

Rancang Bangun *Prototype* Sistem *Monitoring* dan *Data Logger* pada Sistem Listrik *3-Phase*

Arif Febriansyah Juwito^{1*}, Diono^{1*} and Miftahul Jihad^{1*}

* Politeknik Negeri Batam

¹Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Mekatronika

Batam Center, Jl. Ahmad Yani, Kepulauan Riau 29461, Indonesia

E-mail: arifjuwito@polibatam.ac.id, diono@polibatam.ac.id, miftahuljihad98@gmail.com

Abstrak

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok dalam kehidupan saat ini, namun dalam pemanfaatannya, terdapat beberapa permasalahan yang dapat menyebabkan kerugian di dalam sistem ketenagalistrikan, salah satu penyebabnya adalah penyusutan nonteknis yang sering terjadi pada sisi pelanggan berupa pencurian listrik. Oleh karena itu dilakukan sebuah inovasi menggunakan IoT (*Internet of Things*) agar dapat mudah memonitoring parameter besaran listrik. Pada penelitian ini diajukan suatu tahapan pengumpulan parameter besaran listrik. Metode pengamatan daya listrik menggunakan sensor tegangan (*ZMPT101B*) dan sensor arus (*SCT-013-000*). Mikrokontroler *Arduino Nano* digunakan pada sistem pengukuran dan *Wemos D1 Mini* digunakan sebagai penghubung dengan koneksi internet melalui jaringan *Wi-Fi*. Data hasil pengukuran dikirim dan disimpan ke *Database MySQL* dalam bentuk data *logger*. Adapun media yang digunakan adalah GUI berbasis *Website*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *monitoring* jarak jauh menggunakan GUI dapat dilakukan, dimana alat ini dapat mengirim parameter pengukuran besaran listrik tegangan, arus, daya aktif, power faktor juga perhitungan konsumsi energi dan biaya penggunaan listrik ke GUI dengan *periode* setiap 10 menit sekali.

Kata kunci: *Monitoring, Internet of things, ZMPT101B, SCT-013-000, Data Logger*

Abstract

Electrical energy is one of the basic needs in life today, but in its utilization, several problems can cause losses in the electricity system, one of the causes is nontechnical shrinkage that often occurs on the customer's side in the form of electricity theft. Therefore, innovation is carried out using IoT (Internet of Things) in order to easily monitor the parameters of electricity magnitude. In this study, a stage of collecting parameters of the amount of electricity was proposed. The electric power observation method uses a voltage sensor (ZMPT101B) and a current sensor (SCT-013-000). Arduino Nano microcontrollers are used in measurement systems and the Wemos D1 Mini is used as a link to internet connections over Wi-Fi networks. Measurement data is sent and stored to the MySQL Database in the form of a data logger. The media used is a Website-based GUI. The results showed that remote monitoring using GUI can be done, where this tool can send parameters measuring the amount of electrical voltage, current, active power, and power factor as well as calculations of energy consumption and electricity usage costs to the GUI with a period of once every 10 minutes.

Keywords: *Monitoring, Internet of things, ZMPT101B, SCT-013-000, Data Logger*

1. Pendahuluan

Penggunaan listrik sudah menjadi salah satu kebutuhan primer masyarakat modern, hal ini dibuktikan dengan semakin banyaknya alat penunjang aktivitas manusia yang menggunakan listrik sebagai sumber energinya. Namun, dalam sistem proses distribusi tenaga listrik terdapat suatu kondisi dimana menyebabkan turunnya efisiensi dari proses pendistribusian energi tersebut, yaitu salah satunya adalah pencurian energi listrik oleh oknum-oknum

tertentu. Permasalahan pencurian energi listrik tidak mudah untuk ditangani, hal ini dikarenakan keterbatasan pengawasan terhadap peralatan yang ada di pelanggan. Berikut data kasus pencurian energi listrik di kota Batam di daerah Bengkong pada tahun 2013 dan daerah Nongsa pada tahun 2018. Kasus pelanggaran listrik yang paling sering terjadi yaitu pada sektor rumah tangga dan bisnis, modus pencuriannya adalah dengan menjumper langsung pada terminal [1]. Pelanggaran dibedakan menjadi empat golongan yaitu, pelanggaran golongan satu (PI)

merupakan pelanggaran yang mempengaruhi batas daya tetapi tidak mempengaruhi pengukuran daya. Pelanggaran golongan dua (PII) merupakan pelanggaran yang mempengaruhi pengukuran daya tetapi tidak mempengaruhi batas daya. Pelanggaran golongan tiga (PIII) merupakan pelanggaran yang mempengaruhi batas daya dan pengukuran daya. Pelanggaran golongan empat (PIV) merupakan pelanggaran yang dilakukan oleh bukan pelanggan yang menggunakan tenaga listrik tanpa hak yang sah [2]. Seiring terjadinya pencurian energi listrik menyebabkan kerugian penyedia tenaga listrik yang dalam hal ini adalah PLN (Perusahaan Listrik Negara). Sehingga salah satu solusi yang ditawarkan untuk memantau pencurian yang terjadi dilapangan dengan cara membandingkan penggunaan konsumsi daya listrik pada pelanggan dengan data jumlah listrik yang disalurkan oleh gardu penyalur.

Beberapa penelitian pernah dilakukan terkait pengukuran daya listrik antara lain dalam jurnal “AC Power Meter Design for Home Electrical Appliances” yang dirancang oleh Nattachart Tamkittikhun, Thitinan Tantidham dan Puwadech Intakot. Dalam jurnal tersebut dirancang untuk memonitoring penggunaan daya yang terpakai pada setiap peralatan listrik di rumah tinggal, mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Mega 2560 dengan menggunakan metode pascal [3]. Penelitian lain yang terkait adalah “Sistem Monitoring Pencurian energi Listrik” yang dirancang oleh Andi Hanif. Dalam penelitian tersebut dirancang untuk memonitoring pencurian daya listrik, mikrokontroler yang digunakan adalah ATmega 16 [4].

Muhammad Ilham Siregar merancang alat monitoring penggunaan daya dengan menggunakan mikrokontroler Wemos D1 Mini dalam penelitiannya yang berjudul “Pengendalian stop kontak dan monitoring penggunaan daya listrik menggunakan android” [5]. Bryan Thaylen Sitorus merancang alat monitoring penggunaan daya mikrokontroler dengan menggunakan Arduino Nano dalam penelitiannya yang berjudul “Rancang Bangun Stop Kontak Dilengkapi Pengukuran Power Meter [6]. Florus Herman Somari merancang alat data logger penggunaan peralatan listrik mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Nano dan Wemos D1 Mini dalam penelitiannya yang berjudul “Sistem Data Logger Peralatan Elektronik Berbasis Android” [7].

Hanif Ibadurrahman merancang alat sistem monitoring arus, mikrokontroler yang digunakan adalah NodeMCU, dalam penelitiannya yang berjudul “Sistem Monitoring Arus Listrik Portable Menggunakan SCT-013-000 dan Mikrokontroler Nodemcu untuk Ruang Operation Center” [8]. Lucky Agazi Subagyo dan Bambang Suprianto merancang alat sistem monitoring arus tidak seimbang 3-phase, mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno, dalam penelitiannya yang berjudul “Sistem Monitoring Arus Tidak Seimbang 3-Fasa Berbasis

Arduino Uno” [9]. Nasution A, Putra R dan Madona E merancang alat sistem monitoring daya 3-phase berbasis mikrokontroler dalam penelitiannya yang berjudul “Rancang Bangun Alat Monitoring Daya 3-Phase Berbasis Mikrokontroler yang dapat dibaca secara online pada Laboratorium Mikroprosesor Politeknik Negeri Padang” [10]. Dan juga penelitian lain terkait monitoring arus listrik yang berjudul “Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway” dirancang oleh Afrizal Fitriandi, Endah Komalasari dan Herri Gusmedi [11].

Oleh karena itu dibuatlah penelitian berupa tahapan untuk mendeteksi pencurian energi listrik berupa pengumpulan data tegangan, arus, daya, konsumsi energi dan biaya penggunaan listrik yang harapan dibuatnya sistem ini dapat membantu menganalisis pencurian energi listrik. Melihat dari permasalahan tersebut peneliti akan membuat alat yang dapat memonitoring data tegangan, arus, daya aktif, *power* faktor, konsumsi energi dan biaya penggunaan listrik, yang nantinya data tersebut ditampilkan pada LCD lalu mengirim melalui jaringan internet dan disimpan pada *database* kemudian menampilkan pada GUI (*Graphical User Interface*) berbasis *Website*.

2. Metode

2.1. Perancangan Alat

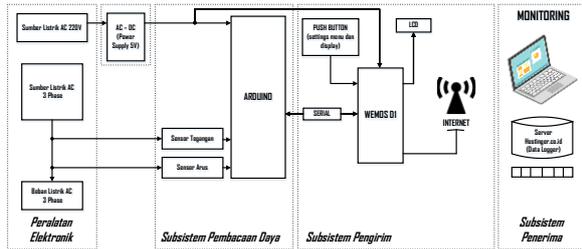
Dalam pembuatan alat ini terdiri dari beberapa rancangan, yaitu perancangan blok diagram sistem, perancangan desain elektrik, perancangan desain mekanikal dan perancangan *flowchart* sistem. Berikut ini adalah bagian-bagian perancangan alat.

2.1.1. Perancangan Blok Diagram Sistem

Sistem rancang bangun *prototype* sistem *monitoring* dan *data logger* pada sistem listrik 3-phase ini dirancang dengan mengukur seberapa besar tegangan, arus, daya aktif, *power* faktor dan menghitung konsumsi energi juga biaya penggunaan listrik, serta durasi waktu menyala pada peralatan elektronik dalam selang waktu tertentu, sensor arus dan sensor tegangan akan mengukur seberapa besar arus dan tegangan yang dibutuhkan suatu peralatan elektronik pada saat menyala. Pada sub sistem data *logger* terdapat tempat penyimpanan yaitu *database MySQL* serta LCD untuk penampil besarnya arus dan tegangan saat diukur.

Pada sub sitem pertama yaitu proses pembacaan daya terdapat sebuah mikrokontroler *Arduino Nano* sebagai pemroses dari pembacaan sensor, selanjutnya sub sistem kedua yang berperan sebagai pengirim data, yaitu terdapat mikrokontroler *Wemos D1 Mini* yang berkomunikasi serial dengan mikrokontroler *Arduino* yang ada pada sub sistem pembacaan daya, sub sistem pengirim akan menerima data tegangan, arus, daya aktif, *power* faktor, konsumsi energi dan biaya penggunaan listrik, kemudian data tersebut di proses untuk dikirim ke *database* dengan keadaan alat terhubung dengan koneksi internet. Data yang dikirim

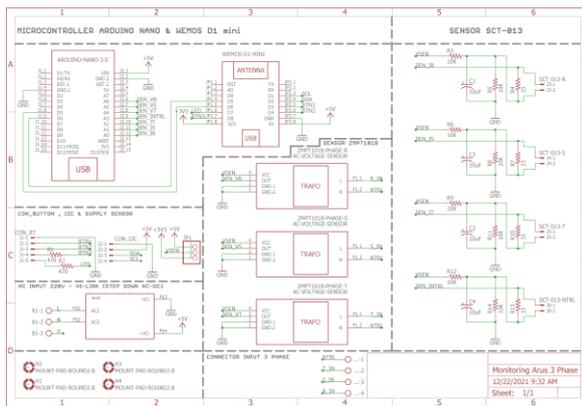
kemudian akan ditampilkan di GUI berbasis *website*. Blok diagram secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 1.



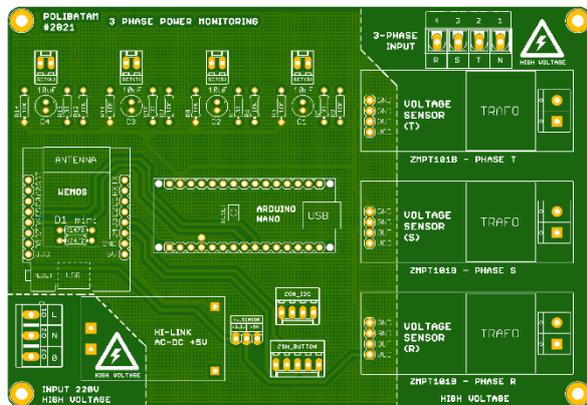
Gambar 1: Blok Diagram Sistem

2.1.2. Perancangan Elektrikal

Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan desain yang dibuat menggunakan *Autodesk EAGLE 9.6.2*. Perancangan elektrikal terdiri dari mikrokontroler *Arduino Nano* terhubung ke mikrokontroler *Wemos D1 Mini* dengan komunikasi serial, rangkaian konektor sensor tegangan (*ZMPT101B*) dan rangkaian pendukung sensor arus (*SCT-013-000*) berupa resistor dan kapasitor pada pin *analog Arduino*. Rangkaian pendukung berfungsi agar sensor arus tersebut dapat terhubung, dan *error* dari pembacaan nilai arus dapat diminimalisir sekecil mungkin sehingga perlu untuk menghitung nilai dari *burden resistor*.



Gambar 2: Perancangan Elektrikal

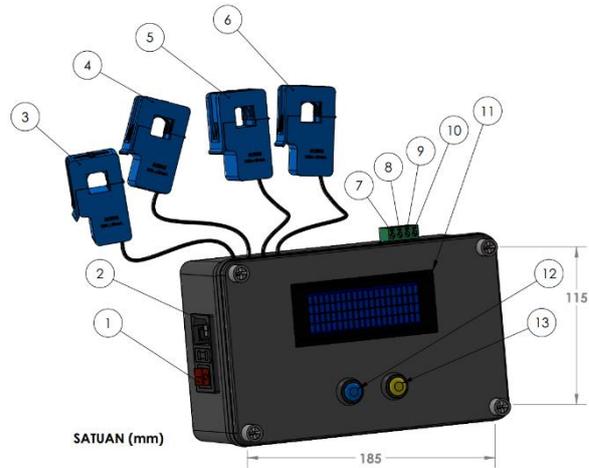


Gambar 3: Perancangan PCB (Printed Circuit Board)

2.1.3. Perancangan Mekanikal

Gambar 4 menunjukkan desain mekanikal yang

dibuat menggunakan *software SolidWork*. Perancangan mekanikal ini menggunakan box dengan dimensi berukuran panjang 185mm, lebar 115mm dan tinggi 65mm. Keterangan perancangan desain mekanikal dapat dilihat pada tabel I.



Gambar 4: Perancangan Mekanikal

TABEL I

KETERANGAN DESAIN PERANCANGAN MEKANIKAL

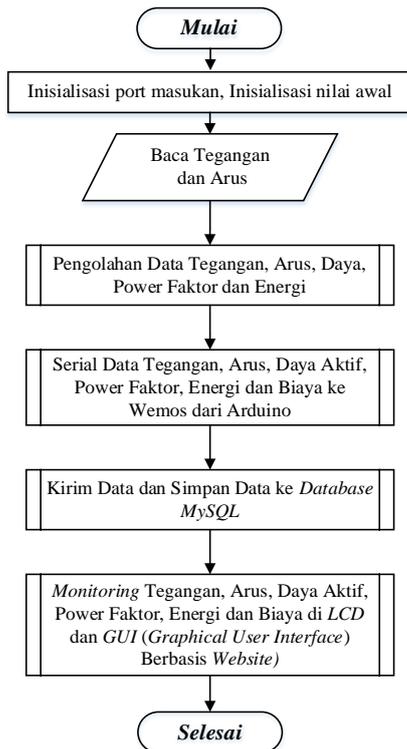
No	Keterangan	Fungsi
1	Tombol Power On/Off	On/Off Alat
2	Konektor Power listrik AC	Penghubung Listrik
3	Sensor SCT-013-000 - R	Pengukur Arus Phase R
4	Sensor SCT-013-000 - S	Pengukur Arus Phase S
5	Sensor SCT-013-000 - T	Pengukur Arus Phase T
6	Sensor SCT-013-000 - N	Pengukur Arus Phase N
7	Terminal Sensor ZMPT - R	Pengukur Tegangan Phase R
8	Terminal Sensor ZMPT - S	Pengukur Tegangan Phase S
9	Terminal Sensor ZMPT - T	Pengukur Tegangan Phase T
10	Terminal Blok - N	Terminal Netral
11	LCD 20X4	Menampilkan Pengukuran
12	Tombol Switch Biru	Menu Pengaturan Alat
13	Tombol Switch Kuning	Mengganti Tampilan LCD

2.1.4. Perancangan Flowchart Sistem

Flowchart sistem rancang bangun *prototype* sistem *monitoring* dan data *logger* pada sistem listrik 3-phase secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 5. Proses pertama yang dilakukan adalah mikrokontroler menginisialisasi nilai awal dengan membaca tegangan dan arus, selanjutnya pada sistem terdapat beberapa sub proses diantaranya yaitu sub proses pengolahan data tegangan, arus, daya, *power* faktor dan menghitung konsumsi energi. Terdapat juga sub proses serial data, dimana mikrokontroler *Arduino* berkomunikasi ke mikrokontroler *Wemos D1 Mini* dengan mengirimkan

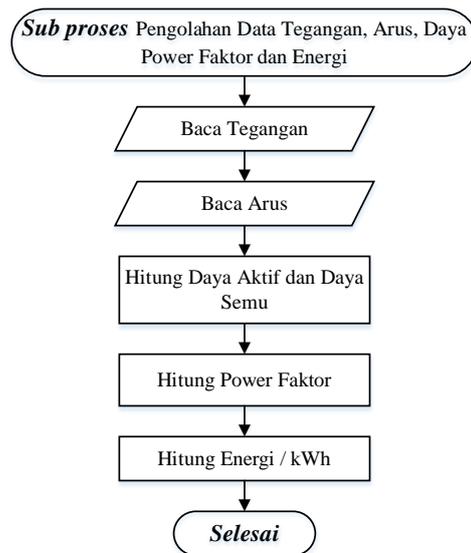
data serial berupa parameter besaran listrik dari proses pembacaan daya dengan menghitung besarnya arus, tegangan, daya aktif, *power* faktor diperoleh hasil konsumsi energi dan biaya penggunaan listrik.

Proses selanjutnya adalah sub proses kirim data dan simpan data ke *database*, pada proses ini data-data tersebut dikirim melalui jaringan internet ke *database* kemudian disimpan sebagai data *logger*, sub proses terakhir adalah *monitoring* tegangan, arus, daya aktif, faktor daya, konsumsi energi dan biaya penggunaan listrik, kemudian data yang telah dikirim akan ditampilkan di GUI berbasis *Website*.



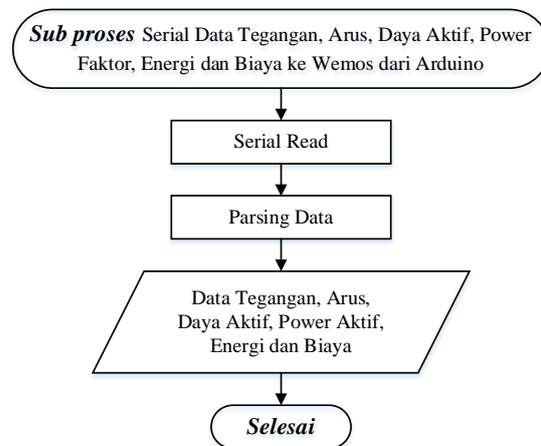
Gambar 5: Flowchart Keseluruhan Sistem

Sub proses selanjutnya ialah pengolahan data tegangan, arus, daya, *power* faktor dan energi. Tegangan terdeteksi dan dihitung kemudian dicari nilai RMS dari sensor tersebut, sama halnya dengan nilai arus dicari nilai RMS dari arus, setelah proses ini, daya akan dihitung dengan rumus $(W=V.I.t)$ dan menghitung nilai kWh. Dapat dilihat pada Gambar 6 dibawah ini.



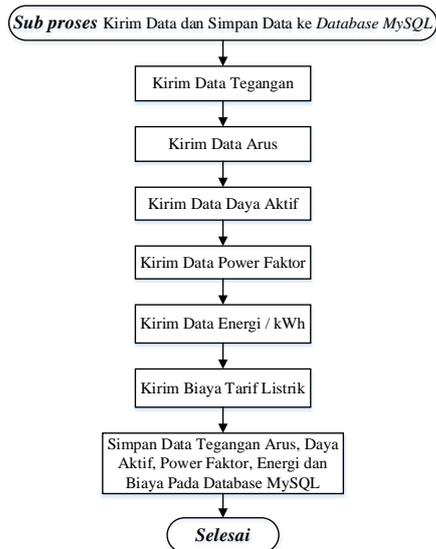
Gambar 6: Flowchart sub proses Pengolahan Data

Pada Gambar 7 merupakan sub proses terima data dari *Arduino* menggunakan komunikasi *serial*. Karena data yang diterima terdapat beberapa bagian data yang berbeda, maka data harus di *parse* atau dipisah untuk membagi data yang sesuai menjadi beberapa bagian, yaitu data tegangan, arus, daya aktif, *power* faktor, konsumsi energi dan data biaya penggunaan listrik.



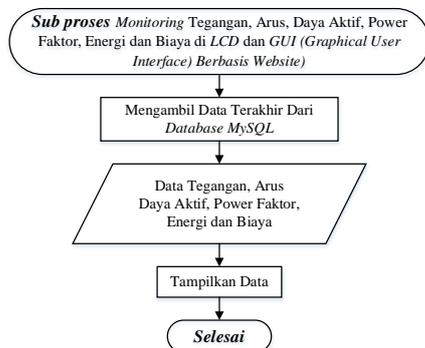
Gambar 7: Flowchart sub proses Serial Data

Pada Gambar 8 merupakan sub proses kirim data dan simpan data ke *database MySQL*. Pada sub proses ini dilakukan pengiriman dan penyimpanan data tegangan, arus, daya aktif, *power* faktor, konsumsi energi dan biaya penggunaan listrik ke *database* oleh mikrokontroler.



Gambar 8: Flowchart sub proses kirim data dan simpan data ke Database

Pada Gambar 9 merupakan sub proses *monitoring* data pada GUI berbasis *website*. Setelah data tegangan, arus, daya aktif, *power* faktor, konsumsi energi dan biaya penggunaan listrik disimpan pada *database*, maka proses selanjutnya adalah GUI akan mengambil data terakhir dari *database* kemudian data akan ditampilkan di GUI berbasis *website* dengan syarat adanya koneksi internet.



Gambar 9: Flowchart sub proses Monitoring Data

3. Hasil dan Pembahasan

Pada sistem *monitoring* data *logger* yang telah dibuat meliputi beberapa sub sistem. Terdapat tiga sub sistem utama dalam sistem alat, yaitu sub sistem pembacaan daya, sub sistem pengirim dan sub sistem penerima. Setelah dilakukan pengkalibrasian sensor tegangan dan sensor arus. Selanjutnya dilakukan uji *monitoring* tegangan, arus, daya aktif, *power* faktor, konsumsi energi dan biaya penggunaan listrik. Pengujian dilakukan diruangan Laboratorium W7 Politeknik Negeri Batam pada panel *3-phase* dengan beban AC dan beban *dummy load 3-phase* yaitu beban resistif dan induktif. Gambar 10 berikut adalah pengaplikasian alat *monitoring* data *logger* pada listrik *3-phase*.



Gambar 10: Realisasi alat *monitoring* data *logger*

3.1. Kalibrasi Sensor Tegangan ZMPT101B

Pengujian linieritas sensor tegangan dilakukan dengan cara mengukur tegangan *output* dan *input* sensor dengan mengambil pengukuran tegangan sampel 0-220V menggunakan multimeter digital yang terkalibrasi, kemudian membandingkan hasil pengukuran tegangan *output* dan *input* sensor tegangan. Pengujian linieritas sensor tegangan bertujuan untuk mengetahui apakah sensor tegangan yang digunakan baik atau tidak, jika *output* linier dengan *input* maka sensor tegangan tersebut baik untuk digunakan.

TABEL II

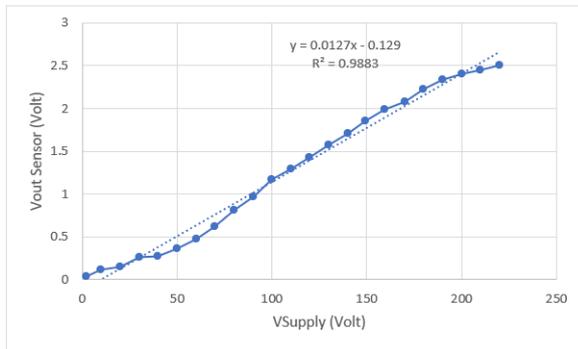
HASIL KALIBRASI SENSOR TEGANGAN ZMPT101B

No	V_{Supply} (V)	V_{out} Sensor (V)
1	2,27	0,04
2	9,8	0,12
3	20	0,15
4	30,2	0,26
5	40	0,28
6	50,1	0,36
7	60,5	0,48
8	69,9	0,62
9	80	0,81
10	90,2	0,97
11	99,9	1,17
12	110	1,30
13	120	1,43
14	130	1,58
15	140	1,71
16	149,3	1,85
17	159,4	1,99

18	170	2,08
19	180	2,22
20	190	2,34
21	200	2,4
22	210	2,45
23	220	2,5

Untuk membuktikan apakah data pada Tabel II tersebut linier atau tidak, digunakan metode regresi linier. Dengan menggunakan *Microsoft Excel* dapat diperoleh rumus regresi linier, koefisien korelasi R^2 , serta grafiknya. Dalam pengujian linieritas sensor tegangan ini variabel yang akan dicari tingkat linieritasnya adalah tegangan *input* terhadap tegangan *output* sensor tegangan *ZMPT101B*.

Gambar 11 merupakan bentuk persamaan garis lurus. Berikut persamaan garis lurus yang telah didapatkan yaitu $y = 0,0127x - 0,129$ dan nilai R^2 atau nilai korelasi untuk sensor tegangan adalah 0,9883. Kemudian persamaan tersebut yang digunakan untuk rumus kalibrasi dari sensor tegangan.



Gambar 11: Grafik perbandingan *power supply* dengan tegangan *vout* sensor

3.2. Kalibrasi Sensor Arus *SCT-013-000*

Pada perolehan data arus yang terbaca, digunakan library "*EmonLib_3PH.h*". Library ini berfungsi untuk memperoleh data arus dan dibutuhkan nilai kalibrasi pada program pembacaan arus. Nilai kalibrasi diperoleh berdasarkan rangkaian pengubah tegangan atau *burden resistor* pada Gambar 2. Untuk menghitung nilai dari *burden resistor* terdapat beberapa langkah sebagai berikut:

1. Menentukan arus maksimum yang akan diukur, pada penelitian ini yaitu sensor seri *SCT-013-000* dengan *range* pengukuran arus dari 0A sampai 100A. Sehingga nilai 100A dijadikan sebagai arus maksimum.
2. Mengkonversikan *RMS* arus maksimum menjadi arus puncak, dengan mengaitkannya $\sqrt{2}$ maka dirumuskan sebagai berikut:

$$I (\text{measured}) = \sqrt{2} \times I_{rms} (\text{current}) \quad (1)$$

$$I (\text{measured}) = 1,414 \times 100 = 141,4A \quad (2)$$

3. Diketahui untuk sensor seri *SCT-013-000* jumlah lilitan adalah 2000, karena nilai arus dari keluaran sensor sangat dipengaruhi oleh jumlah lilitan sensor maka dapat dirumuskan:

$$I (\text{sensor}) = \frac{I (\text{measured})}{nb_turns} \quad (3)$$

$$I (\text{sensor}) = \frac{141,4A}{2000} = 0,0707A \quad (4)$$

4. Untuk meningkatkan resolusi pengukuran, tegangan yang melintasi *burden resistor* pada arus puncak harus sama dengan setengah dari tegangan referensi mikrokontroler atau (*AREF/2*) maka dirumuskan sebagai berikut:

$$R (\text{ideal burden}) = \frac{V (\text{Ref})}{I (\text{sensor})} \quad (5)$$

$$R (\text{ideal burden}) = \frac{5V}{0,0707A} = 35,4 \Omega \quad (6)$$

Karena di pasaran tidak tersedia nilai resistor dengan ukuran $35,4 \Omega$ maka diganti dengan nilai yang mendekati yaitu 33Ω . Dalam pemrograman sensor *SCT-013-000* perlu mengkalibrasi parameter sensor, untuk menghitung nilai kalibrasinya dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Calib Value} = \frac{I (\text{measured})}{I (\text{sensor}) / R (\text{burden})} \quad (7)$$

$$\text{Calib Value} = \frac{141,4A}{0,0707A / 33\Omega} = 60,607 \quad (8)$$

3.3. Pengujian Sensor Tegangan *ZMPT101B*

Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan cara mengukur tegangan di setiap phase R, S, dan T, yang diubah dari tegangan 22,15V-220,5V menggunakan sensor *ZMPT101B* dan multimeter digital, kemudian membandingkan hasil pengukuran sensor yang dibuat dengan hasil pengukuran menggunakan multimeter digital yang telah terkalibrasi. Setelah dilakukan pengujian didapat data hasil pengujian sebagai berikut:

TABEL III

HASIL PENGUJIAN SENSOR TEGANGAN PHASE R

No	VSupply	Tegangan yang diamati (V)		Error (%)
		Multimeter Sanwa Digital (CD731a)	Sensor <i>ZMPT101B</i>	

1	22,15	22,15	22,16	0,05 %
2	441,1	441,1	44,13	0,07 %
3	66,5	66,5	66,12	0,57 %
4	88,5	88,5	88,56	0,07 %
5	110,2	110,2	110,3	0,09 %
6	132,2	132,2	132,29	0,07 %
7	154,2	154,2	154,65	0,29 %
8	176,3	176,3	176,4	0,06 %
9	198,6	198,6	199,11	0,26 %
10	220,5	220,5	220,7	0,09 %
Error rata-rata (%)				0,46 %

TABEL IV

HASIL PENGUJIAN SENSOR TEGANGAN PHASE S

No	VSupply	Tegangan yang diamati (V)		Error (%)
		Multimeter Sanwa Digital (CD731a)	Sensor ZMPT101B	
1	22,15	22,15	22,19	0,18 %
2	441,1	441,1	44,15	0,11 %
3	66,5	66,5	66,58	0,12 %
4	88,5	88,5	88,61	0,12 %
5	110,2	110,2	110,31	0,10 %
6	132,2	132,2	132,29	0,07 %
7	154,2	154,2	154,45	0,16 %
8	176,3	176,3	176,58	0,16 %
9	198,6	198,6	198,71	0,06 %
10	220,5	220,5	220,65	0,07 %
Error rata-rata (%)				1,15 %

TABEL V

HASIL PENGUJIAN SENSOR TEGANGAN PHASE T

No	VSupply	Tegangan yang diamati (V)		Error (%)
		Multimeter Sanwa Digital (CD731a)	Sensor ZMPT101B	
1	22,15	22,15	22,17	0,09 %
2	441,1	441,1	44,12	0,05 %
3	66,5	66,5	66,61	0,17 %
4	88,5	88,5	88,62	0,14 %
5	110,2	110,2	110,31	0,10 %
6	132,2	132,2	132,31	0,08 %
7	154,2	154,2	155,07	0,56 %

8	176,3	176,3	176,36	0,03 %
9	198,6	198,6	199,01	0,21 %
10	220,5	220,5	220,52	0,01 %
Error rata-rata (%)				1,15 %

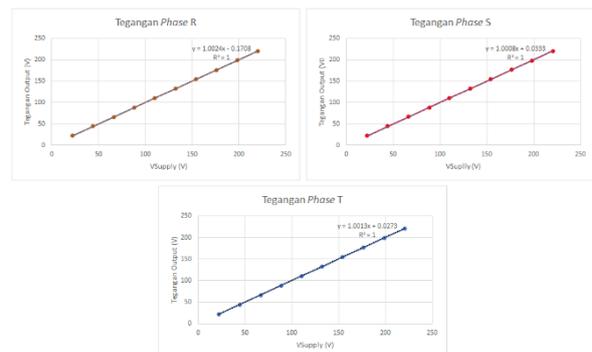
Dengan menggunakan rumus dari persamaan 9 dan 10 dapat diambil kesimpulan nilai persen *error* dari nilai yang diambil dari sensor ZMPT101B persentase *error* di peroleh dengan rumus:

$$\%Error = \frac{Hasil\ Alat\ Ukur - Hasil\ Pengukuran\ Sensor}{Hasil\ Alat\ Ukur} \times 100\% \quad (9)$$

$$Error\ Rata - rata = \frac{\Sigma \% Error}{n} \times 100\% \quad (10)$$

Didapat selisih hasil pengukuran antara pengukuran sensor ZMPT101B dengan hasil pengukuran multimeter digital. Nilai persentase *error* dalam pengujian sensor tegangan pada *phase* R, S dan T dengan nilai *error* rata-rata sebesar 1,013%. Perbedaan pembacaan sensor dari keseluruhan sensor tersebut dapat dikarenakan faktor internal maupun faktor eksternal. Faktor internal berasal dari karakteristik tiap komponen yang tidak sama. Faktor eksternal berasal dari tegangan sumber referensi yang masuk di setiap sensor tidak sama.

Pada Gambar 12 merupakan grafik pengujian sensor tegangan yang dibuat di setiap *phase* R, S, dan T, dari grafik tersebut didapat selisih pengukuran antara sensor tegangan cukup kecil jika dibandingkan dengan pengukuran menggunakan alat ukur multimeter digital yang terkalibrasi. Dari hasil pengujian sensor tegangan tersebut dapat disimpulkan bahwa sensor yang dibuat berhasil dan baik digunakan untuk sistem *monitoring* pada penelitian ini.



Gambar 12: Grafik hasil pengujian sensor ZMPT101B

3.4. Pengujian Sensor Arus SCT-013-000

Pengujian sensor arus dilakukan dengan cara mengukur arus di setiap *phase* R, S, dan T, dengan diberikan beban listrik yang berubah-ubah. Kemudian membandingkan hasil pengukuran sensor dengan hasil pengukuran menggunakan Tang *Ampere* yang terkalibrasi. nilai beban listrik yang berubah-ubah menggunakan beban resistif, induktif dan kapasitif. Setelah dilakukan pengujian sensor arus didapat data hasil pengujian sebagai berikut:

TABEL VI
HASIL PENGUJIAN SENSOR ARUS PHASE R

No	Ket. Beban	Arus yang diamati (A)		Error (%)
		Tang Ampere (KT87N)	Sensor SCT 013-000	
1	Tanpa Beban	0,00	0,01	0,00 %
2	Solder AK-9039 (40W/220V)	0,12	0,12	0,00 %
3	Kipas Angin (45/220V)	0,12	0,12	0,00 %
4	LED (14W/220-240V)	0,12	0,12	0,00 %
5	Setrika (350W/220V)	1,30	1,30	0,00 %
6	Penanak Nasi (400W/220V)	1,55	1,54	0,65 %
Error rata-rata (%)				0,65 %

TABEL VII
HASIL PENGUJIAN SENSOR ARUS PHASE S

No	Ket. Beban	Arus yang diamati (A)		Error (%)
		Tang Ampere (KT87N)	Sensor SCT 013-000	
1	Tanpa Beban	0,00	0,01	0,00 %
2	Solder AK-9039 (40W/220V)	0,12	0,12	0,00 %
3	Kipas Angin (45/220V)	0,12	0,12	0,00 %
4	LED (14W/220-240V)	0,12	0,12	0,00 %
5	Setrika (350W/220V)	1,30	1,30	0,00 %
6	Penanak Nasi (400W/220V)	1,55	1,54	0,65 %
Error rata-rata (%)				0,65 %

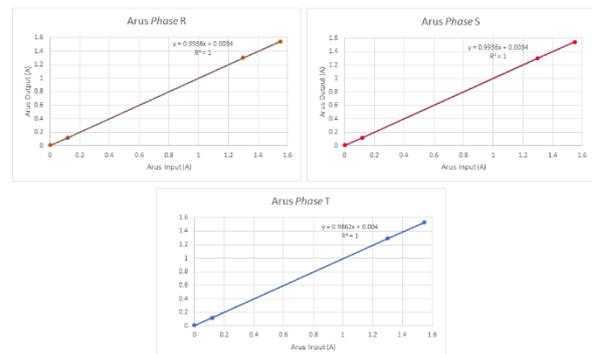
TABEL VIII
HASIL PENGUJIAN SENSOR ARUS PHASE T

No	Ket. Beban	Arus yang diamati (A)		Error (%)
		Tang Ampere (KT87N)	Sensor SCT 013-000	
1	Tanpa Beban	0,00	0,02	0,00 %
2	Solder AK-9039 (40W/220V)	0,12	0,12	0,00 %

3	Kipas Angin (45/220V)	0,12	0,12	0,00 %
4	LED (14W/220-240V)	0,12	0,12	0,00 %
5	Setrika (350W/220V)	1,30	1,29	0,77 %
6	Penanak Nasi (400W/220V)	1,55	1,53	1,29 %
Error rata-rata (%)				2,06 %

Terdapat selisih hasil pengukuran antara hasil pengukuran sensor yang dibuat dengan hasil pengukuran Tang Ampere. Didapat nilai persentase error dalam pengujian sensor arus pada phase R, S, dan T dengan nilai error rata-rata sebesar 1,12 %.

Pada Gambar 13 merupakan grafik pengujian sensor arus yang dibuat di setiap phase R, S, dan T, dari grafik tersebut didapat selisih pengukuran antara sensor arus cukup kecil jika dibandingkan dengan pengukuran menggunakan alat ukur Tang Ampere yang sudah ada. Dari hasil pengujian sensor arus tersebut dapat disimpulkan bahwa sensor yang dibuat berhasil dan baik digunakan untuk sistem monitoring pada penelitian ini.



Gambar 13: Grafik hasil pengujian sensor SCT 013-000

3.5. Pengujian sistem pembacaan Tegangan, Arus dan Daya

Setelah melakukan pengujian sensor tegangan dan arus, pengujian selanjutnya melakukan pengujian pembacaan tegangan arus dan daya. Pengujian dilakukan untuk mengetahui sistem ini berhasil berkerja dengan baik. Adapun pengujian dilakukan untuk mengetahui dan membandingkan hasil pengukuran terhadap alat ukur yang sudah terkalibrasi. Pengujian ini dilakukan pada phase R, dengan diberikan beban listrik yang bervariasi. didapat data hasil pengujian sebagai berikut:

TABEL IX
HASIL PENGUJIAN DAYA

	V(Volt)	I(Amp)	P (W)	PF	Beban
Alat Ukur	213	1,36	289	1	Setrika (350W)

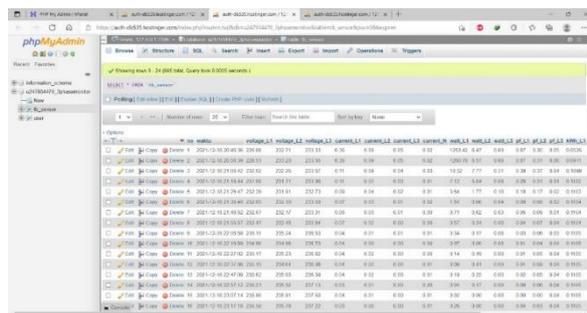
Alat Monitor	213,64	1,36	290,55	0,98	/220V)
Error %	0,30 %	0,00 %	0,54 %	2,00 %	
Alat Ukur	226	0,09	8,41	0,29	LED (14W/220-240V)
Alat Monitor	226,24	0,08	7,76	0,27	
Error %	0,11 %	11,11 %	7,73 %	6,90 %	
Alat Ukur	223	0,13	28,99	0,71	Kipas Angin (45/220V)
Alat Monitor	223,17	0,13	27,5	0,7	
Error %	0,08 %	0,00 %	5,14 %	1,41 %	

3.6. Pengujian keseluruhan sistem pada panel 3-phase Laboratorium W7 Politeknik Negeri Batam

Pengujian selanjutnya dilakukan pengujian penyimpanan data ke *database* dan pengujian pengiriman data *monitoring* tegangan, arus, daya aktif, *power* faktor, konsumsi energi dan biaya penggunaan listrik ke GUI yang berbasis *website*.

3.7. Pengujian penyimpanan data ke Database MySQL

Pada pengujian ini, dilakukan penyimpanan data dengan *periode* setiap 10 menit sekali ke *database*. Gambar 14 menunjukkan tampilan saat melakukan proses pengiriman ke *database MySQL*, data yang ditampilkan pada tabel *database* tersebut merupakan tampilan yang akan dikirim ke GUI. Pada saat alat tidak terhubung dengan internet maka pada *database* tidak mengalami proses *update*, sedangkan pada saat alat terhubung dengan internet terlihat data pada *database* mengalami proses *update*.



Gambar 14: Hasil pengujian data pada Database MySQL

3.8. Pengujian pengiriman data ke GUI berbasis Website.

Proses pengiriman data parameter listrik AC ini menggunakan koneksi internet didapat dari jaringan *WiFi* yang terhubung dengan mikrokontroler *Wemos*. Proses pengiriman pertama kali dilakukan dengan mengirim data ke *database MySQL*, Lalu GUI mengambil data pada *database* dengan *periode* setiap

10 menit sekali. Gambar 15 menunjukkan *sketch* program *PHP* untuk proses pemanggilan data. Terlihat bahwa variabel *refresh* digunakan untuk memanggil data.

```
<!-- Memanggil data Grafik Voltage -->
<script type="text/javascript">
var refresh = setInterval(function(){
$('#responsecontainer1').load('data-voltage.php');
$('#responsecontainer2').load('data-current.php');
$('#responsecontainer3').load('data-daya.php');
$('#responsecontainer4').load('data-powerfactor.php');
$('#responsecontainer5').load('data-energy.php');

$('#cekVoltage1').load('cekVoltage1.php');
$('#cekVoltage2').load('cekVoltage2.php');
$('#cekVoltage3').load('cekVoltage3.php');

$('#cekCurrent1').load('cekCurrent1.php');
$('#cekCurrent2').load('cekCurrent2.php');
$('#cekCurrent3').load('cekCurrent3.php');
$('#cekCurrentN').load('cekCurrentN.php');

$('#cekDaya1').load('cekDaya1.php');
$('#cekDaya2').load('cekDaya2.php');
$('#cekDaya3').load('cekDaya3.php');

$('#cekPF1').load('cekPF1.php');
$('#cekPF2').load('cekPF2.php');
$('#cekPF3').load('cekPF3.php');

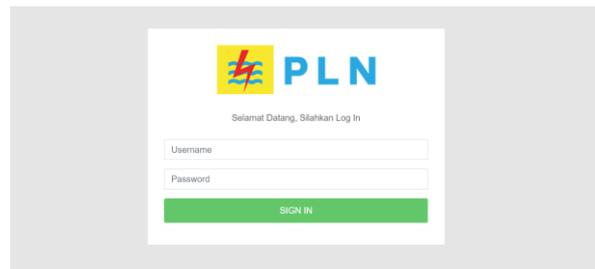
$('#cekEnergy1').load('cekEnergy1.php');
$('#cekEnergy2').load('cekEnergy2.php');
$('#cekEnergy3').load('cekEnergy3.php');
}, 10000);
</script>
```

Gambar 15: Sketch program PHP

3.9. Implementasi website monitoring

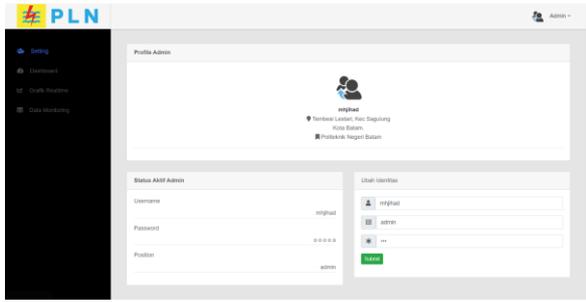
Implementasi *website monitoring* dimulai dengan pembuatan *hosting* dan *domain*. *Hosting* yang dipakai adalah jenis *Hosting Premium* dari penyedia layanan *hosting http://hostinger.co.id*. Sementara alamat *domain* yang dipakai adalah *http://3phasemonitor.tech*.

Pada halaman *login*, *admin* memasukkan *username* dan *password* yang sebelumnya sudah didaftarkan ke sistem. Kemudian menekan *sign in* untuk masuk ke sistem. Desain antarmuka *login* dapat dilihat pada Gambar 16.



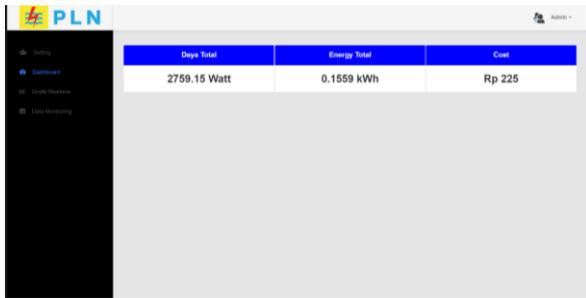
Gambar 16: Halaman Log In

Jika *admin* benar memasukkan *username* dan *password* maka *admin* dapat mengakses menu-menu di *website* ini seperti pada Gambar 17. Pada *website* terdapat beberapa menu *monitoring* agar mempermudah dalam memonitoring kondisi beban, diantaranya *monitoring* tampilan *dashboard*, tampilan grafik *real time* dan tampilan data tabel *monitoring*.



Gambar 17: Halaman Utama

Pada Gambar 18 terdapat tiga tampilan yaitu, tampilan *real time* daya total dari setiap *phase* R, S, dan T, energi total dan biaya penggunaan listrik.



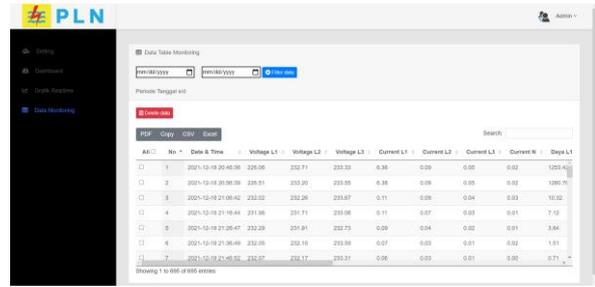
Gambar 18: Hasil Tampilan Dashboard monitoring

Pada Gambar 19 terdapat lima tampilan grafik *monitoring* beban di setiap pahase R, S, dan T, diantaranya tampilan grafik tegangan setiap *phase*, tampilan grafik arus, tampilan grafik daya aktif, tampilan grafik *power* faktor dan tampilan grafik konsumsi energi.



Gambar 19: Hasil grafik monitoring

Pada Gambar 20 menunjukkan tampilan data *monitoring* parameter listrik yang telah berhasil dikirim ke tampilan *website*. Pada tampilan data *monitoring* terdapat beberapa fitur diantaranya dapat mendownload data *monitoring* dengan cara menfilter data sesuai tanggal yang diinginkan dan memilih data *logger* dengan ekstensi PDF, COPY, CSV dan EXCEL, Penggunaan konsumsi energi listrik yang terjadi semakin meningkat pada *periode* waktu tertentu.



Gambar 20: Hasil data monitoring

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pengambilan data pada sistem rancang bangun *prototype* sistem *monitoring* dan data *logger* pada sistem listrik 3-*phase*. Dapat disimpulkan mikrokontroler *Wemos D1 Mini* terbukti mampu mengirimkan paket data parameter listrik ke *server database MySQL* melalui koneksi internet. Dan hasil pengujian menunjukkan bahwa *monitoring* jarak jauh menggunakan GUI yang terintegrasi dengan *database* dapat dilakukan, dimana alat ini dapat mengirim parameter pengukuran besaran listrik tegangan, arus, daya aktif, *power* faktor juga perhitungan konsumsi energi dan biaya penggunaan listrik ke GUI dengan *periode* setiap 10 menit sekali dan mampu menampilkan parameter daya listrik yang terukur pada sistem pengukuran.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada semua pihak yang sudah terlibat dan membantu penelitian ini terutama kepada jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam yang telah memberikan fasilitas dan waktunya selama pelaksanaan penelitian ini.

Referensi

- [1] Albar, "Pengelola Kaveling di Batam Curi Listrik PLN, Pungut Rp250 Ribu per Bulan," [Online]. Tersedia: <https://www.pelantar.id/pengelola-kaveling-di-batam-curi-listrik-pln-pungut-rp250-ribu-per-bulan/>. [Accessed 13 April 2021].
- [2] PLN, "Informasi P2TL," [Online]. Tersedia: <https://web.pln.co.id/pelanggan/informasi-p2tl>. [Accessed 13 April 2021].
- [3] Tamkittikhun, T. Tantidham and P. Intakot, "AC Power Meter Design for Home Electrical Appliances," pp. 1-6, 2015.
- [4] H. Andi, "Sistem Monitoring Pencurian Energi Listrik.", Surabaya: PENS-ITS, 2008.
- [5] M. I. Siregar, "Pengendalian stop kontak dan monitoring penggunaan daya listrik.", Batam: Politeknik Negeri Batam, 2019.
- [6] B. T. Sitorus, "Rancang Bangun Stop Kontak Dilengkapi Pengukuran Power.", Batam: Politeknik Negeri Batam, 2019.
- [7] F. H. Somari, "Sistem Data Logger Peralatan

Elektronik Berbasis Android.", Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma, 2017.

- [8] H. Ibadurrahman, "Sistem Monitoring Arus Listrik Portable Menggunakan SCT-013-000 dan Mikrokontroler Nodemcu untuk Ruang Operation Center.", Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta, 2020.
- [9] L. A. Subagyo and B. Suprianto, "Sistem Monitoring Arus tidak seimbang 3 Fasa Berbasis Arduino Uno," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 06, no. 03, pp. 213-221, 2017.
- [10] A. Nasution, R. Putra and E. Madona, "Rancang Bangun Alat Monitoring Daya 3 Phase Berbasis Mikrokontroler yang dapat dibaca secara online pada Laboratorium Mikroprosesor Politeknik Negeri Padang.", Semarang: Seminar Nasional Ilmu Komputer (SNIK 2014), 2014.
- [11] A. Fitriandi, E. Komalasari and H. Gusmedi, "Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway," *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 10, no. 02, pp. 87-98, 2017.