

**PENENTUAN JARAK OBJEK PENGHALANG MENGGUNAKAN METODE
REGISTRASI CITRA BERDASARKAN KORESPONDENSI FITUR TITIK
SUDUT**

(Skripsi)

Oleh:

AHMAT DIKI SAPUTRA



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

**PENENTUAN JARAK OBJEK PENGHALANG MENGGUNAKAN METODE
REGISTRASI CITRA BERDASARKAN KORESPONDENSI FITUR TITIK
SUDUT**

Oleh

AHMAT DIKI SAPUTRA

1715031005

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**



**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PENENTUAN JARAK OBJEK PENGHALANG MENGGUNAKAN METODE REGISTRASI CITRA BERDASARKAN KORESPONDENSI FITUR TITIK SUDUT

Oleh

AHMAT DIKI SAPUTRA

Kemajuan ilmu teknologi khususnya pengolahan citra digital semakin pesat dapat mempermudah kehidupan manusia dalam berbagai aspek kehidupan dan mempercepat aktivitas. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jarak objek penghalang dengan metode registrasi citra berdasarkan fitur titik sudut Harris Corner menggunakan bahasa pemrograman python. Metode Harris Corner dapat digunakan untuk mendeteksi titik sudut pada sebuah citra. Penelitian ini menggunakan objek yang berbentuk kotak untuk menentukan adanya penghalang dari sebuah citra yang ditangkap melalui kamera stereo atau dua kamera kanan dan kiri. Penelitian ini menggunakan parameter jarak antar kamera, sudut kamera kanan dan kiri, dan sudut objek penghalang. Pengambilan data penelitian dilakukan pada sore hari di dalam ruangan tertutup dengan intensitas cahaya sebesar 86 lux. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini ialah ketepatan jarak saat jarak antar kamera 5 cm persentase ketepatan lebih tinggi untuk mengukur jarak yang lebih pendek karena untuk mengukur jarak penghalang 50 cm menghasilkan 82,84% sedangkan jarak antar kamera 10 cm mengukur jarak penghalang 50 cm menghasilkan 61,88%. Persentase lebih tinggi untuk mengukur jarak yang lebih jauh pada saat jarak antar kamera 10 cm karena dari pengukuran untuk jarak penghalang 150 cm menghasilkan 81,46% sedangkan untuk jarak antar kamera 5 cm mengukur jarak penghalang 150 cm menghasilkan 48,23%, rata-rata ketepatan dari semua pengujian yang dilakukan didapatkan hasil akurasi 74,51%.

Kata kunci : Objek Penghalang, Harris Corner, Kamera Stereo, Python.

ABSTRACT

DETERMINING THE DISTANCE OF OBSTACLES USING THE IMAGE REGISTRATION METHOD BASED ON CORRESPONDENCE OF CORNER POINT FEATURES

By

AHMAT DIKI SAPUTRA

Advances in technology, especially digital image processing, are increasingly rapidly making human life easier in various aspects of life and speeding up activities. This research aims to determine the distance of obstacle objects using an image registration method based on Harris Corner corner point features using the Python programming language. The Harris Corner method can be used to detect corner points in an image. This research uses a box-shaped object to determine the presence of obstructions from an image captured via a stereo camera or two right and left cameras. This research uses the parameters of distance between cameras, right and left camera angles, and the angle of the obstacle object. Research data collection was carried out in the afternoon in a closed room with a light intensity of 86 lux. The results obtained from this research are distance accuracy when the distance between cameras is 5 cm, the percentage of accuracy is higher for measuring shorter distances because measuring the barrier distance of 50 cm produces 82.84%, while the distance between cameras of 10 cm, measuring the barrier distance of 50 cm produces 61.88%. The percentage is higher for measuring longer distances when the distance between cameras is 10 cm because the measurement for a barrier distance of 150 cm produces 81.46%, while for a distance between cameras of 5 cm measuring a barrier distance of 150 cm produces 48.23%, on average the accuracy of all tests carried out resulted in an accuracy of 74.51%.

Keywords: *Obstacle Object, Harris Corner, Stereo Camera, Python.*

Judul Skripsi : **PENENTUAN JARAK OBJEK
PENGHALANG MENGGUNAKAN
METODE REGISTRASI CITRA
BERDASARKAN KORESPONDENSI
FITUR TITIK SUDUT**

Nama Mahasiswa : **Ahmat Diki Saputra**
Nomor Pokok Mahasiswa : 1715031005
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Herlinawati, S.T., MT.
NIP 19710314 199903 2 001



Dr. Eng. F. X. Arinto S., S.T., M.T.
NIP 19691219 199903 1 002

1. Mengetahui

**Ketua Jurusan
Teknik Elektro**



Herlinawati, S.T., MT.
NIP 19710314 199903 2 001

**Ketua Program Studi
Teknik Elektro**



Dr. Eng. Nining Purwasih, ST., MT.
NIP 19740422 200012 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

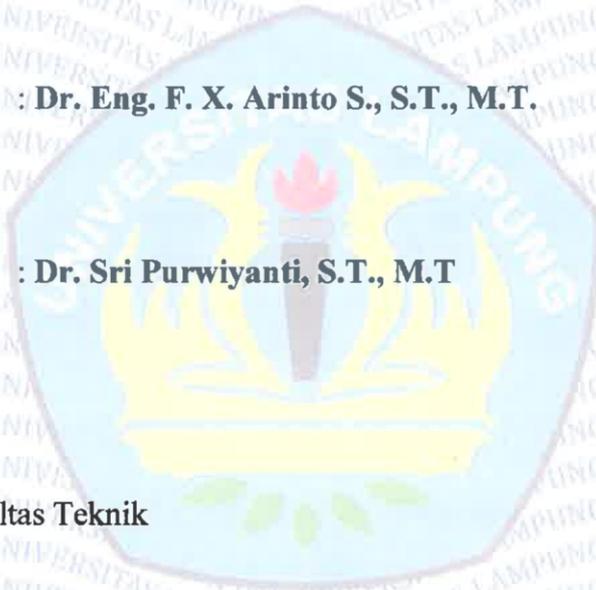
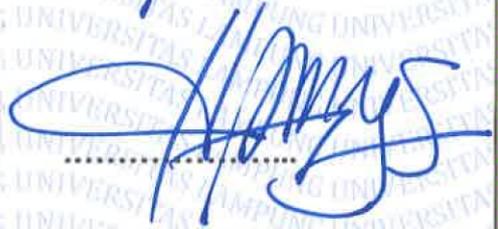
Ketua : Herlinawati, S.T., M.T



Sekretaris : Dr. Eng. F. X. Arinto S., S.T., M.T.



Penguji : Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T



2. Dekan Fakultas Teknik



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

0917 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 9 Januari 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“PENENTUAN JARAK OBJEK PENGHALANG MENGGUNAKAN METODE REGISTRASI CITRA BERDASARKAN KORESPONDENSI FITUR TITIK SUDUT”** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 09 Januari 2024

Yang membuat pernyataan,



Ahmat Diki Saputra

1715031005

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Tanjung Rejo, pada tanggal 02 Oktober 1999, anak pertama dari empat bersaudara, pasangan bapak Sajiono dan Ibu Sopiya.

Pendidikan Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDN 2 Tanjung Rejo pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di MTs Ma'arif 1 Bumi Mulya pada tahun 2014, Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di MAN 1 Metro pada tahun 2017.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Perguruan Tinggi Negeri) pada tahun 2017. Selama menjadi mahasiswa penulis tergabung dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) sebagai anggota Departemen Media Informasi pada periode 2018 dan menjadi anggota Departemen Media Informasi pada periode 2019. Pada tahun 2020, penulis melakukan Kerja Praktik (KP) di PT. PLN (Persero) UP3 Metro.

PERSEMBAHAN



Saya ucapkan puji syukur kepada Allah Subhanahu wa ta'ala atas segala rahmat dan hidayah-Nya serta shalawatku kepada Nabi Muhammad Shallallahu'alaihi wa sallam yang telah menjadi pedoman hidupku. Saya persembahkan karya ini dengan penuh rasa hormat, cinta dan kasih sayang.

*Kepada:
Ayahanda dan Ibunda tercinta*

Bapak Sajiono dan Ibu Sopiya

sebagai wujud bakti, cinta, kasih sayang dan terimakasih atas segala yang telah diberikan.

Dosen Pembimbing, lembaga yang telah mendidik, mendewasakan, dan mencerdaskanku, dalam berpikir dan bertindak.

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Lampung*

Motto

"Dan Kami perintahkan kepada manusia (berbuat baik) kepada dua orang ibu-bapaknya; ibunya telah mengandungnya dalam keadaan lemah yang bertambah-tambah, dan menyapihnya dalam dua tahun, bersyukurlah kepadaku dan kepada dua orang ibu bapakmu, hanya kepada-Kulah kembalimu."

(QS Luqman: 14)

"Barang siapa yang menempuh suatu jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan ke surga."

(Hadis Riwayat Muslim)

Kunci dari segala kebahagiaan adalah bersyukur.

(Ahmat Diki Saputra)

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penentuan Jarak Objek Penghalang Menggunakan Metode Registrasi Citra Berdasarkan Korespondensi Fitur Titik Sudut” yang merupakan salah satu syarat untuk dapat memperoleh gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapat masukan, bantuan, dorongan, bimbingan, kritik dan saran dari berbagai pihak. Maka, dengan segala kerendahan penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Ibu Herlinawati, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung dan selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan ilmu, bimbingan, bantuan, arahan, masukan, motivasi dalam penyusunan laporan skripsi. selaku pembimbing pendamping yang telah memberikan banyak arahan dan motivasi dalam perkuliahan dan penyusunan laporan skripsi.
3. Bapak Dr. Eng. F. X. Arinto S., S.T., M.T. selaku pembimbing pendamping yang telah memberikan banyak arahan dan motivasi dalam perkuliahan dan penyusunan laporan skripsi.
4. Ibu Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritik untuk perbaikan dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung atas segala ilmu yang diberikan baik dalam perkuliahan dan yang lainnya, dukungan, dan bantuan kepada penulis selama ini.
6. Bapak Maijo, Mbah Titi selaku Orang Tua yang selalu ada dalam susah senangku, keluh kesahku, yang tiada henti-hentinya memberikan doa, dukungan, semangat dan nasihat selama menempuh perkuliahan ini.
7. Farhah Firdausya yang membantu secara materi dan lainnya.

8. Teknik Elektro dan Teknik Informatika Angkatan 2017 Universitas Lampung (HIRO 2017) selaku teman yang memberikan semangat, bantuan dan motivasi serta canda tawa selama masa kuliah ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan pengetahuan baru kepada setiap orang yang membacanya.

Bandar Lampung, 09 Januari 2024

Ahmat Diki Saputra
NPM.1715031005

DAFTAR ISI

| | |
|---------------------------------|-------------|
| HALAMAN JUDUL | ii |
| ABSTRAK | iii |
| ABSTRACT | iv |
| LEMBAR PERSETUJUAN | v |
| LEMBAR PENGESAHAN | vi |
| SURAT PERNYATAAN | vii |
| RIWAYAT HIDUP | viii |
| PERSEMBAHAN | ix |
| MOTTO | x |
| SANWACANA | xi |
| DAFTAR ISI..... | xiii |
| DAFTAR TABEL | xv |
| DAFTAR GAMBAR..... | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Tujuan | 2 |
| 1.3 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.4 Batasan Masalah | 2 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 2 |
| 1.6 Hipotesis | 3 |
| 1.7 Sistematika Penulisan | 3 |

| | |
|--|-----------|
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Penelitian Terdahulu | 5 |
| 2.2 Pengolahan Citra Digital..... | 6 |
| 2.3 Registrasi Citra | 7 |
| 2.4 Objek Penghalang | 7 |
| 2.5 Stereo Vision..... | 8 |
| 2.6 Teknik Pengolahan Citra Awal..... | 8 |
| 2.7 Deteksi Fitur Titik Sudut | 11 |
| 2.8 Korespondensi Fitur Titik Sudut..... | 12 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 13 |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian..... | 13 |
| 3.2 Alat dan Bahan..... | 13 |
| 3.3 Diagram Alir Perancangan Program..... | 13 |
| 3.4 Diagram Alir Penelitian | 16 |
| 3.5 Penempatan Alat Pengambilan Data..... | 18 |
| 3.6 Tata Cara Pengambilan Data Citra | 18 |
| 3.7 Pengolahan Citra Awal | 19 |
| 3.8 Metode Harris Corner untuk Penentuan Titik Sudut | 20 |
| 3.9 Perhitungan Jarak Penghalang | 22 |
| BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 24 |
| 4.1 Rancangan Perangkat Keras | 24 |
| 4.2 Pengujian Akurasi Pengukuran..... | 25 |
| 4.3 Hasil dan Pengambilan Data..... | 25 |

| | |
|--|-----------|
| 4.3.1 Hasil Perolehan Citra | 25 |
| 4.3.2 Proses Pengolahan | 26 |
| 4.3.3 Hasil Pengolahan Awal | 26 |
| 4.3.4 Objek Penghalang | 28 |
| 4.3.5 Penentuan Titik Sudut | 29 |
| 4.3.6 Hasil Perhitungan Jarak Penghalang | 30 |
| 4.4 Pembahasan | 37 |
| BAB 5 PENUTUP | 43 |
| 5.1 Kesimpulan | 43 |
| 5.2 Saran | 43 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 44 |
| LAMPIRAN..... | 46 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 4.1 Akurasi Perhitungan Jarak Penghalang 5 cm..... | 38 |
| Tabel 4.2 Akurasi Perhitungan Jarak Penghalang 10 cm..... | 39 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Ilustrasi Objek Penghalang | 8 |
| Gambar 2.2 Fitur Haar Caecade..... | 9 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Program..... | 14 |
| Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian..... | 17 |
| Gambar 3.3 Peletakan Alat Pengambilan Data | 18 |
| Gambar 3.4 Gambar Objek Penghalang dan peletakan Kamera..... | 22 |
| Gambar 4.1 Ilustrasi Tempat Pengambilan Data..... | 25 |
| Gambar 4.2 Hasil Perolehan Citra Awal dengan Objek Penghalang..... | 25 |
| Gambar 4.3 Program Phytion 3.9..... | 26 |
| Gambar 4.4 Rekontruksi Citra Asli ke <i>Grayscale</i> | 27 |
| Gambar 4.5 Penghalang Kotak dengan Jarak Penghalang 50 cm..... | 29 |
| Gambar 4.6 Penghalang Kotak dengan Jarak Penghalang 50 cm..... | 29 |
| Gambar 4.7 Hasil Program dengan Jarak Penghalang 50 cm..... | 30 |
| Gambar 4.8 Hasil Program dengan Jarak Penghalang 100 cm..... | 32 |
| Gambar 4.9 Hasil Program dengan Jarak Penghalang 150 cm..... | 33 |
| Gambar 4.10 Hasil Program dengan Jarak Penghalang 50 cm..... | 34 |
| Gambar 4.11 Hasil Program dengan Jarak Penghalang 100 cm..... | 35 |
| Gambar 4.12 Hasil Program dengan Jarak Penghalang 150 cm..... | 36 |
| Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Pengukuran Hasil Program Jarak 5 cm..... | 40 |
| Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Pengukuran Hasil Program Jarak 10 cm..... | 41 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengukuran dimensi dan jarak objek adalah hal yang penting dalam lingkup berbagai aktivitas teknologi saat ini, terutama dalam bidang sistem otonom bergerak. Variabel informasi tentang dimensi dan jarak objek yang berada di sekeliling dapat digunakan untuk identifikasi dan navigasi sekitar. Terdapat beberapa metode yang sering difungsikan untuk mengukur jarak, yaitu dengan menggunakan metode aktif dan metode pasif. Metode aktif merupakan metode yang bekerja mengirimkan sinyal kepada objek yang akan diukur, seperti penggunaan sinar laser, sensor ultrasonik dan sensor infra merah, sedangkan metode pasif merupakan metode yang bekerja tanpa mengirimkan sinyal ke objek seperti menggunakan citra kamera. *Stereo vision* ialah sistem yang mempunyai konfigurasi menggunakan dua buah kamera yang memiliki karakteristik yang sama dipasang dengan jarak tertentu dan diletakan sejajar.

Pada sistem otonom yang bergerak saat ini sebagian besar dilengkapi dengan sensor jarak menggunakan kamera. Beberapa karya penelitian sebelumnya menggunakan konfigurasi kamera stereo dengan tujuan pengukuran jarak objek.

. Dari penelitian sebelumnya Pooja Ghosh, Achala Pandey dan Umesh C. Pati melakukan perbandingan teknik deteksi sudut seperti *Harris corner detection*, *SURF (Speeded-Up Robust Features)*, *FAST (Features from Accelerated Segment)* dan *FREAK (Fast Retina Key point)*. Hasil dari perbandingan tersebut, didapatkan deteksi sudut menggunakan metode Harris corner memiliki waktu komputasi yang cukup cepat, namun memiliki tingkat keakuratan yang rendah dibandingkan dengan metode lain. Berdasarkan kelebihan tersebut pada tugas akhir ini akan dirancang suatu sistem pengukuran

jarak objek menggunakan metode registrasi citra berdasarkan korespondensi fitur titik sudut. Pada tugas akhir ini deteksi sudut menggunakan metode Harris corner agar *delay* komputasi pada sistem dapat diminimalkan, sehingga tugas akhir ini dapat digunakan sebagai alat pengukur estimasi jarak antara objek dengan kamera.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

Membuat sistem penentuan jarak objek penghalang dengan metode registrasi citra berdasarkan korespondensi fitur titik dan dengan memanfaatkan pengolahan citra *OpenCV 4.5.1* dan *Python 3.9*.

1.3 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah yang telah diuraikan, perumusan masalah penelitian ini mencakup pertanyaan utama tentang bagaimana merancang sistem penentuan jarak objek penghalang menggunakan metode registrasi citra berdasarkan korespondensi fitur titik sudut dengan memanfaatkan pengolahan citra *OpenCV 4.5.1* dan *Python 3.9*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Software yang digunakan untuk pengolahan citra adalah software *OpenCV* dan *Python*,
2. Citra yang diukur merupakan registrasi antara dua tangkapan gambar dari kamera.
3. Metode yang digunakan fitur titik sudut.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa manfaat yang mencakup tiga hal utama sebagai berikut:

1. Bagi dunia akademik
Penelitian ini dapat menjadi referensi yang berharga bagi dunia akademik, terutama bagi para peneliti yang tertarik dalam mengembangkan teknologi pengolahan citra.

2. Bagi pengguna

Hasil dari pengenalan objek dapat diterapkan untuk mendeteksi penghalang dan membantu tugas sehari-hari manusia dalam berbagai bidang, seperti pada industri dengan robot pengangkut barang secara otomatis atau dalam bidang otomotif dengan teknologi *Smart Car* yang menggunakan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*).

3. Kegunaan bagi penulis

Penelitian ini akan memberikan kontribusi dalam memperoleh gelar sarjana, meningkatkan pengetahuan dan wawasan penulis, serta mengembangkan kemampuan berpikir kritis dalam perkembangan teknologi terapan pengolahan citra untuk mendeteksi objek penghalang dengan menggunakan metode titik sudut.

1.6 Hipotesis

Pada penelitian ini, dengan menggunakan metode registrasi citra berdasarkan korespondensi fitur titik sudut sistem ini akan mengidentifikasi jarak penghalang menggunakan stereo vision yang dibuat dengan software *Python* dan *OpenCV*.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk meningkatkan kejelasan penulisan dan pemahaman terhadap materi penelitian, penelitian ini akan dibagi menjadi 5 bab sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, hipotesis, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijabarkan beberapa teori pendukung dan acuan materi yang didapatkan dari berbagai sumber jurnal, buku dan penelitian ilmiah yang dimanfaatkan dalam penulisan laporan tugas akhir ini

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini membahas mengenai metode penelitian yang digunakan dalam membuat sistem penentuan jarak objek penghalang menggunakan metode registrasi citra berdasarkan korespondensi fitur titik sudut.

BAB IV PEMBAHASAN

Menerangkan perancangan dan analisis dari hasil pengujian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan beserta saran-saran perihal perbaikan dan pengembangan lebih lanjut agar didapatkan hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya yang relevan dengan pendeteksian objek dilakukan oleh Yesh Mehta dari Institut Teknologi Mumbai pada tahun 2018, menghasilkan sebuah algoritma dari estimasi jarak penghalang dan navigasi robot. Robot tersebut terpasang kamera, mikrokontroler dan laser garis. Citra yang didapat kemudian diproses menggunakan metode *threshold* sehingga didapatkan estimasi jarak yang terdeteksi.

Penelitian lainnya dilakukan pada tahun 2014 oleh Mulyawan H. dari Politeknik Surabaya berhubungan dengan pendeteksi objek secara *real time*, berhasil *tracking* dan mengidentifikasi objek berbasis *Image Processing* secara *real time*.

Penelitian lain yang relevan dengan penelitian ini pada tahun 2019 oleh Tiya Muthia dari Universitas Lampung mengenai pendeteksian penghalang menggunakan laser garis, dengan kesimpulan berhasil mendeteksi objek penghalang menggunakan metode *Hough Transform* untuk pengenalan garis.

Penelitian sebelumnya mengenai metode *stereo vision* dalam memperhitungkan jarak objek dari kamera oleh Izzati Muhimmah pada Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. menghitung jarak, segmentasi objek dengan menggunakan ciri intensitas. Pada objek hasil segmentasi dapat dideteksi melalui dua buah citra yang diambil agar sesuai dengan prinsip *stereo vision*. Titik tengah pada citra dijadikan referensi untuk perhitungan jarak antara kamera dan objek dengan memanfaatkan rumus jarak *Euclidean*. Metode ini diusulkan dan diuji untuk memperhitungkan jarak dari kamera dengan jumlah empat objek.

Penelitian yang dilakukan oleh Winal Prawira pada tahun 2017 dari Universitas Lampung mengenai pendeteksian objek yang berhasil membuat rancang bangun sistem pendeteksian objek 3 dimensi melalui dua buah kamera

dengan menggunakan metode Harris Corner dan *Lukas Kanade* untuk mengenali objek 3 dimensi.

Yang membedakan penelitian ini dengan 5 penelitian sebelumnya ialah penelitian ini dilakukan untuk mendeteksi jarak penghalang dengan menggunakan fitur titik sudut, digunakan sebagai korespondensi untuk mengetahui berapa jarak objek sedangkan pada penelitian sebelumnya tidak.

2.2 Pengolahan Citra Digital

Citra adalah sebuah gambar, foto, ataupun berbagai representasi visual dari objek yang dapat ditampilkan dalam dua dimensi. Citra dapat disajikan dalam bentuk digital maupun cetak. Citra digital ialah sejumlah angka dalam bilangan dua dimensi. Angka-angka dalam gambar citra adalah hasil kuantifikasi intensitas tingkat kecerahan setiap piksel pembentuk citra. Piksel adalah blok bangunan terkecil dari suatu gambar, jumlah piksel per-satuan panjang dalam gambar dikenal sebagai resolusi gambar. Semakin tinggi resolusi gambar, semakin banyak piksel yang dimilikinya (Sulistiyanti, 2016).

Pengolahan citra digital adalah bidang ilmu yang terkait dengan peningkatan kualitas citra menggunakan bantuan komputer. Dikarenakan suatu citra yang diambil tidak selalu memiliki keadaan yang sempurna, oleh karena itu dibutuhkan pengolahan citra untuk memperbaikinya. Masukan dari pengolahan citra digital adalah citra, kemudian keluarannya adalah citra yang lebih baik dari citra masukannya. Berikut ini merupakan beberapa tujuan pengolahan citra digital:

- a. Memperbaiki kualitas citra yang dilihat dari dua aspek radiometrik seperti transformasi warna, peningkatan kontras, memperbaiki gambar, serta dalam konteks geometri seperti translansi, putaran, perubahan ukuran, dan perubahan bentuk geometris.
- b. Melakukan proses pengambilan informasi atau pengenalan objek yang terdapat pada suatu citra.
- c. Melakukan pengompresian atau penurunan jumlah data dengan maksud untuk menyimpan informasi, mengirimkan data, dan menghemat waktu proses data (Sulistiyanti, 2016).

2.3 Registrasi Citra

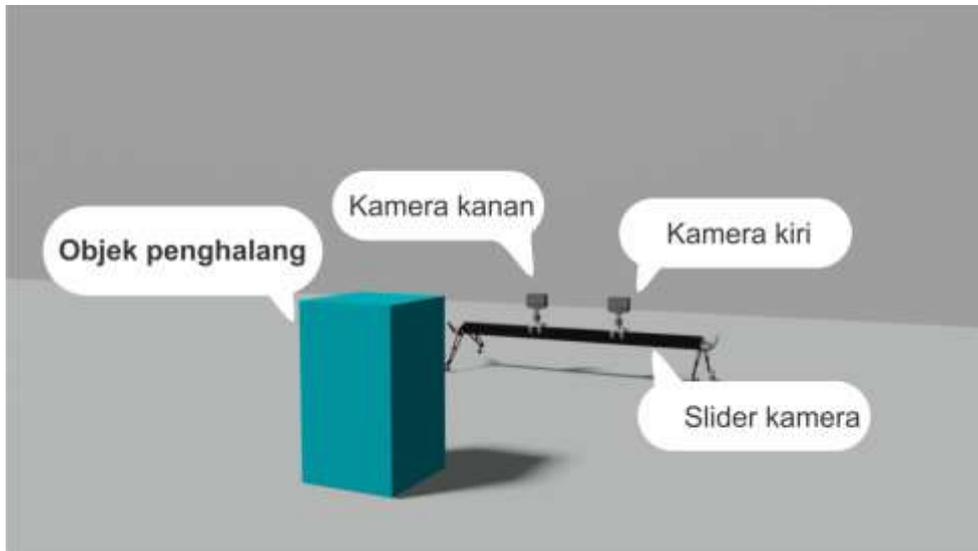
Ada berbagai definisi registrasi citra, salah satunya adalah proses menggabungkan dua atau lebih citra yang memuat objek yang sama, diambil pada waktu atau sudut pandang yang berbeda, atau bahkan oleh sensor yang berbeda. Definisi lain adalah proses mencari titik-titik yang sesuai antara citra pertama dan kedua, di mana citra kedua mengalami transformasi geometris seperti pergeseran (translasi), rotasi, penskalaan (*scaling*), pembalikan (*flipping*), dan perpanjangan (*stretching*).

Registrasi citra dapat dilakukan dalam domain spasial dan domain frekuensi. Pada domain spasial, registrasi dilakukan dengan mencari nilai rata-rata, median, atau ukuran statistik lainnya untuk setiap nilai *graycale* atau RGB. Registrasi citra domain spasial bekerja dengan baik jika diterapkan pada citra dengan tingkat ketidakteraturan yang relatif rendah, yaitu citra dengan nilai perbedaan yang relatif kecil. Warna RGB sendiri merupakan warna yang terdiri dari tiga jenis warna yaitu merah, hijau dan biru yang digunakan untuk menghasilkan warna yang berbeda dengan menggabungkan ketiga warna tersebut dengan komposisi tertentu. Apabila ketiga warna tersebut memiliki nilai yang maksimal maka akan menghasilkan warna putih. Ketika menggabungkan dua macam warna primer seperti (merah dan hijau), (merah dan biru) atau (hijau dan biru), maka gabungan warna tersebut akan berubah menjadi warna kuning, magenta atau cyan. Warna-warna yang terbentuk dari kombinasi dua macam warna tersebut disebut warna sekunder. Sedangkan, warna *graycale* atau keabuan merupakan salah satu citra digital yang hanya mempunyai satu nilai kanal disetiap pikselnya. Oleh karena itu, dalam citra *graycale* hanya membutuhkan nilai intensitas tunggal, dibandingkan dengan citra berwarna yang membutuhkan tiga intensitas nilai untuk penyusun tiap pikselnya. Warna keabuan memiliki intensitas piksel dari level 0 untuk warna hitam hingga 255 untuk warna putih, untuk intensitas yang memiliki nilai diantara kedua nilai tersebut merupakan intensitas warna keabuan (Ahmad. 2017).

2.4 Objek Penghalang

Penelitian ini menghitung jarak objek penghalang melalui metode fitur titik sudut. Objek penghalang sendiri pada dasarnya yaitu benda ataupun makhluk hidup yang berada di depan kamera yang masuk ke dalam frame kamera. Dengan menggunakan balok pada Gambar 2.1 merupakan objek penghalang yang berada di

depan kamera kanan dan kiri, sebagai objek yang akan menjadi bahan untuk diperkirakan jaraknya dengan menggunakan metode titik sudut kedua kamera diletakan di atas slider kamera.



Gambar 2.1 Ilustrasi Objek Penghalang

2.5 Stereo Vision

Stereo vision merupakan teknik yang digunakan untuk menghasilkan gambar stereo dari suatu objek dengan memanfaatkan dua kamera yang ditempatkan pada posisi yang berbeda. Citra stereo diperoleh dengan menggunakan dua kamera yang ditempatkan pada bidang paralel pada jarak tertentu. Ide utamanya ialah untuk merekam adegan dari dua sudut pandang yang berbeda dan memanfaatkan perbedaan untuk menunjukkan posisi, hubungan dan struktur objek dalam adegan. Perbedaan antara posisi piksel dalam dua gambar menghasilkan kesan kedalaman. Jarak objek diukur saat berada dalam bidang pandang yang tumpang tindih dari kedua kamera.

Gambar stereo yang dianalisis untuk menentukan disparitas, nilai tersebut bisa dimanfaatkan untuk mengestimasi jarak dan dimensi suatu objek dengan menerapkan beberapa teknik pengolahan citra. Disparitas yang lebih besar menandakan bahwa objek tersebut lebih dekat, dan sebaliknya (Mulyawan, 2014).

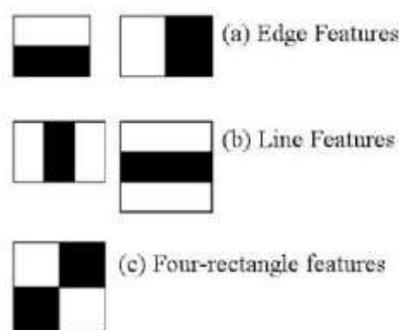
2.6 Teknik Pengolahan Citra Awal

Pengolahan citra merupakan proses manipulasi digital pada citra untuk menghasilkan gambar yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi tertentu. Untuk

mempermudah penerapan oleh manusia atau komputer, pengolahan citra dilakukan menggunakan berbagai metode yang berbeda guna mendapatkan citra yang diinginkan. Tujuan umum dari operasi pengolahan citra digital adalah untuk meningkatkan kualitas citra agar lebih mudah dikenali oleh mata manusia serta mengolah informasi yang terkandung dalam citra untuk keperluan pengenalan objek secara otomatis. Operasi pemrosesan citra dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori antara lain *preprocessing*, citra *graycale*, citra biner, *noise filtering*, *edge detection*, *threshold*, dan lain-lain.

a. *Preprocessing*

Haar Cascade merupakan sebuah algoritma *machine learning* yang dikembangkan oleh Paul Viola dan Michael Jones pada tahun 2001 untuk mendeteksi objek dalam gambar. Algoritma ini mengadopsi pendekatan berbasis *machine learning* dengan menggunakan fungsi *cascading*, di mana fungsi ini dihasilkan dari pelatihan dengan sejumlah gambar positif dan negatif. Citra positif adalah citra yang memiliki objek untuk dideteksi, dan citra negatif adalah citra tanpa objek yang dapat dideteksi. Sehingga, fungsi tersebut dapat diterapkan untuk mengenali objek pada gambar yang berbeda. Saat ini, *OpenCV* telah menyediakan perpustakaan untuk algoritma Haar Cascade yang telah dipelajari sebelumnya dan dikelompokkan ke dalam berbagai kategori seperti wajah, mata, dan lainnya, berdasarkan gambar yang telah terlatih. Haar Cascade mengekstraksi fitur dari gambar menggunakan "filter" yang serupa dengan konsep kernel konvolusi. Filter ini disebut fungsi Haar dan memiliki bentuk yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Fitur Haar Cascade

Filter ini akan memeriksa setiap bagian satu per satu. Kemudian, untuk setiap bagian, semua intensitas piksel pada bagian hitam dan putih akan dijumlahkan, lalu dihitung selisih dari setiap penjumlahan tersebut. Nilai

tersebut merupakan nilai dari fitur yang diekstraksi. Fitur dari algoritma ini adalah klasifikasi multi-level. Klasifikasi ini terdiri dari beberapa level dimana setiap level menghasilkan sub-citra yang tidak seharusnya menjadi wajah. Gambar 2.2 mengilustrasikan proses klasifikasi multi level.

Pada klasifikasi tingkat pertama, setiap sub-citra diklasifikasikan menurut fitur. Hasil dari klasifikasi pertama ini adalah positif (*True*) untuk gambar yang memiliki ciri-ciri Haar tertentu, dan negatif (*False*) sebaliknya. Klasifikasi ini akan menyisakan sekitar setengah dari sub-gambar yang akan diteruskan ke tahap kedua. Hasil dari klasifikasi kedua adalah positif (*True*) untuk gambar yang memenuhi prosedur integral citra, dan negatif (*False*) untuk kasus sebaliknya. Seiring dengan peningkatan level *classifier*, dibutuhkan spesifikasi yang lebih besar untuk menghasilkan lebih banyak fitur yang digunakan dalam penerapan classifier Haar Cascade dalam deteksi wajah dan konversi citra ke *graycale* dengan bantuan *OpenCV 103*.

b. *Graycale*

Langkah pertama dalam pengolahan citra adalah mengonversi citra berwarna RGB menjadi citra *graycale*. Langkah ini dilakukan untuk menyederhanakan representasi citra. Citra RGB terdiri dari tiga matriks lapisan: matriks lapisan R (merah), matriks lapisan G (hijau), dan matriks lapisan B (biru). Saat melakukan prosedur berikut, harus selalu memperhatikan tiga lapisan tersebut. Selama penyaringan *graycale*, 3 layer diubah menjadi 1 layer matriks *graycale* dan hasilnya tidak ada lagi warna tetapi hanya satu tingkat keabuan (Prasetyo, 2011).

Citra yang akan diproses dan diubah kedalam bentuk *graycale* yang memiliki intensitas piksel dari 0 hingga 255, merupakan citra awal yang terdapat segmentasi warna. Konversi citra RGB kedalam citra *graycale* menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Grayscale} = ((0.3 * R) + (0.59 * G) + (0.11 * B)) \quad (1)$$

c. *Threshold* (Batas Ambang)

Threshold adalah proses konversi citra RGB ke citra biner melibatkan pengelompokan nilai-nilai *graycale* dari setiap piksel menjadi dua tingkatan: hitam dan putih. Dalam citra biner, terdapat 256 tingkatan intensitas yang

berkisar dari 0 hingga 255, di mana nilai 0 menggambarkan warna hitam dan nilai 255 merepresentasikan warna putih. Nilai-nilai antara 0 dan 255 mencerminkan tingkat abu-abu yang berada di antara hitam dan putih (Da Fontoura Costa, 2001). Selisih antara sampel latar belakang dan gambar sebagai gambar biner harus lebih kecil dari nilai ambang batas. Jika selisihnya kurang dari ambang batas maka dianggap sebagai 0 (hitam) dan jika melebihi ambang batas maka dianggap sebagai 1 (putih).

$$Threshold = T = (f_{maks} + f_{min}) / 2 \quad (2)$$

Dimana f_{max} ialah nilai intensitas maksimum pada citra dan f_{min} merupakan intensitas minimum pada citra. Jika $f(x,y)$ adalah nilai intensitas piksel pada posisi (x,y) maka pixel tersebut diganti putih atau hitam tergantung kondisi.

2.7 Deteksi Fitur Titik Sudut

Deteksi fitur titik sudut adalah metode yang digunakan dalam *computer vision* untuk mengidentifikasi dan mengekstrak fitur-fitur khusus dari sebuah citra, memahami karakteristik citra yang didapat. Pada dasarnya metode ini mengenali dan mengambil sudut pada suatu citra. Metode ini dipergunakan untuk mengetahui sudut objek pada gambar, sehingga dapat mendeteksi pintu, ujung bawah tembok dan lain sebagainya. *Corner* bisa didefinisikan sebagai titik di mana terjadi perpotongan antara dua tepi atau *edge*, menciptakan dua arah tepi dominan yang berbeda di sekitar lingkungan lokal. Untuk mendeteksi corner, pendekatan yang umum dilakukan adalah dengan menggerakkan jendela (*window*) ke berbagai arah dan mencari perbedaan yang signifikan pada suatu titik tertentu, yang kemudian diidentifikasi sebagai corner.

Titik sudut bekerja dengan mempertimbangkan delapan piksel sebelahnyanya pada suatu piksel yang akan diidentifikasi sudutnya. Diibaratkan piksel x adalah piksel yang akan dideteksi sudutnya, jika delapan piksel di sebelahnyanya mempunyai intensitas yang hampir sama dengan piksel x maka itu merupakan *flat region*. Jika perubahannya signifikan namun tidak ada perubahan pada piksel sekitarnya yang searah maka disebut *edge region* atau daerah garis. Jika perubahannya signifikan disetiap arah maka piksel tersebut merupakan titik sudut.

2.8 Korespondensi Fitur Titik Sudut

Deteksi sudut biasanya digunakan untuk deteksi gerakan, perekaman gambar, komposisi gambar, penjahitan panorama, pelacakan video, pemodelan 3D, dan pengenalan objek. Detektor sudut yang akurat harus memiliki kriteria sebagai berikut, antara lain dapat membedakan antara sudut-sudut yang salah dan benar, Meskipun memiliki tingkat *noise* yang tinggi, metode ini mampu secara akurat menentukan lokasi sudut. Prinsip dasar untuk menentukan titik sudut adalah bahwa saat sebuah tepi terdefinisi dalam sebuah citra, sebuah sudut didefinisikan sebagai area di mana terjadi perubahan *gradien* dalam arah yang signifikan. Detektor dapat mendeteksi titik sudut pada gambar meskipun gambar berubah arah. Detektor kemudian akan mengenali sudut yang ada dalam segitiga. Jika posisi segitiga dirubah sedikit, detektor tetap dapat mendeteksi sudut yang terdapat pada segitiga meskipun terjadi perubahan sudut putar atau tidak (S. Javier. 2018).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan dan pembuatan tugas akhir ini dilaksanakan di Laboratorium Terpadu Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung mulai bulan Februari 2023 hingga Agustus 2023.

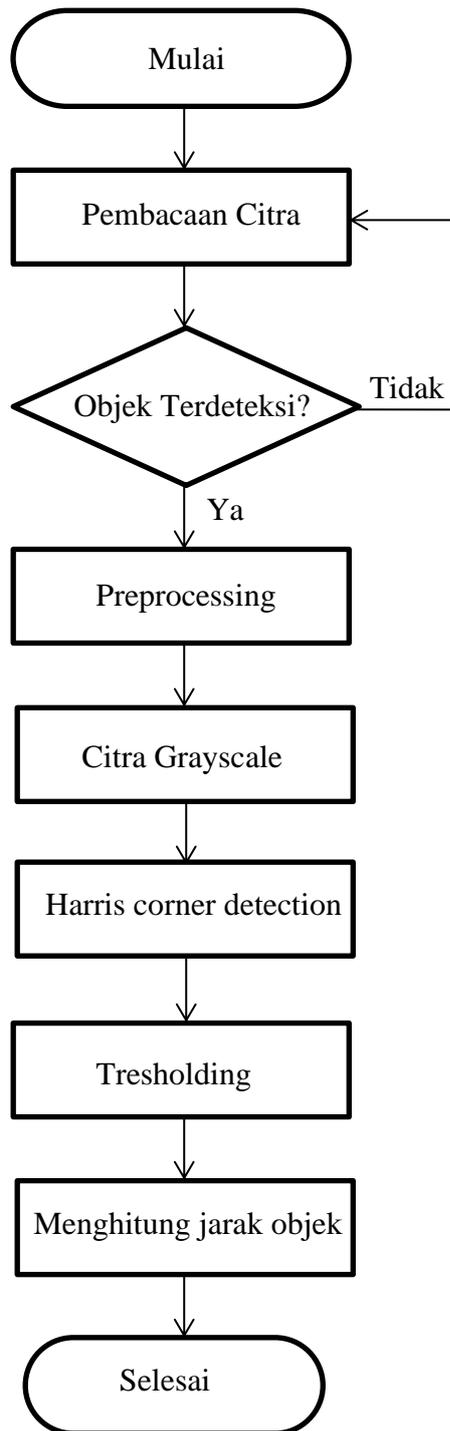
3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Laptop HP 14-bs0xx Series Intel ® Core™ i3600-6u CPU 2,00 GHz.
2. Kamera aksi (*Action camera*)
3. Slider kamera
4. *Software python 3.9*
5. *Sublime text.*

3.3 Diagram Alir Perancangan Program

Setelah melakukan akusisi citra, tahap selanjutnya adalah memproses kedua citra menggunakan beberapa metode *image processing*. Adapun tahap-tahap yang dilakukan untuk memproses citra dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 3.1 di bawah ini:



Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Program

Berdasarkan Gambar 3.1 tahapan perancangan program yang dilaksanakan ialah sebagai berikut:

a. Pembacaan Berkas Citra

Pembacaan berkas citra dilakukan dengan perintah sebagai berikut:

```
import numpy as np          # library untuk memproses multi dimensional array
import cv2                 # library untuk image processing
import math                # library untuk fungsi matematika

img1 = cv2.imread('DATA2/{}/{}/kiri/{_}.jpg'.format(benda, B, jarakS, num))
img2 = cv2.imread('DATA2/{}/{}/kanan/{_}.jpg'.format(benda, B, jarakS, num))
```

b. Mendeteksi Objek

Ketika citra belum terdeteksi, pembacaan berkas citra diulangi kembali hingga terdeteksi, apabila sudah terdeteksi tahap selanjutnya ialah pemanggilan model pendeteksian benda, dengan perintah sebagai berikut:

```
#pemanggilan model pendeteksian benda (HAAR CASCADE)
if benda == "kotak":
    kotakCascade = cv2.CascadeClassifier("DATA2/cascadeKotak/cascadeKotak (1).xml")
else:
    kotakCascade = cv2.CascadeClassifier("DATA2/cascadeBola/cascadeBola (1).xml")

#mendeteksi objek dari gambar asli
kotaks1 = kotakCascade.detectMultiScale(img1, 1.1, 3)
kotaks2 = kotakCascade.detectMultiScale(img2, 1.1, 3)
```

c. *Preprocessing*

Setelah citra terdeteksi dan sudah dilakukan pemanggilan benda dalam program, kemudian dilakukan *preprocessing* dengan perintah sebagai berikut:

```
img1r = image_resize(img1, width = jumPxHrz2)
img2r = image_resize(img2, width = jumPxHrz2)
```

d. Citra *Graycale*

Berikut adalah langkah untuk mengubah citra digital menjadi citra keabuan atau gray menggunakan perintah berikut.

```
crop_img2 = img2[y:y+h, x:x+w]
    gray = cv2.cvtColor(crop_img2,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    mask = np.zeros_like(gray)
    gray = np.float32(gray)
```

Citra yang diproses diubah kedalam bentuk *graycale* yang memiliki intensitas piksel dari 0 hingga 255.

e. *Harris Corner Detection*

Program menggunakan *Harris Corner Detection* untuk mendapatkan titik-titik sudut pada citra. Titik sudut yang didapatkan diolah dan diproses lebih lanjut untuk mendapatkan titik yang relevan untuk pengukuran jarak penghalang

```
dst = cv2.cornerHarris
```

f. *Threshold*

Threshold merupakan teknik dalam pemrosesan citra yang dipakai bertujuan untuk memberi nilai ambang batas pada titik Harris Corner.

```
thresh1 = 100 # thresh1  
thresh2 = 500 # thresh2  
th2 = 0.01    # th2
```

g. Menghitung Jarak Penghalang

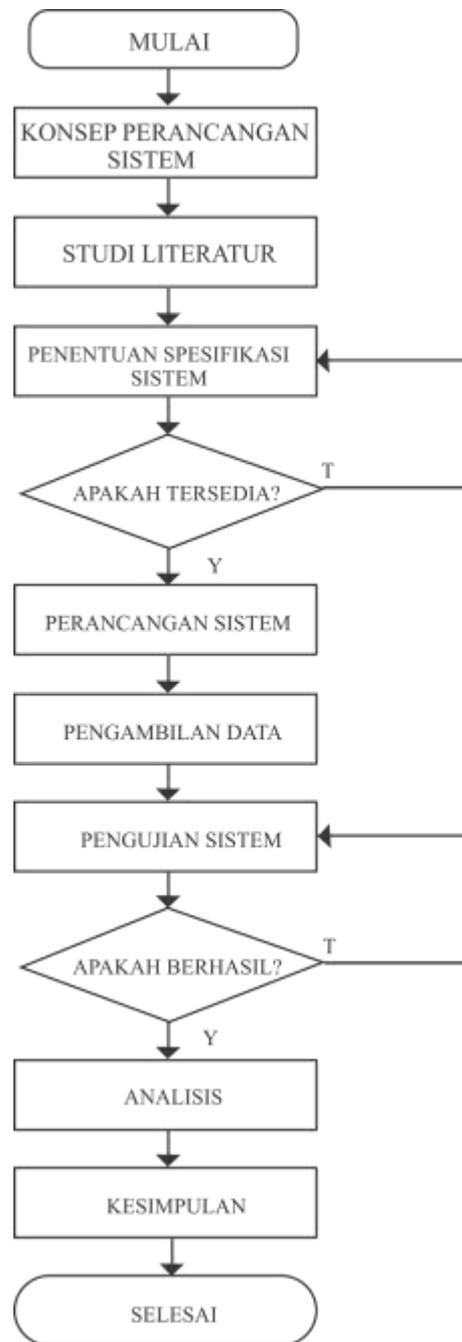
Jarak antar objek penghalang dan kamera dihitung berdasarkan titik-titik yang telah diolah sebelumnya, kemudian ditemukan nilainya dengan persamaan di bawah ini:

```
h = B*2*math.sin(radians(sudutObjCam2))*math.sin(radians(sudutObjCam1)) / math.sin(radians(sudutObj))
```

3.4 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.2 menampilkan diagram alir untuk perancangan sistem. Proses ini dimulai dengan tahap pencarian konsep atau ide dalam merancang sistem. Kemudian melakukan studi dokumen dan memahaminya untuk menentukan spesifikasi sistem yang akan diimplementasikan. Apabila spesifikasi dianggap tidak efektif atau tidak tersedia, pencarian literatur tambahan akan dilakukan hingga spesifikasi sistem yang diinginkan dapat ditemukan. Setelah spesifikasi sistem yang tepat telah ditetapkan, langkah berikutnya adalah merancang sistem, mengumpulkan data yang diperlukan, dan melakukan uji coba terhadap sistem tersebut. Jika pengujian sistem gagal, evaluasi ulang desain sistem.

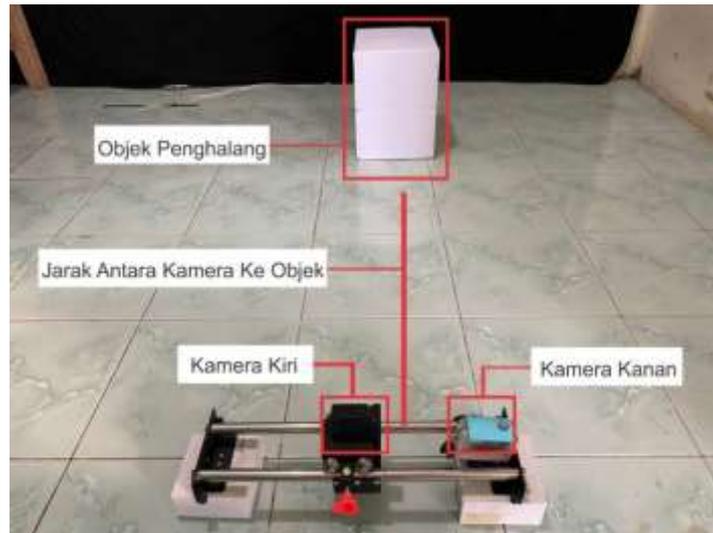
Namun, jika pengujian berhasil, analisis sistem dan buat kesimpulan bahwa sistem telah berhasil diselesaikan.



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.5 Penempatan Alat Pengambil Data

Pada gambar 3.3 penelitian ini memerlukan alat untuk proses pengambilan data. Alat tersebut terdiri dari slider kamera sebagai media untuk penempatan kamera, lalu kamera yang di letakan tepat pada slider. Kedua alat tersebut ditempatkan berjarak dengan objek yang akan dideteksi. Pada pengambilan data dilakukan beberapa jarak yang berbeda antara kamera dan objek.



Gambar 3.3 Peletakan alat pengambilan data

3.6 Tata Cara Pengambilan Data Citra

Selaras dengan penempatan alat untuk pengambilan data, berikut merupakan tata cara dalam pengambilan data dipenelitian ini, penempatan kamera ditempatkan pada jarak yang telah ditentukan. Jarak benda diletakan berbeda-beda dalam setiap sampel penelitian. Kedua kamera mengambil gambar objek untuk dijadikan input pada saat penentuan jarak objek penghalang. Evaluasi penelitian dilakukan dengan memperbandingkan jarak aktual antara citra yang diukur dengan jarak yang dihitung. Selisih jarak dihitung sebagai perbedaan antara jarak yang terukur dan jarak yang dihitung. Persentase perbedaan jarak antar kamera dinyatakan sebagai persentase. Keandalan sistem ini diukur dari seberapa besar selisih jarak yang dihasilkan. Jika selisih jarak yang diperoleh kurang dari 50% maka sistem dapat dikatakan bekerja dengan benar, sedangkan jika selisih jarak yang diperoleh lebih dari 50% maka sistem dikatakan tidak bekerja dengan benar. Pengujian ini

dilakukan untuk mengetahui nilai persentase selisih jarak berdasarkan perhitungan komputer untuk setiap pengujian yang dilakukan.

3.7 Pengolahan Citra Awal

Ekstraksi ciri dilakukan dengan cara menghitung jumlah titik atau piksel yang terdeteksi dalam setiap tahap pengecekan. Proses pengecekan ini berlangsung dalam berbagai arah, yang meliputi horizontal, vertikal, diagonal kiri, dan diagonal kanan, pada koordinat kartesian dari citra digital yang sedang dianalisis.

Ekstraksi ciri dibagi menjadi tiga kategori yaitu ekstraksi ciri bentuk, ekstraksi ciri tekstur dan ekstraksi ciri warna. Ekstrak fitur bentuk, bentuk objek adalah fitur profil permukaan yang diwakili oleh garis dan kontur. Fitur bentuk ini dikelompokkan sesuai dengan teknik yang digunakan. Kategori ini didasarkan pada perbatasan dan wilayah. Teknik berbasis batas menggambarkan bentuk suatu area menggunakan fitur eksternal, seperti piksel disepanjang batas objek. Sementara itu, teknik berbasis wilayah menggambarkan bentuk suatu wilayah menggunakan fitur-fitur di dalamnya, misalnya piksel dalam suatu wilayah. Pada ekstraksi fitur tekstur, perbedaan fitur ditentukan oleh tekstur, yang merupakan karakteristik dari citra. Salah satu teknik statistik utama yang digunakan untuk ekstraksi fitur adalah matriks abu-abu yang menggambarkan tingkat kejadian bersama. Teknik ini dilakukan dengan memindai untuk memplot histogram tingkat keabuan setiap dua piksel yang dipisahkan oleh jarak d dan sudut tetap θ . Biasanya sudut yang digunakan adalah 0° , 45° , 90° dan 135° . Ekstraksi ciri warna, dalam ekstraksi ciri warna, ciri yang membedakan adalah warna. Biasanya, ekstraksi fitur ini digunakan untuk citra berwarna dan memiliki layout warna RGB (red, green, blue) (Nahari, 2010).

Penelitian sebelumnya, Nahari (2010) mengusulkan bahwa untuk melakukan pendeteksian objek eksternal digunakan fitur bentuk. Kemudian, Indrati et al. (2009) menggunakan metode ekstraksi ciri bentuk ini untuk menentukan jenis tumor payudara akibat perbedaan bentuk tumor payudara. Demikian pula, Fifin (2010) menggunakan ekstraksi fitur konformasi untuk

memeriksa berbagai jenis gambar leukosit. Ekstraksi bentuk digunakan karena terdapat perbedaan konformasi antara lima jenis leukosit, yaitu basofil, eosinofil, limfosit, monosit, dan neutrofil. Kesalahan pengenalan dan klasifikasi yang dihasilkan relatif rendah yaitu 30%. Contoh metode ekstraksi ciri adalah Gaussian Harris, Canny, Laplacian Detector, Sobel dan lain-lain.

3.8 Metode Harris Corner untuk Penentuan Titik Sudut

Harris Corner *Detection* adalah metode deteksi sudut yang dipilih karena kemampuannya menghasilkan nilai yang stabil pada citra yang mengalami penskalaan, rotasi, perubahan pencahayaan, dan memiliki *noise* yang signifikan. Pendeteksian sudut menggunakan pendekatan Harris bergantung pada variasi intensitas dalam sinyal citra. Ketika terdapat variasi intensitas yang signifikan, hal itu menandakan keberadaan sudut dalam citra tersebut.

Pada pendeteksi sudut metode Harris corner, pada dasarnya sudut ini didefinisikan sebagai pertemuan antara dua tepian. Maka titik sudut tidak bisa didefinisikan pada piksel tunggal, hal ini karena hanya terdapat ada satu gradien setiap titik. Harris Corner *Detection* merujuk pada titik-titik dalam citra yang menampilkan area lokal dengan adanya dua arah tepi atau *edge* yang dominan dan berbeda. Sudut dalam konteks ini merupakan persimpangan yang menampilkan dua sisi dengan perubahan intensitas kecerahan yang tajam dalam citra. Teknik Harris Corner *Detection* memungkinkan untuk mendeteksi sudut karena mampu membedakan antara tepi dan sudut secara akurat. Ini terbukti dengan konsistensi nilai yang dihasilkan dari citra, bahkan ketika mengalami transformasi seperti rotasi, penskalaan, variasi pencahayaan, atau keberadaan *noise*.

Untuk mendapatkan titik sudut dari suatu gambar menggunakan Harris Corner *Detection*, langkah-langkahnya sebagai berikut:

a. *Preprocessing*

Gambar akan diubah ke dalam *graycale* agar lebih mudah diolah. Hal ini dilakukan dengan mengambil rata-rata dari komponen warna untuk setiap piksel, menghasilkan gambar berukuran satu warna (keabuan).

b. Menghitung gradien gambar

Selanjutnya, akan dihitung gradien gambar di setiap piksel menggunakan teknik sobel atau lainnya. Gradien gambar menggambarkan perubahan intensitas piksel secara spasial. Hal ini membantu menentukan lokasi dengan perubahan yang signifikan dan memungkinkan untuk menemukan *edge* dan sudut dalam gambar.

c. Membuat matriks struktur

Untuk setiap piksel, akan dibuat matriks struktur yang mengandung informasi tentang gradien di sekitar piksel tersebut. Dengan persamaan seperti berikut:

$$\begin{aligned} \text{Prewitt } G_x &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} & \text{Prewitt } G_y &= \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \\ Ix^2 &= Ix \times Ix & Iy^2 &= Iy \times Iy \\ Ixy &= Ix \times Iy \end{aligned} \quad (3)$$

Dimana I_x dan I_y adalah gradien gambar di piksel tersebut dalam arah x dan y (horizontal dan vertikal).

d. Menghitung Respons Harris

Respons Harris dihitung dengan menggunakan persamaan

$$\begin{aligned} \text{Matriks } H &= \begin{bmatrix} S_x^2 & S_{xy} \\ S_{xy} & S_y^2 \end{bmatrix} \\ ((S_x^2) \cdot (S_y^2) - (S_{xy})^2) - k((S_x^2) + (S_y^2)) \end{aligned} \quad (4)$$

e. Menentukan titik sudut

Setelah mendapatkan nilai Respons Harris untuk setiap piksel, titik sudut akan dipilih dengan menerapkan ambang batas tertentu. Piksel-piksel yang memiliki nilai respon harris lebih besar dari ambang batas tersebut akan dianggap sebagai titik sudut.

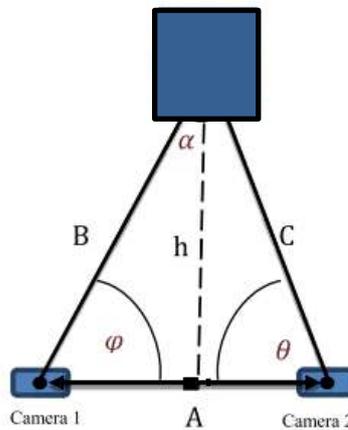
f. *Non-maximum suppression*

Dalam banyak kasus, *Harris Corner Detection* akan menghasilkan banyak titik sudut yang berdekatan, yang sebenarnya mewakili satu sudut sebenarnya. Oleh karena itu, teknik *non-maximum suppression* dapat digunakan untuk menghapus titik-titik sudut yang redup dan hanya menyisakan satu titik sudut yang tepat untuk tiap sudut sebenarnya. Setelah langkah-langkah di atas selesai, akan didapatkan titik-titik sudut

dalam gambar yang menggambarkan lokasi dari sudut-sudut yang signifikan dalam gambar.

3.9 Perhitungan Jarak Penghalang

Gambar *stereoscopic* dapat ditangkap dengan sepasang kamera, sesuai dengan prinsip pengoperasian dua mata manusia. Metode *stereoscopic* menghitung jarak antara kamera dan objek yang dipilih dalam gambar. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4 kedua kamera dipasang secara horizontal dan dipisahkan oleh jarak A. Dimana h merupakan jarak yang diinginkan antara objek dan kamera.



Gambar 3.4 Gambar Objek Penghalang dan Peletakan Posisi Kamera

Untuk mengukur jarak h, memerlukan parameter berikut.

B = Jarak yang memisahkan objek dengan kamera kiri

C = Jarak yang memisahkan objek dengan kamera kanan

α, θ, φ = Sudut segitiga yang dibentuk oleh objek dan kamera kanan kiri

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.4 bergantung pada fungsi trigonometri,

$$\sin \varphi = \frac{h}{B}$$

$$\sin \theta = \frac{h}{C}$$

Jadi, $h = B \cdot \sin \varphi = C \cdot \sin \theta$

Berdasarkan hukum sinus,

$$\frac{A}{\sin \alpha} = \frac{B}{\sin \theta} \rightarrow B = \frac{A \sin \theta}{\sin \alpha} \quad (5)$$

Sama dengan sudut lurus, dimiliki

$$\theta + \varphi + \alpha = 180^\circ \quad (6)$$

$$\text{Sudut Kamera } (\varphi/\theta) = \frac{\text{SudObjCam1}}{\text{JumPxHrz}} \times \text{Sudut Kamera} \quad (7)$$

$$\text{Sudut Kamera Kiri} = 180 - \text{Sudut Kamera Kiri} \quad (8)$$

$$\text{Sudut Objek ke kamera } (\alpha) = 180 - (\varphi + \theta) \quad (9)$$

Setelah nilai semua sudut didapatkan, selanjutnya melakukan pengukuran jarak antara kamera ke objek penghalang, menggunakan rumus di bawah ini:

$$h = \frac{2B \sin \theta \cdot \sin \varphi}{\sin \alpha} \quad (10)$$

Keterangan:

φ = Sudut kamera kiri (derajat)

θ = Sudut kamera kanan (derajat)

α = Sudut objek ke kamera (derajat)

h = Jarak (cm)

B = Jarak antar kamera kanan dan kiri (cm)

SudObjCam1 = Titik sudut yang terdeteksi Harris Corner

JumPxHrz = Jumlah piksel horizontal citra asli

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengujian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan pengujian yang dilakukan dalam pengukuran jarak menggunakan metode stereo vision didapatkan hasil akurasi 74,51%.
2. Metode Harris Corner dapat digunakan untuk mencari nilai disparitas citra dalam melakukan pengukuran estimasi jarak penghalang.
3. Dari hasil pengujian jarak antar kamera kanan dan kiri serta jarak antara kamera dan objek penghalang memengaruhi tingkat keakuratan;
 - a. Jarak antar kamera kanan dan kiri 5 cm, nilai persentasenya lebih akurat untuk jarak antara kamera dengan objek penghalang yang cenderung lebih dekat, dalam penelitian ini jarak 50 cm dan 100 cm.
 - b. Jarak antar kamera kanan dan kiri 10 cm, nilai persentasenya lebih akurat untuk yang jarak antar kamera dengan objek penghalangnya yang cenderung lebih jauh, dalam penelitian ini jarak 100 cm dan 150 cm.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran untuk perbaikan atau penyempurnaan penelitian lanjutan sebagai berikut:

1. Disarankan untuk dapat menggunakan bentuk objek penghalang lebih dari satu.
2. Disarankan untuk menggunakan kamera stereo yang arah pandangnya benar-benar lurus kedepan.
3. Disarankan untuk menambah parameter pencahayaan yang berbeda dan posisi objek yang bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad. 2017. Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemrogramannya. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Benet, G., Blanes, F., Simo, J. E., & Perez, P., (2002). Using Infrared Sensors For Distance Measurement In Mobile Robots, *Journal of Robotics and Autonomous System*, Vol. 10, 2002, pp. 255-266.
- C. John, "A Computational Approach to Edge Detection," *Ieee Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence*, vol. 6, no. 8, pp. 679-698, 1986.
- C. Suharlim, E. Putra, T. Budiman dan I. H. Kartowisastro, "Estimasi Posisi Objek Berdasarkan Stereo Vision," *Jurnal Teknik Komputer*, vol. I, no. 21, pp. 36-47, Februari 2013.
- Cheng, C. C., Ming, C. L., Chin, T. C., & Chen, P. T. (2008) Vision Based Distance and Area Measurement System, *WSEAS Transaction on Signal Processing*, Issue 2, Volume 4, February 2008.
- D. A. Prabowo, D. Abdullah dan A. Manik, "Deteksi dan Perhitungan Objek Berdasarkan Warna Menggunakan Color Object Tracking," *Jurnal Pseudocode*, vol. V, no. 2, pp. 85-91, September 2018.
- H. Sa'diyah, R. Isnanto dan A. Hidayatno, "Aplikasi Transformasi Hough Untuk Deteksi Garis Lurus," *Jurnal Undip*, pp.1-5, 2015.
- H. Tsung-Shiang dan T.-C. Wang, "An Improvement Stereo Vision Images Processing for Object Distance Measurement," *International Journal of Automation and Smart Technology*, vol. II, no. 5, pp. 85-90, 2015.
- Izzati Muhimmah, *Metode Stereo Vision Untuk Memperkirakan Jarak Objek Dari Kamera Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia*, 2012.
- J. Marot dan S. Bourenane, "Raspberry Pi for Image Processing Education," *European Signal Processing Conference*, pp. 2428-2432, 2017.
- M. Irfan, G. P. Arinata dan Z. Putra, "Segmentasi dan Estimasi Jarak Bola dengan Robot Menggunakan Stereo Vision," *Symposium on Robotic Systems and Control*, pp. 140-144, 2017.
- Mehta, Yash, Sanjeevani, Rushabh. 2018. Obstacle Detection Using Laser Line. *IJRT Vol 4*
- Mulyawan, H. 2014. Identifikasi dan Tracking Objek Berbasis Image Processing Secara Real time. Politeknik Negara Surabaya
- Munir, Rinaldi. 2004. Pengolahan CITRA DIGITAL dengan Pendekatan Algoritmik. Bandung. Penerbit INFORMATIKA.
- N. Rajajan, M.Ramkumar dan B.Monisha, "Disparity Estimation from Stereo Image," *Science Direct*, pp. 462-472, 2012.
- P. Tripicchio, "Autonomous navigation of mobile robots: from basic sensing to problem solving," *Research on Electric and Electronic Measurement for the Economic Upturn*, pp. 1- 6, September 2014.
- Prawira, Winal. 2017. The Detection of 3D Object Using a Method of a Harris Corner Detector and Lucas-Kanade Tracker Based on Stereo Image. *Proceedings of ICECOS, Palembang: 22-23 Agustus 2017*.
- R. Vairavan, S. Kumar Dan L. Ashiff, "Obstacle Avoidance Robotic Vehicle Using Ultrasonic Sensor, Arduino Controller," *International Research Journal of Engineering and Technology*, vol. II, no. 5, pp. 2140-2143, Februari 2018.

- R. Ismail, Z. Omar dan S.Suaibun, "Obstacle-avoiding robot with IR and PIR motion sensors," *Innovation in Aerospace Engineering and technology*, no. 152, pp. 1-6, 2016.
- Rifaldi, Ahmad. 2017. Sistem Deteksi dan Estimasi Jarak Lubang pada Pedestrian dengan Teknik Pengolahan Citra Menggunakan Mono Kamera. *Jurnal Tugas Akhir*. Universitas Hasannudin, Makassar.
- S. Javier, N. Monz'on dan A. Salgado, "An Analysis and Implementation of the Harris Corner Detector," *Image Processing On Line*, pp. 305-328, 2018.
- Tiya muthia 2019, Deteksi Penghalang Menggunakan Metode Hough Transform untuk Pengenalan Garis. Universitas Lampung, Lampung.
- Sulistiyanti, S.R., F.X. Arinto, M. Komarudin. 2016. *Pengolahan Citra Dasar dan Contoh Penerapannya*. Yogyakarta. Teknosain..
- Y. D. Salman, K. R. Ku-Mahamud dan E. Kamioka, "Distance Measurement for Self-Driving Cars Using Stereo Camera," *International Conference on Computing and Informatics*, vol. I, no. 105, pp. 235-242, 2017.
- Y. M. Mustafah, R. Noor, H. Hasbi dan A. W. Azma, "Stereo Vision Images Processing for Real-time Object Distance and Size Measurements," *International Conference on Computer and Communication Engineering*, pp. 659-663, 2012.