

DESAIN OPTIMALISASI PANEL LISTRIK DIGITAL SATU PHASA BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA16

Rohwan Adi Widodo¹, Elsanda Merita Indrawati²

^{1,2}Teknik Elektro, UN PGRI Kediri

E-mail: *¹adiwidodo2395@gmail.com, ²elsanda07@gmail.com

Abstraks. Sistem instalasi listrik dan sistem pengaman merupakan dua hal yang saling terkait, hal ini dapat dilihat dari aturan yang jelas tentang sistem pengaman yang tercantum pada PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik). Secara umum pengaman yang digunakan dalam sistem instalasi listrik yaitu hanya berfungsi sebagai pemutus listrik jika terjadi arus lebih atau arus bocor, tetapi tidak bisa sekaligus untuk mengukur beda potensial, mengukur kuat arus, dan mengukur daya listrik. Hal ini mengakibatkan penggunaan alat yang tidak efisien dan ekonomis. Oleh karena pada penelitian ini penulis membuat alat berupa optimalisasi panel listrik yang berfungsi sebagai pengukur, pengaman, dan pengatur kapasitas pengaman kelistrikan. Sistem optimalisasi panel listrik dalam penelitian ini yaitu menggunakan mikrokontroler Atmega 16 dan perangkat lunak yang dipakai yaitu CVAVR, Proteus, dan Extrem Burner Avr. Hasil pengujian panel listrik digital satu phasa berbasis mikrokontroler atmega16 menunjukkan bahwa panel listrik digital satu phasa berbasis mikrokontroler atmega16 yang telah didesain dapat mengukur tegangan (volt), arus (ampere), daya (VA), dan suhu (Celcius) dengan akurasi pembacaan yang cukup baik dan panel listrik digital satu phasa berbasis mikrokontroler atmega16 ini mampu memproteksi dari adanya beban/arus lebih, tegangan lebih, dan suhu tinggi dengan kecepatan protec sebesar 100ms.

Kata Kunci: Mikrokontroler Atmega 16, Panel listrik, Sistem Instalasi listrik

Abstraks. Electrical installation systems and safety systems are the two things are interrelated, it can be seen from the clear rules on security systems listed on PUIL (General Requirements for Electrical

Installations). In general safety systems used in electrical installations which only serves as an electrical breaker in the event of an overcurrent or leakage current, but can not at the same time to measure the potential difference, measuring strong currents, and measuring the electrical power. This resulted in the use of tools that are not efficient and economical. Therefore, in this study the authors created a tool such as the optimization of the electrical panel that serves as a gauge, safety, electrical safety and regulatory capacity. System optimization of the electrical panel in this research is using Atmega 16 microcontroller and software used is CVAVR, Proteus, and Extrem Avr Burner. Results of testing the electrical panel digital single phase based microcontroller atmega16 indicates that the electrical panel digital single phase based microcontroller atmega16 has been designed can measure voltage (volts), current (amperes), power (VA), and temperature (Celsius) with an accuracy of readings sufficient good and digital single phase electrical panel based atmega16 microcontroller is capable of protecting from the load / overcurrent, overvoltage, and high temperatures with Protec speed of 100ms.

Keywords: Microcontroller Atmega 16, electrical panels, electrical installation systems

1. PENDAHULUAN

Sistem instalasi listrik memiliki standart yang dikenal dengan istilah PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik) yang berwenang memberikan aturan tentang kelistrikan salah satunya yaitu mengenai Pengaman atau pengaman instalasi listrik. PUIL (2000:22) menyatakan ada 2 resiko utama pada instalasi kelistrikan yaitu (1) arus

kejut listrik; dan (2) suhu kelebihan yang mengakibatkan kebakaran, luka bakar atau efek cedera lain. Diantara pengamanan yang sering dijumpai di instalasi rumah tangga antara lain, seperti: (1) MCB (*Magnetic Circuit Breaker*) merupakan pemutus listrik apabila arus yang melewatinya melebihi batas nominal; (2)ELCB (*Earth Leakage Circuit Breaker*) merupakan pemutus arus listrik apabila terjadi arus bocor pada pentanahan (*Grounding*). Secara umum pengamanan yang digunakan dalam sistem kelistrikan yaitu hanya berfungsi sebagai pemutus listrik jika terjadi arus lebih atau arus bocor tidak bisa sekaligus untuk mengukur beda potensial, mengukur kuat arus, dan mengukur daya listrik. Hal ini mengakibatkan penggunaan alat yang tidak efisien dan ekonomis. Oleh karena pada penelitian ini penulis membuat alat berupa optimalisasi panel listrik yang berfungsi sebagai pengukur, pengamanan, dan pengatur kapasitas pengamanan kelistrikan. Sistem optimalisasi panel listrik dalam penelitian ini yaitu menggunakan mikrokontroler Atmega 16 karena ATmega16 adalah mikrokontroler CMOS 8 bit daya rendah berbasis arsitektur RISC dan ATmega16 mempunyai *throughput* mendekati 1 MIPS per MHz yang membuat ATmega16 dapat bekerja dengan kecepatan tinggi walaupun dengan penggunaan daya rendah, perangkat lunak yang dipakai pada penelitian ini yaitu CVAVR, Proteus , dan Extrem Burner Avr.

2. PERANCANGAN SISTEM

2.1 Tahap Penelitian

Tahapan penelitian ditunjukkan pada gambar 1 dibawah ini.

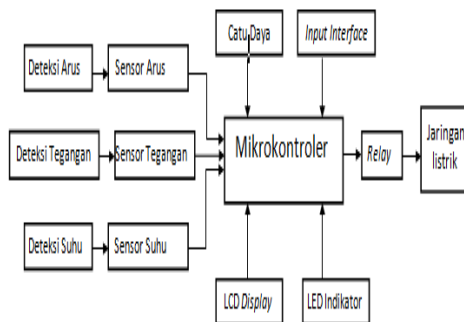


Gambar 1. Tahapan-Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu : (1) Pemrograman menggunakan CVAVR (Code Vision AVR); (2) hasil dari *compile* CVAVR dimasukkan kedalam proteus, untuk mensimulasikan program, bila program telah sesuai dilanjutkan dengan; (3) pengujian sensor arus, tegangan, dan suhu; (4) perancangan rangkaian pengondisi sensor agar tegangan luaran dari sensor sesuai dengan pin ADC pada mikrokontrol; (5) merangkai sistem berdasarkan desain yang ada di Proteus 7, selanjutnya IC mikrokontroler diprogram dengan menggunakan Extreme Burner AVR hasil *compile* dari CVAVR; (6) melakukan pengujian sistem seperti : menguji menu program, pengukuran arus, suhu, tegangan, dan daya, kemudian dilanjutkan pengujian Pengaman dari adanya beban lebih, suhu lebih, arus pendek,dan tegangan lebih; (7) dilanjutkan dengan pembahasan; dan (8) kesimpulan dari hasil percobaan.

2.2 Perancangan Alat

Pada perancangan alat, diagram blok panel listrik digital 1 fasa ditunjukkan pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Diagram Blok panel listrik digital satu fasa.

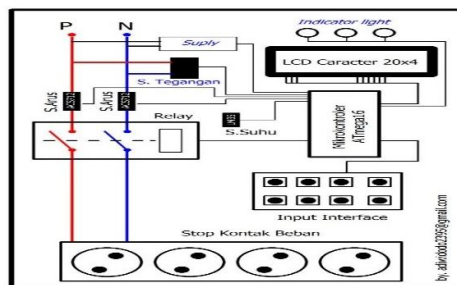
Fungsi Tiap Blok :

- Blok deteksi arus: sebagai elemen arus yang akan diukur
- Blok deteksi tegangan: sebagai elemen tegangan yang akan diukur
- Blok deteksi suhu: sebagai elemen suhu yang akan diukur

- Blok sensor arus: sebagai *input* data arus yang diukur
- Blok sensor tegangan: sebagai *input* data tegangan yang diukur
- Blok sensor suhu: sebagai *input* data suhu yang diukur
- Blok catu daya: sebagai sumber tegangan
- Blok *input interface*: sebagai modul *input*
- Blok mikrokontroler: pengolah program
- Blok LCD *Display*: Penampil hasil data
- Blok LED indikator: penampil indikator
- Blok *relay*: sebagai saklar *elektrik*
- Blok jaringan listrik: jaringan listrik yang akan dikontrol

2.3 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras berupa penyusunan komponen-komponen yang menjadi satu kesatuan sistem rangkaian yang bekerja sesuai dengan fungsinya. Perangkat keras yang dirancang meliputi rangkaian sensor, rangkaian LCD, rangkaian *input interface*, rangkaian sistem minimum Atmega16 dll, ditunjukkan pada Gambar 3 dibawah ini.



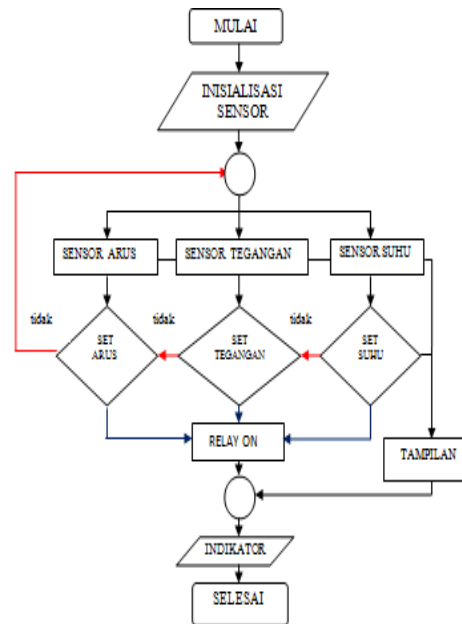
Gambar 3. Skema panel listrik digital satu fasa

Berdasarkan pada Gambar 3 diatas semua komponen diletakkan pada papan percobaan dengan tujuan agar mempermudah proses pengujian dan perbaikan. Stop kontak disatukan dengan papan dengan harapan mempermudah penyaluran arus listrik ke beban.

2.4 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak ini menggunakan aplikasi - aplikasi guna menunjang perancangan sistem, adapun perangkat lunak yang dipakai yaitu CAVR, Proteus, dan Extrem Burner Avr.

2.5 Flowchart Sistem



Gambar 4. Flowchart Sistem

Sistem kerja pada Gambar 4 yaitu, setelah *catu daya* dihidupkan, mikrokontroler akan melakukan proses pembacaan sensor arus, tegangan, dan suhu. Data pembacaan sensor akan ditampilkan dalam LCD dan setelah itu mikrokontroler akan menyocokkan apakah data pembacaan sensor sudah sesuai dengan data *setting* tegangan, arus, dan suhu. Jika sesuai maka dapat mensaklar *relay*, jika belum sesuai maka akan menunggu hingga data-data telah sesuai, pengaturan data-data dapat diubah melalui *input interface*, data yang sudah sesuai dapat menghidupkan *relay*. *Relay* dapat di *on/off* melalui *input interface*, sesuai perintah *user*, semua informasi mengenai sistem kerja mikrokontroler dapat dipantau langsung melalui LCD *display* dan tiga buah LED indikator

yang memiliki fungsi yang berbeda-beda.

3. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian

Analisa hasil pengujian sistem ini bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan-permasalahan yang ada pada sistem, alat ini tersusun oleh beberapa macam perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Pengujian ini diperlukan untuk meninjau tingkat keberhasilan dalam pembuatan alat. Pengujian ini meliputi bagian-bagian sebagai berikut:

3.1.1 Pengujian Rangkaian Mikrokontroler Atmega16

Pengujian rangkaian ini dilakukan dengan menghubungkan *catu daya* mikrokontrol dengan *ac matic* DVD player sebesar 5 volt, dipilih *ac matic* DVD karena arus *output* cukup besar mencapai 1,5 A sehingga diharapkan siklus kerja mikrokontroler dapat terjaga kestabilannya. Dari hasil pengujian didapatkan tegangan pada kaki VCC sebesar 5,05 volt. Langkah selanjutnya adalah mendownload program kedalam IC mikrokontroler dengan *software* Extreme Burner AVR.

3.1.2 Pengujian Sensor-Sensor

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor pada alat dengan alat ukur yang sudah memiliki standart, serta mengacu pada *nameplate* beban-beban pengujian, adapun pengujian ini dibagi menjadi 3 *point* utama yaitu pengujian tegangan, arus, dan suhu.

a. Pengujian Sensor Arus

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan arus pada alat dengan arus yang tertera pada *nameplate* beban, ditunjukkan dalam Tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Tabel Pengujian Sensor Arus

No	Jenis Beban	Name plate	Pembacaan alat	Arus pada nameplate	Akurasi
1	Lampu Philips	23 W/220 V	0,16 A	0,1 A	62 %
2	Setika listik	300 W/220 V	1.63 A	1,3 A	79 %
3	Solder listrik	30 W/220 V	0,16 A	0,13 A	81 %
4	Rice coker	350W/220 V	1,73 A	1,59 A	91 %
5	Carger laptop	100 W /220 V	0,5 A	0,45 A	90 %

b. Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur tegangan pada jala-jala listrik, dan membandingkan pembacaan pada alat dengan *voltmeter* digital, serta KWH meter PLN, data pengujian ditunjukkan dalam Tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2. Tabel pengujian sensor tegangan

No	Pengukuran Alat	Pengukuran Voltmeter Digital	Pengukuran Kwh PLN	Data ADC
1.	235 volt	241 volt	234 volt	481
2.	227 volt	231 volt	224 volt	464
3.	220 volt	224 volt	218 volt	450

c. Pengujian Sensor Suhu

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur suhu ruang dalam panel agar tetap terjaga, satuan yang digunakan dalam *Celcius*, data pengujian sensor suhu ditunjukkan dalam Tabel 3 dibawah ini :

Tabel 3. Tabel Pengujian Sensor Suhu

No	Pengukuran Alat	Data ADC
1.	30°C	62
2.	40°C	83
3.	50°C	104

d. Pengujian Kesseuruhan Sensor

Tabel 4. Tabel pengujian pembacaan sensor keseluruhan

No	Jenis Beban	Name Plate	Pembacaan Pada Alat			
			Arus	Tegangan	Daya	Suhu
1	Lampu	23 W/220 V	0,16 A	237 volt	37 VA	28°C
2	Setika	300 W/	1.63	222	361	27°C

	listik	220 V	A	volt	VA	
3	Solder listrik	30 W/220 V	0,16 A	230 volt	36 VA	26°C
4	Rice coker	350 W/220 V	1,73 A	219 volt	378 VA	28°C
5	Carger laptop	100 W/220 V	0,5 A	270 volt	135 VA	28°C

3.1.3 Pengujian Menu (Pengatur Kapasitas Pengaman)

Pengujian ini dilakukan dengan menekan tombol menu pada *input interface* kemudian diarahkan sesuai dengan yang diinginkan, fungsi ini untuk memastikan “apakah program untuk mengatur kapasitas maksimal dari arus, tegangan, dan suhu sudah bekerja dengan dengan baik atau belum.

3.1.4 Pengujian Pengaman

Pengujian pengaman ini merupakan pengujian alat terhadap segala macam bentuk gangguan dengan cara membandingkan data pada *setting* arus, tegangan, dan suhu terhadap nilai pembacaan sensor-sensor.

Pengujian ini dilakukan dengan cara membebani jaringan listrik *output*, sensor, dan program pembatas agar terjadi kondisi *abnormal* (gangguan) pada alat, pengujian ini dibagi menjadi 3, yaitu:

a. Beban lebih (*over load*)

Beban lebih merupakan kondisi dimana arus pemakaian melebihi kapasitas nominal pada pembatas daya, sehingga terjadi pemutusan pada rangkaian *relay*. Hasil pengujian pengaman terhadap beban lebih seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Pengujian Pengaman Terhadap Beban Lebih (*Over Load*)

No	Data Pembacaan Arus	Setting Arus Maksimal	Relay	Nyala lampu	Kecepatan Pengaman
1	0,3 A	1 A	On	Hijau	-
2	1,6 A	1 A	Off	Merah	100ms
3	2,6 A	2 A	Off	Merah	100ms

b. Tegangan Lebih (*Over Voltage*)

Tegangan lebih merupakan kondisi dimana tegangan

pemakaian melebihi batas penggunaan tegangan yang dianjurkan, sehingga jika hal ini terjadi dapat mempercepat kerusakan pada peralatan listrik, fungsi utama pengujian ini adalah sebagai pendeteksi adanya tegangan lebih dan memutuskan jaringan listrik jika terdeteksi hal tersebut. Hasil pengujian pengaman terhadap tegangan lebih seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6 dibawah ini.

Tabel 6. Pengujian pengaman terhadap tegangan lebih (*over voltage*)

No	Data Pembacaan Tegangan	Setting Volt Mak	Relay	Nyala Lampu	Kecepatan Pengaman
1	218 volt	230	On	Hijau	-
2	225 volt	230	On	Hijau	-
3	233 volt	230	Off	Merah	100ms

c. Suhu Tinggi (*Over Temperature*)

Suhu yang tinggi dalam ruang panel listrik dapat menyebabkan timbulnya bola api, untuk itu dipasang sensor suhu didalamnya, dengan tujuan utama memberikan batasan suhu pada ruang panel serta meminimalisir terjadinya kebakaran dalam panel listrik. Hasil pengujian pengaman terhadap suhu lebih seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7. Pengujian pengaman terhadap suhu lebih

No	Data Pembacaan Suhu	Setting Suhu Max	Relay	Nyala Lampu	Kecepatan Pengaman
1	30°C	40°C	On	Hijau	-
2	35°C	40°C	On	Hijau	-
3	50°C	40°C	Off	Merah	100ms

Pengujian LED indikator

Indikator juga memegang peranan penting dalam komponen listrik, indikator merupakan lampu sebagai tanda yang menggambarkan

siklus kerja dalam suatu alat, selain itu dapat mempermudah pemantauan *user* (pengguna) dari kejauhan. Pada Tabel 8 menunjukkan pengujian LED

Tabel 8. Tabel Pengujian LED indikator

No	Siklus Kerja Mikrokontroler		Indikator		
	Detector <i>protec</i>	Penekanan	Hijau	Merah	Biru
1.	Normal <i>off</i>	Tidak ditekan	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>
2.	Normal <i>on</i>	Tidak ditekan	<i>On</i>	<i>Off</i>	<i>Off</i>
3.	<i>Protec</i>	Tidak ditekan	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>Off</i>
4.	Normal	Ditekan	<i>On</i>	<i>Off</i>	<i>On</i>
5.	<i>Protec</i>	Ditekan	<i>Off</i>	<i>On</i>	<i>On</i>

Detector protec diatas merupakan gabungan kerja antara *input interface* tombol "on/off", dengan ketiga sensor yang berkerja menjadi satu kesatuan. Penekanan menu diatas adalah siklus dimana dilakukanya *setting* (pengaturan) kapasitas pengaman.

3.2 Pembahasan

Sinyal *output* dari sensor yang berupa tegangan analog sebesar 0-5 volt, dikonversikan menjadi sinyal digital melalui pin ADC (*Analog to Digital converter*) yang terdapat pada PORT A dengan resolusi 8 byte, jika tegangan *input* pada ADC sebesar 0 volt maka data digitalnya 0000, sedangkan jika tegangan *input* ADC 5 volt maka data digital dikonversikan sebesar 1023 dengan syarat PIN AVCC dan AREF diberi tegangan sebesar 5 volt, PIN ini difungsikan sebagai tegangan pembanding atau referensi dengan tegangan masukan pada ADC, untuk mengetahui tingkat sensitifitas, maka dapat dihitung dengan menggunakan rumus perhitungan ketelitian pembacaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 dibawah ini.

$$\text{Ketelitian} = \text{vref} / \text{jumlah bit}$$

(sumber : Kuswanto, 2010)
Gambar 5. Rumus perhitungan ketelitian pembacaan ADC

3.2.1 Konversi data ADC ke Tegangan (volt)

Dengan mendapatkan nilai ketelitian tersebut maka akan dapat diketahui berapa besar nilai teganganya. Untuk nilai tegangan harus dikalibrasi terlebih dahulu dengan alat ukur yang memiliki standar agar mendapatkan nilai yang mendekati harga sebenarnya dengan menggunakan rumus seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 dibawah ini.

$$\text{Tegangan} = (\text{data ADC} * \text{ketelitian}) * \text{hasil perbandingan}$$

(sumber : Kuswanto, 2010)

Gambar 6. Rumus Konversi ADC Ke Tegangan (Volt)

Implementasi rumus tegangan dalam program sebagai berikut :

```
void bacavolt()
{v=read_adc(0);
volt_mentah=v*0.0048828125*100;
ftoa(volt_mentah,0,volt);}
```

3.2.2 Konversi data ADC ke Arus (Ampere)

Pada konversi data ADC ke arus untuk mendapatkan nilai arus yang mendekati harga sebenarnya dapat dilakukan dengan mengkalibrasi terlebih dahulu, dengan cara membandingkan pengukuran arus beban dengan *nameplate* yang tertera pada beban seperti pada Gambar 7 dibawah ini.

$$\text{Arus} = ((\text{data ADC} * \text{ketelitian}) - \text{hasil kalibrasi}) * \text{hasil perbandingan}$$

(sumber : Kuswanto, 2010)

Gambar 7. Rumus Konversi ADC ke Arus (Ampere)

Setelah dilakukan pengujian pengukuran ditemukan pembacaan arus yang kurang linier sehingga data hasil diatas di cari nilai rata-rata untuk mendapatkan *mean* (nilai tengah). Implementasi rumus arus dalam program sebagai berikut :

```
void bacaarus1()
{float averege=0;
for(i=0; i<30;i++)}
```

```
{for ( count = 0; count
<=50; count++)
{   adc1   =
read_adc(7);
if ( adc1 >
dataMax ) dataMax = adc1;
if ( adc1 <
dataMin ) dataMin = adc1;
delay_us(200);}

kalibrasi=read_adc(6)
;
vout1      =
(dataMax-
kalibrasi)*(5.0/1024);
arus1     =
vout1/0.09;

    averege=averege+
    arus1;
    delay_us(500); }
    averege=averege/30;

if(averege<=0){averege=0;}

ftoa(averege,2,buf_arus1);
    dataMax=0;
    dataMin=0;}
```

3.2.3. Konversi data ADC ke Daya Semu (S)

Daya Semu merupakan perkalian antara tegangan (*Volt*) dan arus (*Ampere*), satuan daya semu adalah VA, dapat dirumuskan pada Gambar 8 dibawah ini.

$$\text{Daya} = \text{Hasil Arus} * \text{Hasil Tegangan}$$

Gambar 8. Rumus Perhitungan Daya Semu (S)

Implementasi rumus daya semu dalam program sebagai berikut :

```
void bacadaya1() {
daya_mentah1=arus1*volt_mentah;
ftoa(daya_mentah1,0,daya1);}
```

3.2.4. Konversi data ADC ke Suhu (celcius)

Konversi data ADC ke suhu (*celcius*) untuk mendapatkan nilai suhu yang mendekati harga sebenarnya dapat dilakukan dengan mengkalibrasi terlebih dahulu, dengan termometer. Adapun rumus konversi data sensor LM35 ke dalam celcius

seperti ditunjukkan pada Gambar 9 dibawah ini.

$$\text{SUHU} = \text{data ADC} * 0.48$$

Gambar 9. Rumus Konversi ADC ke Suhu (*celcius*)

Setelah dilakukan pengujian pengukuran ditemukan pembacaan suhu yang kurang linier sehingga perumusan diatas di cari nilai rata-rata untuk mencari *mean* (nilai tengah). Implementasi perumusan dalam program sebagai berikut :

```
void bacasuhu()
{float averegesuhu=0;
for(i=0; i<20;i++)
{suhune=read_adc(3);
temp=suhune*0.48;

    averegesuhu=avereges
    uhu+temp;
    delay_us(500);}
    averegesuhu=averegesuhu/20;
ftoa(averegesuhu,1,asoy);}
```

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa diatas, maka penulis dapat dibuat kesimpulan bahwa panel listrik digital satu phasa berbasis mikrokontroler atmega16 yang telah didesain dapat mengukur tegangan (*volt*), arus (*ampere*), daya (VA), dan suhu (*Celcius*) dengan akurasi pembacaan yang cukup baik dan panel listrik digital satu phasa berbasis mikrokontroler atmega16 ini mampu memproteksi dari adanya beban/arus lebih, tegangan lebih, dan suhu tinggi dengan kecepatan *protec* sebesar 100ms.

5. SARAN

Untuk pengembangan pada penelitian lebih lanjut, maka penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Pengembangan alat ukur daya dapat diperluas dengan menambahkan detektor faktor daya untuk memperoleh besaran daya nyata (*watt*).
2. Penggunaan jalur pentanahan (*grounding*) bisa ditambahkan untuk mengurangi efek *noise* pada mikrokontroler.

3. Untuk meningkatkan pengamanan terhadap suhu, penempatan sensor suhu sebaiknya diletakkan pada penghantar untuk mempermudah pemantauan suhu penghantar secara kontinyu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional. (2000). *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*, Jakarta : BSN.
- [2] Kuswanto, Hery. 2010. *Alat Ukur Listrik Ac (Arus, Tegangan, Daya) dengan Port Paralel*. Tugas Akhir. Program Studi D3 Ilmu Komputer. FMIPA. UNS, Surakarta.
- [3] Rinaldi, Aldi. 2013. Instrumentasi dan Pengukuran Pada Listrik. <http://tekniklistrikumum.blogspot.com/2013/11/instrumentasidanpengukuran-pada.html>. diakses pada tanggal 6 Nopember 2016.
- [4] Guntoro, Hanif. 2008. Dasar - Dasar Sistem Proteksi. <http://dunia-listrik.blogspot.com/2008/11/dasar-dasar-sistem-proteksi.html>. diakses pada tanggal 8 Nopember 2016
- [5] Baskara. 2012. Dasar Teori Atmeg 16. <http://baskarapunya.blogspot.com/2012/09/dasar-teori-atmega16.html>. diakses pada tanggal 7 Nopember 2016