

KWH METER DENGAN SISTEM PRABAYAR

Lauw Lim Un Tung, Henny Oktavia

Electrical Engineering Dept., PETRA Christian University
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, INDONESIA
Phone +62(31)-8439040 ext.1363, Fax: +62(31)-8436418
E-mail: tung@peter.petra.ac.id

Abstrak

Sistem pembayaran listrik yang dilakukan di Indonesia adalah dengan menghitung daya yang terpakai (melalui KWH meter), dimana secara periodik diperlukan petugas untuk mendatangi dari rumah ke rumah dan mencatat nilai yang tertera pada KWH meter. Setelah itu pemilik rumah harus membayar listrik pada tempat pembayaran listrik yang telah ditentukan, atau melalui fasilitas yang disediakan oleh bank. Sistem ini dikenal sebagai sistem pascabayar. Dengan sistem pascabayar ini akan timbul kemungkinan adanya tunggakan listrik, kesalahan pembacaan/pencatatan KWH meter, ataupun konsumen yang merasa tidak nyaman karena harus antri sekian lama.

Dari permasalahan di atas timbullah suatu ide untuk sistem prabayar pemakaian listrik dengan menambahkan suatu peralatan pada KWH meter PLN yang sudah ada; berupa mikrokontroler AT89C2051 dengan sensor infrared dan photodiode dipakai untuk menghitung jumlah putaran piringan KWH meter. Dan selanjutnya mikrokontroler akan melakukan pengurangan jumlah unit pada kartu chip.

Pengujian sistem yang dilakukan dengan cara memberi suatu beban pada KWH meter sehingga terjadi pengurangan jumlah unit yang setara dengan jumlah putaran piringan. Prototype rangkaian sistem prabayar ini telah dapat berjalan dengan baik. Kesalahan sekitar 6,46 % terjadi karena KWH meter untuk prototype tidak dikalibrasi lebih dahulu.

Kata Kunci: KWH meter, sistem prabayar, kartu chip.

1. Pendahuluan

Sistem pembayaran listrik yang dilakukan di Indonesia adalah dengan menghitung daya yang terpakai, yang akan terlihat melalui KWH meter (biasa dikenal dengan meteran listrik). Ada seorang petugas untuk suatu daerah tertentu, yang datang dari rumah ke rumah, bertugas untuk mencatat nilai yang tertera pada KWH meter tiap bulannya. Setelah itu pemilik rumah harus membayar listrik pada tempat-tempat pembayaran listrik yang telah ditentukan, atau melalui fasilitas yang disediakan oleh bank (misalnya melalui *ATM*). Sistem ini dikenal dengan sistem pascabayar.

Sistem pembayaran di atas, khususnya untuk pembayaran listrik di mana pembayar langsung datang ke tempat pembayaran, memiliki beberapa kelemahan, antara lain kemungkinan adanya tunggakan listrik ataupun konsumen yang merasa tidak nyaman karena harus meng-antri sekian lama.

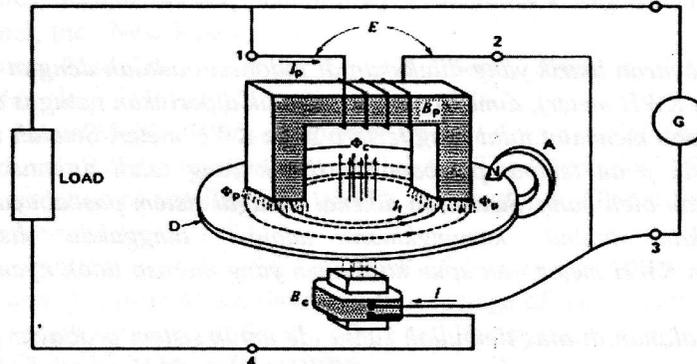
Dari permasalahan di atas timbullah suatu ide untuk mengaplikasikan sistem prabayar untuk pemakaian energi listrik, khususnya pada rumah tangga. Sehingga pemilik rumah dapat lebih mengontrol jumlah pemakaian energi listrik dan memperbaiki sistem pembayaran listrik saat ini. Sistem ini juga diharapkan dapat mengefisiensikan proses administrasi di perusahaan listrik.

2. Perencanaan

Pemakaian energi listrik di industri maupun rumah tangga menggunakan satuan *kilowatt-hour* (KWH), dimana 1 KWH sama dengan 3.6 MJ. Karena itulah alat yang digunakan untuk mengukur energi pada industri dan rumah tangga dikenal dengan *watthourmeters*. Besar tagihan listrik biasanya berdasarkan pada angka-angka yang tertera pada KWH meter setiap bulannya

untuk saat ini. KWH meter induksi adalah satu-satunya tipe yang digunakan pada perhitungan daya listrik rumah tangga.

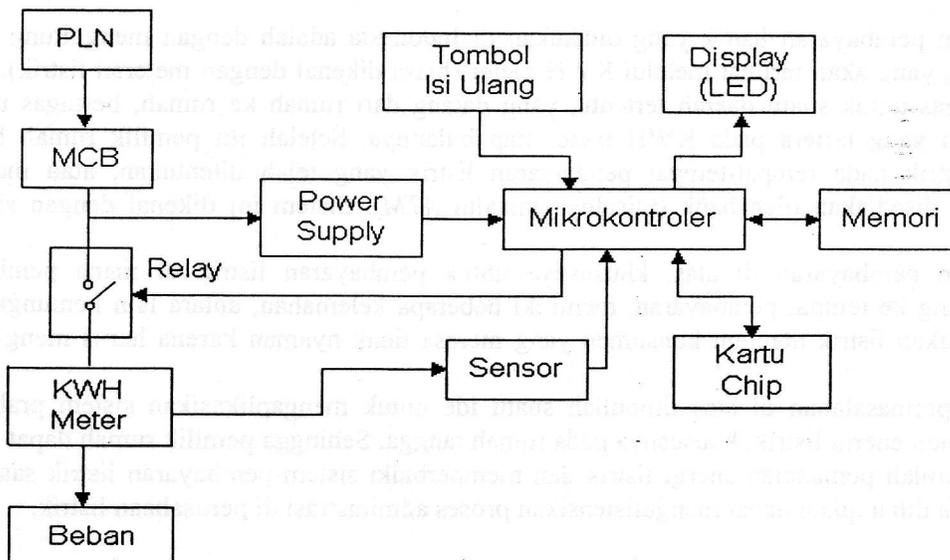
Bagian-bagian utama dari sebuah KWH meter adalah kumparan tegangan, kumparan arus, sebuah piringan aluminium, sebuah magnet tetap, dan sebuah gir mekanik yang mencatat banyaknya putaran piringan. Jika meter dihubungkan ke daya satu fasa, maka piringan mendapat torsi yang membuatnya berputar seperti motor dengan tingkat kepresisian yang tinggi. Semakin besar daya yang terpakai, mengakibatkan kecepatan piringan semakin besar; demikian pula sebaliknya.



Gambar 1. Cara Kerja KWH Meter

Pada piringan KWH meter terdapat suatu garis penanda (biasanya berwarna hitam atau merah). Garis ini berfungsi sebagai indikator putaran piringan. Untuk 1 KWH biasanya setara dengan 900 putaran (ada juga 450 putaran tiap KWH). Saat beban banyak memakai daya listrik, maka putaran piringan KWH ini akan semakin cepat. Hal ini tampak dari cepatnya garis penanda ini melintas. Sensor *infrared* dan *photodiode* dipakai untuk mendeteksi lewatnya garis penanda ini, sehingga mikrokontroler dapat menghitung jumlah putaran piringan KWH meter.

Sistem Prabayar ini tetap mempergunakan KWH meter yang sudah ada dengan sedikit modifikasi untuk memasang sensor dan unit sistem. Hal ini bertujuan untuk lebih mendayagunakan peralatan KWH meter yang sudah ada. Blok diagram sistem dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Listrik dari PLN yang akan dialirkan ke rumah tangga (beban), terlebih dahulu dialirkan melalui MCB yang berfungsi sebagai pembatas arus sekaligus pengaman bila terjadi *short circuit*. Kemudian dialirkan juga ke KWH meter yang berfungsi untuk menghitung daya yang terpakai.

Relay berfungsi sebagai penghubung atau pemutus aliran listrik dari MCB ke KWH meter. *Relay* ini dikontrol oleh mikrokontroler AT89C2051. Listrik dari MCB selain dialirkan ke KWH meter juga dialirkan ke *power supply* yang berfungsi untuk memberikan *supply* tegangan ke rangkaian mikrokontroler. Sensor *infrared* dan *photodiode* dipasang pada KWH meter sedemikian rupa sehingga dapat mendeteksi garis penanda pada piringan KWH meter. *Output* sensor ini dihubungkan ke mikrokontroler, supaya mikrokontroler AT89C2051 dapat menghitung jumlah putaran piringan KWH meter. 'Kartu *Chip*' dan *memory* yang berupa serial EEPROM dipakai untuk menyimpan informasi jumlah putaran piringan KWH meter yang masih diperbolehkan. Pada sistem juga dipasang LED sebagai *display* indikator dan tombol untuk proses isi ulang.

Pada saat awal di mana unit yang tersimpan di *memory* masih nol, mikrokontroler AT89C2051 menunggu adanya penekanan tombol isi ulang. Bila tombol tersebut ditekan, maka unit yang ada di 'Kartu *Chip*' dipindahkan ke *memory* (sekaligus me-nol-kan kartu) dan *relay*-pun diaktifkan. Sistem siap untuk mendeteksi jumlah putaran piringan KWH meter. Untuk sejumlah putaran tertentu maka unit yang ada di *memory* akan dikurangi satu unit, hingga habis. Isi dari *memory* ini dapat ditambah dengan melakukan proses isi ulang. Kondisi unit nominal yang masih ada dapat dilihat melalui LED indikator. Jika unit nominal pada *memory* telah habis, maka mikrokontroler akan mematikan *relay* sehingga aliran listrik terputus. *Relay* akan aktif kembali jika *memory* tersebut telah diisi ulang.

Dengan sistem prabayar ini, beban administratif Perusahaan Listrik dapat dikurangi sedemikian hingga tidak diperlukan adanya petugas yang mendatangi rumah tiap pelanggan dan mencatat besar pemakaian energi listrik. Proses '*billing sistem*' yang rumit juga bisa diatasi. Tunggakan karena pelanggan yang tidak membayar ataupun kesalahan perhitungan tagihan juga tidak terjadi lagi. Selain itu juga bagi konsumen tidak perlu antri untuk membayar tagihan.

3. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan memberi beban pada sistem dengan besar beban mulai 100 Watt sampai 1000 Watt. Dalam pengujian tersebut dicatat waktu yang diperlukan oleh sistem untuk memutuskan aliran listrik berdasarkan nilai nominal unit yang berada di dalam 'Kartu *Chip*', yang berarti aliran listrik terputus jika kartu habis. 'Kartu *Chip*' diisi dengan data mulai dari satu sampai tiga unit, demikian pula dengan *counter* yang juga dibuat bervariasi mulai dari satu sampai tiga kali.

Adapun yang dimaksud dengan *counter* adalah variabel yang dipakai untuk menghitung banyaknya putaran KWH meter untuk pengurangan tiap unit 'Kartu *Chip*'. Jika *counter* berisi 1, maka tiap kali piringan berputar satu kali, langsung dilakukan pengurangan satu unit (satu putaran bernilai satu unit). Untuk *counter* dua kali dilakukan pengurangan satu unit kartu jika piringan telah berputar sebanyak dua kali (dua putaran bernilai satu unit). Demikian pula untuk *counter* tiga kali, dilakukan pengurangan satu unit kartu jika piringan telah berputar sebanyak tiga kali (tiga putaran bernilai satu unit). Masing-masing pengujian di atas dilakukan dua kali, dan rata-ratanya diambil sebagai data. Kemudian dari tiap nilai *counter* yang berbeda dibuat masing-masing tabelnya.

Pengujian ini akan dibandingkan dengan hasil perhitungan menurut rumus :

$$W = P \times T \quad (1)$$

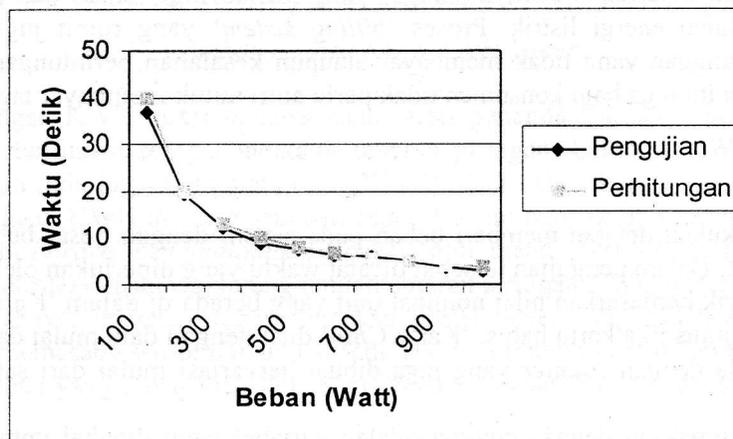
Di mana : W : *Watt*hour (WH) P : daya dari beban yang dipakai (Watt) T : waktu (jam)

Karena KWH meter yang dipergunakan mempunyai spesifikasi 900 putaran per KWH, maka perhitungan yang dilakukan disesuaikan dengan spesifikasi tersebut. Perhitungan dilakukan dengan menghitung waktu yang diperlukan oleh piringan untuk melakukan satu kali, dua kali, dan tiga kali putaran, dengan nilai beban mulai dari 100 hingga 1000 Watt.

Berikut ini diberikan tabel beserta grafik dari hasil perhitungan, yang akan dibandingkan langsung dengan tabel dan grafik hasil pengujian. Hanya saja untuk waktu T tidak diberikan dalam jam, melainkan dalam detik.

Tabel 1. Tabel Pengujian Dan Perhitungan Waktu Untuk Satu Putaran

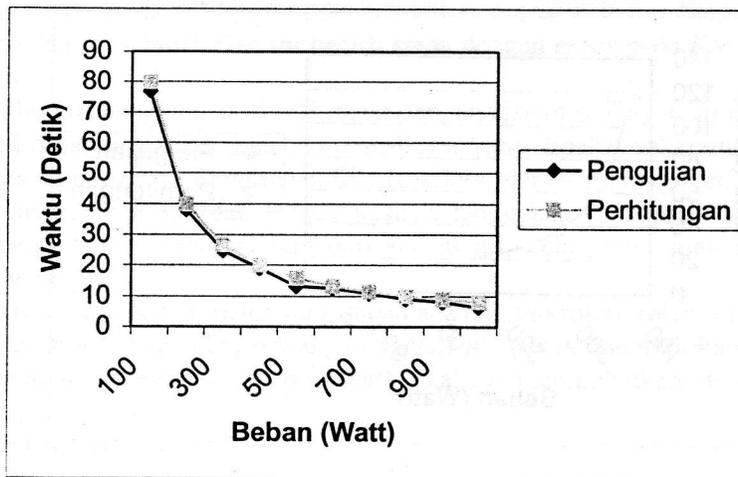
Beban (Watt)	Waktu (Detik)				
	1 Unit	2 Unit	3 Unit	Rata-rata	Perhitungan
100	37	75	110	37.06	40
200	19	40	59	19.56	20
300	12.5	24.5	37	12.36	13.33
400	9	18	26.5	8.94	10
500	7.5	16	22	7.61	8
600	6.5	13	20	6.56	6.67
700	6	12	17.5	5.94	5.71
800	5	10.5	15	5.08	5
900	4	8	12	4	4.44
1000	3	6	9	3	4



Gambar 3. Grafik Pengujian Dan Perhitungan Waktu Untuk Satu Putaran

Tabel 2. Tabel Pengujian Dan Perhitungan Waktu Untuk Dua Putaran

Beban (Watt)	Waktu (Detik)				
	1 Unit	2 Unit	3 Unit	Rata-rata	Perhitungan
100	76	157.5	228.5	76.97	80
200	38	76	111.5	38.17	40
300	24.5	50.5	73.5	24.75	26.67
400	19	38	58	19.11	20
500	15	30	44.5	13.28	16
600	13	25	38	12.72	13.33
700	11.5	21	32.5	10.94	11.43
800	9	18	28	9.11	10
900	8	16	24.5	8.06	8.89
1000	7	15	22.5	6.5	8

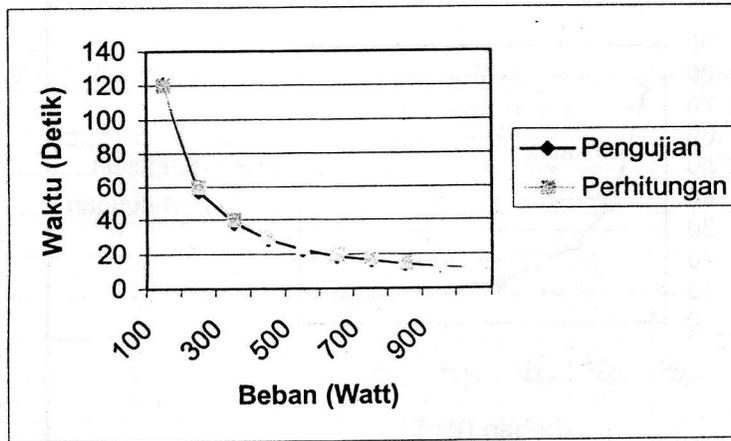


Gambar 4. Grafik Pengujian Dan Perhitungan Waktu Untuk ua Putaran

Tabel maupun grafik di atas merupakan tabel dan grafik untuk *counter* = 1, yang berarti satu kali putaran bernilai satu unit. Sedangkan 1 unit dalam tabel berarti waktu yang diperlukan sistem untuk menghabiskan 1 unit kartu. Demikian pula 2 unit untuk 2 unit kartu, dan 3 unit untuk 3 unit kartu. Karena itu rata-rata dalam tabel di atas diperoleh melalui : $(T_{1unit} + T_{2unit}/2 + T_{3unit}/3) / 3$, yang berarti waktu yang diperlukan oleh piringan KWH meter untuk melakukan satu kali putaran. Sedangkan untuk perhitungan secara teoritis diperoleh untuk satu kali putaran piringan KWH meter.

Tabel 3. Tabel Pengujian Dan Perhitungan Waktu Untuk Tiga Putaran

Beban (Watt)	Waktu (Detik)				
	1 Unit	2 Unit	3 Unit	Rata-rata	Perhitungan
100	120	242.5	359.5	120.36	120
200	55	114.5	179	57.31	60
300	37.5	76.5	118.5	38.42	40
400	28	57	89	28.72	30
500	22.5	44	68.5	22.44	24
600	18.5	37.5	57.5	18.72	20
700	16.5	32.5	49	16.36	17.14
800	14	28.5	44	14.31	15
900	13	26	41	13.22	13.33
1000	12	24	36.5	12.06	12



Gambar 5. Grafik Pengujian Dan Perhitungan Waktu Untuk Tiga Putaran

Tabel 4. Tabel Kesalahan Antara Hasil Pengujian Dengan Perhitungan

Beban (Watt)	Error (%)		
	1 Putaran	2 Putaran	3 Putaran
100	7.35	3.79	0.3
200	2.2	4.58	4.48
300	7.28	7.2	3.95
400	10.6	4.45	4.27
500	4.88	17	6.5
600	1.65	4.58	6.4
700	4.03	4.29	4.55
800	1.6	8.9	4.6
900	9.91	9.33	0.83
1000	25	18.75	0.5

Dari hasil pengujian terlihat bahwa dengan beban yang semakin besar waktu yang diperlukan sistem untuk memutuskan aliran listrik semakin kecil. Hal ini menunjukkan bahwa putaran piringan KWH meter semakin cepat, sehingga pemotongan unit 'Kartu Chip' berlangsung lebih cepat pula. Dari pengujian pula terlihat bahwa sistem cukup stabil, yang terbukti dengan waktu pemotongan satu unit sebanding dengan waktu pemotongan kelipatannya untuk masing-masing *counter*.

Namun dari seluruh hasil pengujian apabila dibandingkan dengan hasil perhitungan didapatkan *error* (kesalahan) rata-rata yang terjadi, yaitu 6,46 %. Kesalahan ini dapat terjadi karena beberapa hal, antara lain KWH meter yang tidak dikalibrasi, pencatatan waktu dilakukan secara manual dengan *stop-watch* dan nilai yang diperoleh dibulatkan (pembuangan waktu 1/100 detik), maupun faktor kesalahan manusia dalam pencatatan waktu (respon penekanan *stop-watch* yang tidak tepat).

4. Kesimpulan

Bila KWH meter dengan sistem Prabayar ini diterapkan, maka *error* sebesar 6,46% ini tidak terjadi karena sistem Prabayar ini. Hal ini disebabkan unit *prototype* sepenuhnya telah mampu mendeteksi putaran piringan KWH meter dan mampu menghitung jumlah putaran yang terjadi, serta mampu melakukan pemotongan sejumlah unit pada *memory*. Apalagi bila nilai unit pada 'Kartu Chip' dihitung dengan satuan KWH, di mana pada unit *prototype* mempergunakan KWH meter dengan spesifikasi 900 putaran dapat menghitung pemakaian energi listrik secara lebih

presisi. Besarnya *error* pada KWH meter dengan sistem prabayar hanya bergantung pada *error* dari KWH meter induksi itu sendiri. Dan ini berarti sama dengan *error* pada KWH meter yang dipakai di rumah-rumah.

Hal ini berarti penggunaan KWH meter dengan sistem prabayar ini mempunyai *error* total yang lebih kecil dibanding dengan sistem pascabayar yang dipakai sekarang, karena tidak adanya *error* dari proses administratif Perusahaan Listrik dalam memproses tagihan. Sehingga secara tidak langsung juga menyebabkan tidak terjadi adanya tunggakan pelanggan yang tidak membayar penggunaan energi listrik. Manfaat lain dari sistem ini, pelanggan tidak perlu lagi melakukan antrian untuk membayar.

Penggunaan unit KWH meter yang sudah ada dan mikrokontroler AT89C2051 yang murah merupakan suatu solusi bagi pengembangan sistem ini (tidak memerlukan banyak biaya untuk penggantian sistem dari pascabayar ke prabayar) sekaligus meningkatkan efisiensi secara nasional.

5. Daftar Pustaka

- [1] AT89C2051 Datasheet. San Jose : Atmel Corporation, 2000.
- [2] AT93C46 Datasheet. San Jose : Atmel Corporation, 2002.
- [3] Theodore Wildi, Electrical Machines, Drivers, and Power System, New Jersey:Prentice Hall, 1991.