

PENENTUAN LOKASI TITIK LUBANG PADA *PRINTED CIRCUIT BOARD* (PCB) MENGGUNAKAN METODE *TRANSFORMASI HOUGH*

(Skripsi)

Oleh

**MIRA SAFITRI
1715031026**



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

ABSTRAK

PENENTUAN LOKASI TITIK LUBANG PADA *PRINTED CIRCUIT BOARD* (PCB) MENGGUNAKAN METODE *TRANSFORMASI HOUGH*

Oleh

MIRA SAFITRI

Penentuan lokasi titik lubang pada *printed circuit board* (PCB) adalah langkah kritis dalam proses fabrikasi PCB yang memerlukan presisi tinggi. Metode *transformasi hough* telah menjadi alat yang kuat dalam menentukan posisi lubang dengan akurasi yang tinggi. Dalam penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman *python* dengan metode *transformasi hough* untuk mendeteksi adanya lingkaran dan menentukan lokasi tepat dari lubang pada PCB. Penelitian ini menggunakan mini box dan PCB untuk menentukan adanya bentuk lingkaran pada citra yang ditangkap melalui kamera. Penelitian dilakukan dengan berbagai variasi ukuran lubang dan kepadatan PCB untuk menguji keandalan dan keakuratan metode ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *transformasi hough* secara konsisten dapat mengidentifikasi lokasi lubang dengan tingkat kesalahan yang minimal, membuatnya menjadi pilihan yang potensial untuk aplikasi industri dalam pembuatan PCB dengan ketelitian yang diperlukan. Berdasarkan evaluasi perhitungan ketepatan jarak dengan pengambilan data sebenarnya dapat disimpulkan bahwa ketepatan jarak saat mengambil data adalah diatas 95%.

Kata kunci : *Python, Printed Circuit Board (PCB), Transformasi Hough.*

ABSTRACT

DETERMINING HOLE POINT LOCATIONS ON PRINTED CIRCUIT BOARD (PCB) USING THE HOUGH TRANSFORMATION METHOD

By

MIRA SAFITRI

Determining the location of hole points on a printed circuit board (PCB) is a critical step in the PCB fabrication process that requires high precision. The Hough transformation method has emerged as a powerful tool in accurately determining the positions of holes. This study utilizes the Python programming language with the Hough transformation method to detect circles and pinpoint the exact locations of holes on the PCB. Mini boxes and PCB are employed in this research to identify circular shapes in images captured via a camera. Various sizes of holes and PCB densities are tested to assess the reliability and accuracy of this method. The research findings consistently demonstrate that the Hough transformation method can identify hole locations with minimal error rates, making it a potential choice for industrial applications in PCB manufacturing requiring the necessary precision. Based on the evaluation of distance accuracy compared to actual data collection, it can be concluded that the distance accuracy during data collection is above 95%.

Keywords: Python, Printed Circuit Board (PCB), Hough Transformation.

PENENTUAN LOKASI TITIK LUBANG PADA *PRINTED CIRCUIT BOARD* (PCB) MENGGUNAKAN METODE *TRANSFORMASI HOUGH*

Oleh

MIRA SAFITRI

Skripsi

**Sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar
SARJANA TEKNIK**

pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik**



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

**Judul : PENENTUAN LOKASI TITIK LUBANG PADA
PRINTED CIRCUIT BOARD (PCB)
MENGUNAKAN METODE TRANSFORMASI
HOUGH**

**Nama Mahasiswa : Mira Safitri
NPM : 1715031026
Program Studi : S1 Teknik Elektro
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik**



MENYETUJUI,

1. Komisi Pembimbing

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

**Umi Murdika, S.T., M.T
NIP. 19720206 200501 2 002**

2. Mengetahui

**Ketua Jurusan
Teknik Elektro**

**Ketua Program Studi
Teknik Elektro**

**Herlinawati, S.T., M.T
NIP. 19710314 199903 2 001**

**Sumadi, S.T., M.T
NIP. 19731104 200003 1 000**

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

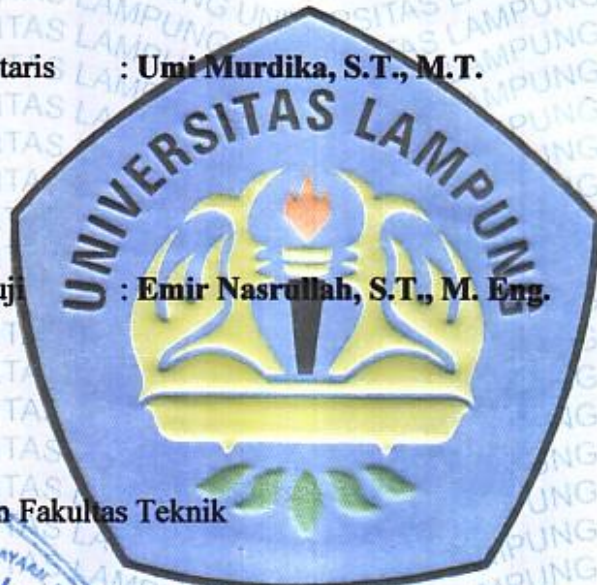
Ketua : Dr. Eng. F.X. Arinto S., S.T., M.T.



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



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



2. Dekan Fakultas Teknik



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

NIP. 19750928 200112 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 07 Juni 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Penentuan Lokasi Titik Lubang Pada *Printed Circuit Board* (PCB) Menggunakan Metode *Transformasi Hough*” 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 dikemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan salinan atau dibuat oleh orang lain maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 01 Juni 2024



Mira Safitri

17150310126

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Bandar Dewa, pada tanggal 26 Mei 1999 sebagai anak bungsu dari tiga bersaudara. Penulis merupakan anak dari pasangan Bapak Amrullah dan Ibu Sriyani. Pendidikan Sekolah Dasar diselesaikan di SDN 01 Menggalamas pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 02 Tulang Bawang Tengah diselesaikan pada tahun 2014, Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Tulang Bawang Tengah diselesaikan pada tahun 2017. Pada tahun 2017, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung (HIMATRO UNILA) sebagai Anggota Divisi Kewirausahaan periode 2018-2019. Penulis melaksanakan Kerja Praktik di PLN Gardu Induk Natar, Jl. Raya Lintas Tengah Sumatera, Natar, Lampung Selatan pada 10 Agustus hingga 10 September 2020 dan ditempatkan pada bagian sistem proteksi. Penyelesaian Kerja Praktik tersebut menghasilkan sebuah laporan Kerja Praktik dengan judul --Analisis Pengujian *Over Current Relay* (OCR) sebagai Proteksi Pada Penghantar 150 kv Di Gardu Induk Natar--.

PERSEMBAHAN



Kupersembahkan karya ini kepada :

Allah SWT. Dengan rasa penuh kasih sayang-Mu yang telah memberikanku cahaya, petunjuk, dan kekuatan dalam setiap langkah penyelesaian skripsi ini. Terima kasih atas kasih sayang dan rahmat-Nya yang tak terhingga.

Papah Amrullah dan Mamah Sriyani Tersayang dengan penuh cinta tanpa batas terimakasih atas segala bentuk bantuan, dukungan, nasihat, semangat dan motivasi serta doa yang tiada henti kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan pendidikannya sampai sarjana. Terimakasih atas pengertian dan sabarnya, harus sehat selalu hingga segala pencapaian selanjutnya mah,pah.

(Almh) Nyanyik Cikyam Tersayang dengan penuh rindu terimakasih atas kasih sayang, kebaikan, nasihat, doa yang telah engkau berikan selama masih bersama. Karya ini menjadi wujud penghormatanku untuk nyanyik. Kenanganmu akan selalu hidup dalam hati dan pikiranku meskipun engkau telah berada di surga Allah Swt.

Kakakku Aditia Pranata dan Kakak iparku Klara Reza Andesta serta keponakan Tersayang yang memberikan semangat dan dukungan walaupun melalui banyak pertanyaannya, tetapi penulis yakin dan percaya itu adalah sebuah bentuk dukungan dan motivasi.

EdoY, terimakasih selalu membantu, memberikan semangat, mendukung tak henti-hentinya dan senantiasa selalu menemani dalam setiap proses menyelesaikan perkuliahan.

MOTTO

“Sesungguhnya hanya orang-orang yang bersabarlah yang dicukupkan pahala mereka tanpa batas.”- Q.S. Az-Zumar : 10

“Kehidupan itu cuma dua hari. Satu hari berpihak kepadamu dan satu hari melawanmu. Maka pada saat ia berpihak kepadamu, jangan bangga dan gegabah; dan pada saat ia melawanmu bersabarlah. Karena keduanya adalah ujian bagimu.” – Ali bin Abi Thalib

“Selalu ada harga dalam sebuah proses. Nikmati saja lelah-lelahmu itu. Lebarkan lagi rasa sabar itu. Semua yang kau investasikan untuk menjadikan dirimu serupa yang kau impikan, mungkin tidak akan seideklalu lancar. Tapi, gelombang-gelombang itu yang nanti bisa kau ceritakan.”- Boy Candra

“ Allah tidak akan mempersulit jalanmu tanpa memberikan kemudahan untuk melewatinya, begitu pula Allah tidak akan mengujimu tanpa menyiapkan akhir yang indah pada waktunya. Maka hanya perlu terus bersyukur dan selalu bersabar sampai kau pantas untuk mendapatkannya.”- Mira Safitri

SANWACANA

Bismillahirrohmanirrohim

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah Swt. Atas segala karunia, hidayah, serta inayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Penentuan Lokasi Titik Lubang pada *Printed Circuit Board (PCB)* menggunakan Metode *Transformasi Hough*.”** Skripsi ini merupakan salah satu syarat kelulusan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Selama penyusunan Skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan baik ilmu, petunjuk, bimbingan serta saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan kali ini, penulis 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.
5. Bapak Dr.Eng. F.X. Arinto Setyawan, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing utama dan Kepala Laboratorium Elektronika Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, terima kasih telah membimbing dan memberikan ilmu dar awal hingga selesai mengerjakan skripsi.
6. Ibu Umi Murdika, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Pendamping serta Kepala Laboratorium Teknik Kendali Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung yang telah membimbing dan memberikan ilmu dan saran dalam penyusunan skripsi ini.

7. Bapak Emir Nasrullah, S.T., M.Eng. selaku Penguji utama atas masukannya sehingga skripsi ini dapat lebih baik.
8. Seluruh Dosen Teknik Elektro Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu selama penulis menuntut ilmu di Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
9. Staff Administrasi Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
10. Ilma, Ayu, Desna, Anggun, Wawan, Jay, Jaya, Bung Agus dkk terima kasih atas dukungan, bantuan serta tebengan setiap pulang ke rumah ataupun sehari-harinya kepada penulis. Bagi penulis kalian sangat Luar Biasa.
11. Rekan-rekan Teknik Elektro dan Informatika Universitas Lampung Angkatan 2017 yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.
12. Semua pihak yang tidak dapat disebut satu persatu yang telah membantu serta mendukung penulis dari awal kuliah sampai dengan terselesaikannya Skripsi ini.

Semoga Allah Swt. Membalas kebaikan kalian semua yang telah membantu dalam penyelesaian Skripsi ini.

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 dapat membantu dan bermanfaat bagi semua sebagai media pembelajaran.

Bandar Lampung, 07 Juni 2024

Penulis,

Mira Safitri

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
LEMBAR PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
PERSEMBAHAN.....	ix
MOTTO	x
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
 I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Rumusan Masalah	3
1.5 Batasan Masalah.....	4

1.6 Hipotesis.....	4
1.7 Sistematika Penulisan	4
II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Citra.....	6
2.2 Pengolahan Citra Digital	7
2.3 Deteksi	7
2.4 <i>Printed Circuit Board</i> (PCB)	7
2.5 <i>Transformasi Hough</i>	8
2.5.1 <i>Pre-processing</i>	9
2.5.2 <i>Grayscale</i>	9
2.5.3 <i>Gaussian Filter</i>	10
2.5.4 <i>Edge Detection</i>	11
2.5.5 <i>Transformasi Hough</i> Lingkaran.....	13
2.6 OpenCV	15
2.7 Perhitungan Jarak Penghalang	16
2.8 <i>Python</i>	18
III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	19
3.3 Tahapan Penelitian	19
3.4 Diagram Alir Penelitian	21
3.5 Diagram <i>Preprocessing Grayscale</i> Citra.....	23
3.6 Diagram <i>Gaussian Filter</i>	24
3.7 Diagram <i>Edge Detection</i>	25

3.8 Diagram <i>Transformasi Hough</i>	26
3.9 Diagram Blok Perancangan Sistem.....	28

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Pengambilan Data	29
4.1.1 Hasil Perolehan Citra	30
4.1.2 Proses Pengolahan.....	31
4.1.3 Hasil Pengolahan Citra.....	33
4.1.4 Hasil Penentuan Lingkaran	37
4.1.5 Hasil Perhitungan Nilai Radius (r).....	40
4.1.6 Hasil Pengkonversian Jarak Titik Lubang PCB.....	42
4.2 Pembahasan.....	45

V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran.....	47

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Koordinat Citra Digital	6
2.2 Contoh <i>Transformasi Hough</i>	9
2.3 Matriks <i>Gaussian</i> 5x5	11
2.4 Deteksi Tepi <i>Canny</i>	12
2.5 Deteksi Tepi <i>Sobel</i>	12
2.6 Grafik Persamaan (2) Lingkaran.....	13
2.7 Grafik Persamaan (3) & (4) Lingkaran	14
2.8 Ilustrasi Objek dan Peletakkan Posisi Kamera	17
3.1 Diagram Alir Penelitian	21
3.2 Diagram <i>Preprocessing Grayscale</i> Citra.....	23
3.3 Diagram Proses <i>Gaussian</i> Filter.....	24
3.4 Diagram <i>Edge Detection</i>	25
3.5 Diagram <i>Transformasi Hough</i>	26
3.6 Diagram Blok Perancangan Sistem.....	28
4.1 Tempat Pengambilan Data	30
4.2 Hasil Perolehan Citra dengan Ukuran PCB 8x9cm	30
4.3 <i>Python Shell</i>	31
4.4 IDLE <i>Python</i> (<i>Python</i> GUI)	32
4.5 Citra Hasil <i>Preprocessing</i> atau Citra RGB	33
4.6 Citra <i>Grayscale</i>	34
4.7 Citra <i>Gaussian</i> Filter	35
4.8 Citra <i>Edge Detection (Canny)</i>	36
4.9 Proses <i>Transformasi Hough</i> Citra.....	39
4.10 Ilustrasi Perhitungan Nilai Radius (r) Lingkaran 1	41

4.11 Ilustrasi Pengambilan Nilai Jarak Titik X terhadap Lingkaran	
Berdasarkan Pengukuran.....	42
4.12 Ilustrasi Pengkonversian Nilai Jarak Titik Lingkaran	
Berdasarkan Perhitungan	43

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
4.1 Hasil Perhitungan Nilai Radius (r)	41
4.2 Hasil Pengkonvesian Jarak Titik Lubang PCB	44
4.3 Evaluasi Perhitungan Jarak Lingkaran.....	46

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam penelitian ini, penulis ingin menggunakan teknik pengolahan citra atau *image processing* dengan memanfaatkan kemajuan terbaru dalam teknologi komputer. Karena semakin banyak manfaat yang diperoleh dari pengolahan citra secara digital yang dapat dirasakan diberbagai bidang. Pengolahan citra digital atau digital image processing adalah bidang studi yang fokus pada berbagai teknik untuk memanipulasi dan memproses citra secara komputerisasi. Citra yang dimaksud adalah gambar diam atau bergerak yang diambil dari berbagai sumber, seperti foto, video, atau feed webcam, yang akan diproses menggunakan teknik pengolahan citra. Pada saat melakukan pengolahan citra (*image processing*) dapat menentukan objek tertentu yang dapat dideteksi dengan menggunakan pengolahan citra digital ini. Penelitian ini mengusulkan, bertujuan untuk mengidentifikasi objek yang berada di depan kamera dengan mendeteksi adanya lingkaran pada PCB menggunakan metode *Transformasi Hough*. Penelitian ini menggunakan *Software OpenCv 4.5.5.62* dengan bahasa pemrograman *Python 3.9.6* agar mempermudah peneliti dalam mengidentifikasi objek. Proses pengambilan citra menggunakan satu kamera. Citra yang diperoleh langsung diolah menggunakan operasi citra RGB agar mendeteksi bagian lingkaran. Kemudian lingkaran yang dideteksi menggunakan metode *Hough Transformasi Circle* untuk ditentukan apakah terdapat bentuk lingkaran pada citra yang diamati. Hasil dari sistem tersebut yang akan dijadikan acuan dan bertujuan untuk membantu masyarakat dalam mengidentifikasikan objek yang ada disekitarnya menggunakan teknologi yang modern dan otomatis.

Dalam jurnal sebelumnya berjudul "Sistem Identifikasi Biometrik Ekspresi Wajah Menggunakan Metode Transformasi Hough" yang ditulis oleh Arjon Samuel, terdapat penelitian terkait identifikasi biometrik melalui transformasi Hough pada ekspresi wajah. Penelitian ini *Transformasi Hough* digunakan untuk memusatkan perhatian pada gerakan pupil mata [1].

Penelitian sebelumnya yang terkait pada jurnal berjudul Metode Pusat dan *Circular Hough Transformation* untuk Mendeteksi Lingkaran pada Sebuah Citra oleh Zaiful Bahri tahun 2020 dari Jurusan Ilmu Komputer Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau. Penelitian ini *Transformasi Hough* digunakan untuk mengidentifikasi semua lingkaran dalam citra, termasuk lingkaran tunggal dan yang saling tumpang tindih [2].

Penelitian lainnya yang terkait pada jurnal berjudul Perancangan Sistem Identifikasi Biometrik Iris Mata Menggunakan Metode *Transformasi Hough* oleh Manogu Supriadi Purba tahun 2020 dari Teknik Informatika, STMIK Budi Darma. Penelitian ini *Hough Transformasi* digunakan untuk melakukan proses identifikasi iris mata [3].

Pada penelitian sebelumnya terkait pada jurnal fisika berjudul Pengenalan Visual dan Lokalisasi pada Sirkuit Tercetak oleh Yi Zhang dkk tahun 2020 dari Universitas Sains Teknik Shanghai, Cina. Penelitian ini digunakan untuk mewujudkan ekstraksi yang akurat dari parameter pemosisian titik referensi melingkar yang menggunakan metode kuadrat terkecil dan metode penyortiran area dan penyaringan [4].

Penelitian lain tahun 2019 oleh Tiya Muthia dari Universitas Lampung mengenai pendeteksian penghalang menggunakan laser garis, dengan kesimpulan berhasil mendeteksi objek penghalang menggunakan metode *Transformasi Hough* untuk Pengenalan Garis [5].

Perbedaan dengan penelitian sebelumnya adalah pada penelitian yang dilakukan ini metode *Transformasi Hough* digunakan untuk mendeteksi bentuk lingkaran sehingga penelitian ini berfokus pada identifikasi titik-titik lubang pada PCB, yang sebelumnya tidak pernah dijelajahi dalam penelitian sebelumnya terkait deteksi lingkaran pada PCB.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

Membuat sistem penentuan titik lubang berdasarkan terdeteksinya lingkaran pada *Printed Circuit Board* (PCB) menggunakan metode *Transformasi Hough* dengan menggunakan *software* OpenCV 4.5.5.62 dengan bahasa pemrograman *Python* 3.9.6.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mendeteksi adanya titik-titik lubang dalam lingkaran pada PCB, yang dapat membantu dalam otomatis proses pengeboran PCB, memudahkan tugas manusia sehari-hari, dan meningkatkan efisiensi dalam proses tersebut.

1.4 Rumusan Masalah

Bagaimana membuat sebuah program yang dapat mendeteksi adanya lingkaran pada PCB sehingga diperolehnya titik lubang yang akan dilubangi secara otomatis dan menganalisa hasil tersebut menggunakan sebuah program yang diperoleh menggunakan metode *Transformasi Hough*.

1.5 Batasan Masalah

Adapun pembatasan yang akan dibahas pada penelitian ini yaitu :

1. Hanya mendeteksi adanya lingkaran pada PCB dengan menggunakan program *Transformasi Hough*.
2. Hanya menerjemahkan piksel menjadi diameter dalam satuan centimeter.
3. Citra yang dideteksi untuk penentuan lokasi titik lubang PCB berukuran 8x9 cm.

1.6 Hipotesis

Pada penelitian ini, dengan menggunakan metode *transformasi hough* maka penentuan titik pusat pada PCB akan diperoleh dengan adanya lingkaran yang terdeteksi.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, hipotesis serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang teori – teori yang mendukung sistem penentuan titik lubang pada PCB dengan menggunakan *Software OpenCV 4.5.5.62* dan bahasa pemrograman *Python 3.9.6* serta dengan metode-metode yang digunakannya, yaitu metode *Transformasi Hough*.

BAB III METODE PENELITIAN

Berisi waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, metode penelitian dan pelaksanaan serta diagram alir metode yang diusulkan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan hasil penelitian, pembahasan dan perhitungan kinerja metode yang diusulkan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan pada penelitian tugas akhir, dan juga terdapat saran yang berhubungan untuk perbaikan kedepannya.

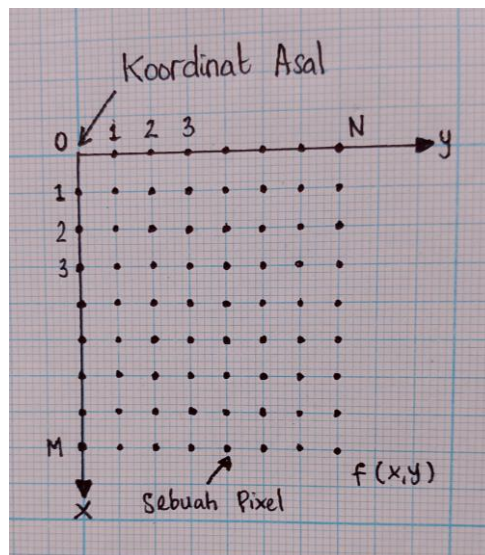
DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Citra

Citra (*image* atau *scene*) merupakan representasi dua dimensi dari suatu objek di dunia nyata. Dalam penginderaan jauh, citra merupakan gambaran bagian permukaan bumi sebagaimana terlihat dari ruang angkasa (satelit) atau dari udara (pesawat terbang) (Eddy Prahasta, 2008). Citra dapat direpresentasikan dalam dua bentuk, yakni analog dan digital. Salah satu bentuk citra analog adalah foto udara atau peta foto (*hardcopy*), sedangkan satelit yang merupakan data hasil rekaman sistem sensor merupakan bentuk citra digital [6].



Gambar 2.1 Koordinat Citra Digital

Citra sebagai keluaran suatu sistem perekaman data dapat bersifat optik berupa foto, bersifat analog berupa sinyal-sinyal video seperti gambar pada layar televisi, gambar yang ditampilkan bersifat digital dan dapat disimpan secara langsung pada pita magnetik [6].

2.2 Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra dimana salah satu cara supaya suatu citra menjadi citra lain dengan hasil yang lebih baik dan sesuai yang diinginkan. Pengolahan citra digital adalah proses transformasi citra untuk memodifikasi atau meningkatkan citra tersebut agar sesuai dengan keinginan dan memberikan hasil yang lebih baik (Sulistiyanti, 2016).

Adapun beberapa tujuan dari pengolahan citra digital adalah sebagai berikut.

- a. Memperbaiki kualitas citra yang dilihat dari dua aspek radiometrik seperti transformasi warna, peningkatan kontras, restorasi citra dan dari aspek geometrik seperti translasi, rotasi, skala dan transformasi geometrik.
- b. Melakukan proses pengambilan informasi atau pengenalan objek yang terdapat pada suatu citra.
- c. Melakukan kompresi atau reduksi data dengan tujuan untuk penyimpanan data, transmisi data, dan waktu proses data [7].

2.3 Deteksi

Deteksi adalah suatu proses untuk memeriksa atau melakukan pemeriksaan terhadap sesuatu dengan menggunakan cara dan teknik tertentu. Tujuan dari deteksi adalah menyelesaikan masalah dengan berbagai metode yang digunakan, sehingga menghasilkan solusi yang sesuai. Dan ditahap ini juga ditentukan ada atau tidak suatu objek yang diinginkan [8].

2.4 Printed Circuit Board (PCB)

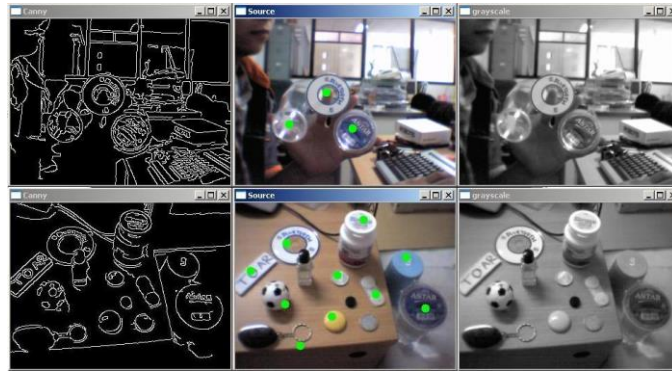
PCB (*Printed Circuit Board*) adalah arti singkatan dari papan rangkaian cetak yang merupakan komponen elektronik penting dalam perangkat

elektronik digunakan untuk menghubungkan komponen elektronik. Ilmuwan kebangsaan Austria bernama Paul Eisler menemukan papan ini di tahun 1936 mulai menggunakan papan bernama PCB ini pada sebuah rangkaian radio. Selanjutnya penggunaan teknologi mulai dikenal sekitar 1943. Dimana radio Militer Amerika Serikat telah menyematkan teknologi ini dalam skala yang lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa pengertian PCB dan fungsinya mulai dipahami banyak orang, sehingga akhirnya di tahun 1948 PCB mulai banyak digunakan.

Beberapa produk komersil telah menggunakan teknologi PCB yang diproduksi oleh Amerika Serikat, tetapi tidak semua negara mengenal dan paham apa itu PCB. Dimana PCB berfungsi sebagai pengganti kabel dan untuk membuat tampilan rangkaian alat elektronik terlihat lebih rapi dan tertata sehingga tempat yang dibutuhkan lebih efisien dan visualnya tidak berantakan. Selain itu, PCB sebagai penghubung kaki komponen yang menghubungkan berbagai kaki komponen elektronika aktif atau pasif.

2.5 *Transformasi Hough*

Transformasi Hough adalah teknik untuk mengidentifikasi bentuk atau pola tertentu dalam sebuah gambar dengan mengubahnya ke dalam domain parameter yang memungkinkan deteksi titik-titik dalam ruang parameter. Dengan demikian, metode ini dimanfaatkan untuk mengekstraksi garis, lingkaran, dan elips dari suatu gambar. *Transformasi Hough* kemudian diimplementasikan agar menemukan garis-garis dalam gambar (Duda,1972) lalu meluas memiliki banyak kelebihan dan potensi untuk pengembangan lebih lanjut. Kelebihan utamanya dapat memberikan hasil cepat dan sama dengan pencocokan pola [15].



Gambar 2.2 Contoh *Transformasi Hough*

2.5.1 *Pre-processing*

Tahap *pre-processing* merupakan suatu proses pengambilan data mentah dari kamera (atau input lainnya) diproses agar menjadi bentuk yang mudah dipahami pada program lain (selanjutnya). Tahapan awal pada proses ini yaitu melakukan eliminasi objek kecil atau dengan peningkatan kualitas citra. Agar data yang didapat sesuai dengan yang diinginkan maka diperlukan perbaikan citra seperti *resize image* dan *cropping image*.

2.5.2 *Grayscale*

Grayscale adalah jenis citra yang menggunakan skala keabuan, menangani rentang gradasi dari warna hitam hingga putih, dan menghasilkan efek warna abu-abu tanpa warna-warna lainnya. Pada jenis gambar ini, warna dinyatakan dengan intensitas. Dalam jenis gambar ini, warna direpresentasikan oleh tingkat intensitas yang berkisar dari 0 hingga 255. Nilai 0 menyatakan hitam dan nilai 255 menyatakan putih. Contoh citra berskala keabuan seperti gambar berikut.

Untuk melakukan perubahan suatu gambar full color (RGB) menjadi suatu citra *grayscale* (gambar keabuan), metode yang umum digunakan yaitu:

$$I = \frac{R + G + B}{3} \quad (1)$$

Keterangan :

R = Unsur warna merah

G = Unsur warna hijau

B = Unsur warna biru

Citra *grayscale* merupakan perhitungan dari intensitas cahaya (*brightness*) pada setiap piksel pada spektrum elektromagnetik *singleband*. Citra grayscale disimpan dalam format 8 bit per sampel piksel, memungkinkan hingga 256 tingkat intensitas, atau rentang nilai kecerahan dari 0 (hitam) hingga 255 (putih).

2.5.3 **Gaussian Filter**

Untuk mengurangi kesalahan pada pendektesian tepi maka *noise* juga harus dikurangi. Citra dihaluskan menggunakan filter *gauss* dengan standar deviasai, σ mengurangi *noise*. Teknik *gaussian* filter digunakan untuk menghaluskan citra hasil teknik *grayscale* agar mendapatkan citra yang lebih baik dari citra sebelumnya. Teknik *gaussian* digunakan untuk memperkecil *noise* yang ada pada citra atau bahkan untuk menghilangkannya.

$$\frac{1}{159}$$

2	4	5	4	2
4	9	12	9	4
5	12	15	12	5
4	9	12	9	4
2	4	5	4	2

Gambar 2.3 Matriks *Gaussian 5x5*

Untuk menerapkan filter Gaussian, matriks 5x5 tersebut dilewatkan di atas citra. Setiap piksel diolah secara berulang dengan mengambil jumlah nilai piksel sesuai dengan tetangga-tetangga dari matriks 5x5, yang kemudian dibagi dengan jumlah total nilai dari seluruh matriks 5x5 tersebut.

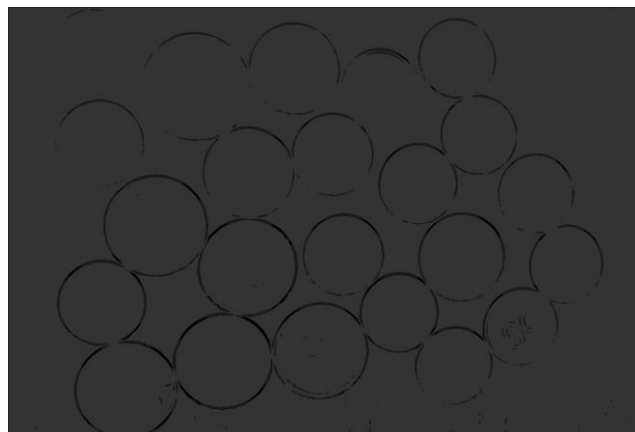
2.5.4 *Edge Detection*

Tepi adalah batas diantara dua daerah dengan fitur tingkat abu-abu yang berbeda. Berbasis tepi metode segmentasi mendeteksi diskontinuitas dan menghasilkan citra biner yang mengandung tepi (*Evaluation of the Digital images of penaeid prawns species using Canny edge detection and otsu thresholding segmentation*). Tepi dapat dideteksi dengan berbagai cara seperti *Sobel*, *Robert*, *Prewitt* dan *Canny* (*Evaluation of Canny and Sobel Operator for Logo Edge Detection*). Deteksi tepi adalah metode pengolahan yang dimanfaatkan untuk mengidentifikasi tepi atau batas-batas dari objek yang terdapat dalam suatu gambar. Tujuannya adalah untuk menyorot bagian-bagian yang mengandung detail dalam

citra tersebut dan untuk memperbaiki detail dari citra yang blur, yang terjadi karena adanya efek dari proses akuisisi citra. Penggunaan metode deteksi *Canny* dipilih karena kemampuannya tidak hanya untuk mengidentifikasi tepi yang baik dalam arah horizontal, tetapi juga untuk menemukan tepi di seluruh citra dan mengaitkan tepi-tepi tersebut secara efektif.



Gambar 2.4 Deteksi Tepi *Canny*

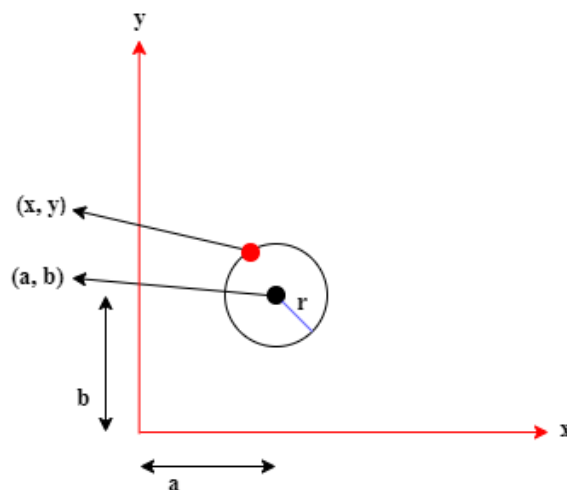


Gambar 2.5 Deteksi Tepi Sobel

2.5.5 Transformasi Hough Lingkaran

Metode *transformasi hough* beroperasi dengan cara mencari pola geometris yang paling cocok dengan sekumpulan titik yang terdapat dalam gambar. Jika objek yang dicari adalah berupa lingkaran, maka digunakan *transformasi hough* lingkaran. Konsep yang sama yang diperkenalkan oleh *transformasi hough* untuk mengidentifikasi segmen garis juga digunakan dalam deteksi lingkaran dengan *transformasi hough*. *Circular Hough Transform* (CHT) memiliki kelebihan yaitu dapat menemukan pola lingkaran pada sebuah gambar dalam jumlah skala besar dengan waktu yang cepat. Ini mencapai hal tersebut dengan mengonversi titik-titik fitur dalam ruang gambar menjadi suara terakumulasi dalam ruang parameter atau ruang *hough*. Elemen *array* yang berisi jumlah suara terbanyak digunakan untuk menunjukkan keberadaan pola. Pola lingkaran dijelaskan dengan persamaan yang diberikan sebagai berikut :

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2 \quad (2)$$



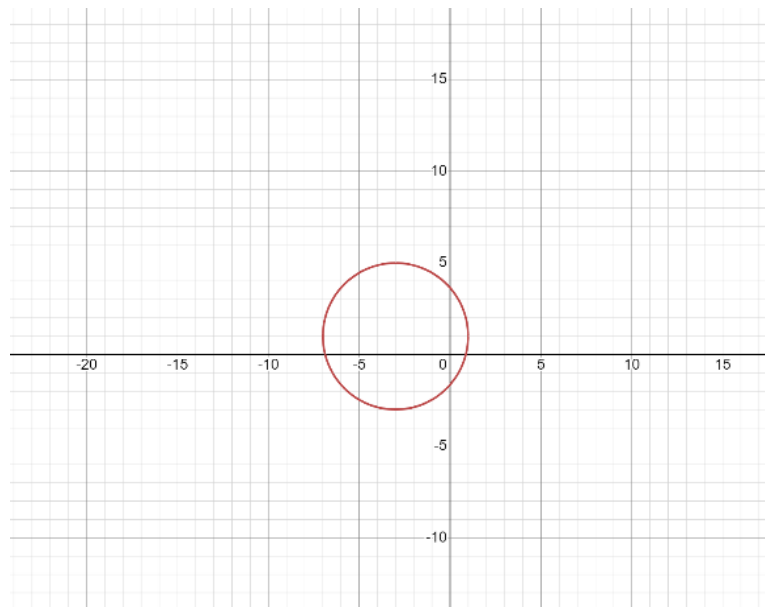
Gambar 2.6 Grafik Persamaan (2) Lingkaran

dimana a dan b adalah koordinat pusat masing-masing dalam arah x dan y dan r adalah jari-jari lingkaran. Representasi parametrik dari lingkaran diberikan sebagai berikut:

$$x = a + r \cos \theta \quad (3)$$

$$y = b + r \sin \theta \quad (4)$$

Contoh soal :



Gambar 2.7 Grafik Persamaan (3) & (4) Lingkaran

Jika terdapat $(x+3)^2 + (y-1)^2 = 16$

Pada persamaan tersebut $r = 4$ dan berpusat di $(-3, 1)$

$$x = a + r \cos \theta \longrightarrow x = -3 + 4 \cos \theta$$

$$y = b + r \sin \theta \longrightarrow y = 1 + 4 \sin \theta \quad \text{asumsikan } (0 \leq \theta \leq 2\pi)$$

2.6 Open CV

OpenCV merupakan sebuah perpustakaan (*library*) yang memuat berbagai fungsi pemrograman yang berkaitan dengan teknologi Visi Komputer. *OpenCV* bersifat sumber terbuka (*open source*), sehingga dapat digunakan secara bebas baik untuk keperluan akademis maupun komersial. Dalam *OpenCV*, tersedia antarmuka (*interface*) untuk beberapa bahasa pemrograman *C*, *C++*, *Python*, dan *Java* yang dapat dijalankan berbagai *platform* seperti *Windows*, *Linux*, *Android* dan *Mac*. Khusus untuk *C#* dan *VB.NET* dengan *platform*. *NET* menggunakan *EmguCV* sebagai *wrapper* untuk memanggil fungsi *library OpenCV*. Lebih dari 2500 algoritma yang tersedia di *OpenCV* telah digunakan secara luas di seluruh dunia, dengan unduhan melebihi 2.5 juta kali, dan telah dimanfaatkan oleh lebih dari 40 ribu pengguna. *OpenCV* digunakan dalam berbagai konteks seperti seni interaktif, inspeksi pertambangan, dan untuk menampilkan peta secara daring melalui teknologi robotik.

Pada mulanya, *OpenCV* dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman *C*, tetapi sekarang secara keseluruhan menggunakan antarmuka bahasa pemrograman *C++* dan semua pengembangannya dilakukan dalam format bahasa *C++*. *OpenCV* memiliki berbagai aplikasi, salah satunya adalah dalam interaksi manusia dengan komputer. Contoh penggunaannya meliputi identifikasi, segmentasi, pengenalan objek, pengenalan wajah, deteksi gerakan, pelacakan gerakan, analisis gerakan, pemahaman struktur gerakan, kalibrasi stereo dan beberapa kamera, komputasi mendalam, serta aplikasi dalam bidang robotika.

Beberapa fitur yang ada dalam *OpenCV* meliputi:

1. Manipulasi data *image* (alokasi, rilis, duplikasi, pengaturan, konversi).
2. *Image* dan I/O video (masukan berbasis file dan kamera, keluaran *image/video file*).
3. Manipulasi matriks dan vektor serta aljabar linear (produk, solusi, *eigenvalues*, *SVD*).

4. Beragam struktur data dinamis (daftar, baris, grafik).
5. Dasar pemrosesan citra dalam *OpenCV* mencakup berbagai teknik seperti filter, deteksi tepi, deteksi sudut, pengambilan sampel, interpolasi, konversi warna, operasi morfologi, dan analisis histogram.
6. Analisis struktural dalam *OpenCV* mencakup beberapa konsep seperti komponen yang terhubung, pemrosesan kontur, transformasi jarak, momen variasi, *transformasi hough*, estimasi poligonal, penyesuaian garis, dan *triangulasi delaunay*.
7. Kalibrasi kamera dalam *OpenCV* mencakup langkah-langkah seperti menemukan serta melacak pola kalibrasi, dasar estimasi matriks, estimasi homografi, dan korespondensi stereo.
8. Analisis pergerakan dalam *OpenCV* melibatkan metode optical flow, segmentasi gerakan, dan pelacakan objek yang bergerak.
9. Pengenalan objek (metode eigen, HMM).
10. Dasar *Graphical User Interface* atau GUI (menampilkan image/video, penanganan mouse dan keyboard, scroll-bars).
11. Pelabelan image (garis, poligon, gambar teks).

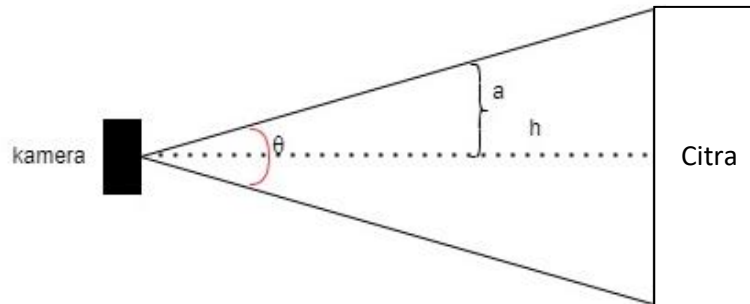
Beberapa modul yang ada dalam *OpenCV* mencakup:

1. Cv-fungsi utama *OpenCV*.
2. Cvaux-fungsi penolong *OpenCV*.
3. Cxcore-pendukung struktur data dan aljabar linear.
4. Highui-fungsi *Graphical User Interface* (GUI).

2.7 Perhitungan Jarak Objek

Ilustrasi dapat ditangkap dengan sebuah kamera beresolusi 6000x8000 piksel yang telah dikonversi menjadi 606x682 piksel, sesuai dengan prinsip pengoperasian dua mata manusia. Metode ini menghitung jarak antara kamera dengan objek yang dipilih dalam gambar. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6 sebuah kamera horizontal. Dimana h merupakan jarak yang diinginkan antara objek dan kamera.

Pada saat pengambilan citra sudah diukur jarak dan sudut dari kamera ke objek, berdasarkan hasil pengukuran sudut jangkauan kamera x dan y yang diperoleh pada jarak 30 cm berikut.



Gambar 2.8 Ilustrasi Objek dan Peletakan Posisi Kamera

Untuk menentukan sudut jangkauan, memerlukan parameter berikut.

$a = \frac{1}{2}$ nilai x atau y objek

$h = \text{jarak}$

Seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut persamaan dibawah ini:

$$\text{Sudut jangkauan} = 2 \times \arctan \left(\frac{a}{h} \right) \quad (5)$$

Selanjutnya, untuk mencari nilai yang mewakili per piksel yaitu nilai x atau y di bagi nilai resolusi pada citra yang digunakan.

Untuk mengetahui nilai selisih jarak maka dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Selisih} = \text{Nilai Sebenarnya} - \text{Nilai Hasil Perhitungan} \quad (6)$$

Kemudian Perhitungan akurasi dilakukan untuk menentukan seberapa akurat sistem selama pengukuran. Hitung nilai menggunakan persamaan berikut :

$$\% \text{ Ketepatan Jarak} = \frac{\text{Jarak Perhitungan}}{\text{Jarak Sebenarnya}} \times 100 \% \quad (7)$$

Berdasarkan persamaan nomor 6 dan 7 menunjukkan rumus untuk mencari nilai selisih dan persentase ketepatan jarak sebenarnya dan jarak perhitungan yang sudah di peroleh.

2.8 Python

Python adalah sebuah bahasa pemrograman dinamis yang mendukung pemrograman berbasis objek. *Python* didistribusikan dengan berbagai lisensi yang bervariasi pada beberapa versi yang berbeda. Pada dasarnya, *Python* dapat diperoleh secara gratis, bahkan untuk penggunaan yang bersifat komersial. Karena lisensi *Python* tidak bertentangan dengan definisi *Open Source* maupun *General Public License (GPL)*.

Bahasa pemrograman *Python* juga memberikan dukungan hampir disemua sistem operasi, bahkan pada sistem operasi Linux, hampir semua distronya sudah menyertakan *Python* didalamnya. Dengan kode yang simpel dan mudah diimplementasikan, seorang programmer dapat lebih mengutamakan pengembangan aplikasi yang dibuat. *Python* juga termasuk dalam produk *open source* yang mendukung beberapa platform (multiplatform).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan dan pembuatan tugas akhir ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung pada bulan Juni 2023 – Juni 2024.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Citra *Printed Circuit Board* (PCB).
2. Laptop Acer Aspire E1-471G Intel(R) Core (TM) i3-2348M.
3. *Software OpenCv* 4.5.5.62 dengan bahasa pemrograman *Python* 3.9.6.
4. Kamera *Smartphone* Realme C25.
5. Mini Studio Box 38,5 x 30 cm.

3.3 Tahap Penelitian

Dalam tugas akhir ini masalah yang dihadapi adalah bagaimana membuat pemodelan, perancangan dan pembuatan sebuah sistem untuk menentukan titik lubang yang terdeteksi lingkaran pada papan PCB menggunakan metode *Transformasi Hough*. Maka untuk menyelesaikan masalah ini akan melalui beberapa langkah, di antaranya sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Pada tahap ini, penulis mempelajari dan mengumpulkan literatur mengenai perancangan dan pembuatan sistem beserta memahami teknik konvolusi yang akan digunakan. Literatur tersebut berasal dari beberapa sumber, seperti buku, dan jurnal ilmiah.

2. Studi Bimbingan

Pada tahap ini, penulis melakukan diskusi secara berkala dalam menyelesaikan masalah tentang perancangan pembuatan sistem yang menentukan titik lubang yang terdeteksi lingkaran pada PCB dengan menggunakan metode *Transformasi Hough* sesuai dengan tujuan penelitian.

3. Pengambilan dan Pengolahan data

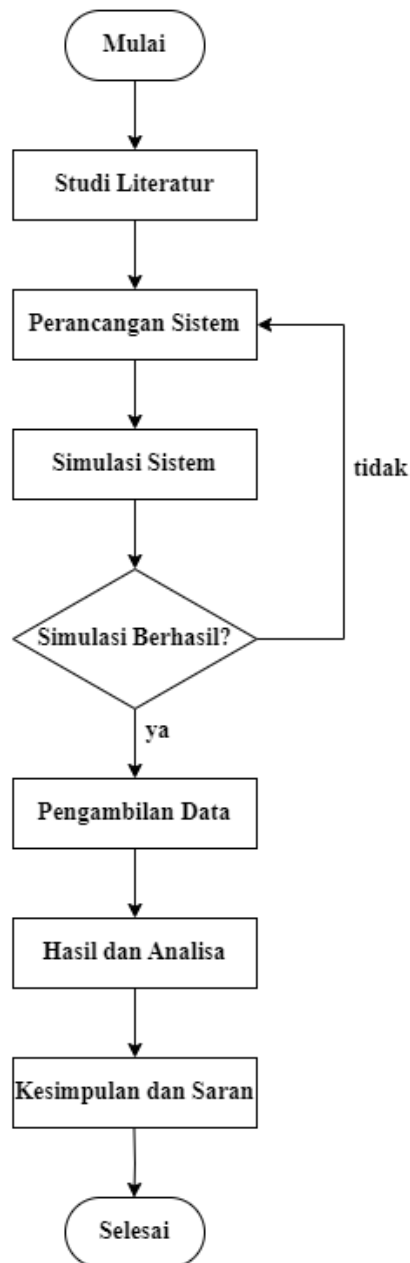
Pada tahap ini, pengambilan dan pengolahan data dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap sistem yang telah dibuat. Data yang didapatkan disesuaikan dengan tujuan sehingga data yang terukur sudah valid.

4. Pembuatan Laporan

Pada tahap ini, penulis menyajikan hasil dari penelitian dalam bentuk laporan akhir. Hasil penelitian ini adalah menentukan titik lubang yang terdeteksi lingkaran pada papan PCB sehingga dapat melubangi bagian PCB sesuai dengan sirkuit yang telah ditentukan. Laporan ini digunakan sebagai bentuk tanggung jawab penulis terhadap tugas akhir yang telah dilakukan dan digunakan untuk melakukan seminar akhir.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian untuk menentukan titik koordinat ini diperlihatkan pada gambar berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

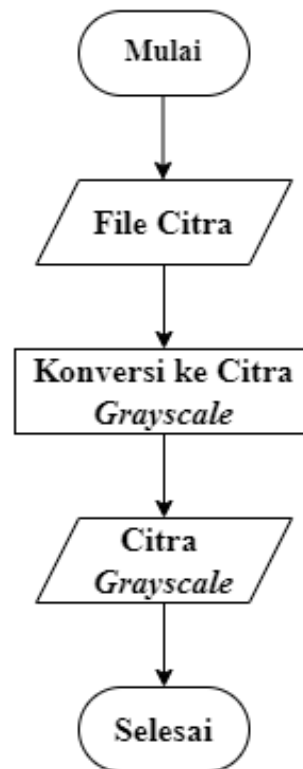
Berdasarkan gambar 3.1 proses pertama pada pembuatan sistem ini adalah dengan mempelajari dan mengumpulkan literatur mengenai perancangan

dan pembuatan sistem, selanjutnya adalah perancangan dan pembuatan yang akan dilakukan yaitu dengan menggunakan metode *transformasi hough* sehingga akan didapatkan lokasi titik lubang pengeboran pada papan PCB. Dalam perancangan sistem, terdapat tahapan untuk merancang baik perangkat keras maupun perangkat lunak yang dibutuhkan. Perancangan perangkat lunak meliputi perancangan meliputi perancangan *preprocessing grayscale*, perancangan *Gaussian Filter*, perancangan *Canny Edge Protection*, dan perancangan *hough circle transformasi*. Setelah proses telah terpenuhi maka langkah berikutnya adalah melakukan simulasi sistem. Lalu apabila pengujian yang telah dibuat berhasil maka dilakukan pengambilan data.

Pengambilan data yang diambil berupa hasil dari proses *scanning* yang didapatkan data koordinat pixel (x, y) dari masing-masing lubang pengeboran pada layout PCB. Data tersebut akan dianalisa apakah telah sesuai dengan lubang pengeboran yang telah ditentukan atau tidak. Jadi tahap ini akan dihitung tingkat ketelitian dari hasil pengeboran PCB itu sendiri. Selanjutnya apabila proses analisa telah selesai maka masuk pada tahap kesimpulan dan juga saran terkait dengan penelitian yang telah dilakukan. Setelah semua proses dilakukan maka penelitian pun selesai.

3.5 Diagram *Preprocessing Grayscale* Citra

Adapun prosesnya diperlihatkan pada gambar berikut.

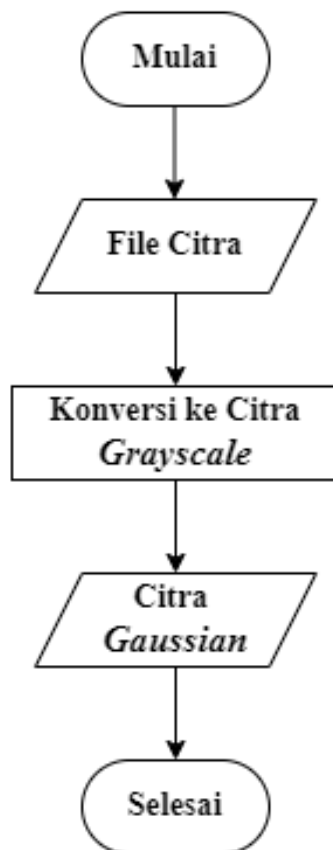


Gambar 3.2 Diagram *Preprocessing Grayscale* Citra

Berdasarkan gambar 3.2 pertama-tama dilakukan dengan memasukkan file citra digital yaitu dengan mengecek apakah citra digital masukan merupakan citra RGB atau tidak. Jika merupakan citra RGB maka dikonversi ke *grayscale*. Jika bukan, maka langsung ke proses selanjutnya.

3.6 Diagram Gaussian Filter

Adapun prosesnya diperlihatkan pada gambar berikut.

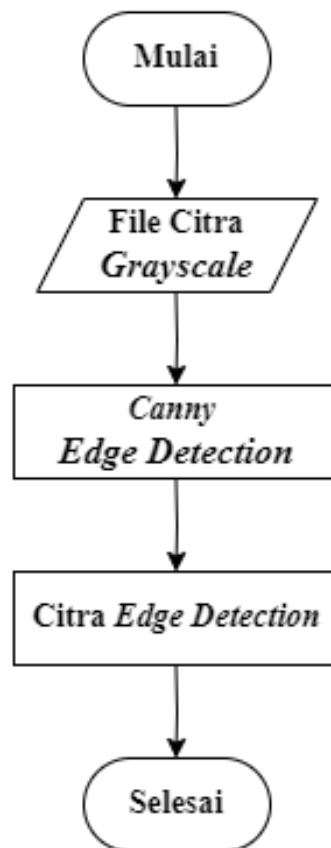


Gambar 3.3 Diagram Proses *Gaussian* Filter

Berdasarkan gambar 3.3 teknik *gaussian* filter digunakan untuk menghaluskan citra hasil teknik *grayscale* agar mendapatkan citra yang lebih baik dari citra sebelumnya. Dengan memasukan citra *grayscale* kemudian diproses dengan hasil keluaran *grayscale* yang telah dihaluskan menggunakan *gaussian*. Sehingga menghasilkan keluaran berupa citra *gaussian*.

3.7 Diagram *Edge Detection*

Adapun prosesnya diperlihatkan pada gambar berikut.

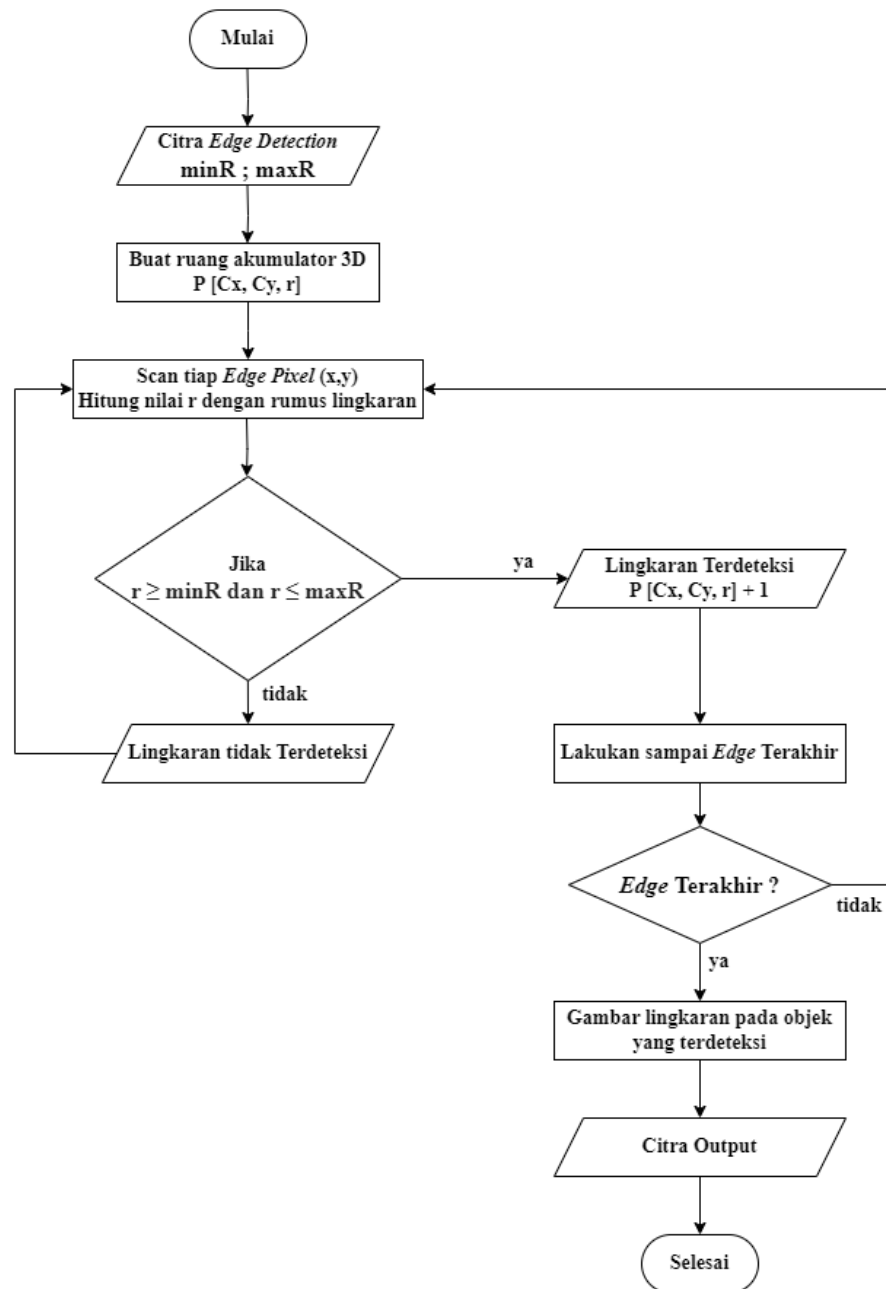


Gambar 3.4 Diagram proses *Edge Detection*

Berdasarkan gambar 3.4 deteksi tepi adalah proses yang mengidentifikasi perbatasan antara piksel-piksel dalam citra dengan tujuan menyoroti bagian yang mengandung detail gambar. Metode yang digunakan adalah *Canny Edge Detection*. Dengan memasukkan citra *grayscale* sebagai file citra masukan. Selanjutnya melakukan proses *Edge Detection* (deteksi tepi) dengan metode *Canny*. Kemudian file output berupa citra *edge detection* hasil proses deteksi tepi didapatkan.

3.8 Diagram Transformasi Hough

Adapun prosesnya diperlihatkan pada gambar berikut.

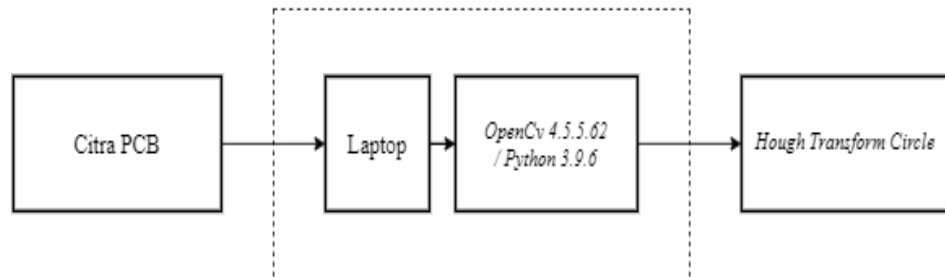


Gambar 3.5 Diagram Transformasi Hough

Berdasarkan gambar 3.5 *transformasi hough* merupakan proses untuk mendeteksi objek lingkaran yang terdapat pada citra. Dengan memasukkan citra *edge detection* sebagai file citra masukan dan minR, MaxR sebagai parameter masukan. Langkah selanjutnya adalah menciptakan ruang akumulator tiga dimensi, contohnya $P[Cx, Cy, r]$ di mana Cx mewakili pusat lingkaran pada sumbu x, Cy mewakili pusat lingkaran pada sumbu y, dan r mewakili radius lingkaran. Berikutnya, proses pemindaian dilakukan pada setiap piksel (x, y) dan piksel (Cx, Cy). Kemudian, dilakukan perhitungan radius menggunakan rumus lingkaran. Berikutnya, dilakukan perhitungan dimana jika nilai radius (r) berada dalam rentang antara minR dan maxR, langkah selanjutnya jika lingkaran terdeteksi adalah menambahkan satu nilai ke ruang akumulator sehingga $P[Cx, Cy, r] = P[Cx, Cy, r] + 1$ tetapi jika tidak terdeteksi adanya lingkaran maka kembali melakukan scan *edge pixel*. Lakukan scan sampai pixel terakhir. Kemudian file output berupa citra hasil lingkaran yang deteksi.

3.9 Diagram Blok Perancangan

Diagram blok yang dirancang dituliskan pada gambar 3.6 berikut ini.



Gambar 3.6 Diagram Blok Perancangan

Berdasarkan gambar 3.6 pertama-tama dilakukan dengan memasukkan file citra PCB, kemudian *image* hasil *capture* diproses menggunakan laptop dengan bantuan *software* *OpenCv* 4.5.5.62 dengan menggunakan bahasa pemrograman *Python* 3.9.6 sebagai pemroses citra PCB tersebut. Setelah itu diproses maka mendapatkan lingkaran yang dideteksi pada papan PCB

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Telah terealisasi program yang bisa digunakan untuk mendeteksi lingkaran sehingga didapatkan titik lokasi lubang pada papan PCB menggunakan *transformasi hough*.
2. Berdasarkan evaluasi perhitungan ketepatan jarak dengan pengambilan data sebenarnya diperoleh ketepatan persentase di atas 95%.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, adapun saran untuk melengkapi atau menyempurnakan penelitian berikutnya:

1. Pengembangan dalam sistem pendeteksian selanjutnya dapat menggunakan lebih banyak bentuk rangkaian dalam rangkaian PCB.
2. Memperbanyak citra PCB yang digunakan dalam pendeteksian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arjon Samuel Sitio, Anita Sindar. 2020. Sistem Identifikasi Biometrik Ekspresi Wajah Menggunakan Metode Transformasi Hough. Medan. STMIK Pelita Nusantara.
- [2] Zaiful Bahri. 2020. Metode Pusat dan *Circular Hough Transformation* untuk Mendeteksi Lingkaran pada Sebuah Citra. Pekan Baru. Universitas Riau.
- [3] Manogu Supriadi Purba. 2020. Perancangan Sistem Identifikasi Biometrik Iris Mata Menggunakan Metode *Transformasi Hough*. Medan. STMIK Budi Darma.
- [4] Yi Zhang, Zhifeng Zhou, Lei Zheng, Zina Zhu, Peng Xiao. 2020. Pengenalan Visual dan Lokalisasi pada Sirkuit Tercetak. Universitas Sains Teknik Shanghai.
- [5] Tiya Muthia, 2019. Deteksi Penghalang Menggunakan Metode Hough Transform Untuk Pengenalan Garis. Universitas Lampung.
- [6] Prahasta, Eddy. 2008. Model Permukaan Dijital. Bandung. Informatika.
- [7] Sulistiyanti, S.R., F.X. Arinto, M. Komarudin. 2016. Pengolahan Citra Dasar dan Contoh Penerapannya. Yogyakarta. Teknosain.
- [8] Ahmad. 2005. Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemrogramannya. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- [9] Danny Kurnianto, Indah Soesanti, Hanung Adi Nugroho. 2013. Deteksi Iris Berdasarkan Metode *Black Hole* dan *Circle Curve Fitting*. Universitas Gajah Mada.
- [10] Mira Orisa, Taufik Hidayat. 2019. Analisis Teknik Segmentasi Pada Pengolahan Citra. Institut Teknologi Nasional Malang.
- [11] Budi Cahyo W, Fajar Nugraha, Andy Prasetyo U. 2021. Uji Deteksi Objek Bentuk Bola Dengan Menerapkan Metode *Circular Hough Transform*. Universitas Muria Kudus.
- [12] Prasetyo, Eko. 2011. Pengolahan Citra Digital dan Aplikasinya menggunakan Matlab. Yogyakarta. Penerbit Andi.
- [13] Munir, Rinaldi. 2004. Pengolahan CITRA DIGITAL dengan Pendekatan Algoritmik. Bandung. Penerbit INFORMATIKA.
- [14] Kapadia, Haras, Alpesh P. 2013. Application Of Hough Transform And Sub-Pixel Edge Detection In 1-D Barcode Scanning. IJAREEIE Vol 2.

- [15] Alfiansyah., Nina, E., Reny, P.S., Sicilia, P., Ferlita, P.A., dan Qonita, A. 2019. Deteksi Objek Lingkaran Menggunakan Circle Hough Transform. Universitas Sriwijaya.
- [16] Darma Putra. 2006. Pengolahan Citra Digital. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [17] Handi Pandriantama., dan Mada Sanjaya WS. 2018. Aplikasi Transformation Hough pada Robot Vision Lane Tracking. UIN Sunan Gunung Djati Bandung.
- [18] Lutfi Rinanto., Aris, S., dan Indriyati. 2013. Aplikasi Pendeteksi Objek Lingkaran Pada Citra Dengan Transformasi Hough. Universitas Diponegoro.
- [19] Mira Orisa., dan Taufik Hidayat. 2019. Analisis Teknik Segmentasi pada Pengolahan Citra. Institut Teknologi Nasional Malang.
- [20] M. Yudha Prawira, A.N., Zaldy Yunus. 2015. Mesin Pengebor Printed Circuit Board (PCB) Otomatis. Universitas Hasanuddin Makassar.
<https://www.seputarpengetahuan.co.id/2020/05/koordinatkartesian.html> (diakses 21 Februari 2021).
<http://qomariyah.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/52542/Pengenalan+Python.pdf> (diakses pada 15 Februari 2021).