

Perancangan Kwh Meter Pintar Yang Terintegrasi Menggunakan Internet

Design Smart Kwh Meter Over Internet

1st Yogi Febrian Nursyamsa
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

yfebriann@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Basuki Rahmat
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

basukir@telkomuniversity.ac.id

3rd Husneni Mukhtar
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

husnenimukhtar@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Dalam penyaluran energi listrik dari pembangkit sampai ke pelanggan banyak terjadi penyusutan daya yang terjadi. Pada saat pengiriman energi dari pembangkit lalu mengirimkannya melalui media transmisi daya dan sampai ke Gardu Induk (GI). Untuk mengetahui daya yang terdistribusi dan sampai ke pelanggan maka diperlukan sistem monitoring energi listrik yang dapat diakses secara *real time*. *Smart Grid* (SG) atau bisa disebut sebagai Jaringan Listrik Pintar (JLP) merupakan sistem untuk mengefisienkan energi listrik yang terintegrasi antara perusahaan penyedia listrik dengan penggunaannya. Memanfaatkan konsep *Internet of things* sekarang sudah banyak diterapkan ke dalam kehidupan sehari-hari. Dengan memanfaatkan perkembangan teknologi yang, maka akan sangat bermanfaat jika merancang sistem monitoring penggunaan daya listrik, baik dari pelanggan atau penyedia listrik seperti PLN. Perangkat dibuat untuk menjembatani pencatatan konsumsi daya antara KWh meter dan dikirimkan melalui koneksi internet. Dengan menggunakan Node MCU 8266 dan menghubungkan perangkat ke internet melalui jaringan internet akan memudahkan monitoring daya listrik yang terpakai di setiap rumah. Penelitian ini memonitoring beban di rumah golongan R-1/TR dengan batas daya 900VA-RTM dengan biaya pemakaian /KWh adalah Rp.1.352,00. Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa perancangan alat Smart KWh Meter dapat membaca akurasi pada arus sebesar 98,87% dan akurasi pada tegangan sebesar 99,64%. Alat rancangan dapat mengukur daya listrik dan merubah data tersebut menjadi tarif listrik dari energi yang terpakai dan mengirimkan data tersebut ke firebase untuk ditampilkan di *real time database*.

Kata kunci: *Grid, Smart Grid, Internet of Things (IoT), Smart KWh Meter, Penyusutan Daya, Efisiensi Energi, Smart Home*

Abstract

In the distribution of electrical energy from the plant to the customer there is a lot of power shrinkage that occurs. At the time of sending energy from the plant then send it through the power transmission media and up to the Substation (GI). To find out the power that is distributed and reach the customer, an electrical energy monitoring system is needed that can be accessed in real time. Smart Grid (SG) or can be referred to as Smart Electricity Network (JLP) is a system to streamline electrical energy that is integrated between electricity providers and its users. Utilizing the concept of the Internet of things has now been widely applied to everyday life. By utilizing the development of that technology, it will be very useful to design a monitoring system for the use of electricity, either from customers or electricity providers such as PLN. The device is made to bridge the recording of power consumption between KWh meters and delivered over an internet connection. Using Node MCU 8266 and connecting devices to the internet over the internet network will facilitate monitoring of the electrical power used in every home. This study monitored the load in the R-1 /TR group house with a power limit of 900VA-RTM with usage cost / KWh is Rp.1,352.00. From the results of the research conducted it can be concluded that the design of smart KWh meter tools can read accuracy at current by 98.87% and accuracy at voltage of 99.64%. The design tool can measure electrical power and convert that data into electricity tariffs from the energy used and send the data to the firebase to be displayed in the real time database.

Keywords: *Grid, Smart Grid, Internet of Things (IoT), Smart KWh Meter, Power Shrinkage, Energy Efficiency, Smart Home*

I. PENDAHULUAN

Dalam penyaluran energi listrik dari pembangkit sampai ke pelanggan banyak terjadi penyusutan daya pada saat pengiriman energi dari pembangkit melalui media transmisi daya dan sampai ke Gardu Induk (GI). Mengutip dari seminar Afandi, tahun 2011 untuk melayani seluruh daerah beban perlu dilakukan pemerataan pemakaian daya listrik secara tepat, agar kondisi seluruh sistem dapat terjaga keseimbangannya. Selain itu secara operasional juga harus mampu mengimbangi kondisi dinamis perubahan beban setiap saat yang terus meningkat. Kondisi dinamis perubahan beban ini menyebabkan pasokan daya listrik harus benar-benar dijaga dan cukup untuk melayani semua beban yang tersebar di setiap titik pusat beban [2].

Saat ini belum ada alat yang dapat memonitor langsung secara kontinyu pemakaian listrik yang digunakan oleh pelanggan. Petugas pencatat daya masih datang ke rumah-rumah untuk mencatat pemakaian oleh pelanggan, pada KWh meter pada sisi pelanggan. Untuk menangani kelemahan tersebut, pada tugas akhir ini telah dilakukan perancangan dan pembuatan Smart KWh meter yang diharapkan dapat mengirimkan data penggunaan daya dari pelanggan di rumah ke suatu server yang ada pada Penyedia Listrik Negara (PLN). Lebih lanjut, data tersebut dapat diakses kembali oleh pelanggan untuk keperluan pencocokan dengan nilai daya yang digunakan oleh pelanggan. Implementasi Smart KWh meter berbasis android ke sistem Smart Grid bisa melalui Internet atau jaringan telekomunikasi khusus.

Dengan menggunakan mikro kontroler Node MCU ESP 8266 yang dapat berfungsi sebagai media penyimpanan sementara pada alat KWh meter, selanjutnya Node MCU ESP 8266 tersebut kemudian menjumlahkan data selama waktu tertentu agar tidak terjadi penumpukan data di flash memory kontroler. Data tersebut kemudian dikirimkan ke server di dalam firebase yang berfungsi sebagai real time database agar bisa diakses melalui internet.

Hasil percobaan dan pengujian menunjukkan nilai error yang didapatkan dari pengukuran arus dan daya masih terlampaui jauh dari nilai yang diinginkan. Dengan keterbatasan alat ukur, dirasa menjadi hambatan dalam keberlangsungan Tugas Akhir ini. Daya mendapatkan rata-rata nilai error sebesar 25,27189105%, Arus sebesar 19,463% dan yang terkecil adalah nilai rata-rata error dari tegangan, yaitu sebesar 0,844%. Untuk pengiriman data, data berhasil dikirimkan ke real time database di firebase dan mengkalkulasikan perkiraan nilai daya dan biaya pemakaian listrik. Data bisa diakses melalui firebase.

II. KAJIAN TEORI

a. Internet of Things

Internet of Things (IoT) sangat berguna penerapannya pada zaman sekarang. Pengertian

Internet of Things akhirnya semakin banyak berkembang pada zaman sekarang. Belum ada artian yang sah untuk membentuk konsep Internet of Things (IoT). Pada dasarnya kata “Things” dalam artian Internet of Things adalah sesuatu objek. Objek tersebut akan terus dikembangkan dan ditelusuri potensinya untuk dihubungkan dengan internet sehingga dapat bermanfaat bagi kehidupan manusia. Jadi *Internet of Things* (IoT) adalah sebuah konsep dimana objek dapat terhubung dengan internet [6].

Menurut Casagras (*Coordinator and support action for global RFID-related activities and standardisation*) mendefinisikan IoT sebagai sebuah infrastruktur jaringan global, yang menghubungkan benda-benda fisik dan virtual melalui eksploitasi data capture dan kemampuan komunikasi. Infrastruktur terdiri dari jaringan yang telah ada dan internet berikut pengembangan jaringannya. Semua ini akan menawarkan identifikasi obyek, sensor dan kemampuan koneksi sebagai dasar untuk pengembangan layanan dan aplikasi kooperatif yang independen. Ia juga ditandai dengan tingkat otonom data capture yang tinggi, *event transfer*, konektivitas jaringan dan interoperabilitas.

b. Smart Grid

Grid adalah jaringan tenaga listrik. Sistem grid merupakan gambaran penyaluran energi dari penyedia listrik dari pembangkit sampai pengiriman ke pelanggan. Listrik yang dikirimkan pun harus dalam frekuensi yang sama. Penyamaan frekuensi tersebut berguna agar daya yang terpakai dalam jumlah yang tepat [4].

Smart Grid (SG) dapat diartikan sebagai jaringan listrik pintar. Smart Grid merupakan sistem jaringan listrik yang terintegrasi dan berfungsi mengefisiensi daya listrik terpakai, mengurangi biaya dan sumber daya manusia yang terpakai. Smart grid menggunakan komunikasi dua arah antara pengguna dan penyedia layanan listrik. Dengan sistem smart grid ini nantinya alat smart KWh meter yang dibuat akan menyokong kehandalan dalam penggunaan tenaga listrik dari aktivitas produksi, distribusi dan konsumsi. [4]

c. KWh Meter

KWh meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur energi listrik yang terpakai. KWh meter diperlukan di setiap rumah, untuk mencatat daya yang terpakai oleh pelanggan. Daya yang dicatat di rumah akan dijadikan sebagai referensi data untuk mengetahui jumlah daya yang dikeluarkan oleh GI namun tidak dikonsumsi oleh pelanggan [10].

KWh meter bekerja menggunakan metode induksi medan magnet dimana medan magnet tersebut dimanfaatkan untuk kemudian dikonversikan kedalam nilai/angka untuk mengetahui besar energi listrik yang digunakan konsumen dengan demikian besar penggunaan energi listrik dapat terukur. Besar Induksi Medan magnet ini tergantung oleh besar energi listrik yang digunakan. Semakin besar energi listrik yang digunakan konsumen maka semakin besar pula induksi medan magnet yang

dihasilkan sehingga semakin besar pula nilai angka yang ditunjukkan. Satuan energi yang dihitung alat ini adalah Watt atau Kwatt, yang pada umumnya disebut Watt-Meter/Kwatt Meter baik dalam satuan WH (watt hour) ataupun dalam KWH (kilowatt Hour). [23]

d. Daya Listrik

Daya listrik adalah besaran tenaga listrik yang satuannya adalah watt. Daya listrik dapat dihitung dengan mengalikan arus listrik dan tegangan listrik. Pada arus listrik bolak atau arus listrik AC (*Alternate Current*), daya yang memiliki impedansi (Z) akan memiliki nilai daya semu, daya aktif, dan daya reaktif. Ketiga jenis daya tersebut dinamakan dengan segitiga daya. Karena ketiga daya tersebut memiliki keterkaitan. [7]

$$P=V.I \quad (2.1)$$

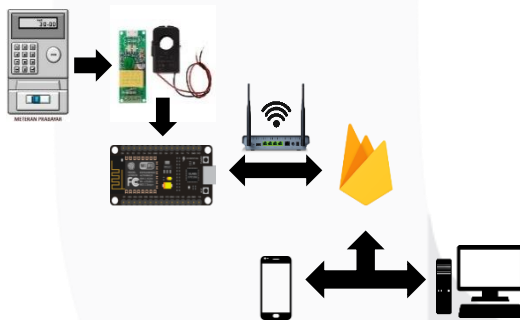
e. Topologi Jaringan

Topologi jaringan adalah cara untuk menghubungkan setiap gawai dengan tujuan untuk memanfaatkan sumber daya. Menurut Jafar Noor Yudianto pengertian topologi jaringan adalah suatu sistem yang terdiri atas sebuah beberapa komputer yang didesain untuk bisa saling berbagi sumber daya (printer, CPU), berkomunikasi (surel, pesan instan), dan bisa mengakses informasi (peramban web) [9].

III. METODE

a. Desain Sistem

Berikut merupakan desain sistem dari rancang bangun alat:

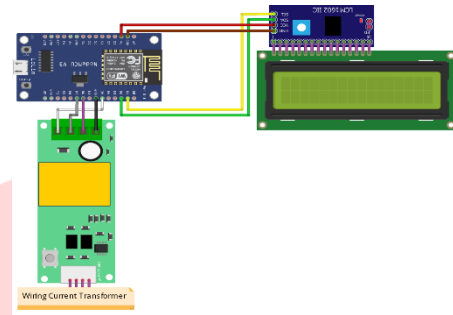


Gambar 3-1. Desain Sistem *Smart Energy Meter*

Perekaman data berupa arus, tegangan, daya akan dicuplik melalui sensor PZEM-004T dan data daya yang didapat nantinya akan dikalkulasikan menjadi jumlah biaya dari pemakaian listrik yang berhasil terekam oleh sensor. Data data tersebut akan dikirimkan ke *real time database* di *Firebase*. Sehingga data pemakaian tersebut dapat diakses oleh pengguna melalui gadget. Monitoring dapat dilihat dari server di *firebase*.

b. Perancangan Perangkat Keras

Berikut merupakan desain hardware:

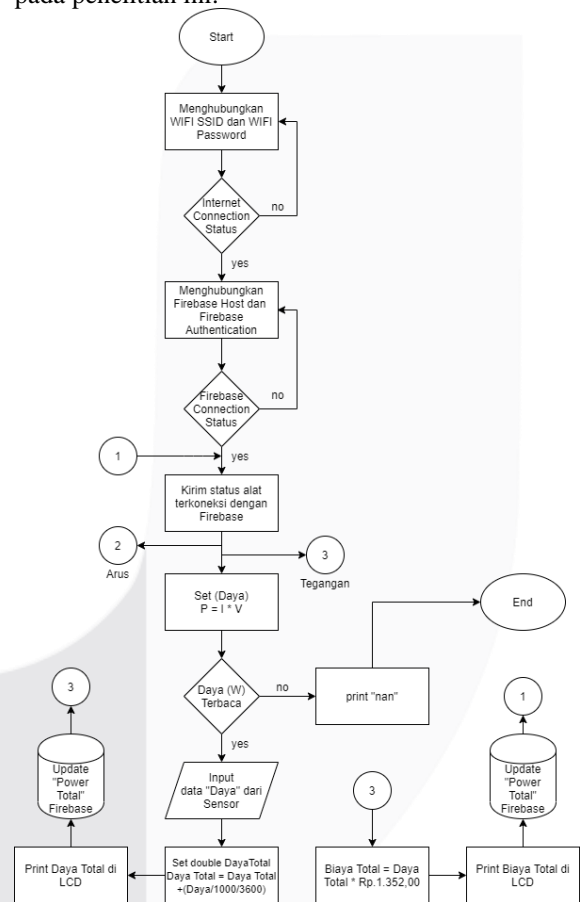


Gambar 3-2. Gambar desain Perangkat Keras

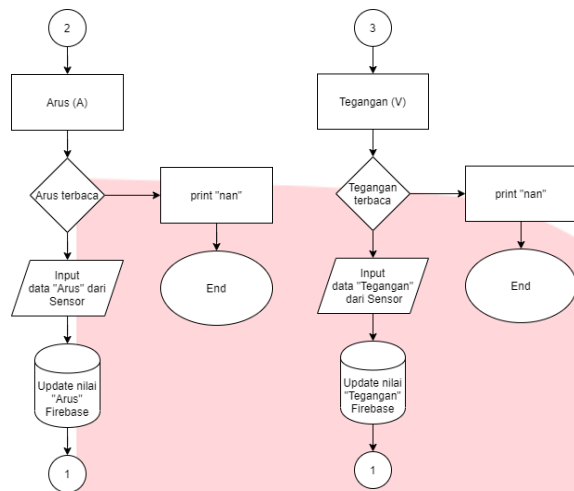
Sistem didesain dari hardwarenya terlebih dahulu untuk menentukan komponen yang tepat agar hasil perekaman arus listrik dapat bekerja selengkap KWh meter digital dan analog yang sudah terpasang di rumah-rumah pada saat ini. Smart KWh meter membedakan dari kehandalannya dalam mengirimkan data berupa daya dan biaya /KWh.

c. Perancangan Perangkat Lunak

Berikut merupakan desain perangkat lunak dari alat pada penelitian ini:



Gambar 3-3. Flowchart Alat Rancangan

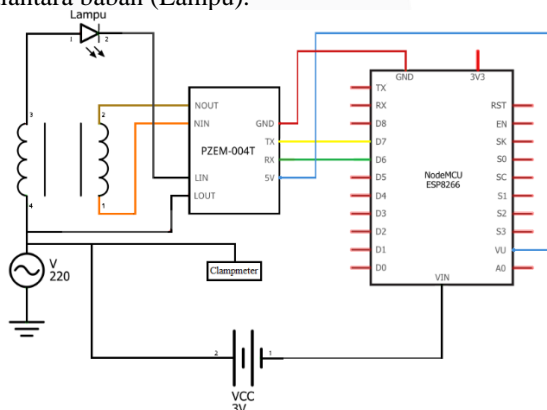


Gambar 3-3. Flowchart Alat Rancangan point 2 & 3

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pengukuran Error Sensor

Pada Gambar 4.1 menunjukkan cara pengukuran untuk membandingkan nilai akurasi alat rancangan Smart KWh Meter dengan Clampmeter. Clampmeter dipasang serial sesudah sumber energi listrik. CT (Current Transformer) akan membaca arus yang lewat. Untuk pembacaan tegangan modul sensor PZEM-004T akan terhubung secara paralel dengan menghubungkan pin load input dan load output diantara beban (Lampu).



Gambar Error! No text of specified style in document.-1 Rangkaian Alat

Data berikut adalah data hasil pengukuran arus dan tegangan dari sensor PZEM-004T yang dipasang di alat rancangan:

Tabel Error! No text of specified style in document..1 Hasil Pengujian Nilai Arus

Daya Beban	Sensor (A)	Clamp (A)	Selisih (A)	Error (%)	Akurasi (%)
5W	0.05	0.03	0.01	34.45	65.55
7W	0.06	0.05	0.01	24.86	75.14
12W	0.10	0.09	0.01	14.53	85.47
45W	0.31	0.26	0.05	17.80	82.20
100W	0.43	0.41	0.02	5.67	94.33

Dari Tabel 4.3 dapat diketahui nilai error dari Modul Sensor PZEM004T berada di rentang 0,03% sampai dengan 3,31%. Sedangkan akurasi sensor setelah kalibrasi berada di rentang 96,69% sampai dengan 99,97%. Untuk rata rata dari error 1,13% dan akurasi ketika pengambilan data adalah 98.87%.

Tabel Error! No text of specified style in document..2 Hasil Pengujian Nilai Tegangan

Daya Beban	Sensor (V)	Clamp (V)	Selisih (V)	Error (%)	Akurasi (%)
5W	215.44	217.58	2.14	0.98	99.02
7W	213.44	215.75	2.31	1.07	98.93
12W	210.94	213.02	2.08	0.97	99.03
45W	214.28	216.83	2.56	1.18	98.82
100W	214.53	214.55	0.02	0.01	99.99

Pada pengukuran tegangan didapatkan nilai error dengan rentang 0,697%-1,179% dan akurasi di rentang 98,821-98,928%. Untuk mendapatkan nilai error yang lebih kecil maka akan dilakukan

b. Pengukuran Koreksi Error Sensor

Tabel Error! No text of specified style in document..3 Hasil dan Analisis Kalibrasi Arus

Daya Beban	ARUS				
	Sensor (A)	Clampmeter (A)	Selisih (A)	Error (%)	Akurasi (%)
5W	0.03	0.03	0.00	3.31	96.69
7W	0.06	0.06	0.00	0.03	99.97
12W	0.09	0.09	0.00	0.14	99.86
45W	0.31	0.31	0.00	0.20	99.80
100W	0.39	0.40	0.01	1.99	98.01
Rata-rata				1.13	98.87

Dari Tabel 4.3 dapat diketahui nilai error dari Modul Sensor PZEM004T berada di rentang 0,03% sampai dengan 3,31%. Sedangkan akurasi sensor setelah kalibrasi berada di rentang 96,69% sampai dengan 99,97%. Untuk rata rata dari error 1,13% dan akurasi ketika pengambilan data adalah 98.87%.

Tabel Error! No text of specified style in document..4 Hasil dan Analisis Kalibrasi Tegangan

Tegangan					
Daya Beban	Sensor (V)	Clampmeter (V)	Selisih (V)	Error (%)	Akurasi (%)
5W	218.30	217.88	0.42	0.19	99.81
7W	214.40	213.40	1.00	0.46	99.54
12W	214.13	213.49	0.65	0.30	99.70
45W	212.82	211.88	0.94	0.44	99.56
100W	214.92	214.02	0.91	0.42	99.58
Rata-rata				0.36	99.64

Dari Tabel 4.4 dapat diketahui nilai error tegangan dari Modul Sensor PZEM004T berada di rentang 0,19% sampai dengan 0,46%. Sedangkan akurasi sensor setelah kalibrasi berada di rentang 99,54% sampai dengan 99,81%. Untuk rata rata dari error 0.36% dan akurasi ketika pengambilan data adalah 99,64%.

c. Pengujian Smart KWh Meter

Pada pengujian Smart kWh Meter akan dilakukan pengukuran pada daya watt yang terbaca pada saat sampling menggunakan alat ukur dan juga menggunakan alat rancangan yang menggunakan sensor PZEM004T. setelah diukur nantinya data akan dicari nilai errornya. Sehingga dapat diketahui akurasi dari pengukuran daya.

Tabel Error! No text of specified style in document..5 Perhitungan Beban

Beban	Alat Rancangan			Alat Ukur Standar		
	(V)	(A)	(W)	(V)	(A)	(W)
Lampu 7W dan 9W	219.68	0.099	21.68	219	0.096	21.02
Rice Cooker 45 W dan Lampu 12W	219.49	0.232	50.84	218	0.23	50.14

Dari table tersebut masih memperlihatkan nilai yang berbeda, oleh karena itu dapat kita cari nilai error dari perhitungan daya yang didapatkan dari alat ukur standar (Clampmeter) dan juga dari sensor yang terdapat pada alat rancangan.

Tabel Error! No text of specified style in document..6 Hasil dan Analisis Perhitungan Beban

Beban yang Diukur	Daya (W)		Error (%)	Akurasi (%)
	Alat Rancangan	Clampmeter		
Lampu LED 7W dan Lampu LED 9W	21.68	21.02	3.04	96.96
Rice Cooker 45 W dan Lampu 12W	50.84	50.14	1.38	98.62
Rata-rata	36.26	35.58	2.21	97.79

Dari Tabel 4.6 dapat diketahui bahwa pengukuran sampling untuk daya ketika mengukur lampu LED 7W dan 9W memiliki nilai error 3,04% dan akurasi sebesar 96,96%. Sedangkan untuk

pengukuran ricecooker didapatkan nilai error sebesar 1,38% dan 98,62%.

d. Pengujian Monitoring Smart KWh Meter

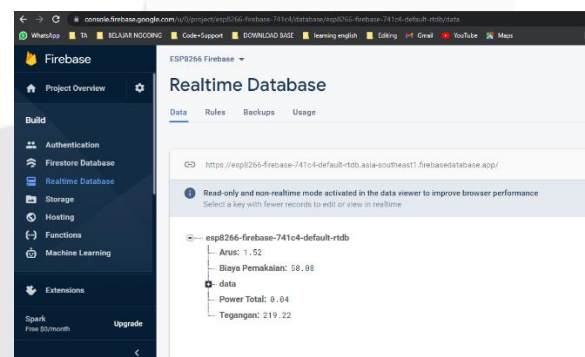
Tabel Error! No text of specified style in document..7 Pengujian Monitoring Smart KWh Meter

Beban Terukur	Alat Rancangan (W)	monitoring alat dalam 1 jam (Wh)	Error (%)	Akurasi (%)
LED 7W dan 9W	21.68	20.74	4.36	95.64
Penanak nasi 45 W dan LED 12W	50.84	44.43	12.61	87.39
Rata-rata	36.26	32.58	8.48	91.52

Untuk percobaan lampu LED 7W dan 9W didapatkan nilai error 4,36% dan akurasi sebesar 95.64%. dan untuk Penanak nasi 45W dan lampu LED 12W mendapat nilai error sebesar 12,61% dan akurasi dengan nilai 87,39%



Gambar Error! No text of specified style in document..2 Tampilan Pengujian Perhitungan KWh



Gambar Error! No text of specified style in document..3 Update Data Firebase

V. KESIMPULAN

a. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan Analisa yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan Smart KWh Meter memiliki rata-rata akurasi pembacaan arus dengan alat ukur clampmeter sebesar 98.87%. dalam pengujian ini alat mampu memonitoring arus listrik yang melewati rangkaian.
2. Perancangan Smart KWh Meter memiliki rata-rata akurasi pembacaan tegangan dengan alat ukur clampmeter sebesar 99,64%. Dalam pengujian ini alat mampu memonitoring tegangan listrik cukup sesuai dengan yang terukur dengan clampmeter.
3. Alat rancangan berhasil mengukur nilai biaya listrik dan mengirimkannya ke server database untuk memperbaharui nilai.

b. Saran

Saran yang diberikan untuk melanjutkan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menambahkan modul RTC agar perancangan alat dapat berfungsi untuk menyimpan data sementara ketika alat tidak dialiri beban.
2. Menambahkan buzzer agar alat dapat mendeteksi kelebihan arus listrik yang mengalir pelangan.
3. Menambahkan relay, sebagai kontaktor. Apabila terjadi kelebihan muatan arus. Maka alat akan mati secara otomatis

REFERENSI

- [1] Litos Strategis Community, The Smart Grid: An Introduction, USA : U.S. Department of Energy URL:
https://www.energy.gov/sites/prod/files/oepr od/DocumentsandMedia/DOE_SG_Book_Si ngle_Pages.pdf
- [2] Afandi A.N., 2011. Seminar on Electrical, Informatics and Its Education 2011. Evaluasi Rugi Daya Saluran Transmisi 150Kv pada Penyulang Kebonagung-Sengkaling.
- [3] Anonim. 2016. Diakses pada 28 Januari 2020. URL:
<https://bielisme.wordpress.com/2016/06/10/r ugisusut-teknis-pada-sistem-distribusi- tenaga-listrik/>
- [4] Anonim. 2016. Diakses pada 28 Januari 2020. URL:
<http://electricityofdream.blogspot.com/2016/ 09/apa-itu-smart-grid.html>
- [5] Caputo, Francesco. Januari 2017. Diakses 11 Februari 2020. URL:
https://www.researchgate.net/figure/US- NIST-Smart-Grid-Conceptual- Model_fig2_323640309
- [6] Anonim. 2016. Diakses pada 28 Januari 2020 URL: <https://idcloudhost.com/mari- mengenal-apa-itu-internet-thing-iot/>
- [7] Alghani, Jova. 2012. Diakses pada 28 Januari 2020 URL:
https://www.academia.edu/6049566/Susut_ Daya_Listrik
- [8] Anonim, 2015. Diakses pada 5 Juni 2020 URL: <https://idcloudhost.com/pengertian- server-dan-jenisnya/>
- [9] Anonim, Diakses pada 5 Juni 2020 URL:
<https://www.maxmanroe.com/vid/teknologi/ komputer/topologi-jaringan.html>
- [10] Admin, 2020. Diakses pada 5 Juni 2020 URL:
<http://www.webstudi.site/2019/09/KWH- Meter.html>
- [11] Anonim, 2017. Diakses pada 5 Juni 2020. URL:
<https://catatanshand.blogspot.com/2018/03/k elebihan-dan-kekurangan-client-server- pada-jaringan.html>
- [12] Statista, 2018. Penetration of leading social networks in Indonesia as of 3rd quarter 2017.
- [13] Sukaridhoto, Stritusta. 2014. "Buku Jaringan Komputer I". Politeknik Negri Elektronika Surabaya. Surabaya.
- [14] Admin, 2020. Diakses pada 5 Juni 2020. URL:
<http://www.cyberblogspot.com/nodemcu- v3-esp8266-pinout-and-configuration/>
- [15] Sudhara, Phium. 2020. Diakses pada 8 Agustus 2021 URL:
<https://piumsudhara.medium.com/firebase- %EF%B8%8F-48af78419510>
- [16] Habibi, Fatoni. 2017. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Elektro Terapan 2017 Vol.01 No. 01, ISSN: 2581-0049
- [17] Diakses pada 9 Agustus 2021 URL:
<https://www.educative.io/edpresso/what-is- firebase>
- [18] Diakses pada 9 Agustus 2021 URL:
<https://www.dicoding.com/blog/apa-itu- firebase-pengertian-jenis-jenis-dan-fungsi- kegunaannya/>
- [19] Diakses pada 9 Agustus 2021 URL:
<https://innovatorsguru.com/pzem-004t-v3/>
- [20] Diakses pada 26 Juli 2021. URL:
<https://www.usinainfo.com.br/voltimetro- digital-analogico/voltimetro-ac-wattimetro- amperimetro-pzem-004t-v30-100a-260v- com-saida-ttl-5737.html>
- [21] Admin, 2021. Diakses 2 Agustus 2021 URL:
<https://web.pln.co.id/pelanggan/tarif-tenaga- listrik>
- [22] Republik Indonesia. 2016. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomer 28 Tahun 2016 tentang Tarif Tenaga Listrik yang Disediakan oleh PT Perusahaan Listrik Negara (Persero). Jakarta: Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- [23] Jayyid, Unzhil. 2016. Analisis Penggunaan KWh Meter Pascabayar dan KWh Meter Prabayar 1 Fasa di PT. PLN (Persero). Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [24] Prasetyo, Elga. 2017. Diakses 10 Agustus 2021 URL:
<https://www.arduinoindonesia.id/2017/02/ca ra-interface-arduino-uno-dengan.html>