

BUILDING AUTOMATION SYSTEM (BAS) MENGGUNAKAN SMART METERING DAN KONEKSI INTERNET

Oleh:

Akhyar^{1,2}, Zaini³

¹ Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

² Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Sumatera Barat

³ Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

e-mail: akhyart@gmail.com

Abstrak

Building Automation System telah digunakan beberapa dekade yang lalu, sebagai salah satu solusi dalam untuk efisiensi energi, dalam implementasinya masih terdapat tiga jenis masalah integrasi pada BAS, pertama integrasi antara BAS dan aplikasi perusahaan yang ada. Kedua integrasi BAS dengan protokol seperti BACNet atau LonTalk, ketiga integrasi dari subsistem BAS. Layanan web dan internet sebagai layanan teknologi informasi saat ini mulai digunakan sebagai solusi masalah integrasikan pada (BAS). Pada penelitian ini penulis mengajukan model BAS menggunakan layanan web dan layanan internet yang disediakan oleh provider, menggunakan Pilot SPM9. Kelebihan Pilot SPM9 terlihat pada data yang ditampilkan, dengan melihat data yang terkirim ke database pemilik gedung dapat dengan mudah melihat pemakaian listrik dalam harian maupun bulanan.

Kata kunci : *Building Automation System, Smart Metering, Web Service, Internet of Thing*

1. PENDAHULUAN

Suatu sistem yang dipasang untuk mengontrol dan memonitor layanan gedung yang bertanggung jawab untuk penerangan, pendinginan, kelistrikan dan lainnya disebut sebagai *Building Automation System* BAS [1].

Beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk pengembangan BAS ini, seperti perancangan sistem monitoring konsumsi listrik[2], Sistem monitoring pada BAS berbasis web[3], disain BAS berbasis web menggunakan ajax dan web service[4]. Layanan web sebagai teknologi informasi yang memberikan kita cara baru untuk menyelesaikan masalah pada kesulitan integrasi antara BAS dengan protokol komunikasi yang berbeda-beda[5].

Ketika kebutuhan pada BAS adalah penyediaan informasi tentang energi listrik dalam data arus, tegangan, daya, daya dalam wattjam yang ditampilkan dalam bentuk data/grafik harian, bulanan maka sistem BAS[2] dan [3] masih memiliki kekurangan.

Beberapa peneliti telah melakukan beberapa penelitian penting terkait dengan pengukuran energi listrik, diantaranya penggunaan IC digital dan analog[11], menggunakan prinsip efek hall dan sensor arus WCS 1800[10], menggunakan IC penghitung energi listrik ADE7753[7], menggunakan hall

effect current transducer dan trafo tegangan step down untuk mensensor arus dan tegangan[6].

Smart meter biasanya adalah sebuah meter elektronik yang mengukur dan menyimpan data dari konsumen listrik dan mengirimkan data melalui kanal komunikasi ke kantor pusat untuk tujuan monitoring dan penagihan[12].

Faktor penting dalam BAS adalah komunikasi yang digunakan, seperti penggunaan ethernet[2][3] sama halnya pada smart metering system yang menggunakan jaringan GSM[11], SMS pada GSM[6], Internet Protokol[7], Cloud Based[13], Internet of Thing[14].

Beberapa solusi yang didasari oleh teknologi internet saat ini telah digunakan pada BAS, sebagai contoh oBIX, OPC UA atau BACnet/WS(WS-Web Service), antarmuka layanan web RESTful dengan protokol HTTP, namun teknologi ini dicirikan dengan persyaratan hardware yang relatif tinggi[15].

Dalam konteks *Internet of Thing*, layanan web dapat digunakan untuk menyediakan antarmuka yang ramah untuk mengakses BAS dengan menggunakan teknologi informasi dan komunikasi standar (TIK)[16]. Pada *Internet of Things* objek

fisik terhubung ke internet dapat ditandai dan identifikasi tidak hanya oleh teknologi RFID tapi juga oleh cara lain seperti *IP Address*, *domain name* maupun *Universal resource identifier (URI)*[17]. Integrasi BAS dengan *Internet of Thing* sebelumnya telah dilakukan dengan pendekatan *IoT6*[18], dengan *IPv6 multi-protocol gateway*[19], dengan *Smart Thing Information System (STIS)* [17].

Setelah mempelajari beberapa penelitian diatas, maka pada penelitian ini penulis menawarkan sistem BAS baru untuk menjawab kebutuhan dalam menampilkan nilai-nilai yang terdapat pada energi listrik dan sistem yang dapat mengendalikan pemakaian energi listrik. Implementasi penelitian ini adalah BAS dengan antarmuka halaman web yang dapat diakses dimana saja/internet, pengukur energi listrik (*smart metering*) menggunakan peralatan berupa Pilot SPM91.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Building Automation System (BAS)

BAS adalah instrumentasi, mekanisasi, dan agregasi data dari berbagai sistem bangunan untuk membuat pemantauan dan pengendalian peralatan bangunan lebih efisien, secara otomatis menyesuaikan ventilasi pemanas dan pendingin udara (HVAC) dan sistem pencahayaan untuk memenuhi kondisi lingkungan yang ditargetkan untuk bangunan[20].

BAS dianggap sebagai solusi untuk otomatisasi bangunan, menawarkan potensi besar yang komprehensif untuk peningkatan efisiensi energi. Membangun BAS berarti membangun sistem otomatisasi yang disusun oleh komputer yang dibantu jaringan perangkat elektronik, misalnya dalam pengendalian tirai secara otomatis berdasarkan intensitas sinar matahari[21]. Sejak tahun 1970an BAS sudah semakin luas digunakan pada bangunan perkantoran, supermarket, hotel, museum, bangunan komersil dan lainnya[22]. BAS secara bergantian sering disebut dengan *Sistem Manajemen Fasilitas (FMS)*, *Sistem Manajemen Bangunan (BMS)*, *Sistem Manajemen Energi (EMS)*, atau *Intelligent Building Systems (IBS)*.

Menurut[5], ada tiga jenis masalah integrasi pada BAS, pertama integrasi antara BAS dan aplikasi perusahaan yang ada. Kedua integrasi BAS dengan protokol standar internasional yang berbeda (seperti BACNet atau LonTalk), ketiga integrasi dari subsistem BAS

(seperti kendali HVAC, kontrol cahaya atau sistem alarm. [5] mengusulkan solusi berupa Layanan Web berdasarkan XML, SOAP, WSDL dan UDDI dalam memecahkan masalah integrasi dalam membangun sistem otomasi.

2.2 Layanan Web

Menggunakan aplikasi WEB untuk BAS dilakukan oleh[2] untuk memonitor ruangan menggunakan perangkat arduino, ethernet shield dan dilengkapi dengan tiga buah sensor, yaitu DHT11 untuk suhu dan kelembaban, MQ9 untuk keamanan ruangan berupa deteksi asap dan ACS758 untuk mengukur arus listrik.

Penggunaan layanan web pada BAS membuatnya lebih mudah dalam mengintegrasikan aplikasi yang dikembangkan oleh perusahaan dengan BAS dan memudahkan mengintegrasikan subsystem pada BAS yang mengadopsi protokol standar berbeda dibandingkan dengan BAS sebelumnya[4]. BAS dan teknologi integrasinya berdasarkan layanan web mempunyai keuntungan berikut [4]:

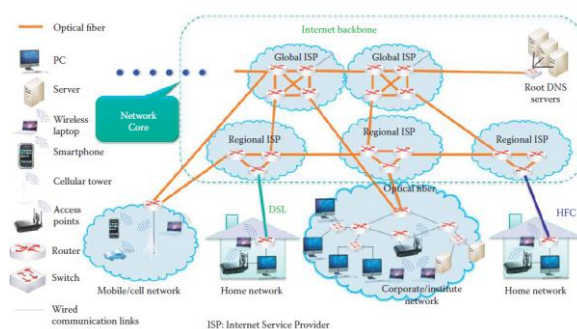
- Dapat mewujudkan integrasi *real-time* dan mulus antara aplikasi enterprise system dan BAS.
- Dapat mewujudkan integrasi sistem BAS dengan mengadopsi protokol standar berbeda tanpa fasilitas *gateway* tambahan.
- Dapat mewujudkan kerja kooperatif antara sistem HVAC, sistem cahaya, sistem keamanan, sistem alarm kebakaran, dan aplikasi enterprise (seperti hunter management system), dapat membuat BAS lebih pintar dari sebelumnya.
- Web service didukung oleh semua perusahaan vendor perangkat lunak utama, Microsoft.NET, IBM WebSphere, Sun Microsystem, dll

Halaman web merupakan aplikasi internet yang paling populer. Secara teknis, web adalah sebuah sistem dengan informasi yang disajikan dalam bentuk teks, gambar, suara dan lain-lain yang tersimpan dalam sebuah server. Web dapat diakses oleh perangkat lunak *client* web yang disebut browser. Browser membaca halaman-halaman pada web yang tersimpan dalam server web

melalui protokol yang disebut HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*).

2.3 Internet

Internet adalah sistem global dari jaringan komputer yang saling terhubung yang menggunakan protokol internet standar (TCP/IP) untuk melayani miliaran pengguna di seluruh dunia. Jaringan yang terdiri dari jutaan jaringan swasta, publik, akademis, bisnis, dan pemerintah, dari lingkup lokal hingga global, yang dihubungkan oleh berbagai macam teknologi jaringan elektronik, nirkabel dan optik[24].



Gambar 1 Arsitektur Internet [29]

Tulang punggung Internet pada dasarnya adalah sekelompok router yang saling terhubung oleh kabel serat optik serta server DNS yang berisi nama infrastruktur server, seperti root Domain Name Servers (DNSs) yang digunakan untuk penamaan. Komponen yang tersisa dalam struktur Internet yang terletak di luar inti jaringan, hanya mengakses jaringan sebagai ditunjukkan pada Gambar 1.

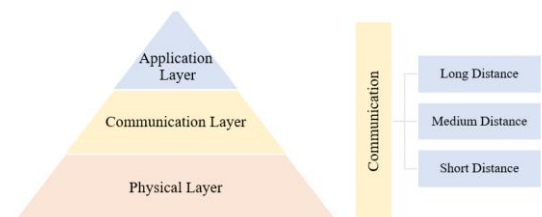
Internet of Things (IoT) adalah bidang yang menghubungkan berbagai hal bersama dan ke internet, memungkinkan mereka bertukar data, berkomunikasi satu sama lain dan berinteraksi dengan manusia[25]. *Internet of things* memungkinkan “a new world of connected experiences”, secara radikal merubah cara manusia berinteraksi dengan segala sesuatu, jaringan global yang sangat besar, yang memungkinkan manusia untuk terhubung satu sama lain, mereka mengirim pesan pendek dan menggunakan website untuk berkomunikasi dan berbagi data [26].

Dalam konteks IoT, layanan web dapat digunakan untuk menyediakan antarmuka *IT-friendly* untuk mengakses BAS dengan menggunakan teknologi komunikasi dan informasi standar (TIK)[16]. *Internet of thing* mengacu kepada jaringan global dari objek fisik

dan barang sehari-hari yang mampu menghasilkan, bertukar dan memproses data dengan sedikit sekali perantara manusia[23]. *Internet of Thing* menjanjikan interkoneksi jutaan perangkat dari domain berbeda, mulai dari *supply chain*, telekomunikasi, atomasi bangunan dan rumah, hiburan dan baru-baru ini infrastruktur smart metering dan smart grid [19].

Tingkatan abstraksi Platform IoT dapat dibagi kepada[25]:

- Lapisan aplikasi, yang merupakan lapisan utama/antarmuka bagi pengguna.
- Lapisan komunikasi, tempat data ditransfer antar berbagai sensor, aktuator dan *gateway* lokal maupun *gateway* global yang menggunakan protokol yang berbeda.
- lapisan fisik, yang memiliki sensor, aktuator dan pengendali dan interaksinya dengan *gateway*.



Gambar 2. Arsitektur Internet

2.4 Smart Metering System

Smart meter adalah divais elektronik digital yang mengumpulkan informasi pada listrik, air dan gas digunakan dan mengirimnya secara aman[27]. Smart meter adalah pilihan yang lebih baik untuk efisiensi energi di dunia sekarang ini[6]. Smart energi metering pada [6] adalah penggunaan PIC 16F877A sebagai unit prosesor, dua instrument pengukuran di hubungkan ke pusat daya dinamakan sebagai Hall effect current transducer dan trafo tegangan step down. sebuah LCD diintegrasikan meter digital untuk untuk menampilkan data.

Berbeda dengan [6], Informasi tentang perangkat diperoleh dengan menentukan faktor daya dan karakteristik bebannya. Dengan melakukan perhitungan energi seperti faktor daya (Cos-Fi) dan dengan merekam pengukuran daya dari perangkat yang terhubung, hasil pengukuran untuk

perangkat yang terhubung ADE7753 dapat dinyatakan dalam pengukuran energi grafis pada antarmuka web [8].

Sarwar[11] membuat *smart energy metering* dengan membuat dua rangkaian yang berbeda, satu dengan menggunakan mikrokontroler dan lainnya menggunakan SIM900 *serial modem*. Rangkaian pertama adalah kombinasi IC *analog* dan *digital* sebagai penyearah tegangan dan arus dan rangkaian kedua adalah mikrokontroler PIC16F877A dengan display LCD.

Jayant[10] mengajukan proposal untuk mengganti meteran listrik regular dengan sensor arus. Aliran arus dimasukkan ke dalam lubang Efek Hall sebagai sensor arus linier berbasis WCS 1800. Arus mengalir melalui kawat diukur dari medan magnet yang dihasilkannya, selanjutnya beda potensial yang didapat disebut sebagai tegangan hall.

Berbeda dengan [10], [15] mengembangkan sistem pengukuran berdasarkan IC dengan dua ADC CS5460. Desain ini secara akurat mengukur dan menghitung *real(true) energy*, daya sesaat, arus rms, tegangan rms. Dalam aplikasi ini IC dihubungkan dengan Raspberry Pi melalui GPIO.

Di sirkuit *Intelligent Energy Meter (IEM)* yang dirancang tegangan dan beban arus masing-masing diperoleh menggunakan *Hall Effect transducer* CYHVS025A [5], [6].

Smart meter memungkinkan komunikasi dua arah antara meter dan sistem bacaan jarak jauh. Area yang paling kritis di teknologi metering pintar adalah komunikasi [4]. Setiap meter harus memberikan transfer yang andal dan aman untuk mengumpulkan data ke sistem pusat. *Smart meter* mengumpulkan data secara lokal dan ditransfer melalui LAN ke titik pengumpulan data. Data penggunaan dan konsumsi mengacu kepada penggunaan listrik aktual, dibaca dan dikirim dalam interval waktu tertentu.

Jenis jaringan komunikasi juga penting dan yang paling umum digunakan adalah: *fixed wireless networks*, jaringan nirkabel atau kombinasi jaringan *fixed-wire* terutama untuk mengkomunikasikan meteran (CL, EURIDIS, m-bus), jaringan Wi-Fi dan Internet[12].

Penggunaan teknologi nirkabel dapat kita lihat pada penggunaan modul GSM untuk mengirim SMS karena dengan mudah dihubungkan ke mikrokontroler menggunakan koneksi serial dan response pada *AT commands*[11]. Modul GSM/GPRS membentuk komunikasi di antara komputer & sistem GSM-GPRS. Sistem *global* DOI 10.21063/JTIF.2018.V6.2.55-63
© 2018 ITP Press. All rights reserved.

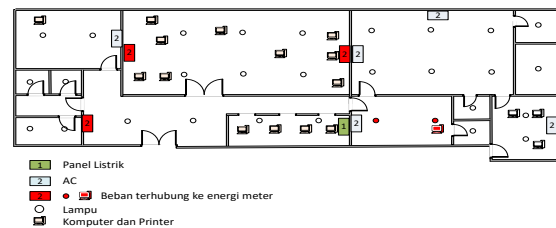
seluler communication (GSM) adalah desain struktural yang digunakan untuk komunikasi seluler di sebagian besar negara. Modem GSM memiliki catu daya dan antarmuka komunikasi (seperti RS-232, USB, dll) untuk komputer[28].

3. PERANCANGAN SISTEM

Penelitian ini dilakukan pada gedung sementara Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Sumatera Barat.

3.1 Objek Penelitian

Objek dari penelitian ini adalah penggunaan Pilot SPM 91 untuk pengukuran energi listrik secara pintar, penggunaan arduino sebagai internet gateway, dan kendali konsumsi listrik menggunakan database. Sistem di pasang pada kantor Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Propinsi Sumatera Barat.



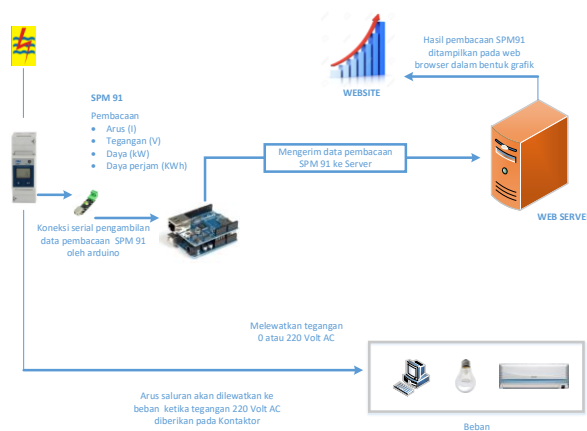
Gambar 3. Denah ruangan penelitian

3.2 Desain Penelitian

Desain penelitian berupa rangkaian yang memiliki satu buah peralatan berupa Pilot SPM91 untuk pengukur energi listrik yang dipasang pada saluran utama. Komunikasi yang digunakan untuk menghubungkan mikrokontroler arduino dengan energi meter Pilot SPM91 menggunakan protokol *MODBUS-RTU* karena pada energi meter tersebut mendukung sistem komunikasi protokol *MODBUS-RTU*.

Energi meter SPM91 mengukur besaran dari tegangan, arus, watt dan kWh pada suatu aliran listrik. Kemudian mikrokontroler arduino akan mengambil besaran nilai yang sudah terukur dari energi meter tersebut menggunakan protokol *MODBUS-RTU*. Nilai yang didapatkan oleh arduino, selanjutnya dikirim melalui ethernet shield ke database/server. database akan menyimpan parameter arus, tegangan dan daya (kW) dan daya (kWh), parameter ini

akan ditampilkan pada aplikasi web dalam bentuk grafik.



Gambar 4. Diagram Alir Rancangan Sistem

3.2.1 Perancangan Database

Rancangan database pada penelitian ini terdiri dari 5 (lima) buah tabel, yaitu:

1) Tabel pemakaian

Berguna sebagai tabel untuk menyimpan hasil pencatatan konsumsi energi listrik oleh energi meter.

2) Tabel relay

Solid state relay yang kita gunakan pada penelitian ini lebih dari satu, maka kita harus memerikan masing-masing relay identitas tunggal.

3) Tabel jadwalpemakaian

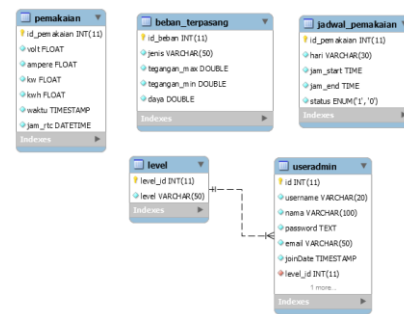
Tabel ini menyimpan data status hidup/mati masing masing kontaktor berdasarkan tanggal dan jam.

4) Tabel level

Antarmuka web hanya dapat di akses berdasarkan tingkat otorisasi tertentu, sehingga diperlukan tabel kusus yang mendekripsikan tingkat otorisasi tersebut.

5) Tabel useradmin

Tabel ini menyimpan password dan username bagi mereka yang telah diberi hak untuk mengakses antarmuka berdasarkan otorisasi yang telah ditentukan

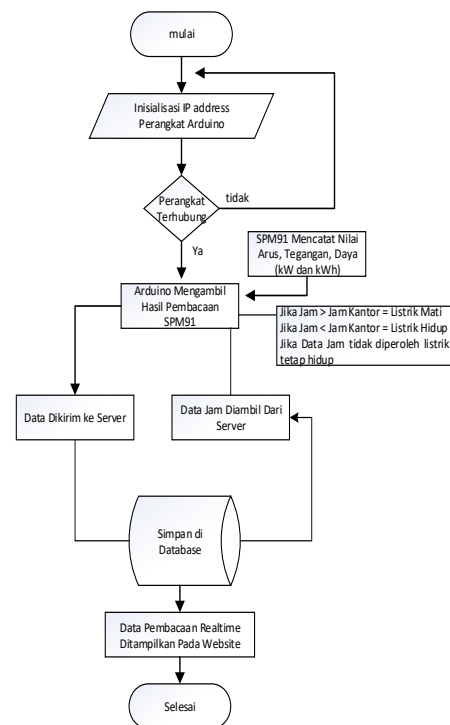


Gambar 5. Diagram entity relationship diagram

3.2.2 Perancangan Web

Web dibuat sebagai antarmuka antara pengguna dengan sistem, yakni untuk melihat grafik konsumsi daya listrik, untuk merangkum data-data yang tersimpan sebagai bahan laporan dan melakukan setingan waktu operasi dari kontaktor.

3.3 Flowcart System



Gambar 6. Flowchart System

4. PENGUJIAN DAN HASIL

4.1 Pembacaan Oleh Pilot SPM91

Setiap nilai pembacaan arus dan tegangan oleh Pilot SPM91 secara otomatis dilakukan konversi nilai analog yang didapatkan menjadi nilai digital. Nilai arus dan tegangan

yang telah digitalisasi akan di kalkulasi untuk mendapatkan besar daya (kW) dan besar daya dalam kWh.

Perhitungan daya pada rangkaian satu fasa adalah :

$$P = V \cdot I \quad \text{.....} \quad (1)$$

kWh adalah adalah daya terpakai dalam satu jam, didapatkan dari hasil persamaan (1) dan berlangsung selama 1 (satu) jam. Pada penelitian ini justru data tidak ditampilkan tiap jam, tetapi daya (kWh) tetapi selalu bertambah setiap ada data baru yang dikirimkan, seperti terlihat pada tabel 1.

Penulis melakukan perhitungan kWh secara manual berdasarkan nilai arus dan tegangan yang telah tersimpan pada database. Tahapan pertama pada perhitungan adalah mencari besar selisih

waktu pengiriman, dengan mengurangi waktu pengiriman dengan waktu pengiriman sebelumnya,

$$\Delta \text{ Waktu (jam) } = \frac{t_i - t_{i-1}}{3600} \times 1 \text{ jam} \quad \text{.....} \quad (2)$$

Dimana:

$$\Delta t = t_i - t_{i-1} \quad \text{.....} \quad (3)$$

Setelah Δ waktu didapat, hasil ini kita gunakan untuk mendapatkan tambahan daya (ΔP) untuk setiap data yang terkirim dengan cara mengalikan daya pada persamaan 1 dengan selisih waktu persamaan 2 sehingga diperoleh persamaan 4.

$$\Delta P = P \times \Delta \text{ Waktu} \quad \text{.....} \quad (4)$$

Sebagai contoh penyelesaian, dengan memilih data pada nomor 2 dan 3,

$$\text{Arus } i_2 = 7.65 \text{ A}$$

$$\text{Tegangan } V_2 = 228,2 \text{ V}$$

$$\text{Arus } i_3 = 7.65 \text{ A}$$

$$\text{Tegangan } V_3 = 228,2 \text{ V}$$

$$\text{Daya } P_2 = 1.72 \text{ W}$$

$$\text{Daya } P_3 = 1.72 \text{ W}$$

Akan didapatkan nilai sebesar:

$$\Delta t = \frac{33:40 - 33:29}{3600} \times 1 \text{ jam}$$

$$\Delta t = 0,0031 \text{ jam}$$

$$\Delta P = P_2 \times \Delta \text{ Waktu}$$

$$\Delta P = 1.72 \times 0,0031$$

$$\Delta P = 0.0053 \text{ kWh}$$

Pada tabel penulis

$$P_3 (\text{kWh}) = P_2 + \Delta P$$

$$P_3 (\text{kWh}) = 1646,3 + 0,0053$$

$$P_3 (\text{kWh}) = 1646,3053 \text{ kWh}$$

Dari hasil perhitungan diatas, hasil $\sum P_3$ pada tabel tidak mempengaruhi hasil perhitungan, karena nilai $\sum P_3$ hasil perhitungan yang terlalu kecil dan jumlah angka setelah tanda koma dibatasi pada satu angka saja. Perubahan nilai kWh baru dapat dilihat pada baris ke-20, dimana nilai sebelumnya 1646,3 kWh bertambah menjadi 1646.4 kWh.

Pada tabel nilai daya (ΣP) bertambah sebesar 0.1 kWh pada $i = 20$ menjadi 1646,4 kWh, yang merupakan jumlah akumulasi daya mulai dari baris 2 sampai baris 19, sebesar:

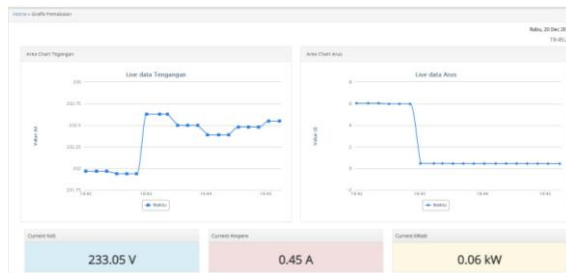
$$\sum_2^{19} P_i = 0,1023 \text{ kWh}$$

Tabel 1. Data arus, tegangan dan daya

No	V	A	P (kW)	P (kWh)	t	Δt (detik)	Δt (Jam)	Daya (ΔP) kWh
1	228.2	7.61	1.72	1646.2	33:18	00:11	0.0031	0.0053
2	228.02	7.65	1.72	1646.3	33:29	00:11	0.0031	0.0053
3	228.02	7.65	1.72	1646.3	33:40	00:12	0.0033	0.0057
4	228.02	7.65	1.72	1646.3	33:52	00:11	0.0031	0.0053
5	228	7.6	1.73	1646.3	34:03	00:11	0.0031	0.0053
6	228	7.6	1.73	1646.3	34:14	00:12	0.0033	0.0058
7	228	7.6	1.73	1646.3	34:26	00:11	0.0031	0.0053
8	227.77	7.65	1.73	1646.3	34:37	00:11	0.0031	0.0053
9	227.77	7.65	1.73	1646.3	34:48	00:12	0.0033	0.0058
10	227.77	7.65	1.73	1646.3	35:00	00:12	0.0033	0.0058
11	227.82	7.63	1.73	1646.3	35:12	00:10	0.0028	0.0048
12	227.82	7.63	1.73	1646.3	35:22	00:11	0.0031	0.0053
13	227.82	7.63	1.73	1646.3	35:33	00:12	0.0033	0.0058
14	227.71	7.7	1.73	1646.3	35:45	00:11	0.0031	0.0053
15	227.71	7.7	1.73	1646.3	35:56	00:10	0.0028	0.0048
16	227.71	7.7	1.73	1646.3	36:06	00:12	0.0033	0.0058
17	227.78	7.65	1.74	1646.3	36:18	00:11	0.0031	0.0053
18	227.78	7.65	1.74	1646.3	36:29	00:11	0.0031	0.0053
19	227.78	7.65	1.74	1646.3	36:40	00:11	0.0031	0.0053
20	227.68	7.66	1.73	1646.4	36:51	Jumlah (2 s/d 19 0.1023)		

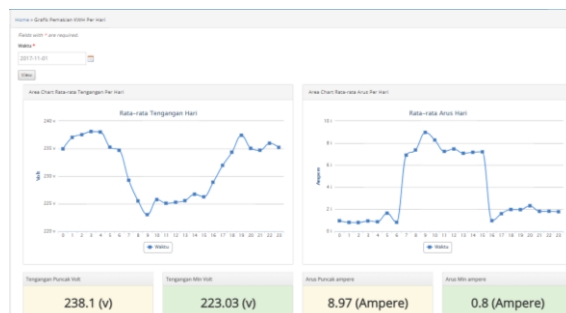
4.2 Hasil Monitoring

Nilai pembacaan dan perhitungan oleh Pilot SPM91 berupa arus, tegangan, daya, daya dalam jam yang tersimpan pada database ditampilkan pada halaman web. Melalui antarmuka berupa halaman web maka nilai-nilai tersebut ditampilkan untuk memberikan informasi yang informatif kepada pengguna gedung. Seperti terlihat pada gambar 7.



Gambar 7. Tampilan grafik monitoring dalam waktu nyata

Pada gambar tersebut penulis menampilkan nilai arus dan tegangan berupa grafik yang menampilkan setiap arus dan tegangan yang dikirim dan disimpan dalam database. Disamping ditampilkan secara grafik nilai arus, tegangan dan daya juga ditampilkan dalam angka, nilai angka yang muncul merupakan data terakhir yang masuk ke database.

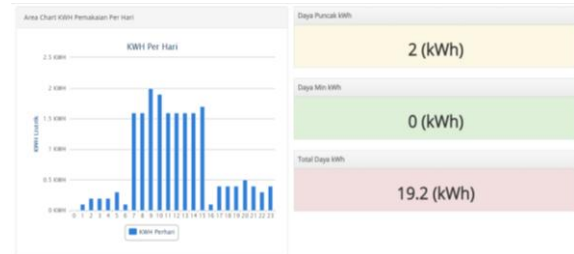


Gambar 8. Grafik statistik harian

Gambar 8 menampilkan data rata-rata untuk arus dan tegangan tiap jam selama satu hari penuh. Dari gambar tersebut dapat dengan mudah kita lihat fluktuasi nilai arus dan tegangan tiap jamnya, seperti tegangan bernilai tinggi pada waktu-waktu aktifitas perkantoran sedang tutup, lonjakan arus terjadi ketika aktifitas perkantoran dimulai dan turun drastis ketika aktifitas perkantoran berakhir.

Tegangan maksimum pada data tanggal 1 November 2017 menampilkan nilai sebesar 238,1 V dan tegangan minimum sebesar 223,03 V.

fluktuasi tegangan ini pada konsepnya masih pada batas dari rating tegangan peralatan yang terhubung ke jaringan yaitu 220 V – 240 V.



Gambar 9. tampilan grafik kWh perhari

Selanjutnya adalah rata-rata arus harian yang tercatat pada database, ditampilkan pada grafik untuk tiap jamnya. 1 November 2017 merupakan tanggal pada hari kerja yaitu hari rabu, sehingga dengan mudah kita dapatkan bahwa puncak pemakaian listrik terjadi di jam kerja. Arus puncak rata-rata maksimum harian sebesar 8,97 A dan arus puncak rata-rata minimum harian sebesar 0.8 A.

Grafik pada gambar 9 menampilkan konsumsi daya listrik untuk masing-masing nya berdurasi selama 1 (satu) jam, dimulai jam 01.00 sampai dengan jam 23.00. Pada gambar 4.3 tersebut dapat kita lihat dengan jelas bahwa energi listrik memang banyak dikonsumsi di siang hari, antara pukul 07.00 s/d 15.00 atau (jam 16.00) pada hari lain. Data grafik ini juga ditampilkan dalam bentuk data nilai yaitu untuk daya puncak (kWh) sebesar 2 kWh dan total konsumsi daya harian sebesar 19.2 kWh.

5. Kesimpulan dan Saran

Pembacaan energi metering menggunakan Pilot SPM91 menampilkan informasi yang lebih baik dibandingkan metode smart energi metering yang sebelumnya telah dikembangkan. Hasil pembacaan yang diinformasikan sebagai data grafik pada halaman web yang dapat diakses dimana saja memudahkan pemilik gedung untuk menjadikan sistem BAS ini sebagai bahan pengambil keputusan terkait dengan efisiensi energi listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pedro Domingues, Paulo Carreira, Renato Vieira, Wolfgang Kastner (2016) "Building Automations System : Concepts and Technology Review", *Computer Standards & Interface* 45, 1-12, Elsevier.
- [2] Zaini & Roni Putra, (2014) "Perancangan Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik di universitas Andalas" *Prosiding Seminar Forum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro Indonesia (FORTEI)*, 2014
- [3] Putri Mandarani & Zaini, (2015), "Pengembangan Sistem Monitoring Pada Building Automation System", *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 2015
- [4] Jianbo Bai, Hong Xiao, Tianyu Zhu, Wei Liu, Aizhou Sun, "Design of a Web-based Building Management System Using Ajax and Web Services", *International Seminal on Business and Information Management ISBIM*, 2008.
- [5] Jianbo Bai, Hong Xiao, Xianghua Yang, Guofang Zhang, "Study on Integration Technologies of Building Automation System based on Web Services", *International Colloquium on Computing, Communication, Control, and Management CCCM* 2009.
- [6] A. Geetha & K. Jamuna. "Smart Metering System", *International Conference on information Communication and Embedded System (ICICES)*, 2013.
- [7] Basri Kul, Mehmet Sen, Kubra Kas , IP "Based Smart Energy Metering with Energy Saving", *Proc. XXV International Scientific Conference Electronics- ET2016*, September 12-14, 2016, Sozopol, Bulgaria
- [8] Giuseppe Anastasi, Francesco Corucci, Francesco Marcelloni "An Intelligent System for Electrical Energy Management in Buildings", *11th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA)*, 2011.
- [9] Sneha Chauduri, Purvang Rathod, Ashfaq Shaikh, "Smart Energy Meter Using Arduino and GSM", *International Conference on Trends in Electronics and Informatics ICEI*, 2017.
- [10] Jayant. P *et al*, "Real Time Energy Measurement Using Smart Meter", *International Conference on Green Engineering and Technologies (IC-GET)*, 2016
- [11] Sarwar Shahadi *et al*, "Design and Implementation of Digital Energy Meter with data sending capability using GSM Network", *Proceeding of 2nd International Conference on Advances in Electrical Engineering (ICAEE)*, Dhaka, Bangladesh, 2013.
- [12] Zdravko Liposcak, Maris Boskovic, "Survey of Smart Metering Communication Technologies". *EuroCon* 2013, Zagreb, Croatia, 1-4 July 2013.
- [13] Peter Dukan, Attila Kovari (2013), "Cloud-based smart metering system", *14th IEEE International Symposium on Computational Intelligence and Informatics CINTI*, Budapest, Hungary, 2013.
- [14] Karthikeyan S, Bhuvaneswari P.T.V, "IoT Based Real-Time Residential Energy Meter Monitoring System", *Trends in Industrial Measurement and Automation (TIMA)*, 2017
- [15] Andrzej Ozadowicz, Jakub Grela, "Control Application for Internet of Things Energy Meter – a Key Part of Integrated Building Energy Management System", *IEEE 20th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA)*, 2015
- [16] Daniel Schachinger, Wolfgang Kastner, "Model-Driver Integration of Building Automation Systems into Web Service Gateways", *IEEE World Conference on Factory Communication Systems (WFCS)*, 2015
- [17] Nam Ky Giang, Seonghoon Kim, Daeyoung Kim, "Extending the EPCIS with Building Automation Systems: a New Information System for the Internet of Things", *Eighth International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS)*, 2014.
- [18] Wolfgang Kastner *et al*, "Building Automation Systems Integration into the Internet of Things The IoT6 approach, its realization and validation", *IEEE Emerging Technology and Factory Automation (ETFA)*, 2014.
- [19] Markus Jung, Jürgen Weidinger, Cedric Crettaz Alex Olivieri, Yann Bocchi, "A Transparent IPv6 Multi-protocol Gateway to Integrate

- Building Automation Systems in the Internet of Things”, *IEEE International Conference on Green Computing and Communications (GreenCom)*, 2012.
- [20] Jean-Philippe Vasseur, Adam Dunkels, “Interconnecting Smart Objects with IP The Next Internet”, *Elsevier Inc*, 2013
- [21] Hendro Wicaksono, Sven Rogalski, Enrico Kusnady, “Knowledge-based Intelligent Energy Management Using Building Automation System”, *Conference Proceedings IPEC, 2010*.
- [22] Ziyang Jiang, “An Information Platform for Building Automation System”, *IEEE International Conference on Industrial Technology, ICIT, 2005*.
- [23] Foteini Beligianni et al, “An Internet Of Things Architecture For Preserving Privacy Of Energy Consumption”, *Mediterranean Conference on Power Generation, Transmission, Distribution and Energy Conversion (MedPower)*, 2016.
- [24] Nicholas Liew Long Guang, Thillainathan Logenthiran, Khalid Abidi. “Application of Internet of Things (IoT) for Home Energy Management”, *IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC)*, 2017.
- [25] Bahaa Eldin El-Shweky et al, “Internet of Things: A Comparative Study”, *IEEE 8th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)*, 2018
- [26] Archana Bhat, Geetha V, “Survey on Routing Protocols for Internet of Things”, *7th International Symposium on Embedded Computing and System Design (ISED)*, 2017.
- [27] Jaime Lloret et al, “An Integrated IoT Architecture for Smart Metering”, *IEEE Communications Magazine*, Volume:54, Issue:12 Pages:50-57, 2016.
- [28] Visalatchi S, Kamal Sandeep K, Smart “Energy Metering and Power Theft Control using Arduino & GSM”, *2nd International Conference for Convergence in Technology (I2CT)*, 2017.
- [29] Chwan-Hwa Wu, J. David Irwin, Introduction To Computer Networks and Cybersecurity. Taylor & Francis Group, LLC, 2013.