

Rancang Bangun Prototype Meteran Listrik Prabayar

Deni Lumbantoruan¹, Franky Silalahi², Aries Sembiring³, Josua Silitonga⁴

Program Studi Teknik Komputer, Institut Teknologi Del

Jl. Sisingamangaraja Desa Sitoluama Laguboti Telp. (0632) 331234,

E-mail: toruan@del.ac.id¹, frankyparulian@gmail.com², if11051@students.del.ac.id³, if11078@students.del.ac.id⁴

ABSTRAK

This study aims to build a prototype of a prepaid electricity meter by using micro-controller ATmega 328 on Arduino Uno R3 device. The prototype is used for counting and limiting the usage of electricity in a simple circuit. Through the research we have developed the prototype of prepaid electricity meter device that has some functions such as: measuring the electricity usage, provide information about the rest of the quota, and cut off the electricity when the quota has been exhausted. Encryption and decryption method used to generate token is substitution method while the sensor used for input is current sensor. Prototype testing has been conducted. Functions that want to be enforced has been reached and already evaluated such as: calculating the electricity, insert token, translate token to number of the quota and expired day, decrements situation of quota, warning indicator, and final termination function when the quota has been exhausted.

Kata kunci : KWH meter, mikrokontroler, ATmega 328, prototype

1. PENDAHULUAN

Salah satu penyumbang utama pertumbuhan ekonomi Indonesia ialah konsumsi rumah tangga yang tumbuh sebesar 5,28% [1]. Hal ini juga ditandai dengan semakin banyaknya penambahan rumah baru dan industri kreatif yang keseluruhannya menggunakan energi listrik sebagai sumber energi utama. Pertumbuhan ini menyebabkan Perusahaan Listrik Negara (PLN) nantinya semakin kewalahan dalam proses pencatatan konsumsi listrik di setiap rumah tangga. Sehingga dibutuhkan metode baru untuk pembayaran penggunaan energi listrik yang dikenal dengan metode pra-bayar atau metode listrik pintar. Metode prabayar merupakan kebalikan dari metode penggunaan energi listrik yang umum digunakan (pasca-bayar). Salah satu kelemahan metode pasca-bayar yang akan diatasi oleh meteran listrik metode prabayar adalah kesulitan dalam pencatatan konsumsi energi listrik yang membutuhkan usaha yang lebih seperti jumlah pekerja pencatat meteran listrik, transportasi dan waktu. Dengan kondisi ini maka fluktuasi tagihan listrik kadang tidak bisa diprediksi oleh pelanggan. Khususnya di daerah terpencil, karena rumah pelanggan relatif jauh dari pos petugas sehingga petugas pembaca meter tidak disiplin dalam melakukan perkiraan. Akibatnya tagihan pelanggan dimungkinkan untuk naik turun. Karena keadaan ini maka banyak pelanggan akhirnya memilih menggunakan listrik prabayar agar lebih bisa mengukur konsumsi listrik mereka. Karena dengan model penagihan yang tak diukur pasti, jika pelanggan tak sanggup membayar listrik ada risiko denda keterlambatan pembayaran hingga pemutusan layanan listrik jika menunggak. Di samping itu, dengan metode pasca-bayar maka tingkat pencurian listrik yang semakin tinggi.

Metode prabayar menjawab kelemahan yang dimiliki oleh metode pasca-bayar dalam hal efisiensi pengelolaan energi listrik. Dengan metode ini, pengguna akan diarahkan untuk lebih bijak dalam menggunakan energi listrik dan peran petugas pencatatan meteran listrik tidaklah lagi dibutuhkan. Sejauh ini PLN telah menerapkan kedua metode tersebut (prabayar dan pascabayar) untuk meteran listriknya. Dan nantinya diharapkan seluruh meteran listrik di Indonesia menggunakan metode prabayar.

Menurut data dari PLN, jumlah pelanggan listrik prabayar bertambah 1,91 juta pelanggan per akhir 2012 [2]. Dari total pertumbuhan tersebut, 80 persen pelanggan listrik prabayar adalah pelanggan baru, sementara 20 persen adalah pelanggan migrasi. Jumlah pelanggan listrik prabayar PLN tumbuh mendekati 100 persen dalam kurun waktu 2012-2013. Pada awal Mei 2012 jumlah pelanggan listrik prabayar PLN mencapai 5 juta pelanggan, sementara per 13 Mei 2013, jumlah pelanggan listrik prabayar telah mencapai 9,74 juta pelanggan. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan pelanggan listrik prabayar masih akan meningkat di masa-masa mendatang. Di samping peningkatan pelanggan baru, pelanggan listrik prabayar juga dimungkinkan bertambah dari pelanggan listrik pasca bayar yang bermigrasi ke pelanggan listrik prabayar.

Pertambahan jumlah pelanggan listrik prabayar setiap tahunnya tentu akan berpengaruh terhadap kebutuhan meteran listrik prabayar yang harus disediakan oleh PLN. Masalahnya adalah jenis meteran listrik untuk prabayar berbasis elektronik belum banyak diproduksi di dalam negeri. Sehingga jenis meteran listrik prabayar lebih banyak diimpor dari negara China, Eropa, Afrika Selatan, dan lain-lain. Walaupun ada beberapa perusahaan Indonesia yang sudah memproduksi meteran listrik prabayar, tetapi perangkat meteran listriknya masih didominasi oleh komponen impor. Komponen buatan lokal masih di bawah 40%. Dengan demikian penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk merancang dan membuat prototype meteran listrik prabayar yang fungsi dan mekanismenya menyerupai meteran listrik prabayar yang sudah banyak beredar di pasar.

Penelitian ini berkonsentrasi kepada pembangunan prototype meteran listrik prabayar dengan menggunakan mikrokontroler ATmega 328 (Arduino Uno). Prototype yang dibangun diharapkan mampu berfungsi sebagai sistem yang terotomatisasi dalam penghitungan dan juga pembatasan penggunaan daya listrik sesuai kuota yang dimiliki oleh pelanggan. Prototype

meteran listrik Prabayar yang dibangun diharapkan dapat menghitung jumlah daya yang telah dipakai pelanggan, memberi pemberitahuan berupa beep dan lampu LED yang menyala kepada pengguna jika kuota yang dimiliki pengguna sudah lebih kecil sama dengan 20 KWH, dan akan memutus arus listrik yang mengalir menuju pelanggan jika kuota yang dimiliki pelanggan sudah habis.

Selanjutnya paper ini disajikan dalam beberapa bagian yaitu: Bagian 2 mengandung penelitian-penelitian yang berhubungan dengan penelitian kami. Bagian 3 mengandung perancangan sistem. Bagian 4 berisi implementasi, pengujian dan diskusi terhadap hasil pengujian. Akhirnya, kesimpulan disampaikan pada bagian 5.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Kilo Watt Hour (KWH) meter adalah alat yang digunakan oleh pihak Perusahaan Listrik Negara (PLN) untuk menghitung besar pemakaian daya konsumen [2]. KWH Meter Prabayar menyediakan informasi jumlah energi listrik (KWH) yang dapat dipakai pelanggan. Persediaan atau kuota tersebut bisa ditambah berapa saja dan kapan saja sesuai pilihan harga yang ditentukan dan kebutuhan serta keinginan pelanggan. Dengan demikian, pelanggan bisa lebih mudah mengontrol penggunaan listrik dengan mengatur sendiri jadwal dan jumlah pembelian listrik. Dengan sistem Prabayar, pelanggan tidak perlu berurusan lagi dengan pencatatan meteran yang biasanya dilakukan tiap bulan dan resiko kesalahan dalam pencatatan meteran akan lebih kecil.

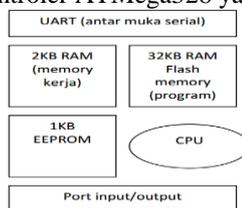
Listrik dari PLN yang akan dialirkan ke rumah (beban), akan terlebih dahulu dialirkan melalui MCB yang berfungsi sebagai pembatas arus sekaligus pengamanan bila terjadi short circuit. Kemudian pada aliran listrik dari PLN ke pelanggan dipasang sensor arus yang berfungsi untuk menghitung penggunaan arus listrik. Setelah daya yang digunakan dihitung, kuota yang dimiliki pelanggan akan dikurangi sebesar daya yang telah digunakan.

Jika sisa kuota hampir habis maka akan ada pemberitahuan berupa suara yang dihasilkan oleh buzzer dan disertai menyalnya lampu LED yang menandakan KWH meter akan habis dan harus diisi kembali. Jika pelanggan tidak menambah kuota sampai kuota yang dimiliki pelanggan habis, maka KWH meter akan memutus supply daya yang mengalir ke pelanggan akan terputus.

KWH Meter Prabayar memiliki komponen utama yaitu mikrokontroler dan komponen pendukung lainnya seperti: kontaktor, RTC (real time clock), keypad, LCD, relay, dan sensor arus. Mikrokontroler merupakan chip pintar yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan dapat menyimpan program yang berjalan[2]. Mikrokontroler mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang dapat ditulis dan dihapus. Mikrokontroler terdiri dari CPU (Central Processing Unit), memori, input/output, dan perangkat yang telah terintegrasi sehingga mikrokontroler dapat dikatakan sebagai komputer mini yang dapat bekerja secara inovatif sesuai dengan kebutuhan sistem.

Arduino merupakan sebuah platform dari *physical computing* yang bersifat open source yang mengandung mikrokontroler di dalam sistemnya. Arduino tidak hanya sekedar alat pengembangan, tetapi merupakan kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan IDE (Integrated Development Environment) [3]. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan dalam menulis program, meng-compile menjadi kode biner dan meng-upload ke dalam memory mikrokontroler. Ada banyak proyek dan alat yang telah dikembangkan menggunakan Arduino, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak lain untuk bisa disambungkan dengan Arduino. Secara umum Arduino terdiri dari dua bagian, yaitu hardware dan software. Hardware terdiri dari papan Input/Output(I/O) sedangkan software terdiri dari IDE, driver untuk koneksi dengan komputer.

Untuk memberikan gambaran mengenai apa saja yang terdapat di dalam sebuah mikrokontroler, pada Gambar 1, diperlihatkan diagram komponen utama dari mikrokontroler ATmega328 yang terdapat pada Arduino Uno.



Gambar 1 Komponen Mikrokontroler ATmega 328

Pada awalnya metode penyandian substitusi adalah penyandian dengan cara mengganti huruf/karakter teks asli ke dalam huruf/karakter lain sebagai teks sandinya, baik setiap huruf/karakter ataupun setiap kelompok huruf/karakter atau kombinasi dari keduanya.

Dalam metode penyandian substitusi sederhana, deretan alfabetik bisa berupa deretan dari A sampai Z yang disebut deret langsung, ataupun kebalikannya dari Z ke A yang disebut deret inversi (kebalikan), namun dapat pula berupa deretan acak berkunci ataupun tidak berkunci.

Kemudian, dalam perkembangannya, dalam metode penyandian substitusi modern, digunakan sebuah program aplikasi tertentu dimana teks asli yang berbentuk kumpulan karakter dalam sebuah file digital diganti dengan kumpulan karakter lain secara digital pula sehingga menghasilkan file sandi yang siap dikomunikasikan. Untuk membaca teks aslinya dari teks sandi, cukup dengan membalikkan proses penyandiannya.

Token pada KWH meter sama halnya seperti pulsa pada telepon seluler, pelanggan terlebih dahulu membeli token yang terdiri dari 20 digit nomor. 20 digit nomor token terdiri dari 11 digit nomor seri pelanggan, 6 digit tanggal kadaluarsa penggunaan, 2 digit jumlah kuota token, dan 1 digit sebagai *checking* apakah kode valid atau tidak. Kode dari token yang telah

didapatkan mengandung nomor seri dari KWH meter pelanggan, sehingga voucher tidak dapat dipakai untuk KWH meter lain dan voucher hanya dapat digunakan sekali pakai saja.

Penelitian untuk membangun prototype meteran listrik KWH meter Prabayar telah dilakukan oleh beberapa kelompok peneliti. Pada [4] dilakukan rancang bangun KWH Meter Prabayar untuk pelanggan dengan fasa tunggal melalui PLC (Power Line Carrier) Berbasis Mikrokontroler. KWH Meter ini dibuat dengan menggunakan meter KWH digital yang digabungkan dengan mikrokontroler. Dan untuk sarana komunikasinya menggunakan modem PLC (Power Line Carrier). Artinya data dilewatkan melalui jaringan listrik bertegangan, sehingga tidak perlu membangun infrastruktur baru untuk jalur komunikasinya. Dengan menggunakan modem PLC data dari mikrokontroler diubah menjadi gelombang analog berdasarkan fungsi frekuensi FSK (Frequency Shift Keying). Teknik ini mempunyai tingkat kekebalan terhadap noise (sinyal gangguan) yang cukup baik. Dengan pengaturan lebar data yang tepat dan frekuensi dari gelombang carrier, data dapat dikirimkan dengan baik meskipun jarak yang ditempuh cukup jauh.

Pada [5] dilakukan penerapan sistem listrik PLN Prabayar dengan penggunaan dan pengoperasian KWH Meter Prabayar secara IT dalam E-Payment sistem pulsa listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan desain sistem pembayaran dan pengisian pulsa listrik Prabayar secara online. Sistem listrik Prabayar yang sedang berjalan masih menuai banyak permasalahan, misalnya saja sistem masih mengharuskan pelanggan listrik untuk membeli pulsa listrik secara offline dengan mendatangi outlet-outlet penjualan token listrik, ATM, ataupun melalui perantara pihak ketiga.

Diharapkan sistem pembayaran dan pengisian pulsa listrik secara online dapat mengatasi permasalahan yang ada. Pelanggan dapat melakukan pengisian pulsa kapan saja secara online melalui website dan realtime. Metode analisis penelitian yang digunakan adalah analisis kuantitatif dan analisis kualitatif untuk mengukur respons pelanggan terhadap sistem listrik Prabayar yang berjalan. Hasil dari implementasi sistem listrik Prabayar secara online ini diharapkan dapat mendukung perusahaan PLN dalam mengembangkan perencanaan strategi teknologi informasi dan menghasilkan inovasi baru yang dapat menyelesaikan permasalahan pada sistem listrik Prabayar sebelumnya. Kesimpulan dari penelitian ini bahwa pembayaran dan pengisian pulsa listrik Prabayar yang efektif dan efisien mempunyai pengaruh terhadap kepuasan dan kenyamanan pelanggan.

Pengembangan prototype KWH Meter Prabayar dengan masukan voucher secara remote melalui web browser dilakukan pada [6]. Pada penelitian ini dilakukan inovasi pengembangan sistem instrumentasi dan kendali energi listrik atau KWH meter dengan sistem Prabayar. Sistem Prabayar ini menggunakan voucher yang digunakan sebagai masukan sistem kendali on/off pada aliran daya. Sistematis pemasukan voucher kedalam sistem menggunakan Ethernet yang terhubung dengan laptop. Kemudian informasi dari sistem tersebut dapat diakses melalui web browser. Sistem ini dirancang menggunakan Arduino UNO berbasis ATmega 328 sebagai kontroler, Arduino Ethernet Shield sebagai modul ethernet, sensor ACS712 30 A sebagai pendeteksi nilai arus, dan juga menggunakan sensor tegangan yang di buat dengan prinsip penyearah arus dan rangkaian pembagi tegangan. Mekanisme perhitungan penggunaan energi listriknya dilakukan akumulasi yang dihitung tiap detik, dan perhitungan ini akan digunakan untuk mengurangi nilai voucher yang ada. Sistem ini juga dilengkapi dengan alarm sebagai peringatan apabila voucher telah mencapai nilai ≤ 20 KWH. Purwarupa KWH meter Prabayar ini berhasil dibuat dengan baik dan diketahui bahwa sensor arus pada sistem ini memiliki kesalahan pembacaan sebesar $2 \pm 1 \%$, sensor tegangan sebesar $4 \pm 2 \%$ dan kesalahan perhitungan KWH pada sistem ini sebesar $5 \pm 1\%$. Sistem ini juga berhasil melakukan penginputan voucher melalui ethernet dengan web browser.

Pada [7] dilakukan penelitian untuk merancang dan membangun KWH Meter ukur listrik 1 fasa rumah tangga. KWH Meter berfungsi untuk mencatat energi terpakai oleh pengguna energi listrik. Pada penelitian ini dilakukan perancangan pengembangan pada sisi tampilan yang dapat memudahkan dalam pembacaannya, karena dari kesalahan dalam pembacaan KWH meter berakibat di pihak penyedia jasa listrik mengalami kerugian dan pembukuan yang dilakukan menjadi tidak teratur, sedangkan di pihak konsumen akan terjadi ketidak sesuaian antara jumlah rekening yang harus dibayar dengan pemakaian listrik yang tercatat selain itu pelanggan dapat lebih sulit dalam melakukan kontrol jumlah pemakaian listrik tiap bulan. Pada penelitian ini menggunakan IC energy metering ADE 7757 dengan masukan tegangan dan arus dan menghasilkan keluaran pulsa sebanding dengan energi terpakai. Mikrokontroler AVR ATmega 8535 sebagai penghitung jumlah keluaran pulsa dari IC ADE 7757 serta melakukan perhitungan tarif-tarif dasar listrik yang berlaku.

3. PERANCANGAN SISTEM

Pada bagian ini akan dibahas mengenai analisis terhadap masalah dari sistem yang akan dibangun secara lebih mendalam, menganalisis kebutuhan yang diperlukan dan alternatif solusi yang ditawarkan dan perancangan sistem.

3.1. Analisis sistem

Sistem yang akan dibangun ini merupakan suatu *prototype* yang dibuat untuk melakukan pemantauan terhadap penggunaan daya listrik. *Prototype* ini terdiri dari perangkat mikrokontroler, perangkat lunak pengenkripsi token, dan kode program yang akan dimasukkan ke dalam mikrokontroler.

Perangkat lunak pengenkripsi token akan menghasilkan kode unik yang disebut dengan kode token, yang akan menjadi masukan ke dalam perangkat mikrokontroler. Kode ini merupakan hasil enkripsi dari id pelanggan, waktu kadaluwarsa token, kode kuota, dan digit tambahan yang digunakan untuk pengecekan keabsahan token. Setelah token tersebut berhasil diinputkan ke dalam mikrokontroler, kode program yang telah dimasukkan ke dalam mikrokontroler akan membaca dan mendekripsi token tersebut. Sehingga perangkat akan menambahkan kuota sesuai dengan kode kuota yang terdapat di token yang diperoleh pelanggan tersebut. Kemudian perangkat akan melakukan pengurangan terhadap kuota yang dimiliki pelanggan sesuai besaran penggunaan daya listrik yang diperoleh dari sensor arus. Signal *beep* dan nyala lampu LED akan diberikan oleh

mikrokontroler jika kuota yang dimiliki pelanggan lebih kecil sama dengan 20 KWH. Jika kuota yang dimiliki pelanggan sudah habis, maka mikrokontroler akan memberi sinyal ke relay untuk memutus arus listrik.

Analisis sistem yang akan dibangun

Sistem yang dibangun akan menggunakan sistem Prabayar, dimana pengguna mengeluarkan uang/biaya lebih dulu untuk membeli energi listrik yang akan dikonsumsi. Besar energi listrik yang telah dibeli oleh pelanggan dimasukkan ke dalam meter listrik Prabayar yang terpasang dilokasi pelanggan melalui sistem ‘token’ (pulsa).

Meteran listrik Prabayar menyediakan informasi jumlah energi listrik (KWH) yang masih bisa dikonsumsi. Persediaan kWh tersebut bisa ditambah berapa saja dan kapan saja sesuai kebutuhan dan keinginan pengguna. Dengan demikian, pengguna bisa lebih mudah mengoptimalkan konsumsi listrik dengan mengatur sendiri jadwal dan jumlah pembelian listrik. Dengan menggunakan meteran listrik Prabayar, pelanggan tidak perlu berurusan dengan pencatatan meter yang biasanya dilakukan setiap bulan, dan tidak perlu terikat dengan jadwal pembayaran listrik bulanan.

Pada meteran listrik Prabayar, terdapat LCD untuk menampilkan informasi kuota yang dimiliki pengguna. Keypad berfungsi sebagai media untuk memasukkan kode voucher yang telah dibeli. Terdapat LED indikator tarif yang akan menyala jika kuota yang dimiliki pelanggan hampir habis dan atau sudah habis. Kontraktor status LED berfungsi untuk menandakan status aliran listrik ke pengguna. Terdapat pula Nomor Seri Meter sebagai id identik yang dimiliki perangkat yang digunakan ketika ingin membeli voucher listrik. Untuk gambaran lebih jelas terhadap *prototype* yang akan dibangun dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Meteran Listrik Prabayar

Penghitungan Arus yang Mengalir

Prototype melakukan pengambilan data besar arus yang mengalir pada sensor arus setiap 30 detik. Data ini dianggap dapat mewakili besar arus yang mengalir pada tenggang waktu tertentu. Data yang diambil dikalikan dengan 30 untuk memperkecil cakupan data arus yang tidak berhasil ditangkap oleh sensor arus. Data mengenai besar arus itu disimpan di dalam EEPROM. Setiap kali penyimpanan ke dalam EEPROM dilakukan maka *trigger* untuk melakukan penghitungan besar penggunaan daya listrik akan dijalankan. Proses penghitungan penggunaan daya listrik didapat dari hasil perkalian antara besar arus yang mengalir dengan besar tengangan lampu. ADC yang merupakan pin yang terdapat pada sensor arus menangkap nilai 1, nilai 1 yang didapat dari sensor arus mewakili 0.2 ampere (I).

Untuk mendapatkan besar arus yang mengalir, maka arus dari ADC harus diakumulasikan dengan besar arus yang ditangkap oleh sensor arus. Arus itu kemudian dikalikan dengan 220 Volt (Voltase/tegangan) untuk mendapatkan besar daya (watt) listrik yang mengalir. Hasil perkalian tersebut akan dibagi dengan 1000 untuk mendapatkan besar daya listrik per detik (KWS).

Enkripsi dan Dekripsi Token

Prototype yang akan dibangun akan memiliki algoritma enkripsi/dekripsi model substitusi. Kode token yang dimasukkan (diinput) pelanggan ke dalam *prototype* yang kemudian akan didekripsi untuk menghasilkan informasi yang kemudian dapat mengidentifikasi kebenaran dari token dan penentuan berapa besar kuota yang akan ditambahkan kepada pelanggan sesuai dengan tarif yang berlaku. Kode token terdiri dari 16 digit yang merupakan informasi dari pelanggan. Pembagian informasi dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Kode Token 16 Bit

ID Pelanggan	Tanggal Kadaluarsa	Jumlah Kuota	Ceksum
6 digit	6 digit	3 digit	1 digit

Ketika pelanggan hendak membeli voucher token, pelanggan harus menyertakan ID perangkat.

Contoh: Pelanggan dengan ID 012345 membeli pulsa listrik sebesar Rp 300.000,00 pada tanggal 23 Juni 2014. Token yang diterima pelanggan ditentukan dengan metoda berikut: ID = 012345, tanggal kadaluarsa adalah 7 hari dari tanggal pembelian *voucher* = 1 Juli 2014=010714. ID_kuota = 300 (merupakan kode harga pulsa listrik yang dibeli)

Maka susunan ID pelanggan, tanggal kadaluarsa dan kode kuota adalah:

Urutan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Nilai	0	1	2	3	4	5	0	1	0	7	1	4	3	0	0	

Angka pada urutan ke 16 dibiarkan kosong, karena akan diisi dengan nilai unik yang dipakai sebagai *checksum*. Nilai dari *checksum* diperoleh dari modulus 10 dari hasil penjumlahan 15 digit lainnya, atau dengan kata lain yaitu nilai satuan dari hasil penjumlahan 15 digit lainnya. Jumlah semua nilai = 0+1+2+3+4+5+0+1+0+7+1+4+3+0+0 = 31

Ketika diambil digit terakhir dari hasil penjumlahan, maka nilai *checksum* adalah 1.

Urutan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Nilai	0	1	2	3	4	5	0	1	0	7	1	4	3	0	0	1

Setelah semuanya lengkap maka akan dilakukan substitusi pada kode yang ada. Maka hasil substitusi dari deretan bilangan di atas adalah:

Urutan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Nilai	0	1	2	3	4	5	0	1	0	7	1	4	3	0	0	1
Hasil	9	8	7	6	5	4	9	8	9	2	8	5	6	9	9	8

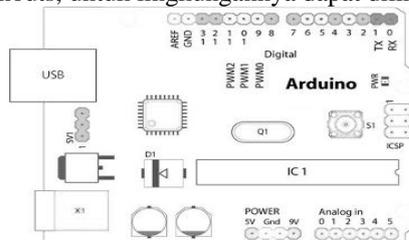
Jadi token yang diberikan kepada pelanggan tersebut yaitu: 9876549892856998

3. 2. Perancangan

Pada bagian ini akan diuraikan mengenai kebutuhan system dan rancangan sistem yang akan dibangun.

Kebutuhan Perangkat Keras (Hardware)

Untuk memastikan bahwa fungsional dari sistem dapat tercapai, maka setiap perangkat harus dapat saling berinteraksi dan melakukan pertukaran data sebagaimana semestinya. Berikut akan dijelaskan kebutuhan perangkat keras yang digunakan. *System base* Arduino uno R3 memiliki 32 pinouts, untuk lingkungannya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Environment Arduino Uno R3

System base Arduino Uno R3 memiliki 32 Pinouts, yang diantaranya adalah 14 Pin Digital, 6 Pin Analog, 5 pin yang digunakan untuk daya (*power*), 3 pin yang tidak terhubung dengan apapun, 1 pin reset, 1 pin ground, 1 pin AREF, dan 1 pin IOREF.

Selain membutuhkan perangkat utama mikrokontroler, dibutuhkan juga komponen-komponen lainnya seperti sensor arus, LCD (*Liquid Cristal Display*) 2x16, keypad sebagai masukan inputan nomor token, *buzzer* sebagai penanda, LED, Potentiometer, Relay sebagai pemutus arus, Kontaktor, dan RTC (*Real Time Clock*) sebagai jenis pewaktu yang bekerja berdasarkan waktu yang sebenarnya.

Kebutuhan Perangkat Lunak

Selain perangkat keras, sistem ini juga memerlukan beberapa perangkat lunak atau *Software* yang mendukung dalam pembangunan sistem. Berikut perangkat lunak yang digunakan untuk membangun sistem ini, yaitu: Windows 7 Ultimate, Arduino 1.0.1, merupakan aplikasi yang digunakan sebagai *compiler* kode program pada Arduino uno R3. Aplikasi digunakan untuk menuliskan program yang akan dijalankan sistem dengan menggunakan Bahasa C.

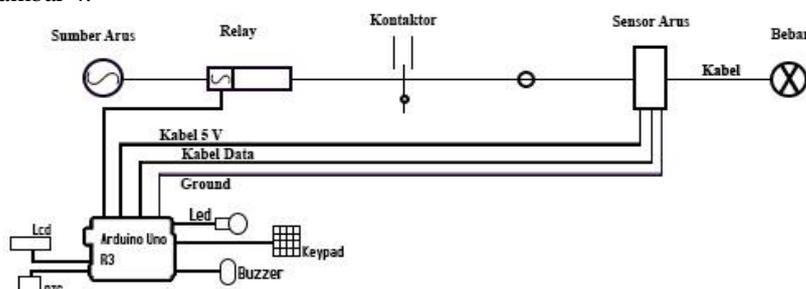
3. 3. Perancangan Sistem

Perancangan sistem yang akan dibangun dibagi menjadi 2 bagian, yaitu rancangan perangkat keras (*Hardware*) dan rancangan perangkat lunak (*Software*).

Rancangan Perangkat Keras

Rancangan sistem perangkat keras merupakan rangkaian dari perangkat seperti lampu, setrika, sensor arus. Pada rancangan ini akan dibuat 1 jalur arus listrik yang mengalir ke lampu dan setrika dan semuanya terhubung ke sensor arus. Besar penggunaan daya akan dihitung berdasarkan nilai keluaran dari sensor arus. Nilai ini merupakan besar total kuat arus yang digunakan pelanggan. Untuk mengetahui besar daya yang digunakan, nilai keluaran dari sensor arus dikalikan dengan besar tegangan arus yaitu 220 V.

Kuota akan terus berkurang sebesar total daya yang digunakan pelanggan. Jika kuota lebih kecil dari 20 KWH, maka mikrokontroler akan mengirim sinyal kepada buzzer untuk berbunyi dan LED untuk menyalakan lampu. Jika kuota yang dimiliki sudah lebih kecil sama dengan 0 KWH, maka mikrokontroler akan memberikan sinyal kepada relay yang berfungsi memutus arus yang mengalir ke kontaktor, sehingga arus listrik tidak lagi mengalir ke beban. Rancangan perangkat yang akan dibangun dapat dilihat pada Gambar 4.



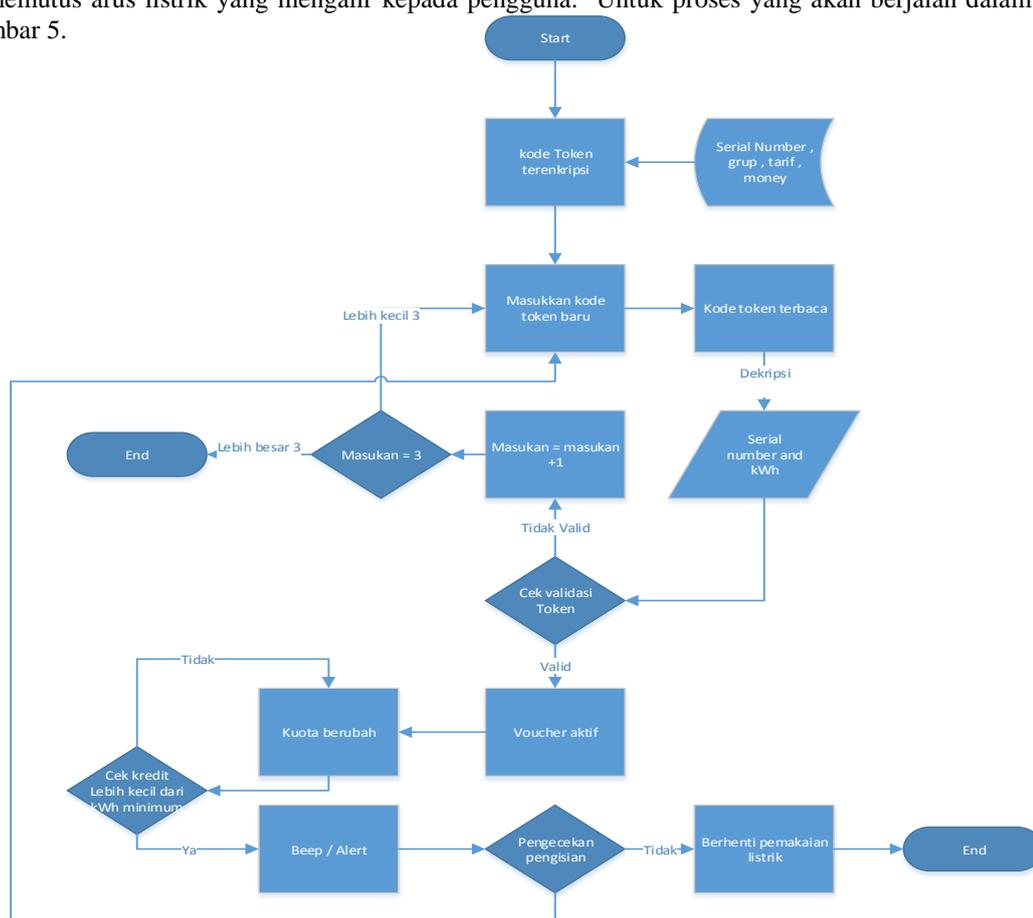
Gambar 4 Rancangan Sistem

Sistem akan memakai satu sumber arus yang berasal dari rangkaian listrik (jala-jala) lainnya.

Rancangan Perangkat Lunak

Pada awalnya pelanggan harus membeli kode voucher dari petugas dengan menyerahkan/ menyertakan 6 digit ID perangkat. ID tersebut akan digabungkan dengan tanggal kadaluarsa, banyak kuota yang akan dibeli, dan *checksum* sehingga menjadi data yang lengkap. Setelah mendapatkan token dari petugas, pelanggan memasukkan 16 digit kode voucher kedalam perangkat melalui bantuan keypad. Perangkat akan memproses (dekripsi) kode voucher untuk mendapatkan informasi yang terkandung dalam kode voucher. Jika dalam proses dekripsi, kode yang dimasukkan pelanggan salah, maka kuota pelanggan tidak akan ditambahkan. Jika pelanggan melakukan kesalahan dalam memasukkan kode voucher sebanyak 3 kali, maka perangkat akan tidak berfungsi sementara sampai petugas datang untuk mengatur ulang perangkat sehingga dapat berfungsi kembali. Jika kode voucher benar, maka kuota pelanggan akan ditambahkan sebanyak yang dibeli pelanggan.

Aplikasi dalam perangkat akan selalu menghitung penggunaan daya yang digunakan oleh pelanggan setiap detik (KWS). Kemudian kuota yang dimiliki pelanggan akan selalu berkurang sebesar sebesar daya yang digunakan oleh pelanggan. Jika kuota yang dimiliki pelanggan telah memasuki titik hampir habis atau lebih kecil sama dengan 20 KWH, perangkat akan memberikan sinyal berupa bunyi *beep* dan lampu led yang berkedip. Jika kuota yang dimiliki pelanggan telah memasuki titik habis atau lebih kecil sama dengan 0 KWH, perangkat akan memberikan sinyal berupa bunyi *beep* dan lampu led yang berkedip serta memutus arus listrik yang mengalir kepada pengguna. Untuk proses yang akan berjalan dalam sistem, dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Alur proses meteran listrik Prabayar

4. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

4.1 Implementasi Pembangunan Sistem

Pembangunan sistem meliputi instalasi Arduino dan instalasi perangkat keras meteran listrik.

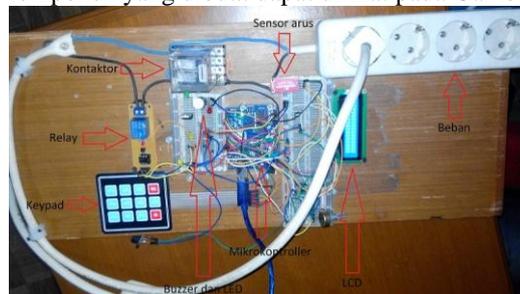
4.1.1 Instalasi Arduino

Pada saat pertama kali menghubungkan arduino ke PC ataupun laptop maka akan muncul pesan instalasi *new device*. Pesan tersebut menandakan driver perangkat Arduino belum terinstal. Driver sistem arduino dapat di download beserta Arduino IDE dari situs resmi Arduino. Instalasi dan konfigurasi Arduino dilakukan pada sistem operasi Windows 7.

4.1.2 Instalasi Perangkat Meteran Listrik

Rangkaian sistem dibuat pada sebuah *project board*. Rangkaian terdiri dari 1 terminal kuningan yang memiliki 4 lubang. Terminal kuningan akan dihubungkan dengan sensor arus. Arus yang mengalir akan diterima oleh sensor arus akan menghitung semua daya listrik yang melewatinya. Arus yang keluar dari sensor akan dialirkan menuju mikrokontroler melalui 3 kabel. Kabel pertama terhubung ke pin GND pada ArduinoUno R3 untuk menjaga keamanan perangkat yang digunakan, sehingga jika terjadi kebocoran pada rangkaian, arus tersebut akan dibuang ke bumi.

Kabel kedua akan terhubung dengan pin A0 (Analog) pada ArduinoUno R3. Kabel ini berfungsi mengirim data dari sensor arus. Kabel ketiga dihubungkan dengan port 5V pada ArduinoUno R3 yang digunakan untuk mengambil arus dari mikrokontroler sebanyak 3.3V. Walaupun arus berjalan melewati sensor arus, sensor arus tidak akan hidup jika sensor arus belum mendapat daya dari mikrokontroler. Jika tidak ada arus yang mengalir dari sensor arus maka keluarannya adalah 0 Ampere. Rangkaian sistem dari setiap komponen yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Rangkaian Sistem

4.1.3 Pemrograman Sistem pada Arduino

Dalam kode program yang ditulis untuk menjalankan fungsi meteran listrik terdapat fungsi-fungsi yang dibagi menjadi 3 bagian besar, yaitu: fungsi *setup* yang berfungsi untuk inialisasi variabel yang akan digunakan. Kedua, fungsi-fungsi utama yang akan dijalankan oleh *prototype* seperti memasukkan token, membaca, menghitung, penggunaan arus listrik, mengurangi kuota yang dimiliki pelanggan, dan memutus arus listrik. Ketiga, fungsi *loop* yang berfungsi untuk menjalankan kembali fungsi-fungsi utama sesuai dengan kebutuhan. Semua kode program sudah ditulis sesuai dengan perencanaan alur program seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Selain bisnis proses yang terjadi pada meteran listrik, algoritma enkripsi dan substitusi juga sudah diimplementasikan pada sistem arduino.

4.2 Pengujian

Pada bagian ini akan diuraikan pengujian yang dilakukan pada sistem yang telah dibangun. Pengujian mencakup dua hal yaitu penghitungan arus listrik yang mengalir, dan pengujian untuk menambahkan kuota. Pengujian mengukur arus listrik dilakukan berdasarkan beban yang diberikan berupa perangkat elektronik seperti setrika dan bola lampu. Arus listrik yang mengalir akan terlebih dahulu melalui sensor arus yang telah tersambung ke perangkat.

Untuk prosedur menambahkan token, pengujian dilakukan dengan memasukkan kode khusus pada token yang telah dienkripsi dan akan didekripsi oleh sistem. Kode tersebut dimasukkan melalui keypad yang telah tersambung ke perangkat. Pengujian sistem dilakukan pada rangkaian sederhana yang menggunakan 3 beban dan sumber arus dari jala-jala.

4.2.1 Pengujian Antarmuka Sistem Meteran Listrik

Sistem yang dibangun dapat melakukan proses pengambilan besar arus yang mengalir per 30 detik. Besar arus tersebut akan dikurangi dengan kuota dan akan ditampilkan pada layar LCD. Antarmuka akan membantu pelanggan untuk berinteraksi dengan perangkat seperti pengecekan sisa kuota, pengecekan arus yang mengalir, dan pengisian kuota.

Pada tampilan awal, sistem akan memberikan informasi tentang nama perangkat. Tampilan awal hanya akan muncul ketika perangkat pertama sekali dihidupkan dengan delay masing-masing 2 detik sebelum masuk ke tampilan utama. Di tampilan utama, sistem akan memberikan informasi tentang sisa kuota saat ini dan akan terus berkurang sesuai dengan penggunaan arus listrik. Dari tampilan utama, pelanggan dapat melakukan pengisian kuota dengan menekan tombol '#' pada keypad dan akan langsung diarahkan ke tampilan pengisian kuota. Untuk lebih jelas mengenai tampilan utama *prototype* yang menampilkan sisa kuota dan besar daya yang digunakan, dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Tampilan Utama

Sistem akan menerima input berupa kode sebanyak 20 digit pada tampilan pengisian kuota. Pada waktu memasukkan kode, terdapat 3 tombol yang dapat digunakan. Tombol '#' untuk enter, tombol '0' untuk reset, dan '*' untuk kembali ke tampilan utama. Akan ada beberapa kondisi dalam pengisian kuota seperti token salah, token kadaluarsa, dan token berhasil ditambahkan. Untuk lebih jelas mengenai tampilan pengisian kuota *prototype* meteran listrik Prabayar, dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Tampilan Pengisian Kuota

Selanjutnya adalah tampilan pengecekan arus yang mengalir. Pada tampilan ini, sistem akan menampilkan arus yang mengalir dalam satuan ampere (A) setiap 1 detik berdasarkan beban yang diberikan kepada perangkat.

4.2.2 Pengujian Pengukuran Arus Listrik

Pada pengujian ini dilakukan pengukuran arus listrik dengan membandingkan hasil pengukuran perangkat tang ampere meter dan pengukuran dengan sistem yang menggunakan sensor arus. Arus diukur pada beberapa skenario dengan jumlah beban berubah-ubah. Hasil pengujian ditampilkan seperti Tabel 2 di bawah.

Tabel 2 Perbandingan Pengukuran

Test Number	Jumlah beban	Electric Meter	Ampere Meter
1	Tidak ada beban	0.1 A	0 A
2	1 lampu	0.33 A	0 A
3	1 setrika	1.45 A	1.5 A
4	1 setrika dan 1 lampu	1.71 A	1.7 A
5	2 setrika	2.75 A	3 A

Dari hasil pengujian di atas dapat dilihat bahwa hasil pengukuran arus listrik dengan menggunakan tang ampere meter relative mendekati hasil pengurangan sistem yang dibangun. Artinya nilai ini cukup valid sebagai dasar untuk menentukan bahwa system meteran listrik yang dikembangkan sudah cukup valid digunakan dilihat dari hasil pengukuran arus listrik dan daya terpakai.

4.2.3 Pengujian Pengisian Kuota Daya Listrik

Pengujian ini dilakukan untuk melihat proses penambahan kuota terhadap sistem yang sebelumnya tidak memiliki kuota ketika kode voucher yang benar dimasukkan. Tujuan dari pengujian adalah untuk mengamati bahwa sistem dapat melakukan proses dekripsi dan mengidentifikasi token sehingga sistem memberikan respon terhadap token yang diberikan. Tahapan skenario pengujian yang dilakukan adalah: ketika sistem berjalan, sistem akan langsung mengukur arus listrik, pada LCD akan diberikan informasi tentang sisa kuota (KW) dan arus yang sedang digunakan oleh beban (A), beban yang digunakan adalah 1 lampu, kemudian menekan tombol pagar (#) agar masuk ke dalam fungsi pengisian kuota, memasukan kode voucher yang benar melalui bantuan keypad. Hasil yang diperoleh melalui pengujian ini yaitu sistem memberikan pesan "TOKEN BENAR" sehingga kuota bertambah dan lampu menyala.

Pengujian juga dilakukan untuk melihat proses penambahan kuota terhadap sistem yang sebelumnya tidak memiliki kuota ketika kode voucher salah. Setelah melalui tahapan skenario untuk memasukkan token, maka diketahui bahwa sistem memberikan pesan "TOKEN SALAH" sehingga kuota tidak bertambah dan lampu tidak menyala.

4.2.4 Pengujian Pemutusan Arus Listrik

Pengujian ini dilakukan untuk mengamati proses pemutusan arus listrik oleh sistem terhadap beban ketika kuota telah habis digunakan. Tujuan dari pengujian ini adalah bahwa sistem akan memutuskan arus listrik ke beban ketika kuota telah habis. Ketika pada kondisi awal sisa kuota sebesar 10kW, dengan menunggu beberapa saat dapat diamati bahwa lampu dan setrika menjadi mati karena kerja dari switch. Hal ini menunjukkan bahwa fungsi deteksi nilai kuota dan fungsi switch dari system telah berjalan dengan baik.

4.3 Diskusi

Antarmuka meteran listrik yang telah dibangun, sudah berjalan dengan baik. Pada tampilan utama akan menampilkan kuota dan penggunaan daya yang sedang digunakan dalam satuan Ampere. Dalam mengukur penggunaan daya, sensor arus menghasilkan perbedaan yang tidak terlalu signifikan. Itu dikarenakan sensitifitas dari sensor arus akan mempengaruhi kinerja pengukurannya.

Dari pengujian yang telah dilakukan, beban dengan kuat arus 0 A akan dibaca oleh sensor arus senilai 0 A dan terkadang 0,33 A. Berdasarkan pengamatan dari hasil pengukuran dapat disimpulkan bahwa, akan bekerja dengan baik dan pengukurannya tepat, ketika bekerja di penggunaan beban yang besar. Dengan kata lain, semakin tinggi penggunaan beban, maka keakuratan sensor arus dalam mengukur akan semakin tepat. Namun, jika saat pengukuran terjadi hubungan arus pendek, maka sensor arus akan cenderung mengalami error atau mengeluarkan karakter aneh pada LCD.

Untuk proses pemutusan arus ke beban, sudah berjalan dengan baik. Untuk proses pengisian kuota, terkadang sensor arus mengalami error ketika relay menyambungkan listrik ke beban secara tiba-tiba. Dalam hal enkripsi/dekripsi token, masih terdapat kelemahan, seperti pengguna masih dapat memakai token lebih dari sekali selama token belum kadaluarsa. Hal ini disebabkan karena, elemen yang digunakan dalam algoritma substitusi, belum memenuhi standar seperti yang telah ditetapkan pada *Standard Transfer Specification (STS)*.

5. KESIMPULAN

Melalui penelitian sudah berhasil dirancang dan dibangun prototype meteran listrik Prabayar dengan menggunakan System Base Arduino Uno. Sistem ini telah berhasil difungsikan untuk melakukan perhitungan dan pembatasan arus listrik pada rangkaian sederhana. Pembatasan daya dalam prototype ini didasari pada jumlah arus yang terdapat dalam token yang dimasukkan. Daya listrik dapat dipakai selama kuota pada kWh meter belum mencapai nol kWh. Prototype juga mampu memberikan pemberitahuan jika kuota pada prototype kurang dari ambang batas tertentu, yaitu di bawah 20 kWh. Konfirmasi ini diwujudkan dengan pemberian bunyi beep dan berkedipnya lampu LED.

Metode enkripsi dan dekripsi yang digunakan di dalam prototype ini adalah metode substitusi. Metode substitusi merupakan salah satu metode yang digunakan untuk keamanan data dengan cara mengganti kode asli dengan kode lain. Metode substitusi masing mempunyai banyak kelemahan karena tingkat keamanannya yang masih rendah. Untuk ke depan diharapkan pengembangan metode enkripsi dan dekripsi dengan menggunakan metode STS agar kode yang dimasukkan ke dalam prototype lebih aman.

Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang telah memberi dukungan dana dalam bentuk skema Penelitian Dosen Pemula untuk melaksanakan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] www.bps.go.id.
- [2] www.pln.co.id
- [3] www.arduino.cc
- [4] Suwanto dan Andy Eko, 2009, "Rancang bangun meter kwh Prabayar pelanggan fasa tunggal melalui plc (power line carrier) berbasis mikrokontroler", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [5] Budianto, Alfian dan Hoga Saragih, 2012, "Penerapan sistem listrik PLN Prabayar dengan penggunaan dan pengoperasian kwh meter Prabayar secara it dalam e-payment sistem pulsa listrik", Universitas Bina Nusantara, Jakarta.
- [6] Dewanto, Puspo dan Ahmad Ashari, 2012, "Purwarupa kwh meter Prabayar dengan masukan voucher secara remote melalui web browser", Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [7] Sonny Sugiarto, Yahya CA, MT., Hendik, 2012, "Rancang bangun pengembangan kwh meter ukur listrik 1 phase rumah tangga, Institut Sepuluh Nopember, Surabaya