

RANCANG BANGUN PENCATAT DATA KWH METER JARAK JAUH BERBASIS MIKROKONTROLLER

Vector Anggit Pratomo

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pancasila
Jl. Srengseng Sawah
e-mail: vector_anggit@yahoo.com

Abstract— Data Logging is the historical data files for each event that occurs in the system, which is useful for the purposes of maintenance or review the data before and after the incident. To improve service to customers is the desire of every company engaged in all areas of services, including power companies in Indonesia, which is trying to boost qualities out both in terms of installation, payment and recording of data kWh meter. In data recording kWh meter, usually done manually, by a special officer of the PLN, which came from house to house to perform data recording kWh meter that reality is less effective because the data clerk kWh meters are often obstacles to perform data recording kWh meter, due to a state of high fence and locked while also interfere with customer' privacy so often cause problems data supporting the accuracy of the data logging of electrical energy consumption is needed a tool that can extract data electrical energy consumption in consumer remotely automatically.

Key Words— KWh meter, data recorder, remote system, automatic

Abstrak— Data Logging merupakan historical data files untuk setiap kejadian yang terjadi pada sistem, yang berguna untuk keperluan pemeliharaan ataupun review data-data sebelum dan sesudah kejadian. Untuk meningkatkan pelayanan terhadap pelanggan merupakan keinginan dari setiap perusahaan yang bergerak di semua bidang jasa termasuk perusahaan listrik yang ada di Indonesia, yang berusaha meningkatkan kualitas pelayanannya baik dalam hal pemasangan, pembayaran maupun pencatatan data kWh meter. Dalam hal pencatatan data kWh meter ini, biasanya dilakukan secara manual yaitu oleh petugas khusus dari PLN yang mendatangi dari rumah ke rumah untuk melakukan pencatatan data kWh meter yang kenyataannya kurang efektif karena petugas pencatat data kWh meter sering kali menemukan kendala untuk melakukan pencatatan data kWh meter, disebabkan keadaan pagar rumah yang tinggi dan terkunci selain itu juga mengganggu privasi pelanggan sehingga tidak jarang menimbulkan permasalahan keakuratan data. Sebagai penunjang dalam data logging pemakaian energi listrik maka dibutuhkan suatu alat yang dapat mengambil data pemakaian energi listrik pada konsumen dari jarak jauh secara otomatis.

Kata Kunci— Pencatat data, kWh meter, sistem jarak jauh, otomatis

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Data Logging merupakan historical data files untuk setiap kejadian yang terjadi pada sistem, yang berguna untuk keperluan pemeliharaan ataupun review data sebelum dan sesudah kejadian. Periode waktu penyimpanan data harus mampu dilakukan dalam waktu lama. Untuk sistem yang besar saat ini dapat mencapai ratusan giga byte. Mengumpulkan data historis berarti merekam data

hasil akuisisi dan data hasil perhitungan real time dan menyimpan data tersebut ke dalam database sebagai time tagged data.

Untuk meningkatkan pelayanan terhadap pelanggan listrik, Perusahaan Listrik di Indonesia misalnya: PT. PLN (Persero) dengan cara melakukan pengambilan data (*Data Logging*) pada pemakai energi listrik di setiap bulannya. Namun demikian dalam hal pengambilan data pemakaian energi listrik masih memakai system yang konvensional, sehingga dalam kenyataan di lapangan

akan timbul kekurangan-kekurangan yang dapat merugikan perusahaan listrik itu sendiri seperti: keaslian data, *human error*, waktu yang tidak efisien dan lain sebagainya. Maka dari itu diperlukan suatu alat otomatis yang dapat mengambil dan *me-record* data pemakaian energi listrik dari jarak jauh sepanjang waktu. Selanjutnya *record* data tersebut dapat digunakan untuk menganalisa, antara lain perilaku pemakaian energi listrik konsumen.

1.2 Tujuan

Berdasarkan kebutuhan akan pencatatan data kWh meter penulis merancang dan membuat alat sederhana pencatat data kWh meter berbasis *Mikrokontroller* AT Mega 8535. Selain itu pembuatan alat pencatat data kWh meter berbasis *Mikrokontroller* AT Mega 8535 ini diharapkan dapat sebagai ide dasar pembuatan alat pencatat kWh meter yang lebih sempurna.

1.3 Batasan Masalah

Alat yang dirancang digunakan untuk pencatat data jumlah pemakaian, biaya pemakaian, tanggal, bulan dan tahun, yang ditampilkan pada LCD alat pencatat data yang ada di konsumen, kemudian data tersebut dicatat pada alat yang ada pada petugas pencatat tanpa harus melihat data tersebut secara langsung.

II. DASAR TEORI

2.1 Microcontroller

Microcontroller merupakan chip cerdas yang menjadi tren dalam pengendalian dan otomatisasi, terutama dikalangan mahasiswa. Dengan banyak jenis keluarga, kapasitas memori, dan berbagai fitur. *Microcontroller* menjadi pilihan dalam aplikasi prosesor mini untuk pengendalian skala kecil. Beberapa vendor populer seperti Atmel, Motorola, Microchip, dan Harris telah memasarkan beberapa jenis *Microcontroller* ke pasar

diseluruh dunia dalam berbagai bentuk dan fiturnya.

Microcontroller AT Mega 8535 yang merupakan produksi Atmel dengan 8 kbyte *in-system programmable flash*, 512 Bytes EEPROM dan 512 Bytes Internal SRAM. AT Mega 8535 memiliki seluruh fitur yang dimiliki AT9058535, selain itu konfigurasi pin AT Mega 8535 juga kompatibel dengan AT9058535. Di dalam AT Mega 8535 terdapat inti processor (*Processore Core*) yaitu *Central Processing Unit*, dimana terjadi proses pengumpanan instruksi (*fetching*) dan komputasi data. Seluruh register umum sebanyak 32 buah terhubung langsung dengan unit Arithmetic and Logic Unit (ALU). Terdapat empat buah port masing-masing delapan bit dapat difungsikan sebagai masukan maupun keluaran.

Media penyimpanan program berupa *flash memory* sedangkan penyimpanan data berupa *Static Random Access Memory* (SRAM) dan *Electrical Erasable Programmable Read Only Memory* (EEPROM). Untuk komunikasi data tersedia fasilitas *Serial Peripheral Interface* (SPIC), *Universal Synchronous and Asynchro-nous Serial Receives and Transmitter* (USART), serta *Two Wire Serial Interface* (TWI).

Disamping itu terdapat fitur tambahan, antara lain *Analog Comparator* (AC), 8 kanal 10-bit *Analog Digital Converter* (ADC), manajemen penghematan daya (*Sleep Mode*) serta osilator internal 8 MHz menyediakan sumber interupsi hingga 21 macam sebuah *Stack Pointer* selebar 16 bit dapat digunakan data sementara saat interupsi.

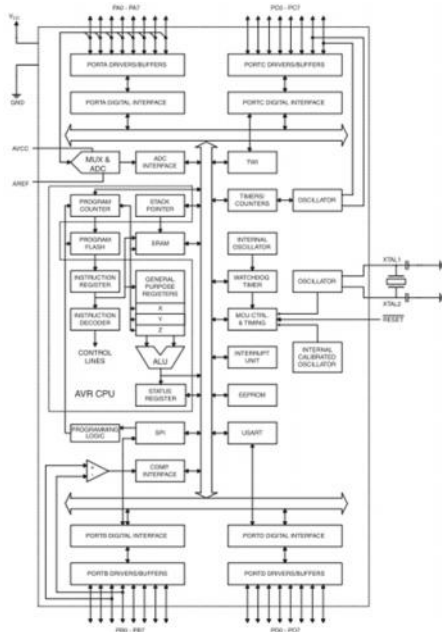
2.1.1 Arsitektur AT Mega 8535

Arsitektur Mikrokontroler AT Mega 8535 yaitu :

1. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu port A, port B, port C, dan port D.
2. ADC 10 bit sebanyak 8 saluran.

3. Tiga buah timer/counter dengan kemampuan pembanding.
4. CPU yang memiliki 32 buah register.
5. Watchdog Timer dengan osilator internal.
6. SRAM sebesar 512 byte.
7. Flash memory sebesar 8kb.
8. Unit interupsi internal dan eksternal.
9. Port antarmuka SPI.
10. EEPROM sebesar 512 byte.
11. Antarmuka Analog Comparator (AC).
12. Port USART untuk komunikasi serial.

2. GND untuk tegangan pencatu daya negatif.
3. PortA (PA0 - PA7) sebagai port Input/Output dan memiliki kemampuan lain yaitu sebagai input untuk ADC.
4. PortB (PB0 - PB7) sebagai port Input/Output dan juga memiliki kemampuan yang lain.
5. PortC (PC0 - PC7) sebagai port Input/Output untuk AT Mega 8535.
6. PortD (PD0 - PD7) sebagai port Input/Output dan juga memiliki kemampuan yang lain.
7. RESET untuk melakukan reset program dalam mikrokontroler.
8. XTAL1 dan XTAL2 untuk input pembangkit sinyal clock.
9. AVCC untuk pin masukan tegangan pencatu daya untuk ADC.
10. AREF untuk pin tegangan referensi ADC.



Gambar 1. Arsitektur AT Mega 8535

(XCK/T0) PB0	1	40	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(OC0/AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13	28	PC8 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	27	PC5
(TXD) PD1	15	26	PC4
(INT0) PD2	16	25	PC3
(INT1) PD3	17	24	PC2
(OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL)
(ICP1) PD6	20	21	PD7 (OC2)

Gambar 2. Konfigurasi pin AT Mega 8535

2.1.2 Konfigurasi Pin AT Mega 8535

Mikrokontroler AT Mega 8535 memiliki 40 pin untuk model PDIP, dan 44 pin untuk model TQFP dan PLCC. Nama-nama pin pada mikro-kontroler ini adalah:

1. VCC untuk tegangan pencatu daya positif.

2.2 Keypad (papan kunci)

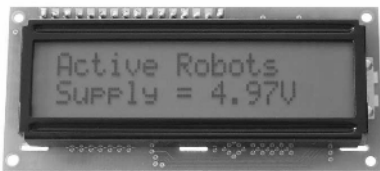
Keypad (papan kunci) digunakan sebagai masukan dalam berbagai aplikasi elektronik, keypad yang digunakan pada perancangan ini berupa keypad matriks 3x4, hal ini berarti keypad mempunyai 3 kolom dan baris tanpa *common*. Seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. Keypad Matriks 3x4

2.3 Tampilan LCD (Liquid Crystal Display)

LCD terbuat dari bahan cairan kristal yang pengoperasiannya menggunakan sistem dot matriks. LCD banyak digunakan sebagai *display* dari alat-alat elektronika seperti kalkulator, multimeter digital, jam digital dan sebagainya. LCD yang digunakan pada alat pencatat data kwhmeter ini terdiri atas 2x16 karakter (2 baris dan 16 kolom).



Gambar 4. Tampilan LCD

2.4 RTC (Real Time Clock)

Serial RTC (*Real Time Clock*) & EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) merupakan modul penghitung waktu dan penyimpan data. Modul ini kompatibel dengan DT-51™ Development Tools. Modul ini terdiri dari 2 bagian utama yaitu :

2.4.1 Serial RTC

Komponen utama Serial RTC ialah DS1302 dengan fitur-fitur sebagai berikut :

1. Menghitung waktu mulai detik, menit, jam, tanggal, bulan, tahun, hari dalam minggu dengan kompensasi tahun kabisat sampai tahun 2100.
2. Memory / RAM sebesar 31 byte.

3. Akses single byte atau burst.
4. Support battery Lithium atau Ni-Cd untuk *backup supply*.
5. Kemampuan *Trickle Charge* untuk pengisian battery jenis Ni-Cd.

Modul ini telah dilengkapi Battery Backup jenis Lithium untuk menjaga agar data ada DS1302 tetap 'up to date'

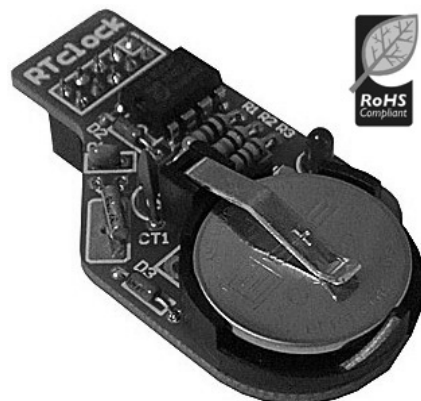
2.4.2 Serial EEPROM.

Komponen utamanya ialah 93C66 yang mempunyai fitur sebagai berikut :

1. Kapasitas memory 512 byte.
2. Waktu penulisan maksimum 10ms.

Sesuai dengan namanya, maka RTC maupun EEPROM dapat diakses secara serial oleh DT-51™ Minimum System (MinSys) ver 3.0, DT-51™ PetraFuz, atau mikrokontroler lainnya.

Modul ini dilengkapi dengan driver / rutin yang siap pakai sehingga mempercepat dan mempermudah penggunaannya. Driver ini dibuat khusus untuk produk MinSys dan PetraFuz. Disediakan pula program testing.



Gambar 5. RTC (Real Time Clock)

2.5 Trafo Arus

Trafo arus digunakan untuk pengukuran arus yang besarnya ratusan amper dari arus yang mengalir dalam jaringan tegangan tinggi. Disamping untuk pengukuran arus, trafo arus juga

digunakan untuk pengukuran daya dan energi, pengukuran jarak jauh dan relay proteksi.

Kumparan primer trafo arus dihubungkan seri dengan jaringan atau peralatan yang akan diukur arusnya, sedang kumparan sekunder dihubungkan dengan meter atau relay proteksi. Pada umumnya peralatan ukur dan relay membutuhkan arus 1 atau 5 A.

Trafo arus bekerja sebagai trafo yang terhubung singkat, kawasan trafo arus yang digunakan untuk pengukuran biasanya 0,05 s/d 1,2 kali arus yang akan diukur, sedang trafo arus untuk proteksi harus mampu bekerja lebih dari 10 kali arus pengenalnya.

III. PERANCANGAN ALAT

3.1 Sistem Kerja Alat

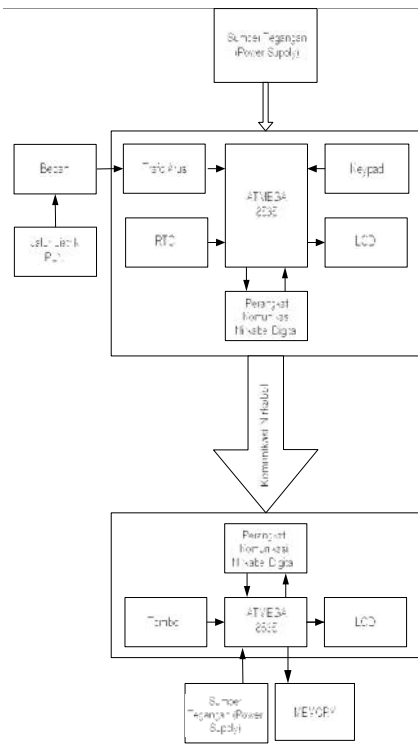
Alat ini terbagi atas dua blok, blok pertama terpasang pada pelanggan dan yang kedua ada pada petugas pemeriksa dapat dilihat pada blok diagram di Gambar 6. Alat yang terpasang pada pelanggan selalu standby, setelah mendapat power supply tegangan melalui trafo arus lalu tekan keypad untuk mereset. Dari keypad akan dikirim ke mikrokontroler AT Mega 8535 dalam bentuk data digital kemudian mikrokontroler akan mengolah data tersebut dan kemudian melakukan perintah ke ADC yang kemudian di konversi ke satuan Watt kemudian ambil data di RTC yang merupakan suatu chip yang memiliki register yang berfungsi sebagai penyimpanan data waktu, menit, jam, tanggal, bulan, dan tahun. Memiliki 128 lokasi RAM terdiri dari 156 byte waktu serta kontrol dan 113 byte RAM kemudian dikonversikan dalam kwh, lalu data disimpan dan ditampilkan pada LCD. Data tersebut akan dikirim oleh perangkat nirkabel atau wireless ke blok yang kedua yaitu alat yang ada pada petugas pemeriksa, dan data tersebut dapat dilihat pada LCD petugas.

Perancangan sistem pencatat data kWh meter jarak jauh ini menggunakan mikrokontroler AT Mega 8535 sebagai komponen utama yang berfungsi sebagai pengisi program pengendali peralatan.

Komponen yang digunakan dalam pembuatan alat pencatat data kWh meter jarak jauh ini adalah sebagai berikut :

1. Mikrokontroller AT Mega 8535
2. Keypad
3. Trafo Arus
4. RTC
5. Power Supply
6. LCD

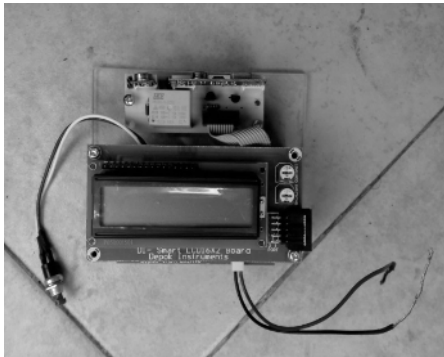
Adapun perancangan alat pencatat data kWh meter jarak jauh terpasang pada pelanggan ditunjukkan pada Gambar 7. Perancangan alat pencatat data kWh meter petugas jarak jauh ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 6. Blok diagram perancangan sistem pencatat data kWh meter jarak jauh



Gambar 7. pencatat data kWh meter jarak jauh terpasang pada pelanggan (Transceiver)



Gambar 8. pencatat data kWh meter jarak jauh Pada Petugas (Reciver)

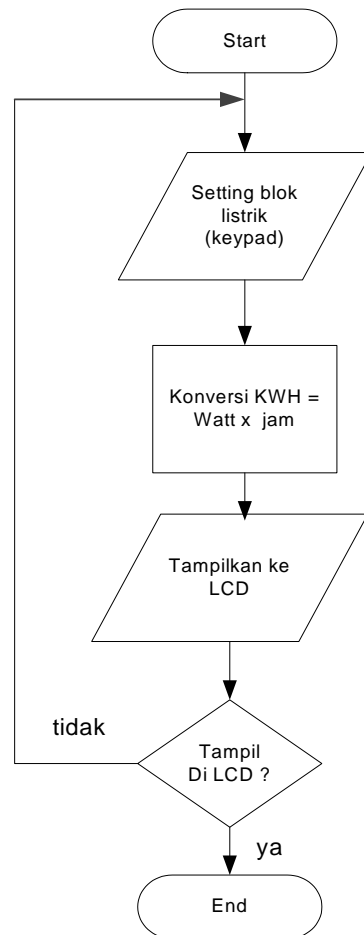
3.2 Perangkat Lunak

Agar *microcontroller* dapat aktif sesuai dengan yang direncanakan, maka dibuatlah suatu algoritma dari sistem yang dirancang. Jika algoritma tersebut disempurnakan akan menghasilkan *flowchart* yang kemudian diprogramkan ke *microcontroller* AT Mega8535 menggunakan bahasa assembler.

3.2.1. Keterangan Flowchart Alat

Pada alat pencatat kWh meter berbasis *microcontroller* AT Mega 8535 akan bekerja mencatat jumlah kWh terpakai, alat ini terpasang disisi pelanggan. Jika sudah ada inputan pada *keypad* maka *microcontroller* akan mengambil data ADC yang kemudian

mengkonversikan data ADC ke bentuk watt. *Microcontroller* juga mengambil data yang tersimpan di RTC yang sudah di konversikan dari kWh menjadi Watt kali jam. Hasil yang akan ditampilkan ke LCD dalam bentuk jumlah pemakaian, apabila sudah tampil di LCD ini menandakan bahwa proses pencatatan sudah selesai.

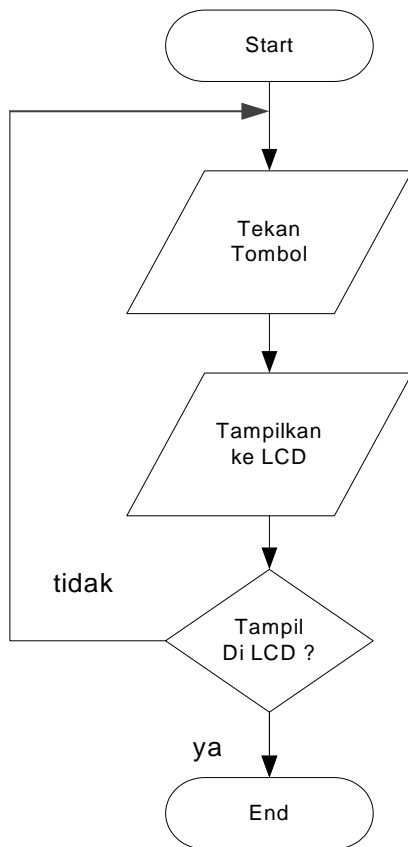


Gambar 9. Flowchart Alat

3.2.2. Keterangan Flowchart Remote

Pada alat pencatat yang ada pada petugas pencatat, berfungsi sebagai remote dan akan bekerja mencatat apabila power supply dihidupkan, kemudian tekan tombol dan angka tercatat pada kWh

meter pelanggan akan ditampilkan pada LCD dan disimpan pada memori. dalam bentuk jumlah pemakaian, apabila sudah tampil di LCD ini menandakan bahwa proses pencatatan sudah selesai.



Gambar 10. Flowchart remote

IV. PENGUJIAN ALAT

Tahap akhir dari sebuah perancangan sistem adalah pengukuran dan pengujian alat yang telah selesai dirancang. Tujuan dari pengujian dan pengukuran adalah agar dapat diketahui fungsi dan kerja sistem secara keseluruhan. Pengujian dan pengukuran juga dimaksudkan untuk mengetahui apakah semua komponen telah bekerja dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan.

4.1 Pengukuran Alat

Pengukuran alat menggunakan pesawat televisi 20 inchi merk Samsung AC 220-249V 50/60 Hz dengan hasil diitunjukkan pada Tabel 1.

Model : CS21 A 630 BL
 Model Code : CS21 A 630 BL AXXD
 Type : ML 21 ABD/100W

Tabel 1. Hasil Pengukuran Alat

Waktu / menit	Alat / watt	Remote / watt
1	1,66	1,66
2	3,22	3,22
3	4,98	4,98
4	6,69	6,69
5	8,30	8,30
6	9,96	9,96
7	11,62	11,62
8	13,33	13,33
9	14,94	14,94
10	16,67	16,67
JUMLAH	91,32	91,32

4.2 Penghitungan Daya

Perhitungan daya menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Kwh = P \times t \quad \dots(1)$$

P = Daya (watt)

t = Waktu (jam)

Diketahui : t = 1 menit = 0,0166 jam

P = 100 watt

$$Kwh = P \times t = 100 \text{ w} \times 0,0166 \text{ jam} = 1,66 \text{ watt.jam}$$

Diketahui : t = 2 menit = 0,0332 jam

P = 100 watt

$$\begin{aligned} \text{Kwh} &= P \times t = 100 \text{ w} \times 0,0332 \text{ jam} \\ &= 3,22 \text{ watt.jam} \end{aligned}$$

Diketahui : t = 3 menit = 0,0498 jam

$$P = 100 \text{ watt}$$

$$\begin{aligned} \text{Kwh} &= P \times t = 100 \text{ w} \times 0,0498 \text{ jam} \\ &= 4,98 \text{ watt.jam} \end{aligned}$$

Diketahui : t = 4 menit = 0,0664 jam

$$P = 100 \text{ watt}$$

$$\begin{aligned} \text{Kwh} &= P \times t = 100 \text{ w} \times 0,0664 \text{ jam} \\ &= 6,64 \text{ watt.jam} \end{aligned}$$

Diketahui : t = 5 menit = 0,0830 jam

$$P = 100 \text{ watt}$$

$$\begin{aligned} \text{Kwh} &= P \times t = 100 \text{ w} \times 0,0830 \text{ jam} \\ &= 8,30 \text{ watt.jam} \end{aligned}$$

Diketahui : t = 6 menit = 0,0996 jam

$$P = 100 \text{ watt}$$

$$\begin{aligned} \text{Kwh} &= P \times t = 100 \text{ w} \times 0,0996 \text{ jam} \\ &= 9,96 \text{ watt.jam} \end{aligned}$$

Diketahui : t = 7 menit = 0,1662 jam

$$P = 100 \text{ watt}$$

$$\begin{aligned} \text{Kwh} &= P \times t = 100 \text{ w} \times 0,1662 \text{ jam} \\ &= 11,62 \text{ watt.jam} \end{aligned}$$

Diketahui : t = 8 menit = 0,1333 jam

$$P = 100 \text{ watt}$$

$$\begin{aligned} \text{Kwh} &= P \times t = 100 \text{ w} \times 0,1333 \text{ jam} \\ &= 13,33 \text{ watt.jam} \end{aligned}$$

Diketahui : t = 9 menit = 0,1494 jam

$$P = 100 \text{ watt}$$

$$\begin{aligned} \text{Kwh} &= P \times t = 100 \text{ w} \times 0,1494 \text{ jam} \\ &= 14,94 \text{ watt.jam} \end{aligned}$$

Diketahui : t = 10 menit = 0,1667 jam

$$P = 100 \text{ watt}$$

$$\text{Kwh} = P \times t = 100 \text{ w} \times 0,1667 \text{ jam}$$

$$= 16,67 \text{ watt.jam}$$

Dari hasil perbandingan pengukuran daya pada perancangan alat dengan hasil perhitungan menggunakan persamaan 1 di tunjukkan pada Tabel 2. Setelah mendapatkan hasil pada Tabel 1 maka dilakukan pengukuran Jarak pencatatan yang bisa dicapai oleh alat ini antara 5 meter sampai dengan 20 meter.

Pengujian alat menggunakan lampu pijar 25 watt 220-240 volt merk philips hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel.3.

Tabel 2. Perbandingan data hasil pengukuran dengan hasil data perhitungan

Waktu (Menit)	Hasil Pengukuran Alat / Remote (watt)	Hasil Perhitungan menggunakan Persamaan 1. (watt.jam)
1	1,66	1,66
2	3,22	3,22
3	4,98	4,98
4	6,64	6,64
5	8,30	8,30
6	9,96	9,96
7	11,62	11,62
8	13,33	13,33
9	14,94	14,94
10	16,67	16,67
JUMLAH	91,32	91,32

Tabel 3. Data Pengukuran Jarak kWh meter

No	Waktu (menit)	Jarak (meter)	Hasil Baca Pada Alat (wh)	Hasil Baca pada Remote (wh)

1	09,49	5	0,19	0,19
2	09,50	6	1,00	1,00
3	09,59	7	1,20	1,20
4	10,00	8	1,26	1,26
5	10,03	9	1,32	1,32
6	10,05	10	1,49	1,49
7	10,10	11	1,55	1,55
8	10,15	12	1,62	1,62
9	10,22	13	1,69	1,69
10	10,25	14	1,73	1,73
11	10,30	15	1,80	1,80
12	10,32	16	1,83	1,83
13	10,35	17	1,86	1,86
14	10,40	18	1,89	1,89
15	10,44	19	2,00	2,00
16	10,44	20	2,03	2,03

V. KESIMPULAN

Dari pengujian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. *Historical data files* berguna untuk keperluan pemeliharaan atau *review* data sebelum dan sesudah kejadian yang dapat menyimpan data dalam waktu lama. Data – data hasil pencatatan disimpan dalam data base.
2. Waktu Pencatatan Untuk pengambilan data pencatatan harus dalam waktu yang sama setiap bulannya supaya tidak terjadi selisih pencatatan.
3. Efisiensi, keuntungan lain dari alat tersebut dapat menghindari kekurangan – kekurangan yang timbul yang dapat merugikan perusahaan seperti: keaslian data,

human error, waktu yang tidak efisien dan lain sebagainya.

4. Jarak Pencatatan dengan menggunakan alat pencatat data kWh meter jarak jauh berbasis *mirkrokontroller* pengambilan data dapat dipercepat, karena dengan menggunakan alat tersebut jangkauan jaraknya dapat mencapai 5 sampai dengan 20 meter, sehingga efektif mempersingkat waktu

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ardi Winoto, *Mikrokonroler AVR AT Mega 8/32/16/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada Win AVR* edisi Revisi, Penerbit Informatika, Bandung, 2010.
- [2] Anggoro, Bambang. 1986, *Pengukuran Listrik, Bandung, Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi & Pengukuran Listrik*, Institut Teknologi Bandung.
- [3] Iswanto, ST. Design dan Implementasi Sistem Embed Mikrokontroller AT Mega 8535 edisi pertama, Penerbit Java Media, Yogyakarta, 2008.
- [4] M Budi Santoso. 1971, *Teknik Tenaga Listrik*, Jakarta, Unit Pembangkit Muara Karang.
- [5] Perusahaan Listrik Negara. 1992, *Standar Perusahaan Listrik Negara 60-3:1992*, Kamar Uji Instrumen Ukur Listrik, Jakarta, Kementerian Badan Usaha Milik Negara