

VOLUME 5 | NOMOR 2 | OKTOBER 2019

p-ISSN 2443-0986  
e-ISSN 2685-001X

# ELEKTRIKA BORNEO



Diterbitkan oleh  
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**  
UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN

p-ISSN 2443-0986  
e-ISSN 2685-001X

# ELEKTRIKA BORNEO

Volume 5, Nomor 2, Oktober 2019

Ketua Redaksi  
(Editor-in-Chief)

**Fitriani Said, S.T., M.T.**

Dewan Redaksi  
(Editorial Board)

**Dr. Eng. Linda Sartika, S.T., M.T.**

**Rudy, S.T., M.T.**

**Arif Fadllullah, S.Pd., M.Kom.**

**Abdul Muis Prasetia, S.T., M.T.**

**Abil Huda, S.T., M.T.**

Asisten Redaksi  
(Editorial Assistant)

**Awang Pradana, S.Kom., M.Kom.**

Alamat Redaksi  
(Address)

**Gedung D Lantai 3 Kampus Universitas Borneo Tarakan  
Jalan Amal Lama No. 1, Tarakan, 77123  
Kalimantan Utara, Indonesia**



Diterbitkan oleh:  
**Jurusan Teknik Elektro Universitas Borneo Tarakan**

# ELEKTRIKA BORNEO

Volume 5, Nomor 2, Oktober 2019

## DAFTAR ISI

1. Rancang Bangun Alat Pendeteksi Tegangan Listrik untuk Teknisi Indihome di PT. Telkom Akses Witel Makassar  
**Andi Muhammad Arif Bijaksana, Ardyansah, Faridah dan Masfuad Muttaqin NH..... 1 – 7**
2. Studi Kelayakan Neraca Mesin Packing Pada Pengantongan Semen di PT. Semen Tonasa  
**Haris Tehuayo, Sriwati, Faridah dan Sajiah..... 8 – 15**
3. Sistem Pengenalan Wajah Dengan Metode Euclidean Distance  
**Dedy Harto dan Muhammad Zaki Rahmani..... 16–26**
4. Audit Energi Awal Melalui Perhitungan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Listrik (Studi Kasus Pada Gedung Politeknik Muara Teweh)  
**Juli Chandra Teruna ..... 27–30**
5. Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Berau  
**Fitriani dan Abdul Aziz Ansahri ..... 31–35**

## RANCANG BANGUN ALAT PENDETEKSI TEGANGAN LISTRIK UNTUK TEKNISI INDIHOME DI PT. TELKOM AKSES WITEL MAKASSAR

Andi Muhammad Arif Bijaksana<sup>1</sup>, Ardyansah<sup>2</sup>, Faridah<sup>3</sup>, Masfuad Muttaqin NH<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Makassar, Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia

Email: <sup>1</sup>andimarifbijaksana.dty@uim-makassar.ac.id, <sup>2</sup>Ardyansa18@gmail.com,  
<sup>3</sup>faridah.dty@uim-makassar.ac.id, <sup>4</sup>masfuadmuttaqinnh@gmail.com

**Abstract**—The development of internet network infrastructure in Indonesia is inseparable from the presence of technicians to turn on or distribute internet services to the customer's home. Not infrequently the technicians experience work accidents due to electric shock. The number of work accidents due to electric shock pushed us to design a device that is able to detect electricity early or remotely and easy to use independent technicians so as to minimize work accidents due to electric shock. The objectives of this study are: 1) Designing a voltage detector located around the location of the indihome technician's work. 2) Implement an electric voltage detector on indihome technicians. By using a tool design method designed using applications such as Electronics Workbench (EWB), PCB Express (Printed Circuit Board), Sketchup. And also assembled using tools & materials that are easily found in electronic stores. LED (Light Emitting Diode & Buzzer serves as an indicator of the presence of electrical hazards around the technician's work location. The results of this study are: 1) This tool is able to detect electrical voltages from a minimum distance of 0 mm to 400 mm. 2) This tool is shaped like a watch so that it is easy to use indihome technicians in working and does not interfere with the work process.

**Keywords**—Dangerous electricity, design, electric voltage detectors, Indihome Technicians.

**Intisari**—Pembangunan infrastruktur jaringan internet di Indonesia tidak terlepas dari keberadaan teknisi untuk mendistribusikan layanan internet sampai ke rumah pelanggan. Tidak jarang para teknisi mengalami kecelakaan kerja akibat tersengat listrik. Banyaknya kecelakaan kerja akibat tersengat listrik mendorong untuk merancang sebuah alat yang mampu mendeteksi listrik secara dini atau dari jarak jauh sehingga mampu meminimalisir kecelakaan kerja akibat tersengat listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan mengimplemmentasikan alat pendeteksi tegangan listrik yang berada disekitar lokasi kerja teknisi indihome. Dengan menggunakan metode perancangan alat yang dirancang menggunakan aplikasi seperti Electronics Workbench (EWB), Express PCB (Printed Circuit Board), Sketchup. Dan juga dirakit menggunakan alat & bahan yang mudah ditemukan di toko-toko elektronik. LED (Light Emitting Diode dan Buzzer berfungsi sebagai indikator akan adanya bahaya listrik yang ada disekitar lokasi kerja teknisi. Hasil penelitian ini adalah: 1) Alat ini mampu mendeteksi tegangan listrik dari jarak minimal 0 mm sampai dengan 400 mm. 2) Alat ini berbentuk seperti jam tangan sehingga mudah digunakan teknisi indihome dalam bekerja dan tidak mengganggu proses kerja.

**Kata kunci**—Bahaya Listrik, Rancang Bangun, Pendeteksi Tegangan Listrik, Teknisi Indihome.

### I. PENDAHULUAN

Dalam proses bisnis PT. Telkom Akses baik dari sisi pembangunan infrastruktur sampai proses instalasi jaringan internet indihome sampai ke rumah pelanggan, sering terjadi kecelakaan kerja akibat tersengat listrik. Hal tersebut terjadi karena infrastruktur jaringan PT. Telkom Akses bersinggungan dengan kabel-kabel listrik milik PLN (Perusahaan Listrik Negara). Tingginya angka kecelakaan kerja akibat tersengat listrik mendorong kami untuk merancang sebuah alat pendeteksi tegangan listrik yang akan digunakan untuk mendeteksi tegangan listrik tanpa menyentuh sumber tegangan atau kabel listrik yang berada disekitar lokasi kerja teknisi. Lokasi kerja yang dimaksud adalah lokasi pada saat melakukan instalasi penarikan kabel, menaiki tiang, sampai ke rumah pelanggan [1][2]. Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka penelitian ini mengusulkan untuk merancang dan mengimplemmentasikan alat yang dapat mendeteksi tegangan listrik berbahaya yang berada disekitar lokasi kerja teknisi indihome PT. Telkom Akses Witel Makassar. Diharapkan hasil penelitian ini dapat digunakan untuk mendeteksi tegangan listrik tanpa menyentuh sumber tegangan atau kabel listrik yang berada di sekitar lokasi kerja teknisi indihome, meminimalisir kecelakaan kerja akibat sengatan listrik yang dialami teknisi indihome, dan meningkatnya rasa aman dalam bekerja pada teknisi indihome.

### II. LANDASAN TEORI

#### A. Sejarah Singkat PT. Telkom Akses

PT. Telkom Akses (PTTA) merupakan anak perusahaan PT Telekomunikasi Indonesia, Tbk (Telkom) yang sahamnya dimiliki sepenuhnya oleh Telkom. PTTA bergerak dalam bisnis penyediaan layanan konstruksi dan pengelolaan infrastruktur jaringan [3].

Tabel I.

Profile PT. Telkom Akses (Sumber: Apps company policy portal PT. Telkom Akses)

NAMA PERUSAHAAN	PT. Telkom Akses
	05-Apr-13
ISO	*ISO 9001:2008 Quality Management System

<b>TECHNOLOGY OWNER LICENSE (SUPPORT)</b>	Alcatel Lucent, FIBERHOME, HUAWEI, ZTE
<b>TANGGAL DIDIRIKAN</b>	12 Desember 2012
<b>ALAMAT LENGKAP PERUSAHAAN</b>	Jl. S. Parman Kav. 8 Jakarta Barat 11440 Telp. / Fax : +62-21-2933-7000 / +62-21-2933-6000 <a href="http://www.telkomakses.co.id">http://www.telkomakses.co.id</a>

### B. Hukum Biot Savart

Tahun 1819 Hans Christian Oersted menemukan bahwa jarum kompas dibelokkan oleh suatu kawat berarus. Kemudian tahun 1920an Jean-Baptiste Biot dan Felix Savart melakukan eksperimen untuk menentukan gaya yang bekerja pada kompas oleh suatu kawat berarus.

Sebuah kawat apabila dialiri oleh arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang garis-garis gayanya berupa lingkaran-lingkaran yang berada di sekitar kawat tersebut. Arah dari garis-garis gaya magnet ditentukan dengan kaidah tangan kanan (apabila kita menggenggam tangan kanan ibu jari sebagai arah arus listrik sedang keempat jari yang lain merupakan arah medan magnet). (Hk. Oersted). [4][5]

Adapun hasil percobaan Biot & Savart adalah:

- dB adalah medan magnetik yang diproduksi oleh potongan kecil kawat
- ds adalah vektor panjang dari potongan kecil kawat yang searah dengan arah arus
- r adalah vektor posisi dari potongan kawat ke titik dimana medan magnetik ingin diukur
- I adalah arus dalam kawat
- $\theta$  adalah sudut antara ds & r

Semua hasil di atas dapat disimpulkan dalam suatu "hukum" yang dikenal sebagai Hukum Biot-Savart

- dB tegak lurus ds
- dB tegak lurus r
- dB berbanding terbalik  $r^2$
- dB sebanding dengan arus I
- dB sebanding dengan ds
- dB sebanding dengan  $\sin \theta$

$$dB = \alpha I \frac{ds \times r}{|r|^2}$$

Masukkan Konstanta:

$$dB = \left[ \frac{\mu_0}{4\pi} \right] I \frac{ds \times r}{|r|^2}$$

Dimana  $\mu_0$  adalah permeabilitas ruang hampa

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{Tm}{A}$$

### C. Komponen-komponen Elektronik

Rangkaian pendeteksi ini adalah rangkaian yang digunakan untuk mendeteksi frekuensi dari listrik AC. Rangkaian ini menggunakan IC 4017 yang mana pin 14 dari IC dihubungkan dengan probe sebagai antena untuk mendeteksi frekuensi tersebut [6][7].

Daftar Komponen:

1. IC 4017 1 buah
2. Transistor BC547 1 buah

3. Elco 100uF 1 buah
4. Resistor 1k 1 buah
5. Resistor 100 ohm 1 buah
6. LED 1 buah
7. Buzzer 1 buah
8. Baterai 9V 1 buah

## III. METODE PENELITIAN

### A. Batasan Penelitian

Kota Makassar termasuk daerah yang beriklim tropis, karena letaknya menghampiri garis khatulistiwa. Berdasarkan pencatatan Stasiun Meteorologi Maritim Paotere, karakteristik iklim Kota Makassar pada tahun 2009 sebagai berikut [8]:

1. Kelembaban udara berkisar antara 67% (bulan Agustus) - 90% (bulan Januari) dengan lama penyinaran matahari rata-rata 70 persen.
2. Curah hujan tahunan rata-rata 2560.8 mm, dimana curah hujan tertinggi dicapai pada bulan Januari dengan rata-rata 922.8 mm/bulan dan terendah pada bulan Oktober berkisar 15.7 mm/bulan dengan jumlah hari hujan sekitar 128 hari hujan per tahun.
3. Temperatur udara rata-rata di Kota Makassar berkisar antara 26.2 – 29.3° C.
4. Kecepatan angin rata-rata 5.2 Knot/Jam

Agar penyelesaian masalah yang dilakukan tidak meyimpang dari ruang lingkup yang ditentukan dan sesuai dengan karakteristik Kota Makassar, maka akan dilakukan pembatasan masalah. Adapun batasan masalah ini ialah sebagai berikut:

1. Aliran listrik yang akan dideteksi adalah aliran listrik yang memiliki minimal frekuensi 50 Hz atau 220 VAC.
2. Lokasi penelitian adalah wilayah kerja PT. Telkom Akses Witel Makassar khususnya dalam kota Makassar.
3. Teknisi Indihome yang melaksanakan kegiatan instalasi penarikan kabel, menaiki tiang, sampai ke rumah pelanggan.
4. Kondisi cuaca sangat mempengaruhi alat ini karena casing yang digunakan oleh alat ini belum tahan terhadap air, oleh karena itu alat ini tidak bisa digunakan saat cuaca hujan atau dalam kondisi basah.

### B. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini berlangsung selama kurang lebih 2 (dua) bulan terhitung mulai bulan Januari hingga maret minggu pertama. Penelitian ini kami laksanakan di:

1. Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Islam Makassar.
2. Fiber Academy PT. Telkom Akses Witel Makassar.

### C. Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian kali sangat mudah ditemukan di toko-toko elektronik. Tabel II merupakan daftar alat dan bahan yang digunakan.

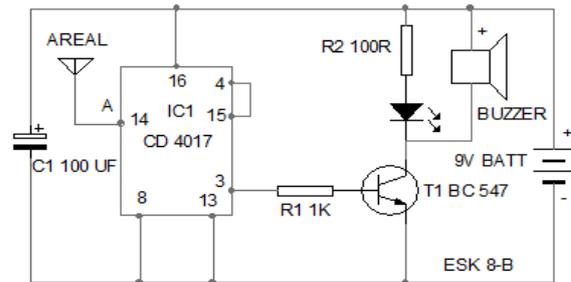
Tabel II.

Profile PT. Telkom Akses (Sumber: Apps company policy portal PT. Telkom Akses)

Alat	Jumlah	Bahan	Jumlah
1. Obeng	1 buah	1. IC4017	1 buah
2. Pisau	1 buah	2. Transistor BC547	1 buah
3. Gunting	1 buah	3. Kapasitor 100uF	1 buah
4. Tang Potong	1 buah	4. Resistor 1&330Ω	1 buah
5. Avometer	1 buah	5. LED	2 buah
6. Penggaris	1 buah	6. Buzzer	1 buah
7. Solder	1 buah	7. Baterai 1,5v	6 buah
8. Whitekit	1 buah	8. PCB	1 Lembar
		9. Kabel Jumper	2 meter
		10. Timah	1 roll
		11. Push Button	1 buah
		12. Socket IC	1 buah
		13. Amplas	1 lembar
		14. Ferry Chlorida	100 gram
		15. Autan	1 buah

digunakan teknisi indihome dalam proses kerja baik didalam ruangan ataupun diluar ruangan. Untuk memperluas jangkauan deteksi atau kepekaan dari rangkaian tersebut maka akan ditambahkan antena sehingga pada jarak +- 30cm dari tegangan listrik, maka rangkaian akan bekerja dengan memberi peringatan pada teknisi melalui indikator LED merah menyala dan juga BUZZER akan berbunyi. Flowchart bekerjanya alat dapat dilihat pada Gambar 1.

Perancangan pada penelitian ini menggunakan aplikasi EWB (Electronic Workbench) dan juga Express PCB. Desain perancangan dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.

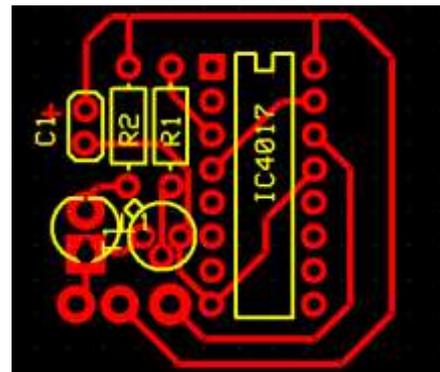


Gambar 2. Skematik rangkaian (Sumber: *electronic workbench*)

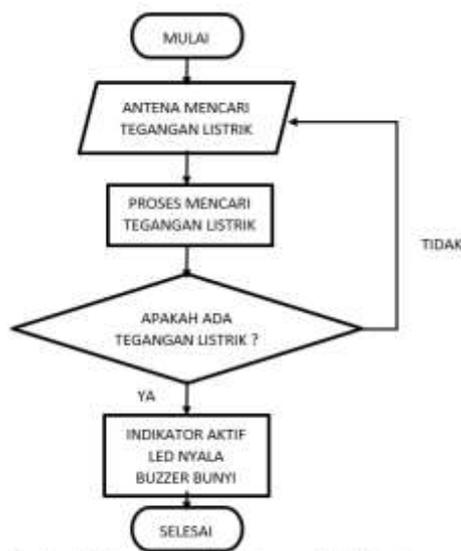
Adapun *hardware* dan *software* yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain :

1. Komputer PC / Laptop
2. Sistem Operasi Microsoft Windows 10
3. Microsoft Office Word, Excel, Power Point 2016
4. EWB (Electronic Workbench)
5. PCB Express
6. Sketchup 2017
7. Printer Canon MP237
8. Youtube

D. Desain Perancangan



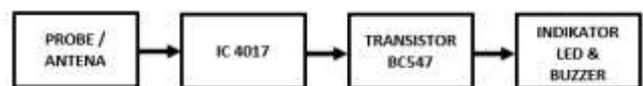
Gambar 3. Desain layout PCB (*Printed Circuit Board*)



Gambar 1. Flowchart cara kerja alat pendeteksi listrik

Pada penelitian ini rangkaian pendeteksi listrik akan dikemas dalam bentuk gelang agar lebih mudah

Saat pin 14 IC 4017 menangkap sinyal frekuensi dari listrik AC, maka output pertama pin 3 mengaktifkan transistor BC547 sehingga LED dan Buzzer aktif dengan logika 0 dan 1 secara terus menerus. Hal ini dikarenakan listrik AC menghasilkan gelombang sinus bolak-balik dan tidak stabil. Blok diagram rangkaian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Blok diagram alat pendeteksi listrik

E. Langkah-langkah Perakitan Alat

Proses perakitan alat ini memiliki beberapa tahapan yaitu:

1. Desain layout PCB pada aplikasi Express PCB.
2. Print hasil desain layout PCB pada kertas HVS ukuran A4.
3. Potong papan PCB dengan ukuran 4x3 cm.
4. Tempelkan hasil print layout PCB ke papan PCB yang telah dipotong.

5. Oleskan autan pada permukaan kertas sampai merata keseluruhan bagian papan PCB.
6. Lapisi permukaan kertas dengan menggunakan plastic mika tipis kemudian gosok menggunakan uang koin.
7. Setelah jalur PCB menempel, bersihkan sisa kertas.
8. Pastikan kondisi jalur PCB tidak ada yang terputus kemudian larutkan papan PCB menggunakan air panas yang telah dicampurkan dengan ferris chloride untuk melarutkan tembaga yang ada pada papan PCB sekitar 30 menit dengan terus menggoyangkan wadahnya.
9. Bersihkan sisa-sisa tinta yang menempel pada jalur PCB yang telah dilarutkan menggunakan amplas halus.
10. Keringkan papan PCB kemudian lakukan pengecekan jalur PCB untuk memastikan tidak ada sambungan yang terputus atau saling bersinggungan.
11. Lubangi titik-titik kaki komponen pada papan PCB menggunakan mata bor 0.8 cm.
12. Pastikan semua komponen yang akan disolder dalam kondisi baik dengan menggunakan Avometer.
13. Pasang dan solder komponen-komponen yang akan digunakan.

Selanjutnya untuk proses cetak casing alat ini menggunakan printer 3D dari jasa percetakan 3D Print Sulawesi. Berikut tahap-tahap mencetak casing alat ini:

1. Desain casing dalam bentuk 3 dimensi menggunakan aplikasi sketchup versi 2017.
2. Print hasil desain casing menggunakan printer 3D.
3. Bersihkan hasil print dengan menggunakan amplas halus.
4. Pasangkan tali jam pada posisi yang telah di sediakan.

#### F. Metode Pengumpulan Data

Data penelitian yang diperlukan dalam penyusunan laporan tugas akhir diperoleh melalui:

##### 1. Studi Literatur

Tahap ini merupakan tahap pengumpulan informasi yang diperlukan untuk pembuatan alat. Informasi tersebut di peroleh dengan cara membaca literatur ataupun buku-buku yang berhubungan.

##### 2. Perencanaan dan implementasi

Pada tahap ini akan dilakukan perencanaan dan implementasi terhadap alat berdasarkan hasil studi literatur dan pada tahap ini pula akan dilakukan proses dilakukan pembuatan alat sesuai dengan data-data yang telah ditentukan.

##### 3. Uji coba alat dan pengukuran

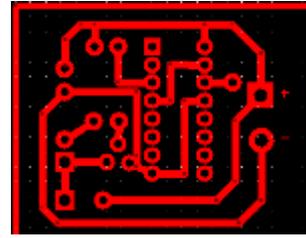
Pada tahap ini akan dilakukan uji coba alat dan pengukuran terhadap perakitan alat serta dilakukan pengukuran.

##### 4. Wawancara

Teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui tatap muka dan tanya jawab langsung antara peneliti dan narasumber/teknisi indihome. Seiring perkembangan teknologi, metode wawancara dapat pula dilakukan melalui media-media tertentu, misalnya telepon, *email*, *Gform*, atau *social media* (*whatsapp*, *telegram*, *Instagram*, *facebook*).

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut hasil perancangan dan bentuk dari alat pendeteksi tegangan listrik ini yang kami beri nama D'Volt (*Detector Voltage*):



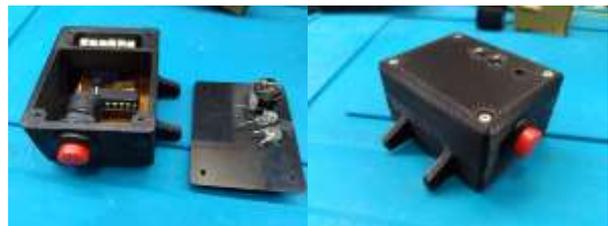
Gambar 5. Layout PCB (Printed Circuit Board)



Gambar 6. Bentuk rangkaian pendeteksi tegangan listrik



Gambar 7. Desain casing



Gambar 8. Hasil print 3D casing alat



Gambar 9. Tampilan keseluruhan alat

Dimensi dari casing alat ini adalah 4,5 x 3,5 x 2,5 cm dan berat totalnya 89,670 gram. Hasil print casing alat ini menjadi 2 bagian yaitu:

1. Bagian box untuk tempat menyimpan rangkaian, baterai, dan push button/saklar.

2. Penutup box untuk tempat menempel LED dan BUZZER.

Sebelum dilakukan uji coba alat ini kepada para teknisi, maka terlebih dahulu melakukan beberapa pengujian sistem dalam skala lab, meliputi:

A. Hasil Pengujian Jarak

Pengujian jarak ini bertujuan untuk mengetahui seberapa jauh jangkauan deteksi alat ini terhadap tegangan yang berada disekitarnya, Dengan menggunakan *eterna cable* 3x1.5 mm dan dialiri tegangan 220V maka kami memperoleh hasil pengujian sebagai berikut:



Gambar 10. Pengukuran jarak

Tabel III.

Hasil pengukuran jarak deteksi terhadap LED

NO	JARAK	STATUS LED
1	0 mm	ON
2	50mm	ON
3	100mm	ON
4	150mm	ON
5	200mm	ON
6	250mm	ON
7	300mm	ON
8	350mm	ON
9	400mm	ON
10	450mm	OFF

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan, jarak pengukuran terjauh yang masih dapat dilakukan adalah 400 mm dan lampu LED masih menyala dengan pancaran sinar yang konstan atau tidak redup. Hal ini menunjukkan juga bahwa jarak alat dengan sumber tegangan listrik tidak mempengaruhi terang atau redupnya LED ketika aktif. Pada batasan masalah yang dideteksi adalah tegangan listrik minimal 220 VAC atau Frekuensi 50 Hz tanpa menyentuh sumber tegangannya, sedangkan pada hasil pengukuran ini alat mampu mendeteksi maksimal 400 mm, maka analisis fungsi alat sudah sesuai. Setelah lebih dari 400 mm alat pendeteksi sudah tidak mendeteksi sinyal frekuensi tegangan listrik, sehingga LED sudah tidak dapat menyala.

Tabel IV.

Hasil pengukuran jarak deteksi terhadap buzzer

NO	JARAK	STATUS BUZZER
1	0 mm	ON
2	50mm	ON
3	100 mm	ON
4	150mm	ON

NO	JARAK	STATUS BUZZER
5	200mm	ON
6	250mm	ON
7	300mm	ON
8	350mm	ON
9	400mm	ON
10	450mm	OFF

Sama halnya dengan hasil pengukuran LED, jarak pengukuran terjauh yang masih dapat dilakukan adalah 400 mm dan BUZZER masih berbunyi dengan suara yang konstan/tetap atau tidak mengecil suaranya. Hal ini menunjukkan juga bahwa jarak alat dengan sumber tegangan listrik tidak mempengaruhi nyaring atau tidaknya bunyi dari BUZZER ketika aktif. Pada batasan masalah yang dideteksi adalah tegangan listrik minimal 220 VAC atau Frekuensi 50 Hz tanpa menyentuh sumber tegangannya, sedangkan pada hasil pengukuran ini alat mampu mendeteksi maksimal 400 mm, maka analisis fungsi alat sudah sesuai. Setelah lebih dari 400 mm alat pendeteksi sudah tidak mendeteksi sinyal frekuensi tegangan listrik, sehingga BUZZER sudah tidak dapat berbunyi lagi.

B. Rumus Perhitungan Jarak Induksi Kabel

Untuk mengetahui jarak jangkauan alat yang diusulkan dalam penelitian ini, dapat digunakan hukum biot savart untuk menghitung jarak induksi dari kabel yang terdeteksi, berikut penjelasannya [2]:

$$B = \mu_0 i / 2\pi a$$

Keterangan:

B = induksi magnetic (tesla)

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ WbA}^{-1}\text{m}^{-1}$  = permeabilitas ruang hampa

i = kuat arus listrik (A)

a = jarak titik dari kawat (m)

Berikut hasil perhitungannya:

$$i = 2 \text{ A}$$

Besar medan magnet pada jarak a = 5cm =  $5 \times 10^{-2}$  adalah :

$$B = \mu_0 i / 2\pi a$$

$$B = 4\pi \times 10^{-7} \text{ WbA}^{-1}\text{m}^{-1} \times 2\text{A} / (2\pi \times 5 \times 10^{-2}\text{m})$$

$$B = 8 \times 10^{-6} \text{ T}$$

Besar medan magnet pada jarak a = 10cm dari kawat adalah:

$$B = \mu_0 i / 2\pi a$$

$$B = \mu_0 i / [2\pi a \left( \frac{10\text{cm}}{5\text{cm}} \right)]$$

$$B = 8 \times 10^{-6} \text{ T} / 2$$

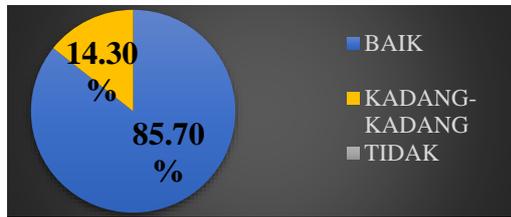
$$B = 4 \times 10^{-6} \text{ T}$$

C. Hasil Uji Lapangan Penggunaan Alat

Pengujian ini dilakukan oleh 7 orang teknisi yang tersebar di 7 lokasi kerja PT. Telkom Akses Makassar, yaitu pada STO SUDIANG, STO KIMA, STO TAMALANREA, STO ANTANG, STO PANAKKUKANG, STO BALAIKOTA, dan STO MATTOANGING.

Untuk mendapatkan data hasil pengujian teknisi terhadap alat ini kami menggunakan kuesioner penelitian dengan menggunakan GForm, berikut hasilnya:

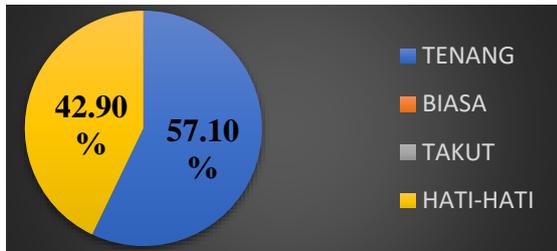
1. Kinerja Alat



Gambar 11. Diagram kinerja alat pendeteksi listrik

Alat pendeteksi listrik ini berfungsi secara baik ketika digunakan dalam bekerja dengan skor kepuasan 85,70%. Adapun 14,30% respon yang menyatakan kadang-kadang diakibatkan posisi alat ketika digunakan telah mencapai ambang batas jarak terhadap sumber listrik.

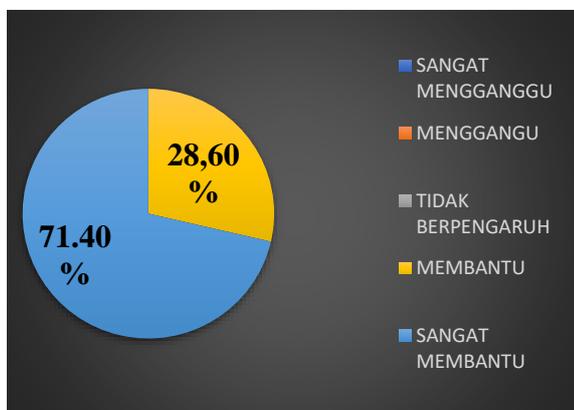
2. Perasaan Teknisi Setelah Menggunakan Alat Pendeteksi



Gambar 12. Diagram perasaan teknisi setelah menggunakan alat pendeteksi

Data tersebut menunjukkan para teknisi merasa lebih tenang dalam bekerja sebanyak 57,10% karena tidak merasa takut lagi akan adanya listrik berbahaya di sekitar lokasinya. Disamping itu para teknisi juga jauh lebih berhati-hati dalam bekerja ketika alat ini telah mendeteksi adanya bahaya listrik di sekitarnya, dengan begitu kecelakaan kerja akibat sengatan listrik dapat diminimalisir.

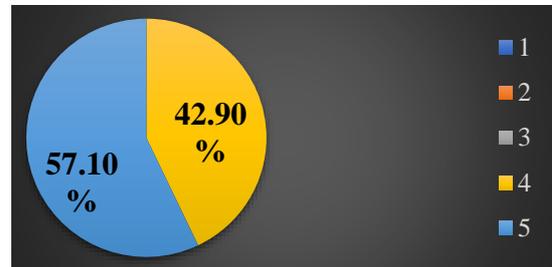
3. Tingkat Kegunaan Alat Pendeteksi Listrik Bagi Teknisi



Gambar 13. Diagram tingkat kegunaan alat pendeteksi listrik

Dari data tersebut dapat kami simpulkan bahwa dari 7 teknisi yang telah menggunakan alat ini semuanya merasa terbantu dan yang merasa sangat terbantu mencapai angka 71,40%.

4. Rating Kinerja Alat Pendeteksi Listrik



Gambar 14. Diagram rating kinerja alat pendeteksi listrik

Dalam skala 1-5 dimana 1 nilai terendah dan 5 penilaian tertinggi para teknisi memberi penilaian 5 sebanyak 57,10% dan nilai 4 sebanyak 42,90%. Hal ini menunjukkan alat ini mendapat respon positif dari para teknisi karena dapat membantu dan menjaga para teknisi dari bahaya listrik juga terhindar dari kecelakaan kerja akibat tersengat listrik.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan perancangan dan uji coba terhadap alat yang telah dibuat, maka dapat disimpulkan bahwa alat yang berbentuk seperti jam tangan ini mudah digunakan dan memiliki fitur yang canggih, karena telah dilengkapi indikator LED (Light Emiting Diode) dan Buzzer sebagai pengingat akan adanya bahaya listrik di lokasi kerja teknisi indihome. Ini terbukti respon yang positif diberikan oleh para teknisi setelah menggunakan alat ini, serta alat ini mampu mendeteksi tegangan minimal 220 VAC tanpa menyentuh sumber tegangannya dari jarak minimal 0 mm sampai dengan 400 mm.

Untuk penelitian selanjutnya, agar alat ini diperkecil casing dan membuat alat ini tahan terhadap air, baterai menggunakan baterai isi ulang yang dilengkapi indikator daya, dan juga menambah jarak jangkauan agar lebih sempurna ketika digunakan. Selain itu, untuk fakultas Teknik penelitian ini sebaiknya dilanjutkan untuk keselamatan teknisi indihome dan untuk masyarakat umum diharapkan sumbangan pemikirannya dari berbagai disiplin ilmu untuk menyempurnakan penelitian ini. Agar dapat digunakan bukan hanya teknisi indihome tetapi juga sebagai alat bantu peralatan listrik rumah tangga.

## REFERENSI

- [1] Herwiyanto. 2013. *Pengawasan K3 Listrik*. Di <https://tiarasalsabilatoniputri.files.wordpress.com> (di akses 1 September 2018).
- [2] Sayogo, Bartien. 2014. *Penjelasan PUIL 2011 Edisi 2014*. Jakarta. Copper Alliance.
- [3] Portal Telkom Akses. 2018. *Company Profile*. Di <https://apps.telkomakses.co.id> (di akses 29 Agustus 2018).
- [4] Ardra. 2015. *Induksi Medan Magnet & Hukum Biot Savart*. di <https://ardra.biz/induksi-medan-magnet/>(di akses 3 Maret 2019).
- [5] Blocher, Richard. 2004. *Dasar Elektronika Ed .II*. Yogyakarta. Andi.
- [6] Pramudya. 2017. *Pengertian dan Fungsi Pin IC4017*. Di <http://www.bukaelektro.com> (di akses 30 Agustus 2018).
- [7] Listiyarini, Ratih. 2018. *Dasar Listrik dan Elektronika*. Yogyakarta. Deepublish.
- [8] Badan Pusat Statistika Kota Makassar, 2010. Makassar Dalam Angka 2010 (Makassar in Figure 2010). Makassar. UD Areso.

## Studi Kelayakan Neraca Mesin Packing Pada Pengantongan Semen di PT. Semen Tonasa

Haris Tehuayo<sup>1</sup>, Sriwati<sup>2</sup>, Faridah<sup>3</sup>, Sajiah<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universitas Islam Makassar, Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia

Email: <sup>1</sup>harisristo02@gmail.com, <sup>2</sup>sriwati.dty@uim-makassar.ac.id

<sup>3</sup>faridah.dty@uim-makassar.ac.id, <sup>4</sup>informatikasajiah@gmail.com

**Abstract**—From year to year technological improvement is quite significant, it is also marked by the emergence of various kinds of technology, especially the balance sheet. In the balance sheet needs calibration. Calibration is usually done by comparing standards that are linked to national standards as well as international standards and certified reference materials. Metrological board and the government perform the calibration process within a predetermined time frame in order to minimize the occurrence of scales deviations. To see the results of the three balance sheets taking samples, comparing the three sample types to see the quality and quality of the balance sheet so that it will clear the balance sheet efficiently and inefficiently.

**Keywords**—Haver&boecker, IQ-Plus, Redlion, efficiency, accuracy

**Intisari**—Dari tahun ke tahun peningkatan teknologi cukup signifikan, hal ini di tandai dengan munculnya berbagai macam teknologi khususnya neraca. Dalam neraca tersebut dibutuhkan pengkalibrasian, kalibrasi biasa dilakukan dengan membandingkan suatu standar yang terhubung dengan standar nasional maupun internasional dan bahan-bahan acuan tersertifikasi. Badan metrologi dari pemerintah melakukan proses kalibrasi dalam jangka waktu yg telah di tentukan guna meminimalisir terjadinya penyimpangan timbangan. Untuk melihat hasil dari ketiga jenis neraca, maka perlu dilakukan pengambilan sampel, membandingkan ketiga jenis sampel tersebut guna untuk melihat mutu dan kualitas neraca, sehingga dengan begitu akan tampak jelas neraca mana yang sangat efisien dan yang tidak. Studi Kelayakan Neraca Mesin Packing Pada Pengantongan Semen Di PT. Semen Tonasa ini merupakan suatu pertimbangan dalam pemilihan timbangan yang mengacu pada kemajuan teknologi yang lebih efisien baik dalam proses kalibrasi, pengoperasian, perawatan maupun keakurasiannya. Tingkat keakurasian suatu timbangan dapat dilihat dari pengecekan timbangan secara berkala, sehingga disimpulkan bahwa neraca IQ-Plus dan Redlion lebih baik daripada neraca Haver&boecker, tetapi jika ingin alat dan bahan yg mudah didapatkan dan tentunya lebih mudah pengerjaannya maka Redlion merupakan pilihan yang tepat.

**Kata Kunci**—Haver&boecker, IQ-Plus, Redlion, efisiensi, akurasi

### I. PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi yang menjadi bagian terpenting dalam sejarah perkembangan dunia. Tekonologi dalam timbangan/neraca berkembang cukup pesat, hal ini dibuktikan dengan munculnya berbagai merk dan jenis alat timbang. Alat

timbang/neraca ini muncul dengan variasi bentuk, ukuran dan tingkat keakurasian yang berbeda-beda, hal ini yang menjadi tolak ukur pemilihan alat timbang, dan merupakan panduan dalam memilih jenis yang terbaik dalam proses pengukuran. Dengan adanya timbangan ini, maka perlu diketahui cara kerja peralatan maupun teknik kalibrasinya.

Secara umum kalibrasi mempunyai pengertian sebagai rangkaian kegiatan membandingkan hasil pengukuran suatu alat dengan alat standar yang sesuai untuk menentukan besarnya koreksi pengukuran alat serta ketidakpastiannya. Dalam pengertian ini alat standar yang digunakan juga harus terkalibrasi dibuktikan dengan sertifikat kalibrasi. Dengan demikian maka besarnya koreksi pengukuran alat dapat ditelusurkan ke standar nasional atau standar internasional dengan suatu mata rantai kegiatan kalibrasi yang tidak terputus.

Alat ukur yang telah dikalibrasi tidak akan secara terus menerus berlaku masa kalibrasinya, karena peralatan tersebut selama masa penggunaannya pasti mengalami perubahan spesifikasi akibat pengaruh frekuensi pemakaian, lingkungan penyim-panan, cara pemakaian, dan sebagainya. Untuk itulah selama berlakunya masa kalibrasi alat bersangkutan perlu dipelihara ketelusurannya dengan cara perawatan dan cek antara secara periodik.

Hasil pengukuran yang diberikan oleh beberapa alat sejenis tidak selalu menunjukkan hasil yang sama, meskipun alat tersebut mempunyai tipe yang sama. Perbedaan ini diperbesar lagi dengan adanya pengaruh lingkungan, operator, serta metode pengukuran. Padahal dalam menghasilkan hasil pengukuran tersebut sangat diharapkan bahwa setiap alat ukur yang digunakan dimanapun memberikan hasil ukur yang sama dalam kaitannya dengan keperluan keamanan, kesehatan, transaksi, dan keselamatan.

Agar setiap alat dapat memberikan hasil ukur dengan keabsahan yang sama, alat ukur tersebut perlu mempunyai ketelusuran kepada standar nasional atau standar internasional. Cara untuk memberikan jaminan bahwa alat yang digunakan mempunyai ketelusuran kepada standar nasional adalah dengan melakukan kalibrasi terhadap alat tersebut. Lebih dari itu untuk memelihara ketelusuran tersebut perlu dilakukan perawatan alat dalam selang kalibrasi tertentu.

Dalam penerapan standar ISO/IEC 17025: 2005, kiranya upaya-upaya untuk menyamakan persepsi bagi semua pihak terkait perlu dilaksanakan. Ketelusuran

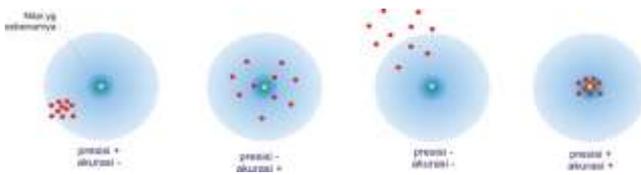
pengukuran tidak hanya sekedar menjadi persyaratan administratif, melainkan telah menjadi kebutuhan teknis yang mendasar terutama dengan diwajibkannya mencantumkan estimasi ketidakpastian dalam hasil uji [1].

## II. LANDASAN TEORI

### A. Timbangan

Timbangan adalah alat yang dipakai melakukan pengukuran massa suatu benda. Timbangan/neraca dikategorikan kedalam sistem mekanik dan juga elektronik /Digital. Dalam pengoperasian neraca ada beberapa faktor yang mempengaruhi neraca tersebut, yaitu kalibrasi, akurasi, dan presisi.

Dalam pengoperasian neraca tersebut perlu di lakukan kalibrasi dimana kalibrasi menurut ISO/IEC Guide 17025:2005 dan Vocabulary of International Metrology (VIM) adalah serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh instrumen ukur atau sistem pengukuran, atau nilai yang diwakili oleh berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu [2].



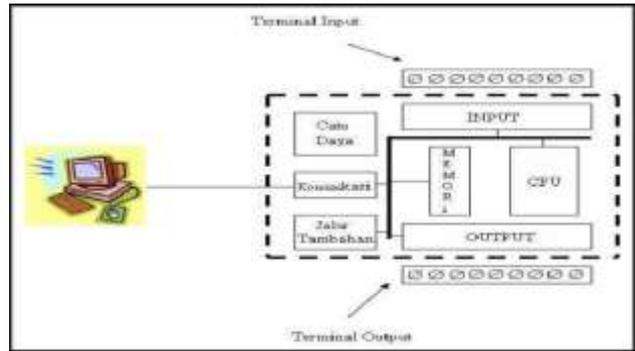
Gambar 1. Presisi dan Akurasi

### B. PLC (Programmable Logic Controller)

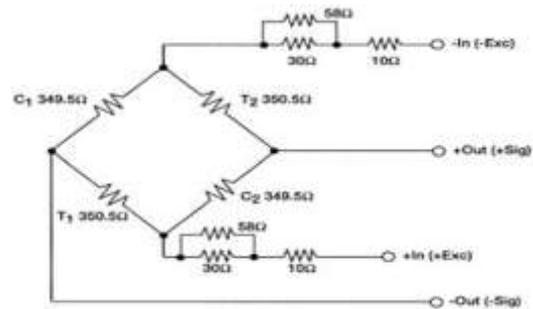
Menurut **National Electrical Manufacturing Assosiation (NEMA)**, PLC didefinisikan sebagai suatu perangkat elektronik digital dengan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi yang menjalankan fungsi-fungsi spesifik seperti: logika, sekuen, *timing*, *counting*, dan aritmatika untuk mengontrol suatu mesin industri atau proses industri sesuai dengan yang diinginkan. PLC mampu mengerjakan suatu proses terus menerus sesuai variabel masukan dan memberikan keputusan sesuai keinginan pemrograman sehingga nilai keluaran tetap terkontrol [3].

### C. Load cell

Load cell adalah alat yang mengeluarkan signal listrik proporsional dengan gaya / beban yang diterimanya. Load cell banyak digunakan pada timbangan elektronik. Jembatan Wheatstone yang tersusun seperti gambar 3 merupakan diagram sederhana **load cell**. Resistor yang bertanda T1 dan T2 merupakan **Strain Gauge** yang menerima gaya tarik (*Tension*) saat **load cell** menerima beban. Sedangkan resistor yang bertanda C1 dan C2 adalah **Strain Gauge** yang menerima gaya tekan (*Compression*) ketika **load cell** dibebani.



Gambar 2. PLC



Gambar 3. Load cell[4]



Gambar 4. Haver Roto-Packer 12 spout

### D. Haver & Boecker

Pada tahun 1960 Haver Roto Packer yang merupakan perusahaan yang terdaftar di Jerman memproduksi mesin pengisian kantong yang terdiri dari 3-16 spout/corong pengisian. Pada tahun 1987 Dr. Reinhold Festge and Dipl.-Ing. Walter Haver masuk ke perusahaan ini dan menjaganya agar tetap kokoh dan berkomitmen untuk mempertahankan dan memperluas kepemimpinan teknologi. Dibawah arahan mereka beberapa perusahaan seperti IBAU HAMBURG (Hamburg, Germany), BEHN BATES, Münster, Germany, FEIGE Filling Technology, Bad Oldesloe, Germany, W.S. TYLER, USA and Canada, as well as the founding of Haver & Boecker Iberica, Barcelona/Spain, HAVER TRADING, Poland, HAVER SUISSE, HAVER IBAU SHENZHEN, China, and HAVER FILLING TECHNOLOGY (Beijing), China, as well as HAVER RUSSIA and HAVER MEXICANA telah diambil alih. Hal ini telah membuat perusahaan ini sangat strategis untuk mencapai pelanggannya di seluruh dunia[5].

Gambar mesin Haver Roto Packer oleh Haver dan Boecker dapat dilihat pada Gambar 4.

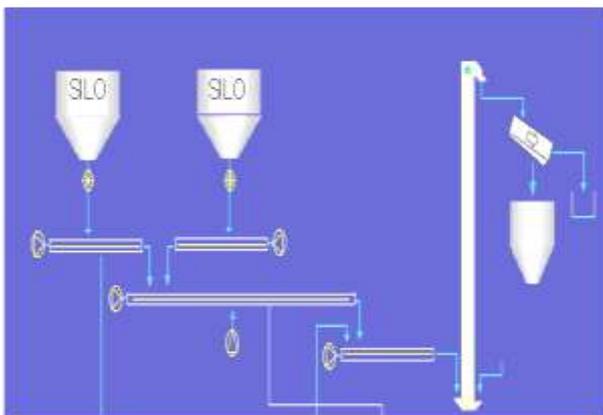
E. Redlion



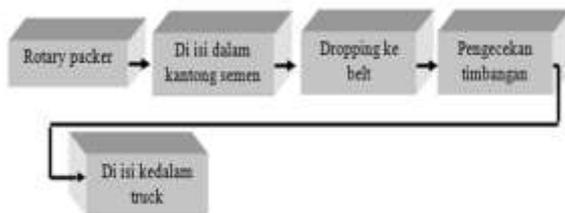
Gambar 5. Bentuk Fisik Redlion



Gambar 6. Kontrol Panel Redlion [6]



Gambar 7. Sistem Pengisian Semen Secara Otomatis



Gambar 8. Sistem pengisian secara manual

Redlion merupakan suatu bentuk display yang dapat digunakan sebagai indikator, dalam hal ini digunakan sebagai indikator berat (kg) yang di sinkronkan dengan loadcell sebagai alat timbangnya. Intensitas layar dapat disesuaikan dari aplikasi sehingga dalam ruangan gelap

sekalipun hingga sinar matahari terang layar dapat dibaca, sehingga sangat ideal untuk digunakan. Semua konduktor harus sesuai dengan tegangan meter dan semua kabel harus sesuai dengan standar yang sesuai baik instalasi, kode dan peraturan lokal. Disarankan bahwa daya yang disediakan ke meter (DC atau AC) dilindungi dengan sekering atau pemutus sirkuit yang berguna sebagai pengaman. Adapun gambar tampilan layar red lion dapat dilihat pada Gambar 5.

### III. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini digunakan 2 metode yakni: 1) Mengamati dan menganalisa (Hal ini digunakan untuk mengetahui kerja peralatan dan mengetahui penyebab yang timbul terhadap peralatan dengan kondisi lapangan yang berdebu). 2) Menentukan dan menuliskan data kalibrasi (Hal ini digunakan untuk mengetahui peralatan mana yang sering dikalibrasi dan mengetahui perbandingan antar setiap peralatan).

#### Sistem Pengisian Semen



Gambar 9. Pengisian dari silo semen ke packer

Keterangan Gambar 9. Material yang kasar berupa batu, coating maupun sampah-sampah yang terikut dalam vibrating screen tersebut dibuang melalui pipa pembuangan sedangkan material halus (semen) di salurkan kedalam bin (penampungan sementara) kemudian diteruskan kedalam rotary packer sehingga dapat di isi dalam kantong semen.

Material yang masuk dalam rotary packer tersebut kemudian diisi dalam kantong semen baik itu semen 50kg maupun semen 40kg, kemudian dengan otomatis sesuai program masing-masing neraca, kantong semen tersebut di dropping ke belt yang menuju ke truck, sebelum menuju ke truck dilakukan pengecekan timbangan dimana semen yang jalan diatas belt ditarik dan diangkat menuju timbangan portable untuk diambil sample dari masing-masing neraca yang telah dijelaskan sebelumnya.

#### Flow Chart sistem pengambilan data

Dari penjelasan singkat diatas maka dapat dibuat flow chart tentang proses pengambilan sample dan peralatan mana yang lebih efisien untuk digunakan sebagai alat pengisian



Gambar 10. Flowchart sistematis penelitian neraca

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam hasil penelitian ini, yang akan dilakukan adalah membandingkan tiga jenis neraca dimana pengambilan sample dilakukan tiga kali dalam kurun waktu satu minggu, yakni senin, rabu dan jum'at, hal ini untuk memudahkan melihat perbedaan ketiga neraca tersebut. Berikut ketiga jenis neraca tersebut.

##### A. Haver & Boecker

Perubahan atau variasi timbangan dapat terjadi karena dipengaruhi beberapa faktor antara lain:

1. Tingkat kehalusan semen dan jenis kantong yang digunakan,
2. Keadaan mekanis pengisian semen, dan
3. Nilai / parameter suatu peralatan yang memiliki range terlalu tinggi.

Dalam proses kerjanya peralatan Haver & Boecker terdiri dari:

1. Peralatan kontrol / Elektrikal yakni:
  - a. MCB
  - b. Kontaktor,
  - c. Terminal,
  - d. Kabel,
  - e. Bagclamp,
  - f. Sensor proximity
  - g. Card Elektronika yang terdiri dari 5 card,
  - h. Motor 3 phasa,
  - i. Loadcell, dan
  - j. Display sebagai tampilan.
2. Peralatan mekanis yang saling terkait, yakni:
  - a. Piston,
  - b. Spout / corong,
  - c. Impeller,
  - d. V-belt, dan beberapa peralatan yang saling mendukung antara satu dengan yang lain.

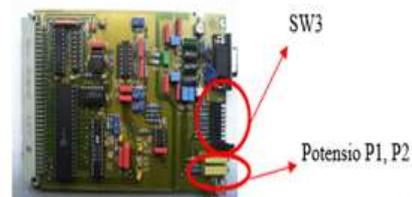
Adapun estimasi biaya yang diperlukan untuk pengadaan 1 buah spout Haver & Boecker dari segi elektrikal/kontrolnya sebagai berikut:

Tabel I.  
Estimasi biaya untuk satu panel Haver&Boecker

No.	Jenis Peralatan	Harga (Rp)
1.	Rel	15.000
2.	Terminal	350.000
3.	Kabel	20.000
4.	MCB 3 phasa	135.000
5.	MCB 1 phasa	60.000
6.	Kontaktor	185.000
7.	Bagclamp	2.000.000
8.	Sensor proximity x2	1.000.000
9.	Solenoid x4 @180.000	720.000
10.	Box solenoid/manifold	2.000.000
11.	Loadcell	1.500.000
12.	Display sebagai tampilan sudah termasuk card elektronika x 5 @17.000.000	85.000.000
<b>Total</b>		<b>92.985.000</b>

Adapun cara kalibrasi peralatan neraca Haver & Boecker adalah sebagai berikut:

1. Sebelum melakukan kalibrasi kondisi dudukan kantong semen harus bersih, dan harus bebas
2. Perhatikan card converter ( ST 39 ) dan Power suplay dalam keadaan ON, setelah itu ikuti langkah-langkah berikut ini:
  - a. Geser ke kanan swith SW3 pada card ST 39, lalu perhatikan tampilan display



Gambar 11. card converter

- b. Jika terlalu jauh dari nilai 2,30 Kg (zero/tara) geser Swith SW2 sampai muncul pada display nilai yang mendekati 2,30 Kg.
  - c. Putar potensio P2 sampai muncul pada display 2,30 Kg (zero/tara)
  - d. Naikkan beban pemberat 50 Kg, lalu amati tampilan display 52,30 Kg (span) jika tidak putar potensio P1 sampai muncul persis sama dengan 52,30 Kg
  - e. Turunkan beban pemberat, amati zero 2,30 Kg jika tidak sama ulangi dari poin b sampai poin d,
  - f. Setelah itu geser SW3 ke kiri dan coba lagi naikkan beban 50 Kg amati pada display jika tidak sama dengan 50,00 kg ulangi proses kalibrasi, dari poin a sampai poin f dan jika sudah sama dengan 50,00 kg maka proses kalibrasi sudah selesai.
3. Jika hanya ingin menaikkan atau menurunkan timbangan maka cukup putar Potensio P1 atau P2 untuk mencapai timbangan yang diinginkan.

**B. IQ-Plus**

IQ-Plus ini merupakan neraca modifikasi oleh Delta Surabaya yang diperuntukkan untuk skala besar yang mampu mencapai 2000 ton, IQ-Plus ini sedikit lebih canggih dibandingkan neraca Haver & Boecker, karena sudah menggunakan PLC sebagai pengganti card elektronik.

PLC yang digunakan dalam neraca IQ-Plus ini menggunakan PLC Siemens Logo.



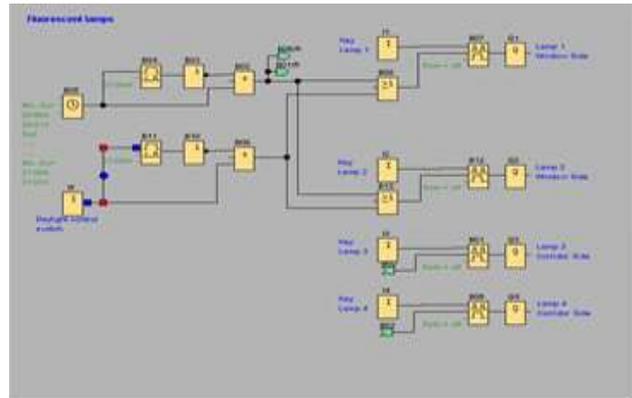
Gambar 12. PLC Logo

Untuk Membuat satu peralatan kontrol neraca IQ-Plus di belrukan beberapa jenis alat, berikut harga dan jenis peralatannya

Tabel II.  
Estimasi Biaya IQ-PLUS

No.	Jenis Peralatan	Harga (Rp)
1.	PLC Siemens	3.500.000
2.	Power Suplay 24 Vdc	2.000.000
3.	Indikator Weighing (IQ-Plus 710)	17.000.000
4.		60.000
5.	Circuit Breaker 220 VAC	500
6.	Fuse 3.5 A	180.000
7.	Relay 24 Vdc, 2 NO+2NC	250.000
8.	Limit Switch	1.000.000
9.	Sensor Proximity x 2	80.000
10.	Indikator lamp	56.000
11.	Saklar Push Button	1.500.000
12.	Load cell	135.000
13.	MCB 3 phasa @180.000	185.000
14.	Kontaktor	2.000.000
15.	Bagclamp	720.000
16.	Solenoid x 4	2.000.000
17.	Box solenoid (manifold)	15.000
18.	Rel	350.000
19.	Terminal Kabel	20.000
<b>Total</b>		<b>Rp. 31.051.500</b>

PLC ini merupakan pengganti relay dan merupakan suatu program yang menjalankan fungsi-fungsi pengisian, dalam pengoperasiannya PLC ini dapat menggunakan 2 mode, baik itu mode ledder diagram maupun mode gerbang Logika baik itu AND, OR, NAND, XOR dan NOT. Pada neraca tersebut menggunakan mode gerbang logika seperti pada gambar berikut



Gambar 13. PLC LOGO Mode Gerbang Logika

**C. Redlion**

Redlion juga merupakan neraca modifikasi dimana dalam pengoprasiaannya, neraca ini menggunakan PLC Zelio, PLC ini merupakan penganti relay yang berfungsi untuk menggantikan proses pengisian semen. Bentuk PLC Zelio tersebut dapat dilihat pada Gambar 14.

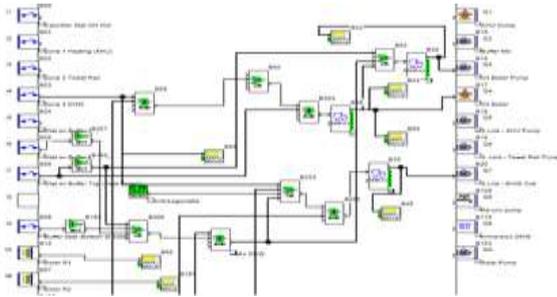


Gambar 14. PLC Zelio

PLC Zelio ini dapat menggunakan program dalam dual tampilan baik itu ledder maupun bentuk gerbang logika.



Gambar 15. PLC Zelio dalam bentuk Ledder



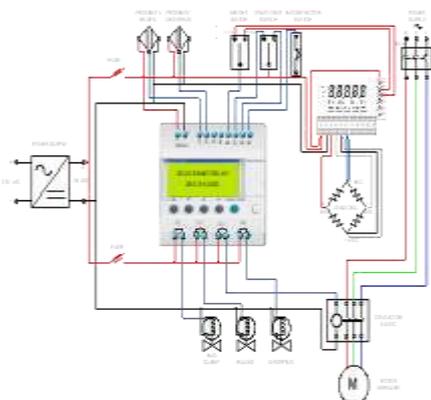
Gambar 16. PLC Zelio dalam bentuk gerbang logika

PLC inilah yang kemudian akan menjalankan perintah pengisian semen dan kemudian di sinkronisasikan oleh redlion dan loadcell, redlion tersebut akan memberikan penunjukan nilai suatu neraca melalui loadcell (alat timbang) Untuk Membuat satu peralatan kontrol yang menggunakan Redlion ini dibutuhkan beberapa peralatan dan estimasi biaya yang dibutuhkan sebagai berikut.

Tabel III.  
Tabel Estimasi Biaya Redlion

No.	Jenis Peralatan	Harga (Rp)
1.	PLC Zelio	1.500.000
2.	Redlion	2.000.000
3.	Power Suplay 24 Vdc	500.000
4.	schneider	60.000
5.	Circuit Breaker 220 VAC	180.000
6.	Relay 24 Vdc, 2 NO+2NC	250.000
7.	Limit Switch	1.000.000
8.	Sensor Proximity x 2	1.500.000
9.	Load cell	135.000
10.	MCB 3 phasa	185.000
11.	Kontaktor	2.000.000
12.	Bagclamp @180.000=	540.000
13.	Solenoid x 3	2.000.000
14.	Box solenoid (manifold)	15.000
15.	Rel	350.000
16.	Terminal Kabel	20.000
<b>Total</b>		<b>Rp. 12.235.000</b>

Untuk menjalankan perintah pengisian semen, PLC Zelio dirangkai dengan beberapa peralatan lainnya, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 17. Rangkaian pengawatan kontrol Redlion

1. Kalibrasi Neraca

Tabel IV.  
Perbandingan data kalibrasi ketiga jenis neraca

Pada tabel diatas dapat dilihat dengan jelas, bahwa neraca yang menggunakan Redlion merupakan neraca

No.	Jenis Neraca	Kalibrasi ( $\pm 0.5$ )					
		I		II		III	
		I	II	I	II	I	II
1	Haver & Boecker	41.0	40.7	41.0	41.1	40.8	40.7
2	IQ-Plus	40.1	40.7	40.3	41.0	41.1	40.3
3	Redlion	40.2	40.2	40.0	40.2	40.2	40.2

yang cenderung lebih stabil, penunjukan pada layar Redlion sama dengan berat per kg pada kantong semen tersebut. Untuk pembuktian nilai penunjukan dan berat kantong per kgnya sama adalah dengan menimbang secara manual kantong semen yang telah terisi tersebut pada neraca konvensional / timbang manual.

Dari penjelasan sebelumnya juga telah dijelaskan bahwa Redlion merupakan sebuah alat yang dalam perakitannya lebih simpel dan ekonomis serta lebih mudah untuk di maintenance.

2. Perbandingan Harga

Jika dilihat dari segi harga maka dapat dibandingkan secara jelas neraca mana yang lebih menguntungkan, berikut perbandingannya.

Tabel V.  
Perbandingan harga ketiga jenis Neraca

No.	Jenis Neraca	Total Harga (Rp)
1	Haver & Boecker	92.985.000
2	IQ-Plus	31.051.500
3	Redlion	12.235.000

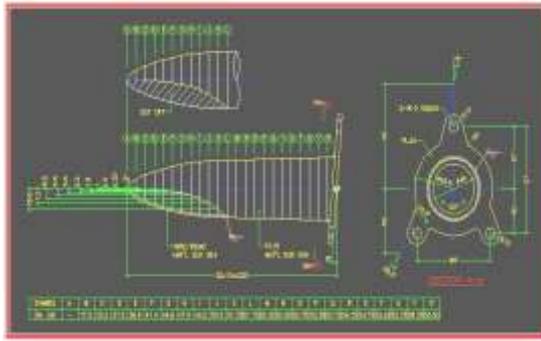
3. Perbandingan Nilai Kalibrasi

Dari data yang telah diperoleh (lihat lampiran) maka setiap neraca pasti memiliki hasil timbangan yang tidak sama persis, hal ini diakibatkan oleh beberapa faktor diantaranya telah dijelaskan pada penjelasan kalibrasi setiap peralatan dan faktor yang lebih spesifik dapat dilihat dibawah ini.

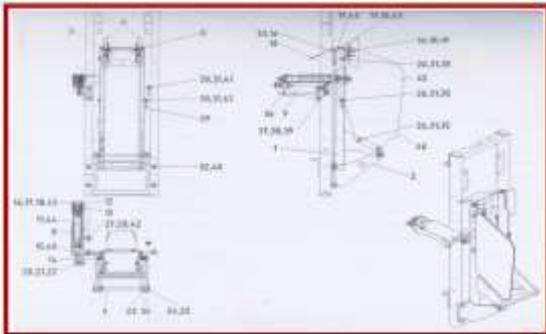
- Dalam setiap sampel yang diambil akan terjadi perbedaan berat antara sample satu dan dua hal ini sangat dipengaruhi oleh keadaan system mekanis, baik itu keadaan meja kantong, posisi spout maupun keadaan stik loadcell yang memiliki kemiringan yang tidak standar, beberapa diantaranya dapat dilihat pada gambar berikut:



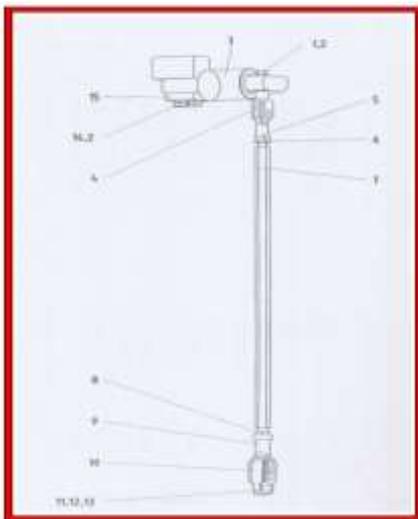
D. Perbandingan ketiga jenis Neraca



Gambar 18. spout/corong rotary packer



Gambar 19. posisi meja kantong



Gambar 20. stik loadcell

Hal inilah yang juga mempengaruhi nilai timbangan

- Penyimpangan nilai yang timbul pada neraca juga dipengaruhi oleh range peralatan yang besar, hal ini dapat dilihat dari tampilan display dan berat kantong yang tidak sesuai, selain itu neraca yang menggunakan IQ-Plus dan redlion menggunakan digital output sebagai kluarannya sehingga berat yang terisi lebih akurat,
- Parameter yang telah di settingkan bergeser oleh karena adanya getaran, perubahan system mekanis, maupun karena adanya faktor lainnya yang tidak diketahui.

Tingkat efisiensi juga dilihat dari sistem kerja peralatan, cara kalibrasi yang mudah, pemasangan yang simple dan tentu saja ketersediaan alat dan bahan serta harga yang ditawarkan,

Dari beberapa alasan yang telah dimuat dalam isi laporan kalibrasi ini maka beberapa faktor utama pemilihan neraca redlion adalah sebagai berikut:

- Neraca yang menggunakan Redlion lebih murah biayanya untuk pengadaan satu unit control spout dibandingkan haver & Boecker ataupun IQ-Plus,
- Berat kantong yang terisi sama dengan yang tertera pada layar,
- Hasil timbangan yang lebih stabil jika dilihat dari hasil pengkalibrasian hariannya.

Dari data yang telah diperoleh, maka kontrol menggunakan Redlion telah menjadi suatu kemajuan dan menciptakan suatu peralatan yang lebih baik dari apa yang telah ada sebelumnya, tentunya dengan perbaikan kearah yang lebih baik lagi untuk kedepannya.

## V. KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan pengumpulan data untuk menjawab tujuan dari penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Neraca Haver & Boecker merupakan neraca yang masih menggunakan card elektronik yg rentan mengalami kerusakan sehingga neraca tersebut telah dimodifikasi menggunakan IQ-Plus maupun Redlion. beberapa dari neraca tersebut memiliki tingkat kalibrasi yang bervariasi. Beberapa penyebab perlunya neraca tersebut dikalibrasi, antara lain.
  - a. Nilai timbangan bergeser dari target,
  - b. Terjadi penyimpangan-penyimpangan dari range yang telah ditentukan.
2. Jika dilihat dari sisitem kerja masing-masing neraca, maka dari pembahasan sebelumnya dapat dilihat neraca mana yang memiliki keakuratan lebih baik, untuk kantong 40 kg misalnya Haver & Boecker bisa mencapai 41.2 kg, IQ-plus 40.7 kg sedangkan untuk Redlion 40.2 kg. Dari Hasil penelitian yang kami lakukan, maka neraca yang menggunakan Redlion lebih akurat dibandingkan neraca jenis lainnya.
3. Redlion merupakan neraca yang lebih efisien, hal ini dibuktikan dari berbagai aspek, antara lain yakni.
  - a. Untuk pengadaan sebuah kontrol Haver & Boecker diperlukan dana sekitar Rp. 92.985.000 yang telah dibahas rinciannya pada halaman-halaman sebelumnya,
  - b. Sedangkan untuk IQ-Plus dibutuhkan dana sebesar Rp. 31.051.500 dan Redlion hanya memerlukan Rp. 12.235.000,
  - c. Range yang ditimbulkan oleh neraca yang menggunakan Redlion lebih kecil, sehingga berat kantong sesuai target yang diinginkan, juga ketersediaan peralatan cukup memadai, karena alatnya mudah didapatkan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Kemenristek Dikti dalam hibah Dosen Pemula 2019

## REFERENSI

- [1] Camino-Sánchez, F., et al., *UNE-EN ISO/IEC 17025: 2005 accredited method for the determination of 121 pesticide residues in fruits and vegetables by gas chromatography–tandem mass spectrometry*. 2011. 24(3): p. 427-440.
- [2] Omar, A.S., *Development of Colour-mark Sensor-based Calibration System for Timing Devices with Seven-segment Liquid-crystal-display*. 2015, Universiti Teknologi Malaysia.
- [3] Suyanto, S. and D.J.G. Yulistyan, *Otomatisasi Sistem Pengendali Berbasis PLC Pada Mesin Vacuum Metalizer Untuk Proses Coating (Studi Kasus Di Pt. Astra Otoparts, Tbk-Divisi Adiwira Plastik, Bogor)*. 2009. 9(2).
- [4] Syech, R., R. Abdi, and W.J.J.A. Tambunan, *Penentuan Konduktivitas Listrik Air Sungai Batang Lubuh dengan Menggunakan Metode Jembatan Wheatstone*. 2016. 8(2): p. 92-101.
- [5] KING, D., *THE HISTORY OF THE WOVEN WIRE INDUSTRY-HAVER-AND-BOECKER ON THE OCCASION OF THEIR 100TH ANNIVERSARY-GERMAN-PIERENKEMPER, T, TILLY, R*. 1988, FRANK CASS CO LTD 11 GAINSBOROUGH ROAD, LONDON, ENGLAND E11 1RS.
- [6] Kent, D.V. and F.W. Kent, *Neighbours and Neighbourhood in Renaissance Florence: The District of the Red Lion in the Fifteenth Century*. Vol. 6. 1982: JJ Augustin.

## SISTEM PENGENALAN WAJAH DENGAN METODE *EUCLIDEAN DISTANCE*

Dedy Harto<sup>1</sup>, Muhammad Zaki Rahmani<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

Email: <sup>1</sup>dedy@borneo.ac.id, <sup>2</sup>muh.zaki.rahmani@gmail.com

**Abstract**—Biometrics is computer technology for the recognition of oneself through certain body parts. The use of pupil eyes as a feature of a person is the result of extracting facial features using geometry features, measurement of distance between eyes is still manually so that it requires a system that directly displays the results of measurements to obtain PD values that can be directly used to identify someone. This study designed a face recognition system through the MATLAB GUI to simplify the process of image capture and processing. The image is taken using a smartphone that is connected directly to a portable computer wirelessly through the Internet Protocol Camera system. The number of image samples used amounted to 50 samples for the database and 100 samples for the test data consisting of 10 people with the composition of 5 men and 5 women. Image processing uses the Viola-Jones method to detect faces in the second area of the eye and uses the Euclidean distance method to find the pupillary distance value which is then followed by image grouping based on that range of values and ends with facial recognition system testing. The test uses 100 samples of image data consisting of 5 men and 5 women with each of the 10 image data. Based on the results of these tests, the accuracy of face recognition system is obtained by 73% and the accuracy value based on gender for men is 78% and women are 68%. With face matching speed of about 2-3 seconds..

**Keywords**—PD (Pupillary Distance), geometri, GUI MATLAB, viola-jones, euclidean distance.

**Intisari**—Biometrik merupakan teknologi komputer untuk pengenalan diri seseorang melalui bagian tubuh tertentu. Penggunaan pupil mata sebagai ciri seseorang merupakan hasil dari pada ekstrak ciri wajah dengan menggunakan fitur geometri, pengukuran jarak antar mata masih dengan cara manual sehingga membutuhkan sebuah sistem yang secara langsung menampilkan hasil dari pada pengukuran untuk memperoleh nilai PD yang dapat langsung digunakan untuk mengenali seseorang. Penelitian ini merancang sistem pengenalan wajah melalui GUI MATLAB untuk mempermudah proses pengambilan citra dan pengolahannya. Pengambilan citranya menggunakan ponsel pintar yang terhubung langsung dengan komputer jinjing secara nirkable melalui sistem Internet Protocol Camera. Jumlah sampel citra yang digunakan berjumlah 50 sampel untuk basis data dan 100 sample untuk data uji yang terdiri dari 10 orang dengan komposisi 5 laki-laki dan 5 perempuan. Proses pengolahan citra menggunakan metode viola-jones untuk mendeteksi wajah pada area kedua mata dan menggunakan metode euclidean distance untuk mencari nilai pupillary distance yang kemudian dilanjutkan pengelompokan citra berdasarkan rentang nilai tersebut dan diakhiri dengan pengujian sistem pengenalan wajah. Pengujian menggunakan 100 sampel data citra yang terdiri dari 5 laki-laki dan 5 perempuan dengan masing-masing 10

data citra. Berdasarkan hasil pengujian tersebut maka didapatkan nilai akurasi sistem pengenalan wajah sebesar 73% dan nilai akurasi berdasarkan jenis kelamin untuk laki-laki 78% dan perempuan 68%. Dengan kecepatan pencocokan wajah sekitar 2-3 detik.

**Kata Kunci**—PD (Pupillary Distance), geometri, GUI MATLAB, viola-jones, euclidean distance..

### I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dunia digital mengalami kemajuan yang sangat pesat mendorong terciptanya sistem pengenalan wajah melalui ciri-ciri pada wajah. Mata merupakan salah satu indra manusia yang terdapat pada wajah seseorang selain mulut dan hidung. Sepasang mata dapat menjadi ciri khusus, terutama pada bagian retina dan pupil. Terdapat jarak antara pupil mata kanan dan kiri yang dikenal sebagai PD (Pupillary Distance) atau IPD (Interpupillary Distance) atau jarak antar pupil yang dapat digunakan sebagai pengenalan biometrik pada seseorang.

Sistem biometrik merupakan teknologi pengenalan diri yang menggunakan bagian tubuh atau perilaku manusia pada umumnya. Sepertihalnya sidik jari, tanda tangan, DNA, telinga, wajah, infrared, gaya berjalan, geometri tangan, gaya penekanan tombol, bau, telapak tangan, retina, suara, gigi, dan bibir. Masing-masing merupakan karakteristik dari pada sistem pengenalan diri. Sistem ini ada untuk mengenali identitas seseorang secara otomatis menggunakan teknologi komputer, yang bertujuan untuk meningkatkan keamanan sistem dan untuk mengenali target secara cepat dan tepat [1].

Secara umum sistem pengenalan citra wajah dibagi menjadi dua jenis, yaitu sistem *feature based* dan sistem *image based*. Pada sistem pertama digunakan fitur yang diekstraksi dari komponen citra wajah (mata, hidung, mulut, dan lain-lain) yang kemudian hubungan antara ciri-ciri tersebut dimodelkan secara geometris. Sedangkan sistem kedua menggunakan informasi mentah dari piksel citra yang kemudian direpresentasikan dalam metode tertentu, misalnya *Principal Component Analysis* (PCA), transformasi *wavelt*, GLCM yang kemudian digunakan untuk klasifikasi identitas citra [2].

*Pupillary distance* (PD) atau *interpupillary distance* (IPD) atau jarak antar pupil merupakan pengukuran jarak antar titik tengah pupil pada sepasang mata pada manusia. Jarak antara pupil mata setiap orang berkisar 58 mm sampai 70 mm. Nilai PD pada setiap orang bervariasi berdasarkan umur, jenis kelamin, dan ras keturunan.

Dalam penelitian dengan jumlah sampel 3976 orang, berdasarkan distribusi data pengukurannya terdapat nilai ketidakseragaman berdasarkan ras keturunan mencapai 99% dan berdasarkan usia mencapai 95%. Nilai rata-rata PD pada laki-laki dan perempuan memiliki selisih perbedaan, nilai tersebut juga mengalami perubahan seiring dengan penambahan umur [3].

Penggunaan pupil mata sebagai ciri seseorang merupakan hasil dari pada ekstrak ciri wajah. Terdapat ekstraksi ciri wajah dengan menggunakan fitur geometri, berupa jarak antara pupil mata. Secara umum geometri adalah ilmu ukur yang berhubungan dengan bentuk, ukuran, dan posisi hingga sifat ruang, hasilnya memunculkan ilmu pengetahuan praktis tentang panjang, luas, dan volume. Dipelopori oleh *Euclid* (abad ke-3 SM) dengan nama geometri *euclid*. Ilmu ukur ini menjadi standar selama berabad-abad dan kemudian disempurnakan hingga sekarang dan menjadi sebuah metode perhitungan yang dikenal sebagai metode *euclidean distance*.

Saat ini telah ada pengembangan sistem pengenalan wajah, seperti pengenalan wajah menggunakan alihragam wavelet haar dan jarak *euclidean* dengan tingkat keberhasilan pengenalan mencapai 96% [4]. Penerapan *euclidean distance* pada *eigenface* untuk *monitoring* ruangan secara *realtime* berbasis *webcam* dengan pencocokan wajah dengan tingkat pengenalan hingga 88% [5]. Pengenalan wajah dengan menggunakan metode *centroid* dan *geometric mean* dengan nilai akurasi mencapai 96% [6]. Sedangkan pada perbandingan metode *viola-jones* dengan metode *roberts cross* pada sistem pengenalan wajah, dengan metode *viola-jones* lebih unggul dalam hal kecepatan pendeteksian wajah dengan nilai 95% [7], metode nilai jarak guna kesamaan atau kemiripan ciri suatu citra yang menggunakan perbandingan antar metode pengukuran, dengan tingkat keakuratan metode *euclidean distance* lebih baik dari *manhattan* dan *mahalanobis* [8].

Berdasarkan teori dan pengembangan mengenai sistem pengenalan wajah sebelumnya maka pada tugas

akhir ini akan dirancang sebuah sistem pengenalan wajah dengan menggunakan metode *euclidean distance* dan metode *viola-jones*.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Mata

Mata adalah organ penglihatan pada manusia. Mata mendeteksi cahaya dan mengubahnya menjadi impuls elektrokimia pada sel saraf.

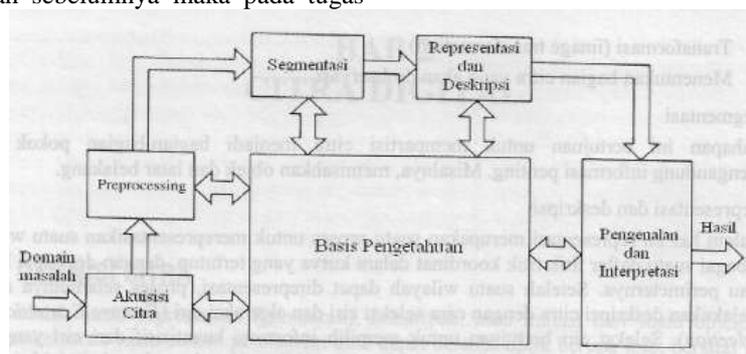
### B. Citra

Citra atau gambar dapat didefinisikan sebagai sebuah fungsi dua dimensi,  $f(x,y)$ , di mana  $x$  dan  $y$  adalah koordinat bidang datar, dan harga fungsi  $f$  di setiap padang koordinat  $(x,y)$  Jika  $x,y$  dan  $f$  semuanya berhingga (finite), dan nilainya diskrit, maka gambarnya disebut citra digital (gambar digital). Sebuah citra digital terdiri dari sejumlah elemen yang berhingga, di mana masing-masing mempunyai lokasi dan nilai tertentu. Elemen-elemen ini disebut sebagai *picture element*, *image element*, *pels* atau *pixel*. [9]

### C. Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital adalah sebuah disiplin ilmu yang mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan perbaikan kualitas gambar (peningkatan kontras, transformasi warna, restorasi citra), transformasi gambar (rotasi, translasi, skala, transformasi geometrik), melakukan pemilihan citra ciri (*feature images*) yang optimal untuk tujuan analisis, melakukan proses penarikan informasi atau deskripsi objek atau pengenalan objek yang terkandung pada citra, melakukan kompresi atau reduksi data untuk tujuan penyimpanan data, transmisi data, dan waktu proses data. Input dari pengolahan citra adalah citra, sedangkan output-nya adalah citra hasil pengolahan [10].

### D. Jenis-jenis Citra Digital



Gambar 1. Tahap-tahap pengolahan citra [10]

Langkah-langkah penting dalam pengolahan citra secara umum dijabarkan menjadi beberapa langkah; Akuisisi Citra, *Preprocessing*, Segmentasi, Representasi dan Deskripsi, Pengenalan dan Interpretasi, dan Basis Pengetahuan.

### E. Jenis-Jenis Citra Digital

Citra digital terdiri dari, citra biner, citra grayscale dan citra warna.

### F. Elemen-elemen Citra Digital

Elemen-elemen Citra Digital terdiri dari, Kecerahan (*brightness*), Kontras (*contrast*), Warna (*color*), Bentuk (*shape*), dan Tekstur (*texture*)

### G. Operasi Pemotongan

Operasi *cropping* adalah pengolahan citra dengan kegiatan memotong satu bagian dari citra.

#### H. Operasi Citra *Biner*

Pengolahan Citra digital membutuhkan memori yang jauh lebih besar dibandingkan dengan pengolahan tesk pada komputer. Untuk menghemat kebutuhan memori, warna citra diubah ke tingkat grayscale terendah yang berarti citra hanya mengandung informasi hitam atau putih pada piksel-piksel penyusunnya, yang disebut juga dengan citra biner, sehingga operasi dapat tetap dijalankan walaupun memori yang tersedia relatif kecil.

#### I. Geometri Pada Citra

Sifat-sifat geometri dari objek bisa dipakai sebagai ciri objek tersebut di dalam citra, yang meliputi ukuran, lokasi, bentuk, orientasi (sudut kemiringan objek terhadap garis acuan yang digunakan), dan ciri lain yang berguna untuk mengenali objek dalam citra yang dianalisis. Untuk mengenali dan menentukan ciri-ciri tersebut, kita misalkan saja pada sebuah citra hanya terdapat satu objek sehingga algoritma untuk menghitung ciri-ciri tadi dapat langsung diterapkan dengan cara yang lebih sederhana.

#### J. Pelabelan Komponen

Pada Citra mengandung objek lebih dari satu maka ciri mendasar dari masing-masing objek dapat dihitung secara sendiri-sendiri melalui operasi pelabelan, yaitu dengan cara menemukan komponen terkoneksi dalam citra karena suatu komponen terkoneksi mewakili sebuah objek.

#### K. Filter Ukuran

Biasanya setelah citra grayscale diubah menjadi citra biner melalui proses binerisasi, pada citra masih terdapat noise akibat kesalahan dalam mengelompokkan piksel-piksel ke dalam golongannya sehingga komponen terkoneksi dengan ukuran dibawah nilai tersebut dapat berkelakuan sebagai *noise*. Filter ukuran digunakan untuk menghapus *noise* jenis ini.

#### L. *Thresholding*

Metode ini menggunakan nilai ambang T pada citra sebagai patokan untuk memutuskan sebuah piksel diubah menjadi hitam atau putih.

#### M. *Viola-Jones*

Metode *viola-jones* merupakan salah satu metode pendeteksian objek yang cukup populer dan banyak digunakan untuk pengembangan metode lainnya, metode *viola-jones* dapat memberikan hasil dengan tingkat persentase keakuratan yang cukup tinggi dan dengan kecepatan pengenalan yang sangat tinggi hingga 15 *frame* per detik.

#### N. Jarak *Euclidean*

Metode *Euclidean* adalah suatu metode pencarian kedekatan nilai jarak dari 2 buah variabel, selain mudah metode ini juga tidak memakan waktu, dan proses yang cepat.

$$\text{Euclidean distance } (d) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

#### O. IP Webcam

IP Webcam adalah sebuah aplikasi Android pada smartphone yang dapat mengonversi perangkat Android menjadi sebuah kamera *internet* atau *Internet Protocol Camera*,

#### P. Matlab

MATLAB (*Matrix Laboratory*) adalah sebuah program pengembangan untuk analisis dan komputasi numerik dan merupakan suatu bahasa pemrograman matematika lanjutan yang dibentuk dengan dasar pemikiran menggunakan sifat dan bentuk matriks. MATLAB telah berkembang menjadi sebuah environment pemrograman yang canggih yang berisi fungsi-fungsi built-in untuk melakukan tugas pengolahan sinyal, aljabar linier, dan kalkulasi matematis lainnya [11].

#### Q. GUI Matlab

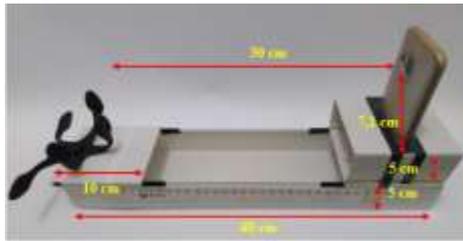
GUI atau Graphical User Interface merupakan tampilan grafis yang memudahkan user berinteraksi dengan perintah teks. Dengan GUI, program menjadi lebih friendly, sehingga user mudah menjalankan suatu aplikasi program [12].

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Perancangan Pengambilan Data



Gambar 2. Koneksi Laptop dan Smartphone



Gambar 3. Alat bantu peragaan pengambilan citra wajah

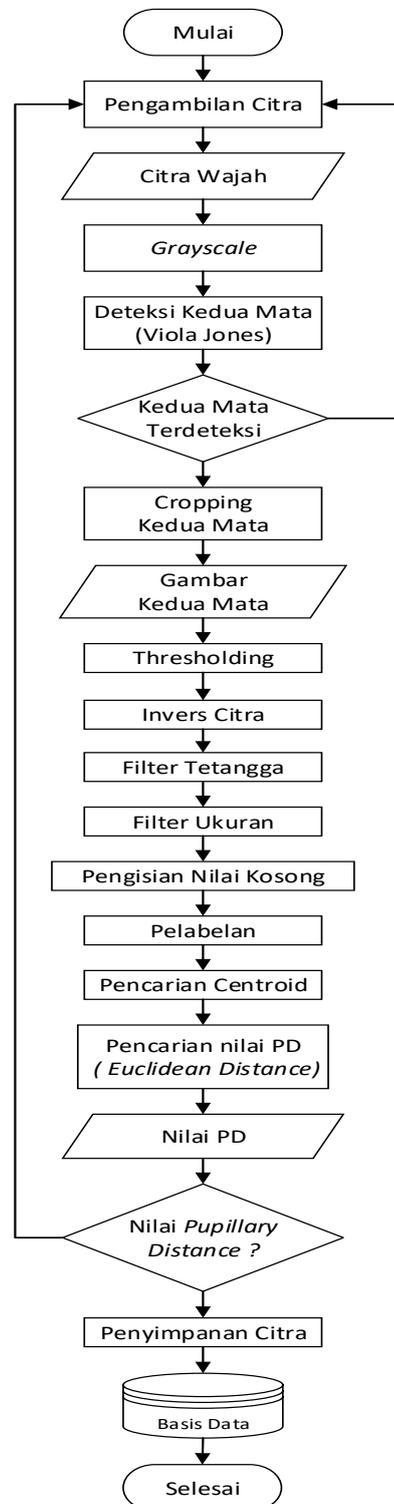
Pengambilan data citra dilakukan secara langsung, dengan jumlah data basis 50 citra dan data uji 100 citra.

B. Perancangan Kerja Perangkat Lunak Sistem.

Perancangan perangkat lunak sistem pengenalan wajah memiliki beberapa ketentuan agar sistem dapat berjalan dengan baik, ketentuan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Input citra menggunakan kamera smartphone HTC one M9 dengan format file JPEG/JPG dengan resolusi 1920x1920 px.
2. Kamera smartphone terhubung secara *wireless* pada laptop dengan sistem *Internet Protocol Camera*.
3. Menggunakan metode *viola-jones* untuk mendeteksi area wajah khususnya pemotongan citra kedua mata.
4. Menggunakan metode *euclidean distance* untuk menghitung jarak antara PD.
5. Menggunakan nilai PD sebagai dasar dalam sistem pengenalan wajah.
6. Data basis yang tersimpan berisikan 5 citra wajah pada setiap 10 orang yang terdiri dari 5 laki-laki dan 5 perempuan.
7. Pengujian Sistem pengenalan wajah menggunakan 100 data citra dengan masing-masing 10 citra berdasarkan 10 orang (5 laki-laki & 5 perempuan).
8. Jarak pengambilan citra wajah berjarak 30 cm  $\pm$  0.5.
9. Posisi wajah khususnya mata diatur dan dibatasi posisinya dengan hanya boleh menghadap ke arah depan lurus ke kamera secara horisontal serta posisi kepala tegap lurus vertikal.
10. Ekspresi wajah normal dengan Keadaan mata diusahakan dalam posisi terbuka lebar (besar) tidak dengan keadaan mata sipit (kecil) atau menjulingkan mata secara sengaja serta dengan tidak menggunakan bantuan tangan dan alat bantu lainnya.
11. Sistem pengenalan wajah hanya dapat mengenali apabila menunjukkan wajah secara utuh tanpa tertutupi atau terhalangi oleh benda apapun terutama pada bagian wajah khususnya mata.
12. Pencahayaan pada lingkungan sekitar setidaknya harus terang (minimal harus ada sumber cahaya yang menuju ke wajah untuk ditangkap kamera).

Maka dengan ketentuan diatas dibuatlah sebuah sistem pengenalan wajah sebagai berikut:



Gambar 4. Diagram alir perancangan kerja perangkat lunak sistem pengenalan wajah

C. Perancangan Pengujian Sistem

Pengujian pada basis data dilakukan dengan menggunakan basis data itu sendiri, diketahui terdapat 50 sample citra pada basis data, untuk menghitung tingkat akurasi dari pada basis data maka dengan menggunakan persamaan dibawah.

$$Akurasi\ Basis(\%) = \frac{\sum Pengujian - Kesalahan}{\sum Pengujian} \times 100\%$$

Pengujian sistem pengenalan wajah dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi sistem yang telah dibangun, diketahui terdapat 100 sample citra sebagai data uji, untuk menghitung tingkat akurasinya digunakanlah persamaan sebagai berikut.

$$Akurasi\ Sistem(\%) = \frac{\sum Pengujian - Kesalahan}{\sum Pengujian} \times 100\%$$

Proses pengujian dapat dilihat melalui diagram alir sebagai berikut.



Gambar 5. Diagram alir perancangan pengujian Pengujian basis data

D. Perancangan GUI Sistem



Gambar 6. Perancangan tampilan GUI pengambilan data



Gambar 7. Perancangan tampilan GUI pengujian data

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Keterangan Proses Pengolahan Citra

Berikut ini merupakan hasil dari pada proses Pengolahan citra yang di dapat ditampilkan melalui GUI MATLAB yang telah di rancang.



Gambar 8. Pengambilan Citra

Proses Pengambilan citra secara langsung melalui kamera *smartphone* yang telah dihubungkan secara *wireless*

##### 1. Proses *Grayscale*

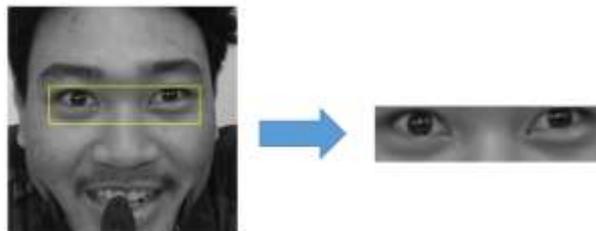
Pada gambar 9, adalah proses dari citra warna ke citra *grayscale*.



Gambar 9. Pengambilan Citra

##### 2. Proses *Viola-Jones & Cropping*

Pada gambar 10 merupakan hasil dari proses *Viola-Jones* dan melakukan *cropping* pada citra.



Gambar 10. *Viola-Jones & Cropping*

##### 3. Proses *Thresholding*

Pada Gambar 11, merupakan proses dari *thresholding* untuk daerah mata.



Gambar 11. *Thresholding*

##### 4. Proses *Invers*

Pada gambar 12 merupakan hasil dari citra threshold ke citra yang sudah di *invers*.



Gambar 12. *Invers*

5. Proses Filter Tetangga

Pada gambar 13 merupakan hasil dari citra yang di *invers* ke bentuk proses filter tetangga.



Gambar 13. Filter Tetangga

6. Proses Filter Ukuran

Pada gambar 14 merupakan proses dari hasil filter tetangga ke filter ukuran.



Gambar 14. Filter Ukuran

7. Proses Pelabelan

Pada gambar 15, merupakan hasil dari filter ukuran ke proses pelabelan.



Gambar 15. Pelabelan

8. Proses Pencarian *Centroid*

Pada gambar 16 merupakan hasil akhir dari proses pencarian *centroid*.



Gambar 16. Pencarian *Centroid*

Menghitung Nilai *Pupillary Distance* Setelah Mengetahui titik *centroid* pada pupil mata kanan dan kiri, maka selanjutnya adalah melakukan proses perhitungan jarak antar pupil mata melalui perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Euclidean distance (px)} &= \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \\ &= \sqrt{(609,5249 - 148,6341)^2 + (48,0896 - 60,9749)^2} = 461,070811631750 \text{ px} \end{aligned}$$



Gambar 17. Tampilan GUI



Gambar 18. Penyimpanan Citra

9. Hasil Pengolahan Citra

Berdasarkan Proses pengolahan citra pada proses sebelumnya maka dengan melakukan pemrosesan pada 50 sample citra basis data dengan hasil sbb.

Table I  
Hasil Pengolahan Citra

No.	Data Citra	Nilai PD (px)	No.	Data Citra	Nilai PD (px)
1	L(1)	458,0563	1	P(1)	419,6009
2	L(1)	460,1696	2	P(1)	422,9218
3	L(1)	461,1224	3	P(1)	418,0881
4	L(1)	461,0923	4	P(1)	420,3653
5	L(1)	463,3248	5	P(1)	418,1277
6	L(2)	451,1379	6	P(2)	448,1504
7	L(2)	453,5757	7	P(2)	447,5257
8	L(2)	451,9672	8	P(2)	445,8844
9	L(2)	451,6505	9	P(2)	446,3926
10	L(2)	453,8625	10	P(2)	450,9378
11	L(3)	500,8454	11	P(3)	412,6265
12	L(3)	500,8706	12	P(3)	408,3207
13	L(3)	502,0355	13	P(3)	409,7308
14	L(3)	505,8747	14	P(3)	409,7215
15	L(3)	503,0878	15	P(3)	412,4687
16	L(4)	469,5363	16	P(4)	435,6867
17	L(4)	470,0423	17	P(4)	433,3541
18	L(4)	469,1004	18	P(4)	433,4137
19	L(4)	470,7736	19	P(4)	430,1859
20	L(4)	465,9149	20	P(4)	433,5561
21	L(5)	470,9207	21	P(5)	416,3964
22	L(5)	475,2740	22	P(5)	412,9445
23	L(5)	474,9300	23	P(5)	414,5848
24	L(5)	475,6406	24	P(5)	417,4992
25	L(5)	473,0995	25	P(5)	416,4354

Berdasarkan nilai diatas maka di dapatkanlah hasil pengolahan nilai untuk mencocokkan wajah seseorang melalui range sebagai berikut.

Tabel II  
Range Nilai PD (Px)

No.	Data Citra	Range Nilai PD (Px)	
		Min	Maks
1	L(1)	458,0563	463,3248
2	L(2)	451,1379	453,8625
3	L(3)	500,8454	505,8747
4	L(4)	465,9149	470,7736
5	L(5)	470,9207	475,6406
6	P(1)	418,0881	422,9218
7	P(2)	445,8844	450,9378
8	P(3)	430,1859	435,6867
9	P(4)	430,1859	435,6867
10	P(5)	412,9445	417,4992

B. Proses Pelatihan Citra Basis

Tabel III  
Hasil Pelatihan Citra Basis

No.	Data Citra	Nilai PD	Target	Hasil	Keterangan
1	L(1)	461,1224	L(1)	L(1)	Benar
2	L(2)	451,6505	L(2)	L(2)	Benar
3	L(3)	500,8706	L(3)	L(3)	Benar
4	L(4)	470,0423	L(4)	L(4)	Benar
5	L(5)	475,2740	L(5)	L(5)	Benar
6	P(2)	448,1504	P(2)	P(2)	Benar
7	P(2)	445,8844	P(2)	P(2)	Benar
8	P(3)	409,7215	P(3)	P(3)	Benar
9	P(4)	430,1859	P(4)	P(4)	Benar
10	P(5)	414,5848	P(5)	P(5)	Benar

Untuk Mengetahui tingkat akurasi dari pada citra basis data maka dilakukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$Akurasi\ basis\ (\%) = \frac{\sum\ Pengujian - Kesalahan}{\sum\ Pengujian} \times 100\% = \frac{10 - 0}{10} \times 100\% = 100\%$$

C. Proses Pengujian Citra

1. Hasil Pengujian Bernilai Benar, perhatikan pada gambar 19 adalah hasil pengujian yang prosesnya benar.



Gambar 19. Hasil Pengujian Benar

2. Hasil Pengujian Bernilai Salah,, perhatikan pada gambar 20 adalah hasil pengujian yang prosesnya benar.



Gambar 20. Hasil Pengujian Salah

3. Hasil pengujian bernilai salah, perhatikan pada gambar 19 adalah hasil pengujian yang prosesnya benar.



Gambar 21. Hasil Pengujian Salah

4. Hasil Pengujian Sistem Pengenalan Wajah, perhatikan tabel IV dan V, tabel berdasarkan laki-laki dan perempuan.

Tabel IV  
Tabel Hasil Pengujian Laki-laki

No	Data Citra	Nilai PD	Target	Hasil	Keterangan
1	L(1)	460,2404	L (1)	L (1)	Benar
2	L(1)	460,2677	L (1)	L (1)	Benar
3	L(1)	459,8765	L (1)	L (1)	Benar
4	L(1)	458,2326	L (1)	L (1)	Benar
5	L(1)	459,3864	L (1)	L (1)	Benar
6	L(1)	457,9766	L (1)	N/A	Salah
7	L(1)	462,1760	L (1)	L (1)	Benar
8	L(1)	460,7670	L (1)	L (1)	Benar
9	L(1)	460,9283	L (1)	L (1)	Benar
10	L(1)	460,8630	L (1)	L (1)	Benar
11	L(2)	453,3203	L (2)	L (2)	Benar
12	L(2)	452,9241	L (2)	L (2)	Benar
13	L(2)	453,4541	L (2)	L (2)	Benar
14	L(2)	452,3379	L (2)	L (2)	Benar
15	L(2)	452,8612	L (2)	L (2)	Benar
16	L(2)	452,9302	L (2)	L (2)	Benar
17	L(2)	451,4959	L (2)	L (2)	Benar
18	L(2)	451,5008	L (2)	L (2)	Benar
19	L(2)	453,2106	L (2)	L (2)	Benar
20	L(2)	452,2147	L (2)	L (2)	Benar
21	L(3)	503,8953	L (3)	L (3)	Benar
22	L(3)	500,9384	L (3)	L (3)	Benar

No	Data Citra	Nilai PD	Target	Hasil	Keterangan
23	L(3)	504,9970	L (3)	L (3)	Benar
24	L(3)	505,4011	L (3)	L (3)	Benar
25	L(3)	504,7332	L (3)	L (3)	Benar
26	L(3)	505,2240	L (3)	L (3)	Benar
27	L(3)	504,4823	L (3)	L (3)	Benar
28	L(3)	503,6733	L (3)	L (3)	Benar
29	L(3)	503,0324	L (3)	L (3)	Benar
30	L(3)	505,9923	L (3)	N/A	Salah
31	L(4)	461,0708	L (4)	L (1)	Salah
32	L(4)	467,5596	L (4)	L (4)	Benar
33	L(4)	466,2823	L (4)	L (4)	Benar
34	L(4)	471,6924	L (4)	L (5)	Salah
35	L(4)	475,3116	L (4)	L (5)	Salah
36	L(4)	464,2413	L (4)	N/A	Salah
37	L(4)	473,8034	L (4)	L (5)	Salah
38	L(4)	466,2376	L (4)	L (4)	Benar
39	L(4)	464,5239	L (4)	N/A	Salah
40	L(4)	473,4734	L (4)	L (5)	Salah
41	L(5)	475,4318	L (5)	L (5)	Benar
42	L(5)	473,1243	L (5)	L (5)	Benar
43	L(5)	476,4913	L (5)	N/A	Salah
44	L(5)	474,1797	L (5)	L (5)	Benar
45	L(5)	471,5248	L (5)	L (5)	Benar
46	L(5)	473,8427	L (5)	L (5)	Benar
47	L(5)	469,9351	L (5)	L (4)	Salah
48	L(5)	471,6564	L (5)	L (5)	Benar
49	L(5)	473,8192	L (5)	L (5)	Benar
50	L(5)	473,6952	L (5)	L (5)	Benar

Table V  
Tabel Hasil Pengujian Perempuan

No.	Data Citra	Nilai PD	Target	Hasil	Keterangan
1	P(1)	423,8036	P(1)	N/A	Salah
2	P(1)	420,0733	P(1)	P(1)	Benar
3	P(1)	418,8006	P(1)	P(1)	Benar
4	P(1)	420,7333	P(1)	P(1)	Benar
5	P(1)	421,2070	P(1)	P(1)	Benar
6	P(1)	417,8643	P(1)	P(5)	Salah
7	P(1)	417,0232	P(1)	P(5)	Salah
8	P(1)	420,9465	P(1)	P(1)	Benar
9	P(1)	418,9195	P(1)	P(1)	Benar
10	P(1)	420,9462	P(1)	P(1)	Benar
11	P(2)	451,7164	P(2)	L(2)	Salah
12	P(2)	451,7233	P(2)	L(2)	Salah
13	P(2)	447,5984	P(2)	P(2)	Benar
14	P(2)	450,4920	P(2)	P(2)	Benar
15	P(2)	450,0495	P(2)	P(2)	Benar
16	P(2)	451,4662	P(2)	L(2)	Salah
17	P(2)	452,6390	P(2)	L(2)	Salah
18	P(2)	448,9519	P(2)	P(2)	Benar
19	P(2)	448,1552	P(2)	P(2)	Benar
20	P(2)	444,9873	P(2)	N/A	Salah
21	P(3)	409,0690	P(3)	P(3)	Benar
22	P(3)	411,5062	P(3)	P(3)	Benar
23	P(3)	408,8588	P(3)	P(3)	Benar
24	P(3)	411,6259	P(3)	P(3)	Benar
25	P(3)	413,1246	P(3)	N/A	Salah
26	P(3)	409,4670	P(3)	P(3)	Benar
27	P(3)	408,6992	P(3)	P(3)	Benar
28	P(3)	405,7237	P(3)	N/A	Salah
29	P(3)	405,6460	P(3)	N/A	Salah
30	P(3)	405,4259	P(3)	N/A	Salah
31	P(4)	433,8794	P(4)	P(4)	Benar
32	P(4)	432,5189	P(4)	P(4)	Benar
33	P(4)	434,1817	P(4)	P(4)	Benar
34	P(4)	433,4522	P(4)	P(4)	Benar
35	P(4)	429,6893	P(4)	N/A	Salah
36	P(4)	428,7679	P(4)	N/A	Salah
37	P(4)	430,2370	P(4)	P(4)	Benar
38	P(4)	431,9831	P(4)	P(4)	Benar
39	P(4)	432,0929	P(4)	P(4)	Benar
40	P(4)	430,7099	P(4)	P(4)	Benar
41	P(5)	418,7949	P(5)	N/A	Salah
42	P(5)	418,8537	P(5)	N/A	Salah
43	P(5)	414,0610	P(5)	P(5)	Benar
44	P(5)	416,3511	P(5)	P(5)	Benar
45	P(5)	415,2278	P(5)	P(5)	Benar
46	P(5)	414,4714	P(5)	P(5)	Benar
47	P(5)	414,6947	P(5)	P(5)	Benar
48	P(5)	415,1542	P(5)	P(5)	Benar
49	P(5)	414,0095	P(5)	P(5)	Benar
50	P(5)	415,5658	P(5)	P(5)	Benar

Berdasarkan hasil pengujian sistem pengenalan wajah pada tabel IV dan V maka untuk mengetahui nilai tingkat akurasi sebagai berikut.

$$\text{Akurasi Sistem}(\%) = \frac{\sum \text{Pengujian} - \text{Kesalahan}}{\sum \text{Pengujian}} \times 100\% = \frac{100 - 27}{100} \times 100\% = 73\%$$

Dan untuk tingkat akurasi laki-laki berdasarkan tabel IV adalah sebagai berikut.

$$\text{Akurasi Laki - Laki}(\%) = \frac{50 - 11}{50} \times 100\% = 78\%$$

Dan untuk tingkat akurasi Perempuan berdasarkan tabel 4.5 adalah sebagai berikut.

$$\text{Akurasi Perempuan}(\%) = \frac{50 - 16}{50} \times 100\% = 68\%$$

## V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan sebagai berikut sebagai berikut:

- 1) Pengujian sistem pengenalan wajah yang telah dirancang dalam penelitian ini memiliki tingkat akurasi 73%. Akurasi pada laki-laki sebesar 78% dan 68% pada perempuan.
- 2) Metode *viola-jones* dan *Euclidean Distance* dapat digunakan dengan baik.
- 3) GUI MATLAB yang di rancang dapat digunakan dan berjalan dengan baik
- 4) Kecepatan rata-rata proses pencocokan citra wajah adalah sekitar 2-3 detik.

B. SARAN

Saran untuk pengembangan kedepannya yakni perlu adanya perbaikan pada alat peragaan dan perancangan perangkat lunak untuk menghasilkan sebuah sistem pengenalan wajah yang lebih baik. Serta perlu adanya kontrol variable yang berpengaruh pada pengambilan citra seperti halnya pencahayaan.

## REFERENSI

- [1] Darma putra, *Sistem Biometrika (Konsep Dasar, Teknik Analisa Citra, dan Tahapan Membangun Aplikasi Sistem Biometrika)*. Yogyakarta: penerbit andi, 2009.
- [2] H. . Fatta, *Rekayasa Sistem Pengenalan Wajah*, 1st ed. Yogyakarta: penerbit andi, 2009.
- [3] N. Dodgson, *Variation and extrema of human interpupillary distance*, vol. 5291. 2004.
- [4] R. W. A. Puri, "Pengenalan wajah menggunakan alihragam wavelet haar dan jarak eucliden," *J. Tek. Elektro*, vol. 0, pp. 1–7, 2010.
- [5] M. S. Anam and S. Islam, "Face recognition using genetic algorithm and back propagation neural network," *Proc. ...*, vol. I, pp. 18–21, 2009.
- [6] Ahsanul Intishor, "Pengenalan Wajah dengan Menggunakan Metode Centroid dan Geometric Mean," Universitas Islam Negei Maulana Malik Ibrahim Malang Untuk, 2015.
- [7] ILHAM ANDRIAN, "PERBANDINGAN METODE VIOLA JONES dengan METODE ROBERTS CROSS pada sistem PENGENALAN WAJAH," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.

- [8] D. Nugraheny, "Metode Nilai Jarak Guna Kesamaan Atau Kemiripan Ciri Suatu Citra (Kasus Deteksi Awan Cumulonimbus Menggunakan Principal Component Analysis)," *Angkasa J. Ilm. Bid. Teknol.*, vol. 7, no. 2, p. 21, 2017.
- [9] F. A. Hermawati, *Pengolahan Citra Digital*, 1st ed. Yogyakarta: penerbit andi, 2011.
- [10] V. S. T d Sutoyo, Edy Mulyanto, *Teori Pengolahan Citra Digital*, 1st ed. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2009.
- [11] Sahid, *Pengantar Komputasi Numerik dengan MATLAB*, 1st ed. Yogyakarta: penerbit andi, 2005.
- [12] Y. N. Erick Paulus, *cepat mahir GUI Matlab*, 1st ed. Yogyakarta: penerbit andi, 2007.

# AUDIT ENERGI AWAL MELALUI PERHITUNGAN INTENSITAS KONSUMSI ENERGI (IKE) LISTRIK (STUDI KASUS PADA GEDUNG POLITEKNIK MUARA TEWEH)

Juli Chandra Teruna

Politeknik Muara Teweh, Kabupaten Barito Utara, Kalimantan Tengah, Indonesia

Email: julichandra19@gmail.com

*Abstract---An audit of electricity is evaluation of the utilization of energy and identification savings opportunities electricity energy as well as recommendations an increase in the efficiency on users of energy source and users energy in order to conservation energy. Energy audit review of the condition and operation of equipment that uses electricity energy as well as instruments related to energy efficiency. Based on the result of research, the effective extensive Politeknik Muara Teweh building is 615m<sup>2</sup> with an average energy consumption is 2598 kWh each month while the consumption of electricity energy index amounted to 4,224 kWh/m<sup>2</sup> each month or by 50,698 kWh/m<sup>2</sup> each year with energy of bulding cost amounted to Rp. 902,47/kWh. Consumption of electricity energy of Politeknik Muara Teweh including very efficient criteria. This audit energy is expected to be identify opportunities for savings electricity energy consumption through energy audit detailed.*

*Keywords---An energy audit, consumption of electricity energy index, effective extensive building, energy cost of bulding.*

**Intisari---Audit energi listrik adalah proses evaluasi pemanfaatan energi dan identifikasi peluang penghematan energi listrik serta rekomendasi peningkatan efisiensi pada pengguna sumber energi dan pengguna energi dalam rangka konservasi energi. Audit Energi Awal (AEA) secara singkat mengulas kondisi dan operasi peralatan dari pemakai energi listrik yang penting serta instrumentasi yang berkaitan dengan efisiensi energi. Berdasarkan hasil penelitian ini, luas bangunan efektif gedung Politeknik Muara Teweh adalah 615 m<sup>2</sup> dengan konsumsi energi listrik rata-rata setiap bulan sebesar 2598 kWh sedangkan Indek Konsumsi Energi (IKE) listrik sebesar 4,224 kWh/m<sup>2</sup> setiap bulan atau sebesar 50,698 kWh/m<sup>2</sup> setiap tahun dengan biaya energi bangunan sebesar Rp. 902,47/kWh sehingga konsumsi energi listrik pada gedung Politeknik Muara Teweh termasuk kriteria sangat efisien. Audit energi awal diharapkan dapat mengidentifikasi peluang penghematan konsumsi energi listrik melalui audit energi terinci.**

**Kata Kunci---AEA, IKE, luas bangunan efektif, konsumsi energi listrik, biaya energi bangunan.**

## I. PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan energi listrik selalu berbanding lurus dengan meningkatnya pembangkitan energi listrik di setiap pusat pembangkit tenaga listrik. Hal ini berdampak pada kenaikan biaya produksi maupun kegiatan operasional lainnya. Setiap tahun pemerintah selalu mengucurkan subsidi kepada Perusahaan Listrik Negara (PLN) untuk kegiatan produksi dan operasionalnya. Melihat besarnya subsidi pemerintah

yang dikucurkan kepada PLN, dapat dibayangkan bahwa kebutuhan energi listrik juga sangat membebani Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (APBN) sehingga pemerintah juga menerapkan program-program kebijakan terkait dengan energi listrik. Pemetaan, inventarisasi maupun perbaikan seluruh jaringan listrik dilakukan oleh pihak PLN, di satu sisi pemerintah melalui Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 14 Tahun 2012 mengatur tentang pelaksanaan penghematan energi oleh pengguna sumber energi dan pengguna energi listrik [1].

Politeknik Muara Teweh (Polimat) sebagai salah satu lembaga pendidikan tinggi yang ada di Barito Utara memiliki fasilitas gedung yang tentunya menggunakan energi listrik dalam menunjang kegiatan akademis. Begitu juga dengan laboratorium yang ada di Polimat dimana peralatan di dalamnya menggunakan energi listrik dalam pengoperasiannya. Untuk mendukung pelaksanaan program pemerintah tentang penghematan energi listrik ini, maka dilakukan audit awal energi listrik pada gedung Polimat untuk mengetahui efisiensi penggunaan energi listrik di gedung kampus Polimat.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Peraturan tentang Audit Energi

Menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 14 tahun 2012 [1], audit energi adalah proses evaluasi pemanfaatan energi dan identifikasi peluang penghematan energi serta rekomendasi peningkatan efisiensi pada pengguna sumber energi dan pengguna energi dalam rangka konservasi energi. Secara umum audit energi adalah kegiatan untuk mengidentifikasi dimana dan berapa energi yang digunakan serta langkah-langkah apa yang dapat dilakukan dalam rangka konservasi energi pada suatu fasilitas pengguna energi. Audit energi dapat juga diartikan yaitu suatu prosedur pencatatan penggunaan energi secara sistematis dan berkesinambungan, melalui pengumpulan data kemudian diikuti dengan analisa dan pendefinisian kegiatan konservasi energi yang akan dilaksanakan. Gabungan antara pengumpulan data, analisa data dan definisi kegiatan konservasi disebut sebagai audit energi.

### B. Audit Energi Awal

Berdasarkan Pedoman Teknis Audit Energi dalam Implementasi Konservasi Energi dan Pengurangan Emisi CO<sub>2</sub> di Sektor Industri [2], survei awal atau Audit Energi

Awal (AEA) secara singkat mengulas kondisi dan operasi peralatan dari pemakai energi yang penting serta instrumentasi yang berkaitan dengan efisiensi energi.

Audit Energi Awal (AEA) sangat berguna untuk mengenali sumber-sumber pemborosan energi dan tindakan-tindakan sederhana yang dapat diambil untuk meningkatkan efisiensi energi dalam jangka pendek. Hasil yang khas dari AEA ialah seperangkat rekomendasi tentang tindakan berbiaya rendah yang segera dapat dilaksanakan dan rekomendasi audit yang lebih baik.

Intensitas Konsumsi Energi (IKE), yakni pembagian antara konsumsi energi dengan satuan luas bangunan gedung per tahun [3].

$$IKE = \frac{\text{Pemakaian energi listrik (kWh)}}{\text{Luas bangunan (m}^2\text{)}}$$

Berdasarkan Pedoman Pelaksanaan Konservasi Energi dan Pengawasan di Lingkungan Departemen Pendidikan Nasional (2004), diperoleh nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) listrik [4][5].

Tabel I.  
Nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Listrik

Konsumsi Energi Listrik		Kriteria
(kWh/m <sup>2</sup> /bulan)	(kWh/m <sup>2</sup> /tahun)	
4,17 – 7,92	50,04 – 93,04	Sangat efisien
7,92 – 12,08	93,04 – 144,96	Efisien
12,08 – 14,58	144,96 – 174,96	Cukup efisien
14,58 – 19,17	174,96 – 230,04	Agak boros
19,17 – 23,75	230,04 – 285,00	Boros
23,75 – 37,50	285,00 – 450,00	Sangat boros

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia Nomor 03-6196-2000 tentang Prosedur Audit Energi pada Bangunan Gedung, besarnya Intensitas Konsumsi Energi (IKE) gedung dapat dilakukan dengan menghitung [6]:

- Rincian luas gedung dan luas total bangunan gedung (m<sup>2</sup>)
- Konsumsi energi bangunan gedung dalam per tahun (kWh/tahun)
- Intensitas Konsumsi Energi (IKE) bangunan gedung per tahun (kWh/m<sup>2</sup> tahun)
- Biaya energi bangunan gedung (Rp/kWh).

### III. METODELOGI PENELITIAN

#### A. Variabel Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif dimana dalam penelitian ini akan membahas audit energi awal untuk mengenali sumber-sumber pemborosan energi dan tindakan-tindakan sederhana yang dapat diambil untuk meningkatkan efisiensi energi dalam jangka pendek melalui perhitungan Indeks Konsumsi Energi dari peralatan-peralatan energi listrik dan fasilitas di gedung kampus Polimat.

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

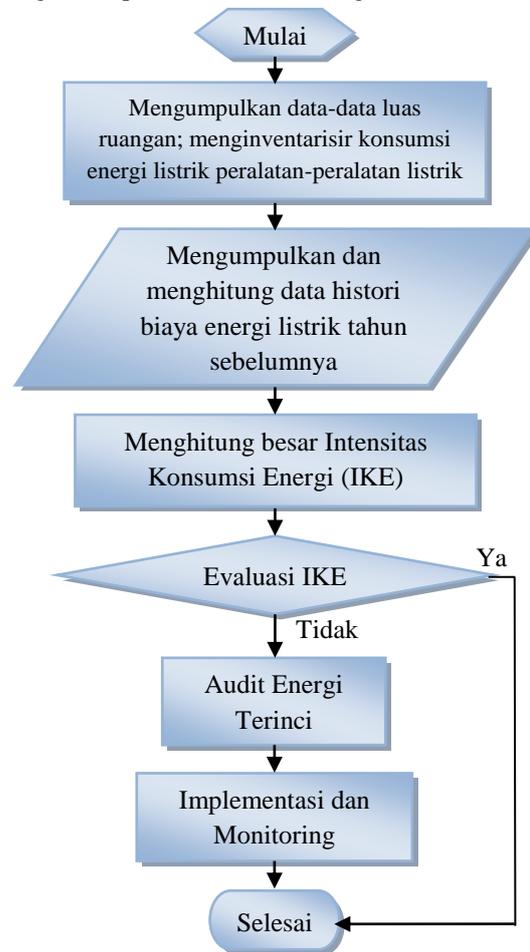
- Rincian luas gedung dan luas total bangunan gedung kampus Polimat

- Konsumsi energi bangunan gedung (termasuk peralatan-peralatan listrik) di kampus Polimat per tahun

- Biaya energi bangunan kampus Polimat.

Analisis dari audit energi awal ini dilakukan dengan mengumpulkan data-data luas ruang pada gedung sehingga diperoleh luas total bangunan kampus. Selanjutnya melakukan inventarisir dan identifikasi penggunaan energi listrik dari peralatan listrik di kampus Polimat. Tahap selanjutnya mengumpulkan dan mengidentifikasi serta menyusun informasi data konsumsi energi listrik yaitu mencakup rekaman histori pemakaian (tagihan; pembayaran; sewa) daya listrik bulanan selama tahun 2017. Berdasarkan data-data yang telah dikumpulkan dan diidentifikasi maka tahap selanjutnya menghitung Indeks Konsumsi Energi untuk mengetahui kriteria efisiensi penggunaan energi listrik di kampus Polimat sehingga dapat dikenali sumber-sumber pemborosan energi dan tindakan-tindakan sederhana yang dapat diambil untuk meningkatkan efisiensi energi dalam jangka pendek.

Bagan alir penelitian Audit Energi Awal [3].



Gambar 1. Bagan alir Audit Energi Awal

#### B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian tentang audit energi awal ini dilaksanakan di kampus Politeknik Muara Teweh Jalan Negara Km 7,5 Muara Teweh – Banjarmasin, Kabupaten Barito Utara, Provinsi Kalimantan Tengah. Sedangkan waktu

pelaksanaan penelitian ini dilakukan Januari – Februari 2018.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data-data yang digunakan dalam penelitian audit energi awal ini meliputi data luas ruang dan gedung serta peralatan-peralatan yang dipergunakan serta data histori pemakaian energi listrik bulanan selama tahun 2017 pada kampus Polimat.

##### A. Data Luas Gedung

Kampus Polmat terdiri dari dua gedung utama yaitu gedung Direktorat dan gedung perkuliahan dimana masing-masing gedung terdiri dari dua lantai. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, terdapat beberapa ruangan dari setiap gedung yang jarang dipergunakan bahkan ada beberapa ruangan yang belum difungsikan karena bermacam alasan.

Luas ruangan efektif adalah luas ruangan yang memiliki peralatan dengan konsumsi energi listrik yang relatif besar dengan operasi penggunaan yang terjadwal setiap hari dalam sebulan. Ruangan yang mempergunakan komputer atau laptop dan mempergunakan pengkondisi suhu ruangan (AC) termasuk ruangan yang diperhitungkan dalam luas ruangan efektif.

Tabel II.  
Total Luas Ruang Efektif Polimat

No.	Nama Bangunan	Luas (m <sup>2</sup> )
1.	Lantai 1 Gedung Direktorat	181
2.	Lantai 2 Gedung Direktorat	128
3.	Lantai 1 Gedung Perkuliahan	96
4.	Lantai 2 Gedung Perkuliahan	210
<b>Total Luas (m<sup>2</sup>)</b>		<b>615</b>

##### B. Data Pemakaian Daya dan Energi Listrik

Kebutuhan energi listrik gedung Polimat disuplai dari koneksi jaringan PLN dengan daya terpasang sebesar 33000 VA dan juga dari generator *set* berkapasitas 140 kVA jika suplai daya listrik dari koneksi jaringan PLN mengalami gangguan. Karakteristik peralatan listrik yang digunakan di gedung kampus Polimat terdiri dari beban penerangan, pengondisi udara (AC), PC dan laptop, kipas angin, komputer, LCD *Projector*, kulkas, *heater*, peralatan laboratorium serta peralatan pendukung akademik lainnya.

Berdasarkan rekapitulasi tagihan pembayaran konsumsi energi listrik dari pihak PLN, diketahui pemakaian energi listrik gedung Polimat pada tahun 2017.

Tabel III.

Rekapitulasi Data Historis Energi Listrik Gedung Polimat Tahun 2017

Bulan	Konsumsi Energi Listrik (kWh)	Pembayaran Pemakaian Energi Listrik (Rp.)
Jan	3.474	Rp. 3.132.600

Bulan	Konsumsi Energi Listrik (kWh)	Pembayaran Pemakaian Energi Listrik (Rp.)
Peb	1.978	Rp. 1.786.200
Maret	2.056	Rp. 1.856.400
April	2.806	Rp. 2.531.400
Mei	3.207	Rp. 2.892.300
Juni	2.267	Rp. 2.046.300
Juli	2.752	Rp. 2.473.800
Agust	2.085	Rp. 1.894.000
Sept	2.461	Rp. 2.220.900
Okt	2.182	Rp. 1.969.800
Nop	2.944	Rp. 2.655.600
Des	2.967	Rp. 2.678.800
<b>Total</b>	<b>31.179</b>	<b>Rp. 28.138.100</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>2.598</b>	<b>Rp. 2.344.842</b>

Berdasarkan tabel di atas, rata-rata konsumsi energi listrik pada gedung Polimat setiap bulan sekitar 2.598 kWh dimana rata-rata pembayaran tagihan pemakaian energi listrik setiap bulan sekitar Rp. 2.344.842,-

##### C. Intensitas Konsumsi Energi

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) bulan maupun tahunan dari pemakaian energi listrik pada gedung Polimat pada tahun 2017 dapat dihitung dengan persamaan :

$$IKE = \frac{\text{Pemakaian energi listrik (kWh)}}{\text{Luas bangunan (m}^2\text{)}}$$

Berdasarkan data hasil estimasi pengukuran seperti pada Tabel 2. diketahui bahwa luas efektif dari gedung Polimat adalah 615 m<sup>2</sup> dengan rata-rata konsumsi energi listrik per bulan adalah 2.598 kWh sehingga Intensitas Konsumsi Energi (IKE) per bulan adalah :

$$IKE_{\text{bulanan}} = \frac{\text{Rerata energi listrik (kWh)/bulan}}{\text{Luas bangunan (m}^2\text{)}} = \frac{2.598 \text{ kWh}}{615 \text{ m}^2} = 4,224 \text{ kWh/m}^2$$

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) bulanan pemakaian energi listrik pada gedung Polimat adalah sebesar 4,224 kWh/m<sup>2</sup>. Sedangkan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) tahunan pemakaian energi listrik pada gedung Polimat adalah sebesar:

$$IKE_{\text{tahunan}} =$$

$$\frac{\text{Rerata energi listrik (kWh)/tahun}}{\text{Luas bangunan (m}^2\text{)}} = \frac{31179 \text{ kWh}}{615 \text{ m}^2} = 50,698 \text{ kWh/m}^2$$

Berdasarkan Pedoman pelaksanaan konservasi energi dan pengawasan di lingkungan Departemen Pendidikan Nasional (2004), pada Tabel 1. tentang Nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE), pemakaian energi listrik pada gedung Politeknik Muara Teweh dengan nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) listrik, sebesar **4,224 kWh/m<sup>2</sup> per bulan** atau **50,698 kWh/m<sup>2</sup> per tahun** termasuk kriteria **sangat efisien** dimana desain gedung Politeknik Muara Teweh sesuai standar tata cara perencanaan teknis konservasi energi, pengoperasian peralatan energi dengan menerapkan prinsip manajemen energi dan pemeliharaan gedung dan peralatan energi sesuai dengan prosedur.

#### D. Biaya Energi Bangunan Gedung

Biaya energi bangunan gedung adalah perbandingan antara besarnya biaya atau tagihan pemakaian energi listrik dengan besarnya konsumsi energi listrik selama satu tahun. Biaya energi bangunan gedung Polimat pada tahun 2017 adalah:

$$\frac{\text{Biaya energi bangunan} = \text{Total pembayaran 2017}}{\text{Total Konsumsi energi listrik 2017}} = \frac{\text{Rp. 28.138.100}}{31.179 \text{ kWh}} = \text{Rp. 902,47/kWh}$$

Berdasarkan hasil perhitungan biaya energi bangunan pada gedung Polimat sebesar Rp. 902,47/kWh.

Peluang penghematan energi dapat dilakukan dengan pemeliharaan berkala terhadap peralatan seperti pengkondisi udara ruangan (AC) sehingga peralatan tersebut dapat beroperasi dengan baik. Selain itu dengan pola penggunaan AC yang efisien seperti menutup pintu dan jendela ruangan sehingga AC tidak bekerja terus menerus untuk mencapai suhu yang diinginkan.

Penggunaan lampu LED yang merupakan teknologi terbaru dengan kuat pencahayaan yang relatif besar dibandingkan lampu *flourence* dengan konsumsi daya yang sama dapat dilakukan untuk mengganti beberapa lampu terutama lampu-lampu yang dioperasikan dalam jangka waktu yang lama. Selain itu letak penerangan alami berupa jendela dalam ruangan juga harus diperhatikan sehingga penerangan dari lampu juga dapat dikurangi seminimal mungkin.

Penggunaan komputer sedapat mungkin menerapkan manajemen energi yang baik seperti menggunakan mode *stanby* atau *sleep* jika tidak dipergunakan terus menerus. Pemeliharaan dari tenaga laboran juga harus terjadwal dengan baik untuk menjaga peralatan dalam kondisi baik dan menghindari kerusakan pada peralatan komputer.

## V. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat disampaikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Bangunan gedung Polimat terdiri dari dua gedung utama yaitu Gedung Direktorat dan Gedung Perkuliahan dimana masing-masing gedung terdiri dari dua lantai dengan total luas efektif bangunan

sekitar **615 m<sup>2</sup>**, dimana ada beberapa ruangan yang jarang dipergunakan dan bahkan masih belum difungsikan.

- Total konsumsi energi listrik pada gedung Polimat tahun 2017 berdasarkan tagihan dari PLN adalah sebesar **31.179 kWh** dimana konsumsi energi setiap bulannya rata-rata sebesar **2.598 kWh**.
- Nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Listrik gedung Polimat tahun 2017 adalah sebesar **4,224 kWh/bulan** atau **50,698 kWh/tahun** dan termasuk ke dalam kriteria **sangat efisien** dimana desain gedung Polimat sesuai standar tata cara perencanaan teknis konservasi energi, pengoperasian peralatan energi dengan menerapkan prinsip manajemen energi dan pemeliharaan gedung dan peralatan energi sesuai dengan prosedur.
- Total biaya pembayaran konsumsi energi dari tagihan dari pihak PLN selama tahun 2017 pada gedung Polimat adalah sebesar **Rp. 28.138.100,-** dengan biaya energi bangunan gedung sebesar **Rp. 902,47/kWh**.

## REFERENSI

- Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia (2012). *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor : 14 Tahun 2012 tentang Manajemen Energi*, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.
- Pusat Pengkajian Industri Hijau dan Lingkungan Hidup; Badan Pengkajian Kebijakan, Iklim dan Mutu Industri (BPKIMI), (2011). *Pedoman Teknis Audit Energi dalam Implementasi Konservasi Energi dan Pengurangan Emisi CO<sub>2</sub> di Sektor Industri (Fase 1)*, Kementerian Industri, Jakarta.
- Daeng Supriyadi Pasisarha (2012), Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang. *Evaluasi IKE Listrik Melalui Audit Awal Energi Listrik di Kampus Polines*, Jurnal JTET, Volume 1 No.1, ISSN 2252 – 4908, hal 1 – 7.
- Achmad Marzuki dan Rusman (2012), Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Pontianak. *Audit Energi pada Bangunan Gedung Direksi PT. Perkebunan Nusantara XIII (Persero)*, Jurnal Vokasi, Volume 8, Nomor 3, ISSN 1693 – 9085, hal 184 – 196.
- Yadi Mulyadi, Anggi Rizki, Sumarto (2013), Program Studi Pendidikan Teknik Elektro FPTK UPI. *Analisis Audit Energi untuk Pencapaian Efisiensi Penggunaan Energi di Gedung FPMIPA Jica Universitas Pendidikan Indonesia*, Jurnal Electrans, Volume 12 No. 1, ISSN 1412 – 3762, hal 81 – 88, <http://jurnal.upi.edu/electrans>.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN), (2000). *Standar Nasional Indonesia Nomor 03-6196-2000 tentang Prosedur Audit Energi pada Bangunan Gedung*, Jakarta.

## PRAKIRAAN KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK KABUPATEN BERAU

Fitriani<sup>1</sup>, Abdul Aziz Ansahri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Universitas Borneo Tarakan, Kota Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

<sup>2</sup>PT. Berkat Jaya Sukses, Kab. Berau, Kalimantan Timur, Indonesia

email: <sup>1</sup>fitrianiubt22@gmail.com, <sup>2</sup>abdulazisansahri@gmail.com

**Abstract**—Forecast or (forecast) is basically conjecture or prediction regarding the occurrence of an event or events in the future. Forecasts can be qualitative (not shaped figure) and quantitative (form number). Qualitative Forecast difficult to obtain a good result because the variables are very relative. Quantitative forecasts divided into two: the single forecasts (point forecast) and the forecast interval (interval forecast). In this research, the author forecast the number of customers and the need for electrical energy in Berau Regency in East Kalimantan Province. By using DKL 3.01 to forecast and project electrical energy needs in Berau Regency. The result of this final project is the estimated calculation of customer number and electricity requirement of Berau Regency from 2018 until 2027. The average increase of customer growth amount is 4.77%. As well as an increase in electrical energy demand by 11.22%, and electrical power 5.52%.

**Keywords**— Forecast, Berau Regency, DKL 3:01

**Intisari**—Prakiraan atau (forecast) pada dasarnya adalah dugaan atau prediksi tentang terjadinya suatu peristiwa atau kejadian di masa depan. Prakiraan bisa kualitatif (gambar tidak berbentuk) dan kuantitatif (jumlah bentuk). Kualitatif Prakiraan sulit untuk mendapatkan hasil yang baik karena variabel yang sangat relatif. perkiraan kuantitatif dibagi menjadi dua: perkiraan tunggal (perkiraan titik) dan interval perkiraan (selang perkiraan). Dalam Penelitian ini penulis memperkirakan jumlah pelanggan dan kebutuhan energi listrik di Kabupaten Berau di Provinsi Kalimantan Timur. Dengan menggunakan DKL 3.01 untuk meramalkan dan memproyeksikan kebutuhan energi listrik di Kabupaten Berau. Hasil dari penelitian ini adalah estimasi perhitungan jumlah pelanggan dan kebutuhan listrik Kabupaten Berau dari tahun 2018 sampai 2027. Kenaikan rata-rata jumlah pertumbuhan pelanggan adalah 4,77%. Serta kenaikan kebutuhan energi listrik sebesar 11,22%, dan tenaga listrik 5,52%.

**Kata Kunci:** Prakiraan, Kabupaten Berau, DKL 3.01

### I. PENDAHULUAN

Ketergantungan dalam pemakaian tenaga atau daya listrik pada saat ini sangat tinggi tidak hanya untuk kebutuhan penerangan, tetapi juga untuk mendukung kegiatan perekonomian. Kecenderungan pada saat ini, peningkatan kebutuhan energi listrik tidak seiring dengan peningkatan penyediaan energi listrik, dimana kapasitas daya terpasang masih tetap, sementara kebutuhan masyarakat terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan kegiatan penduduknya. Akibat yang ditimbulkan adalah seringnya terjadi pemadaman

aliran listrik, khususnya pada jam-jam tertentu (beban puncak). Kondisi ini mengharuskan dilakukannya pengembangan penyediaan tenaga listrik pada tahun-tahun mendatang yang meliputi pengembangan pembangkit, sistem kontrol dan proteksi, serta sistem transmisi dan distribusi ke konsumen.

Kabupaten Berau khususnya di Tanjung Redeb merupakan salah satu daerah yang perkembangannya cukup pesat dalam berbagai bidang terutama dalam bidang industri, perdagangan, perhotelan dan juga kebutuhan rumah tangga yang diiringi dengan pesatnya peningkatan pembangunan dibidang teknologi dan informasi, dan merupakan suatu kenyataan bahwa kebutuhan akan energi (khususnya energi listrik) serta ketersediaan dan pendistribusian energi listrik menjadi bagian yang tak terpisahkan dari kebutuhan hidup masyarakat sehari-hari.

### II. LANDASAN TEORI

#### A. Tipe Beban

Tenaga listrik yang didistribusikan ke pelanggan (konsumen) digunakan sebagai sumber daya untuk bermacam-macam peralatan yang membutuhkan tenaga listrik sebagai sumber energinya. Tipe-tipe beban konsumen pemakai pada umumnya dapat dikelompokkan dalam kategori berikut:

- Rumah Tangga.
- Bisnis.
- Umum/ publik.
- Industri.

#### B. Prakiraan

Prakiraan atau *forecast* pada dasarnya merupakan dugaan atau peramalan mengenai terjadinya suatu kejadian atau peristiwa di waktu yang akan datang.

#### C. Metode Peramalan

Secara umum terdapat lima kelompok besar metoda peramalan adalah sebagai berikut:

- Metode Sampling Statistik
- Metode Ekstrapolasi
- Metode Perbandingan
- Metode Sektoral
- Metode Gabungan

#### D. Faktor yang Mempengaruhi Prakiraan

Dalam membuat prakiraan kebutuhan tenaga listrik kita tidak dapat mengabaikan faktor-faktor di luar bidang kelistrikan yang berpengaruh seperti, perkembangan penduduk, pertumbuhan ekonomi, rencana pengembangan daerah, pertumbuhan industri dan juga beberapa kebijaksanaan pemerintah baik dari pusat maupun daerah.

#### E. Metode DKL

Pemodelan prakiraan kebutuhan tenaga listrik menggunakan program DKL merupakan penggabungan dari beberapa metode yaitu penggabungan metode ekstrapolasi, metode sektoral dan metode gabungan. Masukan yang diperlukan dalam program ini adalah data-data sosio demografi, data perusahaan dari penyelenggara kelistrikan, serta data ekonomi.

#### Parameter-Parameter Yang Diprakirakan

Dalam penyusunan prakiraan kebutuhan energi listrik ini, parameter-parameter yang diprakirakan adalah sebagai berikut:

- Prakiraan jumlah penduduk dan jumlah rumah tangga,
- Prakiraan jumlah pelanggan rumah tangga, komersial, publik, dan industri,
- Prakiraan daya tersambung untuk pelanggan rumah tangga, komersial, publik, dan industri,
- Prakiraan konsumsi energi untuk pelanggan rumah tangga, komersial, publik, dan industri.

#### Elastisitas Energi

Elastisitas Energi merupakan hasil dari perbandingan pertumbuhan konsumsi energi listrik dengan pertumbuhan ekonomi. Secara matematik dapat ditulis dengan persamaan.

$$eEX = \frac{PEL}{GT} \quad (1)$$

dengan:

$eEX$  = Elastisitas energi

$PEL$  = Jumlah pertumbuhan persektor

$GT$  = Petumbuhan PDRB total

#### Tahapan Prakiraan

Tahapan prakiraan kebutuhan energi listrik dengan metode DKL 3.01 adalah sebagai berikut:

##### 1. Sektor Rumah Tangga

- Jumlah Penduduk

Secara matematis untuk menentukan prakiraan jumlah penduduk total adalah sebagai berikut:

$$P_t = P_{t-1} \times (1 + r)^t \quad (2)$$

dengan:

$P_t$  = Jumlah penduduk tahun ke t

$P_{t-1}$  = Jumlah penduduk tahun ke t-1

$r$  = Pertumbuhan penduduk (%)

$t$  = Waktu dalam tahun

- Jumlah Rumah Tangga

Secara matematis untuk menentukan prakiraan jumlah rumah tangga adalah sebagai berikut:

$$H_t = \frac{P_t}{Q_t} \quad (3)$$

dengan:

$H_t$  = Jumlah rumah tangga pada tahun t

$P_t$  = Jumlah penduduk pada tahun t

$Q_t$  = Jumlah penghuni per rumah tangga pada tahun ke t

- Pelanggan Rumah Tangga

Dari rasio elektrifikasi yang telah diperkirakan/ditargetkan serta dari jumlah rumah tangga yang telah dibuat prakiraan, jumlah pelanggan rumah tangga dapat ditentukan. Secara matematis untuk menentukan prakiraan jumlah pelanggan rumah tangga adalah sebagai berikut:

$$Pel.R_t = H_t \cdot RE_t \quad (4)$$

dengan:

$Pel.R_t$  = Pelanggan rumah tangga total pada tahun t

$H_t$  = Jumlah rumah tangga pada tahun t

$RE_t$  = Rasio elektrifikasi pada tahun t

- Daya Tersambung Rumah Tangga

Secara matematis dinyatakan:

$$VAR_t = VAR_{t-1} + (PPel.R_t \times VR) \quad (5)$$

dengan:

$VAR_t$  = Daya tersambung rumah tangga tahun ke t

$VAR_{t-1}$  = Daya tersambung rumah tangga tahun sebelumnya

$VR$  = Daya tersambung per pelanggan rumah tangga

$PPel.R_t$  = Penambahan pelanggan rumah tangga tahun ke t

- Konsumsi Energi Rumah Tangga

Secara matematis prakiraan energi rumah tangga dinyatakan sebagai berikut:

$$ER_t = ER_{t-1} \times (1 + r)^t \quad (6)$$

dengan:

$ER_t$  = Konsumsi energi rumah tangga tahun ke t

$ER_{t-1}$  = Konsumsi energi rumah tangga tahun ke t-1

$r$  = Laju pertumbuhan konsumsi energi rumah tangga

$t$  = Tahun yang dilewati

##### 2. Sektor Bisnis

- Pelanggan Bisnis

Secara matematis untuk menentukan prakiraan jumlah pelanggan bisnis adalah sebagai berikut:

$$Pel.B_t = Pel.B_{t-1} \times \left(1 + \left(\frac{F_{bt} \times PPR_t}{100}\right)\right) \dots \quad (7)$$

dengan:

$Pel.B_t$  = Pelanggan bisnis pada tahun ke t

$F_{bt}$  = Faktor pelanggan

$PPR_t$  = Pertumbuhan pelanggan rumah tangga pada tahun t

$Pel.B_{t-1}$  = Pelanggan bisnis pada tahun t-1

Faktor pelanggan bisnis merupakan rasio pertumbuhan pelanggan bisnis terhadap pertumbuhan pelanggan rumah tangga yang diperoleh dari hasil analisa data statistik.

- Daya Tersambung Bisnis

Prakiraan daya tersambung sektor bisnis ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$VAB_t = VAB_{t-1} + (PPel.B_t \times VB) \quad (8)$$

dengan:

$VAB_t$  = Daya tersambung bisnis pada tahun ke t

$VAB_{t-1}$  = Daya tersambung bisnis pada tahun ke t-1

$PPel.B_t$  = Penambahan pelanggan bisnis tahun ke t

$VB$  = Daya tersambung rata-rata per pelanggan

- Konsumsi Energi Bisnis

Prakiraan konsumsi energi sektor bisnis ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$EB_t = EB_{t-1} \times \left(1 + \left(\varepsilon EB \times \frac{GB_t}{100}\right)\right) \quad (9)$$

dengan:

$EB_t$  = Konsumsi energi bisnis pada tahun t.

$EB_{t-1}$  = Konsumsi energi bisnis pada tahun t-1

$eEB$  = Elastisitas energi bisnis

$GB$  = Pertumbuhan PDRB sektor bisnis

### 3. Sektor Publik

- Pelanggan Publik

Pertumbuhan jumlah pelanggan publik diasumsikan dipengaruhi oleh jumlah pelanggan rumah tangga yang ditunjukkan dengan elastisitas pelanggan publik atau rasio pertumbuhan pelanggan publik terhadap pertumbuhan pelanggan rumah tangga. Prakiraan pelanggan publik ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$Pel.P_t = Pel.P_{t-1} \times \left(1 + \left(\frac{F_{ut} \times PPR_t}{100}\right)\right) \quad (10)$$

dengan:

$Pel.P_t$  = Pelanggan publik pada tahun t.

$Pel.P_{t-1}$  = Pelanggan publik pada tahun t-1

$PPR_t$  = Pertumbuhan pelanggan rumah tangga pada tahun t

$Fp_t$  = Faktor pelanggan

Faktor pelanggan publik merupakan rasio pertumbuhan pelanggan publik terhadap pertumbuhan pelanggan rumah tangga yang diperoleh dari hasil analisa data statistik.

- Daya Tersambung Publik

Prakiraan daya tersambung sektor publik ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$VAP_t = VAP_{t-1} + (PPel.P_t \times P) \quad (11)$$

dengan:

$VAP_t$  = Daya tersambung publik pada tahun ke t.

$VAP_{t-1}$  = Daya tersambung publik pada tahun ke t-1

$PPel.P_t$  = Penambahan pelanggan publik pada tahun ke t

$VP$  = Daya tersambung rata-rata per pelanggan

- Konsumsi Energi Publik

Prakiraan konsumsi energi sektor publik ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$EP_t = EP_{t-1} \times \left(1 + \left(\varepsilon EP \times \frac{GP_t}{100}\right)\right) \quad (12)$$

dengan:

$EP_t$  = Konsumsi energi publik pada tahun ke t.

$EP_{t-1}$  = Konsumsi energi publik pada tahun t-1

$eEP$  = Elastisitas energi publik

$GP$  = Pertumbuhan PDRB sektor publik

### 4. Sektor Industri

- Pelanggan Industri

Prakiraan pelanggan untuk sektor industri ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$Pel.I_t = Pel.I_{t-1} \times \left(1 + \left(\frac{F_{it} \times PPR_t}{100}\right)\right) \quad (13)$$

dengan:

$Pel.I_t$  = Pelanggan industri pada tahun t.

$Pel.I_{t-1}$  = Pelanggan industri pada tahun t-1

$PPR_t$  = Pertumbuhan pelanggan rumah tangga pada tahun t

$FI_t$  = Faktor pelanggan industri

- Daya Tersambung Industri

Prakiraan daya tersambung sektor industri ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$VAL_t = VAL_{t-1} + (PPel.I_t \times VI) \quad (14)$$

dengan:

$VAL_t$  = Daya tersambung industri pada tahun ke t.

$VAL_{t-1}$  = Daya tersambung industri pada tahun ke t-1

$PPel.I_t$  = Penambahan pelanggan industri pada tahun ke t

$VI$  = Daya tersambung rata-rata per pelanggan industri

- Konsumsi Energi Industri

Prakiraan konsumsi energi sektor industri diperoleh dari penjumlahan energi terjual sektor industri. Prakiraan tersebut ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$EI_t = EI_{t-1} \times \left(1 + \left(eEI \times \frac{GI}{100}\right)\right) \quad (15)$$

dengan:

$EI_t$  = Konsumsi energi industri pada tahun ke t.

$EI_{t-1}$  = Konsumsi energi industri pada tahun t-1

$Eei$  = Elastisitas energi industri

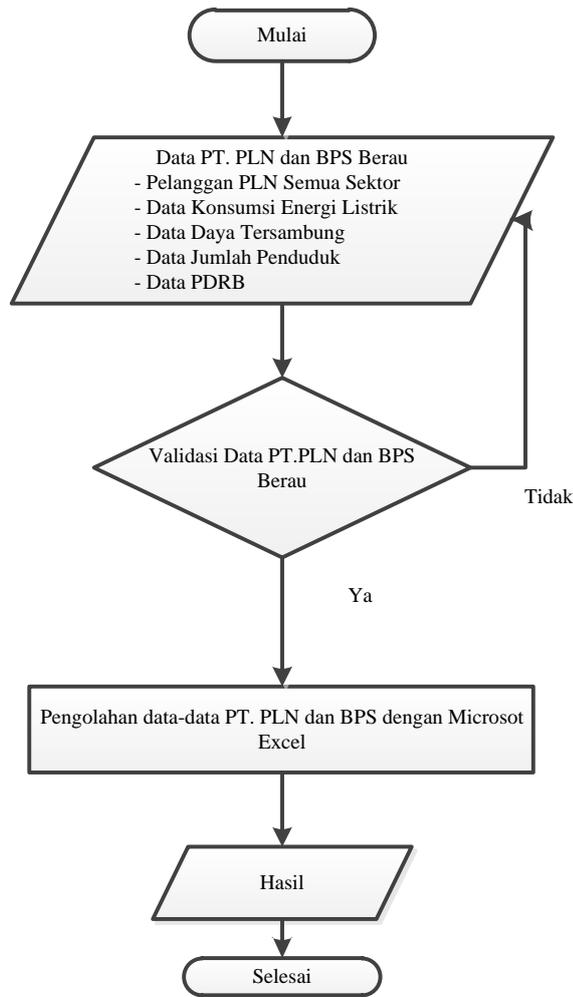
$GI$  = Pertumbuhan PDRB sektor industri

## III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan – tahapan:

- Studi kepustakaan.
- Evaluasi dan validasi data.
- Menggunakan perhitungan dari rumus-rumus baku.
- Menganalisa dengan metode-metode pemikiran ilmiah.
- Menganalisa data teknik data BPS (Badan Pusat Statistik) Kabupaten Berau.

Kerangka penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Kerangka Penelitian

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Prakiraan jumlah pelanggan Kabupaten Berau**

Berdasarkan hasil prakiraan jumlah pelanggan Kabupaten Berau rata-rata total pertumbuhan pelanggan dari tahun 2018-2027 sebesar 12,36% per tahun dengan rata-rata pertumbuhan masing-masing sektor yaitu, Rumah Tangga sebesar 14,99%, Industri sebesar 7,72%, Bisnis sebesar 11,64%, dan Publik sebesar 15,07%.

**Tabel I.**  
Prakiraan Jumlah Pelanggan Kabupaten Berau

Prakiraan Jumlah Penduduk (Pt)		
No	Tahun	Jiwa
1	2018	224.812
2	2019	231.704
3	2020	238.808
4	2021	246.130
5	2022	253.677
6	2023	261.454
7	2024	269.471
8	2025	277.733
9	2026	286.248
10	2027	295.024

**B. Prakiraan jumlah pelanggan Kabupaten Berau**

Berdasarkan hasil prakiraan jumlah pelanggan Kabupaten Berau rata-rata total pertumbuhan pelanggan dari tahun 2018-2027 sebesar 12,36% per tahun dengan rata-rata pertumbuhan masing-masing sektor yaitu, Rumah Tangga sebesar 14,99%, Industri sebesar 7,72%, Bisnis sebesar 11,64%, dan Publik sebesar 15,07%.

**Tabel II.**  
Prakiraan Jumlah Pelanggan Kabupaten Berau

Prakiraan Jumlah Pelanggan Energi Listrik Kabupaten Berau					
No	Tahun	Rumah Tangga	Bisnis	Publik	Industri
1	2018	48.179	2.906	1.508	23
2	2019	51.414	3.040	1.550	24
3	2020	54.866	3.179	1.593	25
4	2021	58.550	3.325	1.637	25
5	2022	62.482	3.477	1.683	26
6	2023	66.677	3.637	1.730	26
7	2024	71.154	3.804	1.778	27
8	2025	75.932	3.978	1.828	27
9	2026	81.030	4.160	1.879	28
10	2027	86.471	4.351	1.931	28
Rata-Rata		65.675	3.586	1.712	26

**C. Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Kabupaten Berau**

Hasil prakiraan kebutuhan energi listrik Kabupaten Berau menunjukkan adanya peningkatan dari tahun 2018 dengan total kebutuhan 125.785.634 kWh menjadi 188.182.469 kWh pada tahun 2027. Dengan rata-rata pertumbuhan kebutuhan energi dari tahun 2018-2027 adalah sektor rumah tangga 3,41%, sektor industri 1,92%, sektor bisnis 6,22%, dan sektor publik 7,86%.

Tabel III.  
Prakiraan Konsumsi Energi Listrik Kabupaten Berau

Proyeksi Prakiraan Konsumsi Energi Listrik Pada Setiap Sektor di Kabupaten Berau						
No	Tahun	Rumah Tangga	Bisnis	Publik	Industri	Total
1	2018	117.899.411	28.974.584	17.027.885	11.615.090	175.516.970
2	2019	144.915.998	30.732.203	19.519.645	11.864.005	207.031.852
3	2020	177.004.406	32.596.441	22.376.033	12.118.254	244.095.135
4	2021	215.060.840	34.573.766	25.650.408	12.377.952	287.662.966
5	2022	260.136.456	36.671.036	29.403.936	12.643.215	338.854.643
6	2023	313.463.928	38.895.528	33.706.733	12.914.163	398.980.352
7	2024	376.488.564	41.254.959	38.639.175	13.190.918	469.573.615
8	2025	450.904.723	43.757.515	44.293.401	13.473.603	552.429.243
9	2026	538.698.475	46.411.879	50.775.034	13.762.346	649.647.733
10	2027	642.197.531	49.227.257	58.205.149	14.057.278	763.687.215
Rata-Rata		323.677.033	38.309.517	33.959.740	12.801.683	408.747.973

## V. KESIMPULAN

Hasil yang didapatkan pada prakiraan jumlah pelanggan Kabupaten Berau rata-rata total pertumbuhan pelanggan dari tahun 2018-2027 sebesar **12,36%** pertahun dengan rata-rata pertumbuhan masing-masing sektor yaitu, Rumah Tangga sebesar **14,99%**, Bisnis sebesar **11,64%**, dan Publik sebesar **15,07%**, Industri sebesar **7,72%**. Hasil prakiraan kebutuhan energi listrik Kabupaten Berau menunjukkan adanya peningkatan dari tahun 2018 dengan total kebutuhan **125.785.634 kWh** menjadi **188.182.469 kWh** pada tahun 2027. Dengan rata-rata pertumbuhan jumlah kebutuhan energi listrik jika di persentase sebesar **4,85%**. Rata-rata pertumbuhan kebutuhan energi dari tahun 2018-2027 untuk sektor rumah tangga **3,41%**, sektor bisnis **6,22%**, sektor publik **7,86%** dan sektor industri **1,92%**. Hasil prakiraan daya tersambung Kabupaten Berau menunjukkan adanya peningkatan dari tahun 2018 dengan total kebutuhan **73.278 kVA** menjadi **233.707 kVA** pada tahun 2027. Dengan persentase rata-rata total pertumbuhan kebutuhan daya listrik sebesar **12,36%**. Rata-rata daya listrik tersambung dari tahun 2018-2027 adalah sektor rumah tangga **14,99%**, sektor bisnis **11,64%**, sektor publik **15,07%** dan sektor industri **7,72%**.

## REFERENSI

- [1] Pudjanarso, Astu. (2013). *Mesin Konversi Energi*, Edisi Ketiga. Yogyakarta: Andi
- [2] Adinda, Ayu. (2013), Prakiraan Kebutuhan Beban Dan Energi Listrik Kabupaten Kendal, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [3] Axella, Oxa. (2012), "Aplikasi Model Sistem Dinamik untuk Menganalisis Permintaan dan Ketersediaan Listrik Sektor Industri", JURNAL TEKNIK ITS, Vol.1, hal 339 – 344.
- [4] Badan Pusat Statistik. Kabupaten Berau Dalam Angka 2008, Tanjung Redeb, 2008.
- [5] Badan Pusat Statistik. Kabupaten Berau Dalam Angka 2018, Tanjung Redeb, 2018.
- [6] Binoto Maju, dan Yulianti Kristawan. (2015). Peramalan Energi Listrik Tersambung Pada Sistem

- [7] Ketengalistrikan Untuk Jangka Panjang Di Solo Menggunakan Model Artificial Neural Network. 2. Fitrinto Kurniawan. Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Tahun 2006-2015 Pada PT.PLN (Persero) Unit Pelayanan Jaringan (UPJ) Di Wilayah Kota Semarang Dengan Metode Gabungan. Skripsi, Konsentrasi Ketenagaan Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang, 2006.
- [8] *Potensi Ekonomi*, Edisi Ketiga/Revisi. Jakarta: Universitas Indonesia.
- [9] Nurhalim dkk. (2015). Analisis Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Tahun 2015-2-24 Wilayah PLN Kota Pekanbaru Dengan Metode Gabungan. 2

Alamat Redaksi  
Jurusan Teknik Elektro Universitas Borneo Tarakan  
Gedung D Lt. 3 Kampus Universitas Borneo Tarakan  
Jl. Amal Lama No. 1 Tarakan 77123

