

**DETEKSI IDENTITAS KWH METER DIGITAL SATU FASA  
MENGUNAKAN *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* DAN *TEMPLATE  
MATCHING***

**Skripsi**

Oleh  
**ZAKI AHMAD FAUZI**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2023**

## **ABSTRACT**

### **IDENTITY DETECTION OF SINGLE PHASE DIGITAL KWH METERS USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK AND TEMPLATE MATCHING**

**By**

**ZAKI AHMAD FAUZI**

Kilowatt hour meter is a tool to measure the amount of energy usage in customers used by PT PLN (Persero). Over time, some problems often occur with Kwh meter such as voltage drop, broken keypad, and dead LCD screen. Data collection of damaged Kwh meters is done manually by recording them one by one it requires considerable time. The process of recording broken Kwh meters includes the brand, number of meters and year of product. Utilization of artificial neural network methods can detect brands and template matching method can detect meter numbers and Kwh meter years. This research uses 3 cameras that have different resolutions, sequentially the Logitech C922 webcam camera, NYK A96 webcam, and iPhone Xr cellphone. The program successfully detected the brand with error 0%. The meter number detection results using the Logitech C922 webcam have an average error of 5.30%, the NYK A96 webcam has an average error of 9.59%, and the iPhone Xr mobile phone has an average error of 0.75%. Year detection results using the Logitech C922 webcam have an average error of 35.41%, the NYK A96 webcam has an average error of 26.38%, and the iPhone Xr mobile phone has an average error of 4.86%. The resolution of the camera used has an effect on the detection results, the greater the resolution of the camera used can reduce the error value in the detection results with the position of taking the image of the front view of the tilted Kwh meter. The Sanxing brand is the best. It has small error then other.

Keyword : Artificial Neural Network, Single Phase Digital Kwh Meter, Template Matching

## ABSTRAK

### DETEKSI IDENTITAS KWH METER DIGITAL SATU FASA MENGUNAKAN *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* DAN *TEMPLATE MATCHING*

Oleh

ZAKI AHMAD FAUZI

*Kilowatt hour* meter merupakan alat untuk mengukur jumlah pemakaian energi pada pelanggan yang digunakan oleh PT. PLN (Persero). Seiring waktu pemakaiannya, beberapa masalah sering terjadi pada Kwh meter seperti tegangan drop, keypad rusak, dan layar LCD mati. Pendataan Kwh meter rusak dilakukan secara manual yakni dengan mencatatnya satu per satu sehingga memerlukan tenaga dan waktu yang cukup lama. Proses pendataan Kwh meter yang rusak meliputi merk, nomor meter dan tahun Kwh meter. Pemanfaatan metode *artificial neural network* dapat mendeteksi merk dan metode *template matching* dapat mendeteksi nomor meter dan tahun Kwh meter. Penelitian ini menggunakan 3 kamera yang memiliki perbedaan resolusi yakni kamera *webcam* Logitech C922, *webcam* NYK A96, dan *handphone* iPhone Xr. Program yang dibuat berhasil mendeteksi merk dengan nilai *error* 0%. Hasil deteksi nomor meter menggunakan *webcam* Logitech C922 memiliki rata-rata *error* 5,30%, *webcam* NYK A96 memiliki rata-rata *error* 9,59%, dan *handphone* iPhone Xr memiliki rata-rata *error* 0,75%. Hasil deteksi tahun menggunakan *webcam* Logitech C922 memiliki rata-rata *error* 35,41%, *webcam* NYK A96 memiliki rata-rata *error* 26,38%, dan *handphone* iPhone Xr memiliki rata-rata *error* 4,86%. Resolusi kamera yang digunakan berpengaruh pada hasil deteksi, semakin besar resolusi kamera yang digunakan dapat mengurangi nilai *error* pada hasil deteksi dengan posisi pengambilan citra tampak depan Kwh meter yang miring. Kwh meter merk Sanxing merupakan Kwh meter yang terbaik, karna memiliki nilai *error* rendah dibanding merk lain.

Kata kunci: *Artificial Neural Network*, Kwh Meter Digital Satu Fasa, *Template Matching*

**DETEKSI IDENTITAS KWH METER DIGITAL SATU FASA  
MENGUNAKAN *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* DAN *TEMPLATE  
MATCHING***

**Oleh**

**Zaki Ahmad Fauzi**

**Skripsi**

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

**Pada**

**Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



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

Judul Skripsi : **DETEKSI IDENTITAS KWH METER  
DIGITAL SATU FASA MENGGUNAKAN  
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK DAN  
TEMPLATE MATCHING**

Nama Mahasiswa : *Zaki Ahmad Fauzi*

Nomor Pokok Mahasiswa : 1915031059

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

**Menyetujui**  
Komisi Pembimbing



**Sumadi, S.T., M.T.**  
NIP. 19731104 200003 1 001



**Dr. Eng. Ageng Sadnowo R, S.T., M.T.**  
NIP. 19690228 199803 1 001

**Mengetahui**

Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

Ketua Program Studi Teknik Elektro

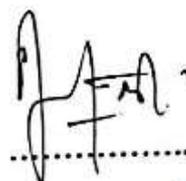


**Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.**  
NIP. 19740422 200012 2 001

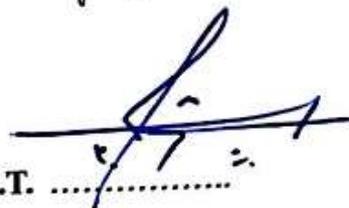
## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

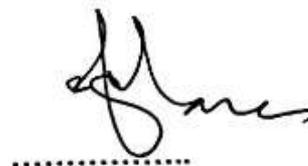
Ketua : **Sumadi, S.T., M.T.**



Sekretaris : **Dr. Eng. Ageng Sadnowo R, S.T., M.T.**



Penguji  
Bukan Pembimbing : **Syaiful Alam, S.T., M.T.**



### 2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M. Sc.**  
NIP. 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **07 Agustus 2023**

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar Pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi akademik sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 07 Agustus 2023



Zaki Ahmad Fauzi

NPM. 1915031059

## RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Kresno Widodo pada tanggal 05 Februari 2002, sebagai anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Kusmiyanto dan Ibu Yunik Arita. Riwayat Pendidikan penulis dimulai dari SDN 4 Kresno Widodo, SMPN 11 Pesawaran dan melanjutkan Pendidikan ke SMAN 1 Natar dengan jurusan IPA.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Teknik elektro Universitas Lampung pada tahun 2019 melalui jalur SBMPTN. Selama berkuliah, penulis aktif mengikuti kegiatan organisasi diantaranya, anggota divisi minat dan bakat Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) Universitas Lampung, Kepala divisi kewirausahaan Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) Universitas Lampung. Pada semester 5, penulis mengambil konsentrasi elektronika dan kendali (elkaken) dan menjadi asisten laboratorium pengukuran besaran listrik (PBL). Penulis juga pernah mengikuti kerja praktik (KP) di PT. PLN Batam unit PLTG MPP 4x25 MW Tarahan divisi perawatan dan magang bersertifikat di PT. PLN (Persero) UP3 Tanjung Karang divisi transaksi energi.

## **PERSEMBAHAN**

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala nikmat, rahmat, serta hidayah-Nya tak lupa shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW.

**Kupersembahkan karya ini dengan penuh rasa hormat, cinta dan kasih sayang**

Kepada:

**Ayahanda dan Ibunda Tercinta  
Bapak Kusmiyanto dan Ibu Yunik Arita**

**Kakak Tersayang  
Rafid Fitriyanto**

Terimakasih juga saya ucapkan kepada Lembaga yang telah mendidik, mendewasakan, dan tempat berproses dalam berfikir dan bertindak.

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

**MOTTO**

**“Manusia-manusia kuat, itu kita”**

**(Tulus)**

## SANWACANA

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala karunia, hidayah, serta inayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Deteksi Identitas Kwh Meter Digital Satu Fasa Menggunakan *Artificial Neural Network* dan *Template Matching*” yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Selama perjalanan mengerjakan Skripsi ini, penulis mendapatkan dukungan moril dan bantuan pemikiran dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang selalu mendukung dan memberi bantuan penulis untuk menyelesaikan perkuliahan ini.
2. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung
3. Ibu Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T. sebagai Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Lampung.
4. Bapak Sumadi, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing Utama, terima kasih atas kesediaan waktunya untuk membimbing dan memberikan ilmu.
5. Bapak Dr. Eng. Ageng Sadnowo R, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing Pendamping, terima kasih atas kesediaan waktunya untuk membimbing dan memberikan ilmu.
6. Bapak Syaiful Alam, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji, terimakasih atas masukan, bimbingan, dan arahnya.
7. Seluruh Dosen dan staff Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
8. Bapak Rasyid dan Bapak Adit selaku supervisor dan staff bidang transaksi energi, terima kasih telah memberikan bimbingan selama pengambilan data.
9. Teknik elektro angkatan 2019 (Eternity) selaku teman seperjuangan, terima kasih atas cerita dan pengalaman luar biasa yang telah diberikan.
10. Rafly, Zahwa, Joseph, Hari, Murti, Ferry, dan seluruh asisten Laboratorium Pengukuran Besaran Listrik, terima kasih atas segala dukungan, semangat dan saran yang telah diberikan.

11. Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung, terima kasih atas pengalaman yang sangat luar biasa.
12. Reska Amalia Soleha, terima kasih atas semangat dan dukungan selama mengerjakan skripsi.
13. Agung dan Ahlul, terima kasih atas segala dukungan, saran, dan bantuan yang diberikan selama kuliah.
14. Seluruh teman-teman kuliah dan organisasi yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, terima kasih atas segala cerita, ilmu dan pengalaman yang telah diberikan.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian atas terselesaikannya skripsi ini. Penulis menyadari bahwa banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini, maka dari itu Penulis terbuka untuk menerima masukan, kritik, dan saran yang dapat membangun Penulis kedepannya. Semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, 07 Agustus 2023

Penulis,



Zaki Ahmad Fauzi

## DAFTAR ISI

<i>ABSTRACT</i> .....	ii
ABSTRAK .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN .....	vi
SURAT PERNYATAAN .....	vii
RIWAYAT HIDUP .....	viii
PERSEMBAHAN.....	ix
MOTTO.....	x
SANWACANA .....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Hipotesis .....	3
1.7 Sistematika Penulisan .....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terkait .....	5
2.2 Kwh Meter Digital Satu Fasa.....	6
2.3 Citra Digital .....	7
2.3.1 Citra RGB .....	7
2.3.2 Citra <i>Grayscale</i> .....	8

2.3.3 Citra Biner .....	9
2.4 Pengolahan Citra .....	10
2.4.1 <i>Sharpening</i> .....	10
2.4.2 <i>Cropping</i> .....	11
2.4.3 <i>Filling Holes</i> .....	12
2.4.4 <i>Resizing</i> .....	13
2.4.5 <i>Edge Detection</i> .....	13
2.5 Ekstraksi Fitur .....	14
2.6 <i>Bounding box</i> .....	14
2.7 <i>Template Matching</i> .....	15
2.8 <i>Artificial Neural Network</i> .....	16
2.8.1 Fungsi Aktivasi.....	17
2.8.2 Pelatihan <i>Artificial Neural Network</i> .....	19
2.8.3 Lapisan <i>Artificial Neural Network</i> .....	20
2.8.4 <i>Backpropagation</i> .....	22

### III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	25
3.2 Alat dan Bahan .....	25
3.3 Diagram Alir Penelitian .....	25
3.4 Diagram Alir Identifikasi Merk Kwh meter .....	27
3.5 Diagram Alir Deteksi Nomor Meter dan Tahun.....	32
3.6 <i>Experiment Set Up</i> .....	37

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data .....	46
4.2 Deteksi Merk.....	47
4.3 Deteksi Nomor Meter.....	50
4.4 Deteksi Tahun.....	60
4.5 Pengaruh Posisi dan Ukuran Karakter Terhadap Hasil Deteksi.....	70

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan .....72

5.2 Saran.....72

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Ukuran citra Kwh meter hasil <i>cropping</i> .....	30
Tabel 4.1 Data citra Kwh meter digital satu fasa .....	47
Tabel 4.2 Hasil <i>training</i> data latih.....	49
Tabel 4.3 Hasil <i>testing</i> data uji.....	50
Tabel 4.4 Hasil deteksi nomor meter dengan <i>webcam</i> Logitech C922 .....	51
Tabel 4.5 Hasil deteksi nomor meter dengan <i>webcam</i> NYK A96.....	54
Tabel 4.6 Hasil deteksi nomor meter dengan <i>handphone</i> iPhone Xr.....	57
Tabel 4.7 Hasil deteksi tahun dengan <i>webcam</i> Logitech C922.....	61
Tabel 4.8 Hasil deteksi tahun dengan <i>webcam</i> NYK A96 .....	64
Tabel 4.9 Hasil deteksi tahun dengan <i>handphone</i> iPhone Xr.....	68

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kwh meter digital satu fasa.....	7
Gambar 2.2 Model warna RGB .....	8
Gambar 2.3 Citra biner.....	9
Gambar 2.4 <i>Filling holes</i> .....	12
Gambar 2.5 Fungsi purelin.....	17
Gambar 2.6 Fungsi logsig .....	18
Gambar 2.7 Fungsi tansig .....	18
Gambar 2.8 Jaringan lapisan tunggal .....	21
Gambar 2.9 Jaringan lapisan jamak .....	21
Gambar 2.10 <i>Backpropagation</i> .....	22
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	26
Gambar 3.2 Diagram alir identifikasi jenis Kwh meter .....	27
Gambar 3.3 Konversi citra RGB menjadi citra <i>grayscale</i> .....	28
Gambar 3.4 Konversi citra <i>grayscale</i> menjadi citra biner .....	29
Gambar 3.5 Proses <i>filling holes</i> .....	29
Gambar 3.6 <i>Edge Detection</i> .....	30
Gambar 3.7 Citra hasil <i>Cropping</i> .....	31
Gambar 3.8 Diagram alir deteksi nomor meter dan tahun.....	32
Gambar 3.9 <i>Cropping</i> area nomor meter dan tahun merk Hexing.....	33
Gambar 3.10 <i>Cropping</i> area nomor meter dan tahun merk Melcoinda .....	33
Gambar 3.11 <i>Cropping</i> area nomor meter dan tahun merk Sanxing.....	34
Gambar 3.12 Hasil <i>sharpening</i> .....	35
Gambar 3.13 Konversi citra RGB menjadi citra <i>grayscale</i> .....	35
Gambar 3.14 Konversi citra <i>grayscale</i> menjadi citra biner .....	36
Gambar 3.15 Komplemen citra digital.....	36
Gambar 3.16 <i>Bounding box</i> .....	36

Gambar 3.17 Data <i>template</i> angka .....	37
Gambar 3.18 Kotak untuk pengambilan data citra tampak samping .....	37
Gambar 3.19 Kotak untuk pengambilan data citra tampak depan .....	38
Gambar 3.20 Ukuran Kwh meter merk Sanxing.....	39
Gambar 3.21 Posisi A Kwh meter merk Sanxing.....	39
Gambar 3.22 Posisi B Kwh meter merk Sanxing .....	40
Gambar 3.23 Posisi C Kwh meter merk Sanxing .....	40
Gambar 3.24 Posisi D Kwh meter merk Sanxing .....	41
Gambar 3.25 Ukuran Kwh meter merk Hexing.....	41
Gambar 3.26 Posisi A Kwh meter merk Hexing.....	42
Gambar 3.27 Posisi B Kwh meter merk Hexing.....	42
Gambar 3.28 Posisi C Kwh meter merk Hexing.....	43
Gambar 3.29 Posisi D Kwh meter merk Hexing.....	43
Gambar 3.30 Ukuran Kwh meter merk Melcoinda.....	44
Gambar 3.31 Posisi A Kwh meter merk Melcoinda.....	44
Gambar 3.32 Posisi B Kwh meter merk Melcoinda .....	45
Gambar 3.33 Posisi C Kwh meter merk Melcoinda .....	45
Gambar 3.34 Posisi D Kwh meter merk Melcoinda .....	46
Gambar 4.1 <i>Training</i> pada <i>software</i> matlab .....	48
Gambar 4.2 Grafik hasil <i>training</i> .....	49
Gambar 4.3 Grafik hasil <i>testing</i> .....	50
Gambar 4.4 Grafik hasil deteksi nomor meter menggunakan Logitech C922.....	53
Gambar 4.5 Grafik hasil deteksi nomor meter menggunakan NYK A96 .....	56
Gambar 4.6 Grafik hasil deteksi nomor meter menggunakan iPhone Xr .....	60
Gambar 4.7 Grafik hasil deteksi tahun menggunakan Logitech C922 .....	63
Gambar 4.8 Grafik hasil deteksi tahun menggunakan NYK A96.....	67
Gambar 4.9 Grafik hasil deteksi tahun menggunakan iPhone Xr.....	70
Gambar 4.10 (a) Pantulan cahaya dan (b) kerusakan bentuk karakter.....	70
Gambar 4.11 (a) Ukuran karakter tahun dan (b) kerusakan bentuk karakter.....	71

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Energi listrik merupakan kebutuhan manusia yang sangat penting untuk dimanfaatkan pada keperluan unit layanan seperti rumah tangga, rumah sakit, pusat perbelanjaan, perkantoran dan kepentingan perindustrian. Semakin berkembangnya pemakaian energi listrik, kebutuhan listrik untuk setiap unit layanan tentu saja berbeda-beda dari setiap waktu pemakaiannya. Oleh karena itu kebutuhan instrumen pencatat daya terpakai menjadi penting bagi penyedia daya listrik seperti Perusahaan Listrik Negara (PLN). Data daya listrik terpakai pada periode waktu tertentu dari sebuah instrumen pencatat.

Kilowatt hour (Kwh) meter adalah dasar nilai untuk penentuan tarif bagi transaksi antara PLN dengan pelanggan. Kilowatt hour meter adalah alat untuk mengukur jumlah pemakaian energi pada pelanggan. Beberapa masalah sering terjadi pada Kwh meter seperti tegangan *drop*, *keypad* rusak, dan layar LCD mati sehingga Kwh meter harus diganti. Penggantian Kwh meter ini dilakukan dalam upaya mengurangi susut energi listrik dimana energi listrik yang digunakan oleh pelanggan tidak tercatat sehingga PLN mengalami kerugian. Penggantian Kwh meter juga memiliki tujuan untuk meningkatkan keandalan, keakuratan alat dan memberikan kepuasan layanan kepada pelanggan. Untuk Kwh meter yang rusak akan di data agar dapat dikembalikan ke gudang Unit Induk Distribusi (UID) Lampung.

Proses pendataan Kwh meter yang rusak meliputi merk, nomor meter, dan tahun Kwh meter. Hasil dari pendataan tersebut dapat dianalisis oleh 2 pihak perusahaan agar menjadi bahan pertimbangan untuk memperoleh kebijakan perusahaan dalam

menetapkan merk Kwh meter yang akan dipakai dengan mempertimbangkan aspek kualitas, keandalan, dan harga. Pendataan Kwh meter rusak dilakukan secara manual yakni dengan mencatatnya satu per satu sehingga memerlukan tenaga dan waktu yang cukup lama. Oleh karena itu, agar pendataan Kwh meter rusak dilakukan secara efisien maka dibutuhkan alat yang dapat mendata Kwh meter rusak secara cepat.

## **1.2. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat program untuk mendeteksi merk, nomor meter, dan tahun dari citra Kwh meter menggunakan metode *artificial neural network* dan *template matching*.
2. Mengetahui pengaruh resolusi kamera terhadap hasil deteksi dengan posisi kemiringan objek terhadap kamera.
3. Mengetahui pengaruh posisi dan ukuran karakter pada nomor meter dan tahun Kwh meter terhadap kamera.

## **1.3. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mendeteksi merk, nomor meter, dan tahun Kwh meter melalui citra tampak depan Kwh meter ?
2. Bagaimana metode *artificial neural network* digunakan untuk mendeteksi merk Kwh meter dan *template matching* digunakan untuk mendeteksi nomor meter dan tahun Kwh meter ?
3. Bagaimana pengaruh resolusi kamera yang digunakan terhadap akurasi deteksi merk, nomor meter, dan tahun Kwh meter ?

## **1.4. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dibatasi pada 3 merk Kwh meter yakni Sanxing, Hexing, dan Melcoinda.
2. Deteksi dilakukan untuk mengenali merk, nomor meter, dan tahun Kwh meter.
3. Tidak dilakukan rotasi pada citra Kwh meter.
4. Posisi kamera terhadap objek adalah tetap sekitar 26 cm terhadap objek.
5. Kamera menggunakan *webcam* Logitech C922 dengan resolusi 1920 x 1080 *pixel* (2 MP), *webcam* NYK A96 dengan resolusi 2560 x 1920 *pixel* (5 MP), dan *handphone* iPhone Xr dengan resolusi 4032 x 3024 *pixel* (12 MP).

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat ini dapat digunakan untuk proses pendataan identitas Kwh meter rusak di PT. PLN (Persero) bagian transaksi energi listrik.

### **1.6. Hipotesis**

Metode *artificial neural network* dapat mendeteksi merk dan metode *template matching* dapat mendeteksi nomor meter dan tahun dari Kwh meter digital satu fasa.

### **1.7. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan pada penelitian ini terdiri dari 5 bab yaitu sebagai berikut:

#### **BAB I. PENDAHULUAN**

Bab I Pendahuluan berisi tentang latar belakang masalah, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian, hipotesis, dan sistematika penulisan.

#### **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

Bab II Tinjauan pustaka berisi mengenai teori yang berkaitan dan yang digunakan pada pengerjaan penelitian ini.

### BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab III Metodologi penelitian berisi mengenai informasi berkenaan tentang waktu dan tempat penelitian, peralatan yang digunakan, tahapan penelitian, skenario penelitian, dan hasil yang diharapkan.

### BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab IV Hasil dan Pembahasan membahas tentang pengujian dan analisis sistem yang meliputi hasil pelatihan *artificial neural network*, hasil pengujian *artificial neural network*, dan hasil deteksi nomor meter dan tahun Kwh meter menggunakan *template matching*.

### BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab V Kesimpulan dan Saran berisi tentang kesimpulan dan saran-saran untuk perbaikan dan pengembangan sistem selanjutnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Penelitian Terkait**

Pada penelitian yang dilakukan oleh Jerome Paul, Lourdes Dimaala, dan Laurene Gaile berjudul *Object Recognition and Detection by Shape and Color Pattern Recognition Utilizing Artificial Neural Networks* membahas tentang pengenalan objek menggunakan *artificial neural network*. Sistem ini menggunakan tiga langkah utama dalam pengenalan objek, yaitu pemrosesan citra, pemrosesan *artificial neural network*, dan interpretasi dengan tingkat pengenalan sebesar 99% [1].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Manami Barthakur, Tapashi Thakuria, dan Kandarpa Kumar Sarma berjudul *Artificial Neural Network (ANN) Based Object Recognition Using Multiple Feature Sets* membahas tentang pengenalan objek menggunakan *artificial neural network*. Sistem ini menggunakan tiga langkah utama dalam pengenalan objek, yaitu pemrosesan citra, ekstraksi fitur, dan pemrosesan *artificial neural network* dengan tingkat pengenalan 95% [2].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Md. Ashraful Islam, Syed Iqram Hussain, dan Rafiqul Islam berjudul *Car License Plate Detection and Recognition using Morphological Image Processing and Template Matching* membahas tentang deteksi dan identifikasi pelat nomor kendaraan. Metode ini sebagian besar terdiri dari tiga tahap yakni ekstraksi pelat, pemisahan nomor pelat, dan pengenalan nomor dengan tingkat keberhasilan 100% [3].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Irham Ferdiansyah Katili dan Fairuz Dyah Esabella berjudul *Pattern Recognition Of Javanese Letter Using Template*

*Matching Correlation Method* membahas tentang pengenalan tulisan Aksara Jawa menggunakan metode template *matching correlation*. Algoritma *template matching* mencocokkan citra template dengan citra uji setelah melalui proses *Pre-processing* dan segmentasi. Dari penelitian yang telah dilakukan mendapatkan akurasi sebesar 93.44% [4].

## **2.2. Kwh Meter Digital Satu Fasa**

Energi listrik merupakan kebutuhan dasar dalam mendorong segala jenis aktivitas roda kehidupan manusia, yaitu dapat digunakan sebagai penerangan, fasilitas umum, keperluan rumah tangga, keperluan industri dan juga membantu peningkatan perekonomian negara. PT PLN (Perusahaan Listrik Negara) adalah perusahaan yang menyediakan jasa kelistrikan di Indonesia. Untuk menghitung besar pemakaian daya yang dipakai oleh pelanggan, PT. PLN (Persero) menggunakan *Kilo Watt Hour* meter. Terdapat Kwh meter satu fasa dan tiga fasa yang digunakan oleh PT. PLN (Persero) [5].

Kwh meter digital satu fasa menyediakan informasi jumlah energi listrik yang dapat dipakai pelanggan. Persediaan atau kuota tersebut bisa ditambah berapa saja dan kapan saja sesuai pilihan harga yang ditentukan dan kebutuhan serta keinginan pelanggan. Dengan demikian, pelanggan bisa lebih mudah mengontrol penggunaan listrik dengan mengatur sendiri jadwal dan jumlah pembelian listrik. Dengan sistem prabayar, pelanggan tidak perlu berurusan lagi dengan pencatatan meteran yang biasanya dilakukan tiap bulan dan resiko kesalahan dalam pencatatan meteran akan lebih kecil [6]. Secara operasional, penggunaan Kwh meter digital yang terpasang pada pelanggan juga lebih menguntungkan karena petugas tidak perlu melakukan penagihan tiap bulan.

Prinsip kerja Kwh meter digital secara umum yaitu pada Kwh meter digital terdapat mikrokontroler yang menerima perhitungan arus dan tegangan, kemudian mikrokontroler akan mengurangi saldo yang ada seiring dengan pemakaian dari pelanggan. Jika keseimbangan dalam Kwh menjadi nol, relai menerima perintah

untuk memadamkan listrik. Kwh meter digital satu fasa ditunjukkan oleh Gambar 2.1



Gambar 2.1 Kwh meter digital satu fasa

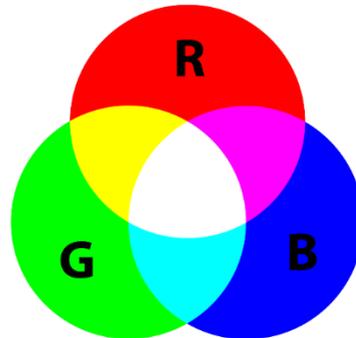
### 2.3. Citra Digital

Secara harfiah, *image* atau citra merupakan gambar pada bidang dwimatra (dua dimensi). Sedangkan dilihat dari sudut pandang matematis, citra merupakan fungsi kontinu atau menerus dari intensitas cahaya pada bidang dwimatra. Citra terdiri dari dua macam jenis, yaitu citra kontinu dan citra diskrit. Citra kontinu berasal dari sistem optik yang menerima sinyal analog. Sedangkan citra diskrit berasal dari proses digitalisasi terhadap citra kontinu. Representasi citra dari fungsi kontinu menjadi nilai-nilai diskrit disebut sebagai digitalisasi. Citra yang dihasilkan inilah disebut citra digital. Secara matematis fungsi intensitas cahaya pada bidang dwimatra disimbolkan dengan  $f(x, y)$  yang dalam hal ini  $(x, y)$  adalah koordinat pada bidang dwimatra.  $f(x, y)$  adalah intensitas cahaya (*brightness*) pada titik  $(x, y)$  [7]. Untuk memperoleh citra digital diperlukan sensor citra dan kemampuan mendigitalkan sinyal yang dihasilkan oleh sensor tersebut. Sensor dapat berupa kamera TV monokrom atau berwarna, kamera video, pemindai atau sensor gambar lain yang mampu menghasilkan gambar digital [8].

#### 2.3.1. Citra RGB

Dalam teknologi saat ini, hampir semua perangkat pemindai memberikan keluaran dalam format warna. Citra berwarna terdiri dari matriks koordinat dan tiga warna.

Matriks koordinat berisi nilai koordinat X, Y dari citra. Matriks warna diberi label sebagai merah (R), hijau (G), dan biru (B) [9]. Warna RGB merupakan suatu warna yang tersusun dari tiga jenis warna yaitu merah (*red*), hijau (*green*), dan biru (*blue*) yang digunakan untuk menghasilkan berbagai macam warna dengan menggabungkan ketiga warna tersebut dengan komposisi tertentu [7]. Model warna RGB ditunjukkan oleh Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Model warna RGB

### 2.3.2. Citra *Grayscale*

Warna *grayscale* atau keabuan merupakan salah satu citra digital yang hanya mempunyai satu nilai kanal disetiap *pixel*. Oleh karena itu, dalam citra *grayscale* hanya membutuhkan nilai intensitas tunggal dibandingkan dengan citra berwarna yang membutuhkan tiga intensitas nilai untuk penyusun tiap *pixel*. Pada mode *grayscale* ini memanfaatkan warna *gray* (abu-abu) sebanyak 256 tingkat gradasi. Citra *grayscale* memiliki nilai *pixel* dari 0 hingga 255. Nilai rentang terendah mewakili intensitas *pixel* hitam dan nilai tertinggi mewakili intensitas *pixel* putih [7] [10]. Citra *grayscale* ini mempunyai rumusan seperti pada persamaan 2.1.

$$f_0(x, y) = \frac{f_i^R(x, y) + f_i^G(x, y) + f_i^B(x, y)}{3} \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana:

$f_0(x, y)$  = Citra *output*

$f_i^R(x, y)$  = Nilai komponen merah

$f_i^G(x, y)$  = Nilai komponen hijau

$f_i^B(x, y)$  = Nilai komponen biru

### 2.3.3. Citra Biner

Citra biner merupakan citra dengan setiap *pixel* dinyatakan dengan nilai 0 atau 1. Citra biner memiliki nilai 0 (hitam) untuk semua *pixel* pada gambar masukan dengan pencahayaan kurang dari ambang batas dan 1 (putih) untuk semua *pixel* lainnya. Dibutuhkan 1 bit di memori untuk menyimpan kedua warna ini. Citra biner 8 dapat dihasilkan dari proses binarisasi yang mengubah citra *grayscale* menjadi citra dengan nilai 0 dan 1 [7] [8]. Citra biner ini mempunyai rumusan seperti pada persamaan 2.2 dan contoh citra biner ditunjukkan oleh Gambar 2.3.

$$f_b(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{jika } f(x, y) < T \\ 1, & \text{jika } f(x, y) \geq T \end{cases} \dots\dots\dots(2.2)$$

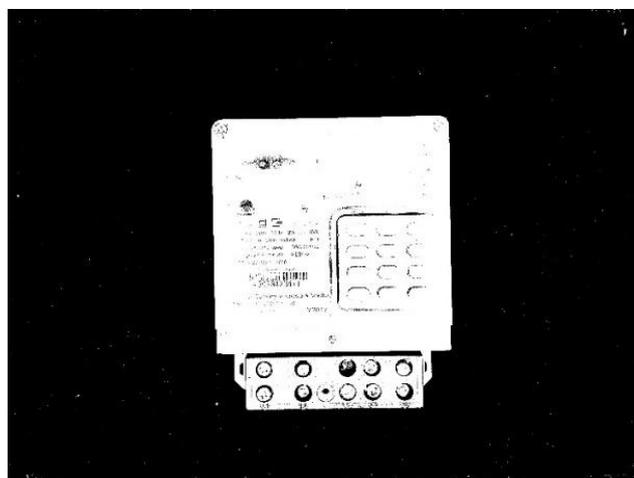
dimana:

$f_b(x, y)$  = Intensitas *pixel* baru di posisi  $(x, y)$ .

$f(x, y)$  = Intensitas *pixel* lama di posisi  $(x, y)$ .

$T$  = Nilai ambang

Jika nilai *pixel* lama kurang dari nilai ambang maka akan diubah menjadi 0, sedangkan jika nilai *pixel* lama lebih dari atau sama dengan nilai ambang maka akan diubah menjadi 1. Pada saat ini penentuan nilai ambang masih dilakukan dengan cara coba-coba (*trial and error*) untuk mendapatkan hasil citra biner yang diharapkan.



Gambar 2.3 Citra biner

## 2.4. Pengolahan Citra

Pengolahan Citra merupakan bidang studi tentang bagaimana suatu citra dibentuk, diproses, dan dianalisis sehingga menghasilkan informasi yang dapat dipahami oleh manusia. Pengolahan citra bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra, melakukan proses pengenalan objek yang terdapat pada gambar, memilih gambar fitur yang optimal untuk tujuan analisis, dan melakukan kompresi atau reduksi data untuk tujuan penyimpanan data, transmisi data, dan waktu pemrosesan data [11]. Ditinjau dari sudut pandang kegunaannya, citra merupakan salah satu bentuk informasi yang diperlukan manusia selain teks, suara, dan video. Informasi ini tidak hanya dibutuhkan oleh manusia untuk berkomunikasi, tetapi dibutuhkan juga oleh manusia untuk berkomunikasi dengan mesin. Informasi yang berada di dalam suatu citra dapat didefinisikan beragam oleh setiap pengguna. Dengan kata lain, informasi yang berada di dalam suatu citra bersifat subjektif tergantung keperluan setiap pengguna. Oleh sebab itu, pengolahan citra dibutuhkan untuk menghasilkan citra yang memiliki informasi yang dikehendaki oleh pengguna [12].

### 2.4.1. *Sharpening*

*Sharpening* merupakan teknik yang dilakukan untuk meningkatkan interpretasi citra dengan mempertajam kontras antara obyek dalam suatu kenampakan. Untuk itu, *sharpening* citra secara sederhana akan mengalihkan data kedalam bentuk yang lebih baik sehingga lebih mudah untuk diinterpretasi. Salah satu metode untuk proses *sharpening* citra dapat dilakukan dengan *unsharp masking*. Meskipun memiliki nama *unsharp*, metode ini merupakan salah satu metode yang digunakan untuk *sharpening* citra. *Unsharp masking* ini merupakan *edge enhancement* yang akan menyebabkan citra *input* menjadi lebih jelas dan tajam tepiannya [13]. Citra hasil penajaman menggunakan *unsharp masking* didapatkan setelah menjumlahkan citra asli dengan citra hasil pengaburan (efek *blurring*) yang didapat dari perkalian antara citra asli dengan *filter*.

Salah satu *filter* yang digunakan untuk membuat efek pengaburan adalah *mean filter*. *Mean filter* adalah filter linear yang bekerja dengan menggantikan intensitas nilai *pixel* dengan rata-rata dari nilai *pixel* tersebut dengan nilai *pixel-pixel* tetangganya. Luasan jumlah *pixel* tetangga ditentukan sebagai *masking/kernel/window* yang berukuran misalkan 2x2, 3x3, 4x4, dan seterusnya. Persamaan *mean filter* dapat dilihat pada persamaan 2.3.

$$G(x, y) = \frac{1}{n} \sum f(x, y) \dots \dots \dots (2.3)$$

dimana:

$f(x, y)$  = Citra asli

$G(x, y)$  = Gambar hasil pengaburan

$(x, y)$  = Mewakili koordinat horizontal dan vertikal.

$n$  = jumlah *pixel*

persamaan citra hasil *unsharp masking* diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$f_{out}(x, y) = f(x, y) + \{f(x, y) - G(x, y)\} \times \lambda \dots \dots \dots (2.4)$$

dimana:

$f_{out}(x, y)$  = Citra hasil penajaman menggunakan *unsharp masking*.

$G(x, y)$  = *Gaussian filter*.

$f(x, y)$  = Citra asli.

$\lambda$  = Faktor koefisien peningkatan dengan invarian rotasi,  $0 \leq \lambda < 1$ .

Secara umum, nilai  $\lambda$  yang wajar adalah antara 0,5 dan 1,5 untuk mencegah efek penajaman yang berlebihan.

#### 2.4.2. *Cropping*

*Cropping* objek sendiri merupakan proses pemotongan area citra sehingga hanya tersisa area citra yang berisi objek saja. Proses ini dilakukan untuk membuang area kosong yang tidak berguna di sekeliling objek. *Cropping* adalah proses pemotongan citra pada koordinat tertentu di area citra. Untuk memotong citra digunakan dua koordinat, yaitu koordinat awal yang merupakan koordinat awal

bagi citra hasil pemotongan dan koordinat akhir yang merupakan titik koordinat akhir dari citra hasil pemotongan [16] [17].

### 2.4.3. *Filling Holes*

Lubang (*holes*) pada citra didefinisikan sebagai wilayah berlatar belakang yang dikelilingi oleh perbatasan *pixel* yang terhubung dengan *foreground*. *Filling holes* didasarkan pada set pelebaran, komplementasi, dan persimpangan untuk mengisi lubang [18]. *Filling holes* digunakan untuk mengisi bagian tengah dari obyek yang berlubang. Agar dapat mengisi lubang, titik di setiap lubang (*holes*) diberi nilai 1 (untuk citra biner) di semua titik sampai mencapai tepi border [19]. Tujuan dari *Filling* adalah mengisi keseluruhan region dengan nilai 1. Operasi ini menggunakan acuan berdasarkan nilai *pixel* tetangganya. citra awal yang memiliki sebuah lubang (*holes*) dapat dihilangkan dengan operasi *filling*. Citra masukan adalah citra biner yang memiliki lubang, kemudian dilakukan pengisian sehingga diperoleh segmen obyek yang pejal/solid [20].

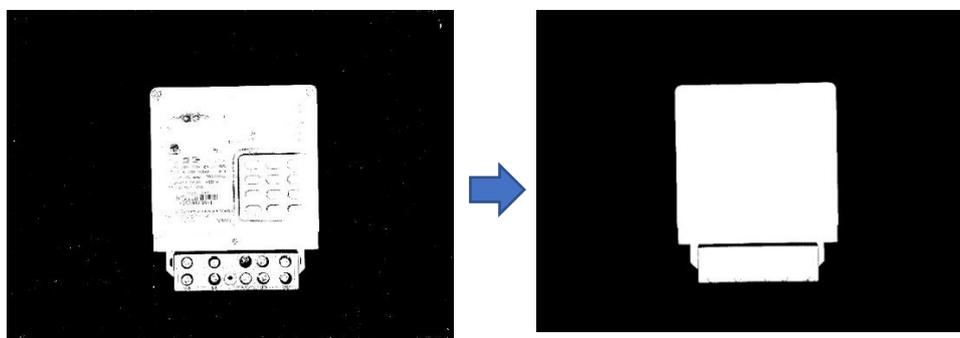
$$x_k = (x_{k-1} \oplus B) \cap A^c \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana:

$x_k$  = Hasil filling

$B$  = Elemen penataan simetris

$A^c$  = Komplemen dari set



Gambar 2.4 *Filling holes*

#### 2.4.4. Resizing

*Resizing* citra artinya mengubah besarnya ukuran citra digital dalam *pixel*. *Resizing* atau penskalaan adalah sebuah operasi geometri yang digunakan untuk memperbesar atau memperkecil ukuran dari sebuah citra sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan. Adakala ukurannya berubah menjadi lebih kecil dari ukuran aslinya dan ada kalanya sebaliknya. Proses *Resizing* citra dapat mempengaruhi *size* citra lebih besar atau lebih kecil dan juga kualitas citra menjadi lebih baik atau lebih buruk.

#### 2.4.5. Edge Detection

Tepi atau *edge* adalah perubahan nilai derajat keabuan pada citra yang besar dalam jarak yang singkat. Perbedaan intensitas inilah yang menandakan adanya perbedaan objek, sehingga selanjutnya dapat diketahui objek-objek yang berbeda pada citra yang dianalisis. Tepi pada umumnya berada pada batas antara dua objek yang berbeda. Deteksi tepi (*Edge Detection*) pada suatu citra adalah suatu proses yang menghasilkan tepi-tepi citra pada obyek citra. Deteksi tepi merupakan langkah pertama untuk melingkupi informasi di dalam citra. Tepi mencirikan batas-batas obyek dan karena itu tepi berguna untuk proses segmentasi dan identifikasi obyek di dalam citra. Tujuan operasi deteksi tepi adalah untuk meningkatkan penampakan garis batas suatu daerah atau obyek di dalam citra [21].

Operator Roberts merupakan deteksi tepi berbasis gradien yang menggunakan dua buah kernel yang berukuran 2x2 pixel. Operator ini mengambil arah diagonal untuk penentuan arah dalam perhitungan nilai gradien sehingga banyak dikenal sebagai operator silang [22]. Perhitungan dalam operator Roberts sebagai berikut:

$$R_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$R_y = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$G = \sqrt{(I * R_x)^2 + (I * R_y)^2} \dots\dots\dots (2.8)$$

dimana:

$I$  = Citra awal

$G$  = Besar gradient operator Roberts

$R_x$  = Gradien Roberts arah horizontal

$R_y$  = Gradien Roberts arah vertikal

## 2.5. Ekstraksi Fitur

Fitur merupakan properti apa pun dari gambar yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi karakter, seperti kurva, area tertutup, garis horizontal & vertikal, simetri, kontur, dan proyeksi. Semakin tinggi jumlah fitur berbeda yang tersedia untuk digunakan, semakin tinggi ketepatan pengenalannya [23]. Ekstraksi fitur adalah proses memperoleh informasi dari data yang paling relevan untuk tahap klasifikasi, seperti informasi bentuk atau warna, sedangkan klasifikasi pola adalah tindakan mengambil informasi dan mengidentifikasi objek di dalam gambar [8] [9]. Dalam mengekstraksi fitur bentuk dapat menggunakan nilai luas, keliling objek *metric* dan *eccentricity*. *Metric* adalah nilai perbandingan antara luas dan keliling suatu benda, sementara itu *eccentricity* merupakan nilai perbandingan antara jarak fokus elips minor dengan fokus elips mayor suatu benda [24].

## 2.6. Bounding Box

*Bounding box* merupakan kotak pembatas yang berfungsi sebagai titik acuan objek yang akan diteliti. Proses pengenalan dimulai dengan mengidentifikasi alfabet dan angka dari latar belakang menggunakan fitur *bounding box*. *Bounding box* dibuat pada citra di mana sistem mendeteksi keberadaan objek [25]. Dimana objek yang terdeteksi pada angka 1 akan dicari titik *center*-nya, kemudian dari titik *center* tersebut dicari areanya. Area yang sudah diketahui kemudian diberi kotak pembatas (*bounding box*) [26].

## 2.7. Template Matching

*Template matching* adalah salah satu teknik dalam pengolahan citra digital yang berfungsi untuk mencocokkan tiap-tiap bagian dari suatu citra dengan citra yang menjadi *template* (acuan). Metode *Template matching* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menjelaskan bagaimana otak kita mengenali kembali bentuk-bentuk atau pola-pola. Metode *template matching* adalah salah satu metode terapan dari teknik konvolusi. Metode ini sering digunakan untuk mengidentifikasi citra karakter huruf, angka, sidik jari (*fingerprint*), dan aplikasi-aplikasi pencocokan citra lainnya [27] [28].

Untuk mengetahui persentase tingkat kemiripan *template* dengan berkas citra sidik jari digunakan perhitungan *template matching*. Nilai diperoleh dengan membandingkan *template* dengan citra target. Semakin persentase nilai mendekati 1, maka perbandingan *template* dengan citra target semakin cocok. Untuk menentukan nilai korelasinya digunakan rumus berikut:

$$r = \frac{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i) \cdot (x_{jk} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i)^2 \cdot \sum_{k=1}^n (x_{jk} - \bar{x}_j)^2}} \dots\dots\dots (2.9)$$

dimana  $x_i$  dan  $x_j$  merupakan rata-rata dari matriks i (*template*) dan j (*input*) yang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_{ik} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_{jk} \dots\dots\dots (2.11)$$

dimana:

$r$  = Nilai korelasi antara dua buah matriks

$x_i$  = Nilai *pixel* ke-k pada matriks i

$x_j$  = Nilai *pixel* ke-k pada matriks j

$\bar{x}_i$  = Rata-rata nilai *pixel* ke-k pada matriks i

$\bar{x}_j$  = Rata-rata nilai *pixel* ke-k pada matriks j

$n$  = Jumlah *pixel* pada suatu matriks

## 2.8. Artificial Neural Network

*Artificial neural network* merupakan suatu sistem pemrosesan informasi yang memiliki karakteristik menyerupai jaringan syaraf biologis. *Artificial neural network* dibuat sebagai generalisasi model matematis dari pemahaman manusia. *Artificial neural network* dapat melihat dan mengenali karakter berdasarkan fitur topologinya seperti bentuk, simetri, area tertutup atau terbuka, dan jumlah *pixel*. Tujuan utama dari *artificial neural network* adalah sebagai pengklasifikasi untuk algoritma klasifikasi yang berbeda. Teknik ini terinspirasi dari sistem saraf otak manusia. Seperti dalam kasus otak manusia, berbagai neuron atau unit tindakan dihubungkan satu sama lain dan digunakan untuk menghasilkan pengetahuan untuk pengambilan keputusan. Neuron akan mengubah informasi yang diterima melalui koneksi keluaran ke neuron lain. Dalam jaringan saraf, hubungan ini dikenal sebagai nama bobot. Informasi ini disimpan pada nilai tertentu pada bobot itu. Keuntungan dari sistem ini adalah dapat dilatih dan kemudian dapat digunakan untuk mengenali karakter yang memiliki rangkaian fitur yang serupa [11] [23] [29]. Secara umum arsitektur *artificial neural network* memiliki 4 komponen utama yakni sebagai berikut:

### 1. Neuron

Neuron merupakan tempat pemrosesan informasi.

### 2. Layer

*Layer* merupakan lapisan dalam jaringan. Lapisan pertama adalah *input* dan lapisan yang terakhir adalah *output*. Diantara lapisan *input* dan *output* terdapat lapisan tersembunyi. Lapisan *input* dan *output* masing-masing berjumlah satu lapisan sedangkan lapisan tersembunyi dapat lebih dari satu.

### 3. Bobot

Setiap sambungan penghubung antar lapisan memiliki bobot yang bersesuaian. Bobot ini akan digunakan untuk menggandakan/ mengalikan isyarat yang dikirim melaluinya.

### 4. Fungsi aktivasi

Setiap neuron akan menerapkan fungsi aktivasi terhadap isyarat hasil penjumlahan berbobot yang masuk kepadanya untuk menentukan isyarat keluarannya [30].

### 2.8.1. Fungsi Aktivasi

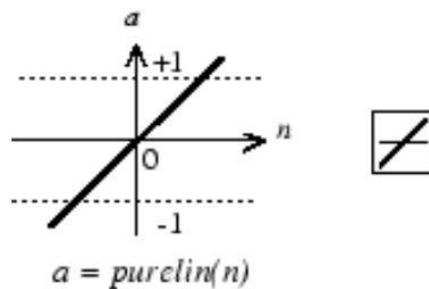
Perilaku dari *artificial neural network* bergantung pada bobot dan fungsi aktivasi *input-output (transfer function)* sistem tersebut. Informasi (*input*) akan dikirim ke neuron dengan bobotnya masing-masing. Input ini akan diproses oleh suatu fungsi perambatan yang akan menjumlahkan nilai-nilai semua bobot yang datang. Hasil penjumlahan ini kemudian akan dibandingkan dengan suatu nilai ambang (*threshold*) tertentu melalui fungsi aktivasi setiap neuron. Apabila nilai *input* tersebut melewati suatu nilai ambang tertentu, maka neuron akan diaktifkan, tapi jika tidak, maka neuron tersebut tidak diaktifkan. Apabila neuron tersebut diaktifkan, maka neuron tersebut akan mengirimkan *output* melalui bobot-bobot *outputnya* ke semua neuron yang terhubung dengannya, demikian seterusnya.

Terdapat beberapa fungsi aktivasi yang sering digunakan *artificial neural network* antara lain sebagai berikut:

#### 1. Fungsi Linear

Pada fungsi linear, aktivitas *output* sebanding dengan total bobot *outputnya*. Fungsi linear dirumuskan sebagai berikut:

$$y = f(x) = x \dots\dots\dots(2.12)$$

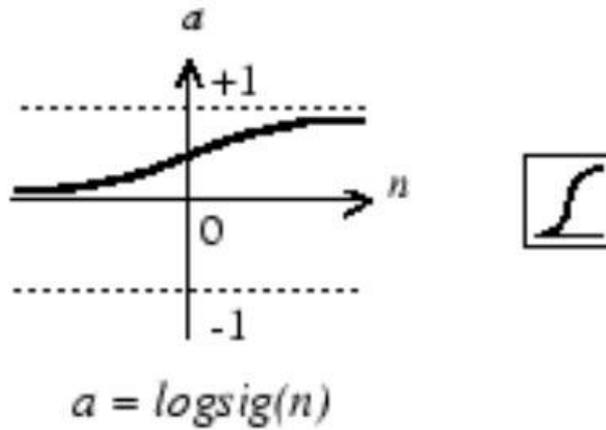


Gambar 2.5 Fungsi purelin

#### 2. Fungsi Sigmoid

Pada fungsi sigmoid, *output* bervariasi secara kontinu tapi tidak linear saat *input* berubah. Fungsi ini biasanya digunakan untuk melatih jaringan dengan metode propagasi balik. Contohnya yaitu fungsi sigmoid biner (logsig) dan fungsi sigmoid bipolar (tansig). Fungsi logsig memiliki nilai pada *range* 0 sampai 1. Fungsi logsig dirumuskan sebagai berikut:

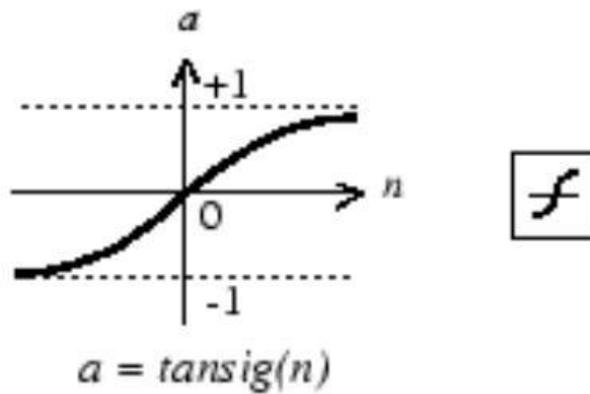
$$y = f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \dots\dots\dots(2.13)$$



Gambar 2.6 Fungsi logsig

Fungsi tansig memiliki range nilai dari 1 sampai -1. Fungsi tansig dirumuskan sebagai:

$$y = f(x) = \frac{1-e^{-x}}{1+e^{-x}} \dots\dots\dots(2.14)$$



Gambar 2.7 Fungsi tansig

### 2.8.2. Pelatihan *Artificial Neural Network*

*Artificial neural network* melaksanakan dua proses, yaitu *learning (training)* dan *testing*. Selama proses *training*, sekumpulan contoh diberikan ke jaringan (*network*). Pada awal proses *training*, jaringan memperkirakan *output* dari setiap contoh. Namun, saat proses *training* berlangsung, jaringan memodifikasi dirinya sampai mencapai tingkat yang stabil sehingga diperoleh *output* yang memuaskan. *Learning* merupakan proses *adaptive* sederhana sampai bobot terhubung ke semua neuron berubah untuk memberikan respon terbaik terhadap semua stimulus yang akan di observasi. *Artificial neural network* memiliki dua acara proses *learning*, terarah (*supervised*) dan tak-terarah (*unsupervised*).

#### 1. *Supervised Learning*

*Supervised learning* adalah mode pembelajaran mesin untuk mempelajari tugas yang memetakan data *input* menjadi data *output* berdasarkan sampel pasangan *input-output*. Ini memiliki tugas untuk menduga sebuah fungsi dari data pelatihan berlabel yang terdiri dari sekumpulan model pelatihan. Dalam sistem pembelajaran ini, sumber luar menyampaikan jaringan melalui satu set stimulus umpan balik yang sebelumnya telah diketahui keluarannya dan selama periode proses eksekusi, efek keluaran secara konstan terkait dengan informasi yang diinginkan. Ketika beberapa iterasi telah dilakukan, aturan slope descent memanfaatkan kesalahan antara *output* nyata dan informasi target untuk menormalkan bobot koneksi untuk mendapatkan kecocokan terdekat antara sinyal target (+) dan sinyal keluar aktual (-), dengan kesalahan kumulatif dan turun untuk memperbarui bobot.

#### 2. *Unsupervised Learning*

Pembelajaran tanpa pengawasan menunjukkan bagaimana sebuah jaringan dapat belajar untuk menandakan beberapa desain *input* dalam sebuah metode yang mereproduksi susunan numerik dari total kumpulan desain atau pola *input*. Ini adalah pembelajaran mesin yang bertugas menduga sebuah fungsi untuk mendefinisikan struktur tersembunyi dari data yang tidak berlabel. Ini tidak lain adalah algoritma pembelajaran yang tidak mengandung label apa pun untuk mengawasi pembelajaran/pelatihan. Dalam algoritme ini, sejumlah besar data dan karakteristik dari setiap pengamatan diberikan sebagai *input*, tetapi tidak dengan

*output* yang diinginkan. Pembelajaran tanpa pengawasan biasanya digunakan (misalnya pengelompokan) untuk memisahkan gambar menjadi dua set atau kelompok berdasarkan beberapa fitur yang melekat pada gambar seperti warna, ukuran, dan bentuk [31].

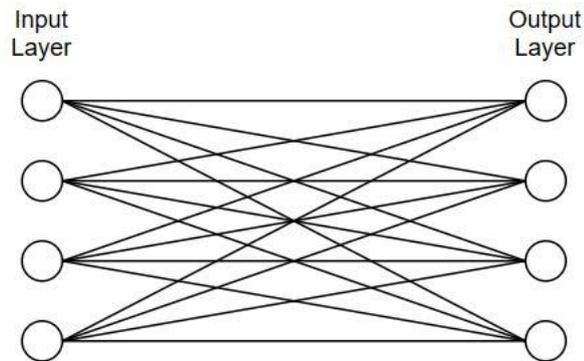
Pada kedua proses diatas, saat jaringan mencapai performasi yang diinginkan, proses *learning* dihentikan dan kemudian bobot dibekukan. Pada keadaan akhir *network* dipertahankan dan dapat digunakan untuk mengklasifikasi *input* baru. Pada tingkat *testing*, *network* menerima sinyal input dan memprosesnya untuk menghasilkan *output*. Jika *network* sudah benar mempelajarinya, maka *output* yang dihasilkan *network* harus sama dengan *output* yang dihasilkan oleh proses *learning* untuk *input* yang sama.

### **2.8.3. Lapisan Artificial Neural Network**

Dalam *artificial neural network*, neuron akan dikumpulkan dalam lapisan yang disebut lapisan neuron. Lapisan pertama dari *artificial neural network* adalah lapisan masukan (*input layer*). Lapisan masukan digunakan untuk memasukkan data dari pemindai atau file *input*. Lapisan ini berisi neuron dalam jumlah bilangan *pixel* pemindai. Neuron pada lapisan masukan mengambil gambar dalam data, yang tidak lain adalah *pixel* dari citra biner dari file *input* pemindai dan mentransfer data ke lapisan tersembunyi. Lapisan tengah antara lapisan masukan dan lapisan keluaran adalah lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Jumlah lapisan tersembunyi akan menjadi setengah dari lapisan sebelumnya. Lapisan tersembunyi digunakan untuk menghitung bobot neuron dari lapisan sebelumnya dan menghasilkan sinyal dengan bantuan fungsi aktivasi dan mentransfer sinyal ke lapisan berikutnya. Lapisan terakhir adalah lapisan keluaran. Lapisan keluaran digunakan untuk menampilkan hasil pencocokan. Jumlah lapisan keluaran mungkin satu atau lebih tergantung pada objek klasifikasi [32].

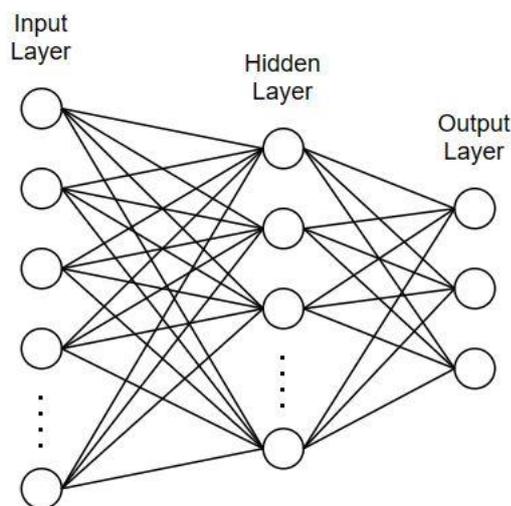
Berdasarkan jumlah lapisan arsitektur *artificial neural network* dapat di klasifikasikan menjadi dua kelas yang berbeda yaitu:

1. Jaringan lapisan tunggal (*single layer network*) merupakan semua unit masukan dalam jaringan ini dihubungkan dalam semua unit keluaran, meskipun dengan bobot yang berbeda – beda. Berikut contoh jaringan lapisan tunggal dapat di lihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Jaringan lapisan tunggal

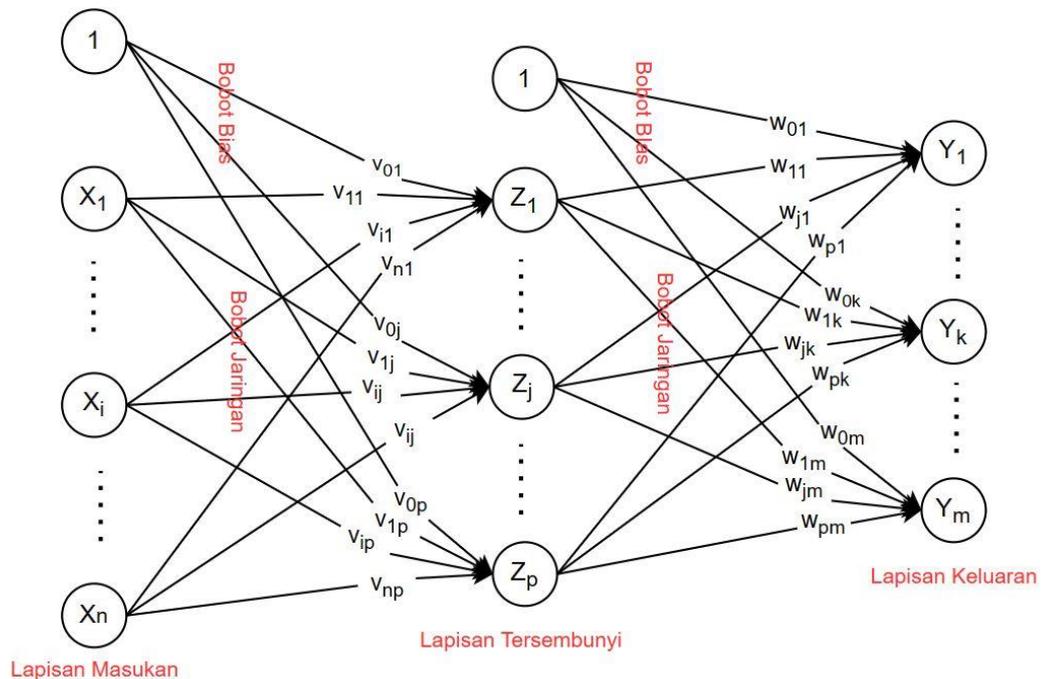
2. Jaringan lapisan jamak (*multi layer network*) adalah jaringan lapisan jamak yang merupakan perluasan dari jaringan lapisan tunggal. jaringan lapisan jamak ini memperkenalkan lapisan tersembunyi (*hidden layer*) yang mempunyai simpun yang disebut neuron tersembunyi (*hidden layer*). Berikut contoh jaringan layar jamak dapat di lihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Jaringan lapisan jamak

### 2.8.4. Backpropagation

*Backpropagation* adalah algoritma pembelajaran untuk memperkecil tingkat *error* dengan cara menyesuaikan bobotnya berdasarkan perbedaan *output* dan target yang diinginkan. *Backpropagation* terdiri dari setidaknya tiga lapisan unit, yakni lapisan masukan (*input layer*), lapisan tersembunyi (*hidden layer*), dan lapisan keluaran (*output layer*) [33]. Pelatihan *backpropagation* terdiri dari 3 fase, yaitu fase propagasi maju (*feedforward*), fase propagasi mundur (*backpropagation*), dan fase modifikasi bobot. Ketiga fase tersebut diulang-ulang hingga kondisi penghentian dipenuhi. Umumnya kondisi penghentian yang sering dipakai adalah jumlah iterasi atau kesalahan. Iterasi akan dihentikan jika jumlah iterasi yang dilakukan sudah melebihi jumlah maksimum iterasi yang ditetapkan, atau jika kesalahan yang terjadi sudah lebih kecil dari batas toleransi yang ditetapkan [34].



Gambar 2.10 Backpropagation

Secara umum *backpropagation* dapat dilihat pada Gambar 2.10 berikut dengan algoritma pelatihan dapat ditulis sebagai berikut:

1. Menginisialisasi bobot dan bias.
2. Menetapkan maksimum iterasi, target kesalahan, dan tingkat pembelajaran ( $\alpha$ ).
3. Selama (iterasi < maksimum iterasi) dan (kesalahan > target kesalahan) maka proses koreksi bobot akan terus dilakukan.

4. Untuk setiap pasangan data pelatihan dilakukan langkah berikut (iterasi = iterasi+1):

- *Feedforward:*

a. Setiap unit masukan menerima data  $x_i$  dan mengirim sinyal masukan ke semua unit pada lapisan berikutnya (lapisan tersembunyi).

b. Tiap - tiap unit pada suatu lapisan tersembunyi  $z_j$  menjumlahkan sinyal masukan terbobot dan menggunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal keluarannya.

$$z\_in_j = \left(\sum_{i=1}^n x_i v_{ij}\right) + v_{0j} \dots\dots\dots (2.15)$$

$$z_j = f(z\_in_j) \dots\dots\dots (2.16)$$

Kemudian sinyal keluaran  $z_j$  akan dikirim ke semua unit pada lapisan berikutnya.

c. Setiap keluaran unit  $y_k$  menjumlahkan sinyal masukan terbobot dan menggunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal keluarannya.

$$y\_in_k = \left(\sum_{q=1}^n z_q w_{jk}\right) + w_{0k} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$y_k = f(y\_in_k) \dots\dots\dots (2.18)$$

- *Backpropagation:*

d. Setiap keluaran unit  $y_k$  menerima target pola masukan pembelajaran kemudian dihitung informasi kesalahannya ( $e = (t_j - y_k)$ ):

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y\_in_k) \dots\dots\dots (2.19)$$

Hitung koreksi bobot untuk memperbaiki nilai  $w_{jk}$ :

$$\Delta w_{jk} = \alpha \delta_k z_j \dots\dots\dots (2.20)$$

Hitung koreksi bobot bias  $w_{0k}$

$$\Delta w_{0k} = \alpha \delta_k \dots\dots\dots (2.21)$$

e. Setiap unit pada lapisan tersembunyi  $z_j$  menjumlahkan delta masukannya (dari unit – unit yang berada di lapisan berikutnya):

$$\delta\_in_j = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{jk} \dots\dots\dots (2.22)$$

Kemudian dihitung informasi kesalahannya:

$$\delta_j = \delta\_in_j f'(z\_in_j) \dots\dots\dots (2.23)$$

Hitung koreksi bobot untuk memperbaiki  $v_{ij}$  :

$$\Delta v_{ij} = \alpha \delta_j x_i \dots\dots\dots(2.24)$$

Hitung koreksi bias untuk memperbaiki nilai  $v_{0j}$  :

$$\Delta v_{0j} = \alpha \delta_j \dots\dots\dots(2.25)$$

- Perubahan bobot :

Perubahan pada bobot menuju unit lapisan tersembunyi:

$$v_{ij}(baru) = v_{ij}(lama) + \Delta v_{ij} \dots\dots\dots(2.26)$$

Perubahan bobot menuju unit keluaran:

$$w_{jk}(baru) = w_{jk}(lama) + \Delta w_{jk} \dots\dots\dots(2.27)$$

5. Apabila kondisi (iterasi < iterasi maksimum) atau (kesalahan  $\geq$  target kesalahan) tercapai maka pelatihan dihentikan.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dimulai pada Januari 2023 sampai Juni 2023. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Elektro dan PT. PLN (Persero) ULP Natar.

#### **3.2. Alat dan Bahan**

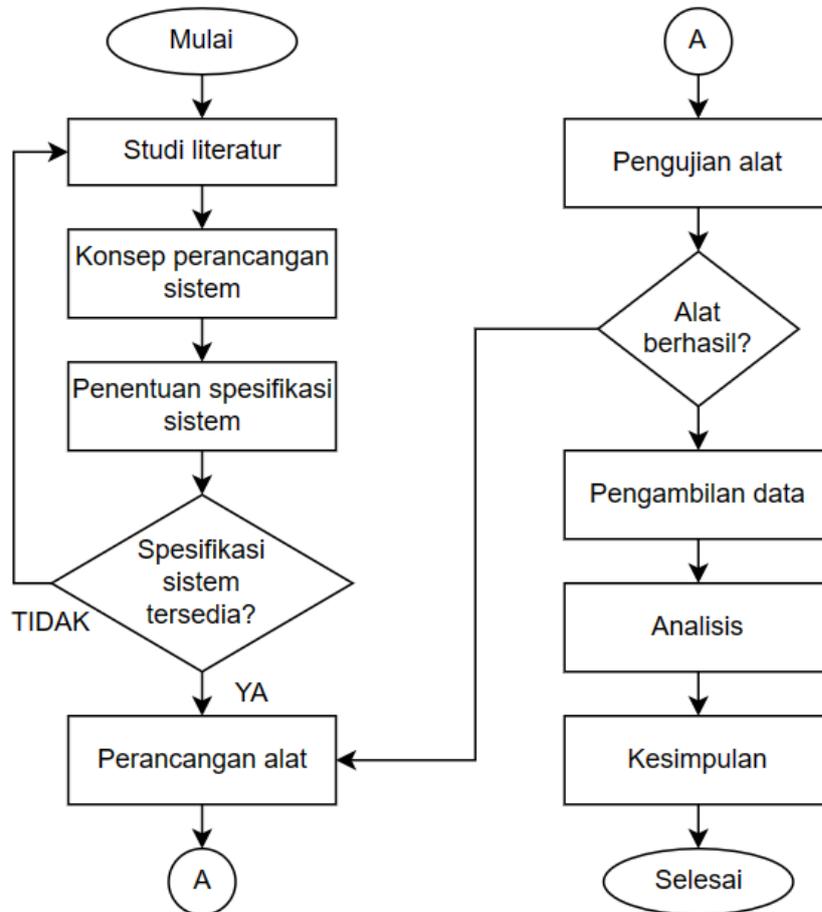
Adapun alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kwh meter digital satu fasa dengan merk Sanxing, Hexing, dan Melcoinda.
2. Laptop Lenovo IdeaPad 330, Intel(R) Core(TM) i5, RAM 8 GB.
3. *Software* Matlab a2017.
4. Kamera *webcam* Logitech C922 resolusi 1920 x 1080 *pixel* (2 MP).
5. Kamera *webcam* NYK A96 resolusi 2560 x 1920 *pixel* (5 MP).
6. Kamera *handphone* iPhone Xr resolusi kamera 4032 x 3024 *pixel* (12 MP).
7. Kotak berukuran 40 cm x 26 cm x 26 cm dengan LED didalamnya.

#### **3.3. Diagram alir Penelitian**

Prosedur penelitian dijelaskan melalui diagram alir pada Gambar 3.1. Penelitian dimulai dengan mencari studi literatur, dengan mencari studi literatur dapat menentukan konsep perancangan sistem. Dengan adanya konsep perancangan sistem, penelitian dilanjutkan menentukan spesifikasi sistem. Jika spesifikasi sistem tidak tersedia atau kurang efektif, maka pencarian literatur dilakukan kembali agar mendapatkan spesifikasi sistem yang efektif.

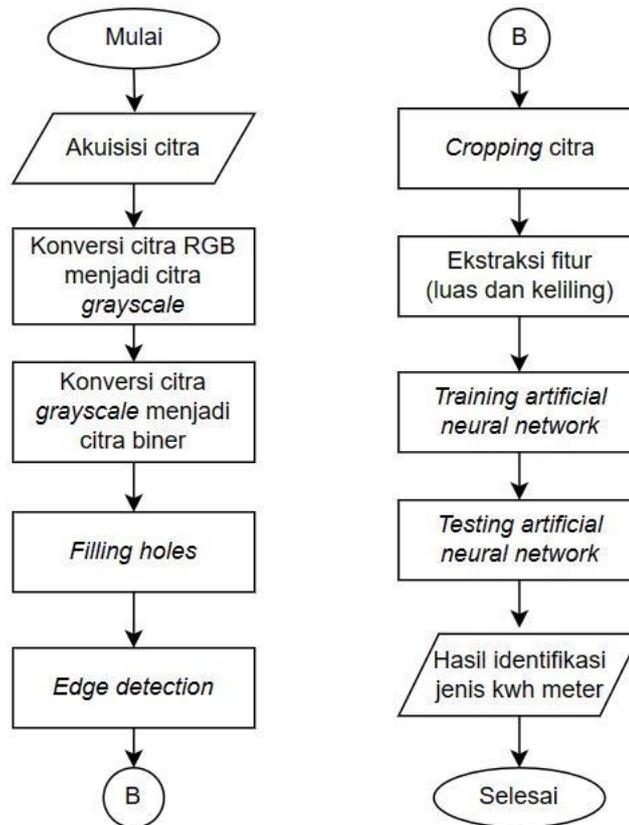
Penelitian dilanjutkan dengan merancang sistem dan dilanjutkan dengan pengujian sistem. Jika pengujian sistem tidak berhasil, maka perancangan sistem perlu dilakukan kembali agar sistem yang diharapkan dapat berkerja dengan baik saat diuji kembali. Setelah pengujian sistem berhasil, penelitian dilanjutkan dengan pengambilan data. Data yang sudah diambil akan dilakukan analisis untuk mendapatkan kesimpulan dari sistem yang telah berhasil dibuat.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

### 3.4. Diagram Alir Deteksi Merk Kwh meter

Adapun proses deteksi merk Kwh meter dijelaskan melalui diagram alir pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram alir deteksi merk Kwh meter

Berdasarkan Gambar 3.2 tahapan untuk identifikasi merk Kwh meter adalah sebagai berikut:

#### 1. Akuisisi citra

Akuisisi citra Kwh meter menggunakan 3 kamera yakni kamera *webcam* Logitech C922 dengan resolusi 1920 x 1080 *pixel*, *webcam* NYK A96 dengan resolusi 2560 x 1920 *pixel*, dan *handphone* iPhone Xr dengan resolusi 4032 x 3024 *pixel*.

#### 2. Konversi citra RGB menjadi citra *grayscale*

Setelah proses akuisisi citra, citra RGB kemudian diubah menjadi citra *grayscale*. Tujuan pengubahan citra RGB menjadi citra *grayscale* karena pemrosesan gambar

berwarna sangat tinggi secara komputasi. Konversi citra RGB menjadi citra *grayscale* dapat dirumuskan dengan persamaan 2.1.

$$f_0(x, y) = \frac{f_i^R(x, y) + f_i^G(x, y) + f_i^B(x, y)}{3}$$

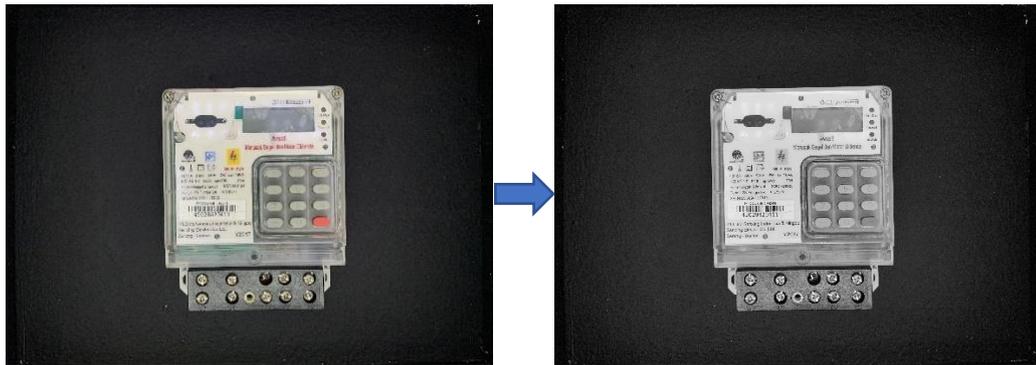
dimana:

$f_0(x, y)$  = Citra *output*

$f_i^R(x, y)$  = Nilai komponen merah

$f_i^G(x, y)$  = Nilai komponen hijau

$f_i^B(x, y)$  = Nilai komponen biru



a. Citra RGB

b. Citra *grayscale*

Gambar 3.3 Konversi citra RGB menjadi citra *grayscale*

### 3. Konversi citra *grayscale* menjadi citra biner

Citra *grayscale* diubah menjadi citra biner menggunakan metode *thersholding* dengan nilai 0 untuk *pixel* hitam dan 1 untuk *pixel* putih. Hasil dari proses perubahan citra *grayscale* menjadi citra biner adalah terpisahnya objek dengan latar belakang. Konversi citra *grayscale* menjadi citra biner dapat dirumuskan dengan persamaan 2.2.

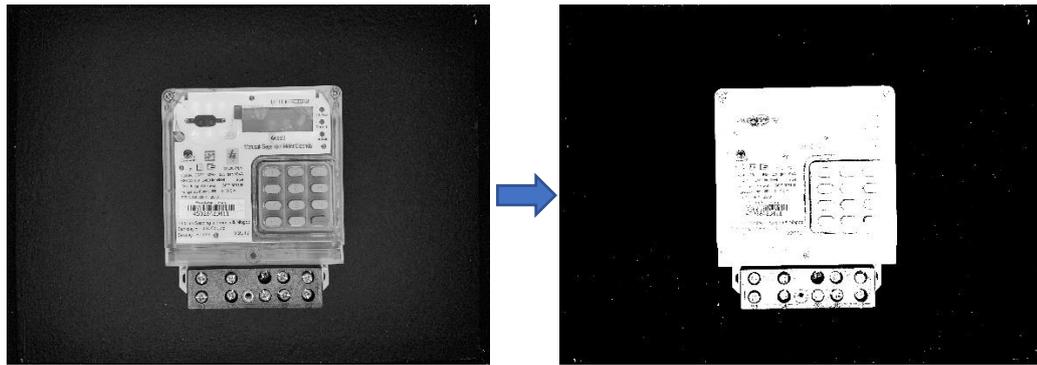
$$f'(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{jika } f(x, y) < T \\ 1, & \text{jika } f(x, y) \geq T \end{cases}$$

dimana:

$f'(x, y)$  = intensitas *pixel* baru di posisi  $(x, y)$ .

$f(x, y)$  = intensitas *pixel* lama di posisi  $(x, y)$ .

$T$  = nilai ambang, pada penelitian ini nilai ambang  $T = 77$ .



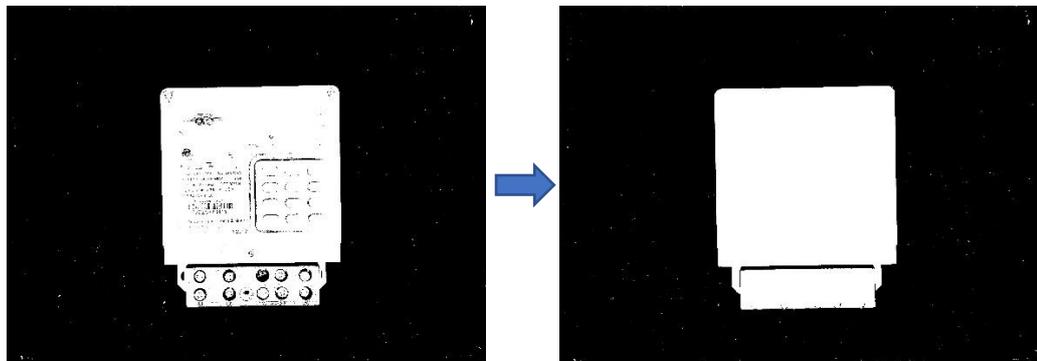
a. Citra *grayscale*

b. Citra biner

Gambar 3.4 Konversi citra *grayscale* menjadi citra biner

#### 4. *Filling holes*

*Filling holes* digunakan untuk mengisi bagian tengah dari obyek yang berlubang. Agar dapat mengisi lubang, titik di setiap lubang (*holes*) diberi nilai 1 (untuk citra biner) di semua titik sampai mencapai tepi border. Citra hasil *filling holes* digunakan untuk mencari parameter luas sebagai *input artificial neural network*.



a. Citra biner

b. Citra biner hasil *filling holes*

Gambar 3.5 Proses *filling holes*

#### 5. *Edge Detection*

Deteksi tepi (*Edge Detection*) pada suatu citra adalah suatu proses yang menghasilkan tepi-tepi citra pada objek citra. Tujuan operasi deteksi tepi adalah untuk meningkatkan penampakan garis batas suatu daerah atau objek di dalam citra yang kemudian digunakan untuk acuan proses selanjutnya yakni proses *cropping* citra. Citra hasil *edge detection* digunakan untuk mencari parameter keliling sebagai *input artificial neural network*. Proses pendeteksian tepi dapat dirumuskan dengan persamaan 2.6, 2.7 dan 2.8.

$$R_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

$$R_y = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

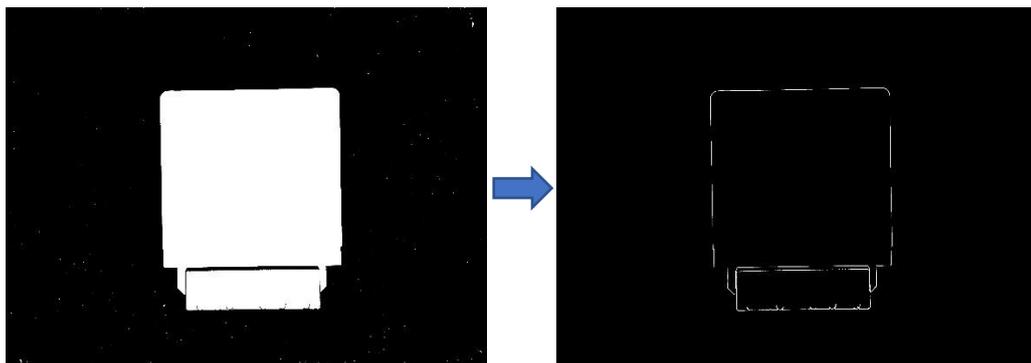
$$G = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

dimana:

$G$  = Besar gradient operator Roberts

$R_x$  = Gradien Roberts arah horizontal

$R_y$  = Gradien Roberts arah vertikal



a. Citra biner hasil *filling holes*

b. *Edge Detection*

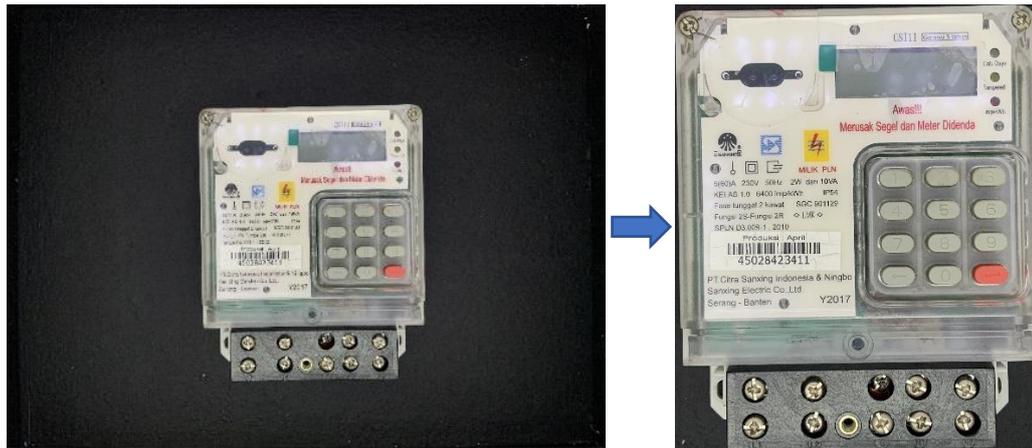
Gambar 3.6 *Edge detection*

## 6. *Cropping* citra

*Cropping* citra dilakukan dengan mendeteksi koordinat titik x sebagai titik horizontal awal, y sebagai titik vertikal awal, w sebagai panjang dimensi horizontal dan h sebagai lebar dimensi vertikal. *Cropping* citra mengacu pada batas-batas tepi yang telah dideteksi oleh proses sebelumnya. Berikut merupakan tabel ukuran citra Kwh meter hasil *cropping*.

Tabel 3.1 Ukuran citra Kwh meter hasil *cropping*

Kamera	Ukuran Citra Kwh Meter		
	Hexing	Melcoinda	Sanxing
Logitech C922	883×881 <i>pixel</i>	946×905 <i>pixel</i>	825×705 <i>pixel</i>
NYK A96	1289×1177 <i>pixel</i>	1372×1311 <i>pixel</i>	1194×1028 <i>pixel</i>
Iphone Xr	1912×1752 <i>pixel</i>	2120×1976 <i>pixel</i>	1819×1520 <i>pixel</i>



a. Citra asli

b. Citra hasil *Cropping*

Gambar 3.7 Citra hasil *cropping*

## 7. Ekstraksi fitur

Setelah mendapatkan citra hasil pemotongan, kemudian proses dilanjutkan dengan ekstraksi fitur. Proses ini bertujuan untuk mengekstraksi informasi dan membedakan fitur dari data yang paling relevan untuk tahap identifikasi. Tujuan utama dari ekstraksi fitur adalah untuk mengekstrak sekumpulan fitur, yang memaksimalkan tingkat pengenalan dengan jumlah elemen yang paling sedikit. Fitur yang akan di ekstraksi adalah nilai dari fitur bentuk yakni luas dan keliling objek. Fitur ini akan menjadi *input* untuk jaringan pelatihan dan pengujian.

## 8. *Training artificial neural network*

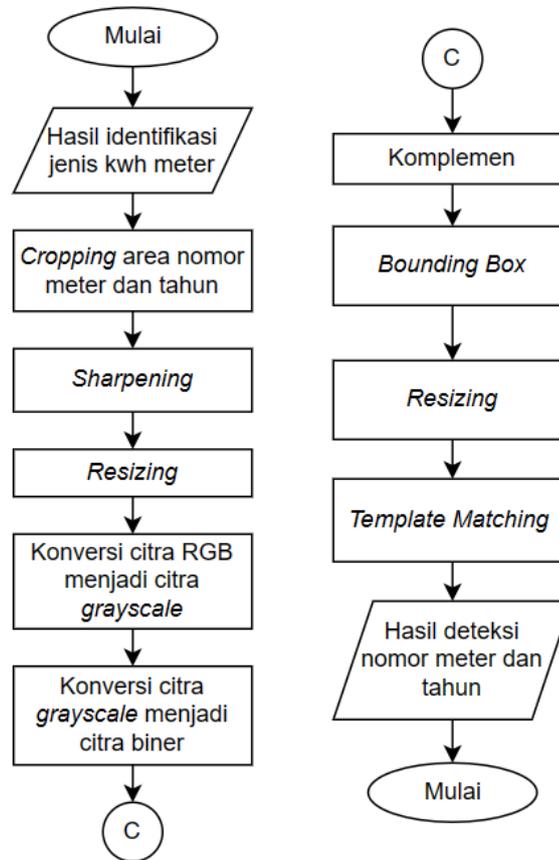
*Artificial neural network* digunakan pada penelitian ini dengan menggunakan algoritma *backpropagation* untuk mengenali dan mengklasifikasikan jenis Kwh meter. Jaringan dilatih dengan 120 buah citra dari 3 merk Kwh meter dimana disetiap merk memiliki 40 buah citra.

## 9. *Testing artificial neural network*

Pengujian dilakukan dengan 36 citra dari 3 merk Kwh meter dimana disetiap merk memiliki 12 citra.

### 3.5. Diagram Alir Deteksi Nomor Meter dan Tahun

Adapun proses deteksi nomor meter dan tahun dijelaskan melalui diagram alir pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Diagram alir deteksi nomor meter dan tahun

Berdasarkan Gambar 3.8 tahapan untuk pengenalan karakter adalah sebagai berikut:

1. *Cropping* area nomor meter dan tahun

Setelah mendapatkan *input* jenis Kwh meter, kemudian dilakukan *cropping* area lokasi nomor meter dan tahun secara otomatis. Gambar 3.9, 3.10, dan 3.11 merupakan contoh dari *cropping* area nomor meter dan tahun dari Kwh meter.



Gambar 3.9 *Cropping* area nomor meter dan tahun merk Hexing



Gambar 3.10 *Cropping* area nomor meter dan tahun merk Melcoinda



Gambar 3.11 *Cropping* area nomor meter dan tahun merk Sanxing

## 2. *Sharpening*

*Sharpening* atau penajaman citra bertujuan untuk memperjelas tepi pada objek didalam citra. Citra hasil *sharpening* menggunakan *unsharp masking* didapatkan setelah menjumlahkan citra asli dengan citra hasil *mean filter*. *Mean filter* dapat dirumuskan dengan persamaan 2.3.

$$G(x, y) = \frac{1}{n} \sum f(x, y)$$

dimana:

$f(x, y)$  = Citra asli

$G(x, y)$  = Gambar hasil pengaburan

$(x, y)$  = Mewakili koordinat horizontal dan vertikal.

$n$  = jumlah *pixel*

Persamaan citra hasil *unsharp masking* diperoleh dengan persamaan 2.4.

$$f_{out}(x, y) = f(x, y) + \{f(x, y) - G(x, y)\} \times \lambda$$

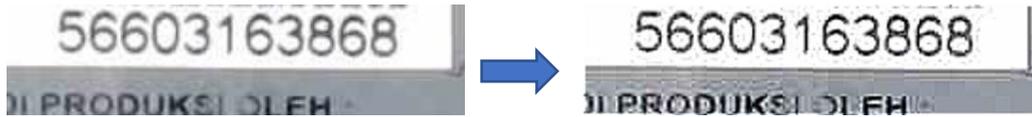
dimana:

$f_{out}(x, y)$  = Citra hasil penajaman menggunakan *unsharp masking*.

$G(x, y)$  = *Gaussian filter*.

$f(x, y)$  = Citra asli.

$\lambda$  = faktor koefisien peningkatan dengan invarian rotasi,  $0 \geq \lambda > 1$ .



Gambar 3.12 Hasil *sharpening*

3. *Resizing*

*Resizing* citra artinya mengubah besarnya ukuran citra digital dalam *pixel*. Pada tahap ini, citra diperbesar 3 kali.

4. Konversi citra RGB menjadi citra *grayscale*

Setelah proses akuisisi citra, citra RGB kemudian diubah menjadi citra *grayscale*. Tujuan pengubahan citra RGB menjadi citra karena pemrosesan gambar berwarna sangat tinggi secara komputasi. Konversi rgb ke *grayscale* ditunjukkan oleh persamaan 2.1.

$$f_0(x, y) = \frac{f_i^R(x, y) + f_i^G(x, y) + f_i^B(x, y)}{3}$$

dimana:

$f_0(x, y)$  = Citra *output*

$f_i^R(x, y)$  = Nilai komponen merah

$f_i^G(x, y)$  = Nilai komponen hijau

$f_i^B(x, y)$  = Nilai komponen biru



Gambar 3.13 Konversi citra RGB menjadi citra *grayscale*

5. Konversi citra *grayscale* menjadi citra biner

Citra *grayscale* diubah menjadi citra biner menggunakan metode *thresholding* dengan nilai 0 untuk *pixel* hitam dan 1 untuk *pixel* putih. Hasil dari proses perubahan citra *grayscale* menjadi citra biner adalah terpisahnya objek dengan latar belakang. Konversi citra biner dirumuskan oleh persamaan 2.2.

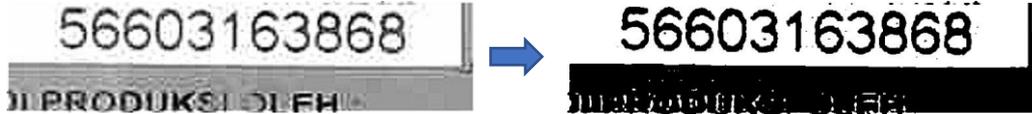
$$f'(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{jika } f(x, y) < T \\ 1, & \text{jika } f(x, y) \geq T \end{cases}$$

dimana:

$f'(x, y)$  = Intensitas pixel baru di posisi  $(x, y)$

$f(x, y)$  = Intensitas pixel lama di posisi  $(x, y)$

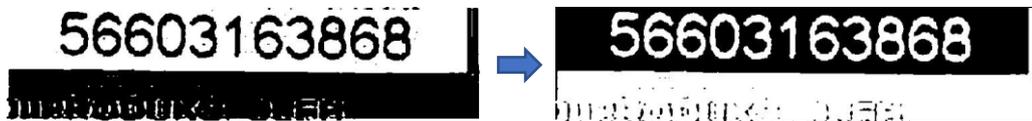
$T$  = Nilai ambang, pada penelitian ini nilai ambang  $T = 153$ .



Gambar 3.14 Konversi citra *grayscale* menjadi citra biner

#### 6. Komplemen

Komplemen atau citra negatif merupakan citra yang nilai *pixel*-nya berkebalikan dengan citra aslinya. Artinya jika *pixel* bernilai 1 maka komplemennya adalah 0 dan sebaliknya.



Gambar 3.15 Komplemen citra digital

#### 7. *Bounding box*

*Bounding box* berfungsi untuk menemukan batas-batas antar karakter dalam citra. *Bounding box* adalah persegi panjang yang berfungsi sebagai titik acuan untuk deteksi objek yang dalam hal ini adalah karakter angka nomor meter dan tahun.



Gambar 3.16 *Bounding box*

#### 8. *Resizing*

Proses berikutnya adalah *resizing* yang berfungsi untuk menyamakan ukuran masing-masing karakter yang berada pada *bounding box*. Pada tahap ini, karakter yang berada pada *bounding box* disamakan dengan ukuran  $24 \times 42$  *pixel*.

### 9. *Template matching*

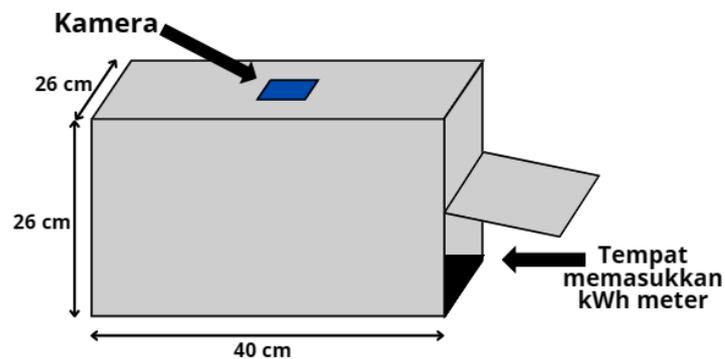
*Template matching* adalah salah satu teknik dalam pengolahan citra digital yang berfungsi untuk mencocokkan tiap-tiap bagian dari suatu citra dengan citra yang menjadi *template* (acuan). Karakter angka berukuran  $24 \times 42$  *pixel* kemudian dicocokkan dengan *template* yang telah disediakan.



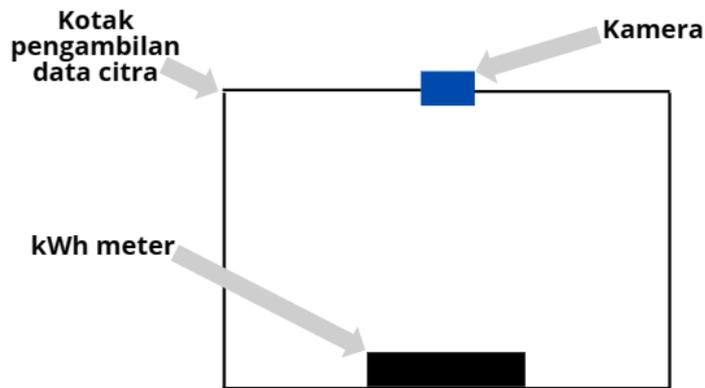
Gambar 3.17 Data *template* angka

### 3.6. *Experiment Set Up*

Untuk mendapatkan citra Kwh meter, pada penelitian ini menggunakan kotak yang terbuat dari multiplex 5 mm yang berukuran panjang = 40 cm, lebar = 26 cm, dan tinggi = 26 cm. Pada kotak ini terdapat kamera di sisi atas yang digunakan untuk men-*capture* gambar. Kotak ini dilengkapi dengan lampu LED sebagai sumber cahaya. Pada kotak ini terdapat bukaan untuk memasukkan Kwh meter. Gambar 3.18 merupakan gambar kotak tampak samping dan Gambar 3.19 merupakan gambar kotak tampak depan.



Gambar 3.18 Kotak untuk pengambilan data citra tampak samping

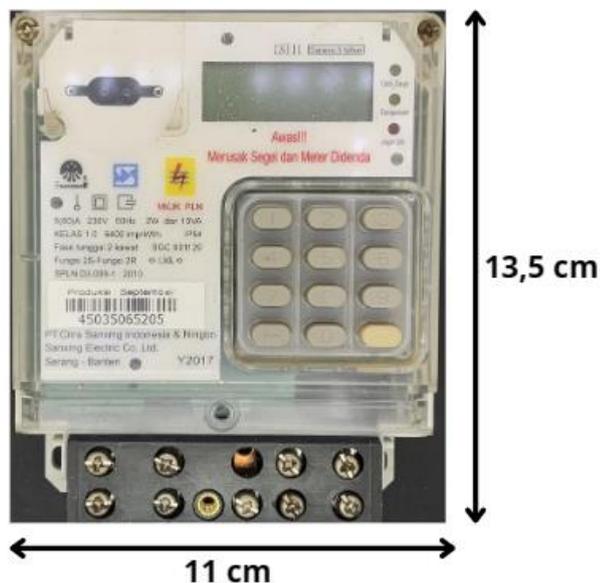


Gambar 3.19 Kotak untuk pengambilan data citra tampak depan

Pada saat pengambilan data citra Kwh meter, terdapat 4 posisi pengambilan gambar terhadap setiap merk Kwh meter. Posisi A adalah posisi dimana pengambilan gambar tegak lurus terhadap Kwh meter. Posisi B adalah posisi dimana terjadi penambahan ketinggian 0,5 cm pada sisi sebelah kanan Kwh meter. Posisi C adalah posisi dimana terjadi penambahan ketinggian 0,5 cm pada sisi sebelah kiri Kwh meter. Posisi D adalah posisi dimana terjadi penambahan ketinggian 0,5 cm pada sisi atas Kwh meter. Berikut ini merupakan gambar ilustrasi pengambilan gambar pada setiap merk Kwh meter.

1. Kwh meter merk Sanxing

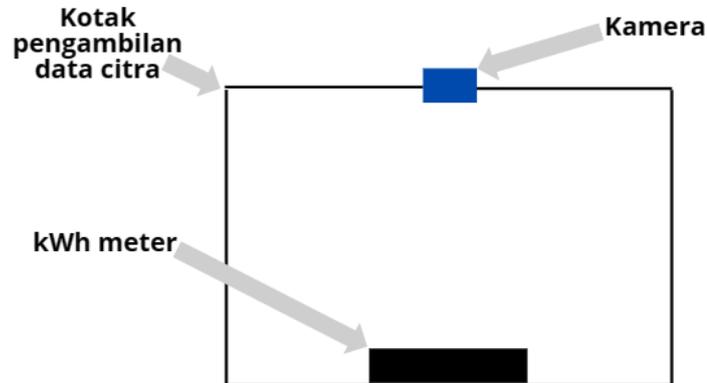
Kwh meter merk Sanxing memiliki ukuran Panjang = 11 cm dan lebar = 13,5 cm. Gambar 3.20 merupakan ukuran dari Kwh meter merk Sanxing.



Gambar 3.20 Ukuran Kwh meter merk Sanxing

a. Posisi A

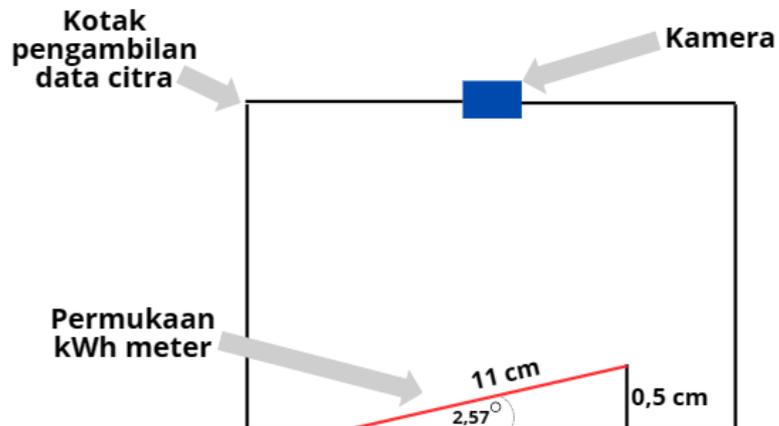
Posisi A merupakan posisi dimana pengambilan gambar tegak lurus terhadap Kwh meter. Gambar 3.21 merupakan ilustrasi posisi A Kwh meter merk Sanxing.



Gambar 3.21 Posisi A Kwh meter merk Sanxing

b. Posisi B

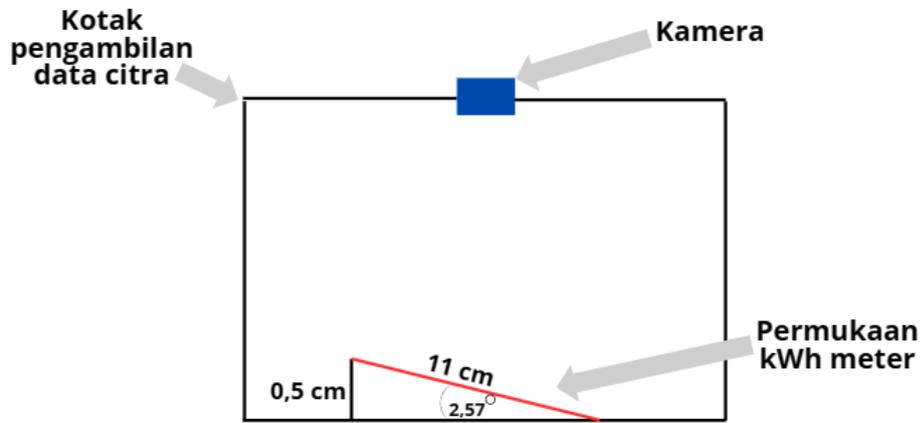
Posisi B adalah posisi dimana terjadi penambahan ketinggian 0,5 cm pada sisi sebelah kanan kWh meter sehingga memiliki sudut  $\theta = 2,57^\circ$ . Gambar 3.22 merupakan ilustrasi posisi B kWh meter merk Sanxing.



Gambar 3.22 Posisi B Kwh meter merk Sanxing

c. Posisi C

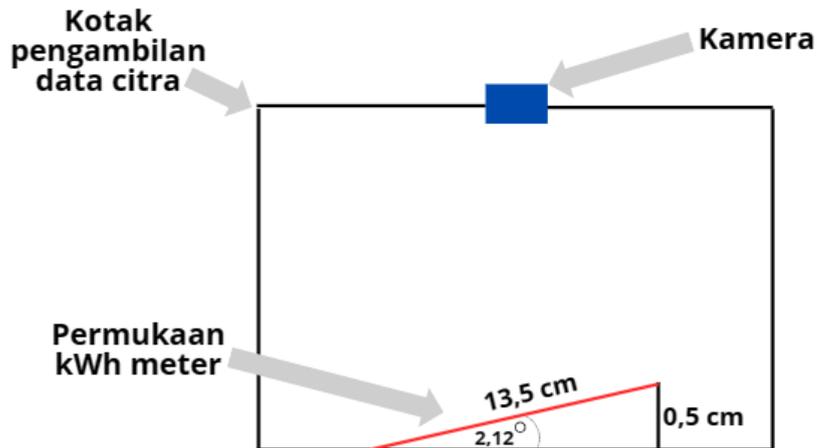
Posisi C adalah posisi dimana terjadi penambahan ketinggian 0,5 cm pada sisi sebelah kiri Kwh meter sehingga memiliki sudut  $\theta = 2,57^\circ$ . Gambar 3.23 merupakan ilustrasi posisi C Kwh meter merk Sanxing.



Gambar 3.23 Posisi C Kwh meter merk Sanxing

d. Posisi D

Posisi D adalah posisi dimana terjadi penambahan ketinggian 0,5 cm pada sisi sebelah atas Kwh meter sehingga memiliki sudut  $\theta = 2,12^\circ$ . Gambar 3.24 merupakan ilustrasi posisi D Kwh meter merk Sanxing.



Gambar 3.24 Posisi D Kwh meter merk Sanxing

2. Kwh meter merk Hexing

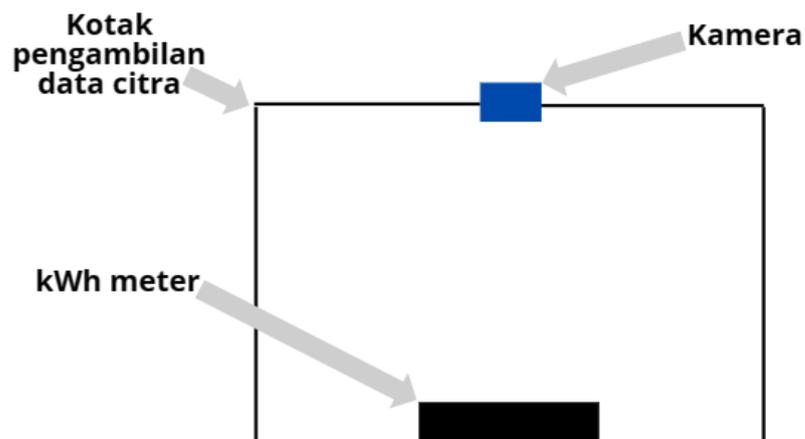
Kwh meter merk Hexing memiliki ukuran panjang = 12 cm dan lebar = 13 cm. Gambar 3.25 merupakan ukuran dari Kwh meter merk Hexing.



Gambar 3.25 Ukuran Kwh meter merk Hexing

a. Posisi A

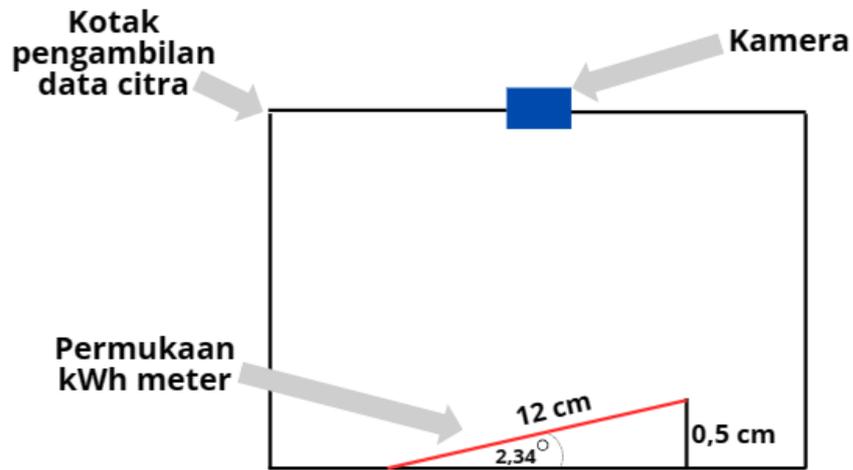
Posisi A merupakan posisi dimana pengambilan gambar tegak lurus terhadap Kwh meter. Gambar 3.26 merupakan ilustrasi posisi A Kwh meter merk Hexing.



Gambar 3.26 Posisi A Kwh meter merk Hexing

b. Posisi B

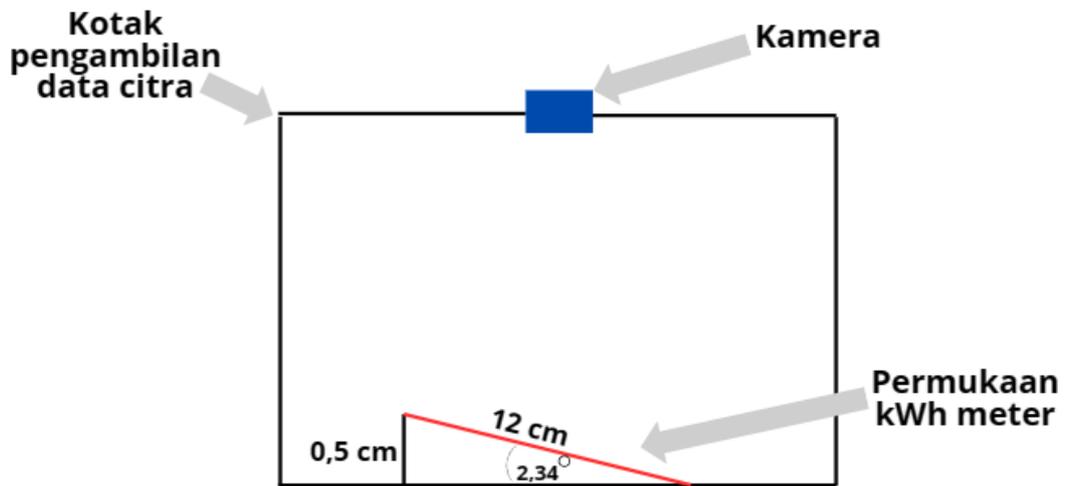
Posisi B adalah posisi dimana terjadi penambahan ketinggian 0,5 cm pada sisi sebelah kanan Kwh meter sehingga memiliki sudut  $\theta = 2,34^\circ$ . Gambar 3.27 merupakan ilustrasi posisi B Kwh meter merk Hexing.



Gambar 3.27 Posisi B Kwh meter merk Hexing

c. Posisi C

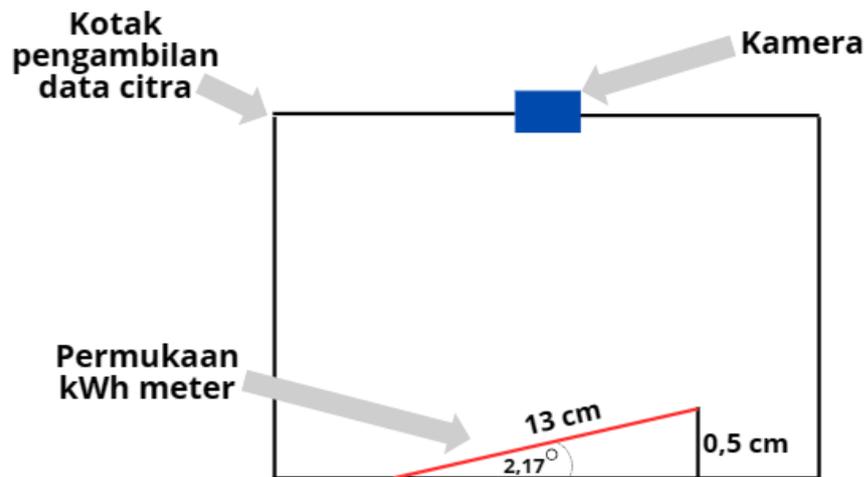
Posisi C adalah posisi dimana terjadi penambahan ketinggian 0,5 cm pada sisi sebelah kiri Kwh meter sehingga memiliki sudut  $\theta = 2,34^\circ$ . Gambar 3.28 merupakan ilustrasi posisi C Kwh meter merk Hexing.



Gambar 3.28 Posisi C Kwh meter merk Hexing

d. Posisi D

Posisi D adalah posisi dimana terjadi penambahan ketinggian 0,5 cm pada sisi sebelah atas Kwh meter sehingga memiliki sudut  $\theta = 2,17^\circ$ . Gambar 3.29 merupakan ilustrasi posisi D Kwh meter merk Hexing.

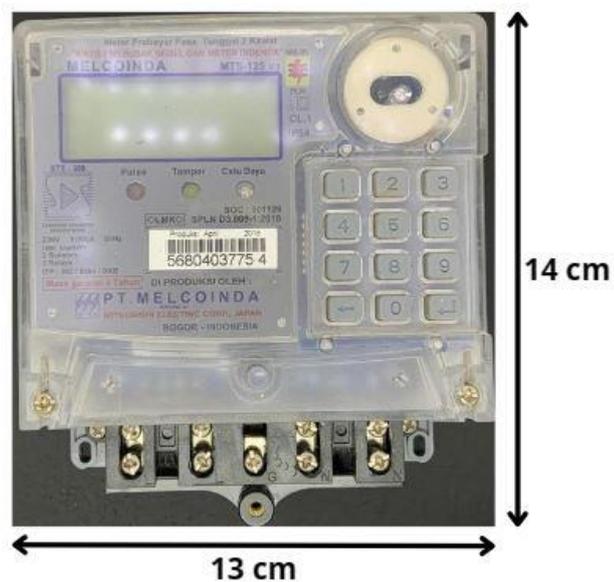


Gambar 3.29 Posisi D Kwh meter merk Hexing

### 3. Kwh meter merk Melcoinda

Kwh meter merk Melcoinda memiliki ukuran panjang = 13 cm dan lebar = 14 cm.

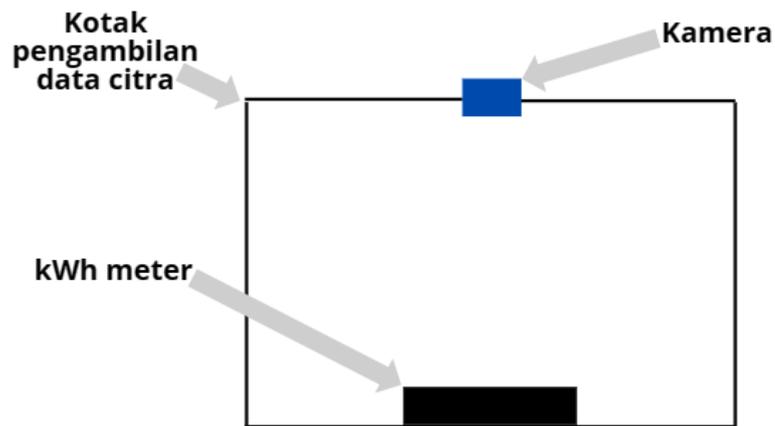
Gambar 3.30 merupakan ukuran dari Kwh meter merk Melcoinda.



Gambar 3.30 Ukuran Kwh meter merk Melcoinda

#### a. Posisi A

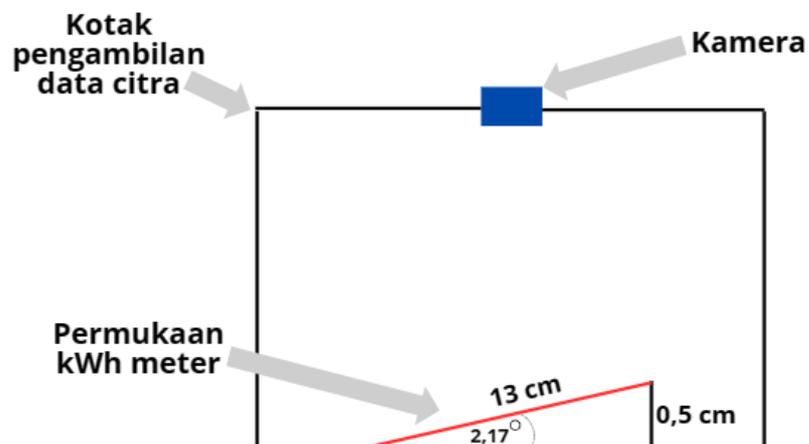
Posisi A merupakan posisi dimana pengambilan gambar tegak lurus terhadap Kwh meter. Gambar 3.31 merupakan ilustrasi posisi A Kwh meter merk Melcoinda.



Gambar 3.31 Posisi A Kwh meter merk Melcoinda

b. Posisi B

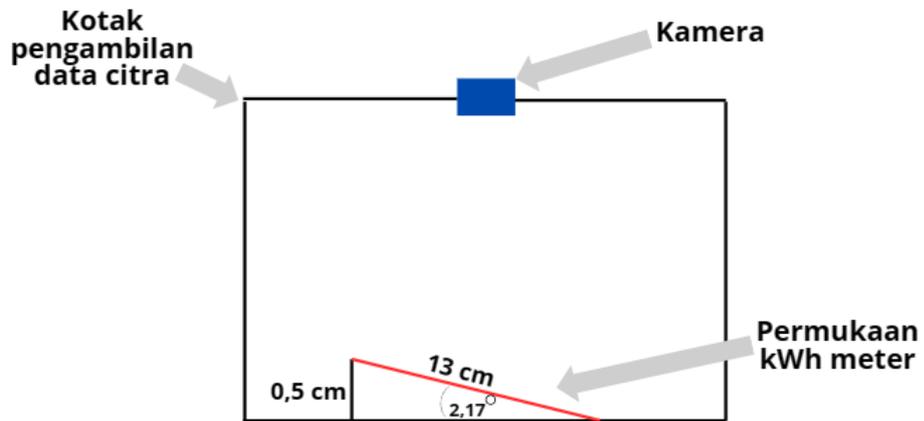
Posisi B adalah posisi dimana terjadi penambahan ketinggian 0,5 cm pada sisi sebelah kanan kWh meter sehingga memiliki sudut  $\theta = 2,17^\circ$ . Gambar 3.32 merupakan ilustrasi posisi B kWh meter merk Melcoinda.



Gambar 3.32 Posisi B Kwh meter merk Melcoinda

c. Posisi C

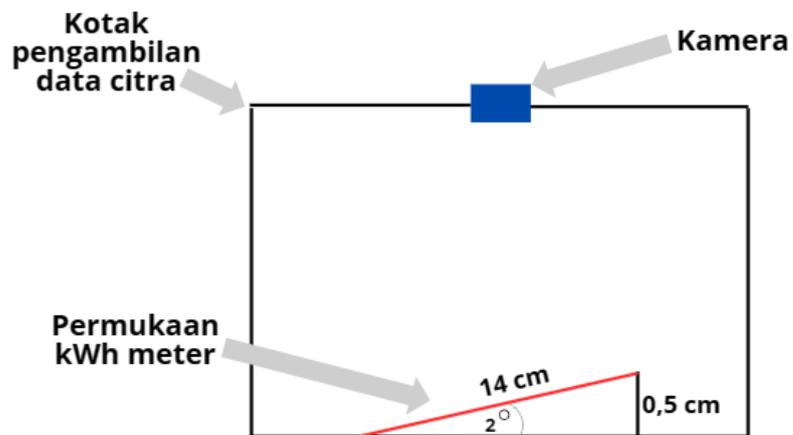
Posisi C adalah posisi dimana terjadi penambahan ketinggian 0,5 cm pada sisi sebelah kiri kWh meter sehingga memiliki sudut  $\theta = 2,17^\circ$ . Gambar 3.33 merupakan ilustrasi posisi C kWh meter merk Melcoinda.



Gambar 3.33 Posisi C Kwh meter merk Melcoinda

d. Posisi D

Posisi D adalah posisi dimana terjadi penambahan ketinggian 0,5 cm pada sisi sebelah atas Kwh meter sehingga memiliki sudut  $\theta = 2^\circ$ . Gambar 3.34 merupakan ilustrasi posisi D Kwh meter merk Melcoinda.



Gambar 3.34 Posisi D Kwh meter merk Melcoinda

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Program yang dibuat berhasil mendeteksi merk dengan nilai *error* 0%. Hasil deteksi nomor meter menggunakan *webcam* Logitech C922 memiliki rata-rata *error* 5,30%, *webcam* NYK A96 memiliki rata-rata *error* 9,59%, dan *handphone* iPhone Xr memiliki rata-rata *error* 0,75%. Hasil deteksi tahun menggunakan *webcam* Logitech C922 memiliki rata-rata *error* 35,41%, *webcam* NYK A96 memiliki rata-rata *error* 26,38%, dan *handphone* iPhone Xr memiliki rata-rata *error* 4,86%.
2. Resolusi kamera yang digunakan berpengaruh pada hasil deteksi, semakin besar resolusi kamera yang digunakan dapat mengurangi nilai *error* pada hasil deteksi dengan posisi pengambilan citra tampak depan Kwh meter yang miring.
3. Kwh meter merk Sanxing merupakan Kwh meter dengan tingkat *error* deteksi nomor meter dan tahun Kwh meter paling rendah, dikarenakan ukuran karakter paling ideal dibandingkan dengan merk lainnya sehingga ketiga kamera dapat mendeteksi.

#### **5.2. Saran**

1. Menggunakan kamera dengan resolusi minimal 12 MP agar mengurangi nilai *error* pada hasil deteksi.
2. Perlu dilakukan pengaturan pencahayaan agar tidak ada pantulan cahaya pada citra Kwh meter.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Paul, L. Dimaala and L. Gaile, "Object Recognition and Detection by Shape and Color Pattern Recognition Utilizing Artificial Neural Networks," in *International Conference of Information and Communication Technology (ICoICT)*, 2013.
- [2] M. Barthakur, T. Thakuria and K. K. Sarma , "Artificial Neural Network (ANN) Based Object Recognition Using Multiple Feature Sets," *Soft Computing Techniques in Vision*, pp. 129-135, 2012.
- [3] M. A. Islam, S. I. Hussain and R. Islam, "Car License Plate Detection and Recognition using Morphological Image Processing and Template Matching," *Journal of Computer Technology & Applications*, vol. I, no. 1, 2020.
- [4] I. F. Katili and F. D. Esabella, "Pattern Recognition Of Javanese Letter Using Template Matching Correlation Method," *Journal of Applied Intelligent System*, vol. III, p. 49 – 56, 2018.
- [5] D. Gunawan, Y. Shalahuddin and D. Erwanto, "Studi Komparasi Kwh Meter Pascabayar Dengan Kwh Meter Prabayar Tentang Akurasi Pengukuran Terhadap Tarif Listrik Yang Bervariasi," *Sistem Kendali Tenaga Elektronika Telekomunikasi Komputer (SETRUM)*, vol. VII, 2018.
- [6] D. Lumbantoruan, F. Silalahi, A. Sembiring and J. Silitonga, "Rancang Bangun Prototype Meteran Listrik Prabayar," *Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan*, 2014.
- [7] N. D. Cahyo, "Pengenalan Nomor Plat Kendaraan Dengan Metode Optical Character Recognition," *Ubiquitous: Computers and its Applications Journal*, vol. II, pp. 75-84, 2019.
- [8] A. Mohamed, F. H. BT Mat, O. Mutalib, S. and N. H. Arshad, "Batu Aceh Typology Identification Using Back Propagation Algorithm," *Wseas Transactions on Information Science & Applications*, vol. V, no. 1, 2008.
- [9] N. Y. Choudhary, R. Patil, B. Umesh and B. M Chaudhari, "Signature Recognition & Verification System Using Back Propagation Neural Network," *International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research (IJIEASR)*, vol. II, 2013.

- [10] S. Afroge, B. Ahmed and F. Mahmud , "Optical Character Recognition using Back Propagation Neural Network," *2nd International Conference on Electrical, Computer & Telecommunication Engineering (ICECTE)* , 2016.
- [11] R. A. Surya, A. Fadlil and A. Yudhana, "Identification of Pekalongan Batik Images Using Backpropagation Method," in *Conference on Fundamental and Applied Science for Advanced Technology*, 2019.
- [12] S. R. Sulistiyani, F. A. Setyawan and K. M, *Pengolahan Citra, Dasar dan Contoh Penerapannya*, Yogyakarta: Teknosian, 2016.
- [13] "Pengembangan Sistem Identifikasi Biometrik Wajah Menggunakan Metode Neural Network dan Pattern Matching," Universitas Indonesia, Depok, 2008.
- [14] Y. Song, C. Li, S. Xiao, H. Xiao and B. Guo, "Unsharp masking image enhancement the parallel algorithm based on cross-platform," *Scientific Reports*, 2022.
- [15] X. Lin, J.-H. Li, S.-L. Wang, A.-W.-C. Liew, F. Cheng and X.-S. Huang, "Recent Advances in Passive Digital Image Security Forensics: A Brief Review," *Engineering*, pp. 29-39, 2018.
- [16] E. Hara, "Sistem Pengenalan Tulisan Tangan Aksara Lampung Dengan Metode Deteksi tepi (Canny) Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation," Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2016.
- [17] S. "Akuisisi dan Analisa Sistem Pengenalan Karakter Pada Citra Plat Nomor Kendaraan Menggunakan Metode Template Matching," Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2012.
- [18] A. Setiawan, E. Suryani and W. , "Segmentasi Citra Sel Darah Merah Berdasarkan Morfologi Sel Untuk Mendeteksi Anemia Defisiensi Besi," *Jurnal ITsmart*, vol. III, 2014.
- [19] S. I. Syafi'i, R. T. Wahyuningrum and A. Muntasa, "Segmentasi Obyek Pada Citra Digital menggunakan Metode Otsu Thresholding," *Jurnal Informatika*, vol. 13, pp. 1-8, 2015.
- [20] A. F. Fahrianto, A. Agusta and A. T. Muharam , "Pendeteksian Posisi Plat Nomor Mobil Menggunakan Metode Morfologi Dengan Operasi Dilasi filling Holes, dan Opening," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. VIII, 2015.
- [21] M. F. F. Puspendari , "Implementasi Metode Deteksi Tepi Dengan Operator Sobel Untuk Optimasi Segmentasi Citra Dokumen Beraksara Jawa," Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, 2011.

- [22] H. A. Sholeh, "Studi Perbandingan Pengenalan Karakter Aksara Lampung Dengan Metode Deteksi Tepi Roberts dan Sobel," Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2018.
- [23] V. Shrivastava and N. Sharma, "Artificial Neural Network Based Optical Character Recognition," *Signal & Image Processing : An International Journal (SIPIJ)*, 2012.
- [24] H. Mayatopani, R. I. Borman, W. T. Atmojo and A. , "Classification of Vehicle Type Using Backpropagation Neural Network With Metric and Eccentricity Parameters," *Jurnal Riset Informatika*, vol. IV, 2021.
- [25] K. Yogheedha, A. and H. , "Automatic Vehicle License Plate Recognition System based on Image Processing and Template Matching Approach," in *International Conference on Computational Approach in Smart Systems Design and Applications (ICASSDA)*, Kuching, 2018.
- [26] R. and I. Susilawati, "Identification Image Handwriting to Determine Introvert or Extrovert Character Personality Using LS Classifier Methode," *Jurnal Multimedia & Artificial Intelligence*, vol. III, 2019.
- [27] A. W. Wardhana and Y. Prayudi, "Penggunaan Metode Template Matching Untuk Identifikasi Kecacatan Pada PCB," in *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*, Yogyakarta, 2008.
- [28] B. Leksono, A. Hidayatno and R. I. R. , "Aplikasi Metode Template Matching untuk Klasifikasi Sidik Jari," *Transmisi*, pp. 1-6, 2011.
- [29] H. Mehta, S. Singla and A. Mahajan, "Optical Character Recognition (OCR) System for Roman Script & English Language using Artificial Neural Network (ANN) Classifier," *International Conference On Research Advances in Integrated Navigation System (RAINS)*, 2016.
- [30] D. G. Wicaksono, "Perangkat Lunak Identifikasi Nilai Nominal dan Keaslian Uang Kertas Rupiah Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation," in *Universitas Indonesia*, Depok, 2007.
- [31] H. U. Dike, Y. Zhou, K. K. Deveerasetty and Q. Wu, "Unsupervised Learning Based On Artificial Neural Network: A Review," in *International Conference on Cyborg and Bionic Systems*, Shenzhen, 2018.
- [32] F. A. Sohel and M. Amiruzzaman, "Fingerprint Authentication System Using Back-Propagation," in *International Conference on Computers and Information Technology*.

- [33] S. Kumar, K. Kumar and R. K. Mishra, "Scene Text Recognition using Artificial Neural Network," *International Journal of Computer Applications*, vol. 137, 2016.
- [34] R. A. Rahadian, R. Magdalena and Y. N. Fu'adah, "Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation Untuk Mendeteksi Anemia Melalui Konjungtiva Pada Mata Berbasis Pengolahan Citra Digital," in *e-Proceeding of Engineering*, Bandung, 2018.
- [35] K. A N, "Ekstraksi Warna Objek menggunakan Segmentasi Citra dan HSV," Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [36] M. Orisa and T. Hidayat, "ANALISIS TEKNIK SEGMENTASI PADA PENGOLAHAN CITRA," *Jurnal MNEMONIC*, vol. II, 2019.
- [37] M. J. Hossain, M. H. Uzzaman and A. F. M. S. Saif, "Bangla Digital Number Plate Recognition using Template Matching for Higher Accuracy and Less Time Complexity," *International Journal of Computer Applications*, vol. 181, 2018.