

Manajemen Pemakaian Pulsa Listrik Pelanggan Meter Prabayar

Alifa Annisa Amru¹, Ira devi Sara², Syahrizal³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf, No. 7, Banda Aceh, 23111, Indonesia

¹alifaannisaamru@gmail.com

³syahrizal.ee@unsyiah.ac.id

²ira.sara@unsyiah.ac.id

Abstrak— Salah satu kekurangan sistem kWh meter digital prabayar adalah tidak dapat melakukan pemantauan pemakaian energi listrik secara *real time*, sehingga token listrik habis sebelum waktu yang direncanakan karena pengguna sulit mengontrol penggunaan energi listrik. Pada penelitian ini dilakukan monitoring penggunaan energi listrik secara *real time* berbasis IoT dan pengontrolan penggunaan energi listrik per hari agar token listrik habis dalam waktu yang diinginkan. Monitoring penggunaan energi listrik dilakukan dengan menghasilkan *smart kWh* meter berbasis nodeMCU menggunakan sensor PZEM-004t. Hasil monitoring dikirimkan ke internet dan dapat dilihat oleh pengguna melalui website. Alat ini mengirimkan notifikasi apabila penggunaan energi listrik sudah mencapai 75% atau 85% dari batas harian maksimum dan apabila pulsa listrik pengguna akan habis. Alat ini juga memungkinkan pengguna untuk mengisi token listrik melalui website. Hasil penelitian ini diperoleh persentase galat pengukuran sensor dibawah 5 %. *Smart kWh* meter mampu mengirimkan data ke internet dan melakukan perhitungan batas pemakaian per hari dan sisa pulsa listrik pengguna. *Smart kWh* meter juga mampu mengirimkan notifikasi ke email pengguna sebagai upaya membantu pengguna dalam manajemen penggunaan energi listrik agar token listrik habis dalam waktu yang direncanakan. Pengguna juga dapat mengisi token listrik melalui website. Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa *Smart kWh* meter terpercaya dapat mengukur energi listrik secara akurat serta berhasil melakukan monitoring penggunaan energi listrik secara *real time*. *Smart kWh* berhasil dalam upaya membantu pengguna dalam manajemen penggunaan energi listrik dan membuat pengguna dapat mengisi token melalui website.

Kata Kunci— *Smart kWh* Meter, Listrik Prabayar, IoT, Manajemen Pulsa Listrik.

I. PENDAHULUAN

Konsumsi energi listrik di sektor rumah tangga tergolong boros karena masyarakat belum bisa mengatur konsumsi energi listrik dengan baik [1]. Hal ini menunjukkan bahwa upaya pemerintah dalam menekan dan menstabilkan penggunaan listrik perlu memperhatikan perilaku pengguna listrik dari sektor rumah tangga. Individu dalam rumah tangga diyakini mampu menjadi agen yang efektif dalam upaya penghematan energi listrik, karena tumbuhnya kesadaran dari tiap individu rumah tangga terhadap pentingnya upaya penghematan listrik diyakini akan berdampak pada keberhasilan penghematan energi listrik

secara nasional. Penghematan energi listrik yang dimaksud adalah tindakan mengurangi jumlah penggunaan energi listrik. Oleh sebab itu perlu adanya manajemen penggunaan energi listrik yang dilakukan oleh individu dalam rumah tangga. Manajemen penggunaan energi listrik adalah suatu langkah pengaturan penggunaan energi listrik dengan tujuan untuk mengurangi penggunaan energi listrik sehingga mengurangi biaya pemakaian energi listrik [2].

Seiring perkembangan teknologi, saat ini pengukuran konsumsi energi listrik juga dapat dilakukan dengan menggunakan *Smart* meter. *Smart* meter merupakan suatu solusi manajemen energi yang memungkinkan konsumen untuk memperoleh data statistik konsumsi energi listrik secara terperinci [3]. *Smart* meter memiliki dua fungsi utama yaitu pengukuran dan komunikasi. Komunikasi yang dimaksud adalah *smart* meter dapat mencatat, menyimpan, dan memberikan informasi yang akurat secara otomatis, dan informasi tersebut dapat diakses dimana saja dan kapan saja [4]. Sistem pengukuran energi listrik yang digunakan oleh PLN saat ini yang paling terbaru adalah sistem kWh meter digital prabayar. Pada sistem ini terdapat beberapa kekurangan yaitu belum efisien untuk beberapa konsumen terutama yang berpenghasilan rendah atau sedang mengalami kesulitan ekonomi, karena konsumen tidak siap secara keuangan ketika pulsa listrik habis sebelum waktu yang diinginkan [5]. Oleh karena itu perlu adanya sistem manajemen yang memungkinkan konsumen menyadari konsumsi energi listriknya serta memungkinkan pembatasan penggunaan energi listrik harian. Sistem kWh meter digital prabayar saat ini juga tidak dapat melakukan pemantauan secara *real time* kepada pengguna, sehingga masih sering terjadi pemadaman karena token listrik habis. Salah satu keluhan masyarakat akan listrik prabayar adalah pulsa listrik yang tiba-tiba habis dan meteran yang berbunyi berisik ketika pulsa listrik habis [6]. Selain itu, pelanggan juga tidak mengetahui pemakaian energi listrik per hari, ketidaktahuan pelanggan akan pemakaian energi listrik per hari mengakibatkan kesadaran pelanggan akan hemat energi menjadi rendah, pelanggan tanpa sadar boros dalam memakai energi listrik sehingga biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan energi listrik sering diluar perkiraan dan token listrik habis sebelum waktu yang direncanakan, hal ini menyebabkan terjadinya pemadaman pada waktu yang tidak

diharapkan. Untuk mengatasi permasalahan ini, maka perlu dilakukan pemantauan dan pengontrolan penggunaan energi listrik setiap hari agar token listrik dapat habis dalam waktu yang diinginkan.

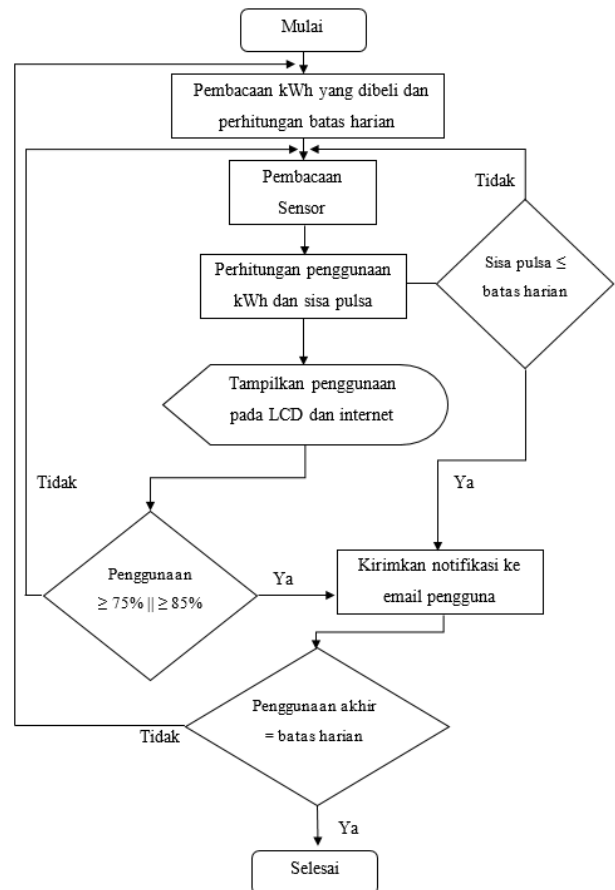
Pada penelitian ini akan dirancang *smart kWh* meter yang akan memonitoring pemakaian energi listrik per hari secara *real time* berbasis IoT dan manajemen pulsa listrik pelanggan meter Prabayar 6 A dengan menentukan serta mengontrol pemakaian energi listrik maksimum per hari. Monitoring dilakukan dengan mengukur arus, tegangan, daya, faktor daya, dan frekuensi listrik AC menggunakan sensor PZEM-004t. Hasil monitoring akan dikirim oleh nodeMCU ke internet. Alat ini akan melakukan kalkulasi besar batas harian pemakaian energi listrik maksimum per hari, dan ketika pemakaiannya sudah mencapai 75% atau 85% dari batas harian maksimum per hari maka akan dikirimkan notifikasi melalui email. Notifikasi juga akan dikirimkan ketika pulsa listrik pengguna diperkirakan akan habis dalam waktu 24 jam. *Smart kWh* meter memungkinkan pengguna untuk mengisi token listrik melalui website. Selain itu, alat ini juga dapat menampilkan informasi berupa grafik arus, tegangan, daya, faktor daya, frekuensi, dan energi listrik yang dikonsumsi. Informasi tersebut dapat dilihat oleh pengguna melalui website.

II. METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem Manajemen Pulsa Listrik Prabayar

Gg Pada tahapan ini dilakukan perancangan *software* untuk menentukan sistem kerja dari *smart kWh* meter dalam manajemen pulsa listrik. *Software* yang digunakan pada penelitian ini adalah Arduino IDE dengan menggunakan bahasa pemrograman C dan untuk membuat website serta menghubungkannya ke database digunakan bahasa pemrograman php dan html.

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa sistem manajemen penggunaan pulsa listrik dimulai pada saat pengguna membeli pulsa listrik. Sistem akan menghitung batas harian penggunaan pulsa listrik agar pulsa listrik yang dibeli oleh pengguna dapat habis dalam waktu yang diinginkan. Batas harian akan berubah setiap hari berdasarkan penggunaan energi listrik harian pengguna. Jika penggunaan energi listrik hari ini lebih sedikit dari batas harian hari ini, maka batas harian penggunaan energi listrik untuk hari berikutnya akan lebih besar, begitu juga sebaliknya. Sistem manajemen pulsa listrik Prabayar juga membaca data yang dikirimkan oleh sensor untuk menghitung penggunaan energi listrik dan sisa energi listrik yang dapat digunakan. Sistem manajemen ini menampilkan penggunaan energi listrik ke LCD dan ke website yang dapat diakses menggunakan internet agar dapat dilihat oleh pengguna. Sistem manajemen pulsa listrik Prabayar ini berupa pengiriman notifikasi ke email pengguna sebagai pengingat penggunaan energi listrik harian.



Gambar 1. Flowchart Software

Notifikasi yang dikirimkan oleh sistem ada 3 jenis, yaitu notifikasi ketika penggunaan hari ini sudah $\geq 75\%$ dari batas harian, notifikasi ketika penggunaan hari ini sudah $\geq 85\%$ dari batas harian, dan notifikasi ketika sisa pulsa listrik lebih sedikit atau sama dengan batas harian penggunaan energi listrik. Notifikasi pertama yaitu ketika penggunaan energi listrik hari ini sudah $\geq 75\%$ dari batas harian, notifikasi ini dikirimkan ke email pengguna dengan tujuan agar pengguna dapat merencanakan pemakaian energi listrik yang tersisa. Notifikasi selanjutnya yaitu ketika penggunaan hari ini sudah $\geq 85\%$ dari batas harian, notifikasi ini dikirimkan bertujuan agar pengguna segera mematikan beberapa perangkat elektronik yang dirasa tidak sangat diperlukan agar penggunaan energi listrik hari ini tidak melebihi batas harian. Dan notifikasi ketika sisa pulsa listrik lebih sedikit atau sama dengan batas harian penggunaan energi listrik dikirimkan agar pengguna segera mengisi pulsa listrik dalam waktu 24 jam, sehingga penggunaan energi listrik tetap berlanjut tanpa ada pemadaman karena pulsa listrik habis.

B. Implementasi Hasil Rancangan ke Smart kWh Meter

Rancangan *software* sistem manajemen pulsa listrik Prabayar di-upload ke mikrokontroler nodeMCU ESP8266 pada *smart kWh* meter dan ke web hosting. Skema

perancangan *Smart kWh meter* dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut.

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa peralatan yang diperlukan untuk membuat *smart kWh meter* pada penelitian ini adalah sensor PZEM-004t, nodeMCU ESP8266, LCD, relay dan beban. Sensor PZEM-004t pada penelitian ini berfungsi untuk mengukur nilai tegangan, arus, frekuensi, daya aktif, dan faktor daya listrik dengan input berupa sumber AC. Pada penelitian ini juga digunakan relay sebagai pemutus arus listrik ke beban jika arus yang terukur oleh sensor melebihi 6A dan jika pulsa listrik pengguna sudah habis. Sensor PZEM-004t akan mengirimkan data pengukuran ke mikrokontroler nodeMCU ESP8266 untuk dikirimkan ke internet agar dilakukan monitoring, kalkulasi dan pengontrolan. Mikrokontroler ini juga menampilkan hasil pengukuran ke LCD. mikrokontroler nodeMCU ESP8266 berperan dalam pembacaan sensor, pengiriman data ke internet, penerimaan data dari internet, dan menentukan kerja relay. Bentuk *flowchart* sistem kerja nodeMCU dapat dilihat pada Gambar 3. Dari Gambar 3 dapat diamati bahwa nodeMCU membaca data hasil pengukuran sensor PZEM 004t kemudian menghitung besar energi listrik, daya reaktif dan daya semu dari hasil pengukuran sensor. Selanjutnya informasi tersebut ditampilkan pada LCD. NodeMCU menerima data sisa kwh dari database dengan mengakses halaman php yang telah dibuat. Setelah itu, nodeMCU akan memeriksa apakah arus yang terukur lebih besar dari 6 A atau apakah sisa kwh sudah habis. Jika salah satu kondisi tersebut atau keduanya benar maka nodeMCU akan memerintahkan relay untuk memutuskan arus listrik. NodeMCU juga menghitung besarnya sisa kwh pengguna setelah pemakaian energi listrik dengan cara mengurangi sisa kwh yang diperoleh dari database dengan besar energi listrik yang digunakan, selanjutnya data-data hasil pengukuran sensor dan data hasil perhitungan dikirimkan oleh nodeMCU ke database melalui php untuk ditampilkan ke internet. NodeMCU juga berperan dalam mengirimkan notifikasi-notifikasi ke email pelanggan dengan mengakses halaman php yang telah dibuat jika kondisinya terpenuhi.

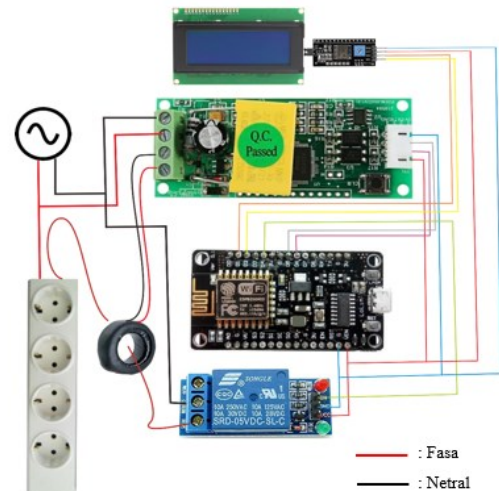
C. Pengujian Alat

Setelah tahap perancangan selesai dilakukan dan menghasilkan luaran berupa prototipe, maka selanjutnya dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan dengan dua tahapan yakni pengujian *smart kWh meter* dan pengujian sistem manajemen penggunaan pulsa listrik.

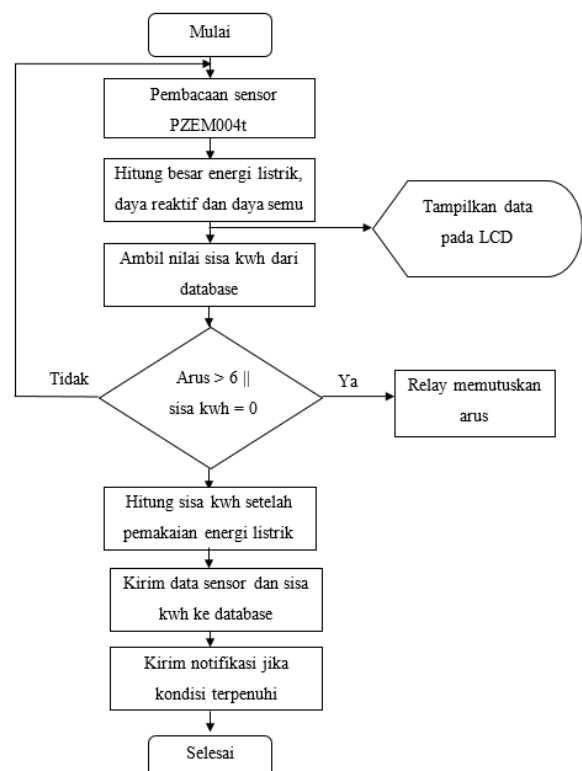
Pengujian *smart kWh meter* dilakukan dengan menguji keakuratan pengukuran sensor PZEM004t. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor dengan hasil pengukuran menggunakan alat laboratorium yaitu power quality meter, dan didapatkan besar galat pengukuran dibawah 5%, sehingga dapat dikatakan akurat berdasarkan standar IEC no.13B-23.

Setelah pengujian *smart kWh meter*, dilakukan pengujian sistem manajemen penggunaan pulsa listrik

dengan menguji keseluruhan prototipe. Prototipe akan diuji dengan menggunakan 2 id pengguna yang berbeda namun perilaku penggunaan beban listrik kedua pelanggan sama, keduanya ingin pulsa listrik dapat habis dalam waktu 7 hari. Beban-beban listrik yang digunakan oleh kedua id pelanggan tersebut sama yaitu beban-beban listrik yang jika dihidupkan bersamaan memerlukan arus maksimum 6 A. Beban-beban tersebut berupa tiga unit kipas angin, dua unit lampu pijar 200 watt, dua unit setrika dan satu unit lampu TL. Berikut ini merupakan tabel tingkat keberhasilan alat:



Gambar 2. Skema Perancangan Alat



Gambar 3. Flowchart Pemrograman NodeMCU

TABLE I
TINGKAT KEBERHASILAN ALAT

Parameter Tingkat Keberhasilan	Status
Pulsa listrik dapat diisi melalui website	Ya
Smart kWh meter dapat menghitung penggunaan energi listrik	Ya
Smart kWh meter dapat menghitung batas harian setiap hari	Ya
Smart kWh meter dapat menghitung sisa pulsa listrik	Ya
Data hasil perhitungan dan pengukuran dikirim ke website	Ya
Notifikasi 1 terkirim saat penggunaan hari ini mencapai 75% dari batas harian	Ya
Notifikasi 2 terkirim saat penggunaan hari ini mencapai 85% dari batas harian	Ya
Notifikasi 3 terkirim saat sisa pulsa pelanggan lebih sedikit daripada batas harian	Ya
Relay memutuskan arus ketika besar arus total pada rangkaian lebih besar dari 6A	Ya
Relay memutuskan arus ketika sisa pulsa listrik pengguna sudah habis	Ya



Gambar 4. Prototipe Smart KWh Meter

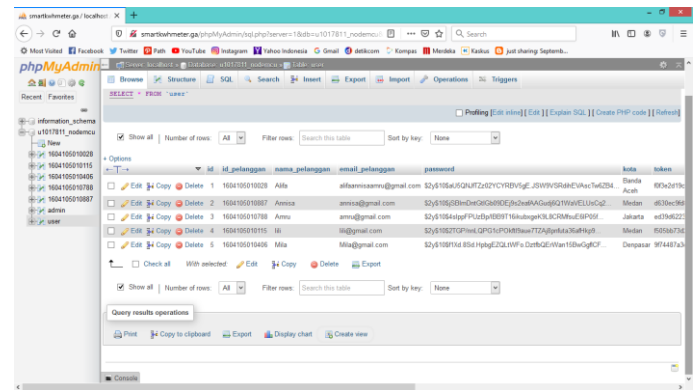
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Prototipe Smart KWh Meter

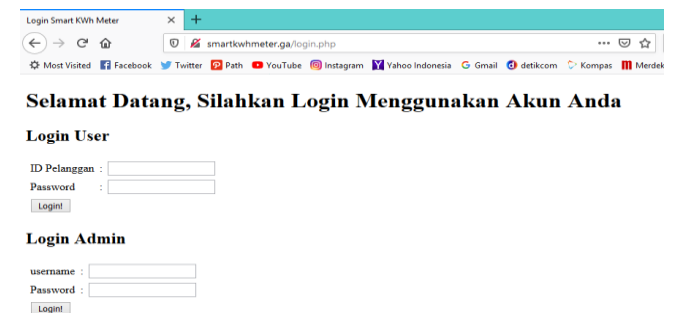
Berikut ini merupakan hasil rancang bangun dari penelitian yang telah dilakukan dan dapat dilihat pada Gambar 4. Pada terlihat bahwa konstruksi dari prototipe smart kWh meter pada penelitian ini terdiri dari beberapa komponen yaitu: sensor PZEM004t-100A, adaptor 5V, relay 1 channel, LCD dimensi 20 x 4, dan nodeMCU ESP8266.

B. MySQL Database

Pada penelitian ini, database MySQL dikelola menggunakan phpMyAdmin. Tampilan database MySQL pada phpMyAdmin dapat dilihat pada Gambar 5 sebagai berikut:



Gambar 5. MySQL Database



Gambar 6. Tampilan Website Smart KWh Meter

Pada Gambar 5 dapat diamati bahwa pada database MySQL terdapat beberapa tabel, yaitu tabel yang terdiri dari 12 digit angka yang merupakan tabel id pelanggan, tabel admin dan tabel user. Tabel id pelanggan memuat data hasil pengukuran oleh sensor dan pengkalkulasian oleh nodeMCU berdasarkan penggunaan listrik pelanggan. Data-data tersebut dikirimkan oleh nodeMCU ke database pada tabel id pelanggan, kemudian akan ditampilkan pada website smart kWh meter di halaman indeks. Tabel admin memuat data yaitu username dan password dari admin, dan tabel user berisi data dari pelanggan selain data penggunaan listrik pelanggan. Ketika admin melakukan registrasi akun pengguna, maka data diri pengguna akan tersimpan di database, sehingga untuk mengakses data pemakaian listrik, pengguna harus masuk ke akunnya sendiri yang sesuai dengan data pelanggan yang tersimpan di database.

C. Website Smart KWh Meter

Website smart kWh meter dapat dibuka dengan mengakses link smartkwhmeter.ga. Tampilan website smart kWh meter dapat dilihat pada Gambar 6.

Website smart kWh meter memiliki beberapa halaman html. Saat mengakses link smartkwhmeter.ga akan tampil seperti Gambar 6 yang merupakan halaman login. Hal ini disebabkan karena adanya perintah session pada bahasa pemrograman php. Pengguna tidak dapat mengakses halaman lain pada website ini sebelum login ke akun user ataupun akun admin. Dengan adanya perintah session

tersebut, maka ada beberapa halaman yang hanya bisa diakses oleh admin, dan halaman lainnya hanya bisa diakses oleh user.

1) Website Khusus Admin

Halaman html yang hanya bisa diakses oleh admin ada 2 yaitu halaman registrasi pelanggan dan halaman isi token. Untuk mengakses halaman tersebut, admin harus menginput username dan password sesuai dengan data yang tersimpan di database MySQL pada tabel admin, jika tidak maka akan muncul notifikasi kesalahan, dan halaman berikutnya tidak dapat terbuka.

a. Halaman Registrasi

Halaman Registrasi

Isi Token! Logout!

ID Pelanggan : 1604105010028

Nama Pelanggan : Alifa

Email Pelanggan : alifaannisaamru@gmail.com

Batas limit (hari) : 30

Kabupaten/kota : Banda Aceh

Daya Terpasang : 1300 VA

Password : *****

Konfirmasi Password : *****

Register!

Gambar 7. Tampilan Halaman Registrasi

Data-data yang diinputkan pada kolom halaman registrasi akan disimpan dalam database tabel user. Kolom ID pelanggan akan diacak oleh sistem dengan id Pelanggan yang belum pernah ada pada database. Data-data yang diinputkan diperlukan untuk sistem mengisi token listrik dan memberikan notifikasi. Ketika tombol register ditekan, maka akan muncul notifikasi yang ditunjukkan pada Gambar 8.

Selamat, akun Alifa telah ditambahkan

ID Pelanggan : 1604105010028

Token : 9bdb0e9f07dafd3104aa

Logout

Gambar 8. Tampilan Notifikasi Akun Ditambahkan

Halaman pada Gambar 8 menunjukkan bahwa pengguna berhasil ditambahkan, data-datanya berhasil diinput ke tabel user di database dan dibuat tabel baru dengan nama tabel yang sama dengan id pelanggan di database. Id pelanggan dan token pada Gambar 8 tersebut selain diinput otomatis ke database oleh php, juga harus diinput manual di koding nodeMCU sebagai identitas nodeMCU dalam mengirim data, jika Id pelanggan dan token tidak sesuai, maka nodeMCU tidak dapat mengirim data ke database.

b. Halaman Isi Token

Isi Token Listrik

ID Pelanggan : 1604105010028

Nama Pelanggan : Alifa

Sisa KWh : 0 KWh

Tanggal Pembelian : 10/08/2020

Tarif Peruntukan : Rumah Tangga

Daya : 1300 VA

Rupiah Pembelian : Rp 50000

Kabupaten / kota : Banda Aceh

Beli Token

(a)

Isi Token Listrik

ID Pelanggan : 1604105010028

Nama Pelanggan : Alifa

Sisa KWh : 0 KWh

Tanggal Pembelian : 10/08/2020

Tarif Peruntukan : Rumah Tangga

Daya : 1300 VA

Rupiah Pembelian : Rp 50000

Kabupaten / kota : Banda Aceh

Beli Token

(b)

Bukti Pembayaran Token Listrik

Tanggal Pembelian	10/08/2020	Tarif Peruntukan	Rumah Tangga
Kabupaten/Kota	Banda Aceh	Daya	1300 VA
a. Rupiah Pembelian	Rp.	50,000.00	
b. Biaya materi	Rp.	0.00	
c. Biaya Admin	Rp.	0	
d. Rupiah PPS	Rp.	4,128.44	
e. Rupiah PPS (9 % x f)	Rp.	45,872	
f. Rupiah token yang dikonversi ke KWh	Rp.	1,467.28	
g. Tarif Listrik	Rp.	31.26 KWh	
h. Besar KWh yang dibeli			
Kode Token :	7143820118		

Logout

(c)

Gambar 9 (a) Halaman Awal Isi Token Oleh Admin, (b) Halaman Isi Token Oleh Admin, (c) Bukti Pembayaran Token Listrik

Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa awalnya admin diminta untuk mengisi id pelanggan, ketika tombol cek ditekan maka akan ditampilkan halaman isi token. Pada halaman tersebut admin diminta untuk mengisi besar rupiah pembelian token listrik, sedangkan data yang lainnya sudah terisi otomatis oleh sistem dan tidak dapat diubah oleh admin. Ketika admin menekan tombol beli token, maka php akan mengkalulasikan besarnya kWh yang didapat sesuai dengan rupiah pembayaran yang dipilih. Selain itu, php juga mengecek sisa kWh pengguna yang terdapat pada database, kemudian php akan menjumlahkan dengan besar kWh pembelian. Jika jumlahnya melebihi batas sisa kWh yang diizinkan pemerintah, maka token tidak dapat dibeli, dan akan dikirimkan pesan informasi bahwa pembelian melebihi batas. Jika tidak melebihi batas maksimum, maka akan ditampilkan bukti pembayaran. Pada tampilan bukti pembayaran token listrik terdapat kode token. Kode token tersebut digunakan oleh pengguna untuk mengisi token melalui akun pengguna, jika kode token belum diinputkan pengguna melalui akunnya, maka sisa kWh atau sisa pulsa

listrik pengguna belum bertambah, dan pengguna juga tidak dapat membeli lagi token listrik sebelum kode token tersebut diinputkan oleh pengguna. KWh yang diperoleh untuk pembelian token listrik sebesar Rp50.000 adalah:

$$kWh = \frac{[(\text{harga voucher} - \text{harga admin} - \text{harga materai} - \text{harga ppn})]}{\frac{\text{TDL}}{(1 + \text{ppi})}}$$

$$kWh = \frac{[(\text{Rp}50.000 - \text{Rp}0 - \text{Rp}0 - \text{Rp}0)]}{\frac{(1 + 9\%)}{\text{Rp}1467,28}}$$

$$kWh = \frac{[(\text{Rp}50.000)]}{(1.09)}$$

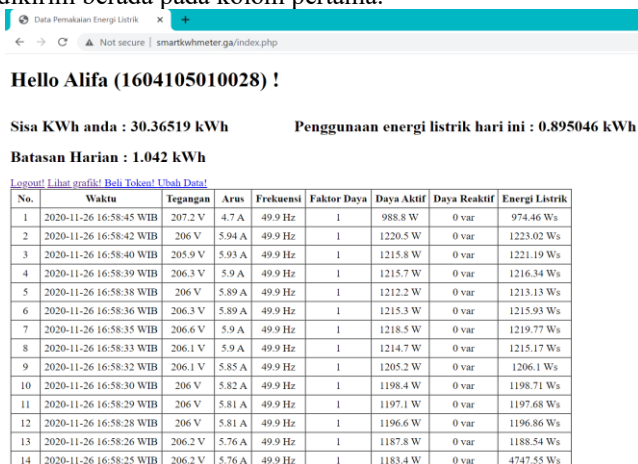
$$kWh = \frac{\text{Rp}45671,56}{\text{Rp}1467,28} = 31.26 \text{ kWh}$$

2) Website Khusus User

Halaman html yang hanya bisa diakses oleh pengguna ada 4 yaitu halaman indeks, halaman grafik, halaman isi token dan halaman ubah data. Untuk mengakses halaman tersebut, pengguna harus menginput id pelanggan dan password sesuai dengan data di database MySQL pada tabel user ketika melakukan registrasi akun, selanjutnya php akan memeriksa apakah data yang diinputkan sesuai dengan data yang tersimpan pada database. Jika tidak, maka akan muncul notifikasi kesalahan dan halaman berikutnya tidak dapat terbuka, hal ini bertujuan agar data pemakaian listrik pengguna tidak dapat dilihat oleh orang lain

a. Halaman Indeks

Halaman indeks merupakan halaman yang berisi tabel pemakaian listrik pengguna dengan urutan data yang baru dikirim berada pada kolom pertama.



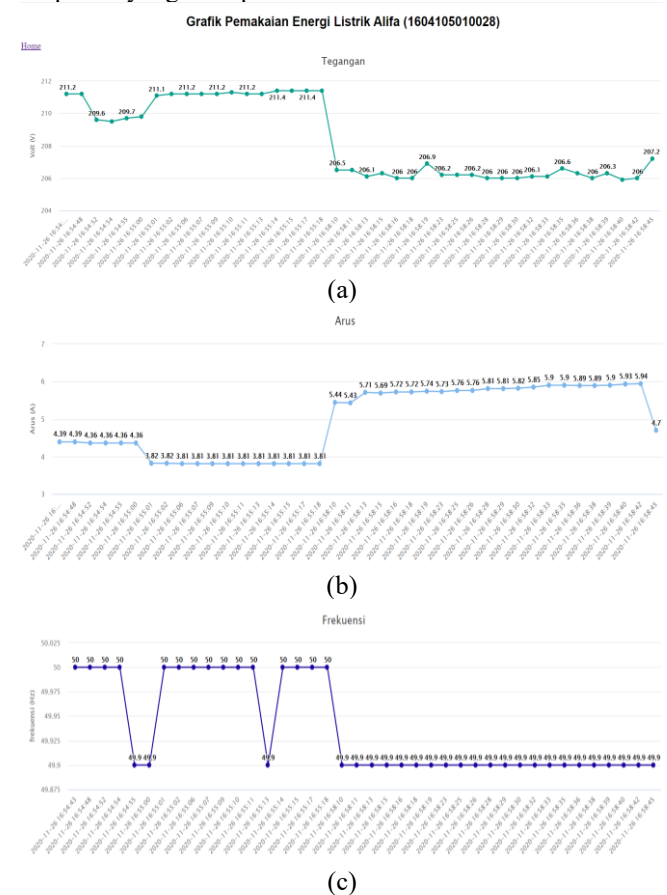
Gambar 10. Tampilan Halaman Indeks

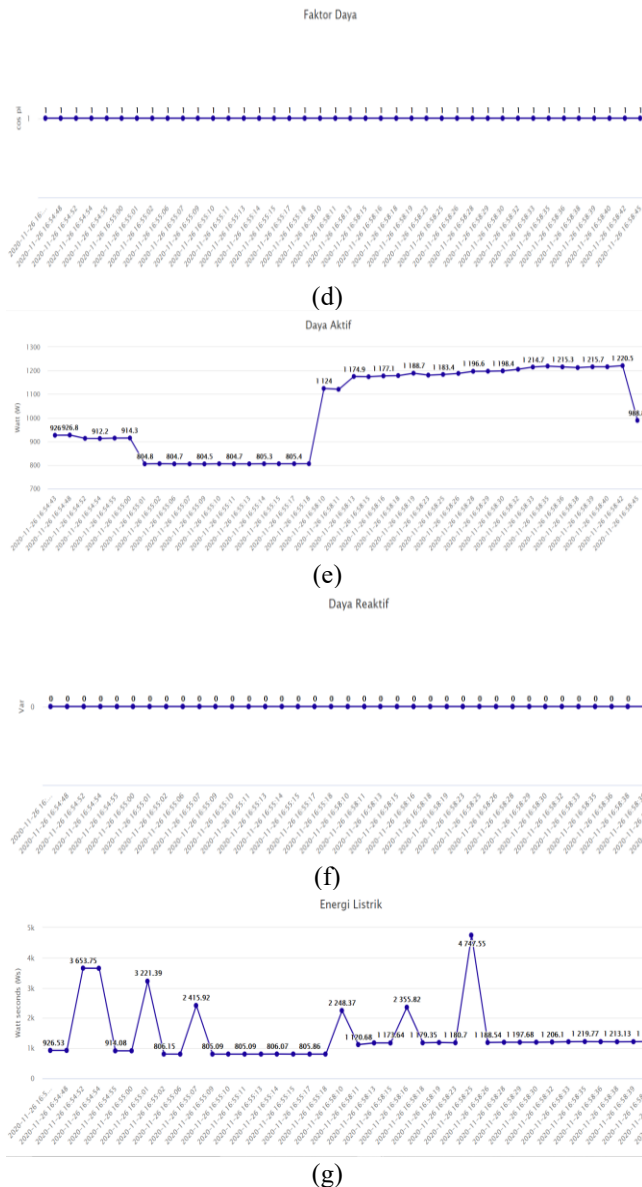
Dari Gambar 10 dapat dilihat pada halaman indeks terdapat data tegangan, arus, frekuensi, faktor daya, daya aktif, daya reaktif dan energi listrik yang dikirimkan oleh nodeMCU kecuali data pada tabel waktu. Data waktu disesuaikan oleh database pada waktu nodeMCU berhasil

mengirimkan data ke database. Dari tabel waktu dapat dilihat bahwa data tidak dikirimkan tiap detik, hal ini dapat disebabkan karena koneksi internet. Namun permasalahan tersebut dapat diatasi oleh nodeMCU dengan menggunakan fungsi millis, sehingga walaupun data yang terkirim tidak tiap detik, namun energi listrik yang dikirimkan tetap akurat dikarenakan energi listrik ketika nodeMCU mengirimkan data ke internet juga diperhitungkan. Pada kolom energi listrik dapat dilihat bahwa besar energi listriknya berubah-ubah dan tidak terus bertambah, hal ini disebabkan karena pada kolom tersebut, energi yang dimaksud adalah energi listrik yang digunakan pada waktu yang ditunjukkan pada baris tersebut dan bukan merupakan akumulasi energi listrik dalam satu hari. Akumulasi energi listrik dalam satu hari dapat dilihat pada penggunaan energi listrik hari ini.

b. Halaman Grafik

Halaman grafik merupakan halaman yang menyajikan data berupa grafik untuk memudahkan pengguna dalam membaca informasi. Data tersebut sesuai dengan data pada halaman indeks. Pada percobaan ini digunakan beban-beban listrik yang membutuhkan arus maksimum sebesar 6A. Beban-beban listrik yang digunakan pada percobaan ini adalah 2 unit setrika dan 2 unit lampu pijar 200 W yang merupakan beban resistif, serta 3 unit kipas angin dan 1 unit lampu TL yang merupakan beban induktif.





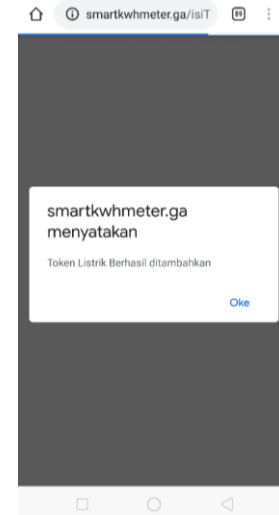
Gambar 11 Tampilan Grafik (a) Tegangan, (b) Arus, (c) Frekuensi, (d) Faktor daya (e) Daya Aktif, (f) daya Reaktif, (g) Energi Listrik

c. Halaman Isi Token

Halaman isi token merupakan halaman untuk menginputkan kode token yang terdapat pada bukti pembelian token listrik yang diberikan oleh admin. Tampilan halaman isi token ditunjukkan pada Gambar 12.

Gambar 12. Tampilan Halaman Isi Token Oleh User

Ketika tombol submit ditekan, jika kode token yang diinput user tidak sesuai dengan kode token pada bukti pembelian, maka akan diberikan notifikasi bahwa kode token yang diinputkan salah. Namun jika kode token yang diinput sesuai, maka akan muncul notifikasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13



Gambar 13. Tampilan Halaman Isi Token Oleh User

Notifikasi ini menandakan bahwa pulsa listrik atau sisa kWh pengguna sudah bertambah. Ketika tombol oke ditekan, maka user akan dibawa kembali ke halaman indeks



Gambar 14. Halaman Indeks Setelah Pengisian Pulsa Listrik

Besar sisa kWh pada Gambar 14 sesuai dengan besar kWh di bukti pembelian. Dapat diamati, batas harian pada Gambar 14 sebesar 1.042, hal ini disebabkan karena pengisian pulsa listrik sebesar 31.26 kWh. Ketika pembelian pulsa listrik berhasil, maka php akan menghitung besar pemakaian batas maksimum pemakaian listrik per hari. Karena pada penelitian ini, akun alifa memilih batas limit hari yaitu 30 hari ketika registrasi akun pengguna, maka php akan melakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Batas limit harian} = \frac{\text{sisa kWh}}{\text{batas limit hari}}$$

$$\text{Batas limit harian} = \frac{31.26 \text{ kWh}}{30 \text{ hari}} = 1.042 \text{ kWh/hari.}$$

d. Halaman Ubah Data

Halaman ini digunakan user untuk mengubah data dirinya seperti nama dan password. Tampilan halaman ubah data dapat dilihat pada Gambar 15.

Gambar 15. Halaman Ubah Data

Ketika tombol ubah data ditekan, maka akan muncul notifikasi bahwa data berhasil diubah. Hal ini menunjukkan bahwa data pengguna yang berada di database pada tabel user sudah berubah sesuai dengan data yang diisikan.

D. Notifikasi Penggunaan Energi Listrik

Dalam satu hari, *smart kWh* meter hanya mengirimkan 3 pesan notifikasi ke email pengguna. Ada 3 jenis notifikasi yang dikirimkan oleh *smart kWh* meter ke email pengguna yaitu notifikasi ketika pemakaian energi listrik hari ini sudah mencapai 75% dari batas harian, notifikasi ketika pemakaian energi listrik hari ini sudah mencapai 85% dari batas harian dan notifikasi apabila sisa pulsa listrik pelanggan sudah kurang dari batas harian.

1) Notifikasi ketika pemakaian mencapai 75% dari batas harian

Notifikasi ini dikirimkan dengan tujuan agar pengguna dapat merencanakan penggunaan energi listrik hari ini yang tersisa 25% dari batas harian dengan baik, sehingga pemakaian listrik hari ini tidak melebihi batas harian. Sebagai contoh, setelah menerima notifikasi ini, pengguna hanya akan menggunakan energi listrik 25% dari batas harian tersebut untuk menyetrika pakaian tanpa menghidupkan dispenser. Tampilan notifikasi ini dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16 Tampilan Notifikasi 1

2) Notifikasi ketika pemakaian mencapai 85% dari batas harian

Notifikasi ini dikirimkan dengan tujuan agar pengguna dapat mematikan beberapa perangkat elektronik yang dianggap tidak terlalu dibutuhkan, sebagai upaya mengurangi pemakaian energi listrik berlebihan sehingga pemakaian listrik tidak melebihi batas harian. Tampilan notifikasi ini dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Tampilan Notifikasi 2

3) Notifikasi ketika sisa pulsa listrik kurang dari batas harian

Notifikasi ini dikirimkan dengan tujuan agar pengguna dapat langsung membeli pulsa listrik pada hari notifikasi ini dikirimkan ke email pengguna, sehingga penggunaan energi listrik dapat terus berlanjut tanpa adanya pemadaman yang disebabkan pulsa listrik habis. Tampilan notifikasi ini dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Tampilan Notifikasi 3

IV. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Prototipe *smart* kWh meter berhasil dibangun sesuai fungsinya yaitu sebagai pengukuran dan pemantauan pemakaian energi listrik setiap hari baik secara langsung maupun melalui internet dengan tingkat error pengukuran dibawah 5%.

Smart kWh meter dapat melakukan upaya membantu pengguna dalam manajemen pemakaian energi listrik dengan membatasi pemakaian listrik harian pengguna kemudian memberikan notifikasi yang berhubungan dengan manajemen penggunaan energi listrik. *Smart* kWh meter juga berhasil membantu pengguna untuk mengisi pulsa listrik melalui website.

B. Saran

Pada penelitian ini, sensor PZEM-004t tidak dapat memberikan informasi apakah faktor daya beban *leading* atau *lagging*. Pada penelitian selanjutnya diharapkan *smart* kWh meter dapat mendeteksi faktor daya *leading* dan *lagging* sehingga dapat dilakukan perkembangan untuk memperbaiki faktor daya listrik, selain itu diharapkan juga pada penelitian selanjutnya, *smart* kWh meter memungkinkan pengguna untuk mematikan beban listrik melalui *smartphone*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji Syukur kepada Allah SWT yang selalu melimpahkan kasih dan sayang-Nya kepada Penulis sehingga Karya Ilmiah ini dapat terselesaikan dengan baik. Terima kasih yang terdalem Penulis sampaikan kepada kedua orang tua serta keluarga besar. Kepada Ibu Dr. Ira devi Sara, S.T., M.Eng.Sc, dan Bapak Ir. Syahrizal, M.T selaku dosen pembimbing Penulis. Kepada Bapak Prof. Dr. Khairul Munadi, S.T, M.Eng. selaku ketua sidang, serta Bapak Syukriyadin. S.T., M.T.dan Bapak Dr. Suriadi, S.T., M.Sc selaku dosen penguji

REFERENSI

- [1] S. M. Metev and V. P. Veiko, *Laser Assisted Microtechnology*, 2nd ed., R. M. Osgood, Jr., Ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1998.
- [2] M. Sholeh and Firdaus, "Analisis Efisiensi Penggunaan Energi Listrik Sektor Rumah Tangga Di pekanbaru Menggunakan Perangkat Lunak LEAP," *Jom FTEKNIK*, vol. 5, no. 1, pp. 1-7, 2018.
- [3] G. Wiyono, "Prinsip Dasar Manajemen Energi," Yogyakarta.
- [4] K. Hutoro, A. Soeprijanto and O. penangsang, *Desain Smart Meter Untuk Memantau Dan Identifikasi Pemakaian Energi Listrik Pada Sektor Rumah Tangga Menggunakan Backpropagation Neural Network*, Surabaya: Tesis Magister Teknik Elektro. ITS, 2015.
- [5] A. Akpolat and E. Dursun, "Advanced Metering Infrastructure (AMI): Smart Meters and New Technology," *International Advanced Technologies Symposium*, pp. 19-21, 2017.
- [6] W. Souza, F. Garcia, A. Moreira, F. Marafao and L. Silva, "Automatic Consumption Management for Prepaid Electricity Meter With NILM," *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTION*, vol. 18, no. 6, pp. 1102-1110, 2020.
- [7] V. and N. A. F.Pulungan, "Analisis Kepuasan Pelanggan PLN Sesudah Menjadi Pelanggan Listrik Prabayar," *Jurnal Ilmiah Manajemen dan Bisnis*, vol. 2, no. 2, pp. 641-661, 2016.