

# APLIKASI MIKROKONTROLER DALAM SISTEM KONTROL DAN MONITORING ENERGI LISTRIK

---

Tresna Umar Syamsuri<sup>1</sup>, Hendro Buwono<sup>2</sup>, Rahma Nur Amalia<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup> Prodi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Malang  
pak\_tresna@yahoo.co.id

## Abstrak

Sistem kontrol dan monitoring energi listrik menjadi hal yang krusial bagi konsumen listrik karena hal ini berkaitan dengan besarnya biaya energi listrik yang harus dibayarkan oleh konsumen. Penggunaan mikrokontroler dalam sistem kontrol dan monitoring energi listrik adalah untuk mempermudah proses pengontrolan memproses data untuk dikonversikan menjadi daya listrik dan menyimpannya setiap waktu tertentu serta ditampilkan melalui LCD. Sistem kontrol dan monitoring energi listrik berbasis mikrokontroler ini sangat tepat untuk diterapkan pada suatu lokasi yang terdiri dari beberapa konsumen dengan kebutuhan yang berbeda. Sebagai contoh adalah lokasi kost atau penginapan dengan banyak kamar, lokasi usaha dengan beberapa kios dan lain-lain. Alat ini bekerja dengan mengukur tegangan dan arus yang akan diolah datanya oleh mikrokontroler untuk dijadikan parameter menghitung dan membatasi energi listrik terpakai pada setiap pelanggan. Agar semua konsumen dapat termonitoring secara terpusat maka dibutuhkan personal komputer yang akan berkomunikasi dengan setiap mikrokontroler di masing-masing konsumen melalui komunikasi RS-485. Alat yang mempunyai presentase error pengukuran daya sebesar 3.33 % ini akan dapat berkomunikasi maksimal 1,2 km, dan parameter energi listrik seperti tegangan, arus, daya listrik dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh melalui komputer.

**Kata-kata Kunci :** Kontrol, Monitoring, Energi, Mikrokontroller

## Abstract

*Electricity control and monitoring system become crucial for electricity consumers because it is related to the amount of electricity cost that must be paid by consumers. The use of microcontrollers in the control system and monitoring of electrical energy is to facilitate the process of controlling the data processing to be converted into electrical power and store it at any given time and displayed through the LCD. Control*

*system and monitoring of microcontroller-based electrical energy are very appropriate to be applied to a location consisting of several consumers with different needs. For example, the location of boarding or lodging with many rooms, business locations with several kiosks and others. This tool works by measuring the voltage and current that will be processed by the microcontroller data to be used as parameters to calculate and limit the electrical energy used in each customer. In order for all consumers to be monitored centrally then it takes a personal computer that will communicate with each microcontroller in each consumer through RS-485 communications. The tool that has a percentage error of power measurement of 3.33% will be able to communicate a maximum of 1.2 km, and electrical energy parameters such as voltage, current, electrical power can be monitored and controlled remotely by computer.*

**Keywords:** *Control, Monitoring, Energy, Microcontroller*

## **1. PENDAHULUAN**

Penggunaan energi listrik di dalam masyarakat merupakan suatu hal yang sangat tidak asing lagi, karena energi listrik sangat penting dan sangat dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari. Dalam mengetahui jumlah energi listrik yang dipakai dari setiap peralatan listrik, digunakan sebuah alat yang bernama KWH meter. Alat ukur ini pada umumnya dimiliki oleh setiap rumah yang berlangganan listrik kepada pihak PLN sebagai penyedia listrik di Indonesia. Mengingat pentingnya kegunaan dari KWH meter, maka alat ukur ini wajib dimiliki oleh setiap konsumen yang berlangganan listrik kepada PLN. KWH meter juga banyak digunakan pada area dengan cakupan lebih luas seperti di lingkungan perumahan, perkantoran maupun industri. Permasalahan timbul ketika pemakaian energi listrik pada area yang luas, dimana besar energi listrik yang dipakai oleh masing-masing konsumen tidak akan terkontrol dan tidak terhitung secara tepat sasaran.

Berdasarkan adanya permasalahan tersebut, diperlukan suatu alat untuk mengukur, mengontrol dan memonitor pemakaian energi listrik pada masing-masing konsumen listrik. Alat yang akan dirancang ini menggunakan komponen tambahan yaitu mikrokontroler. Mikrokontroler memiliki fungsi utama yaitu mengolah data hasil pendeteksian arus dan tegangan. Alat yang

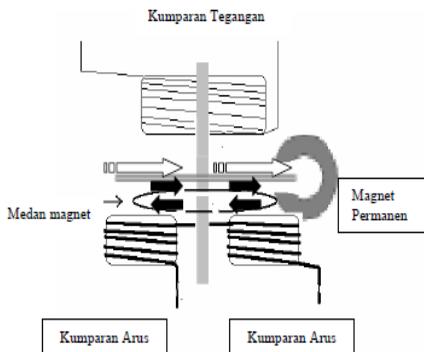
akan dirancang ini ini bekerja dengan mengukur tegangan dan arus yang akan diolah datanya oleh mikrokontroler untuk dijadikan parameter menghitung dan membatasi energi listrik terpakai pada setiap pelanggan. Agar semua pemakaian energi listrik oleh konsumen dapat termonitoring secara terpusat maka dibutuhkan personal komputer yang akan berkomunikasi dengan setiap mikrokontroler yang terdapat di masing-masing konsumen. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, akan diteliti bagaimana mikrokontroler dapat digunakan dalam sistem kontrol dan monitoring pemakaian energi listrik pada konsumen

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 KWH Meter

#### 2.1.1 KWH Meter Analog

KWH meter adalah alat yang digunakan untuk menghitung besar pemakaian energi listrik konsumen. Bagian utama dari sebuah KWH meter adalah kumparan tegangan, kumparan arus, piringan aluminium, magnet tetap yang tugasnya menetralkan piringan aluminium dari induksi medan magnet dan gear mekanik yang mencatat jumlah perputaran piringan aluminium. Alat ini bekerja menggunakan metode induksi medan magnet dimana medan magnet tersebut menggerakkan piringan yang terbuat dari aluminium. Putaran piringan tersebut akan menggerakkan counter digit sebagai tampilan jumlah KWH nya.



GAMBAR 1 KWH METER LISTRIK [1]

## 2.2 Daya

Daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha.

### 2.2.1 Daya Aktif

Daya aktif (*Active Power*) adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Satuan daya aktif adalah Watt. Misalnya energi panas, cahaya, mekanik dan lain-lain.

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (1)$$

$$P = 3 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi \quad (2)$$

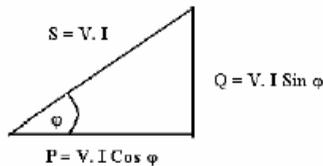
### 2.2.2 Daya Reaktif

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk *fluks* medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, lampu pijar dan lain-lain. Satuan daya reaktif adalah VAR

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (3)$$

### 2.2.3 Daya Semu

Daya semu (*Apparent Power*) adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Satuan daya nyata adalah VA.



GAMBAR 2 PENJUMLAHAN TRIGONOMETRI DAYA AKTIF, REAKTIF DAN SEMU [2]

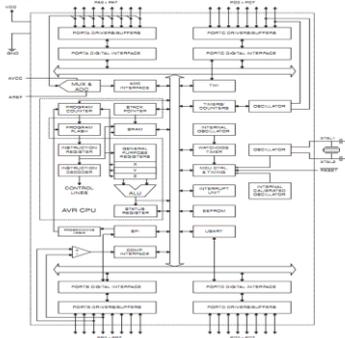
## 2.3 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu serpih (*chip*). Mikrokontroler lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan ROM

(Read-Only Memory), RAM (Read-Write Memory), beberapa port masukan maupun keluaran, dan beberapa *periphera* seperti pencacah/pewaktu, ADC (Analog to Digital converter), DAC (Digital to Analog converter) dan serial komunikasi. Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini yaitu mikrokontroler AVR. Secara umum mikrokontroler AVR dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu AT90Sxx, ATMega dan ATtiny.

### 2.3.1 Arsitektur ATMEGA16

Mikrokontroler ini menggunakan arsitektur Harvard yang memisahkan memori program dari memori data, baik bus alamat maupun bus data, sehingga pengaksesan program dan data dapat dilakukan secara bersamaan (*concurrent*). Secara garis besar mikrokontroler ATMega16 terdiri dari: arsitektur RISC dengan throughput 16 MIPS pada frekuensi 16Mhz, flash memori 16Kbyte, EEPROM 512Byte, SRAM 1Kbyte, saluran I/O 32 buah, CPU dengan 32 buah register, user interupsi internal dan eksternal, Port antarmuka SPI dan Port USART sebagai komunikasi serial serta fitur Peripheral. Blok diagram ATMega16 ini ditunjukkan pada Gambar 3.



GAMBAR 3 BLOK DIAGRAM ATMEGA16 [3]

### 2.4 MCB Sebagai Proteksi Dan Pembatas Daya Listrik

MCB (*Miniature Circuit Breaker*) adalah komponen dalam instalasi listrik rumah yang mempunyai peran sangat penting. Komponen ini berfungsi sebagai sistem proteksi dalam instalasi

listrik bila terjadi beban lebih dan hubung singkat arus listrik (*short circuit* atau *korsleting*).

## **2.5 HMI (*Human Machine Interface*)**

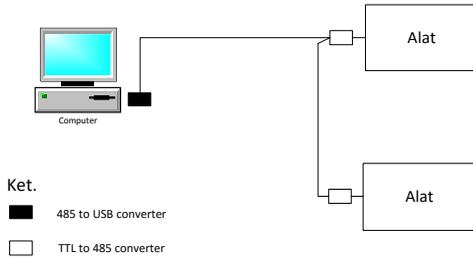
HMI adalah singkatan dari *Human Machine Interface*. Pada umumnya HMI adalah berupa komputer dengan display di Monitor CRT/LCD dimana kita bisa melihat keseluruhan system dari layar tersebut.

## **3. METODE PENELITIAN**

Metode dan tahapan yang dilakukan dalam penelitian yaitu meliputi; 1) Studi literatur meliputi: perancangan instalasi listrik, sistem mikrokontroler, perancangan *software*. 2) Perancangan *software* meliputi *flowchart* program alat yang akan digunakan. 3) Perancangan *hardware* meliputi perangkaian dan pengerjaan komponen- komponen yang dibutuhkan untuk pengerjaan alat kontrol dan monitoring. 4) Pembuatan alat dilakukan setelah alat yang dirancang sesuai dengan yang diinginkan yaitu *me-layout*-nya pada PCB, dan membuat *software* maupun *hardware*-nya. 5) Pengujian alat dan analisa terhadap setiap kesalahan yang mungkin terjadi sehingga diperoleh hasil yang maksimal.

## **4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

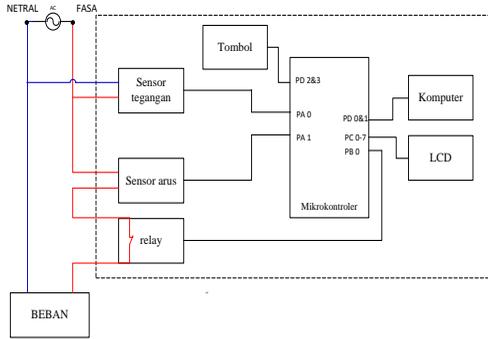
Perancangan dan pembuatan alat kontroling dan monitoring energi listrik berbasis mikrokontroler dapat diaplikasikan untuk mengukur energi listrik yang terpakai dalam suatu kamar kost pada satu periode tertentu. Data energi dari tiap-tiap alat pada setiap kamar juga dapat di monitor dan dikontrol oleh sebuah komputer yang terletak pada si pemilik kost. Agar dapat berkomunikasi antara computer dan mikrontroler dibutuhkan komunikasi RS 485 yang tentunya membutuhkan converter RS485 to USB. Komunikasi ini berfungsi sebagai jembatan penghubung antara mikrokontroler dengan komputer, agar data yang ada pada mikrokontroler dapat dikirim ke komputer atau sebaliknya. Diagram blok komunikasi alat ditunjukkan pada Gambar 4.



**GAMBAR 4** DIAGRAM BLOK KOMUNIKASI ALAT

#### 4.1 Prinsip Kerja Alat

Alat ini digunakan untuk mengetahui berapa besar tegangan, arus beban, beban daya, *power factor*, energi pemakaian listrik yang telah digunakan oleh konsumen listrik. Sensor tegangan pada alat berfungsi untuk mendeteksi tegangan dari jala-jala yang mengalir ke beban. Sensor arus berfungsi untuk mendeteksi arus dari jala-jala yang mengalir beban. Mikrokontroler berfungsi untuk mengolah data hasil pendeteksian arus dan tegangan agar dapat ditampilkan beban daya, dan biaya pemakaian listrik pada display keluaran. Alat ini disertai dengan LCD yang dipasang pada tiap-tiap area konsumen listrik yang berfungsi untuk menampilkan tegangan, arus, daya, dan energi pemakaian listrik. Komputer yang diletakkan di pusat berfungsi untuk monitoring tegangan, arus, daya, energi pemakaian listrik yang telah digunakan oleh konsumen dan berfungsi juga untuk kontroling dengan menggunakan *relay control* yang berfungsi untuk memutus dan menyambungkan aliran listrik yang digunakan konsumen listrik yang melanggar aturan. Diagram blok peralatan ini ditunjukkan pada Gambar 5.



GAMBAR 5 DIAGRAM BLOK PERALATAN SETIAP KAMAR

Prinsip kerja alat ini yaitu dengan menyensor arus dan tegangan yang mengalir pada area masing-masing konsumen listrik. Keluaran sensor arus ACS712 dihubungkan ke ADC pada mikrokontroler yakni pada PIN A untuk diolah menjadi sinyal digital agar bisa diproses oleh mikrokontroler. Sedangkan sensor tegangan yang merupakan kombinasi dari trafo step-down dan rangkaian pembagi tegangan mempunyai *output* berupa tegangan AC dengan nilai yang kecil. *Output* sensor ini dihubungkan ke rangkaian penguat untuk dikuatkan sehingga dapat dibaca oleh mikrokontroler yang diolah terlebih dahulu oleh ADC mikrokontroler agar menjadi sinyal digital. Kemudian mikrokontroler akan memproses sinyal tersebut dan dikonversikan menjadi nilai daya serta akan terus mencuplik nilai daya tersebut setiap 1 detik untuk menghitung energi listrik yang dipakai dan mengirimkan data arus, tegangan, daya, dan energi ke komputer.

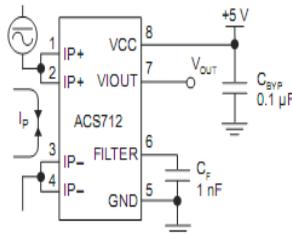
#### 4.1.1 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat yang akan dirancang adalah sebagai berikut:

1. Tegangan kerja 220V – 50 Hz.
2. Maksimal pengukuran 1100 VA ( Arus max 5A).
3. Komunikasi data RS-485 dengan maksimum jarak 1,2 km.

#### 4.1.2 Perancangan Sensor Arus

Sensor arus ini adalah salah satu produk dari allegro untuk solusi ekonomis dan presisi dalam pengukuran arus AC maupun DC. Sensor ini memiliki presisi, low-offset, dan rangkaian sensor *linier hall* dengan konduksi tembaga yang ditempatkan dengan permukaan dari aliran arus yang disensor. Ketika arus mengalir pada permukaan konduktor maka akan menghasilkan medan magnet yang dirasakan oleh IC hall effect yang terintegrasi kemudian oleh piranti tersebut dapat diubah ketegangan. Rangkaian sensor arus ditunjukkan pada Gambar 6.



GAMBAR 6 RANGKAIAN SENSOR ARUS

Alat pada penelitian ini dirancang untuk konsumen yang mempunyai kapasitas 2200 VA dengan jumlah 8 ruangan. Daya masing-masing kamar akan dibatasi sebesar 200 VA dengan tegangan 220 V. Sehingga arus yang dibatasi adalah :

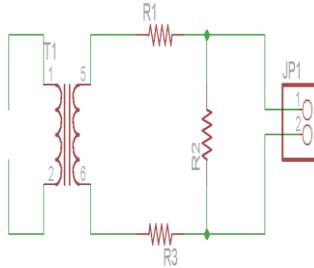
$$I = \frac{S}{V} = \frac{200}{220} = 0.9 \text{ A}$$

Dengan ini maka sensor yang dipakai pada kamar adalah dengan sensor yang memiliki kapasitas maksimal diatas 0.9 A, maka dipilih sensor arus ACS712 Dengan spesifikasi sebagai berikut: Berdasarkan *i data sheet* AC712 mempunyai sensitivitas sensor sebesar 185mV/A dan kondisi saat tidak ada arus pada kaki primer maka tegangan outputan dari AC712.

#### 4.1.3 Perancangan Sensor Tegangan

Untuk mengetahui nilai tegangan yang nantinya akan dijadikan parameter untuk menghitung energi listrik diperlukan sebuah sensor tegangan. Hasil yang dibaca oleh sensor tegangan merupakan inputan untuk mikrokontroler. Seperti yang diketahui tegangan jala-jala listrik 1 fasa adalah 220V Sedangkan

mikrokontroler sendiri bekerja pada tegangan 0-5V dengan demikian hasil yang dibaca sensor haruslah tegangan dengan rating 0-5V. Untuk menurunkan tegangan dari 220 V menjadi tegangan yang mampu dibaca mikrokontroler yakni 0-5 V digunakan trafo step down. Trafo yang ada dipasaran tegangan terkecil dari kumparan low voltage adalah 6 V maka dipilih trafo step down dengan rating tegangan 220 V to 6,9, dan 12 V. Rangkaian sensor arus ditunjukkan pada Gambar 7.



GAMBAR 7 RANGKAIAN SENSOR TEGANGAN

#### 4.1.4 Perencanaan ADC (*Auto Digital Converter*)

Mikrokontroler yang digunakan pada tugas akhir ini adalah mikrokontroler ATmega 16 yang mempunyai fasilitas ADC (Analog Digital Converter). ADC pada mikrokontroler ini terdapat 8 buah yang berada pada PIN A. Fasilitas ini berfungsi untuk mengolah sinyal analog dari sensor arus dan tegangan untuk dijadikan sinyal digital. ADC pada mikrokontroler ini mempunyai range pembacaan 10 bit yang berarti dapat mengubah sinyal analog yang berupa tegangan 0 sampai 5 V menjadi sinyal digital dari 0 hingga 1023. Dengan ini maka ADC pada mikrokontroler ATmega 16 ini dapat membaca sinyal analog yang berupa tegangan, minimal sebagai berikut:  $V_{\text{minimum}} = \frac{1023}{5}$   
 $= 0.0048 \text{ V}$

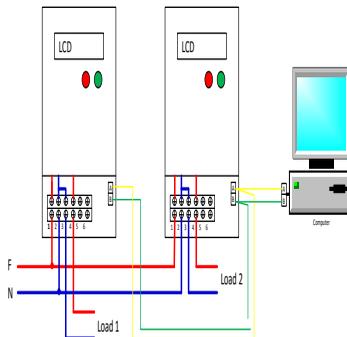
#### 4.1.5 Perancangan Driver Relay

Relay adalah saklar elektronik yang dapat membuka atau menutup rangkaian dengan menggunakan kontrol dari rangkaian elektronik lain, Relay dapat kita gunakan untuk switching atau

kontrol beban. Pada alat ini relay digunakan sebagai sarana untuk memutuskan dan menyambung aliran listrik terhadap beban masing-masing kamar. Mikrokontroler adalah IC yang dapat diprogram dengan rating tegangan maksimal input output adalah 5V. Maka untuk mengontrol tegangan AC 220V diperlukan sebuah relay yang mampu menghantarkan tegangan 220 VAC dengan arus maksimal 5A. Sehingga dipilih relay dengan spesifikasi sebagai berikut : Tegangan kerja 12VDC – 100mA, Kuat hantar 240 VAC – 5 A

#### 4.2 Wiring Diagram Pemasangan Alat

Dalam pemasangan alat ada dua hal yang harus diperhatikan yakni *wiring* instalasi listrik dan komunikasi data nilai tegangan, arus, daya, dan energi listrik yang dipakai. Instalasi kelistrikan alat ini terletak pada terminal blok pin 1 sampai dengan 4 sedangkan instalasi komunikasi data terletak pada terminal A dan B. Adapun *wiring* diagram pemasangan alat ditunjukkan pada Gambar 8.



GAMBAR 8 WIRING DIAGRAM ALAT

#### 4.3 Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan pembacaan daya yang ditunjukkan oleh alat dengan wattmeter untuk menghitung tingkat kepresisian pengukuran daya yang dibaca oleh alat ini. Hasil pengujian ketelitian dari sensor arus ACS712 adalah sebagai berikut:

**TABEL 1 DATA PENGUJIAN ARUS**

NO	Beban	Arus pada Amperemeter	Arus pada Alat	Error (%)
1	Beban 1	0.35	0.36	2.85
2	Beban 2	0.13	0.13	0
3	Beban 3	0.2	0.21	5
4	Beban 4	0.08	0.08	0
5	Charger Laptop	0.3	0.32	6.67
Rata – Rata Error				2.90

**TABEL 2 DATA PENGUJIAN DAYA**

NO	Beban	Daya pada Wattmeter	Daya pada Alat	Error (%)
1	Beban 1	78	79.25	1.60
2	Beban 2	28	29.06	3.78
3	Beban 3	44	46.2	5 %
4	Beban 4	17	17.46	2.70
5	Charger Laptop	68	70.43	3.57
Rata – Rata Error				3.33

**TABEL 3 DATA PENGUJIAN ENERGI**

NO	Beban	Energi (Pxt)	Energi (Alat)
1	Beban 1	1.3	1.35
2	Beban 2	0.46	0.47
3	Beban 3	0.73	0.77
4	Beban 4	0.28	0.28
5	Charger Laptop	1.13	1.31

Berdasarkan data pengujian diperoleh bahwa bahwa alat kontrol dan monitor energi listrik pada masing-masing konsumen ini mempunyai presentase error arus sebesar 2.90% dan error daya sebesar 3.33%. Dengan nilai error arus dan daya yang relatif kecil, maka alat ini mampu memberikan informasi pemakaian energi setiap kamar kost dengan akurat, dimana besar energi yang dipakai oleh masing-masing penghuni akan terkontrol dan dapat dihitung. Semua kamar dapat termonitoring secara terpusat pada komputer yang berkomunikasi dengan setiap mikrokontroler di kamar melalui RS-485 dengan jarak maksimal 1,2 km.

## 5. PENUTUP

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain :

- a. Aplikasi mikrokontroler dalam sistem kontrol dan monitoring energi listrik ini mempunyai error pengukuran daya listrik sebesar 3.33% dan error pengukuran arus sebesar 2.90%.
- b. Aplikasi mikrokontroler dalam sistem kontrol dan monitoring energi listrik ini dapat membaca dan membatasi daya tiap konsumen energi listrik maksimal 1100 VA (bekerja dengan tegangan kerja 220V/50 Hz dan arus maksimum 5 A) dengan komunikasi data RS-485 dengan jarak maksimum 1,2 km.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M.N, Chandra.. 2011. *Perancangan Dan Pengendalian Kwh Meter Prabayar berbasis Mikrokontroller Atmega8535 melalui Telepon Selular*, Universitas Sumatera Utara.
- [2] A, Belly, and dkk. 2010. *Daya Aktif, Reaktif & Nyata*, Fakultas Teknik Elektro Universitas Indonesia.
- [3] Nasution, F. 2011. *Artikel Mikrokontroller Atmega16*, Universitas Sumatera Utara
- [4] Bukhari, Ahmad. 2012. *Perbaikan Power Faktor Pada Konsumen Rumah Tangga Menggunakan Kapasitor Bank*, Politeknik Negeri Bengkalis.
- [5] Irawan, Ardi. 2007. *HMI or MMI, Instrument Engineer di VICO Indonesia*.
- [6] Kadaffi, Muhammar, MT. 2011. *Karakteristik Beban Tenaga Listrik*, Pusat Pengembangan Bahan Ajar Universitas Mercu Buana.
- [7] Priowirjanto, Gator, Dr., Ir. 2003. *Instalasi Listrik Dasar*, Modul Pembelajaran Departemen Pendidikan Nasional.
- [8] PUIL 2000 Lampiran C hal 475-478