

Pengembangan Sistem Pemantauan Konsumsi Energi Rumah Tangga Berbasis *Internet of Things* (IoT)

HARTONO BUDI SANTOSO, SAPTO PRAJOGO, SRI PARYANTO MURSID

Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Bandung
Email: hartono@esi-labs.com

Received 26 Mei 2018 | *Revised* 19 Juli 2018 | *Accepted* 28 September 2018

ABSTRAK

Penghematan pada konsumsi listrik rumah tangga akan memberikan dampak pada konsumsi listrik nasional. Penelitian menunjukkan pemantauan terhadap konsumsi listrik rumah tangga akan memberikan dampak pada penghematan konsumsi listrik hingga 30%. Beberapa penelitian terkait pengembangan pemantauan terhadap konsumsi listrik rumah tangga masih menunjukkan hasil yang kurang memuaskan. Pada penelitian ini akan dikembangkan sistem pemantauan energi khususnya untuk beban rumah tangga berbasis teknologi IoT, sehingga dapat dilakukan pemantauan menggunakan energi listrik rumah tangga menggunakan aplikasi android di perangkat komunikasi telepon seluler (ponsel). Hasil pengujian akurasi pengukuran, dilakukan dengan membandingkan data pengukuran dengan alat ukur lain, menunjukkan pembacaan arus memiliki rata-rata error sebesar 0% sementara pembacaan tegangan memiliki rata-rata error sebesar 0,06%.

Kata kunci: *IoT, power meter, power monitor, konsumsi energi*

ABSTRACT

The savings on household electricity consumption will have an impact on national electricity consumption. Research shows that monitoring of household electricity consumption will have an impact on saving electricity consumption up to 30%. Direct monitoring starts from using cable to wireless technology. Some studies related to developments of energy consumption monitoring still show unsatisfactory results. In this research will be developed energy monitoring system especially for household load based on IoT technology, so that can be monitored the use of household electrical energy using android application in communication device, handphone. The result of measurement measurement accuracy is done by comparing measurement data with other measuring instrument, indicating current reading has an average error of 0% while the voltage reading has an average error of 0.06%.

Keywords: *IoT, power meter, power Monitor, energy consumption*

1. PENDAHULUAN

Data statistik listrik nasional menunjukkan 42,34% konsumsi listrik nasional atau sebesar 84,086 ribu GWh merupakan konsumsi listrik rumah tangga. Disusul konsumsi listrik industri 65,9 ribu GWh (33,19%), bisnis 36,28 ribu GWh (18,27%), dan lainnya 12,32 ribu GWh (6,21%) **(PT. PLN, 2015)**. Hal ini menunjukkan penghematan pada konsumsi listrik rumah tangga akan memberikan dampak pada konsumsi listrik nasional. Penelitian menunjukkan pemantauan terhadap konsumsi listrik rumah tangga akan memberikan dampak pada penghematan konsumsi listrik hingga 30% **(Darby S, 2006)**.

Kegiatan pemantauan terhadap konsumsi energi listrik telah dilakukan dalam berbagai metode. Sejalan dengan perkembangan teknologi, metode pemantauan konsumsi energi juga mengalami perkembangan mulai dari pemanfaatan teknologi pemantauan secara langsung maupun tidak langsung, menggunakan *data logger*. Pemantauan secara langsung dilakukan mulai dari menggunakan teknologi kabel sampai nirkabel. Temy Nusa dkk melakukan penelitian pengembangan pemantauan konsumsi energi listrik menggunakan mikrokontroler dengan memanfaatkan teknologi komunikasi *bluetooth*. Data konsumsi energi dikirimkan dari perangkat *bluetooth* ke perangkat komunikasi GSM. Hasil pengukuran konsumsi energi listrik menggunakan alat yang telah dirancang mampu mengukur arus listrik dengan cukup teliti pada beban resistif murni dengan *error* lebih kecil dari 1%, akan tetapi terjadi *error* pada beban lampu LED SiCermat sebesar 14,30%, juga pada beban Lampu Philips Softone sebesar 5,73% jika dibandingkan dengan pengukuran menggunakan Multimeter Krisbow KW06-276. Selanjutnya dengan menggunakan teknologi SMS konsumsi energi dikirimkan ke *user* **(Temy, dkk, 2015)**.

Penelitian pengembangan KWH meter dengan transmisi nirkabel menggunakan teknologi komunikasi radio dilakukan Jihad Fifadhilillah. Hasil pengujian menunjukan alat sudah dapat bekerja namun masih memiliki kekurangan yaitu belum dapat mengirim informasi melalui sms dan masih berada pada beban yang diatas 80 Watt **(Fifadhilillah, 2016)**. Perkembangan teknologi pemantauan saat ini mulai memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) yaitu memanfaatkan teknologi internet untuk pemantauan jarak jauh. Demikian hal dalam pengembangan aplikasi pemantauan konsumsi energi listrik juga telah memanfaatkan teknologi IoT. Sri Suryaningsih dkk mengembangkan perangkat pemantauan konsumsi energi menggunakan teknologi IoT. Hasil pengembangan menunjukkan sistem pemantauan telah bekerja dengan baik akan tetapi hasil pengukuran menunjukkan pengukuran arus dan tegangan masih kurang akurat **(Sri, dkk, 2016)**.

Berdasarkan kajian terhadap beberapa penelitian sebelumnya, terkait pengembangan sistem pemantauan terhadap konsumsi listrik rumah tangga masih menunjukkan hasil yang kurang memuaskan. Pada penelitian ini akan dikembangkan sistem pemantauan konsumsi energi, khususnya untuk beban rumah tangga, berbasis teknologi IoT. Sistem ini dapat melakukan pemantauan penggunaan energi listrik rumah tangga menggunakan aplikasi android di perangkat komunikasi telepon seluler (ponsel). Aplikasi akan memberikan perkiraan harga yang akan dikeluarkan berdasarkan konsumsi listrik sebelumnya.

2. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam pengembangan sistem pemantauan konsumsi energi ini adalah *prototyping*. Tahapan pelaksanaan penelitian dimulai dari beberapa studi literatur terkait penelitian sejenis dan teknologi yang akan digunakan dalam penelitian dan rancangan dari sistem yang akan dikembangkan. Pada setiap tahapan pengembangan akan dilakukan

pengujian untuk memastikan sistem yang dikembangkan telah berjalan dengan baik dan benar. Tahapan pengembangan terbagi menjadi :

1. Implementasi Rangkaian *Power Meter*, pada tahap ini dikembang fungsi dasar pengukuran besaran elektrik yaitu tegangan dan arus, yang selanjutnya digunakan untuk menghitung daya dan konsumsi energi. Pada tahap ini dilakukan mekanisme pengujian untuk mengukur akurasi pengukuran dengan melakukan komparasi hasil pengukuran dari alat ukur yang dikembangkan dengan alat ukur pabrikan.
2. Implementasi Sistem Pengukur Daya Berbasis IoT, pada tahap ini dilakukan pengembangan fitur pengiriman data melalui infrastruktur internet. Data hasil pembacaan modul *power meter* selanjutnya dikirimkan ke *cloud server*, yaitu media penyimpanan bersama dalam infrastruktur internet.
3. Implementasi Sistem Pemantauan Konsumsi Energi Dengan Kemampuan Perkiraan Daya/Biaya Harian, pada tahap ini dikembangkan aplikasi perangkat lunak yang dapat bekerja dalam infrastruktur internet dengan berbasis sistem operasi android sehingga dapat dijalankan dalam perangkat ponsel.

2.1. Teknologi *Internet Of Things* (IoT)

Perkembangan teknologi internet telah banyak membawa perubahan pada perkembangan teknologi yang lain, salah satunya teknologi data akuisisi. Penerapan teknologi internet pada sistem data akuisisi telah melahirkan teknologi IoT. Teknologi IoT adalah sistem fisik *cyber* atau jaringan dari jaringan yang terdiri dari banyak objek/*things* dan sensor/aktuator yang saling terhubung dalam jaringan internet yang sangat besar dan digunakan sebagai sarana untuk mengalirkan data yang dihasilkan oleh sensor/*things*. Melalui IoT data akan dikumpulkan, dipertukarkan dan dianalisis untuk mendapatkan informasi yang bernilai terkait hubungan antar *things* tersebut **(Wang, dkk, 2013)**.

Teknologi IoT memungkinkan pengendalian objek dari jarak jauh di seluruh infrastruktur jaringan yang ada dan mampu menciptakan peluang untuk integrasi antara dunia fisik dan sistem digital berbasis *cyber* sehingga dapat meningkatkan efisiensi, akurasi, dan manfaat ekonomi. Setiap objek/*things* mampu diidentifikasi melalui sistem komputasi yang tertanam dan mampu beroperasi dalam infrastruktur internet yang ada **(Winasis, dkk, 2016)**.

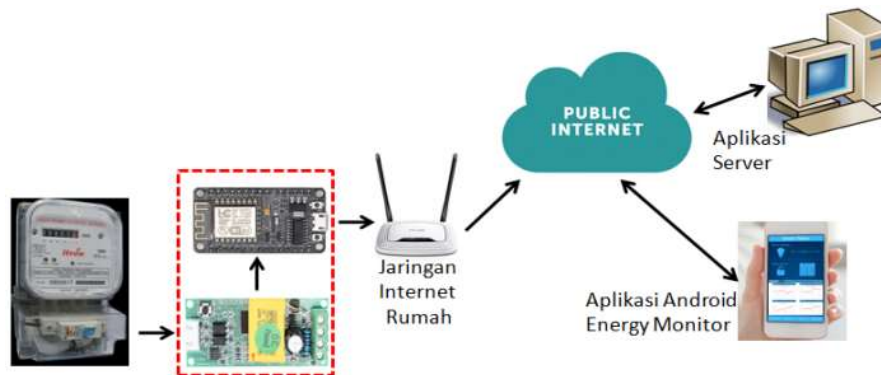
Selain digunakan untuk monitoring sistem energi, aplikasi teknologi IoT antara lain digunakan untuk memonitor suhu dengan menerapkan protokol MQTT yang digunakan untuk menghubungkan mesin ke mesin (M2M), dan merupakan aspek penting dari konsep IoT. Berdasarkan hasil pengujian, penelitian yang dilakukan oleh Totok Budioko menunjukkan sistem dapat melakukan koneksi ke *server* MQTT lokal maupun *server* MQTT global, mampu mengirim data (*publish*) dan menerima data (*subscribe*) hasil pembacaan suhu secara remote **(Totok B., 2016)**. Pemanfaatan teknologi IoT untuk sistem keamanan diteliti oleh Fredy Susanto dkk. yang mengembangkan sistem keamanan ruangan *server* berbasis IoT menggunakan Raspberry Pi. Sistem keamanan yang dilengkapi dengan sensor PIR untuk mendeteksi gerakan **(Susanto, dkk, 2017) (Kurniawan, dkk, 2018)**.

2.2. Rancangan Sistem Pemantauan Konsumsi Energi

Rancangan sistem pemantauan konsumsi energi menggunakan modul *power meter* PZEM-004T sebagai perangkat pengukuran besar energi yang akan mengukur parameter, tegangan, arus selanjutnya digunakan untuk menghitung besaran daya listrik dan konsumsi energi. Sementara perangkat kontroler menggunakan NodeMCU ESP8266-E12 yang memiliki fitur komunikasi selain komunikasi data serial juga memiliki fitur komunikasi menggunakan

sarana komunikasi wifi, sehingga perangkat yang dikembangkan dapat terhubung dengan jaringan internet.

Diagram rancangan sistem seperti tampak pada Gambar 1. Seperti tampak pada rancangan sistem, modul PZEM-004T menggunakan sensor arus dan tegangan, akan mengukur besaran listrik sesuai dengan program yang diisikan pada perangkat kontroler NodeMCU ESP8266-E12. Selanjutnya data hasil pembacaan dikirimkan ke *server* melalui jaringan internet wifi. Pada aplikasi sistem pemantauan konsumsi energi rumah tangga maka jaringan internet menggunakan fasilitas internet yang ada di rumah tersebut. Dengan menggunakan aplikasi sistem pemantauan konsumsi energi yang dikembangkan berbasis sistem operasi android, maka data konsumsi energi dapat dipantau melalui perangkat ponsel.



Gambar 1. Rancangan Sistem

Data arus dan tegangan yang terbaca pada modul PZEM-004T dibaca NodeMCU melalui port komunikasi yang ada pada modul *power meter* tersebut. Antar muka komunikasi antara modul PZEM dan NodeMCU menggunakan standar komunikasi serial RS-232 dengan *baudrate* 9600bps. Protokol komunikasi yang digunakan mengikuti format protokol yang dimiliki oleh PZEM sehingga diperlukan pustaka pemrograman yang diperlukan untuk berkomunikasi dengan modul PZEM.

Aplikasi sistem monitor energi memerlukan aplikasi *server* untuk menampung data hasil pembacaan. Pada tahap awal pengembangan data hasil pembacaan disimpan ke aplikasi *cloud ThingSpeak* yang merupakan *open IoT platform*. Dengan aplikasi ini maka dapat dipastikan aplikasi *firmware* pada NodeMCU sudah bekerja dengan benar.

Aplikasi lain yang dikembangkan selanjutnya adalah aplikasi *server* dan aplikasi android yang akan menampilkan data konsumsi energi. Untuk memberikan efek psikologis pada pengguna maka pada aplikasi android ditampilkan data besarnya biaya yang harus dikeluarkan berdasarkan konsumsi energi yang telah digunakan dan prediksi besarnya biaya yang akan dikeluarkan dalam sehari jika berdasarkan besarnya konsumsi energi hingga saat itu. Jika total konsumsi energi hingga waktu $t(\text{jam})$ dinyatakan sebagai $E_{total}(t)$ dan biaya per kWh sebagai $B(Rp)$ maka biaya hingga waktu t adalah :

$$H_{saat}(t) = E_{total}(t) * B(Rp) \quad (1)$$

$$E_{rata-rata} = \frac{E_{total}(t)}{t} \quad (2)$$

$$H_{perkiraan} = E_{rata-rata} * (24 - t) * B(Rp) \quad (3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Implementasi Rangkaian *Power Meter* dan Pengujian Akurasi Pengukuran

Implementasi rangkaian pemantauan konsumsi energi yang dikembangkan seperti tampak pada Gambar 2. Sebelum dilakukan pemasangan pada tempat pengukuran beban rumah tangga, maka dilakukan pengujian untuk melihat akurasi pengukuran dari modul *power meter* PZEM-004T yang digunakan dalam penelitian ini. Pengujian dilakukan dengan mengukur beberapa jenis beban, seperti lampu, dispenser dan penanak nasi. Selanjutnya data hasil pengukuran dibandingkan dengan pengukuran menggunakan alat ukur clamp *power meter* tipe *Hioki 3286-20 Clamp On Power HiTester Meter Tang Ampere*, seperti tampak pada Gambar 2.



Gambar 2. Implementasi Rangkaian Pemantau Daya dan *Power Meter* sebagai Pembanding Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran untuk beban lampu seperti tampak pada Tabel 1. menunjukkan hasil pengukuran menggunakan modul PZEM-004T memiliki akurasi yang tinggi, khususnya untuk pengukuran arus dan daya. Sementara untuk pengukuran tegangan memiliki rata-rata kesalahan sekitar 0,04%.

Tabel 1. Pengukuran Beban lampu

No	Beban	Tegangan (V)			Arus (A)			Daya (Watt)		
		clamp meter	PZEM-004T	% Error	Clamp meter	PZEM-004T	% Error	Clamp meter	PZEM-004T	% Error
1	Lampu	223,4	223,3	0,1	0,13	0,13	0	22	22	0
2		224	224	0	0,13	0,13	0	21	21	0
3		224	224	0	0,12	0,12	0	22	22	0
4		224,2	224	0,2	0,12	0,12	0	22	22	0
5		224,6	224,4	0,2	0,12	0,12	0	21	21	0

Tabel 2. Pengukuran Beban Dispenser

No	Beban	Tegangan (V)			Arus (A)			Daya (Watt)		
		clamp meter	PZEM-004T	% Error	Clamp meter	PZEM-004T	% Error	Clamp meter	PZEM-004T	% Error
1	Dispenser	223,7	223,6	0,1	1,58	1,58	0	352	351	1
2		225,5	225,4	0,1	1,57	1,57	0	357	357	0
3		224,7	224,6	0,1	1,56	1,56	0	348,5	348	0,5
4		226,1	225,9	0,2	1,57	1,57	0	353	353	0
5		224,6	224,6	0	1,57	1,57	0	359,3	359	0,3

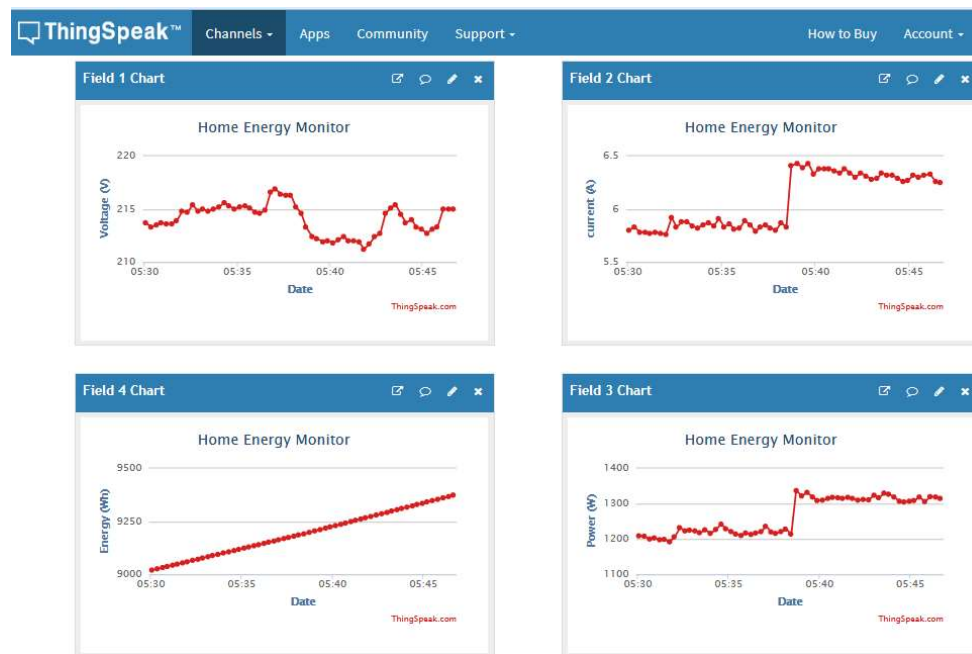
Tabel 3. Pengukuran Beban Penanak Nasi

No	Beban	Tegangan (V)			Arus (A)			Daya (Watt)		
		clamp meter	PZEM-004T	% Error	Clamp meter	PZEM-004T	% Error	Clamp meter	PZEM-004T	% Error
1	Pemanak Nasi	223,5	223,3	0,2	1,55	1,55	0	344	344	0
2		222,8	222,6	0,2	1,56	1,56	0	350	350	0
3		224,7	224,6	0,1	1,54	1,54	0	349	349	0
4		223,7	223,2	0,5	1,53	1,53	0	351	351	0
5		223,1	223	0,1	1,55	1,55	0	345	344	1

Hasil pengukuran untuk beban dispenser dan pemanak nasi terlihat memberikan hasil rata-rata *error* pengukuran yang kurang lebih sama dengan beban lampu, khususnya untuk pengukuran arus, ketiga metode pengukuran memberikan hasil yang sama, rata-rata *error* 0%, antara pengukuran menggunakan *clamp meter* dengan modul *power meter* PZEM-004T, Tabel 2 dan Tabel 3. Pengukuran pada tegangan masih memberikan perbedaan antara pengukuran menggunakan clamp meter dengan modul *power meter* PZEM-004T dengan rata-rata *error* sekitar 0,06% hal ini yang mengakibatkan pengukuran pada daya juga menghasilkan perbedaan pengukuran antara menggunakan clamp meter dengan modul *power meter* PZEM-004T, meskipun tidak terlalu signifikan. Perbedaan pengukuran kemungkinan disebabkan adanya *drift* tegangan pada catu daya.

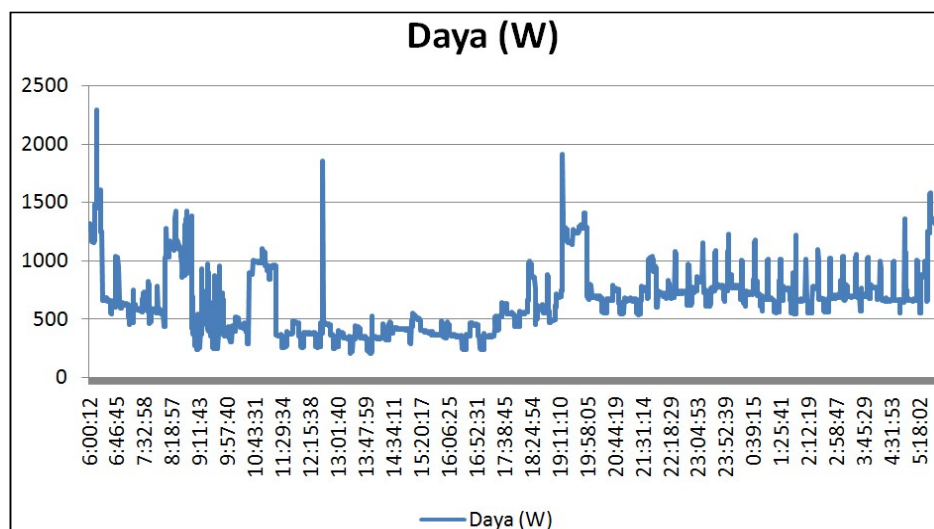
3.2. Implementasi Sistem Pengukur Daya Berbasis IoT menggunakan Aplikasi *Cloud Thingspeak*

Implementasi sistem pengukuran daya listrik berbasis IoT dengan menggunakan aplikasi *cloud ThingSpeak* untuk menyimpan data hasil pengukuran dan menampilkannya dalam tampilan grafik *chart*. Untuk dapat melakukan hal ini maka pada NodeMCU dilakukan pemrograman dengan menggunakan aplikasi API *ThingSpeak* yang diperoleh pada saat melakukan *setup channel* pada *ThingSpeak*. Impelentasi sistem ini memerlukan jaringan wifi internet dan perlu mengetahui SSID dan *password* dari jaringan wifi internet yang ada.

**Gambar 3. Tampilan Hasil Pengukuran pada Aplikasi *ThingSpeak***

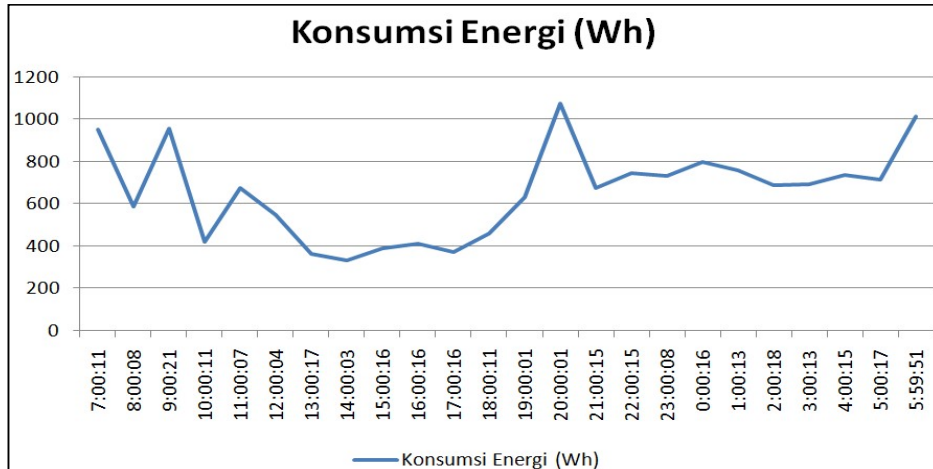
Implementasi sistem monitoring menggunakan aplikasi *ThingSpeak* menunjukkan sistem dapat bekerja dengan baik dengan tampilnya data hasil pengukuran yang terbaca dari modul *power meter* PZEM-004T dan dikirimkan ke *server ThingSpeak*. Data pengukuran yang dikirimkan ke *server ThingSpeak* meliputi data pengukuran tegangan dan arus. Hasil implementasi sistem seperti tampak pada Gambar 3. Pengukuran daya dilakukan pada panel utama rumah sehingga daya yang terbaca adalah daya total yang dikonsumsi beban yang ada pada rumah tangga. Pengujian dilakukan sekaligus untuk melihat kemampuan alat yang dikembangkan jika digunakan untuk mengukur total beban rumah tangga melalui rangkaian panel utama dengan mengukur arus dan tegangannya. Hasil pengukuran secara visual antara pengukuran melalui PZEM-004T dengan panel meter yang ada di luar menunjukkan adanya kesesuaian, pengukuran tidak dapat dilakukan secara pasti karena keterbatasan alat pengukuran.

Hasil pengukuran menggunakan aplikasi *ThingSpeak* juga menunjukkan, dengan adanya mekanisme *download* data yang tersimpan dalam *server ThingSpeak* maka dapat dilakukan analisis terhadap daya hasil pengukuran secara *off-line*. Data hasil pembacaan dari aplikasi *ThingSpeak* berupa file *.csv* yang dapat dikonversi kedalam aplikasi excel sehingga dapat dilakukan analisis lebih lanjut dalam aplikasi excel. Profil rata-rata beban rumah tangga harian berdasarkan data hasil pengolahan menggunakan aplikasi excel seperti tampak pada Gambar 4. Data ini tidak dapat diperoleh dari aplikasi *ThingSpeak* karena hanya dapat menyimpan dan menampilkan saja data hasil pengukuran. Jika diperlukan pengolahan lebih lanjut maka diperlukan aplikasi tambahan yang akan membaca data dari *ThingSpeak* dan mengolahnya, salah satunya menggunakan aplikasi Matlab.



Gambar 4. Profil Rata-rata Beban Rumah Tangga Harian

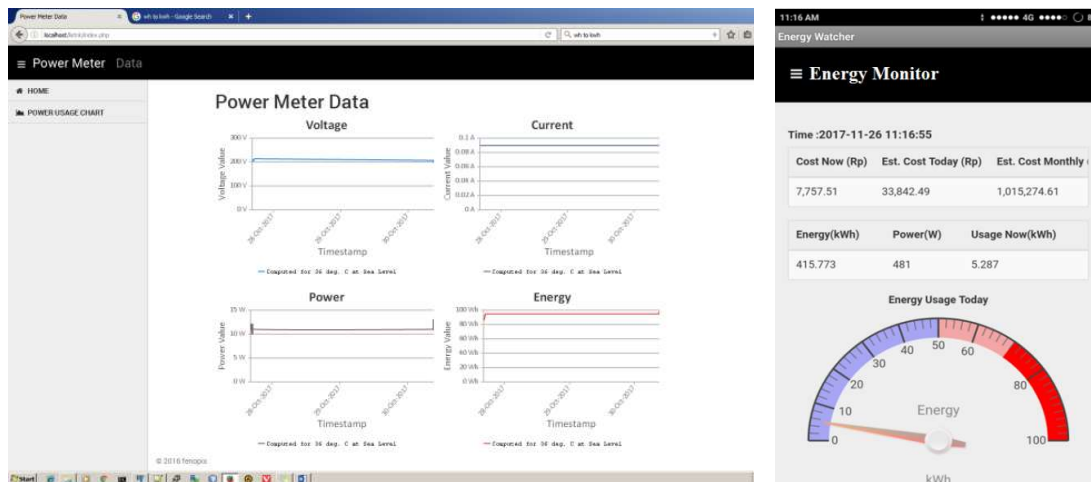
Berdasarkan pengolahan data yang diperoleh dari aplikasi *ThingSpeak*, profil konsumsi energi beban rumah tangga harian seperti tampak pada Gambar 5. Berdasarkan pengolahan data konsumsi energi diperoleh total konsumsi energi dalam satu hari sebesar 15,743 kWh dengan rata-rata konsumsi energi setiap jamnya sekitar 655,96 Wh, dimana konsumsi energi tertinggi terjadi sekitar pukul 7.00 – 8.00 malam. Hal ini terjadi karena pada waktu tersebut aktifitas rumah tangga sedang menyiapkan makan malam sehingga penanak nasi, pemanas air dll, dinyalakan. Pada pagi hari, konsumsi energi tinggi pada pukul 5.00 - 6.00 dan 8.00 - 9.00, dimana penghuni mulai melakukan aktifitas mandi dan mencuci, sehingga pompa air nyala untuk memenuhi kebutuhan air bersih.



Gambar 5. Profil Konsumsi Energi Beban Rumah Tangga Harian

3.3. Implementasi Sistem Pemantauan Konsumsi Energi dengan Kemampuan Perkiraan Daya/Biaya Harian

Sistem pemantauan konsumsi energi listrik dibangun dengan membuat aplikasi *server* yang akan menampung data hasil pembacaan dan mengolahnya untuk mendapatkan data konsumsi energi listrik per jam, harian dan perhitungan biaya konsumsi energi listrik yang telah digunakan pada saat itu dan perkiraan biaya yang akan dikeluarkan pada hari itu dan biaya dalam sebulan.



Gambar 6. Tampilan Aplikasi *Server* dan Android

Implementasi aplikasi *server* menggunakan *software PHP*. Tampilan aplikasi *server* dan aplikasi android pada perangkat ponsel, yang dikembangkan tampak pada Gambar 6. Tampilan aplikasi *energy monitor* menampilkan besarnya biaya yang sudah harus dikeluarkan terkait dengan konsumsi energi yang sudah digunakan dan menampilkan perkiraan besaran biaya yang akan dikeluarkan pada hari itu (*Est. Cost Today (Rp)*) dan perkiraan besaran biaya yang akan dikeluarkan pada bulan tersebut (*Est. Cost Today (Rp)*).

Dengan menampilkan besaran perkiraan biaya diharapkan konsumen dapat melihat apakah konsumsi energi listrik yang digunakan masih dalam ambang normal atau sudah melewati

target konsumsi harian ataupun bulanan. Ketika konsumen mengetahui konsumsi energinya telah melewati target konsumsi listrik yang telah ditetapkan, maka konsumen akan merubah pola penggunaan peralatan listriknya, sehingga kelebihan konsumsi energi listriknya dapat ditekan. Berdasarkan hasil pengujian tampak aplikasi yang dikembangkan telah dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan dengan menampilkan informasi yang diperlukan dalam pengelolaan konsumsi energi listrik beban rumah tangga.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian sesuai dengan tahapan kegiatan pengembangan sistem pemantauan konsumsi energi beban rumah tangga menunjukkan :

1. Pengembangan *firmware* perangkat ukur daya listrik menunjukkan alat hasil pengembangan bekerja sesuai dengan rancangan membaca data dari modul *power meter* PZEM-004T. Hasil pengujian akurasi pengukuran dengan membandingkan menggunakan alat ukur lain menunjukkan pembacaan arus untuk ketiga jenis beban tidak menunjukkan adanya perbedaan, rata-rata *error* 0%, sementara pengukuran tegangan memberikan perbedaan dengan rata-rata *error* mencapai 0,06%. Hal ini menunjukkan adanya perbaikan hasil pengukuran dibandingkan dengan hasil yang diperoleh penelitian-penelitian sebelumnya, dimana *error* pengukurannya dapat mencapai 14,30%.
2. Pengembangan perangkat data akuisisi berbasis teknologi IoT menggunakan *ThingSpeak* sebagai lokasi penyimpanan dan visualisasi data pengukuran menunjukkan sistem telah bekerja dengan tampilnya data hasil pengukuran pada aplikasi *ThingSpeak*. Data yang ditampilkan sesuai dengan data hasil pengukuran menggunakan perangkat ukur power meter.
3. Pengembangan sistem pemantauan konsumsi energi menunjukkan sistem telah bekerja sesuai dengan rancangan dengan menampilkan informasi konsumsi energi pada aplikasi android serta menampilkan besaran biaya yang harus dibayarkan sesuai konsumsi energi listrik yang digunakan dan menampilkan perkiraan biaya yang harus dibayarkan pada hari itu dan diakhir bulan nanti.

DAFTAR RUJUKAN

- Sekretariat PT. PLN, (2015). *Statistik PLN 2014*. PT PLN.
- Darby, S., (2006). *The effectiveness of feedback on energy consumption: a review for DEFRA of the literature on metering billing and direct displays* Environmental Change Institute. University of Oxford.
- Temy Nusa, Sherwin R.U.A. Sompie, &Meita Rumbayan, (2015). Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Secara Real Time Berbasis Mikrokontroler. *E-journal Teknik Elektro dan Komputer*, 4(5), 19 – 26.
- Fifadhilillah, J. (2016). *Prototype Kwh Meter Dengan Transmisi Nirkabel Berbasis Arduino Uno*. Universitas Negeri Yogyakarta.

- Sri Suryaningsih, Sahrul Hidayat, &Faisal Abid, (2016). Rancang Bangun Alat Pemantau Penggunaan Energi Listrik Rumah Tangga Berbasis Internet. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016*. Volume V Oktober.
- Wang, C., Daneshmand, M., Dohler, M., Mao, X., Hu, R. Q., & Wang, H., (2013).Guest Editorial - Special issue on internet of things (IoT): Architecture, protocols and services. *IEEE Sensors Journal*, 13(10), 3505 – 3508.
- Winasis, Azis Wisnu Widhi Nugraha, Imron Rosyadi, &Fajar Surya Tri Nugroho, (2016).Desain Sistem Monitoring Sistem Photovoltaic Berbasis Internet of Things (IoT). *JNTETI*. 5(4) Nov, 328 - 333.
- Totok Budioko, (2016). Sistem Monitoring Suhu Jarak Jauh Berbasis Internet Of Things Menggunakan Protokol MQTT. *Seminar Riset Teknologi Informasi (SRITI)*, (pp. 353 - 358).
- Susanto, F., Rifai, M. N., & Fanisa, A. (2017). Internet Of Things Pada Sistem Keamanan Ruang, Studi Kasus Ruang Server Perguruan Tinggi Raharja. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia*, 5(1) : 1 - 6.
- Kurniawan, M. I., Unang Sunarya, & Rohmat Tulloh, (2018). Internet of Things : Sistem Keamanan Rumah berbasis Raspberry Pi dan Telegram Messenger. *ELKOMIKA*. 6(1), 1 - 15.