

Sistem Pemantauan Energi Listrik Rumah Pintar Berbiaya Rendah

R. Rohmiyati¹, Muhammad Syafei Gozali¹, dan Heru Wijanarko^{1*}

¹*Politeknik Negeri Batam, Jurusan Teknik Elektro, Batam*

**E-mail: wijanarko@polibatam.ac.id*

Received: 30-03-2020

Accepted: 24-04-2020

Published: 30-04-2020

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mendesain dan menerapkan pada purwarupa dari sebuah sistem yang dapat memantau penggunaan energi listrik. Sistem pemantauan energi listrik ini berbiaya rendah dengan memanfaatkan perangkat IoT seperti NodeMcu, Raspberry, Arduino, *Wireless Router*, dan sensor arus ACS712. *Microcontroller* Arduino menerima data dari sensor arus ACS712 dan oleh nodeMcu data tersebut dikirim ke server melalui internet. Hasil percobaan menunjukkan bahwa sistem pemantauan energi yang dikembangkan dapat berhasil merekam dan menampilkan pada laman *web* data tegangan, arus, faktor daya, daya aktif dan konsumsi daya akumulatif.

Kata kunci: *Perangkat IoT, Monitoring, Konsumsi daya, Berbiaya rendah*

Abstract

In this research we design and implement the prototype of a system that can monitor the use of electrical energy. This electrical energy monitoring system is low-cost by assembled the IoT devices such as NodeMcu, Raspberry, Arduino, Wireless Router, and ACS712 current sensor. The Arduino microcontroller receives data from the ACS712 current sensor and by nodeMcu the data is sent to the server via the internet. The experimental results show that the developed energy monitoring system can successfully record and display on the web page data of voltage, current, power factor, active power and accumulative power consumption.

Keywords: *IoT devices, Monitoring, Power consumption, Low-cost*

Pendahuluan

Kebutuhan energi listrik setiap tahunnya akan terus meningkat, sehingga ketersediaan akan energi listrik tentunya akan mengikuti tren kebutuhan tersebut. Penyediaan dan produksi energi listrik setiap tahunnya terus meningkat mulai dari kenaikan 0,67% sampai dengan kenaikan 7,89%. Penyediaan produksi energi listrik ini nantinya akan dipergunakan untuk sektor industri, sektor rumah tangga, sektor komersial atau usaha, dan sektor publik atau umum. Akan tetapi dari jumlah pelanggan keseluruhan yang telah disebutkan tadi, sektor rumah tangga merupakan pelanggan terbesar untuk pemakaian energi listrik yaitu sebesar 56.605.260 pelanggan atau 92,54% [1].

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat dan penggunaannya pada sektor rumah tangga yang sangat tinggi, akan menimbulkan penurunan performa pada energi serta penurunan kualitas energi listrik itu sendiri. Perlu dilakukan langkah untuk memonitor penggunaan energi listrik dan memunculkan kepedulian untuk hemat listrik [2]. Sering terjadi pemborosan dalam penggunaan energi listrik karena pengguna tidak dapat memonitor seberapa besar energi listrik yang digunakannya. Seperti studi [3] yang menyimpulkan, konsumen akan dapat melihat penggunaan energi listriknya secara *real-time*, sehingga mendorong mereka untuk menggunakan lebih sedikit energi listrik untuk mengurangi tagihan bulanan. Hampir sama dengan [4,5], dimana menyarankan bahwa lebih banyak energi dapat dihemat atau dikurangi di tingkat rumah tangga melalui *feedback* konsumsi energi listrik secara *real-time* dibandingkan dengan cara konvensional.

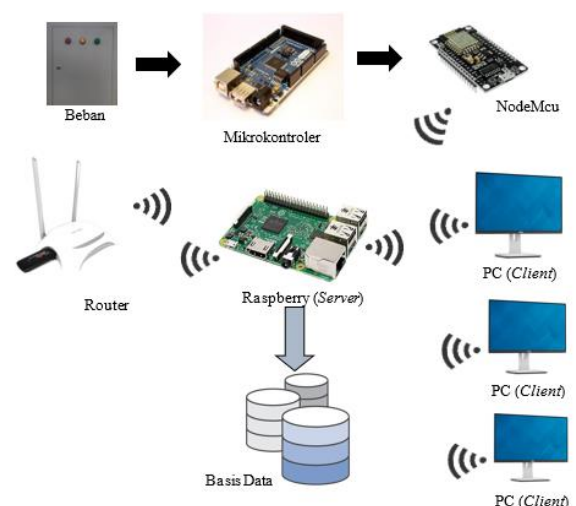
Saat ini, dengan bantuan teknologi, memonitoring penggunaan energi listrik dapat dengan mudah dilakukan. Sebagai contoh adalah produk yang ditawarkan oleh Schneider [6] dan Bosch [7], sistem untuk memonitoring penggunaan energi. Namun, produk yang ditawarkan tersebut membutuhkan biaya dan investasi yang cukup mahal bagi rumah tangga. Studi dan riset sebelumnya [3,5], belum membahas tentang seberapa besar investasi yang dibutuhkan untuk membuat sistem pemantauan energi listrik berskala rumah tangga. Maka dari itu, penulis membuat sebuah sistem monitoring dan manajemen penggunaan energi listrik berbiaya rendah atau berbiaya murah, memanfaatkan beberapa perangkat IoT seperti, NodeMcu, Raspberry, Arduino, sensor arus ACS712, dan Wireless Router. Penulis

mengembangkan sistem yang merupakan bagian dari *smart home system*, yang memiliki kemampuan untuk manajemen daya agar mengoptimalkan penggunaan listrik pada rumah tinggal. Sehingga dengan pemanfaatan sistem ini, masyarakat dapat lebih efektif dan efisien dalam *me-monitoring* pemakaian energi listrik dengan akses internet melalui PC (*Personal Computer*) atau *Smartphone* dimanapun.

Metode Penelitian

A. Deskripsi Sistem

Sistem yang dibangun adalah aplikasi *monitoring* untuk manajemen daya listrik pada sebuah gedung berbasis *web*. Bangunan yang digunakan sebagai objek penelitian merupakan *prototype* dari gedung MRW Polibatam. Sistem *monitoring* ini dilakukan pada panel hubung bagi instalasi listrik pada gedung. Penelitian ini dimulai dengan pembuatan maket dan instalasi listrik pada maket, selanjutnya dilakukan *wiring* sensor dan perangkat yang digunakan, hingga bagaimana sensor terhubung ke *microcontroller* dan dapat mengirim dan menerima data. Secara keseluruhan perangkat yang digunakan merupakan perangkat dengan harga yang terjangkau. Kemudian, untuk menampilkan seluruh parameter yang dihasilkan oleh sensor, maka diperlukanlah rancangan perangkat lunak yaitu membuat tampilan *web* serta basis data nya. Parameter yang ditampilkan pada sistem *monitoring* ini meliputi arus, faktor daya, tegangan, total daya, dan total biaya pemakaian beban listrik. Topologi dari keseluruhan sistem ditunjukkan pada gambar 1 berikut ini.



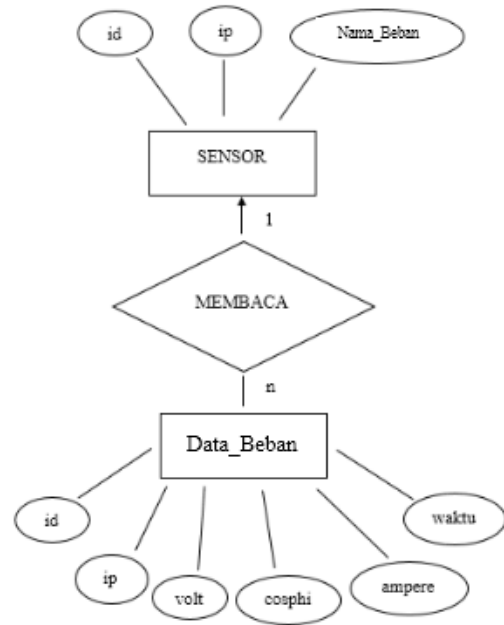
Gambar 1. Topologi Sistem Manajemen Daya

B. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada riset ini meliputi perancangan *interface website* dan basis data sistem *monitoring* manajemen daya listrik pada gedung. Perancangan perangkat lunak dari *web server* dengan sistem HTML, PHP, SQL. Semua sistem tersebut difungsikan untuk membangun *website*. Apabila sistem diminta untuk penggunaan *remote* atau *monitoring* jarak jauh, maka pemantauan peralatan rumah dari jarak jauh hanya dengan mengetik *link* yang ada ke *address bar*. Ketika akses *remote* digunakan untuk sistem rumah tinggal, maka parameter atau data-data informasi yang ada pun akan ditampilkan.

C. Perancangan Database

Perancangan *database* pada sistem ini digunakan sebagai tempat penyimpanan data sensor yang diterima dari beban maket. Rancangan *database*, seperti yang tunjukkan pada gambar 2, menggunakan diagram *Entity Relationship Diagram (ERD)*. *Entity Relationship Diagram (ERD)* digunakan untuk merancang basis data. Diagram ini dipergunakan untuk memperlihatkan hubungan atau relasi antar entitas atau objek yang terlihat beserta atributnya. Entitas sensor berhubungan dengan Entitas *Data_Beban*, pada saat data diterima oleh sensor maka data akan disimpan pada Entitas *Data_Beban* dengan atribut (id, ip, volt, cosphi, ampere, waktu) dan akan ditampilkan pada *website* dengan membaca nilai ip dari Entitas sensor dengan atribut (id, ip, dan Nama_Beban).



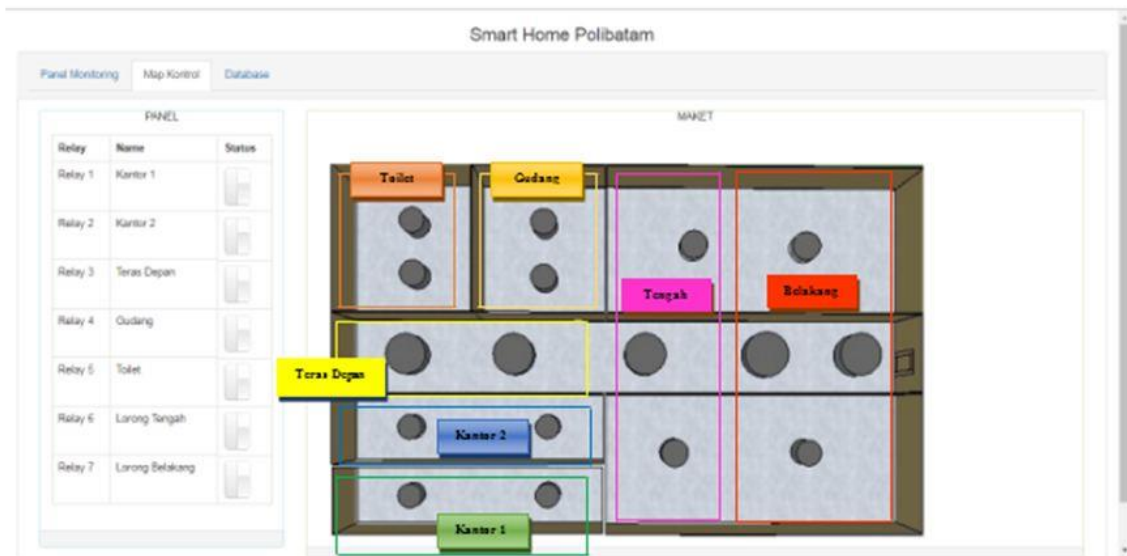
Gambar 2. Rancangan Database

D. Pembuatan Perangkat Lunak

Pembuatan perangkat lunak pada riset ini fokus pada tampilan seluruh parameter yang dihasilkan oleh sensor pada aplikasi *web* dan menyimpan seluruh data yang diterima pada *database*. Tampilan *web* untuk panel *monitoring* ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Tampilan Web untuk Panel Monitoring



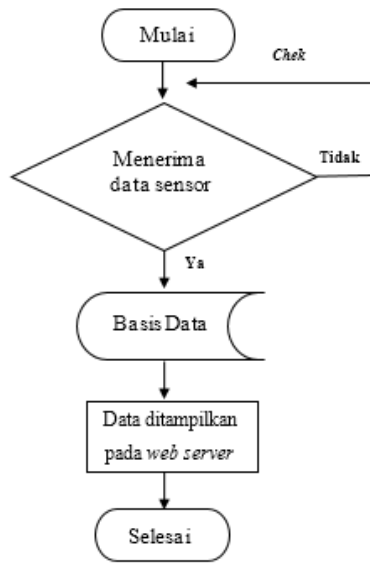
Gambar 4. Tampilan Web Monitoring Status Beban

Tanggal	Biaya	Daya	Arus	Tegangan	Cosphi
2018-06-29 16:02	1.3278784377	84.45	0.53	1124.03	5.40
2018-06-29 16:03	1.2810271576	81.47	0.53	1096.61	5.40
2018-06-29 16:04	1.2809493221	81.46	0.53	1096.76	5.40
2018-06-29 16:05	1.2508057751	79.55	0.52	1096.80	5.40
2018-06-29 16:06	1.7603958815	111.95	0.69	1100.78	5.40
2018-06-29 16:07	1.8162633371	115.51	0.71	1099.98	5.40
2018-06-29 16:08	1.7823596303	113.35	0.70	1098.35	5.40
2018-06-29 16:09	1.8163779675	115.51	0.71	1100.38	5.40
2018-06-29 16:10	1.7764356449	112.97	0.69	1096.09	5.40
TOTAL	14.09245931538	896.22 WATT			

Gambar 5. Tampilan Monitoring Database

Pada tampilan bagian panel *monitoring* terdapat kolom untuk melihat data sensor yang masuk ketika beban aktif, terdapat kolom total daya, terdapat kolom tarif biaya, dan terdapat grafik antara waktu dengan tarif biaya. Masing-masing ruangan juga di-*monitoring* status bebannya seperti yang ditampilkan pada gambar 4. Pada tampilan bagian *monitoring* status beban terdapat *button* sebagai sakelar dan terdapat gambar visual maket MRW sebagai indikator menyala atau padamnya lampu. Pada saat *button* sakelar aktif maka visual lampu akan berwarna kuning, dan pada saat *button* sakelar tidak aktif maka visual lampu akan berwarna hitam.

Sensor akan mengirimkan data ke sistem, saat data terbaca, maka akan dikirimkan ke *server* melalui komunikasi *wireless*. Data yang diterima akan disimpan dalam *database* dan akan ditampilkan pada *website* seperti yang ditunjukkan pada gambar 5. Pada tampilannya terdapat kolom pilihan tanggal, dan kolom untuk menampilkan arus, tegangan, $\cos \phi$, nilai daya dan biaya setiap tanggal yang dipilih. Apabila data tidak diterima maka data tidak akan ditampilkan pada *website* dan data tidak akan tersimpan dalam *database*. Diagram alir dari dari perangkat lunak sistem dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Flowchart Perangkat Lunak

Hasil dan Pembahasan

Sistem yang telah dibuat menggunakan beberapa perangkat IoT seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Total biaya yang dihabiskan untuk mikrokontroler (Arduino), NodeMcu, Raspberry, Wireless Router, dan sensor arus ACS712 adalah Rp 850.000 – 1.000.000. Biaya yang dikeluarkan lebih murah jika dibandingkan dengan [8], Clipsal Schneider Electric memasarkan produk serupa dengan harga Rp. 2.000.000 – 2.500.000. Perbandingan lainnya adalah dengan produk Bosch [9], untuk sebuah *smart plug* dibanderol dengan harga sekitar Rp 1.000.000 – 1.250.000. Sehingga, jika dibandingkan dengan produk serupa yang telah dipasarkan, sistem yang telah dibuat ini berbiaya rendah dan lebih terjangkau untuk skala rumah tangga.

A. Hasil Pengujian Monitoring Status Lampu

Pengujian dan pengukuran pada maket MRW dilakukan pada setiap ruangan, yaitu: lampu teras depan; toilet; gudang; kantor 1; kantor 2; lampu tengah; dan lampu belakang.

Pengujian awal yang dilakukan adalah melakukan percobaan apakah data sensor dapat diterima dan ditampilkan pada web. Sebagai contoh, dari tabel 1 untuk lampu teras depan, ditunjukkan bahwa percobaan *monitoring* status lampu berhasil dilakukan. Lampu dapat dikontrol

melalui sakelar maupun melalui *web*, dan *output* dari kondisi lampu dapat diketahui melalui *web*.

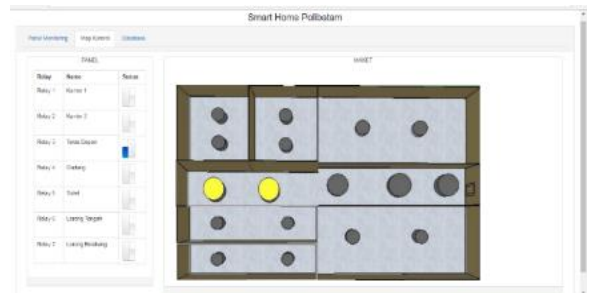
Tabel 1. Pengujian Monitoring Status Lampu Teras Depan

No.	Kontrol Sakelar Manual	Kontrol dari Web	Kondisi Lampu	Tampilan pada Web
1	OFF	OFF	Padam	Padam
2	OFF	ON	Menyala	Menyala
3	ON	OFF	Menyala	Menyala
4	ON	ON	Padam	Padam

Gambar 7 menunjukkan hasil pengujian pada maket saat lampu teras depan pada maket dinyalakan baik secara manual menggunakan sakelar atau secara *online*, seperti tampilan pada gambar 8, dengan menekan *button* pada laman *web*.



Gambar 7. Dokumentasi Hasil Pengujian pada Maket Lampu Teras Depan



Gambar 8. Tampilan Pengujian Lampu Teras Depan pada Web

Secara keseluruhan, untuk setiap ruangnya, hasil yang didapat dari pengujian yang dilakukan adalah untuk menyalakan lampu, dapat dilakukan dua cara yaitu manual dari sakelar dan secara *online* dari *button* pada *web*. Terlihat pada tabel 1 pengujian pada saat kontrol dari sakelar *on* dan kontrol dari *web* bernilai *off* maka *output* pada maket keadaan lampu hidup, lalu pengujian pada saat kontrol dari sakelar bernilai *off* dan kontrol dari *web* bernilai *on* maka *output* pada *visual web* keadaan lampu hidup.

Respon perintah untuk mengontrol lampu melalui *web* tergantung pada kecepatan jaringan internet yang digunakan.

B. Hasil Pengujian Monitoring Pemakaian Daya Listrik

Pengujian *monitoring* pemakaian daya listrik dilakukan dengan membagi beban dalam enam skenario beban yang ditunjukkan pada tabel 2. Durasi pengambilan data pada masing-masing skenario adalah 5 menit secara bergantian.

Tabel 2. Skenario *Monitoring* Pemakaian Daya Listrik

Skenario ke-	IP Address	Kondisi Beban
1	192.168.1.151	semua beban aktif (teras depan (15 Watt), kantor 1 (15 Watt), kantor 2 (15 Watt)) dalam waktu 5 menit pertama
2	192.168.1.153	semua beban aktif (toilet (5 Watt), gudang (5 Watt), tengah (3x5 Watt), dan belakang (3x5 Watt)) dalam waktu 5 menit kedua
3	192.168.1.158	1 beban solder 20Watt dan 1 beban <i>glue gun</i> 20Watt aktif dalam waktu 5 menit ketiga
4	192.168.1.155	1 beban solder 20Watt dan 1 beban <i>glue gun</i> 20Watt aktif dalam waktu 5 menit keempat
5	192.168.1.159	1 beban solder 20Watt dan 1 beban <i>glue gun</i> 20Watt aktif dalam waktu 5 menit kelima
6	192.168.1.154	1 beban solder 20Watt dan 1 beban <i>glue gun</i> 20Watt aktif dalam waktu 5 menit keenam

Tabel 3 merupakan pengujian terhadap skenario ke-1 dengan IP Address 192.168.1.151, pengujian ini dilakukan selama lebih kurang 5 menit. Hasil *monitoring* daya pada skenario 1, dapat dilihat bahwa tegangan terbaca berkisar antara 207.71 Volt hingga 210.36 Volt. Untuk nilai *cos phi* pada sistem ini ditetapkan sebesar 0,9. Nilai tersebut didapat dari rata-rata *cos phi* yang diukur pada dari gedung MRW Polibatam. Sedangkan arus terukur dari data *monitoring* adalah konstan dengan nilai 0,23 Ampere.

Nilai daya yang ditampilkan pada *monitoring* merupakan hasil perhitungan dari tegangan dan arus yang terukur, menggunakan persamaan berikut.

$$W = V \cdot I \cdot \text{Cos } \varphi \quad \dots(1)$$

Data yang ditampilkan dari *monitoring* untuk data berada pada rentang 43.00 Watt sampai dengan 43.54 Watt. Dimana daya total yang digunakan pada skenario 1 selama 5 menit adalah 0.0090 kWh.

Tabel 3. Pengujian *Monitoring* Pemakaian Daya Skenario 1

Tegangan (Volt)	Cos phi	Arus (Ampere)	Daya (Watt)	Waktu Pengambilan Data
210.19	0.90	0.23	43.51	2018-06-29 16:06:00
208.92	0.90	0.23	43.25	2018-06-29 16:06:10
208.42	0.90	0.23	43.14	2018-06-29 16:06:20
209.56	0.90	0.23	43.38	2018-06-29 16:06:31
210.36	0.90	0.23	43.54	2018-06-29 16:06:41
209.23	0.90	0.23	43.31	2018-06-29 16:06:51
210.06	0.90	0.23	43.48	2018-06-29 16:07:01
209.49	0.90	0.23	43.36	2018-06-29 16:07:11
209.46	0.90	0.23	43.36	2018-06-29 16:07:21
208.20	0.90	0.23	43.10	2018-06-29 16:07:31
209.78	0.90	0.23	43.42	2018-06-29 16:07:41
209.92	0.90	0.23	43.45	2018-06-29 16:07:51
208.43	0.90	0.23	43.15	2018-06-29 16:08:02
209.33	0.90	0.23	43.33	2018-06-29 16:08:12
208.52	0.90	0.23	43.16	2018-06-29 16:08:22
209.13	0.90	0.23	43.29	2018-06-29 16:08:32
208.84	0.90	0.23	43.23	2018-06-29 16:08:42
209.91	0.90	0.23	43.45	2018-06-29 16:08:52
209.44	0.90	0.23	43.35	2018-06-29 16:09:02
209.32	0.90	0.23	43.33	2018-06-29 16:09:12
209.46	0.90	0.23	43.36	2018-06-29 16:09:22
209.91	0.90	0.23	43.45	2018-06-29 16:09:32
208.64	0.90	0.23	43.19	2018-06-29 16:09:42
208.78	0.90	0.23	43.22	2018-06-29 16:09:53
207.71	0.90	0.23	43.00	2018-06-29 16:10:03
208.04	0.90	0.23	43.06	2018-06-29 16:10:13
208.65	0.90	0.23	43.19	2018-06-29 16:10:33
208.52	0.90	0.23	43.16	2018-06-29 16:10:43
209.20	0.90	0.23	43.30	2018-06-29 16:10:53
209.27	0.90	0.23	43.32	2018-06-29 16:11:03

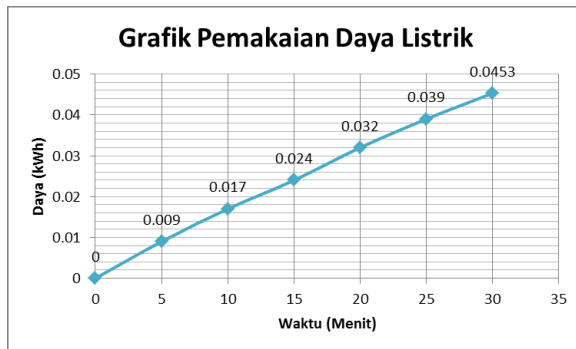
209.25	0.90	0.23	43.31	2018-06-29 16:11:13
--------	------	------	-------	------------------------

Monitoring pemakaian daya listrik yang didapat selama kurang lebih 30 menit jika dijumlahkan maka hasil pemakaian daya listriknya seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Skenario Monitoring Pemakaian Daya Listrik

Skenario ke-	Total Pemakaian Daya (kWh)	Total Pemakaian Daya Kumulatif (kWh)
1	0.0090	0.0090
2	0.0080	0.0170
3	0.0069	0.0240
4	0.0075	0.0320
5	0.0066	0.0390
6	0.0063	0.0453

Hasil dari *monitoring* pemakaian daya listrik pada tabel 4 ditampilkan pada panel *monitoring web* seperti yang ditunjukkan pada gambar 9 berikut ini.



Gambar 9. Grafik Pemakaian Daya Listrik pada Panel Monitoring Web

Dari pengujian yang sudah dilakukan, *monitoring* untuk pengontrolan lampu menggunakan *web* sudah dapat dilakukan, kondisi lampu dalam pengujian secara aktual baik dalam kondisi *on/off* sudah sesuai dengan kondisi *visual* yang ada pada tampilan *web*. Dimana respon dari sistem tergantung pada *provider* internet yang digunakan. *Web* dapat mengontrol lampu saat raspberry (*server*) sudah terhubung oleh *router* dan jaringan internet sehingga program dapat dijalankan.

Tingkat akurasi dari data yang ditampilkan oleh sensor tergantung dari jenis sensor yang digunakan. Seperti pada riset ini menggunakan sensor arus ACS712 yang memiliki tingkat error 1.5% pada suhu ruangan [10], dimana masih lebih baik jika dibandingkan dengan sensor arus SCT013 [11].

Simpulan

Berdasarkan hasil pembahasan maka dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

1. Dengan memanfaatkan perangkat IoT berbiaya murah seperti raspberry pi; arduino; NodeMcu; dan sensor arus ACS712, *monitoring* sistem manajemen daya yang berbasis *web* ini dapat diakses menggunakan jaringan internet.
2. Laman *web* yang dibuat dapat memantau parameter listrik AC seperti, arus (A) tegangan (V), faktor daya ($\cos \phi$), dan jumlah daya listrik (kWh).
3. Dengan menggunakan sensor arus ACS712, tingkat akurasi dari akuisisi data parameter yang ditampilkan pada sistem pemantauan energi listrik ini dapat mencapai 99,5%.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Program Studi D4 Teknik Mekatronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] "Statistik_Ketenagalistrikan_2015.pdf." Accessed: Mar. 28, 2020. [Online]. Available: https://www.esdm.go.id/assets/media/content/Statistik_Ketenagalistrikan_2015.pdf.
- [2] S. Madakam, R. Ramaswamy, and S. Tripathi, "Internet of Things (IoT): A Literature Review," *Journal of Computer and Communications*, vol. 3, pp. 164–173, Apr. 2015.
- [3] A. M. Vega, F. Santamaria, and E. Rivas, "Modeling for home electric energy management: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 52, pp. 948–959, Dec. 2015.
- [4] E. Taktak and I. B. Rodriguez, "Energy Consumption Adaptation Approach for Smart Buildings," in *2017 IEEE/ACS 14th International Conference on Computer Systems and Applications (AICCSA)*, Oct. 2017, pp. 1370–1377.

- [5] K. Athira, A. R. Devidas, M. V. Ramesh, and V. P. Rangan, "User centered energy management scheme for smart buildings," in *2017 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)*, Sep. 2017, pp. 1296–1302.
- [6] "Smart Home Energy Management & Monitoring." <https://www.se.com/ww/en/home/smart-home/wiser/energy-management/index> (accessed Mar. 28, 2020).
- [7] "Energy Manager," *Bosch Global*. <https://www.bosch.com/stories/smart-home-energy-management-system/> (accessed Mar. 28, 2020).
- [8] Clipsal, "4RCBEM2 Wiser Energy by Clipsal Wiser | Clipsal." <https://www.clipsal.com/products/detail?CatNo=4RCBEM2> (accessed Apr. 23, 2020).
- [9] "Clever electrical appliances: Wireless remote control outlet from Bosch Smart Home," *Bosch Smart Home*. <https://www.bosch-smarthome.com/en/web/uk/products/smart-system-solutions/smart-plug> (accessed Apr. 23, 2020).
- [10] "ACS712 Datasheet (PDF)-Allegro MicroSystems." <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/168326/ALLEGRO/ACS712.html> (accessed Mar. 30, 2020).
- [11] E. I. Muda, "Perbandingan Data Sensor Arus SCT 013 dan Sensor Arus ACS 712 Pada Pengukuran Arus Listrik AC," Sarjana, Universitas Brawijaya, 2017.