

RANCANG BANGUN KWH METER DIGITAL BERBASIS IOT

Kurniawan Aji Santoso¹, Dedi Ary Prasetya²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417
Email: adawan97@gmail.com

Abstrak

Kemajuan teknologi saat ini untuk instrumentasi pengukur daya listrik pada rumah tangga yang sebelumnya masih memakai meteran listrik analog dan berubah ke digital. Namun kedua alat tersebut masih dirasa sulit untuk dipantau dengan mudah dalam pengukuran. Untuk itu perlu adanya sebuah sistem sub-metering daya listrik agar pemakaian daya listrik bisa terpantau dengan mudah melalui internet. Sistem kontrol otomatis yang diterapkan untuk mengetahui pemakaian daya listrik telah dirancang dan dikembangkan berbasis mikrokontroler Arduino Uno. Dengan melakukan pengontrolan menggunakan modul Ethernet Shield W5100 sebagai akses internet terhadap Arduino maka hasil atau data dapat dilihat pada internet. Sistem tersebut akan mengirimkan data dari perangkat secara real time yang akan disimpan dalam database cloud Ubidots. Untuk mengetahui nilai arus dan tegangan listrik menggunakan sensor arus ACS712 dan sensor tegangan ZMPT101B. dengan menentukan besaran arus, tegangan serta $\cos \phi$ yang terbaca oleh sensor maka perangkat dapat menentukan nilai kWh. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini penulis mengusulkan perancangan dan pembuatan rancang bangun kWh Meter Digital Berbasis IOT dengan menggunakan sensor arus ACS712, sensor tegangan ZMPT101B dan Ethernet Shield W5100 sebagai akses internet. Diharapkan sistem ini dapat menjadi alternatif pengguna dalam melakukan penghematan konsumsi energi listrik dan memonitor penggunaan energi listrik pada rumah tangga dengan tingkat error pengukuran sebesar $<10\%$.

Kata Kunci: arduino uno; ethernet shield; ACS712; ZMPT101B; database ubidots; IOT

Pendahuluan

Pada saat ini kebutuhan listrik merupakan hal yang mutlak, untuk itu perlu adanya monitoring daya listrik agar pemakaian listrik bisa terpantau dengan mudah. (Tanjung, 2017). Pada penelitian ini cabang pemantauan akan lebih dipersempit pada *sub-metering*. Teknologi yang terintegrasi merupakan salah satu cara efektif untuk pengguna melakukan penghematan energi maupun biaya. Selama ini konsumsi daya listrik dapat diperoleh informasi perbulan lewat tagihan listrik dan belum dapat diketahui secara *real-time*.

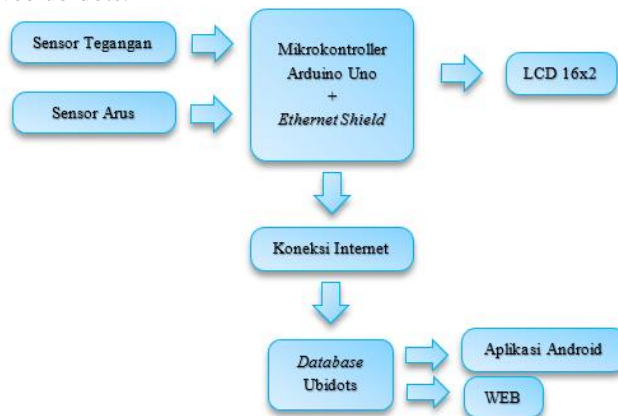
Penelitian ini merumuskan bahwa perlu untuk membuat suatu sistem pemantauan konsumsi energi yang lebih spesifik (*sub-metering*) terhadap jenis beban listrik yang lebih spesifik dan dapat dipantau melalui internet. Sebuah mikrokontroler serta sensor pendukung diperlukan dalam akuisisi data. Penelitian ini mengakuisisi dan mengolah data dari beberapa beban yang digunakan dalam listrik 1 fasa yang ada di rumah tangga. Sensor arus ACS712 merupakan modul sensor untuk mengukur arus, baik arus AC maupun DC dengan *range* ukur sampai 0-30 *ampere*. Sensor tegangan ZMPT101B merupakan modul sensor untuk mengukur tegangan AC dengan *range* ukur 0-240 *volt*. Perangkat untuk mengakuisisi data dari sensor adalah Arduino UNO dengan mikrokontroler ATmega-328.

Data hasil olah oleh mikrokontroller akan disimpan pada *database cloud*. *Cloud* merupakan sebuah media penyimpanan online yang dapat diakses kapan saja. *Cloud* yang digunakan merupakan salah satu dari berbagai penyedia media penyimpanan *online* yaitu Ubidots. Pemilihan ubidots dikarenakan dalam penggunaan yang lebih mudah, fitur yang beragam berdasarkan perbandingan dari beberapa *platform* yang lain seperti *thinkspeak*, *thinger*, *firebase*, *thingsboard*. Perangkat tambahan untuk menghubungkan sistem penyimpanan ke jaringan *Ethernet* dan menyimpan data dalam *database cloud* ubidots adalah *Ethernet Shield*. *Ethernet shield* merupakan perangkat tambahan untuk arduino sehingga perangkat dapat berkomunikasi dengan internet melalui media perantara kabel yang tersambung pada sumber internet. Objek utama dari penelitian ini adalah membuat alat pemantau untuk *sub-metering* pemakaian daya listrik pada rumah tangga khususnya dengan daya 900 VA dan dapat ditampilkan secara *real-time* pada web maupun *smartphone* melalui internet.

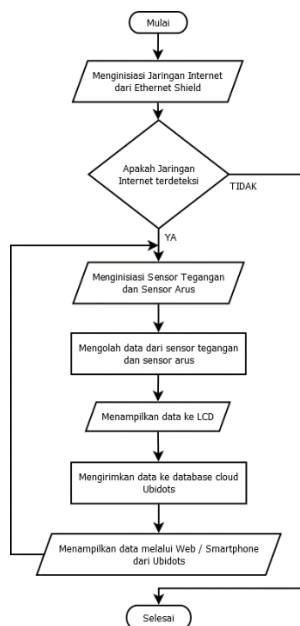
Untuk mendapatkan hasil yang sempurna maka digunakan multimeter HIOKI 3286-20 sebagai pembanding dalam perhitungan energi listrik. Hasil yang diharapkan pada penelitian ini adalah pengguna dapat mengidentifikasi konsumsi energi listrik dan segera mendapatkan informasi yang ditampilkan secara *real-time* dengan tingkat error alat ukur $<10\%$.

Metode Perancangan Sistem

Prinsip kerja dalam sistem monitoring besaran listrik KWH yang dijelaskan pada gambar 1 menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno, *Ethernet Shield*, Sensor Tegangan, Sensor Arus, LCD 16x2. Sensor tegangan dan sensor arus menghasilkan sinyal analog yang akan diproses oleh arduino menjadi data digital. Arduino Uno berfungsi sebagai media olah data dari data masukan sensor, kemudian *Ethernet Shield* ini berfungsi sebagai media perantara pengiriman data ke *database cloud* melalui jaringan internet. LCD akan menampilkan hasil data *real-time* pada perangkat kemudian pada saat tertentu data akan dikirim dan disimpan pada *database* sehingga data dapat diakses melalui aplikasi android dan web ubidots.



Gambar 1. Blok Diagram KWH Meter Digital IOT



Gambar 2. Flowchart Sistem KWH Meter Digital IOT

Flowchart pada gambar 2 diatas menunjukkan proses oleh sistem dari perangkat untuk untuk mengolah data masukan dari perangkat kemudian menampilkan hasil ke LCD, *smartphone* dan web. Setelah perangkat dijalankan dimulai dari pengecekan jaringan internet sudah terkoneksi atau belum, pada tahap ini jika perangkat tidak dapat mendeteksi jaringan internet maka perangkat akan langsung mengakhiri proses atau terhenti dan harus mereset perangkat untuk memulai kembali sistemnya. Setelah perangkat terkoneksi sinyal keluaran dari sensor akan diolah menjadi data yang kemudian data tersebut ditampilkan pada layar lcd dan pada periode tertentu data tersebut akan dikirim dan disimpan ke *database cloud* ubidots. Setelah data tersimpan maka web dan perangkat dari *smartphone* dapat mengakses data tersebut melalui akses dari ubidots

Metode Pengukuran Energi Listrik

Daya listrik merupakan jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dari dalam sebuah rangkaian. Daya listrik yang diukur dalam penelitian ini berupa daya semu dan daya aktif guna menentukan besaran energi listrik yang terpakai dan untuk menentukan tarif pemakaian. Daya semu (S) dengan satuan *Volt Ampere* merupakan hasil perkalian antara arus dan tegangan yang terukur. Besaran daya semu dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$S = V \times I \tag{1}$$

Daya aktif (P) atau daya nyata dengan satuan *watt* merupakan daya yang sebenarnya terpakai untuk menentukan energi yang sebenarnya. Untuk menghitung daya aktif digunakan persamaan :

$$P = V \times I \times \cos \varphi \tag{2}$$

Energi listrik merupakan daya listrik yang terpakai dalam satuan waktu sehingga dapat ditentukan berapa energi listrik yang terpakai dalam satuan *watt* dan waktu berupa jam(Wh) dengan menggunakan persamaan :

$$Wh = V \times I \times \cos \varphi \times t \tag{3}$$

Pengukuran energi listrik dengan satuan *volt ampere hour* juga dilakukan guna mengetahui perbedaan antara besaran daya listrik semu dan nyata. Besaran energi ini dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$VAh = V \times I \times t \tag{4}$$

Pengukuran dari kedua besaran tersebut tidak dalam satuan kilo dikarenakan nilai pada sistem arduino akan tampak sangat kecil sehingga menyulitkan dalam segi visualisasi data. Dalam metode pengukuran ini nilai *cos phi* yang terukur sesuai dengan beban yang digunakan. Pengukuran dilakukan menggunakan rumus dan perbandingan dari daya aktif(P) dan daya semu(S).

$$\cos \varphi = P/S \tag{5}$$

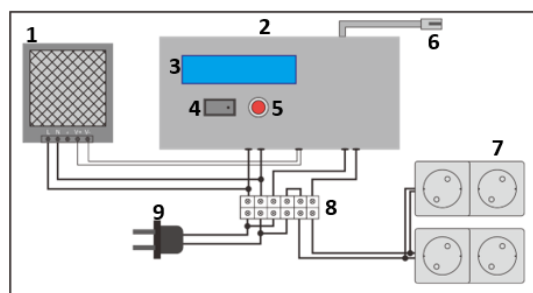
Pengukuran secara manual menggunakan perangkat multimeter digital HIOKI 3286 yang merupakan sebuah multimeter yang dapat mengukur nilai *cos phi* dengan akurat guna membandingkan hasil data melalui alat ukur dan perangkat. Alat ukur multimeter tersebut dapat mengukur nilai *cos phi* dengan tingkat keakuratan sampai 3° (0.998).

- S = daya semu, watt
- V = tegangan, volt
- P = daya aktif, watt
- I = arus listrik, ampere

- Wh = energi listrik tiap satuan jam, watt hour
- VAh = energi listrik tiap satuan jam, volt ampere hour
- Cos φ = factor daya

Desain Hardware

Pembuatan desain KWH meter digital IOT ini menyesuaikan semua komponen elektronika yang digunakan dalam pengukuran besaran arus dan tegangan. Penggunaan modul sensor arus ACS712 dan sensor tegangan ZMPT101B sebagai piranti utama pengukuran besaran arus dan tegangan. Power supply juga digunakan sebagai sumber tegangan untuk perangkat. Karena media IOT dalam perangkat ini adalah *ethernet shield* maka diperlukan kabel LAN sebagai jalur transfer data dari perangkat menuju *database cloud* (internet).



Gambar 3. Desain Hardware KWH Meter Digital IOT

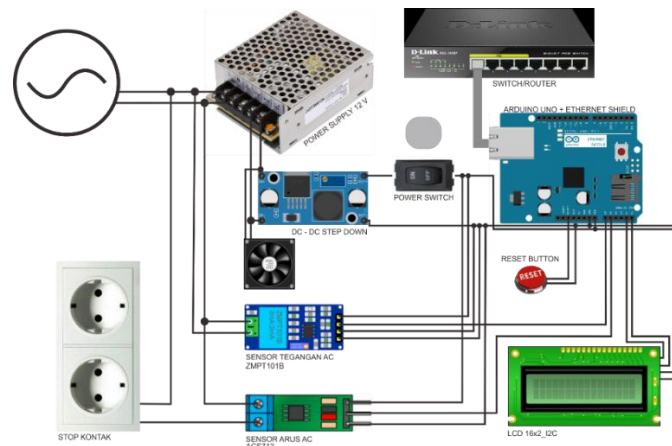
Keterangan :

- 1. Switching Power Supply
- 2. IOT Control Box
- 3. LCD 16x2
- 4. Saklar on/off

5. Tombol Reset
6. Kabel LAN
7. Stop Kontak
8. Terminal Kabel
9. Steker

Rangkaian Elektronika Alat

Skema rangkaian alat ini menggunakan *software eagle* untuk pembuatan rangkaian *layout pcb* dan *corel draw* untuk rangkaian alat. Gambar 4 adalah rangkaian elektronika yang terdiri dari dc-dc *stepdown* LM2596, sensor arus, sensor tegangan, arduino uno (+ *ethernet shield*), *socket pin*, 4 pin moxer untuk jack dc, *switch* on/off, reset *button* dan *fan*. Tegangan sumber 12 volt yang berasal dari *power supply* digunakan untuk menyalakan *fan* kemudian penggunaan dc-dc stepdown untuk menurunkan tegangan yang masuk dari *power supply* yang sebesar 12 volt menjadi 5 volt. Tegangan 5 volt tersebut kemudian didistribusikan ke arduino, LCD dan 2 sensor.

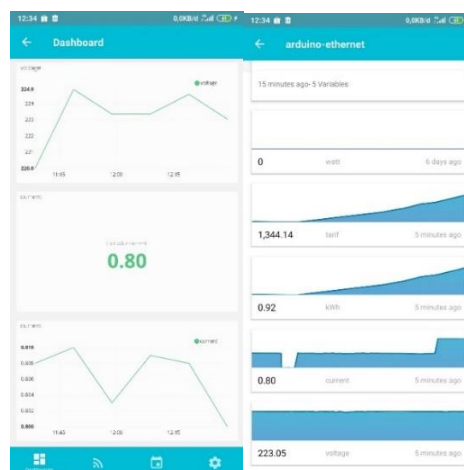


Gambar 4. Skema rangkaian KWH meter digital IOT

Metode Penyimpanan Data

Media penyimpanan menggunakan *database cloud* untuk memudahkan dalam visualisasi data dan kustomisasi fitur dalam database pada internet. Ubidots digunakan untuk database perangkat ini karena dari segi keandalan, visualisasi, fleksibilitas, skalabilitas dan aplikasi bawaan yang lebih mudah dikelola oleh pengguna baru dibandingkan *database cloud* yang lain seperti *thinkspeak*, *thinger*, *firebase*, *thingsboard*. Sebelum data dikirim ke database cloud, data akan diakumulasi dan disimpan pada memori arduino sementara. Setelah data terakumulasi selama 5 menit maka data tersebut akan dikirimkan ke *database cloud* sebagai tempat penyimpanan.

Desain Software Aplikasi



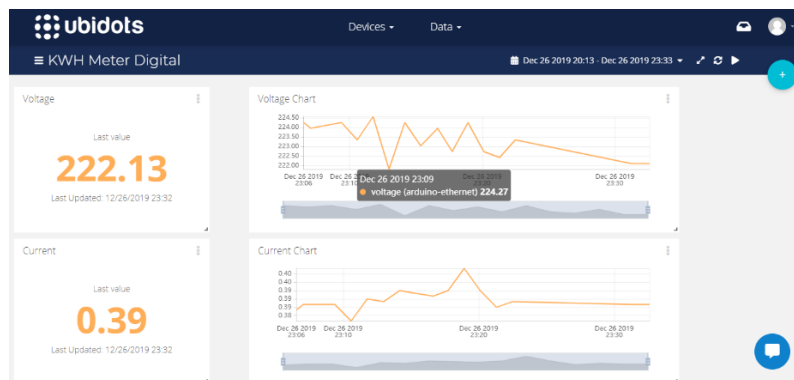
Gambar 5. Antarmuka Aplikasi Android

Software pada aplikasi KWH meter digital IOT ini menggunakan aplikasi dari *platform* ubidots jenis untuk industri (STEM). Dalam aplikasi ini terdapat berbagai menu antara lain, *dashboard*, *devices*, *events*, dan *settings*. *Dashboard* merupakan menu untuk melihat data yang berupa grafik maupun angka. *Device* merupakan menu untuk melihat lebih dalam mengenai komponen yang ada pada dashboard. *Event* adalah sebuah pesan yang dipicu dan

dikirim melalui *Email*, *SMS* dan *Telegram*, Panggilan Suara atau pesan *webhook* berdasarkan pada aturan desain khusus yang dibuat dalam aplikasi. *Settings* merupakan menu untuk melihat dan merubah profil dari akun *ubidots*.

Pada gambar 5 diatas merupakan tampilan interface dari aplikasi *ubidots* pada *smartphone*. Pada gambar tersebut menunjukkan tampilan pada *dashboard* dan *device*. *Dashboard* menampilkan hasil data dapat berupa grafik, tabel maupun bilangan angka dari *database* ke bentuk grafik dan bilangan angka yang fluktuatif. Pada grafik tersebut menampilkan *range* hasil untuk sumbu y dan *range* waktu untuk sumbu x, untuk *range* hasil menyesuaikan dengan *peak to peak* dari data sehingga sumbu awal mungkin tidak akan bisa di angka 0. Kemudian untuk *range* waktu dapat dirubah menyesuaikan dengan keinginan pengguna. *Device* merupakan isi dari tampilan *dashboard* yang dapat dilihat lebih dalam untuk detil dari data secara sekuensial maupun secara *real-time*.

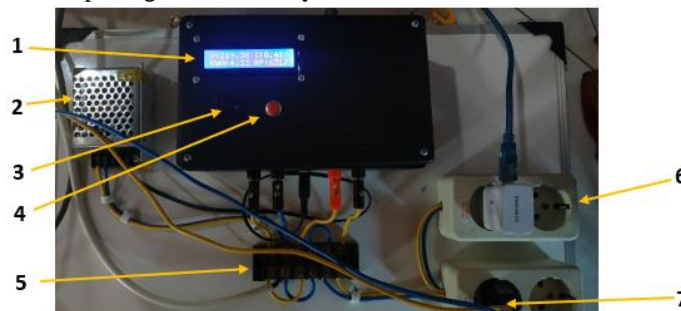
Pada gambar 6 dibawah ini merupakan tampilan dashboard web dari *ubidots*. Sama hal nya dengan tampilan pada aplikasi android. Pada tampilan web ini pengguna memiliki fitur tambahan untuk dapat merubah tampilan sesuai yang telah disediakan dari *ubidots*.



Gambar 6. Antarmuka Web Ubidots

Hasil Hardware Rancang Bangun KWH Meter Digital IOT

Pada *hardware* perangkat ,sumber AC terhubung langsung dengan sensor tegangan dan *power supply* untuk supply tegangan perangkat, kemudian sensor arus dihubungkan secara seri dengan sumber dan stop kontak. Pada gambar 8 merupakan tampak dari perangkat ketika dinyalakan.



Gambar 7. Hardware perangkat KWH meter digital IOT

Keterangan :

- | | |
|----------------------------------|-------------------|
| 1. LCD 16x2 | 5. Terminal Kabel |
| 2. <i>Switching power supply</i> | 6. Stop Kontak |
| 3. Tombol <i>on/off</i> | 7. Beban |
| 4. Tombol Reset | |

Hasil Pengukuran Sensor Tegangan

Tabel 1 merupakan hasil pengujian tegangan menggunakan alat ukur dan menggunakan sensor. Pengujian dilakukan pada tegangan 110 sampai 230 volt menggunakan *voltage regulator* guna melihat perbandingan ketelitian alat ukur. Dalam pengukuran terdapat selisih antara alat ukur dan sensor,selisih pada sensor tegangan terukur fluktuatif yakni selisih dapat naik dan juga dapat turun namun, kemudian selisih tersebut dikonversi menjadi nilai error dengan persamaan :

$$Error (\%) = \frac{Vukur - Vsensor}{Vukur} \times 100\% \quad (6)$$

Rata – rata error untuk pengujian sensor tegangan dengan alat ukur dari 13 data yang diperoler sebesar 1,06 % termasuk sebagai alat ukur yang cukup presisi. Untuk melihat selisih dari tegangan ukur dan tegangan sensor dapat

dilihat pada table 1. Dari tabel tersebut tegangan ukur memiliki selisih dari tegangan sensor dengan kurva berubah-ubah.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Tegangan

Tegangan Ukur (V)	Tegangan Sensor (V)	Error (%)
110	107,8	2
120	118,0	1,67
130	127,8	1,69
140	137,9	1,5
150	148,2	1,2
160	158,2	1,12
170	168,5	0,88
180	178,5	0,83
190	188,9	0,57
200	198,5	0,75
210	208,5	0,71
220	218,6	0,63
230	229,5	0,21
Rata-rata error		1,06

Hasil Pengukuran Sensor Arus

Hasil dari pengukuran arus dapat dilihat pada tabel 2, berisi beban yang diukur akan menghasilkan sebuah arus, arus yang terukur oleh sensor dibandingkan dengan alat ukur clamp meter untuk mengetahui seberapa besar ketelitian dan selisih tingkat error pada sensor arus. Beban yang diukur merupakan beban resistif guna menentukan selisih untuk mengkalibrasi sensor. Dari hasil pengukuran dari beban variatif mulai dari 35watt sampai dengan 200watt dan menghasilkan selisih yang dikonversi menjadi error sensor dengan rata – rata 1,24%.

$$Error (\%) = \frac{I_{ukur} - I_{sensor}}{I_{ukur}} \times 100\% \tag{7}$$

Tabel 2. Hasil Pengukuran Arus

Beban (Watt)	Arus Ukur (Ampere)	Arus Sensor (Ampere)	Error (%)
35	0,143	0,138	3,496
40	0,165	0,162	1,818
80	0,342	0,337	1,461
100	0,421	0,418	0,712
200	0,842	0,825	2,019
Rata – rata error			1,901

Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus Pada Beban

Pada tabel 3 pengujian sensor kemudian diterapkan pada beban yang variatif, mulai dari beban resistif, induktif^(**) dan kapasitif^(*). Tegangan yang terbaca oleh sensor fluktuatif dibanding dengan alat ukur (±3 volt) dan juga untuk kenaikan beban juga akan mempengaruhi tegangan yang dihasilkan, semakin besar beban maka tegangan akan menurun. Kemudian untuk perbedaan rata-rata pengukuran tegangan dengan menggunakan sensor dan alat ukur diperoleh hasil error sebesar 0,051%. Untuk pengukuran rata-rata arus dari alat ukur dan sensor menunjukan perbedaan dengan error 2,44 % dan juga terlihat arus akan naik berbanding lurus dengan besar beban

Tabel 3. Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus pada Beban

Beban (Watt)	Tegangan (V)			Arus (Ampere)		
	Vukur	Vsensor	Error(%)	Iukur	Isensor	Error(%)
28*	225	227,13	0,93	0,15	0,14	6,67
35	225	224,01	0,44	0,14	0,14	0
80	224	223,03	0,43	0,34	0,34	0
85**	224	223,46	0,24	0,32	0,31	3,12
Rata – rata error			0,051			2,44

Hasil Pengukuran Faktor Daya

Pada tabel 4 faktor daya dari beban resistif, induktif^(**) dan kapasitif^(*). Hasil pengukuran rata-rata faktor daya dari bermacam beban diperoleh error sebesar 1,95%. Dalam pengukuran faktor daya dari beban kapasitif terukur 0,76

dikarenakan kapasitor akan menyimpan tegangan sesaat sehingga sudut antara tegangan dan arus tidak sama. Untuk beban induktif faktor daya yang terukur 0,87 dikarenakan adanya induksi yang akan menghambat arus menyebabkan sudut antara tegangan dan arus menjadi berbeda. Untuk beban resistif faktor daya yang terukur adalah 1 dan mendekati satu dikarenakan sifat dari resistif murni sehingga beban tidak mengakibatkan pergeseran sudut antara tegangan dan arus.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Faktor Daya

Beban (Watt)	Faktor Daya		Error (%)
	PFukur	PFsensor	
28*	0,76	0,73	3,55
35	0,99	0,97	2,71
80	1	0,99	0,4
85**	0,87	0,88	1,14
Rata – rata error			1,95

Hasil Pengukuran Energi Listrik

Hasil pengukuran energi listrik pada tabel 5, energi yang terukur dalam satuan VAh (daya semu) dan Wh (daya aktif). Dalam pengukuran selama 15 menit energi listrik (VAh) yang terukur di alat ukur dengan perangkat mengalami perbedaan dengan rata-rata error 1,18% dikarenakan dari faktor tegangan, dan arus yang berbeda dari sensor dengan alat ukur. Pada pengukuran energi listrik (Wh) terlihat lebih banyak selisih (± 0.2) dengan rata-rata error sebesar 2,175% dengan data pengukuran dikarenakan adanya faktor daya yang terlibat dalam perhitungannya, faktor daya dari alat ukur dan perangkat juga ada perbedaan.

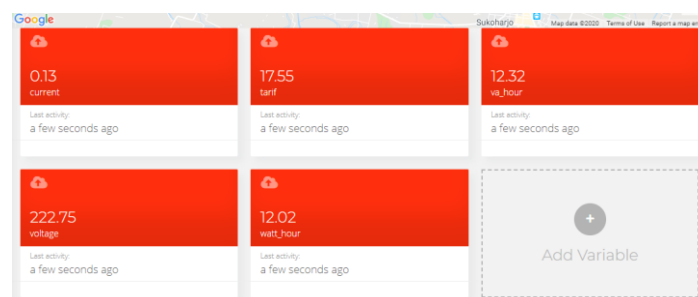
Tabel 5. Hasil Pengukuran Energi Listrik

Beban (Watt)	Waktu (Menit)	Daya (VAh)		Error (%)	Daya (Wh)		Error (%)
		Alat Ukur	Perangkat		Alat Ukur	Perangkat	
28*	15	8,43	8,34	1,03	6,41	6,11	4,68
35	15	8,04	8,02	0,31	8,01	7,79	2,72
80	15	19,04	19,08	0,20	19,04	19,01	0,16
85**	15	18,08	17,51	3,17	15,73	15,55	1,14
Rata – rata Error				1,18			2,18

Hasil Pengujian Pengiriman Data ke Database

Pengiriman hasil data olah digital dari mikrokontroler ke *database* cloud ubidots melalui jaringan internet (MQTT) oleh *ethernet shield*. Data yang dikirim dengan jeda waktu selama 5 menit sekali dalam satu kali pengiriman. Dalam jeda waktu pengiriman yang pertama, ada jeda waktu selama 18 detik untuk mikrokontroler dalam menginisiasi variabel pada sensor dan menghubungkan perangkat ke jaringan internet. Untuk data yang terkirim pada periode pertama adalah data pada detik ke 270. Kemudian data yang terkirim pada periode berikutnya adalah data ke 551 yang artinya dalam periode selanjutnya untuk akuisisi data selama 281 detik. Dalam proses pengiriman terdapat jeda waktu selama 6 detik. Hal ini menunjukkan bahwa periode pengiriman data berpengaruh dalam hasil data yang terkirim menjadi lebih sedikit, namun jika periode pengiriman di perpanjang maka data yang hilang tersebut akan semakin sedikit dengan total data yang terkirim.

Pada gambar 12 merupakan isi dari variabel ubidots yang berisi grafik serta data, data tersebut dapat diunduh oleh pengguna dalam bentuk .csv. Dari dalam device tersebut pengguna dapat melihat waktu pengiriman, data dan context (keterangan). Kemudian pada gambar 8 merupakan sebuah variabel yang terdapat pada device. Ada 5 variabel data yang dikirim dari perangkat ke *database* yakni *current* (arus), *tarif*, *va_hour*, *voltage* (tegangan) dan *watt_hour*.



Gambar 8. Device tempat *database* tersimpan

Kestabilan jaringan internet sangat berpengaruh dalam pengiriman data, diperlukan ping ± 35 ms untuk menjaga proses pengiriman tetap lancar, dikarenakan ketika jaringan internet tidak stabil maka proses pengiriman akan terjeda dan akan dikirim pada periode pengiriman selanjutnya. Sewaktu-waktu hal ini juga akan menyebabkan perangkat *freeze* karena ada penumpukan data dalam periode pengiriman sehingga menyebabkan perangkat harus direset ulang.

Penggunaan aplikasi dan web berbasis internet tak luput dari penggunaan paket data atau *bandwidth*. Penggunaan paket data dalam aplikasi android ubidots dalam satu hari saat perangkat bekerja yakni saat aplikasi bekerja pada latar depan (saat aplikasi dibuka) adalah ± 8 Megabyte untuk paket data yang terpakai pada latar belakang (aplikasi *standby*) adalah $\pm 5,1$ Megabyte. Total penggunaan paket data pada aplikasi android selama satu hari adalah $\pm 13,1$ Megabyte dan satu bulan menghabiskan data $\pm 390,3$ Megabyte tergantung seringnya pemakaian aplikasi oleh pengguna.

Kesimpulan

1. Hasil yang diperoleh dari rancang bangun KWH meter digital berbasis IOT ini adalah dapat memantau atau memonitor (*sub-metering*) penggunaan energi listrik pada setiap beban yang ada pada rumah tangga dengan daya 900 VA.
2. Sistem utama perangkat ini adalah sebuah mikrokontroler arduino uno, sensor tegangan, sensor arus dan sebuah *database cloud* ubidots.
3. Dalam sistem tersebut dapat diketahui tingkat error pada alat ukur sensor sebesar $< 2,5\%$ dalam perhitungan mulai dari tegangan dan arus. Dari metode pengukuran daya yang digunakan pada beban variatif, diperoleh rata-rata error sebesar $< 3\%$. Error dalam pengukuran daya dan energi listrik khususnya *watt* menjadi lebih besar dikarenakan adanya faktor daya yang terlibat dalam proses perhitungan.
4. Kemudian untuk pengukuran energi listrik diperoleh rata-rata error VAh sebesar 1,18% sedangkan untuk Wh sebesar 2,18%.
5. Kestabilan jaringan internet dengan ping ± 35 ms menjadi faktor utama pada saat proses berjalan dan pengiriman. Periode pengiriman selama 5 menit sekali menyebabkan ± 10 data dalam 900 sampling hilang, namun jika periode pengiriman data diperpanjang maka data yang hilang akan semakin sedikit.
6. Jumlah *bandwidth* atau paket data yang terpakai saat menggunakan aplikasi ubidots pada *smartphone* $\pm 390,3$ Megabyte tergantung seringnya pemakaian aplikasi oleh pengguna.
7. Keseluruhan error dalam perhitungan data sebesar $< 10\%$

Daftar Pustaka

- Arifin, Nur. Syafutra, Rahkmad. Gapy, Mansur. 2019. *Rancang Bangun Prototype Power Meter 1 Fasa Berbasis Mikrokontroler Atmega328P*: Universitas Syiah Kuala- Jurusan Teknik Elektro dan Komputer
- Leny, Eno May, 2019. *Sistem Current Limiter dan Monitoring Arus serta Tegangan Menggunakan SMS untuk Proteksi pada Beban Rumah Tangga*: Program Studi S1 Teknik Elektro – Universitas Negeri Surabaya
- Nataliani, Ratna, 2014. *Pembuatan Perangkat Keras dan Analisis Sub-Metering Konsumsi Energi Listrik*: Program Studi Teknik Fisika – ITB
- Tanjung, Afrizal, 2017. *Prototipe Sistem Monitoring Daya Pada Kwh Meter 1 Phase Dan Sistem Kontrol ON/OFF Via Sms Module*: Teknik Elektro UMRAH