan metode *stereo vision*.
3. Mengukur tingkat akurasi sistem antarmuka pengukuran volume objek geometris dengan menggunakan metode *stereo vision*.

1.3 Perumusan Masalah

1. Bagaimana memprogram OpenCV untuk dapat memberikan perintah pengukuran volume suatu objek geometris dengan menggunakan metode stereo vision.
2. Bagaimana hasil proses pengukuran tingkat akurasi volume suatu objek geometris.

1.4 Batasan Masalah

1. Sistem hanya melakukan pengukuran volume pada objek dengan bidang geometris, kubus, balok, tabung, dan kerucut.
2. Citra uji bangun datar yang diukur memiliki warna yang polos tanpa corak yaitu berwarna merah.
3. Ukuran objek yang diukur tidak lebih dari 30cm.
4. Latar belakang yang digunakan untuk mengukur hanya menggunakan latar belakang yang berwarna putih.
5. Dalam satu waktu pengukuran hanya diletakkan satu objek yang akan diukur.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan kemudahan bagi pengguna dalam mengukur volume objek secara otomatis.
2. Upaya menerapkan teknologi dalam bidang pengolahan citra.

1.6 Hipotesis

Sistem ini mampu mengukur volume suatu objek bangun geometris tiga dimensi melalui citra yang ditangkap secara otomatis menggunakan library OpenCV dan metode stereo vision untuk mengukur jarak dalam menentukan pixel per metric dari

suatu objek yang akan dikonversikan menjadi ukuran dimensi suatu objek dengan satuan cm.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan laporan pada penelitian tugas akhir ini sebagai berikut.:

BAB I: PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang latar belakang, tujuan penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian, hipotesis, dan sistematika penulisan laporan tugas akhir.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Menjelaskan tinjauan pustaka secara teoritik mengenai landasan dalam penelitian ini dan berisi literatur penelitian terdahulu.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, dan langkah-langkah pelaksanaan penelitian.

BAB IV: PEMBAHASAN

Menjelaskan perancangan dan analisis dari hasil pengujian.

BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN

Menjelaskan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan, saran-saran mengenai perbaikan, dan pengembangan lebih lanjut agar didapatkan hasil lebih baik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bangun Ruang

Pengertian bangun ruang menurut Sri Subarinah (2006: 36) mengatakan bahwa bangun ruang merupakan bangun geometri dimensi 3 dengan batas-batas berbentuk bidang datar dan atau bidang lengkung. Menurut Sumanto dkk. (2008: 149), bangun ruang memiliki sifat-sifat tertentu, yaitu memiliki sisi, rusuk, dan titik sudut. Sisi yaitu bagian ruang yang membatasi bagian dalam dan bagian luar bangun ruang tersebut. Rusuk yaitu garis pertemua antara dua sisi pada bangun ruang tersebut. Sementara itu, titik sudut yaitu pojok bangun ruang tersebut.

Dari beberapa pendapat diatas dapat disimpulkan bahwa bangun ruang merupakan bangun geometri dimensi tiga yang memiliki sifat tertentu, yaitu memiliki sisi, rusuk, dan titik sudut.

2.1.1 Macam-macam Bangun Ruang

1. Prisma

Cholis Sa' dijah (1998: 112) menyatakan bahwa prisma merupakan polihedron dengan dua sisi yang saling berhadapan merupakan poligon yang identik. Heruman (2008: 110) mengatakan prisma adalah bangun ruang yang dibatasi oleh dua 36 bidang sejajar. Dua bidang tersebut dinamakan bidang alas dan bidang atas. Bidang-bidang lainnya disebut bidang tegak, sedangkan jarak antara kedua bidang (bidang alas dan bidang atas prisma tersebut) disebut tinggi prisma. Sifat-sifat prisma menurut Sumanto dkk. (2008: 149) sebagai berikut:

- a) Prisma terdiri atas sisi alas dan sisi atas yang bentuk dan ukurannya sama.

- b) Mempunyai sisi alas dan sisi atas yang sejajar.
- c) Mempunyai sisi-sisi tegak yang berbentuk persegi panjang.
- d) Jarak antara sisi alas dan sisi atas disebut tinggi prisma.

2. Limas

Limas merupakan bangun ruang yang memiliki sisi tegak berbentuk segi tiga dan sisi alas berbentuk segi banyak. Heruman (2008: 120) menyatakan penamaan limas bergantung dari bentuk alasnya. Karena sisi tegaknya berbentuk segitiga, maka limas tidak mempunyai sisi atas, tapi memiliki titik puncak. Cholis Sa' dijah (1998: 114) mengatakan bahwa limas merupakan polihedron yang dibentuk dari poligon sebagai alas dan titik yang tidak terletak pada sisi alas, yang disebut titik puncak, antara setiap titik sudut pada alas dan titik puncak dihubungkan oleh segmen garis. Sifat-sifat tabung menurut Sumanto,. (2008: 155) sebagai berikut:

- a) Mempunyai sisi tegak berbentuk segi tiga
- b) Sisi alasnya berbentuk segi banyak.
- c) Mempunyai satu titik puncak.
- d) Penamaan limas tergantung bentuk alasnya.

3. Tabung

Soenarjo (2008: 235) menyatakan bahwa tabung adalah bangun ruang yang bagian atas dan bagian bawahnya berbentuk lingkaran yang sama. Soewito, dkk., (1992: 253) mengatakan tabung adalah permukaan tertutup sederhana yang batasnya berupa bagian dari pada tabung dan alasnya berupa lingkaran. Suatu tabung lingkaran dapat dipandang sebagai suatu prisma khusus alasnya berupa daerah lingkaran. Jadi tabung merupakan prisma yang alas dan tutupnya berbentuk lingkaran. Sifat-sifat tabung menurut Sumanto dkk. (2008: 146) sebagai berikut:

- a) Tabung mempunyai sisi sebanyak 3 buah, yaitu sisi atas, sisi alas, dan selimut tabung.

- b) Tidak mempunyai titik sudut.
- c) Bidang atas dan bidang alas berbentuk lingkaran dengan ukuran sama.
- d) Memiliki sisi lengkung yang disebut selimut tabung.
- e) Jarak bidang atas dan bidang alas disebut tinggi tabung.
- f) Memiliki 2 rusuk lengkung.

4. Kerucut

Sumanto dkk. (2008: 152) menyatakan bahwa kerucut adalah bangun ruang yang dibatasi oleh sebuah sisi alas yang berbentuk lingkaran dan sebuah sisi lengkung (selimut yang mengerucut ke atas, semakin ke atas semakin kecil atau lancip). Sifat-sifat kerucut menurut Sumanto dkk. (2008: 153) sebagai berikut:

- a) Alasnya berbentuk lingkaran.
- b) Memiliki sisi lengkung yang disebut selimut kerucut.
- c) Sisi kerucut ada 2, yaitu lingkaran (bawah), dan bidang melengkung yang disebut selimut kerucut.
- d) Memiliki 1 rusuk lengkung.
- e) Memiliki sebuah titik puncak.
- f) Jarak titik puncak ke alas disebut tinggi kerucut.

5. Kubus

Heruman (2008: 110) mengatakan bahwa kubus merupakan bagian dari prisma. Kubus mempunyai ciri khas, yaitu memiliki sisi yang sama. Soenarjo (2008: 233) menyatakan bahwa kubus adalah prisma siku-siku khusus. Semua sisinya berupa persegi atau bujursangkar yang sama. 39 Sifat-sifat kubus menurut Soenarjo (2008: 234) sebagai berikut:

- a) Memiliki 6 buah sisi.
- b) Memiliki 12 rusuk.
- c) Memiliki 8 titik sudut.

d) Sisi-sisi pada kubus berbentuk persegi.

6. Balok

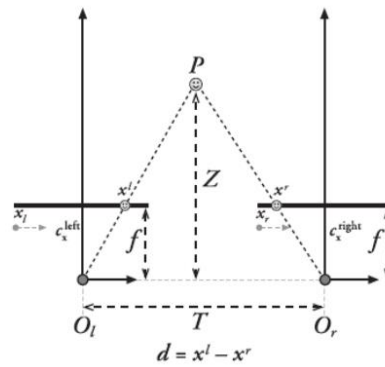
Soenarjo (2008: 234) menyatakan bahwa balok merupakan prisma tegak segi empat. Diah Rahmatia (2007: 2) mengatakan bahwa balok adalah suatu bangun ruang yang disebut juga prisma siku-siku. Sifat-sifat balok menurut Soenarjo (2008: 234) sebagai berikut:

- a) Mempunyai enam buah sisi.
- b) Mempunyai 12 rusuk.
- c) Mempunyai 8 titik sudut.
- d) Sisi-sisi pada balok berbentuk persegi panjang.

Dari pendapat para ahli di atas dapat disimpulkan bahwa bangun ruang adalah bangun geometri dimensi tiga yang memiliki sifat-sifat tertentu, yaitu memiliki sisi, rusuk, dan titik sudut.

2.2 *Stereo Vision*

Stereo vision adalah teknik terkenal yang bertujuan untuk mengekstraksi informasi kedalaman suatu pemandangan dari dua kamera yang disejajarkan secara horizontal dan ditempatkan secara vertikal dari satu kamera ke kamera lainnya, untuk memperoleh dua tampilan berbeda dari pemandangan yang sama pada waktu yang sama, serupa dengan mata kita sendiri[6]. Penggunaan stereo vision digunakan untuk mengetahui jarak dengan obyek yang telah diketahui contour dengan perbandingan terhadap kedua kamera yang telah tersegmentasi. Citra stereo yang digunakan untuk mencari nilai disparitas, nilai tersebut dapat digunakan untuk menghitung jarak dan dimensi suatu objek dengan memprosesnya menggunakan beberapa metode image processing. Semakin besar nilai disparitas menunjukkan bahwa objek semakin dekat, begitu juga sebaliknya.



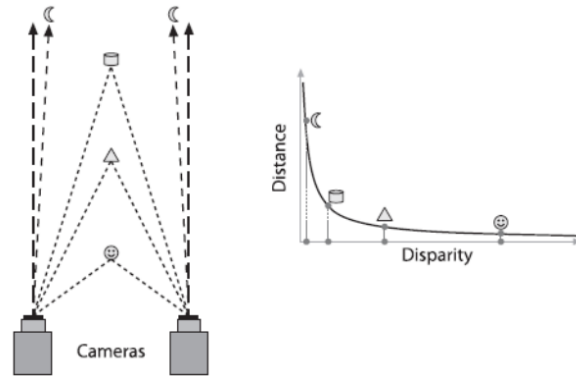
Gambar 2. 1 Stereo Vision Menggunakan Prinsip Triangulasi

Gambar 2.1 merupakan metode stereo vision menggunakan prinsip triangulasi. Prinsip triangulasi digunakan untuk mencari kedalaman (*depth*) dari kedua citra dengan pergeseran sumbu kedua citra. Kedalaman dari sebuah obyek diketahui dari nilai Z . Rumus mencari nilai Z dapat dilihat pada persamaan (2.1):

$$Z = \frac{N dc}{2P \tan \theta} + f \quad (2.1)$$

Ket:

- Z = Jarak objek dengan kamera
- N = Pixel total ESP32-Cam (640px)
- dc = Jarak antar kedua kamera
- P = Total pixel objek yang diukur
- $\tan \theta$ = Sudut kamera
- f = *focal length*



Gambar 2. 2 Relasi Antara *Depth* dan *Disparity* Sebuah Objek

Gambar 2.2 merupakan relasi antara *depth* dan *disparity* sebuah obyek. Dapat dilihat pada grafik, ketika *disparity* mendekati 0 maka kedalaman sebuah obyek adalah jauh. Ketika *disparity* menjadi besar maka kedalaman sebuah obyek adalah dekat.

Kelebihan menggunakan metode *Stereo Vision* antara lain:

- *Stereo Vision* bersifat pasif, artinya tidak memancarkan cahaya atau sinyal apa pun yang dapat mengganggu sensor atau kendaraan lain.
- *Stereo Vision* relatif murah dan mudah diterapkan karena hanya memerlukan dua kamera dan beberapa algoritma perangkat lunak.
- *Stereo Vision* dapat memberikan peta kedalaman beresolusi tinggi dan akurat, terutama untuk objek jarak dekat dan permukaan bertekstur.
- *Stereo Vision* dapat bekerja dalam berbagai kondisi pencahayaan, selama terdapat cukup kontras dan detail pada gambar.

Kekurangan menggunakan metode *Stereo Vision* antara lain:

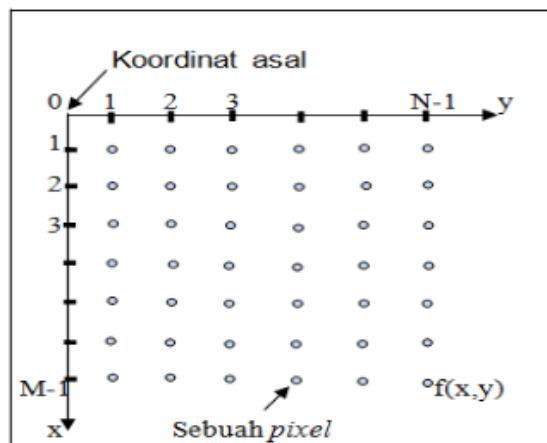
- Terjadinya oklusi pada metode *Stereo Vision*, yang berarti terdapat beberapa objek yang menyatu dalam satu frame sehingga menyebabkan kesalahan perhitungan piksel yang sesuai.
- Pengkalibrasian pada metode *Stereo Vision* terbilang sulit karna harus menyelaraskan kamera dan menyinkronkan kamera secara tepat untuk mendapatkan hasil yang konsisten dan akurat.

- Komputasi yang kompleks sehingga *Stereo Vision* memerlukan banyak daya pemrosesan dan memori untuk menjalankan algoritma dan menyimpan data. Hal ini dapat mempengaruhi kecepatan dan efisiensi sistem.

2.3 Pengolahan Citra

2.3.1 Pengertian Pengolahan Citra

Citra adalah gambar pada bidang dua dimensi yang dihasilkan dari gambar analog dua dimensi dan kontinu menjadi gambar diskrit. Melalui proses sampling gambar analog dibagi menjadi M baris dan N kolom sehingga menjadi gambar diskrit. Citra digital merupakan representatif dari citra yang diambil oleh mesin dengan bentuk pendekatan berdasarkan sampling dan kuantisasi. Pengolahan citra digital (*image processing*) digunakan untuk meningkatkan kualitas gambar, perpaduan pengolahan citra dengan sistem komputer visi (*computer vision sistem*) dapat menghasilkan informasi yang dibutuhkan dari suatu gambar[7]. Titik koordinat dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2. 3 Sistem koordinat yang digunakan untuk mewakili citra.

2.3.2 Macam-macam Operasi Pengolahan Citra

1. Akuisisi Citra

Akuisisi citra biasanya merupakan tahap awal untuk mendapatkan citra digital. Akuisisi citra bertujuan untuk menentukan data yang dibutuhkan dan memilah metode yang akan digunakan dalam perekaman citra digital. Tahap ini dimulai dari persiapan alat-alat sampai pada pencitraan. Pencitraan itu sendiri merupakan kegiatan transformasi dari citra yang tampak misalnya foto, gambar, lukisan, patung dan lain-lain menjadi citra digital yang biasanya dilakukan melalui kamera digital, *scanner* dan kamera konvensional.

2. *Preprocessing*

Preprocessing (Pra-pemrosesan) adalah tahap awal dalam pengolahan data atau citra yang bertujuan untuk membersihkan, memodifikasi, atau mempersiapkan data agar lebih siap digunakan dalam tahap analisis atau pengolahan berikutnya. Tujuan dari *preprocessing* adalah untuk meningkatkan kualitas data, menghilangkan *noise*, mengatasi ketidak sempurnaan, dan mengurangi informasi yang tidak relevan sehingga analisis lebih efisien dan akurat. Teknik *preprocessing* yang digunakan tergantung pada jenis data dan tujuan analisis yang diinginkan. *Preprocessing* adalah langkah kritis dalam pengolahan data karena dapat sangat mempengaruhi hasil dan performa dari tahap analisis selanjutnya.

3. Segmentasi Citra

Segmentasi adalah proses mengidentifikasi dan memisahkan objek atau wilayah tertentu dari gambar atau data secara terpisah dari latar belakang atau objek lain yang ada dalam gambar. Tujuan utama dari segmentasi adalah untuk mengidentifikasi area atau objek yang relevan untuk analisis lebih lanjut atau tugas tertentu dalam pengolahan citra atau data. Setiap teknik segmentasi memiliki kelebihan dan kelemahan tertentu, dan pilihan teknik yang tepat tergantung pada jenis data atau gambar yang dihadapi dan tujuan analisis yang ingin dicapai. Penggunaan teknik segmentasi yang sesuai dapat

membantu mengidentifikasi dan memisahkan objek dengan lebih akurat, sehingga mempermudah analisis dan pengolahan.

2.4 Colour Filtering

Colour Filtering adalah adalah suatu teknik pengolahan citra yang yang dipakai untuk memanipulasi suatu citra berdasarkan warna spesifik [8]. Dengan menemukan warna yang Anda cari pada gambar, Anda dapat memutuskan proses mana yang akan dilakukan selanjutnya. Pada dasarnya pencarian ini menggunakan kombinasi komponen merah, hijau, dan biru pada gambar. Nilai masing-masing komponen tersebut ditentukan dari hasil beberapa kali percobaan. Hasil percobaan ini berupa kombinasi komponen warna merah, hijau, dan biru. Kombinasi warna ini digunakan sebagai filter untuk menentukan lolos atau tidaknya suatu warna. Keluaran dari metode ini langsung menghasilkan citra biner. Citra biner sendiri merupakan citra yang hanya memiliki dua tingkat abu-abu, yaitu hitam dan putih. Warna putih pada gambar mewakili piksel yang warnanya telah disamarkan. Sebaliknya, warna hitam pada gambar mewakili piksel yang tidak mengandung warna.

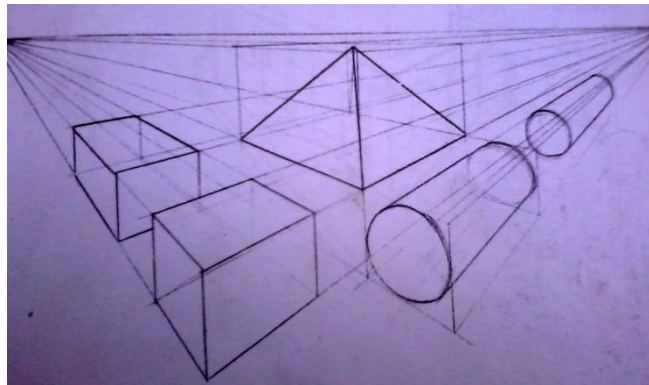
Dari proses diatas kita dapat menyimpulkan bahwa warna putih pada gambar adalah objek yang kita cari. Karena warna putih pada gambar merupakan warna piksel yang sesuai dengan filter yang diperoleh dari hasil percobaan. Dalam pemrosesan gambar, warna diwakili oleh nilai heksadesimal dari 0x00000000 hingga 0x00ffffff. Hitam adalah 0x00000000, putih adalah 0x00ffffff.

2.5 Proyeksi Perspektif Dua Titik Hilang

Sistem pencitraan ini memvisualisasikan objek yang jaraknya relatif jauh dan tidak sejajar (miring) dengan mata yang melihatnya. Karena posisi pengamat jauh dari objek, maka sudut pandang mata melebar, menyebabkan garis batas objek bergerak ke kiri dan ke kanan menuju titik hilang. Gambar ini sering digunakan dalam desain eksterior. Perspektif dua titik menggambarkan objek menggunakan dua titik hilang yang berada jauh di kanan dan kiri garis horizon. Perspektif dua titik hilang

memberikan kemampuan untuk menggambarkan sudut terdekat atau terjauh dari suatu objek atau ruang. Dalam perspektif dua titik, sudut ruang atau tepi objek digambar terlebih dahulu dan dapat diskalakan secara horizontal dan vertikal, kemudian garis digambar dari titik hilang. Seperti pada titik perspektif, garis cakrawala digambar secara horizontal dan ditentukan oleh ketinggian mata pemirsa.

Berbeda dengan garis horizon dan elemen yang terletak di garis horizon, garis horizontal tidak ditemukan dalam perspektif dua titik - kecuali untuk objek yang miring 45 derajat, semua garis yang sejajar dengan horizontal tampak miring ke arah dua titik yang hilang. Hanya satu garis horizontal dan vertikal yang digunakan sebagai skala pengukuran, yaitu garis horizontal dan vertikal pada sudut terdekat dan terjauh objek (disarankan untuk menggunakan garis pada sudut terjauh objek). Sangat sulit untuk merepresentasikan perspektif dua titik dengan cara yang terukur. Namun, perspektif dua titik menghasilkan gambar yang tampak lebih alami dengan sedikit distorsi dibandingkan metode perspektif lainnya.



Gambar 2. 4 Bangun Ruang Dengan Proyeksi Perspektif Dua Titik Hilang

2.6 Pengukuran Dimensi Objek

Salah satu proses yang sering dilakukan setelah objek dideteksi adalah pengukuran dimensi. Dimensi objek yang diukur dapat berupa: panjang, lebar, tinggi, luas, dan keliling. Untuk menghitung dimensi objek, mula-mula dilakukan segmentasi untuk membedakan antara objek dan latar dengan proses *colour filtering*. Setelah objek

berhasil didefinisikan, maka pengukuran dimensi dapat dilakukan. Secara default satuan panjang dan lebar objek adalah piksel. Apabila diperlukan ukuran dengan satuan centimeter (cm) atau inch, maka harus dilakukan kalibrasi menggunakan penggaris untuk mengkonversi satuan piksel menjadi cm. Rumus pengukuran dimensi dapat dilihat pada persamaan (2.2).

$$p = \frac{k Z P}{N} \quad (2.2)$$

Keterangan :

p = Ukuran dimensi objek

k = Koefisien rata-rata

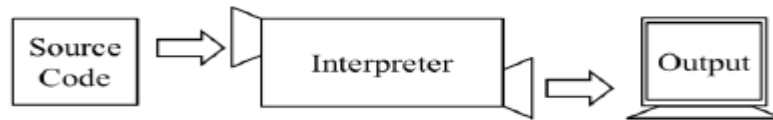
Z = Jarak

P = Jumlah pixel objek

N = Total pixel

2.7 Python

Python adalah bahasa pemrograman dinamis. Artinya Python dapat mendukung pemrograman berorientasi objek. Python dapat digunakan untuk berbagai tujuan, termasuk pengembangan perangkat lunak, dan dapat dijalankan pada sistem operasi seperti Linux, Windows, Unix, dan Symbian. Python sendiri memiliki kumpulan perpustakaan yang kaya, beragam modul untuk tujuan berbeda, dukungan untuk program berorientasi objek, sistem manajemen otomatis, sintaksis yang mudah dipahami, dan arsitektur yang dapat dikembangkan. Ia memiliki beberapa keunggulan, antara lain dapat dikembangkan (*extensible*) dan dapat ditanamkan (*embeddable*) dalam bahasa lain[9].



Gambar 2. 5 Visualisasi Proses *Interpreter*.

Python dikenal sebagai Bahasa pemrograman *interpreter*. *Interpreter* adalah salah satu jenis cara untuk memproses Bahasa tingkat tinggi ke Bahasa tingkat rendah dan cara kerja dari *interpreter* sendiri yaitu membaca sebuah program setiap baris yang ditulis dengan bahasa tingkat tinggi. *Interpreter* akan memproses langsung per baris untuk mengeluarkan *output*.

2.8 OpenCV

OpenCV adalah singkatan dari *Open Source Computer Vision Library* dan merupakan pustaka perangkat lunak untuk pemrosesan gambar dinamis waktu nyata yang dikembangkan oleh Intel dan saat ini didukung oleh Willow Garage dan Itseez. Program ini gratis dan open source di bawah lisensi BSD. Perpustakaan ini adalah perpustakaan lintas platform. Program ini terutama didedikasikan untuk pemrosesan gambar secara real time. OpenCV secara resmi dirilis oleh Intel Research pada tahun 1999 sebagai kelanjutan dari beberapa aplikasi intensif CPU, pelacakan sinar waktu nyata, dan proyek terkait dinding 3D. Terdapat 18 kontributor teratas untuk proyek ini adalah mereka yang mengerjakan pengoptimalan di Intel Russia dan tim Intel Performance Library (Laganiere, 2011). Tujuan utama asli dari proyek OpenCV dijelaskan sebagai berikut:

1. Penelitian pengenalan gambar tingkat lanjut tidak hanya menggunakan kode sumber terbuka tetapi juga kode yang dioptimalkan untuk infrastruktur pengenalan gambar.
2. Sebarkan pengenalan gambar dengan menyediakan infrastruktur umum yang dapat digunakan bersama oleh pengembang untuk membuat kode terlihat lebih mudah dibaca dan portabel.

3. Membangun aplikasi komersial berdasarkan pengenalan gambar di mana kode yang dioptimalkan tersedia secara bebas di bawah lisensi yang tersedia secara bebas yang tidak mengharuskan program menjadi open source atau gratis. OpenCV dioptimalkan dengan lebih dari 2.500 pustaka algoritma OpenCV yang menyediakan fitur Intel Integrated Performance Primitive (IPP) untuk lebih mengoptimalkan aplikasi pemrosesan gambar saat menggunakan prosesor Intel.

OpenCV terdiri dari lima pustaka yaitu:

- a. CV : pustaka untuk algoritma pengolahan citra dan penglihatan.
- b. ML : pustaka untuk pembelajaran mesin.
- c. HighGUI : pustaka untuk GUI, gambar, video input dan output.
- d. CXCORE : pustaka untuk struktur data, mendukung XML, dan fungsi-fungsi grafis.

2.9 ESP32-CAM

ESP32-CAM adalah papan pengembangan mode ganda WIFI + bluetooth yang menggunakan antena dan inti papan PCB berbasis chip ESP32. Modul ini dapat bekerja secara independen sebagai sistem minimum. Modul ini merupakan sebuah modul WiFi yang sudah dilengkapi dengan kamera ov2640.



Gambar 2. 6 ESP32-Cam

Dari modul ini kita bisa digunakan untuk berbagai keperluan, contoh untuk CCTV, mengambil gambar dan sebagainya. Fitur lain yaitu kita bisa mendeteksi wajah.

Maka, modul Esp-32 Cam ini dapat digunakan untuk megambil gambar, dan juga dapat digunakan sebagai modul wifi untuk mengirim data.

Tabel 2. 1 Spesifikasi Modul ESP32-CAM

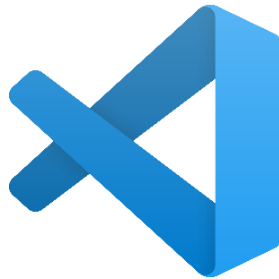
Mikrokontroller	ESP8266
Ukuran Board	57 mmx 30 mm
Tegangan <i>Input</i>	3.3 - 5V
GPIO	13 PIN
Kanal PWM	10 Kanal
10 bit ADC Pin	1 Pin
Flash Memory	4 MB
Clock Speed	40/26/24 MHz
<i>WiFi</i>	IEEE 802.11 b/g/n
Frekuensi	2.4 GHz – 22.5 Ghz
USB Port	Micro USB
Card Reader	Tidak Ada
USB to Serial Converter	CH340G

2.10 Visual Studio Code

Visual Studio Code adalah editor source code ringan dan handal yang dikembangkan oleh Microsoft untuk sistem operasi multiplatform, artinya tersedia juga untuk versi Windows, Linux dan MacOS. Ini termasuk dukungan untuk debugging, GIT Control yang disematkan, penyorotan sintaks, penyelesaian kode cerdas, cuplikan, dan kode refactoring. Hal ini juga dapat disesuaikan, sehingga pengguna dapat mengubah tema editor, *shortcut keyboard*, dan preferensi. *Visual Studio Code* gratis dan *open-source*, meskipun unduhan resmi berada di bawah lisensi proprietary.

Kode Visual Studio didasarkan pada Elektron, kerangka kerja yang digunakan untuk menyebarkan aplikasi Node.js untuk desktop yang berjalan pada Blink

layout. Meskipun menggunakan kerangka Elektron, Visual Studio Code tidak menggunakan Atom dan menggunakan komponen editor yang sama (diberi kode nama "Monaco") yang digunakan dalam *Visual Studio Team Services* yang sebelumnya disebut *Visual Studio Online*.



Gambar 2. 7 *Visual Studio Code*

2.11 Tkinter

Tkinter adalah perpustakaan untuk membangun aplikasi antarmuka Python. *Tkinter* menyediakan cara berorientasi objek yang cepat, mudah, dan kuat untuk membangun aplikasi Python berbasis antarmuka. *Tkinter* biasanya diatur dengan Python secara default. Oleh karena itu, menginstal Python juga menginstal *Tkinter*. *Tkinter* sebenarnya adalah bentuk OOP dari TCL. TCL (*Tool Command Language*) adalah bahasa pemrograman dan TK adalah perpustakaan yang digunakan oleh TCL untuk membangun aplikasi antarmuka.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan pada bulan Juni 2023 hingga Januari 2024. Perancangan sistem dan pengerjaan perangkat keras dilakukan di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

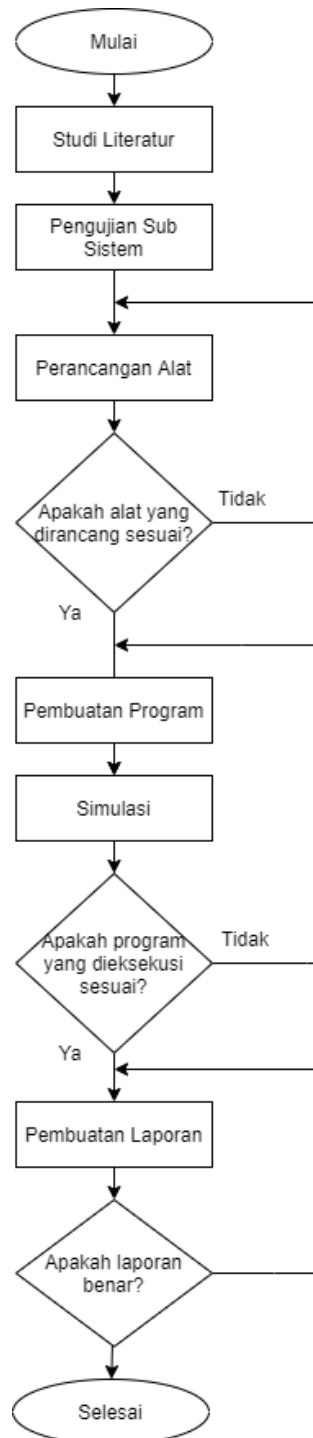
Adapun alat dan bahan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan

No.	Alat dan Bahan	Kegunaan
1	Laptop Lenovo Ideapad 3	Sebagai pemroses pengolahan citra dan penulisan penelitian
2	ESP32-cam	Sebagai penangkap citra
3	Mini Studio Box 60x60x60cm ³	Sebagai tempat pemrosesan citra.
4	Bangun ruang	Sebagai bahan untuk pengujian sistem deteksi.
5	Software Python	Sebagai pemrosesan citra.

3.3 Tahapan dan Metode Penelitian

Sistem pengukuran volume bangun ruang datar ini memiliki beberapa tahapan dalam pelaksanaannya, yang mana dijelaskan pada diagram alir penelitian pada Gambar berikut.

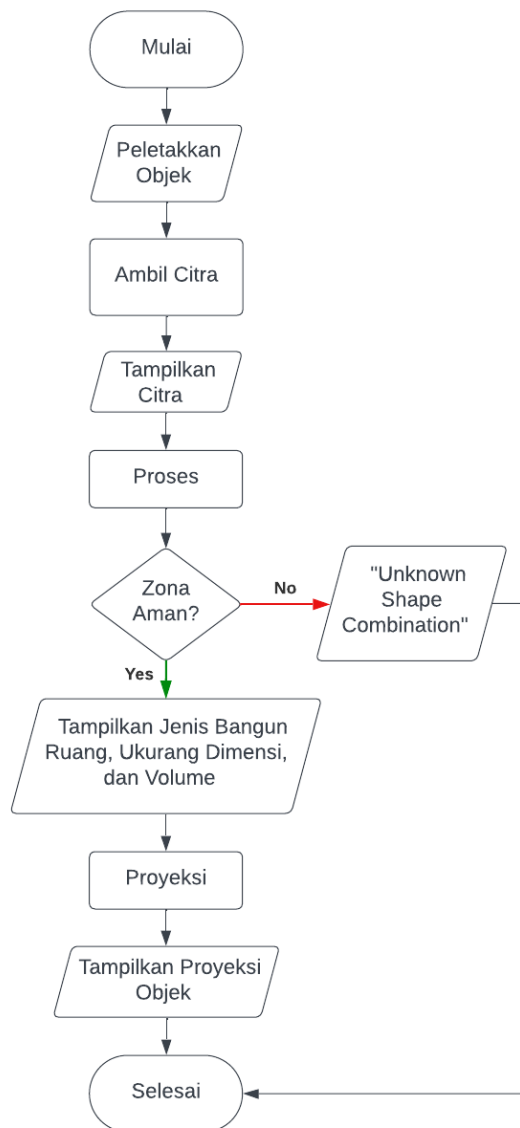


Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.1 menunjukkan diagram alir pada penelitian ini. Pertama, dimulai dari pembacaan literatur-literatur yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan. Kedua, melakukan pengujian terhadap alat dan bahan yang akan digunakan. Kemudian dilakukannya perancangan alat pada penelitian ini. Setelah perancangan alat, dilakukan pemeriksaan apakah alat dirancang sesuai dengan yang diinginkan. Jika tidak, maka dilakukan perancangan alat ulang. Jika sudah sesuai, maka masuk dalam pembuatan program. Setelah program dibuat, maka dilakukan simulasi alat yang sudah diprogram. Jika alat belum berfungsi sesuai dengan yang diinginkan, maka dilakukan pembuatan program ulang. Jika program sudah sesuai dengan yang diinginkan, maka dapat berlanjut untuk pembuatan laporan. Jika laporan sudah selesai dan benar, maka penelitian ini dinyatakan sukses dan selesai

3.3.1 Perancangan Program

Perancangan program untuk menjalankan program melalui diagram alir pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Perancangan Program

Tahapan pada Gambar 3.2 adalah sebagai berikut:

a. Peletakkan Objek

Objek berupa bangun ruang diletakkan kedalam zona aman agar kamera dapat seluruhnya mendeteksi dan mengukur dimensi dari objek atau disebut dengan outframe.

b. Ambil Citra

Mengambil citra dari objek yang akan dideteksi dan diukur. File citra akan secara otomatis tersimpan didalam folder.

c. Tampilkan Citra

Citra hasil pengambilan akan ditampilkan untuk memastikan objek berada seluruhnya dalam frame kamera.

d. Proses

Citra akan diproses untuk dideteksi termasuk jenis apakah objek tersebut, menghitung jaraknya dengan metode stereovision triangulasi, menghitung ukuran dimensinya menggunakan segmentasi warna antara objek dengan latar belakang, lalu memproses variabel-variabel dimensi apa saja yang terukur kedalam persamaan volume bangun ruang sesuai dengan jenis dari bangun ruang tersebut.

e. Zona Aman

Peninjauan kembali apakah objek masuk kedalam frame kamera atau tidak.

f. Unknown Shape Combination

Apabila objek diletakkan dan keluar dari frame maka sistem akan menampilkan sebuah teks "Unknown Shape Combination", karena dimensi seluruhnya tidak dapat terukur karna keluar dari frame kamera dan dimensi objek terpotong.

g. Tampilkan Jenis Bangun Ruang, Ukuran Dimensi, dan Volume

Apabila objek berada dalam zona aman maka akan menampilkan hasil citra dari objek yang terdeteksi dan terukur berupa jenis bangun ruang, ukuran setiap dimensi, dan hasil perhitungan volumenya.

h. Proyeksi

Setelah tahapan proses untuk mencari jenis bangun ruang, dimensi objek, dan jaraknya. Selanjutnya proses untuk memproyeksikan objek yang terdeteksi dan terukur tersebut.

i. Tampilkan Proyeksi Objek

Proyeksi akan ditampilkan mengikuti jarak objek terhadap masing-masing kamera, dimensi objek, serta ukuran dari mini studio-box yaitu sebesar $60 \times 60 \times 60 \text{cm}^3$.

3.3.2 Bahan Penelitian

Data yang digunakan untuk objek uji adalah kubus, balok, tabung, dan kerucut. Masing-masing bangun ruang memiliki dua ukuran yang berbeda sehingga total ada 8 objek uji. Pada setiap objek uji masing-masing akan diuji dengan beda jarak antara objek dengan kamera yaitu 30;30 cm, 30;35 cm, 35;30 cm, 35;35 cm. Total data uji menjadi 32 data uji dengan bangun ruang dan jarak yang berbeda. Tabel 3.2 dibawah menunjukkan ukuran pengukuran manual dimensi dari masing-masing objek.

Tabel 3.2 Pengukuran Manual Dimensi Objek

No	Jenis Bangun Ruang	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Jari-jari (cm)	Sisi (cm)	Volume (cm ³)
1.	Kubus 1	-	-	-	-	8	512
2.	Kubus 2	-	-	-	-	12	1728
3.	Balok 1	8	3	5	-	-	120
4.	Balok 2	10	5	8	-	-	400
5.	Tabung 1	-	-	12	2,5	-	235,5
6.	Tabung 2	-	-	15	4	-	753,6
7.	Kerucut 1	-	-	16	4	-	267,95
8.	Kerucut 2	-	-	19	3,5	-	243,61

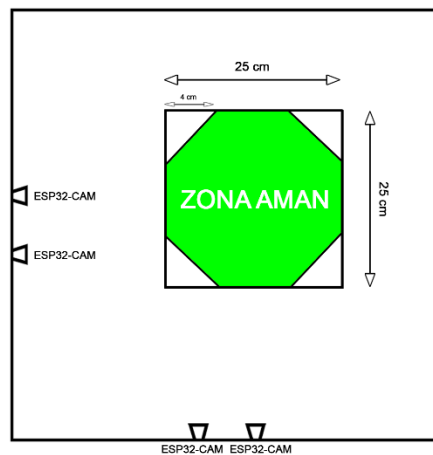
3.3.3 Rancang Bangun dan Antarmuka

Rancang bangun merupakan proses perencanaan dan pembuatan suatu sistem. Pada sistem ini penggunaan rancang bangun menggunakan *mini studio-box* berukuran 60x60x60cm³ dengan warna putih sebagai latar belakang dari objek. Berikut gambar dari rancang bangun *mini studio-box*.

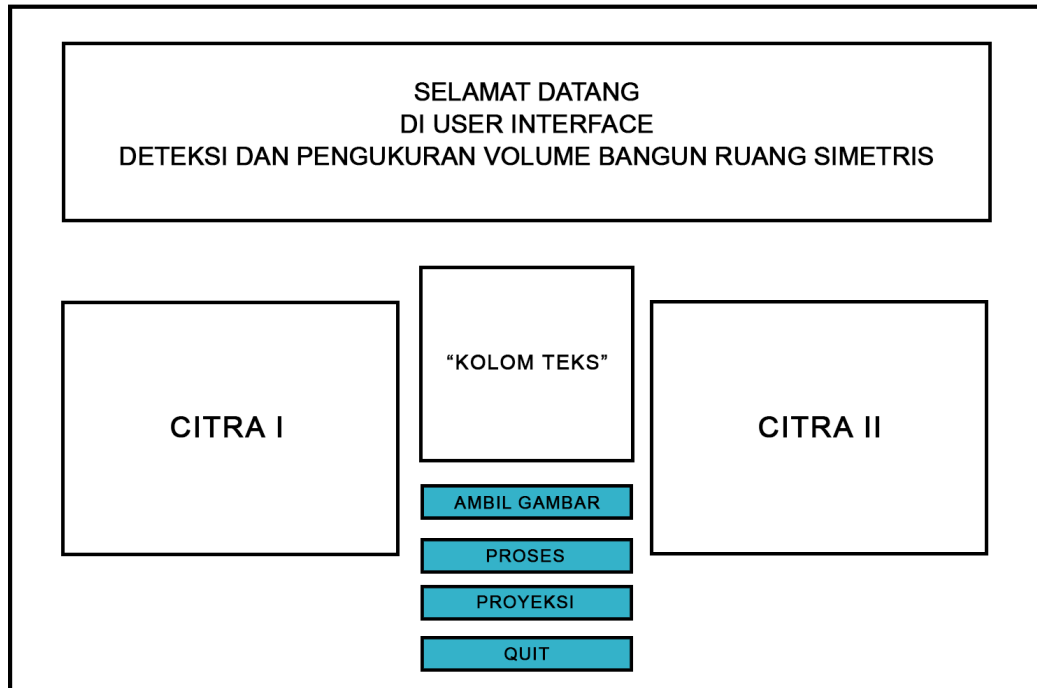


Gambar 3. 3 Rancangan Rancang Bangun

Pada Gambar 3.3 terdapat dua pasang kamera menggunakan ESP32-Cam yang diletakkan sepasang kamera didepan objek dan sepasang kamera disamping objek. Masing-masing kamera memiliki jarak 9,7cm antara kamera. Terdapat zona aman yang digunakan untuk meletakkan objek sehingga objek tidak terpotong karna keluar dari frame kamera. Sisi terpinggir dari objek diletakkan tidak kurang dari 20cm dan tidak lebih dari 45cm. Berikut merupakan Gambar 3.4 dari zona aman objek.



Gambar 3. 4 Zona Aman



Gambar 3. 5 Rancangan Antarmuka Sistem

Pada Gambar 3.5 Rancangan antarmuka sistem ini menggunakan *library Tkinter Python*. Desain yang digunakan pada antarmuka yaitu dengan memanfaatkan menu grafis. Tujuan dari pembuatan antarmuka adalah untuk mempermudah pengguna dalam mengoperasikan program karena tampilannya lebih mudah dipahami. Desain antarmuka merupakan rancangan desain yang akan diimplementasikan kedalam pembuatan program.

3.3.4 Pengujian

Pengujian merupakan sebuah proses untuk mengoperasikan sistem atau program dari hasil perhitungan otomatis menggunakan sistem. Cara yang digunakan pada tahap pengujian ini yaitu membandingkan perhitungan secara manual pada objek dengan perhitungan otomatis pada objek. Hasil dari pengujian ini adalah persentase tingkat akurasi program.

3.3.5 Analisa dan Pembahasan

Analisa dan Pembahasan merupakan tahapan evaluasi terhadap keberhasilan pembuatan sistem rancang bangun. Terdapat dua hal yang menjadi fokus dalam Analisa dan Pembahasan, yaitu pertama akurasi pengukuran bangun ruang dan keberjalanan program.

3.3.6 Penulisan Laporan

Penulisan laporan bertujuan untuk mengungkapkan pemikiran atau hasil penelitian dalam bentuk tulisan ilmiah yang sistematis dan sesuai dengan metodologi yang ditentukan. Hasil dan pembahasan penelitian dapat dipelajari dan dikoreksi oleh pembaca sehingga dapat menjadi bahan acuan untuk penelitian selanjutnya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Rancang Bangun Pengukuran Volume Bangun Ruang Datar

Rancang bangun pengukuran volume bangun ruang datar merupakan suatu rancang bangun yang digunakan untuk mempermudah pekerjaan manusia dalam kegiatan mengukur suatu volume bangun ruang dengan memanfaatkan metode *stereo vision*. Dalam hal ini, bangun ruang menggantikan kegiatan manusia dalam mengukur volume bangun ruang yang sebelumnya dilakukan secara manual dapat dilakukan pengukuran volume secara otomatis. Rancang bangun menggunakan *mini studio box* dengan ukuran sebesar 60x60x60cm dan menggunakan 4 buah ESP32-Cam yang diletakkan secara berpasangan dan sejajar didepan objek dan disamping objek untuk menangkap citra objek yang selanjutnya akan diproses menggunakan pemrograman. Objek diletakkan didalam zona aman agar objek tidak terpotong dan keluar dari frame kamera. Terdapat antarmuka yang digunakan untuk mengukur volume bangun ruang. Dengan antarmuka tersebut kita dapat mengetahui jenis bangun ruang yang terdeteksi, ukuran dimensi dari objek tersebut, hasil perhitungan volume objek tersebut, dan hasil proyeksi dari objek yang terdeteksi. Sistem ini dapat mengukur suatu objek bangun ruang dengan ukuran dimensi tidak lebih dari 30 cm, hanya diletakkan satu buah objek bangun ruang dalam satu kali pengukuran, memiliki satu warna tanpa corak, dan jenis bangun ruang yang diukur yaitu kubus, balok, tabung, dan kerucut.

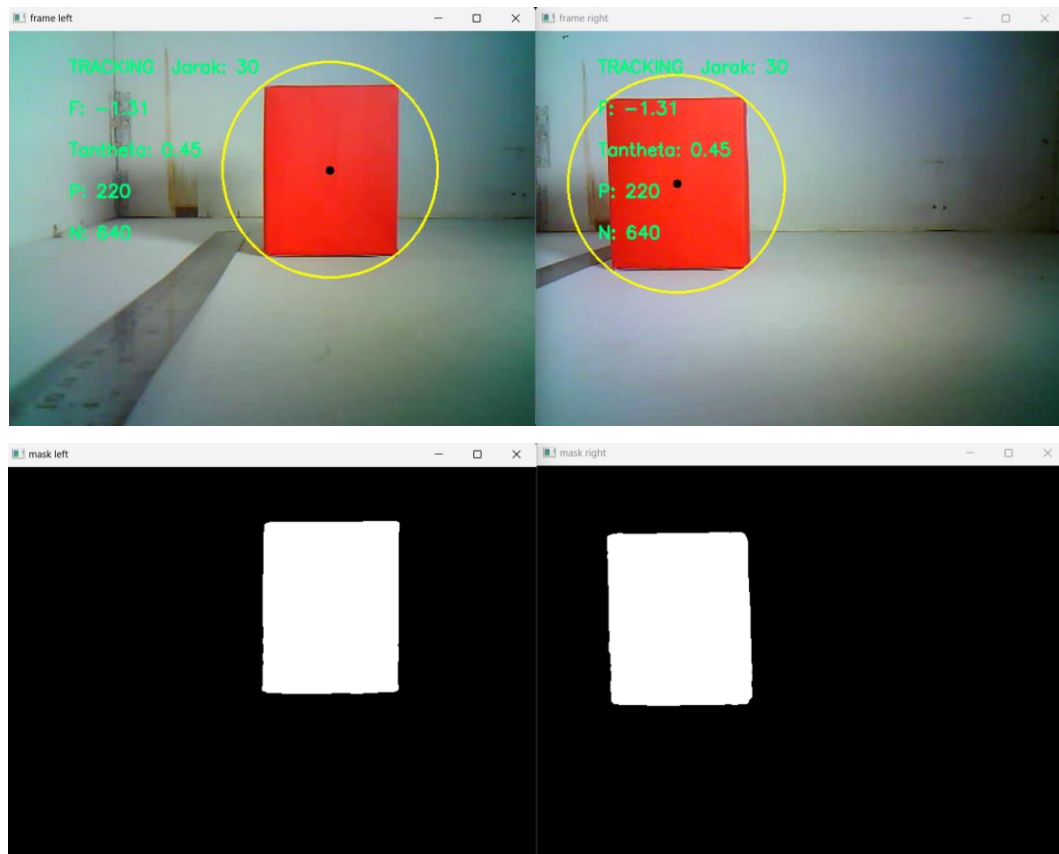
4.2 Prinsip Kerja Alat

Prinsip kerja pada tugas akhir ini adalah dua buah ESP32-Cam yang terpasang secara sejajar berjarak 9,7 cm. Satu pasang kamera diletakkan disisi depan objek

dan satu pasang kamera lainnya diletakkan disisi samping objek untuk mengukur jarak, dimensi objek, dan jenis bangun ruang dengan latar belakang menggunakan mini studio box berukuran $60 \times 60 \times 60 \text{cm}^3$. Lalu program dijalankan dan letakkan objek kedalam zona aman yang terdapat didalam rancang bangun tersebut supaya objek tidak keluar dari frame kamera. Terdapat tombol 1 yaitu “Ambil Gambar” yang berfungsi untuk mengambil gambar dari objek tersebut dan secara otomatis tersimpan dalam folder. Setelah gambar diambil, maka selanjutnya menekan tombol 2 yaitu “Proses” untuk mencari ukuran jarak terhadap objek, ukuran dimensi objek, dan deteksi jenis objek dengan prinsip segmentasi dan metode stereovision. Selanjutnya secara otomatis hasil dari pengukuran akan muncul didalam kolom teks berupa jenis bangun ruang, ukuran dimensi, dan hasil perhitungan volume. Selanjutnya secara otomatis akan muncul tombol 3 “Proyeksi”, tombol ini jika ditekan akan menampilkan gambar hasil proyeksi dari objek yang dideteksi dan diukur. Dan terdapat tombol 4 yaitu “Quit” untuk mengakhiri program.

4.3 Proses Pengukuran Jarak

Pada proses pengukuran jarak antar objek dengan kamera ini menggunakan metode stereo vision dengan prinsip triangulasi. Pengukuran jarak objek dilakukan untuk menentukan ukuran panjang dan lebar dengan satuan cm yang ditangkap oleh dua buah ESP-Cam. Semakin jauh jaraknya maka semakin besar pula ukuran dimensi yang ditangkap oleh dua buah ESP32-Cam. Pada gambar 4.1 dibawah ini merupakan hasil yang didapatkan dengan proses menggunakan metode stereovision.



Gambar 4. 1 Pengukuran Jarak Objek Dengan Kamera

Tabel 4. 1 Proses Pengukuran Jarak

No.	Variabel	Satuan	Nilai
1.	<i>Focal Length</i>	f	-1,31 mm
2.	<i>Tantheta</i>	$\tan \theta$	0,45
3.	Total Pixel Objek	P	220 px
4.	Total Pixel Kamera	N	640 px
5.	Jarak antar kamera	dc	9,7 cm
6.	Jarak	Z	30 cm

Pada gambar diatas objek yang berwarna merah akan diproses menggunakan proses segmentasi dengan proses *colour filtering* untuk dicari beberapa variabel yang dibutuhkan untuk mencari besar jarak objek terhadap kamera. Pada gambar

ditampilkan beberapa variabel, seperti f yang merupakan *focal length* sebesar -1,31. Tantheta yang merupakan sudut kamera sebesar 0.45, variabel P sebagai total pixel dari objek yang diukur sebesar 220px dan variabel N merupakan pixel total yang ditangkap oleh ESP32-Cam sebesar 640px. Jarak antar kedua kamera yaitu sebesar 9.7cm. Berdasarkan persamaan (2.1) prinsip triangulasi dengan variabel yang sudah diketahui yaitu sebagai berikut

$$Z = \frac{N \cdot dc}{2P \cdot \tan \theta} + f$$

$$Z = \frac{640 \cdot 9,7}{(2 \cdot 220) \cdot 0,45} + (-1,31)$$

$$Z = \frac{6208}{198} + (-1,31)$$

$$Z = 31,35 - 1,31$$

$$Z = 30,04 \text{ cm}$$

Berdasarkan metode stereo vision menggunakan prinsip triangulasi dengan persamaan tersebut didapatkan variabel Z atau jarak objek dengan kamera sebesar 30,04 cm. Pada gambar diatas jarak manual yang terukur atau jarak sesungguhnya yaitu sebesar 30 cm. Adapun *listing program* sebagai berikut:

```
def find_depth(circle_right, circle_left):

    x_right = circle_right[0]
    x_left = circle_left[0]
    sz1=frame_left.shape[1]
    disparity = x_left-x_right
    fl = 30-173*40/221
    tantheta = (1/(30-fl))*(9.7/2)*sz1/221
    Depth = (9.7/2)*sz1*(1/tantheta)/disparity+fl

    return (Depth)
```

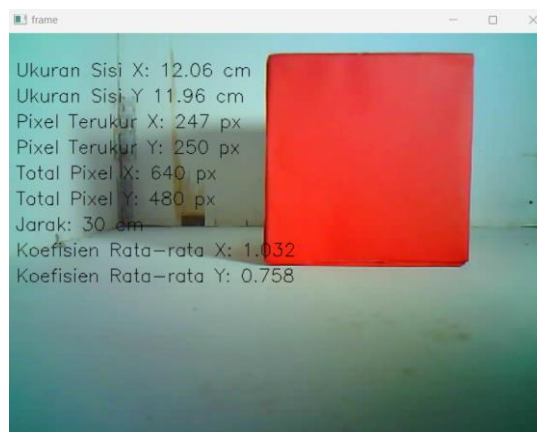
4.4 Proses Pengukuran Dimensi

Proses pengukuran dimensi dibutuhkan untuk menentukan ukuran dimensi suatu objek dengan satuan cm yang dihasilkan oleh ukuran dimensi dari satuan pixel yang tertangkap oleh ESP32-Cam. Pada proses pengukuran dimensi dibutuhkan data pengukuran manual. Data pengukuran manual menentukan seberapa besar dimensi dalam satuan cm setiap jaraknya. Berikut tabel data pengukuran manual:

Tabel 4. 2 Data Kalibrasi Pengukuran Manual Sesuai Dengan Jarak

Jarak	Dimensi ESP32-Cam 640px	Dimensi ESP32-Cam 480px
30 cm	30,9 cm	22,7 cm
40 cm	41,3 cm	30,3 cm
50 cm	51,6 cm	37,9 cm
60 cm	61,9 cm	45,5 cm
Rata-rata	1,032 cm/jarak	0,758 cm/jarak

Berdasarkan tabel diatas diperoleh rata-rata dimensi horizontal pada ESP32-Cam 640px sebesar 1.032 cm/jarak, dan rata-rata dimensi vertikal pada ESP32-Cam 480px sebesar 0.758 cm/jarak. Gambar 4.2 dibawah ini merupakan hasil pengukuran dimensi yang diukur untuk mencari dimensi jumlah pixel yang terdeteksi lalu dikonversikan kedalam satuan cm.



Gambar 4. 2 Pengukuran Dimensi Objek

Tabel 4. 3 Pengukuran Dimensi Objek

No.	Variabel	Satuan	Nilai
1.	Pixel Terukur X	PX	247 px
2.	Pixel Terukur Y	PY	250 px
3.	Total Pixel X	NX	640 px
4.	Total Pixel Y	NY	480 px
5.	Jarak	Z	30 cm
6.	Koefisien Rata-rata X	kX	1.032 cm/jarak
7.	Koefisien Rata-rata Y	kY	0.758 cm/jarak
8.	Ukuran Sisi X	pX	12.06 cm
9.	Ukuran Sisi Y	pY	11.96 cm

Pada gambar 4.2 didapatkan beberapa variabel melalui proses *color filtering*. Pixel X objek yang terukur adalah 247px, dan pixel Y objek yang terukur adalah 250px. Total pixel X pada ESP32-Cam yaitu sebesar 640px, dan total pixel Y pada ESP32-Cam yaitu sebesar 480px. Dan jarak yang terukur yaitu sebesar 30cm. Koefisien rata-rata X dan Y didapatkan pada data pengukuran manual yaitu 1,032cm/jarak dan 0,758cm/jarak. Berdasarkan persamaan (2.2) rumus pengukuran dimensi pixel terhadap satuan cm adalah sebagai berikut.

$$pX = \frac{kX \cdot Z \cdot PX}{NX}$$

$$pX = \frac{1,032 \cdot 30 \cdot 247}{640}$$

$$pX = \frac{7647,12}{640}$$

$$pX = 11,99 \text{ cm}$$

$$pY = \frac{kY \cdot Z \cdot PY}{NY}$$

$$pY = \frac{0,758 \cdot 30 \cdot 250}{480}$$

$$pY = \frac{5685}{480}$$

$$pY = 11,84 \text{ cm}$$

Berdasarkan persamaan diatas diperoleh ukuran dimensi objek X sebesar 11,99 cm, dan ukuran dimensi objek Y yaitu sebesar 11,84 cm. Pengukuran manual yang dilakukan pada objek yaitu sebesar 12 cm untuk setiap sisinya. Adapun *listing program* sebagai berikut:

```
def x_to_cm(px, tpx=640, var=depth, x=1.032):
    cm = x * var * px / tpx
    return cm

def y_to_cm(px, tpy=480, var1=depth, y=0.758):
    cm = y * var1 * px / tpy
    return cm
```

4.5 Proses Deteksi Objek

Pada proses deteksi objek dilakukan dari masing-masing ESP32-Cam. Dua buah ESP32-Cam diletakan didepan objek untuk mendeteksi bagian depan objek, dan diletakan 2 buah ESP32-Cam disamping objek untuk mendeteksi bagian samping objek. Pada pemrosesan deteksi objek dilakukan beberapa proses untuk menentukan jenis bangun ruang apa yang terdeteksi. Proses deteksi pertama dilakukan pada setiap masing-masing ESP32-Cam terhadap objek sehingga membentuk citra 2 dimensi dan mendapatkan hasil apakah bangun ruang tersebut terindikasi memiliki sifat bangun datar seperti persegi, persegi panjang, segitiga, atau lingkaran. Proses deteksi kedua dilakukan penggabungan antara hasil deteksi

dua dimensi kamera bagian depan objek dengan kamera bagian samping objek. Sehingga menghasilkan jenis bangun ruang yang terdeteksi.

4.5.1 Deteksi Objek Dua Dimensi

Proses deteksi objek dua dimensi dilakukan untuk mendeteksi objek secara dua dimensi. Deteksi objek dua melakukan proses untuk mencari perbedaan warna antara objek dengan latar belakang dengan proses *color filtering*. Deteksi objek dimensi ini menggunakan aturan jumlah sisi yang terdeteksi dan fungsi *if-elif-else*. Jika terdapat 4 sisi yang terdeteksi maka akan menghasilkan sifat bangun datar persegi, apabila 4 sisi tersebut memiliki ukuran sisi yang berbeda atau sisi atas lebih besar daripada sisi samping maka akan terdeteksi sebagai persegi panjang. Jika terdapat 3 sisi yang terdeteksi maka akan menghasilkan sifat bangun datar segitiga, Jika terdapat lebih dari 5 sisi maka akan menghasilkan hasil berupa lingkaran. Gambar 4.3 sampai Gambar 4.7 merupakan hasil deteksi objek dua dimensi.



Gambar 4. 3 Deteksi Dua Dimensi Segitiga



Gambar 4. 4 Deteksi Dua Dimensi Persegi



Gambar 4. 5 Deteksi Dua Dimensi Persegi Panjang



Gambar 4. 6 Deteksi Dua Dimensi Lingkaran



Gambar 4. 7 Deteksi Dua Dimensi Persegi Panjang Tabung

Tabel 4. 4 Deteksi Dua Dimensi

No.	Gambar	Terdeteksi Dua Dimensi Sebagai
1.	Gambar 4.3	“segitiga”
2.	Gambar 4.4	“persegi”
3.	Gambar 4.5	“persegi_panjang”
4.	Gambar 4.6	“lingkaran”
5.	Gambar 4.7	“psg_pjg_tbg”

Berdasarkan Gambar 4.3 sampai dengan Gambar 4.6 dihasilkan variabel awal yang akan diproses dalam proses penggabungan deteksi dua dimensi dari dua kamera. Variabel awal tersebut yaitu, “persegi”, “segitiga”, “lingkaran”, “persegi_panjang”, “psg_pjg_tabung”. Adapun listing program sebagai berikut:

```
def draw_contours(image, contours):
    detected_shapes1 = []
    dimensions1 = []

    for contour in contours:
        epsilon = 0.04 * cv2.arcLength(contour, True)
        approx = cv2.approxPolyDP(contour, epsilon, True)

        if len(approx) == 4:
            x, y, w, h = cv2.boundingRect(contour)
            aspect_ratio = float(h) / w
            lebar_rect = x_to_cm(w)
            tinggi_rect = y_to_cm(h)
            dimensions1.append((lebar_rect, tinggi_rect))
            if 0.8 <= aspect_ratio <= 1.2:
                detected_shapes1.append("persegi")
            elif w>h:
                detected_shapes1.append("persegi_panjang")
            elif w<h:
                detected_shapes1.append("psg_pjg_tbg")

        elif len(approx) == 3:
            detected_shapes1.append("segitiga")
            x, y, w, h = cv2.boundingRect(contour)
            tinggi_tri = y_to_cm(h)
            alas_tri = x_to_cm(w)
            dimensions1.append((alas_tri, tinggi_tri))
```

```

elif len(approx) > 5:
    detected_shapes1.append("lingkaran")
    (x, y), radius = cv2.minEnclosingCircle(contour)
    diameter = radius * 2
    diameter_cir = x_to_cm(diameter)
    dimensions1.append((diameter_cir, diameter_cir))

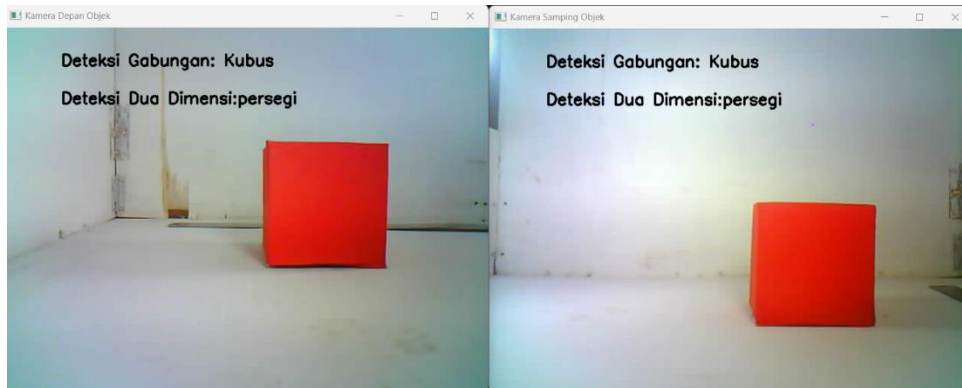
return image, detected_shapes1, dimensions1

```

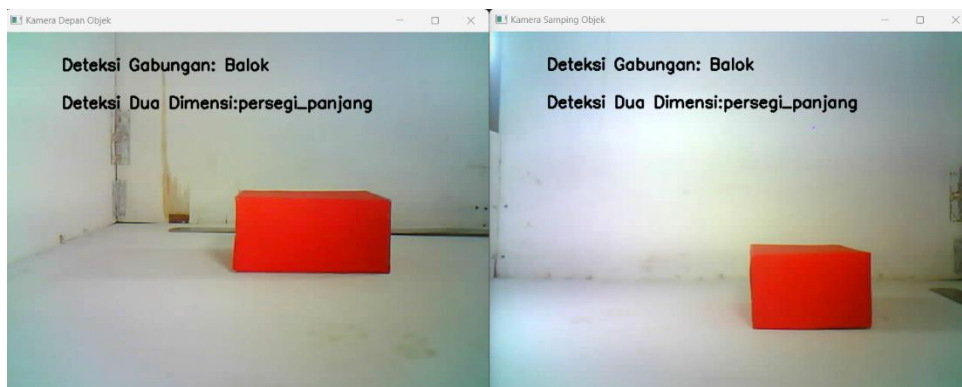
4.5.2 Penggabungan Deteksi Objek Dua Dimensi

Proses deteksi objek dua dimensi dilakukan untuk mendeteksi objek secara dua dimensi. Didapatkan hasil variabel awal dalam proses deteksi objek dua dimensi. Proses selanjutnya penggabungan hasil variabel deteksi objek dua dimensi pada kamera sisi depan objek dan sisi samping objek. Proses penggabungan menggunakan fungsi *if-else* sehingga mendapatkan jenis apakah bangun ruang yang terdeteksi.

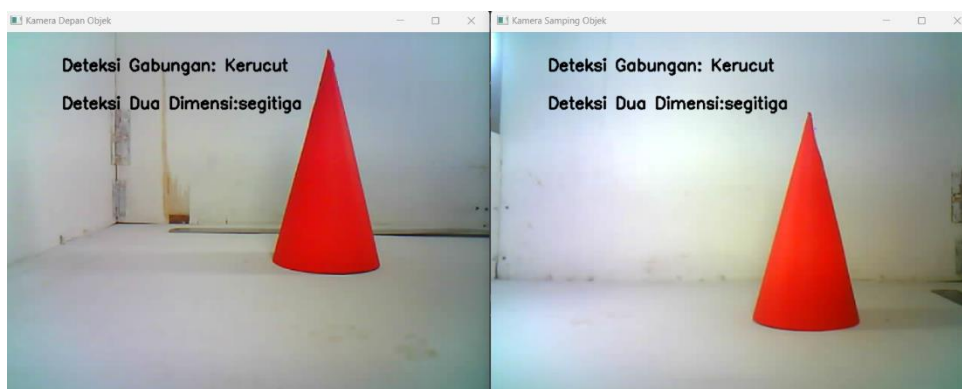
Terdapat beberapa aturan fungsi *if-elif-else* pada proses ini, jika kamera A sebagai ESP32-Cam sisi depan objek mendeteksi objek dua dimensi sebagai “persegi” dan kamera B sebagai ESP32-Cam sisi samping objek mendeteksi dua dimensi sebagai “persegi” maka penggabungan deteksi objek dua dimensi akan menghasilkan deteksi bangun ruang kubus. Jika kamera A mendeteksi “persegi_panjang” dan kamera B mendeteksi “persegi_panjang” maka penggabungan deteksi objek dua dimensi akan menghasilkan deteksi bangun ruang balok. Jika kamera A mendeteksi “segitiga” dan kamera B mendeteksi “segitiga” maka penggabungan deteksi objek dua dimensi akan menghasilkan deteksi bangun ruang kerucut. Jika kamera A mendeteksi sebagai “psg_pjg_tbg” dan kamera B mendeteksi sebagai “psg_pjg_tbg” maka penggabungan deteksi objek dua dimensi akan menghasilkan deteksi bangun ruang tabung. Gambar 4.8 sampai 4.11 merupakan hasil dari proses penggabungan deteksi objek dua dimensi dari kamera A dan kamera B.



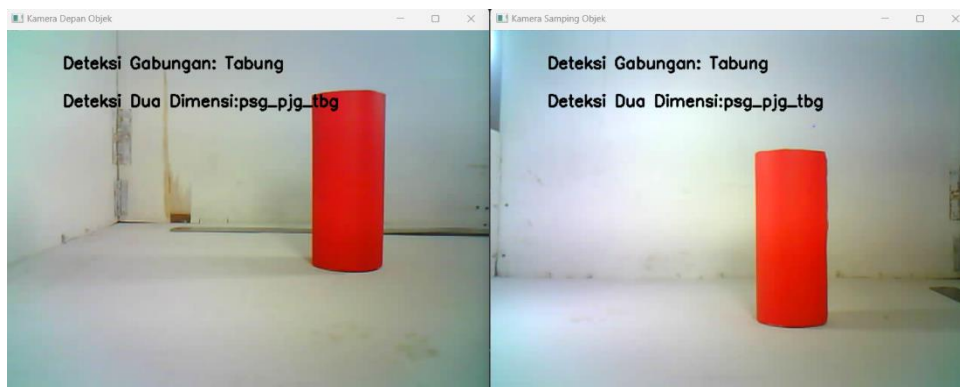
Gambar 4. 8 Deteksi Gabungan Bangun Ruang Kubus



Gambar 4. 9 Deteksi Gabungan Bangun Ruang Balok



Gambar 4. 10 Deteksi Gabungan Bangun Ruang Kerucut



Gambar 4. 11 Deteksi Gabungan Bangun Ruang Tabung

Tabel 4. 5 Deteksi Gabungan Bangun Ruang

No.	Gambar	Deteksi Kamera 1	Deteksi Kamera 2	Deteksi Gabungan
1.	Gambar 4.8	“persegi”	“persegi”	Kubus
2.	Gambar 4.9	“persegi_panjang”	“persegi_panjang”	Balok
3.	Gambar 4.10	“segitiga”	“segitiga”	Kerucut
4.	Gambar 4.11	“psg_pjg_tbg”	“psg_pjg_tbg”	Tabung

Berdasarkan Gambar 4.8 sampai Gambar 4.11 dihasilkan penggabungan deteksi objek bangun datar. Hasil dari penggabungan ini sudah sesuai dengan jenis bangun ruang aslinya, yaitu kubus, balok, kerucut, dan tabung. Adapun listing program sebagai berikut:

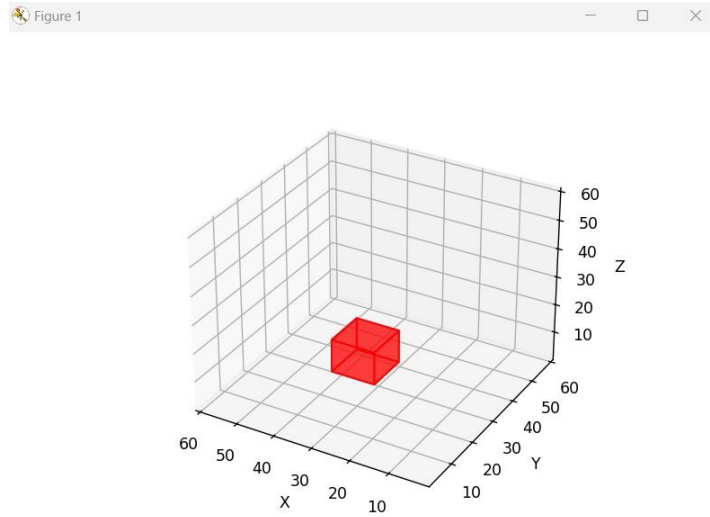
```

def combine_shapes(shapes1, shapes2):
    if "persegi_panjang" in (shapes1) and "lingkaran" in
(shapes2):
        return "tabung"
    elif "lingkaran" in (shapes1) and "persegi_panjang" in
(shapes2):
        return "tabung"
    elif "segitiga" in (shapes1) and "segitiga" in
(shapes2):
        return "kerucut"
    elif "psg_pjg_tbg" in (shapes1) and "psg_pjg_tbg" in
(shapes2):
        return "tabung"
    elif "persegi_panjang" in (shapes1) and
"persegi_panjang" in (shapes2):
        return "balok"
    elif "persegi_panjang" in (shapes1) and "psg_pjg_tbg"
in (shapes2):
        return "balok"
    elif "psg_pjg_tbg" in (shapes1) and "persegi_panjang"
in (shapes2):
        return "balok"
    elif "persegi" in (shapes1) and "persegi" in (shapes2):
        return "kubus"
    else:
        return "unknown"

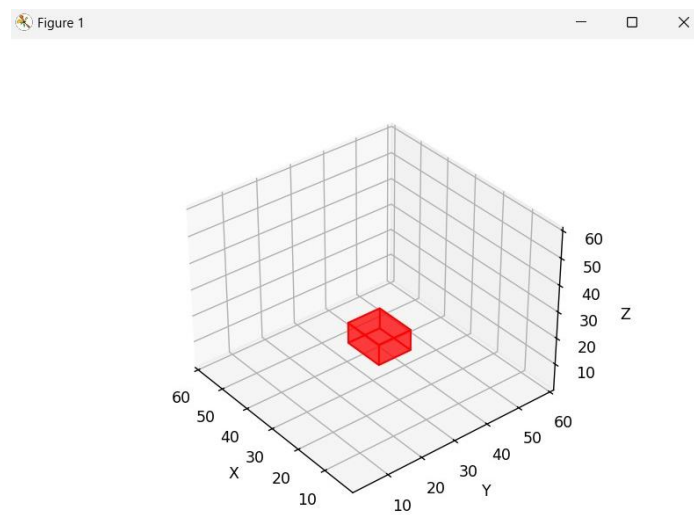
```

4.6 Proyeksi Deteksi Bangun Ruang

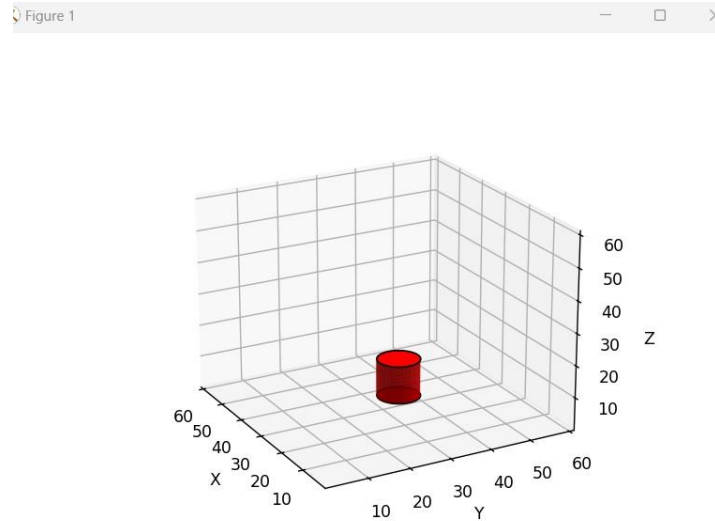
Proses proyeksi bangun ruang dilakukan untuk menampilkan secara 3D bangun ruang yang terdeteksi terhadap ESP32-Cam. Ukuran proyeksi bergantung pada jenis objek yang terdeteksi, dimensi, jarak kamera A dan B terhadap objek, dan ukuran mini studio box yaitu $60 \times 60 \times 60 \text{cm}^3$. Ukuran pada dimensi objek yang terukur akan menjadi nilai ukuran objek yang akan diproyeksikan secara 3D dan jarak objek akan menjadi dimanakah letak dari objek tersebut. Berikut gambar 4.12 sampai 4.15 merupakan hasil proyeksi dari beberapa jenis bangun ruang yang terdeteksi.



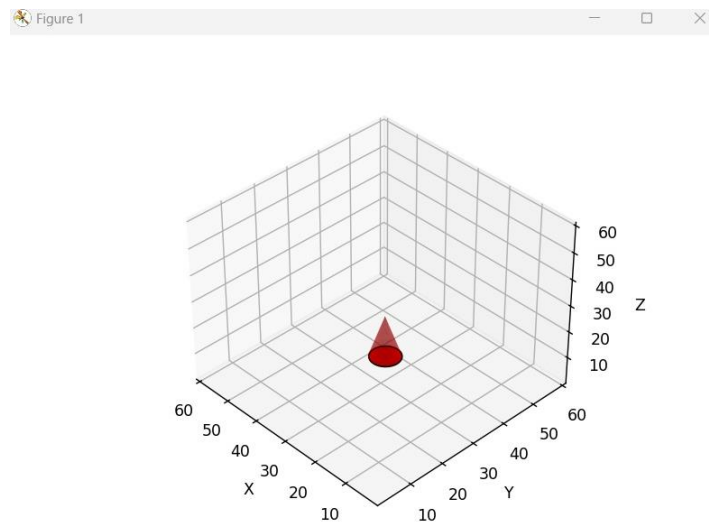
Gambar 4. 12 Proyeksi Bangun Ruang Kubus



Gambar 4. 13 Proyeksi Bangun Ruang Balok



Gambar 4. 14 Proyeksi Bangun Ruang Tabung



Gambar 4. 15 Proyeksi Bangun Ruang Kerucut

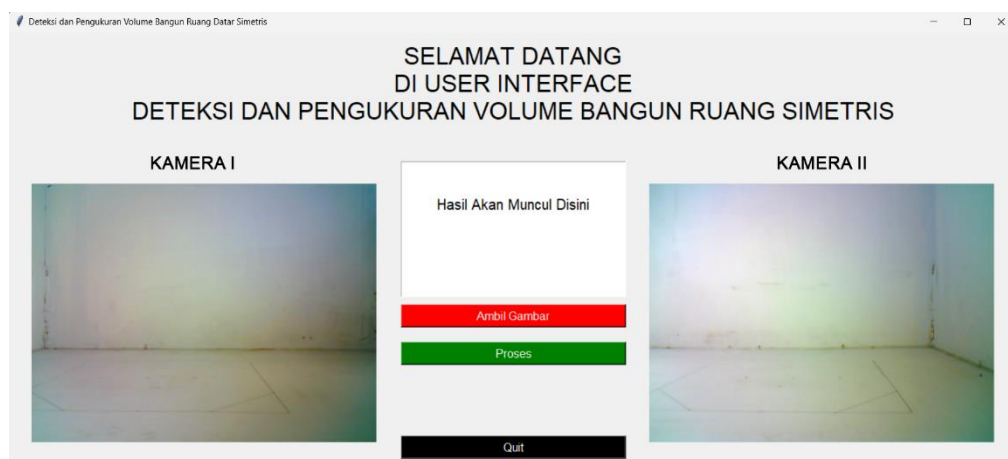
Berdasarkan Gambar 4.12 sampai Gambar 4.15 proses proyeksi akan menampilkan objek secara 3D berikut dengan ukuran dimensi objek, dan jarak objek terhadap kamera A dan kamera B bergantung dengan apakah jenis bangun ruang yang terdeteksi. Kamera A terletak pada sumbu X yaitu sisi depan dari objek, dan kamera

B terletak pada sumbu Y yaitu sisi samping dari objek. Sumbu X, Y, dan Z berukuran 60 sesuai dengan ukuran mini studio box yang berukuran $60 \times 60 \times 60 \text{ cm}^3$.

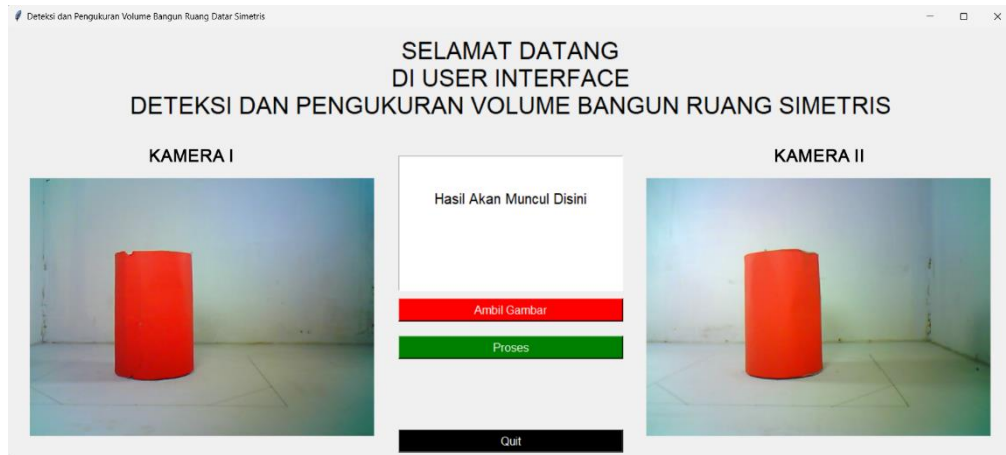
4.7 Pengujian Sistem Deteksi dan Pengukuran Volume

Berikut perancangan program menggunakan *library Tkinter python* yang digunakan untuk mendeteksi dan mengukur volume suatu objek bangun ruang sekaligus memproyeksikan objek tersebut.

Pada Gambar 4.16 dibawah yang merupakan tampilan antarmuka, terdapat kolom teks yang bertuliskan “Hasil Akan Muncul Disini” yang merupakan kolom teks yang digunakan untuk menampilkan jenis bangun ruang dan ukuran dimensi dari bangun ruang yang akan diukur. Terdapat tombol “Ambil Gambar”. Tombol “Ambil Gambar” jika diklik akan menangkap gambar dari dua layar yang berupa video tersebut. Setelah gambar diambil akan diproses dengan mengklik tombol “Proses”. Tombol tersebut digunakan untuk memproses jarak objek terhadap kamera, ukuran dimensi objek, jenis bangun ruang dari objek tersebut, dan pemrosesan pengukuran volume sesuai dengan persamaan volume dari bangun ruang yang terdeteksi. Terdapat tombol “Quit” untuk keluar dari tampilan antarmuka.



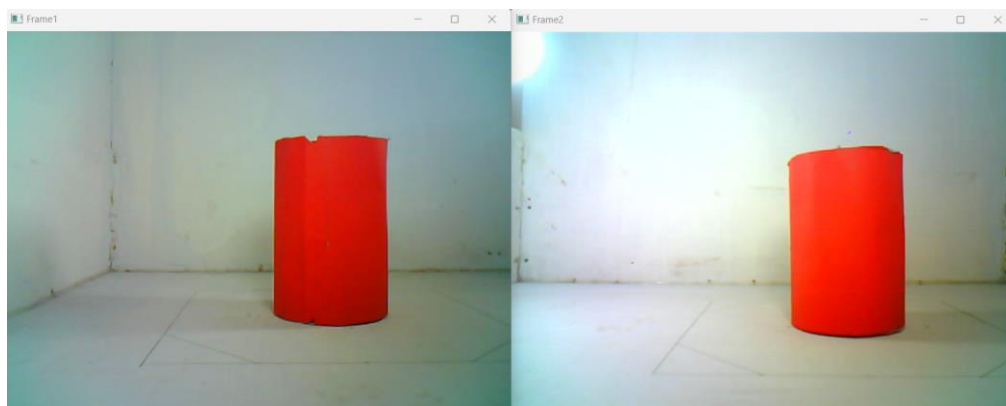
Gambar 4. 16 Tampilan Antarmuka



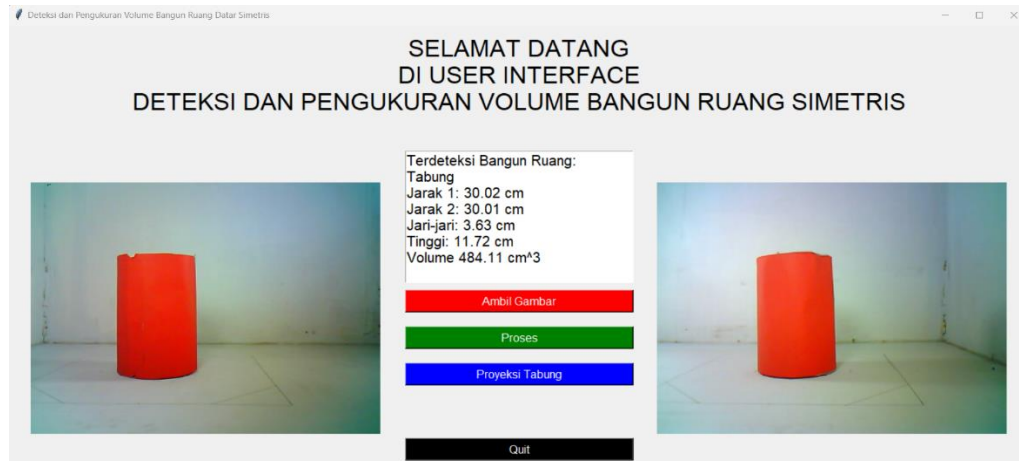
Gambar 4. 17 Peletakkan Objek Didalam Zona Aman

Objek diletakkan didalam zona aman yang terdapat pada rancang bangun agar objek dapat diukur dan tidak keluar dari frame kamera seperti pada Gambar 4.17

Pada Gambar 4.18 merupakan tampilan jika menekan tombol “Ambil Gambar”. Gambar tersebut akan disimpan didalam folder saat menekan tombol “Ambil Gambar”.



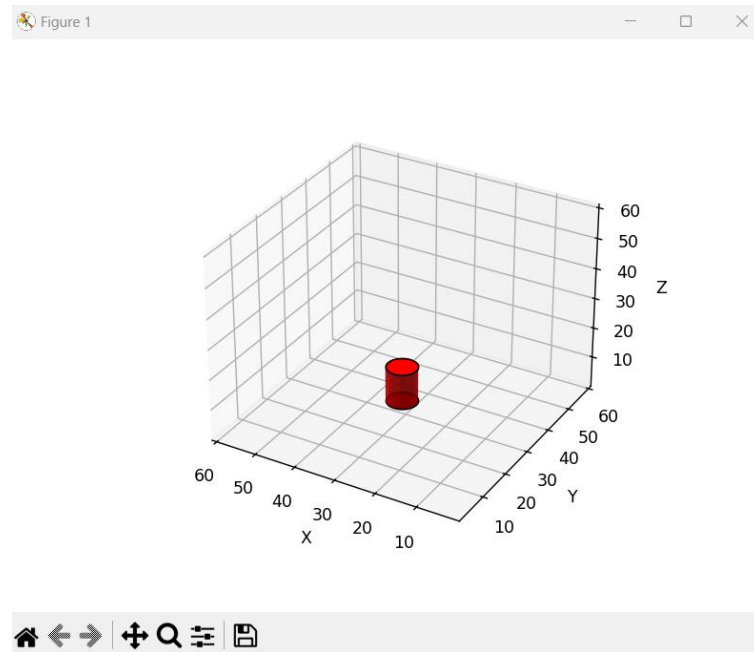
Gambar 4. 18 Hasil Gambar Yang Diambil



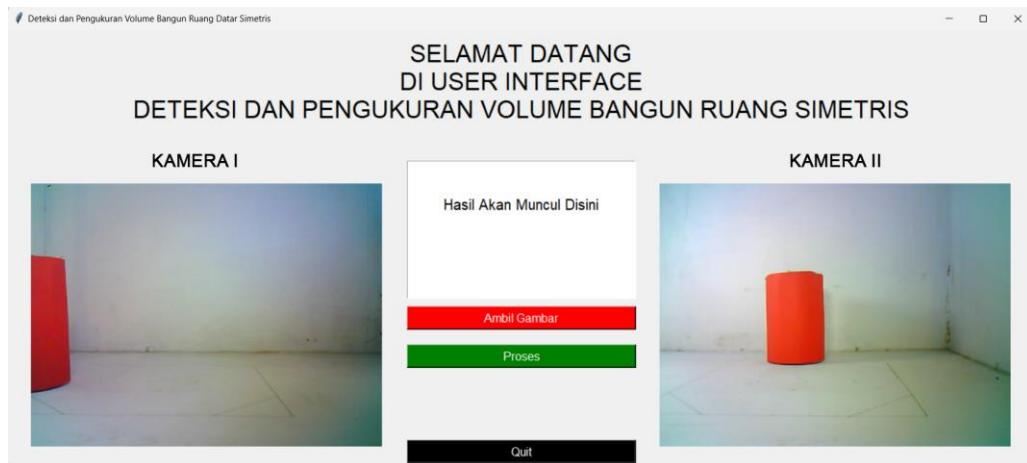
Gambar 4. 19 Hasil Proses

Pada Gambar 4.19 merupakan tampilan yang dihasilkan ketika mengklik tombol “Proses”. Ditampilkan dalam kolom teks yaitu “Terdeteksi Bangun Ruang: Tabung”, “Jari-jari: 3,63cm”, “Tinggi: 11,72 cm”, dan “Volume: 484,11cm³”. Lalu, setelah menekan tombol “Proses” dan hasilnya sudah keluar didalam kolom teks, selanjutnya secara otomatis akan muncul tombol “Proyeksi Tabung”.

Jika tombol “Proyeksi Tabung” diklik maka akan menampilkan proyeksi bangun ruang tabung berikut dengan ukuran dan jaraknya. Sumbu X merupakan sisi dari ESP32-Cam bagian depan objek, dan sumbu Y merupakan sisi dari ESP32-Cam bagian samping objek. Ukuran proyeksi mengikuti ukuran dari *mini-studio box* yaitu sebesar 60x60x60cm³. Ukuran objek proyeksi mengikuti dari hasil yang diukur dari kamera, dan jarak objek proyeksi sesuai dengan jarak yang diukur menggunakan kamera seperti pada Gambar 4.20



Gambar 4. 20 Proyeksi Bangun Ruang



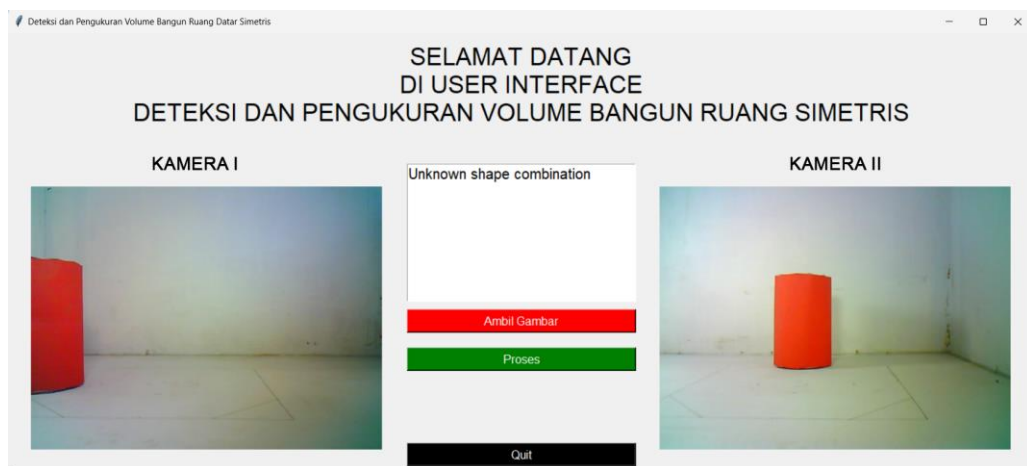
Gambar 4. 21 Peletakkan Objek Diluar Zona Aman

Gambar 4.21 merupakan hasil gambar dari peletakkan objek diluar dari zona aman. Setelah itu tekan tombol “Ambil Gambar” untuk mengambil gambar dari objek tersebut seperti pada Gambar 4.22 dibawah ini.



Gambar 4. 22 Hasil Gambar Yang Diambil Objek Diluar Zona Aman

Lalu tekan tombol “Proses” untuk memproses gambar yang sudah diambil dan disimpan dalam folder. Ditampilkan berupa teks “Unknown Shape Combination” dikarenakan terdapat objek yang keluar dari frame seperti pada gambar 4.23 dibawah ini.



Gambar 4. 23 Hasil Proses Objek Diluar Zona Aman

Adapun pengujian untuk menghitung volume bangun ruang. Pengujian ini dilakukan dengan perhitungan akurasi. Pengujian ini membandingkan data perhitungan manual dengan hasil deteksi dan hitung volume bangun ruang.

Tabel 4. 6 Pengukuran Manual Terhadap Objek

No	Jenis Bangun Ruang	Rumus	Volume (cm ³)
1.	Kubus 1	$s . s . s$	512
2.	Kubus 2	$s . s . s$	1728
3.	Balok 1	$p . l . t$	120
4.	Balok 2	$p . l . t$	400
5.	Tabung 1	$\pi . r^2 . t$	235,5
6.	Tabung 2	$\pi . r^2 . t$	753,6
7.	Kerucut 1	$\frac{1}{3} . \pi . r^2 . t$	267,95
8.	Kerucut 2	$\frac{1}{3} . \pi . r^2 . t$	243,61

Pada Tabel 4.6 terdapat 4 objek yaitu kubus, balok, tabung, dan kerucut. Masing-masing bangun ruang memiliki dua ukuran yang berbeda. Sehingga total terdapat 8 objek yang akan dideteksi dan dihitung volumenya menggunakan sistem.

Tabel 4. 7 Pengujian Hasil Pengukuran Volume Berdasarkan Sistem

No.	Jenis Bangun Ruang	Kamera 1(cm); Kamera 2(cm)	Rumus	Perhitungan Volume Manual (cm ³)	Perhitungan Volume Sistem (cm ³)	Akurasi (%)
1.	Kubus 1	30; 30	$s . s . s$	512	517,66	98,9
2.	Kubus 1	30; 35	$s . s . s$	512	598,52	85,5
3.	Kubus 1	35; 30	$s . s . s$	512	609,33	84
4.	Kubus 1	35; 35	$s . s . s$	512	655,52	78,1
5.	Kubus 2	30; 30	$s . s . s$	1728	1584,58	91,7
6.	Kubus 2	30; 35	$s . s . s$	1728	2208,87	78,2
7.	Kubus 2	35; 30	$s . s . s$	1728	1649,51	95,4
8.	Kubus 2	35; 35	$s . s . s$	1728	2081,36	83

No.	Jenis Bangun Ruang	Kamera 1(cm); Kamera 2(cm)	Rumus	Perhitungan Volume Manual (cm ³)	Perhitungan Volume Sistem (cm ³)	Akurasi (%)
9.	Balok 1	30; 30	$p.l.t$	120	145,19	82,6
10.	Balok 1	30; 35	$p.l.t$	120	176,28	68,1
11.	Balok 1	35; 30	$p.l.t$	120	154,27	77,8
12.	Balok 1	35; 35	$p.l.t$	120	156,18	76,8
13.	Balok 2	30; 30	$p.l.t$	400	475,37	84,1
14.	Balok 2	30; 35	$p.l.t$	400	528,00	75,7
15.	Balok 2	35; 30	$p.l.t$	400	493,39	81,1
16.	Balok 2	35; 35	$p.l.t$	400	487,38	82,1
17.	Tabung 1	30; 30	$\pi.r^2.t$	235,5	227,19	96,5
18.	Tabung 1	30; 35	$\pi.r^2.t$	235,5	243,36	96,8
19.	Tabung 1	35; 30	$\pi.r^2.t$	235,5	246,39	95,6
20.	Tabung 1	35; 35	$\pi.r^2.t$	235,5	255,98	92
21.	Tabung 2	30; 30	$\pi.r^2.t$	753,6	763,02	98,8
22.	Tabung 2	30; 35	$\pi.r^2.t$	753,6	817,97	92,1
23.	Tabung 2	35; 30	$\pi.r^2.t$	753,6	851,38	88,5
24.	Tabung 2	35; 35	$\pi.r^2.t$	753,6	868,01	86,8
25.	Kerucut 1	30; 30	$\frac{1}{3}.\pi.r^2.t$	267,95	259,77	97
26.	Kerucut 1	30; 35	$\frac{1}{3}.\pi.r^2.t$	267,95	232,69	86,8
27.	Kerucut 1	35; 30	$\frac{1}{3}.\pi.r^2.t$	267,95	265,69	99
28.	Kerucut 1	35; 35	$\frac{1}{3}.\pi.r^2.t$	267,95	259,96	97
29.	Kerucut 2	30; 30	$\frac{1}{3}.\pi.r^2.t$	243,61	238,63	98
30.	Kerucut 2	30; 35	$\frac{1}{3}.\pi.r^2.t$	243,61	243,86	99,9
31.	Kerucut 2	35; 30	$\frac{1}{3}.\pi.r^2.t$	243,61	257,85	94,4
32.	Kerucut 2	35; 35	$\frac{1}{3}.\pi.r^2.t$	243,61	255,81	95,2
					Rata-rata	92,8

Pada Tabel 4. 7 pengujian dilakukan dengan meletakkan objek dengan jarak manual objek terhadap kamera 1 dan kamera 2. Jarak yang ditentukan sebesar 30cm dan 35cm. Jika objek diletakkan dengan jarak kurang dari 30cm maka objek melebihi atau keluar dari gambar yang ditangkap oleh kamera, begitupun dengan jarak lebih dari 35cm maka objek akan melebihi atau keluar dari gambar yang ditangkap oleh kamera. Terdapat empat uji coba yang dilakukan pada masing-masing objek. Uji coba pertama dilakukan dengan meletakkan objek terhadap kamera 1 dan kamera 2 sebesar 30cm dan 30cm. Uji coba kedua dengan jarak 30cm dan 35cm. Uji coba ketiga dengan jarak 35cm dan 30cm. Uji coba keempat dengan jarak 35cm dan 35cm.

Pada bangun ruang kubus 1 dengan perhitungan volume manual sebesar 512 cm³ menghasilkan nilai rata-rata akurasi sebesar 86,6%. Bangun ruang kubus 2 dengan perhitungan volume manual sebesar 1728 cm³ menghasilkan nilai rata-rata akurasi sebesar 87%. Bangun ruang balok 1 dengan perhitungan volume manual sebesar 120 cm³ menghasilkan nilai rata-rata sebesar 76,3%. Bangun ruang balok 2 dengan perhitungan volume manual sebesar 400 cm³ menghasilkan nilai rata-rata sebesar 80,75%. Bangun ruang tabung 1 dengan perhitungan volume manual sebesar 235,5 cm³ menghasilkan nilai rata-rata akurasi sebesar 95,2%. Bangun ruang tabung 2 dengan perhitungan volume manual sebesar 753,6 cm³ menghasilkan nilai rata-rata akurasi sebesar 91,55%. Bangun ruang kerucut 1 dengan perhitungan volume manual sebesar 267,95 cm³ menghasilkan nilai rata-rata akurasi sebesar 94,95%. Bangun ruang kerucut 2 dengan perhitungan volume manual sebesar 243,61 cm³ menghasilkan nilai rata-rata akurasi sebesar 96,87%. Akhirnya, total rata-rata akurasi pengukuran volume dari 32 data uji coba menghasilkan nilai akurasi yaitu sebesar 92,8%.

4.8 Kelebihan dan Kekurangan Sistem Rancang Bangun

Sistem ini memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Adapun kelebihan dan kekurangan adalah sebagai berikut.

4.8.1 Kelebihan

1. Sistem dapat mengukur dimensi bangun ruang tiga dimensi mulai dari sisi, panjang, lebar, tinggi, dan jari-jari secara otomatis sesuai dengan jenis bangun ruang yang diukur.
2. Sistem mampu mengukur bangun ruang dengan penggunaan waktu yang cukup singkat yaitu tidak lebih dari dua detik.
3. Sistem mampu menghitung volume bangun ruang dengan akurasi yang cukup tinggi yaitu sebesar 92,8%
4. Sistem mampu mendeteksi jenis bangun ruang apakah yang akan diukur.
5. Sistem mampu memproyeksikan suatu objek dengan penempatan objek dan ukuran objek aslinya dengan menggunakan metode stereo vision.
6. Penggunaan antarmuka yang simpel dan mudah dalam melakukan pengukuran dengan tombol ambil gambar, proses, dan proyeksi.
7. Biaya yang digunakan untuk membuat rancang bangun terbilang relatif murah.

4.8.2 Kekurangan

1. Sistem hanya melakukan pengukuran volume pada objek bangun ruang yang simetris.
2. Citra uji bangun datar yang diukur memiliki satu warna yang polos tanpa corak.
3. Ukuran objek bangun ruang yang diukur tidak lebih dari 30cm.
4. Dalam satu waktu pengukuran hanya diletakkan satu objek yang akan diukur.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapat berdasarkan hasil dan analisa pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Telah terealisasi rancang bangun dan program sistem pengukuran volume bangun ruang datar secara otomatis menggunakan metode *stereo vision* berbasis pengolahan citra.
2. Telah terealisasi antarmuka sistem pengukuran volume bangun ruang datar menggunakan metode *stereo vision* berbasis pengolahan citra dengan dengan mengukur jenis bangun ruang kubus, balok, tabung, dan kerucut dengan ukuran dimensi objek yaitu tidak lebih dari 30 cm.
3. Telah terealisasi rancang bangun dan program sistem pengukuran volume bangun ruang datar menggunakan metode *stereo vision* berbasis pengolahan citra berdasarkan perbandingan perhitungan manual dan perhitungan menggunakan sistem menghasilkan nilai akurasi sebesar 92,8% dari 32 data uji coba.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian ini, terdapat beberapa saran yang bisa dikembangkan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan koding pemrograman yang lebih luas dan kompleks sehingga dapat melakukan pengukuran volume objek bangun ruang dengan sisi yang tidak simetris, warna objek yang acak, dan jenis bangun ruang yang beragam.

2. Penggunaan resolusi kamera yang lebih baik dari ESP32-Cam sehingga menghasilkan gambar yang bagus agar hasil proses segmentasi yang didapatkan lebih jernih.
3. Penggunaan rancang bangun yang lebih besar sehingga dapat melakukan pengukuran volume suatu objek dengan skala lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Bradski and A. Kaehler. (2008). *Learning OpenCV, Computer Vision with OpenCV Library*. O' Reilley Media. Tokyo. ISBN 10: 0-596-51613-4 | ISBN 13: 9780596516130.
- [2] Dastres R., Soori M. (2021). *Advanced Image Processing Systems*. International Journal of Imagining and Robotics. 21(1): 27--44
- [3] Utami R. Z., Suksmadana I. M. B., Kanata B. (2015). Menentukan Luas Objek Citra Dengan Teknik Deteksi Tepi. Jurnal Dielektrika. 2(1): 11--17.
- [4] Syafawi A. A., Fiolana F. A., Yumono F. (2018). Prediksi Luas Bangun Berbasis Image Processing Algoritma Canny. Jurnal Qua Teknika. 8(2): 31-42.
- [5] Ayunita D., Arief D. S., Mirdanies M. (2019). Pencitraan Dan Pemrograman Berdasarkan Perhitungan Aplikasi Volume Paket Logistik. Jom FTeknik. 6(1).
- [6] Zaarane A., Slimani I., Okaishi W. A., Atouf I., Hamdoun A. (2020). *Distance Measurement System For Autonomous Vehicles Using Stereo Camera*. Array 5 Journal.
- [7] Chen H., Wang Y., Guo T., Xu C., Deng., Liu Z., Ma S., Xu C., Xu Chao., Gao W. (2021). *Pre-Trained Image Processing Transformer*. IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). pp. 12294--12305.
- [8] Dewi Y. F., Fadillah N. (2019). Deteksi Objek Berwarna Merah Secara Real Time Dengan Algoritma Color Filtering. Jurnal Media Informatika Budidarma. 3(2): 140--143.
- [9] K.S. Shilpashree, Lokesha H., Shivkumar H. (2015) *Implementation Of Image Processing In Raspberry Pi*. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering. 4(5):199—202