

BAB IV

PRINSIP KERJA ALAT DAN UJI COBA

4.1 Prinsip Kerja Alat

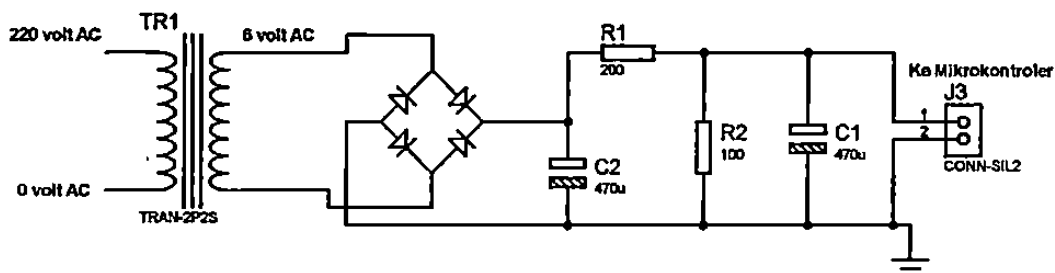
Prinsip kerja alat meliputi penjelasan sistem kerja bagian – bagian alat yang diantaranya :

1. Prinsip kerja sensor tegangan
2. Prinsip kerja sensor arus
3. Prinsip kerja pengkondisi gelombang
4. Prinsip kerja switch kapasitor

4.1.1 Prinsip Kerja Sensor Tegangan

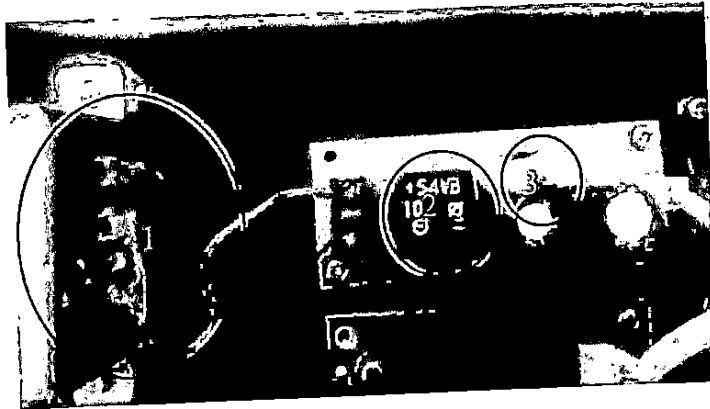
Prinsip kerja sensor tegangan yang akan dijelaskan pada bab ini meliputi, sistem kerja trafo stepdown yang menurunkan tegangan dari 220 volt ac menjadi 6 volt ac, dioda jembatan sebagai penyearah dan rangkaian pembagi tegangan yang nantinya akan digunakan sebagai inputan untuk mikrokontroler.

Dibawah ini adalah skematik prinsip kerja sensor tegangan yang digunakan.



Gambar 4.1 Skematik Rangkaian Sensor Tegangan

Dari skematik diatas kemudian diaplikasikan menjadi sebuah rangkaian elektronik dan menjadi seperti gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2 Rangkaian Sensor Tegangan

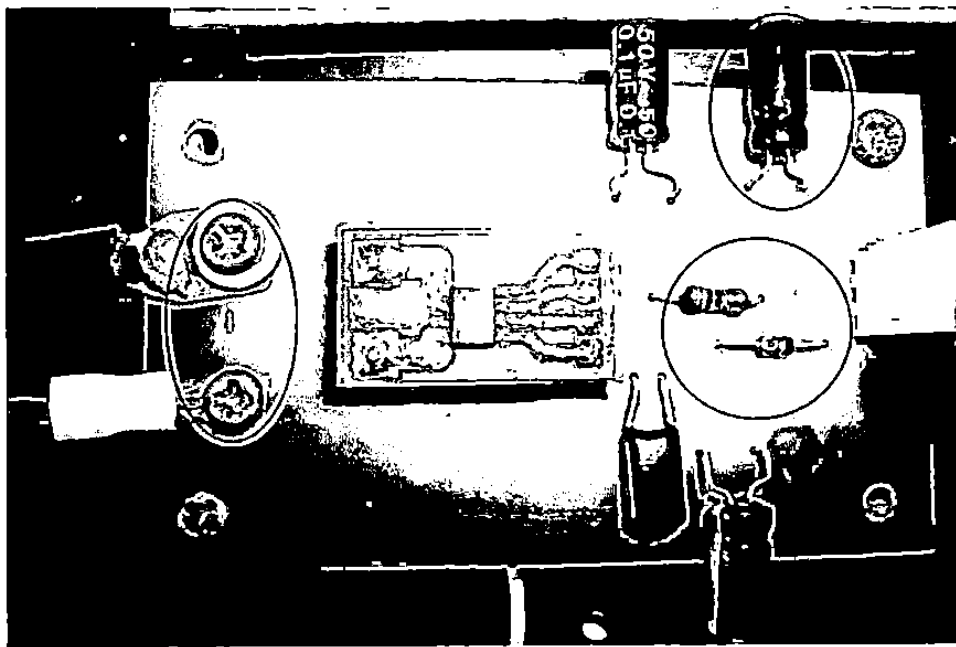
Pada gambar rangkaian 4.2 diatas, bagian yang dilingkari warna hitam adalah bagian – bagian yang terdiri dari trafo stepdown (1), dioda penyearah (2), dan rangkaian pembagi tegangan (3).

Dalam penggunaan sensor tegangan range tegangan yang mampu terbaca oleh sensor adalah dari 180 volt ac sampai dengan 240 volt ac. Pada gambar 4.2 trafo stepdown yang digunakan adalah dengan kapasitas 1 A dan tegangan skunder yang digunakan 6 volt ac, oleh karena itu jika terjadi perubahan nilai tegangan pada bagian primer maka tegangan pada bagian skunder akan berubah pula. Kemudian tegangan 6 volt ac pada bagian skunder disearahkan dengan menggunakan dioda jembatan, sehingga didapatkan tegangan DC, tegangan DC kemudian dibagi tegangan dengan menggunakan resistor R1 200 ohm dan R2 100 ohm, dengan menggunakan persamaan (3.1) maka didapat perbandingan sebesar 1 : 3. Dengan demikian jika V_{in}

sebesar 3 volt maka V_{out} sebesar 1 volt, hal ini dilakukan karena tegangan yang dapat diolah mikrokontroler maksimal sebesar 5 volt.

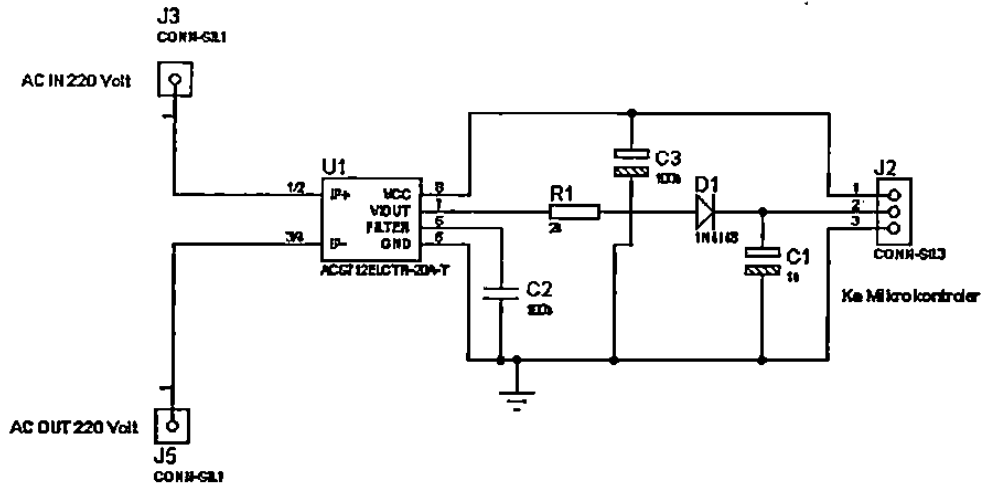
4.1.2 Prinsip Kerja Sensor Arus

Implementasi pada rangkaian sensor arus dengan menggunakan ic acs712-20A adalah seperti gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.3 Rangkaian Sensor Arus

Pada sensor arus diatas, bagian yang dilingkari sebelah kiri (1) digunakan sebagai input arus AC 220 volt dan output arus AC 220 volt, jadi pada bagian tersebut dirangkai secara seri dengan jala – jala PLN dan beban. Sedangkan pada bagian yang dilingkari sebelah kanan adalah output dari sensor arus yang berupa tegangan, rangkaian penyearah (2), dan filter (3), output tersebut digunakan sebagai

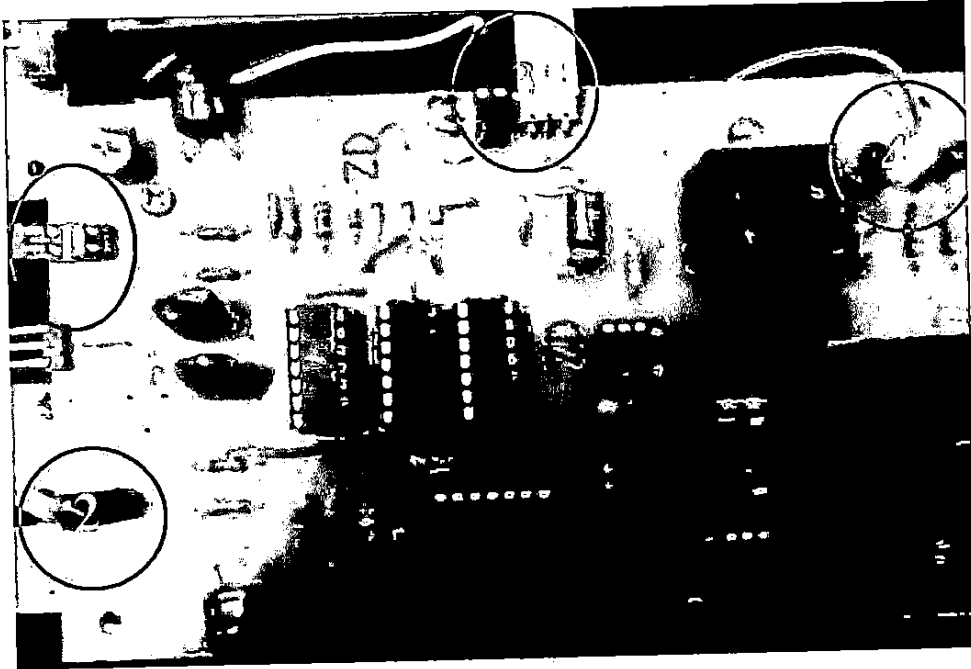


Gambar 4.4 Skematik Rangkaian Sensor Arus Pada Alat

Pada keadaan tanpa beban atau tidak ada arus yang mengalir, output dari sensor arus adalah tegangan DC sebesar 2.5 volt, dan maksimum dialiri arus 20 A dengan tegangan output 4.5 volt. Sehingga setiap kenaikan arus 5 A pada beban akan mempengaruhi kenaikan tegangan output sensor sebesar 0.5 volt DC.

Lalu tegangan keluaran dari IC ACS712-20 kemudian disearahkan dan difilter menggunakan rangkaian penyearah dan filter. Kemudian keluaran dari rangkaian tersebut diolah oleh port ADC pada mikrokontroler. Mikrokontroler mengolah data yang diterima kemudian ditampilkan ke dalam led

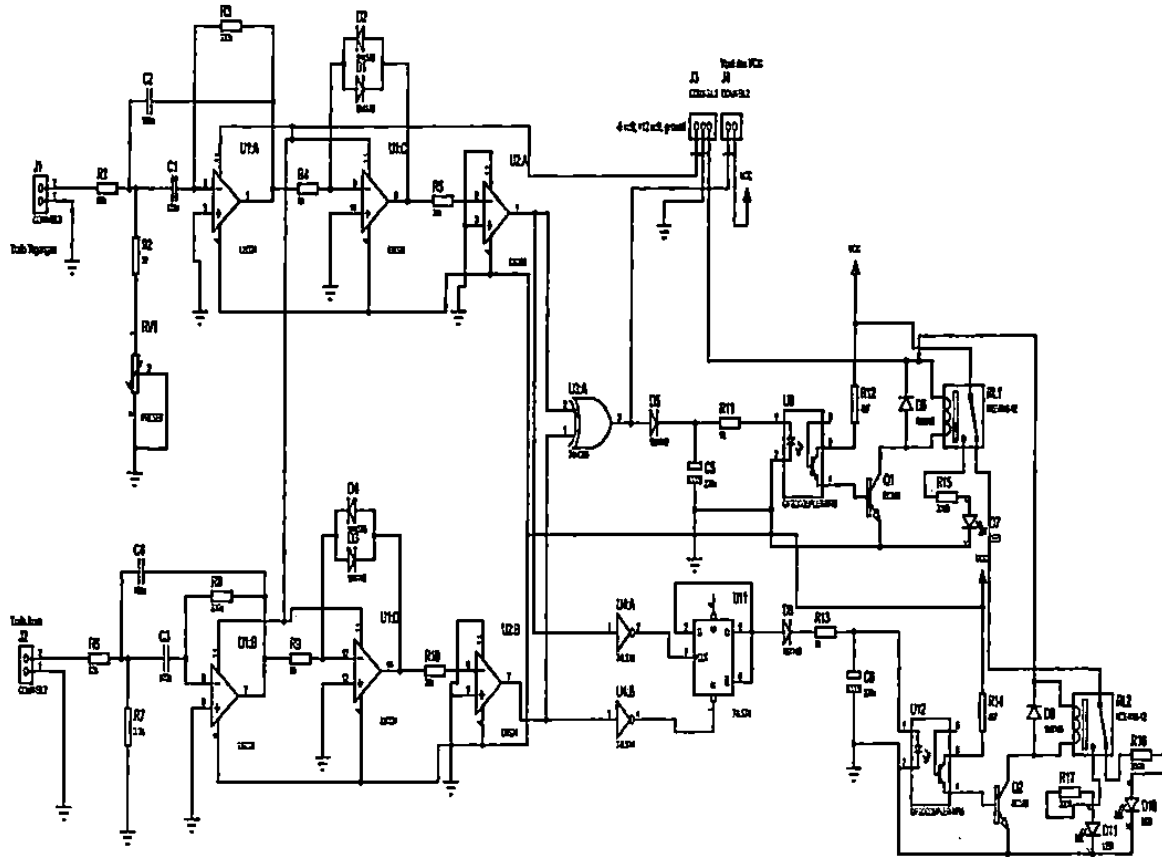
4.1.3 Prinsip Kerja Rangkaian Pengkondisi gelombang



Gambar 4.5 Rangkaian Pengkondisi gelombang.

Lingkaran merah yang ada pada gambar diatas adalah bagian – bagian port untuk pengkondisi gelombang, pada bagian input tegangan (1) mendapatkan output dari trafo tegangan sedangkan pada input arus (2), mendapatkan output dari trafo arus. Dan pada suplai (3) diberikan tegangan dari rangkaian regulator, nilai tegangan yang dibutuhkan sebesar +5volt, -5volt, +12 volt, dan ground. Untuk indikator (4) leading lagging menggunakan sebuah led yang dipicu oleh relay, relay tersebut mendapat kondisi input dari rangkaian input gelombang tegangan dan input gelombang arus.

Jika digambarkan dalam skematik, prinsip kerja rangkaian pengkondisi gelombang adalah sebagai berikut.



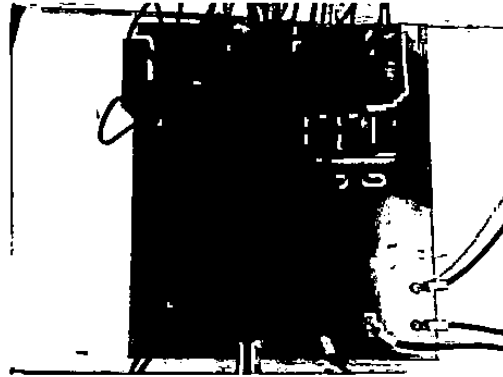
Gambar 4.6 Skematik Rangkaian Pengkondisi

Gelombang Pada Alat

4.1.4 Prinsip Kerja Switch Kapasitor

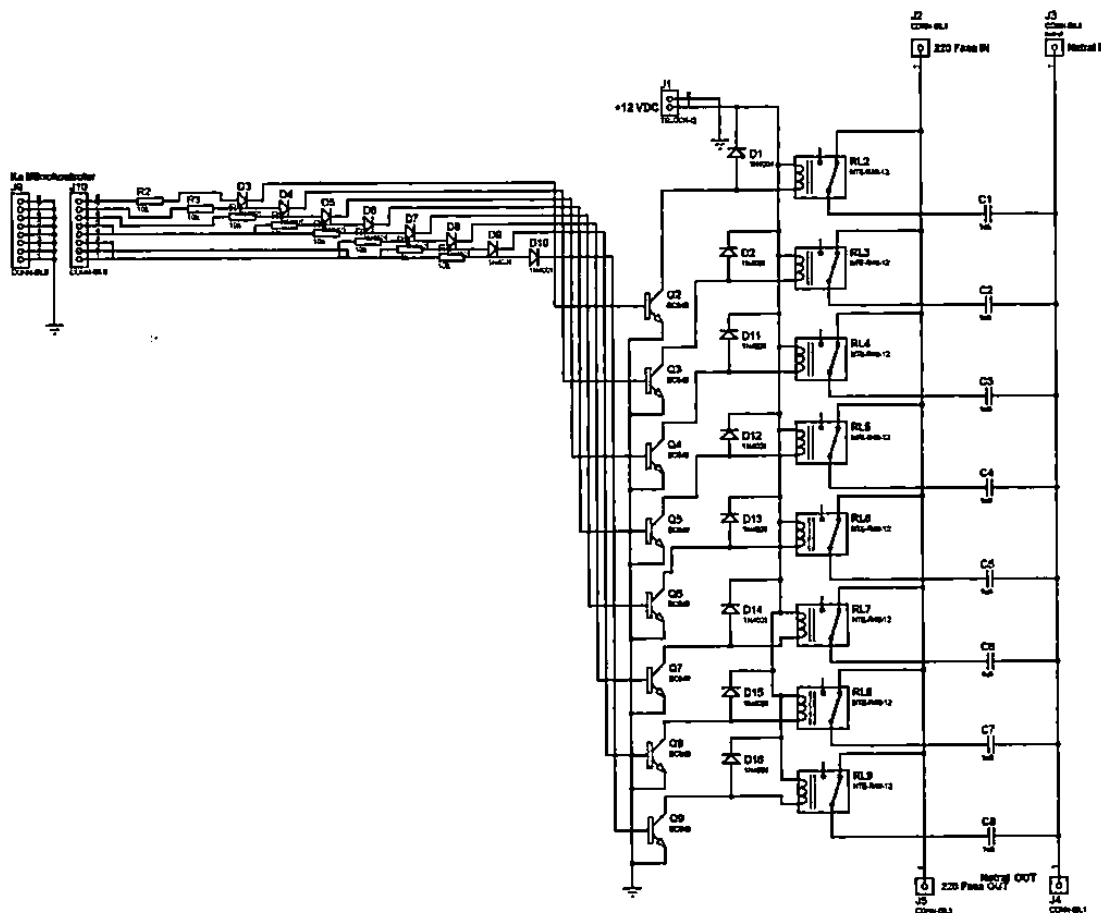
Pada perancangan mini kapasitor bank, dibatasi kapasitor yang akan digunakan adalah kapasitor dengan merk hanaya yang memiliki toleransi 5 % sebanyak 8 buah dengan nilai masing – masing 1.2uF, 8 kapasitor tersebut seluruhnya dirangkai secara pararel, maka didapat nilai kapasitor secara keseluruhan sebesar

$$0.6 \mu F \text{ karena } C_{total} = C1 + C2 + C3 + C4 + C5 + C6 + C7 + C8$$



Gambar 4.7 Rangkaian Switch Kapasitor Bank Otomatis

Dalam rangkaian ini digunakan sebanyak 8 kapasitor karena port yang terdapat pada mikrokontroler yang digunakan untuk switch adalah 8, jadi 1 port mikrokontroler mengendalikan 1 buah kapasitor.



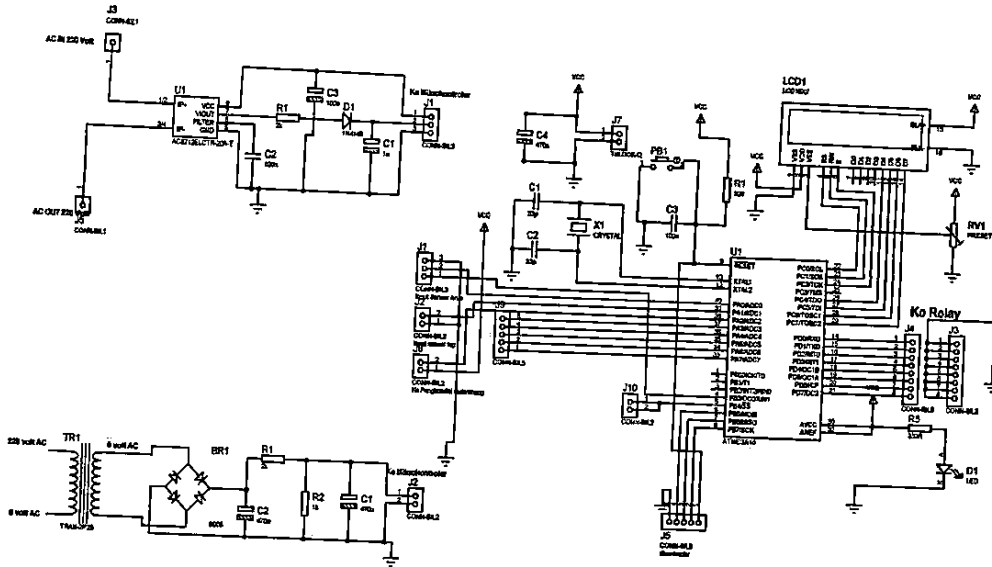
Gambar 4.8 Schematik Rangkaian Switch Kapasitor Bank Otomatis

4.2 Pengoperasian Alat

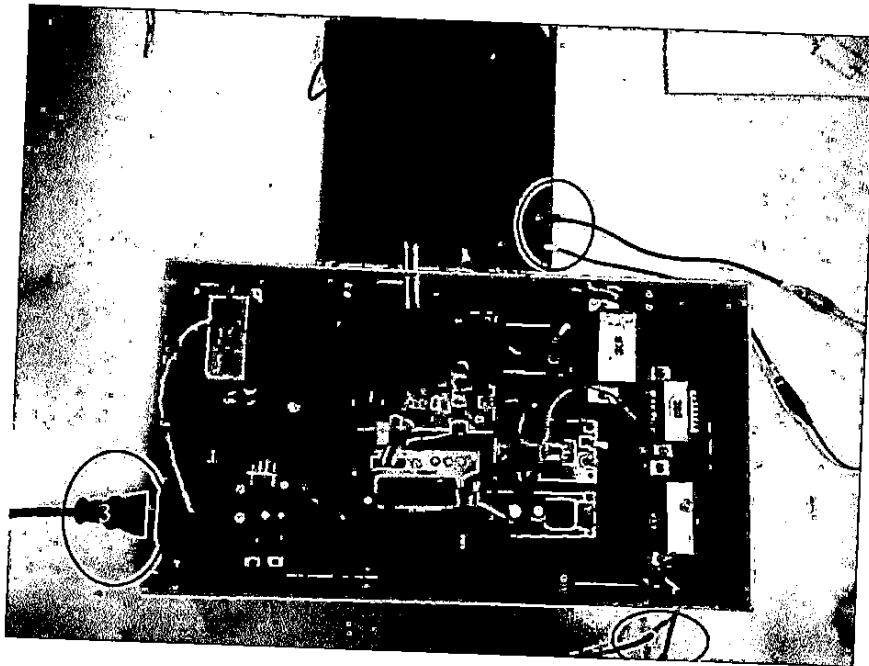
Untuk pengoperasian alat, pada bagian listrik tegangan tinggi (nomor 2) yang digunakan untuk mensuplai beban AC (nomor 1) akan lebih baik jika dihubungkan terlebih dahulu dengan jala – jala PLN dan beban. Sehingga jika terjadi tidak kestabilan arus dan tegangan pada saat starting beban tidak akan mereset bagian mikrokontroler. Jika bagian tegangan tinggi telah terhubung dengan jala – jala PLN dan beban, lalu aktifkan alat dengan cara menghubungkan suplai alat (nomor 3) dengan jala – jala PLN, untuk menjadi perhatian, diharapkan pada suplai power alat dianjurkan grounding alat terhubung dengan grounding yang ada pada kotak kontak, sehingga dapat mengurangi noise yang berpengaruh terhadap pengukuran.

Setelah semua terhubung, maka alat akan mendeteksi nilai parameter – parameter yang ada pada sensor dan rangkaian pengkondisi gelombang. Pendeteksian parameter dilakukan selama 60 detik, jika selama 60 detik parameter yang didapat normal ($\cos \Phi$ mendekati 1) atau beban telah bersifat kapasitif maka mikrokontroler tidak akan mengaktifkan kapasitor. Tetapi jika setelah 60 detik tersebut terdeteksi nilai $\cos \Phi$ menjauhi 1 maka mikrokontroler akan mengaktifkan kapasitor satu persatu, dalam melakukan switch kapasitor 1 sampai kapasitor selanjutnya, memberikan waktu 20 detik, sampai didapatkan nilai $\cos \Phi$ mendekati 1.

Jika nilai yang didapat telah mendekati 1 maka mikrokontroler akan



Gambar 4.9 Skematik Rangkaian Alat Keseluruhan



Gambar 4.10 Pengoperasian Alat

4.3 Uji Coba

Uji coba yang dilakukan, bertujuan mengetahui seberapa optimalnya alat dapat bekerja, sehingga dari hasil uji coba yang dilakukan kita dapat mengetahui ambang batas alat pada saat bekerja dengan optimal, sehingga spesifikasi alat dapat ditentukan. Dalam tahapan uji coba alat terbagi atas dua bagian utama pengujian diantaranya:

1. Tahapan uji coba sensor tegangan
2. Tahapan uji coba sensor arus
3. Tahapan uji coba pengkondisi gelombang
4. Tahapan uji coba alat pengkoreksi $\cos \Phi$.

4.3.1 Tahapan Uji Coba Sensor Tegangan

Pada Tahap pengujian ini digunakan variabel AC sebagai input tegangan, dan untuk pembandingan pengukuran dan mencari nilai eror digunakan multimeter digital sebanyak 3 buah dengan jenis yang berbeda – beda, multimeter 1 menggunakan jenis Winner M890C dengan tingkat akurasi 0.8 %, multimeter 2 menggunakan jenis Dekko 86D dengan tingkat akurasi yang tidak diketahui, dan multimeter 3 menggunakan jenis Sanwa CD800a dengan tingkat akurasi 0.7 %.

Percobaan dan pengujian dilakukan sebanyak 3 kali percobaan pengukuran. Range tegangan yang digunakan adalah 180 volt AC sampai dengan 240 volt AC, serta sesuai dengan kisaran maksimal dari variabel AC yang digunakan sebagai

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Pertama Sensor Tegangan Dengan Tiga Multimeter Digital

No	Variabel AC (volt)	Multimeter 1 (volt)	Multimeter 2 (volt)	Multimeter 3 (volt)	Sensor Tegangan (volt)
1	180	177,9	178,5	179,5	181,5
2	185	181,5	182,3	183,5	185,3
3	190	185,9	187,0	187,9	190,2
4	195	192,0	193,0	195,0	195,0
5	200	199,2	199,8	198,9	200,4
6	205	204,5	204,7	202,3	205,0
7	210	208,8	210,0	207,9	210,7
8	215	213,4	215,6	212,0	214,9
9	220	217,5	220,2	216,4	220,0

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kedua Sensor Tegangan Dengan Tiga Multimeter Digital

No	Variabel AC (volt)	Multimeter 1 (volt)	Multimeter 2 (volt)	Multimeter 3 (volt)	Sensor Tegangan (volt)
1	180	180,3	181,0	179,8	181,1
2	185	183,4	184,5	183,7	185,7
3	190	189,7	190,0	188,6	190,2
4	195	193,2	194,6	192,8	195,0
5	200	199,7	199,9	198,9	200,0
6	205	203,0	204,7	202,5	205,1
7	210	208,9	209,3	207,8	210,2
8	215	212,4	214,6	211,2	215,9
9	220	216,0	218,4	216,5	219,8

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Ketiga Sensor Tegangan Dengan Tiga Multimeter Digital

No	Variabel AC (volt)	Multimeter 1 (volt)	Multimeter 2 (volt)	Multimeter 3 (volt)	Sensor Tegangan (volt)
1	180	179,9	178,0	179,5	181,5
2	185	182,5	183,4	182,5	185,3
3	190	187,9	188,8	188,7	190,3
4	195	192,0	194,0	193,0	195,0
5	200	197,2	198,8	197,9	200,1
6	205	202,5	204,7	203,3	205,0
7	210	206,8	208,0	207,9	210,5
8	215	211,4	213,6	211,0	214,8
9	220	216,5	219,2	217,4	220,0

Pada tabel diatas tegangan maksimal yang mampu disuplai oleh variable AC sebesar 220 volt, sehingga pada pengujian tegangan 240 volt AC tidak dapat dilakukan.

Dari hasil data yang telah dilakukan maka dapat dihitung eror dari alat yang telah dibuat. Nilai eror ini yang nantinya akan digunakan sebagai acuan apakah alat yang dibuat baik atau kurang baik.

Dengan menggunakan rumus :

$$Error = \frac{\text{alat} - \text{alat ukur}}{\text{alat ukur}} \times 100\%$$

Jika diambil beberapa sampel nilai dari tabel diatas, maka akan didapatkan rata - rata eror yang dihasilkan oleh alat. Nilai volt yang digunakan sebagai contoh perhitungan disini adalah 220 volt, karena tegangan normal PLN adalah 220 volt. Dan sebagai alat ukur acuan adalah multimeter 3 karena memiliki tingkat akurasi yang lebih baik.

❖ Contoh perhitungan 1

$$Error = \frac{220,0 - 216,4}{216,4} \times 100\%$$

$$error = 1.66\%$$

Error yang didapat dari pengukuran pertama sebesar 1.66% atau sebesar 3.59 volt.

❖ Contoh perhitungan 2

$$Error = \frac{219,8 - 216,5}{216,5} \times 100\%$$

$$error = 1.52\%$$

Eror yang didapat dari pengukuran kedua sebesar 1.52% atau sebesar 3.42 volt.

❖ Contoh perhitungan 3

$$Error = \frac{220,0 - 217,4}{217,4} \times 100\%$$

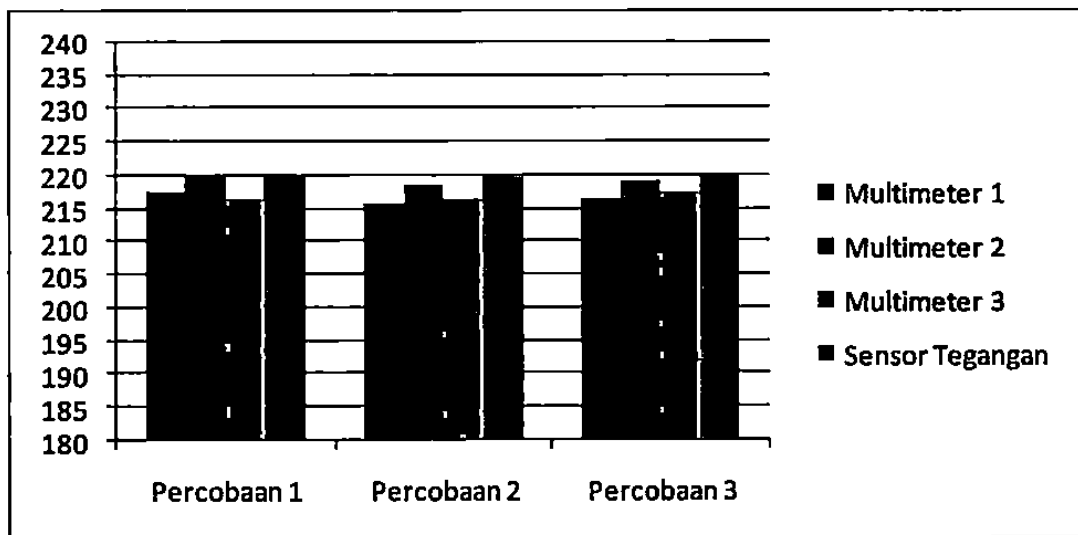
$$error = 1.19\%$$

Eror yang didapat dari pengukuran kedua sebesar 1.19% atau sebesar 2.58 volt.

Dari ketiga contoh perhitungan 1, 2, dan 3 maka didapatkan nilai DMSE atau

Pada alat ini tidak digunakan untuk murni pengukuran, sehingga nilai RMSE tidak harus kurang dari 5%.

Dan untuk mengetahui nilai – nilai eror dalam bentuk grafik, maka penulis memberikan grafik nilai dari sensor tegangan.



Gambar 4.11 Grafik Data Sensor Tegangan

Nilai tegangan yang digunakan sebagai set poin adalah tegangan 220.0 volt AC, dari grafik diatas maka akan diketahui eror yang dihasilkan cukup kecil.

4.3.2 Tahap Uji Coba Sensor Arus

Pada tahap pengujian ini digunakan beban lampu bolam 10 watt sampai dengan 60 watt AC maupun beban – beban AC yang lain sebagai input sensor arus, dan untuk pembanding pengukuran dan mencari nilai eror digunakan multimeter digital sebanyak 2 buah dengan jenis yang berbeda – beda, multimeter 1 menggunakan jenis power meter GW instek dengan tingkat akurasi 0.1 % dan

multimeter 2 menggunakan jenis wipac M900C dengan tingkat akurasi 1.2 %

Percobaan dan pengujian dilakukan sebanyak 3 kali percobaan pengukuran. Range tegangan dalam percobaan yang digunakan adalah 0 ampere AC sampai dengan 1.5 ampere AC, atau sesuai dengan beban – beban AC yang digunakan sebagai pensuplai arus AC .

Pada tahap pengujian sensor arus mengapa menggunakan beban lampu bolam karena pada lampu bolam memiliki nilai watt yang cukup besar dan arus yang dibutuhkan cukup besar, sehingga perubahan yang terjadi pada arus yang mengalir mampu dideteksi oleh sensor arus.

Pengujian dilakukan di laboratorium instalasi tenaga listrik jurusan teknik elektro. Pada percobaan sensor arus, beban 0 sampai 1.5 ampere, sensor arus ACS712 tidak terjadi panas yang berlebih.

Dibawah ini adalah tabel hasil pengujian sensor arus

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Pertama Sensor Arus Dengan 2 Multimeter Digital

No	Beban AC	Multimeter 1	Multimeter 2	Sensor arus
1	40 watt	0.17 A	0.16 A	0.12 A
2	65 watt	0.28 A	0.28 A	0.24 A
3	80 watt	0.36 A	0.35 A	0.37 A
4	120 watt	0.53 A	0.51 A	0.50 A
5	145 watt	0.64 A	0.62 A	0.63 A
6	170 watt	0.74 A	0.72 A	0.75 A
7	210 watt	0.90 A	0.88 A	0.88 A
8	250 watt	1.06 A	1.04 A	1.00 A
9	290 watt	1.22 A	1.20 A	1.24 A
10	315 watt	1.32 A	1.30 A	1.37 A

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kedua Sensor Arus Dengan 2 Multimeter Digital

No	Beban AC	Multimeter 1	Multimeter 2	Sensor arus
1	40 watt	0.18 A	0.16 A	0.17 A
2	65 watt	0.29 A	0.27 A	0.27 A
3	80 watt	0.37 A	0.35 A	0.36 A
4	120 watt	0.53 A	0.51 A	0.51 A
5	145 watt	0.64 A	0.62 A	0.61 A
6	170 watt	0.75 A	0.73 A	0.71 A
7	210 watt	0.91 A	0.89 A	0.81 A
8	250 watt	1.07 A	1.04 A	0.96 A
9	290 watt	1.23 A	1.20 A	1.11 A
10	315 watt	1.33 A	1.29 A	1.20 A

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Ketiga Sensor Arus Dengan 2 Multimeter Digital

No	Beban AC	Multimeter 1	Multimeter 2	Sensor arus
1	40 watt	0.18 A	0.16 A	0.17 A
2	65 watt	0.29 A	0.27 A	0.27 A
3	80 watt	0.37 A	0.35 A	0.36 A
4	120 watt	0.54 A	0.52 A	0.51 A
5	145 watt	0.65 A	0.62 A	0.61 A
6	170 watt	0.75 A	0.73 A	0.71 A
7	210 watt	0.92 A	0.89 A	0.81 A
8	250 watt	1.07 A	1.05 A	1.00 A
9	290 watt	1.24 A	1.21 A	1.11 A
10	315 watt	1.34 A	1.31 A	1.20 A

Pada tabel diatas arus maksimal yang digunakan dalam pengambilan data dan uji coba adalah sebesar 1.35 A. Percobaan menggunakan bolam dengan beban yang berbeda – beda yang dirangkai secara paralel. Nilai yang mampu dibaca dari sensor arus terhadap perubahan arus yang mengalir pada beban AC adalah dengan range perubahan arus sebesar 0.1 Ampere.

Dari hasil data yang telah dilakukan maka dapat dihitung eror dari alat yang telah dibuat. Nilai eror ini yang nantinya akan digunakan sebagai acuan apakah alat yang dibuat baik atau buruk.

Dengan menggunakan rumus :

$$Error = \frac{\text{alat} - \text{alat ukur}}{\text{alat ukur}} \times 100\%$$

Jika diambil beberapa sampel nilai dari tabel diatas, maka akan didapatkan rata – rata eror yang dihasilkan oleh alat. Nilai arus yang digunakan sebagai contoh perhitungan disini adalah dengan beban 250 watt dengan arus 1 Ampere. Dan sebagai alat ukur acuan adalah multimeter 1 dengan alat ukur jenis GW instek.

❖ Contoh perhitungan 1

$$error = \frac{1.00 - 1.06}{1.06} \times 100\%$$

$$error = 5.6\%$$

❖ Contoh perhitungan 2

$$error = \frac{0.96 - 1.07}{1.07} \times 100\%$$

$$error = 10.28\%$$

Eror yang didapat dari pengukuran pertama sebesar 10.28% atau sebesar 0.109 ampere.

❖ Contoh perhitungan 3

$$error = \frac{1.00 - 1.07}{1.07} \times 100\%$$

$$error = 6.54\%$$

Eror yang didapat dari pengukuran pertama sebesar 6.54% atau sebesar 0.069 ampere.

Dari ketiga contoh perhitungan 1, 2, dan 3 maka didapatkan nilai RMSE atau nilai rata-rata

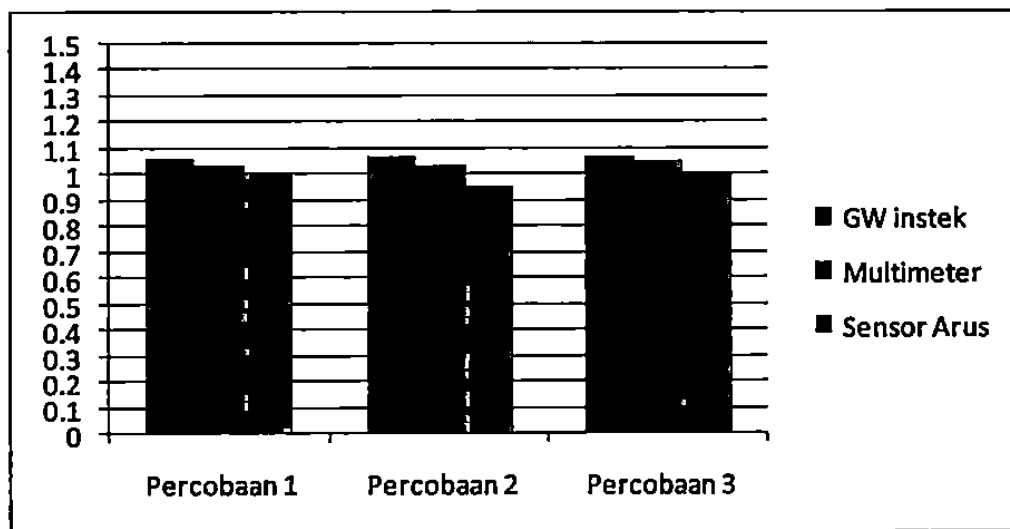
$$RMSE = \frac{error1 + error2 + error3}{3}$$

$$RMSE = \frac{5.6 + 10.28 + 6.54}{3}$$

$$RMSE = 7.473\%$$

Pada alat ini tidak digunakan untuk murni pengukuran, sehingga nilai RMSE tidak harus kurang dari 5%.

Dan untuk mengetahui nilai – nilai eror dalam bentuk grafik, maka penulis memberikan grafik nilai dari sensor arus.



Gambar 4.12 Grafik Data Sensor Arus

Nilai arus yang digunakan sebagai set poin adalah arus dengan beban 250.0 watt, sehingga arus yang mengalir 1.136 ampere, dari grafik diatas maka akan diketahui eror yang dihasilkan.

4.3.3 Tahap Uji Coba Pengkondisi gelombang

Pada pengambilan data dan pengujian rangkaian pengkondisi gelombang, penulis sempat mengalami masalah dalam pembacaan nilai output dari XOR-gate, konsep awal penulis merencanakan pembacaan output XOR-gate dengan cara menggunakan timer scope namun didapatkan hasil yang tidak maksimal. Lalu

penulis berinisiatif mencoba menggunakan cara yang digunakan untuk penyearah dan filter dari sensor arus, dengan menggunakan dioda 1N4148 dan elco. Dan dengan percobaan yang dilakukan ternyata nilai keluaran dari XOR-gate mampu terdeteksi oleh mikro dengan baik, karena dalam perubahan lebar gelombang dari gelombang tegangan dan arus rangkaian tambahan tersebut dapat merespon dengan baik dan hasilnya dapat dibaca oleh port adc pada mikro.

Untuk pembacaan $\cos \Phi$, alat hanya mampu membaca dengan range 0.050, sehingga jika dibuat dalam bentuk tabel akan mendapatkan nilai seperti berikut.

Tabel 4.7 Nilai Cos Φ dan Derajatnya

Nilai $\cos \Phi$	Derajat	Nilai $\cos \Phi$	Derajat
0.000	90°	0.550	57°
0.050	87°	0.600	53°
0.100	84°	0.650	49°
0.150	81°	0.700	46°
0.200	78°	0.750	41°
0.250	75°	0.800	37°
0.300	73°	0.850	32°
0.350	70°	0.900	26°
0.400	66°	0.950	18°
0.450	63°	1.000	0°
0.500	60°		

Jadi dengan nilai data diatas, maka jika nilai $\cos \Phi$ yang tertera pada $\cos \Phi$ meter digital menunjukkan angka 0.770 , maka pada alat ini membulatkannya menjadi 0.800 , sedangkan jika pada $\cos \Phi$ meter menunjukkan angka 0.720 , maka pada alat ini menunjukkan angka 0.750 .

Pada tahap pengujian ini akan mendapatkan nilai – nilai $\cos \Phi$ dari bermacam – macam beban yang digunakan. Nilai $\cos \Phi$ didapat dari hasil perbandingan gelombang tegangan dan gelombang arus yang telah didapatkan selisihnya dari hasil gerbang XOR. Beban yang digunakan bersifat induktif dengan nilai $\cos \Phi$ yang berbeda – beda. Agar didapatkan beban induktif maka beban yang digunakan adalah lampu TL 20 watt.

Perbandingan alat ukur yang digunakan adalah $\cos \Phi$ meter digital merek GW instek dengan tingkat akurasi 0.1 %. Dari beberapa percobaan maka didapatkan hasil perbandingan nilai $\cos \Phi$ dari $\cos \Phi$ meter digital.

Dibawah ini adalah tabel hasil pengujian $\cos \Phi$ meter

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Pertama Cos Φ Meter (Pengkondisi Gelombang)

No	Beban	Cos Φ meter digital	Cos Φ meter alat
1	Lampu Bolam 40 watt	0.999	1.000
2	Lampu TL 20 watt	0.354	0.400
3	TL 20 watt + 1.2 uf	0.447	0.450
4	TL 20 watt + 2.4 uf	0.591	0.600

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Kedua Cos Φ Meter (Pengkondisi Gelombang)

No	Beban	Cos Φ meter digital	Cos Φ meter alat
1	Lampu bolam 80 watt	0.999	1.000
2	TL 20 watt + 3.25 uf	0.645	0.650
3	TL 20 watt + 1 uf	0.434	0.400
4	TL 20 watt + 1 uf + 1.2 uf	0.575	0.550

Pada tabel diatas, beban yang digunakan seperti lampu bolam dan lampu TL. Dan kapasitor yang digunakan untuk percobaan berbeda – beda jenis dan merknya, pada kapasitor 1.2 uF menggunakan jenis hanaya, kapasitor dengan ukuran 3.25 uF menggunakan jenis Diamond, sedangkan kapasitor dengan ukuran 1 uF menggunakan jenis CBB61, yang masing – masing memiliki toleransi 5 %.

Pada percobaan diatas data yang dihasilkan dari alat memiliki range yang tidak sekecil dari cos Φ meter digital. Karena pada penelitian ini alat tidak digunakan murni sebagai pengukuran, sehingga pada alat terjadi pembulatan.

Dari hasil data yang telah dilakukan maka dapat dihitung eror dari alat yang telah dibuat. Nilai eror ini yang nantinya akan digunakan sebagai acuan apakah alat yang dibuat baik atau kurang baik.

Dengan menggunakan rumus :

$$Error = \frac{alat - alat\ ukur}{alat\ ukur} \times 100\%$$

Jika diambil beberapa sampel nilai dari tabel diatas, maka akan didapatkan rata – rata eror yang dihasilkan oleh alat. Nilai cos Φ yang digunakan sebagai contoh perhitungan disini adalah lampu TL 20 watt, TL 20 watt plus C 3.25 uf, dan lampu

- ❖ Contoh perhitungan TL 20 watt

$$error = \frac{0.400 - 0.354}{0.354} \times 100\%$$

$$error = 12.99 \%$$

Eror yang didapat dari pengukuran pertama sebesar 12.99 %.

- ❖ Contoh perhitungan TL 20 watt plus C 3.25 uf

$$error = \frac{0.650 - 0.645}{0.645} \times 100\%$$

$$error = 0.77 \%$$

Eror yang didapat dari pengukuran pertama sebesar 0.77%.

- ❖ Contoh perhitungan Lampu Bolam

$$error = \frac{1.000 - 0.999}{0.999} \times 100\%$$

$$error = 0.10 \%$$

Eror yang didapat dari pengukuran pertama sebesar 0.10%.

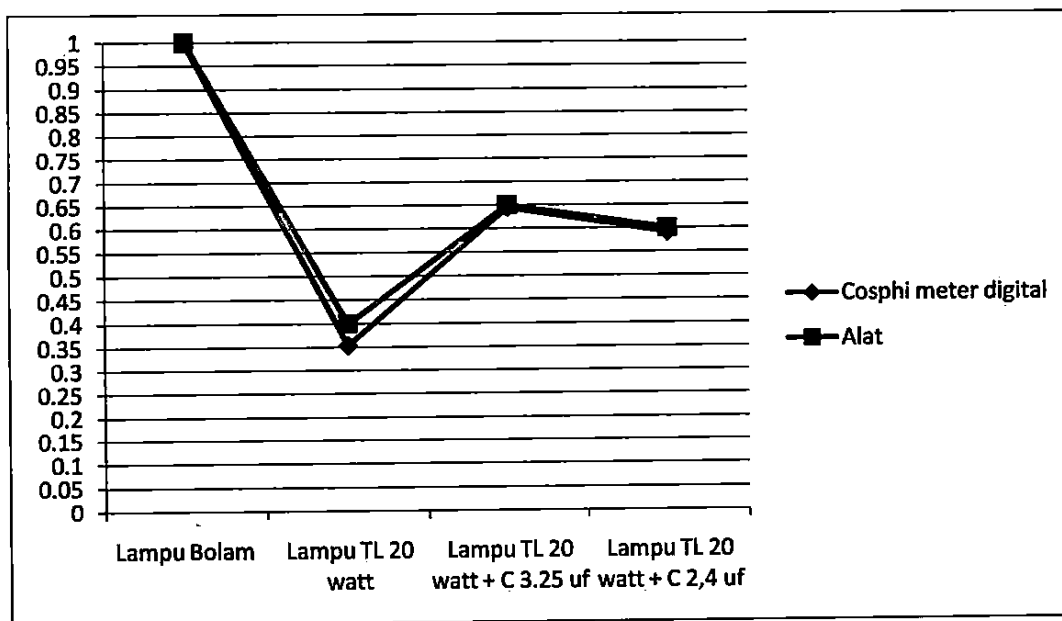
$$RMSE = \frac{error1 + error2 + error3}{3}$$

$$RMSE = \frac{12.99 + 0.77 + 0.10}{3}$$

$$RMSE = 4.62 \%$$

Pada alat ini tidak digunakan untuk murni pengukuran, sehingga nilai RMSE tidak harus kurang dari 5%.

Dan untuk mengetahui nilai – nilai eror dalam bentuk grafik, maka penulis memberikan grafik nilai dari $\cos \Phi$ meter alat.



Gambar 4.13 Grafik Data Cos Φ meter (Pengkondisi Gelombang)

4.3.4 Uji Keseluruhan Dari Alat Pengkoreksi Faktor Daya

Pada pengujian ini akan digunakan sebagai tolak ukur apakah alat sudah mampu bekerja dengan baik dalam memperbaiki Faktor Daya ($\cos \Phi$) secara otomatis sesuai dengan nilai $\cos \Phi$ yang ditentukan. Nilai $\cos \Phi$ yang ditentukan sebagai data apakah $\cos \Phi$ sudah baik adalah minimal sebesar 0.950. dengan melakukan perbaikan $\cos \Phi$ secara otomatis maka diharapkan dapat mengetahui pengaruh dari perbaikan $\cos \Phi$ terhadap arus dan tegangan yang mengalir.

Percobaan dilakukan di laboratorium teknik elektro, percobaan dilakukan dengan menggunakan beban induktif. Jadi pertama beban akan dideteksi berapa nilai $\cos \Phi$ dan arusnya, lalu jika $\cos \Phi$ kurang dari 0.950, maka alat akan melakukan switch kapasitor secara otomatis, sehingga $\cos \Phi$ sampai bernilai ≥ 0.950 , jika $\cos \Phi$ yang dikehendaki telah tercapai maka switch kapasitor akan berhenti secara otomatis dan mempertahankan pada kondisi tersebut. Lalu alat akan menampilkan berapa nilai dari $\cos \Phi$, arus, tegangan dan juga nilai kapasitor yang digunakan untuk memperbaiki $\cos \Phi$ tersebut.

Dalam melakukan switch kapasitor alat juga akan mendeteksi apakah beban tersebut bersifat leading atau lagging dengan menggunakan indikator leading, lagging. Jadi jika beban bersifat < 0.950 lagging, maka alat akan melakukan switch kapasitor bertambah satu persatu secara otomatis. Lalu jika beban induksi dimatikan maka alat akan mendeteksi bahwa beban menjadi kapasitif dan $\cos \Phi < 0.950$ akibat beban kapasitor yang masih terpasang. Sehingga alat akan secara otomatis melepas

atau mengurangi pemakaian kapasitor sampai dengan terdeteksi $\cos \Phi \geq 0.950$

Dibawah ini adalah data hasil dari percobaan yang dilakukan oleh penulis terhadap kerja alat yang telah dibuat. Data yang diambil oleh penulis adalah data

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Keseluruhan Dari Alat Yang Dibuat

No	Beban yang digunakan	pf Awal	Pf Akhir	Arus Awal	Arus Akhir	Nilai capasitor	Fase Awal	Fase Akhir	Gelombang awal (terlampir)	Gelombang akhir (terlampir)
1	Lampu Bohlam 40 watt	1.000	1.000	0.203 A	0.203 A	Tidak ada	Leading	Leading	Gb 1	Gb1
2	Lampu Bohlam 80 watt	1.000	1.000	0.349 A	0.349 A	Tidak ada	Leading	Leading	Gb 2	Gb 2
3	Setrika 350 watt	1.000	1.000	1.576 A	1.576 A	Tidak ada	Leading	Leading	Gb 3	Gb 3
4	Lampu TL 20 watt	0.350	1.000	0.349 A	0.300 A	4.8 uF	Lagging	Leading	Gb 4a	Gb 4b
5	Lampu TL 10 watt	0.450	1.000	0.349 A	0.349 A	2.4 uF	Lagging	Lagging	Gb 5a	Gb 5b
6	TL 20 watt + bohlam 80 watt	0.900	0.950	0.545 A	0.447 A	1.2 uF	Lagging	Lagging	Gb 6a	Gb 6b
7	TL 10 watt + bohlam 80 watt	0.950	0.950	0.447 A	0.447 A	Tidak ada	Lagging	Lagging	Gb 7	Gb 7
8	TL 20 watt balas elektronik + 80 watt bohlam	1.000	1.000	0.390 A	0.390 A	Tidak ada	Leading	Leading	Gb 8	Gb 8
9	TL 10 watt + TL 20 watt balas elektronik + bohlam 80 watt	1.000	1.000	0.545 A	0.545 A	Tidak ada	Lagging	Lagging	Gb 9	Gb 9
10	Motor induksi bor duduk tipe YY6314	0.800	0.950	0.935 A	0.780 A	3.6 uF	Lagging	Lagging	Gb 10a	Gb 10b
11	TL 20 watt + 20 watt balas elektronik	0.550	1.000	0.349 A	0.349 A	3.6 uF	Lagging	Lagging	Gb 11a	Gb 11b
12	TL 10 watt + 20 watt balas elektronik	0.800	0.950	0.349 A	0.349 A	1.2 uF	Lagging	Lagging	Gb 12a	Gb 12b

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Keseluruhan Dari Alat Alat Ukur GWinstek

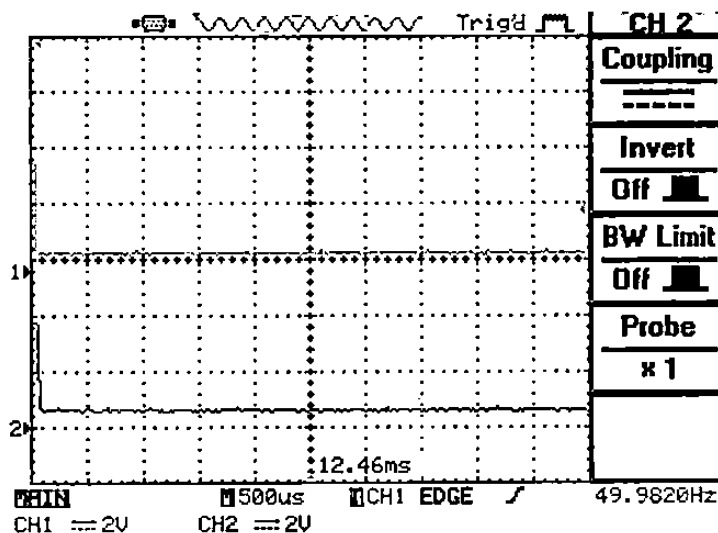
No	Beban yang digunakan	pf Awal	pf Akhir	Arus Awal	Arus Akhir
1	Lampu Bohlam 40 watt	0.994	0.994	0.182 A	0.182 A
2	Lampu Bohlam 80 watt	0.998	0.998	0.353 A	0.353 A
3	Setrika 350 watt	0.999	0.999	1.56 A	1.56 A
4	Lampu TL 20 watt	0.345	0.803	0.356 A	0.151 A
5	Lampu TL 10 watt	0.370	0.762	0.232 A	0.112 A
6	TL 20 watt + bohlam 80 watt	0.831	0.894	0.560 A	0.516 A
7	TL 10 watt + bohlam 80 watt	0.908	0.908	0.469 A	0.469 A
8	TL 20 watt balas elektronik + 80 watt bohlam	0.968	0.968	0.468 A	0.468 A
9	TL 10 watt + TL 20 watt balas elektronik + bohlam 80 watt	0.937	0.937	0.562 A	0.562 A
10	Motor induksi bor duduk tipe YY6314	0.739	0.883	0.850 A	0.734 A
11	TL 20 watt + 20 watt balas elektronik	0.585	0.841	0.378 A	0.260 A
12	TL 10 watt + 20 watt balas elektronik	0.667	0.780	0.271 A	0.232 A

Dari hasil data diatas maka tujuan dari pembuatan alat telah tercapai. Karena alat mampu memperbaiki nilai $\cos \Phi$ agar mendekati 1, dan pengaruh dari perbaikan $\cos \Phi$ tersebut terlihat pada perubahan arus yang mengalir.

Dibawah ini adalah hasil pengujian yang telah dilakukan oleh penulis dalam pengoperasian alat. Untuk mengetahui hasil yang lebih maksimal, penulis melakukan analisa pada 3 contoh beban yang digunakan yang masing – masing mempunyai beban resistif, induktif, dan kapasitif.

4.3.4.1 Analisis beban resistif

Pada contoh analisis beban resistif maka digunakan beban dengan pergeseran gelombang yang mendekati 0^0 pergeseran fasenya. Dari data tabel 4.10 dan 4.11 maka beban yang memungkinkan adalah lampu bohlam dengan beban 80 watt. Dibawah ini adalah gambar gelombang dari beban lampu bohlam 80 watt.



Gambar 4.14 Gelombang Pergeseran fase lampu bohlam 80 watt

Dari gambar diatas gelombang warna biru adalah tegangan dan kuning adalah gelombang arus, maka akan terlihat pergeseran fase sebesar 1.8° (leading) dan didapat data dari alat dan alat ukur Gw instek yang nantinya akan dijadikan sebagai perbandingan dan analisi.

❖ Data alat

$$\text{Cos } \Phi = 1.000$$

$$\text{Arus} = 0.349 \text{ A}$$

❖ Data GWinstek

$$\text{Cos } \Phi = 0.998$$

$$\text{Arus} = 0.353 \text{ A}$$

Dari kedua data diatas maka kedua alat sesuai dengan gelombang gambar 4.12. dan jika dihitung nilai eror nya maka.

$$\text{error cos } \Phi = \frac{1.000 - 0.998}{0.998} \times 100 \%$$

$$\text{error cos } \Phi = 0.2 \%$$

$$\text{error arus} = \frac{0.349 - 0.353}{0.353} \times 100 \%$$

$$\text{error cos } \Phi = 1.13 \%$$

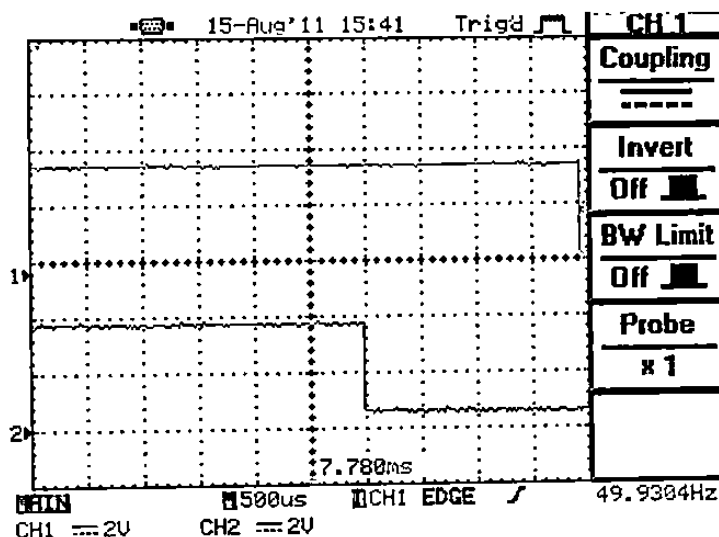
Maka setelah dianalisis ketika beban menggunakan lampu bohlam 80

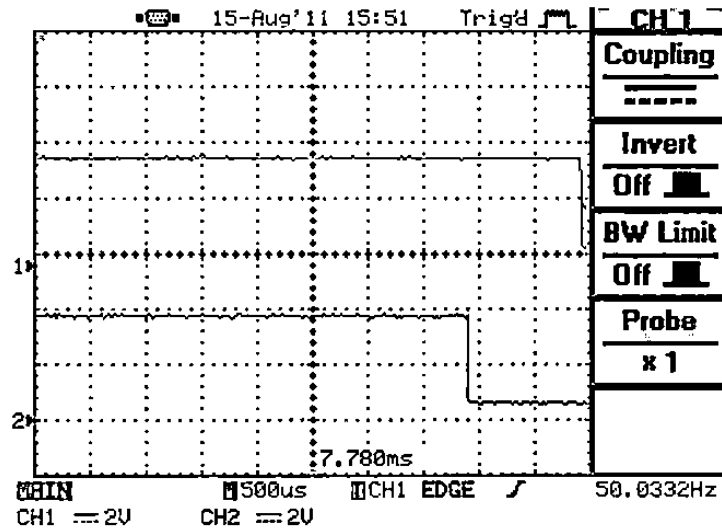
watt maka antara alat dan alat ukur memiliki nilai eror yang cukup kecil

Selain itu pada saat penggunaan beban resistif, $\cos \Phi$ menunjukkan angka > 0.950 sehingga alat tidak melakukan switch kapasitor.

4.3.4.2 Analisis beban induktif

Pada contoh analisis beban induktif maka digunakan beban dengan pergeseran gelombang lagging. Dari data tabel 4.10 dan 4.11 maka beban yang memungkinkan adalah bor duduk dengan tipe YY6314. Dibawah ini adalah gambar gelombang dari beban bor duduk tipe YY6314.





Gambar 4.16 Gambar Gelombang Induksi Setelah Perbaikan

Dari gambar 4.15 diatas maka jika diamati, gelombang tegangan (warna biru) mendahului arus sebesar 34° atau 0.829 dan setelah perbaikan pada gambar 4.16 pergeseran fasa mengecil menjadi 18° lagging atau 0.951 lagging. Dan jika dibandingkan dengan kedua data dari alat dan alat ukur GWinstek maka didapatkan analisis seperti dibawah ini.

❖ Data alat

$$\text{Cos } \Phi \text{ awal} = 0.800$$

$$\text{cos } \Phi \text{ akhir} = 0.950$$

$$\text{Arus awal} = 0.935 \text{ A}$$

$$\text{arus akhir} = 0.780 \text{ A}$$

❖ Data GWinstek

$$\text{Cos } \Phi \text{ awal} = 0.739$$

$$\text{cos } \Phi \text{ akhir} = 0.883$$

$$\text{Arus awal} = 0.850 \text{ A}$$

$$\text{arus akhir} = 0.734 \text{ A}$$

Dari kedua data diatas maka kedua alat sesuai dengan gelombang

gambar 4.15 dan 4.16 jika dihitung nilai cos phi maka

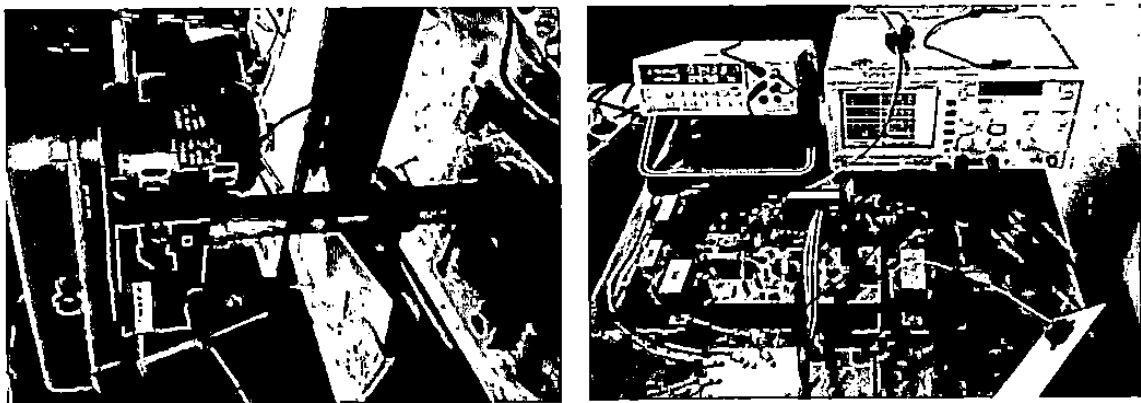
$$\text{error cos } \Phi \text{ akhir} = \frac{0.950 - 0.883}{0.883} \times 100 \%$$

$$\text{error cos } \Phi \text{ akhir} = 7.58 \%$$

$$\text{error arus akhir} = \frac{0.780 - 0.734}{0.734} \times 100 \%$$

$$\text{error cos } \Phi \text{ akhir} = 6.27 \%$$

Eror yang dihasilkan cukup besar, tetapi jika bentuk gelombang dijadikan perbandingan maka nilai $\cos \Phi$ yang sesuai adalah nilai yang terbaca pada alat. Dibawah ini gambar pengujian dengan bor duduk.



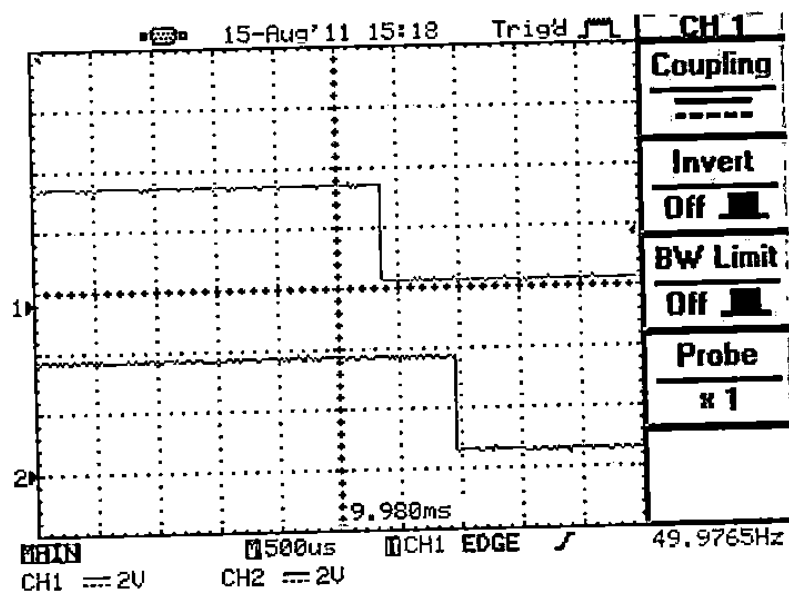
Gambar 4.17 Beban Motor Induksi dan Pengujian Alat

Pada tahap pengujian menggunakan beban induktif dengan menggunakan bor listrik, nilai $\cos \Phi$ yang terbaca oleh alat sebesar 0.800 dan alat memerintahkan untuk melakukan perbaikan $\cos \Phi$ sampai dengan \geq 0.950. Untuk melakukan perbaikan tersebut dilakukan switch kapasitor sebanyak 3 buah

dengan nilai total kapasitor yang terpasang sebesar 3.6 μ F maka alat membaca $\cos \Phi$ akhir bernilai 0.950 sehingga alat menghentikan switch kapasitor.

4.3.4.3 Analisis beban kapasitif

Pada contoh analisis beban kapasitif maka digunakan beban dengan pergeseran gelombang leading. Dari data tabel 4.13 maka beban yang memungkinkan adalah TL 20 watt dengan ballast elektronik. Dibawah ini adalah gambar gelombang dari beban TL 20 watt dengan ballast elektronik.



Gambar 4.18 Gelombang Pergeseran fase TL 20 watt dengan ballast elektronik

Dari gambar diatas gelombang warna biru adalah tegangan dan kuning adalah gelombang arus, maka akan terlihat pergeseran fase sebesar 19.8 $^{\circ}$ leading (0.940) dan didapat data dari alat dan alat ukur Gw instek yang

❖ Data alat

$$\text{Cos } \Phi = 1.000$$

$$\text{Arus} = 1.576 \text{ A}$$

❖ Data GWinstek

$$\text{Cos } \Phi = 0.999$$

$$\text{Arus} = 1.560 \text{ A}$$

Dari kedua data diatas jika dihitung nilai eror nya maka.

$$\text{error cos } \Phi \text{ akhir} = \frac{1.000 - 0.999}{0.999} \times 100 \%$$

$$\text{error cos } \Phi \text{ akhir} = 0.1 \%$$

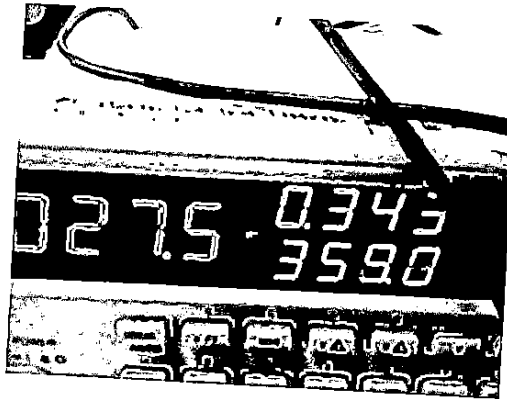
$$\text{error arus akhir} = \frac{1.576 - 1.560}{1.560} \times 100 \%$$

$$\text{error cos } \Phi \text{ akhir} = 1.02 \%$$

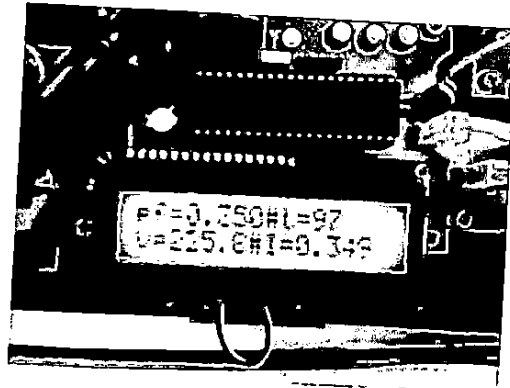
Maka setelah dianalisis ketika beban menggunakan TL 20 watt dengan ballast elektronik maka antara alat dan alat ukur memiliki nilai error yang cukup kecil. Pada saat menggunakan beban yang bersifat kapasitif alat tidak melakukan switch kapasitor, karena dengan penambahan kapasitor justru akan menambah sifat dari beban tersebut, karena kapasitor bersifat kapasitif. Jika dilakukan penambahan kapasitor maka arus yang mengalir akan semakin

besar, dan hal tersebut justru akan berlawanan dengan tujuan pembuatan alat ini.

Selain bentuk gelombang juga terdapat gambar dari nilai arus dan $\cos \Phi$ perbandingan antara alat dengan alat ukur $\cos \Phi$ meter GWinstek.



Gambar 4.19 Nilai $\cos \Phi$ dan Arus Lampu TL 20 watt
Pada Alat Ukur GW instek



Gambar 4.20 Nilai $\cos \Phi$ dan Arus Lampu TL 20 watt
Pada Alat

4.4 Spesifikasi dari Produk Akhir

Spesifikasi dari produk akhir pada pembuatan alat ini adalah:

1. Alat dapat mendeteksi nilai tegangan, arus, dan $\cos \Phi$ dari beban yang digunakan.
2. Alat dapat mendeteksi $\cos \Phi$ apakah leading atau lagging.
3. Hasil pengambilan data nilai – nilai diatas akan diperbaiki jika nilai nya tidak sesuai dengan yang dikehendaki.
4. Alat dapat memperbaiki $\cos \Phi$ secara otomatis.
5. Alat dilengkapi dengan rangkaian kapasitor bank yang digunakan sebagai beban kapasitif untuk memperbaiki beban induktif.
6. Sistem perbaikan $\cos \Phi$ akan bekerja secara otomatis sampai nilai $\cos \Phi \geq 0.950$.
7. Jika alat telah mendeteksi nilai $\cos \Phi \geq 0.950$ maka sistem akan mempertahankan nilai capasitor pada keadaan tersebut, sehingga didapatkan nilai $\cos \Phi$ dan arus yang lebih baik dari pada nilai awal.
8. Untuk keadaan beban tertentu sensor arus tidak dapat bekerja dengan baik.

4.5 Analisis Kritis atas Produk Akhir

Analisis kritis atas produk akhir merupakan sebuah analisis terhadap sistem

yang dibuat dan komponen-komponen yang berperan penting pada pembuatan alat

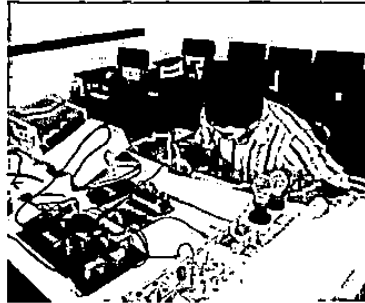
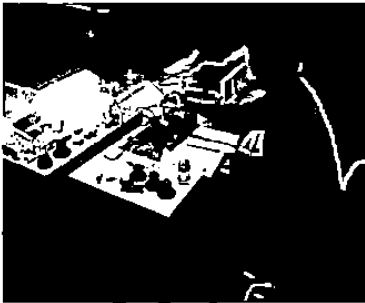
1. Pada rangkaian sensor tegangan penulis menggunakan trafo stepdown 1 A, sebetulnya trafo yang digunakan dapat lebih kecil, seperti 350 mA, karena trafo stepdown disini tidak digunakan sebagai suplai beban besar, melainkan hanya digunakan sebagai penurun tegangan. Sehingga diharapkan alat yang digunakan lebih kecil dan lebih efisien tempat dan biaya.
2. Pada sensor arus menggunakan komponen IC ACS712-20 A, dengan kapasitas mampu dialiri arus sampai dengan 20 A. Pada sensor arus ini jika digunakan untuk mengukur arus AC maka harus menggunakan rangkaian penyearah menggunakan dioda dengan tipe fast switching, dan tidak dapat menggunakan dioda penyearah biasa. Selain rangkaian penyearah, diperlukan juga rangkaian filter yang berfungsi untuk memfilter tegangan output dari dioda. Setelah penulis melakukan percobaan, komponen filter yang digunakan harus capasitor polaritas (elco), tidak dapat menggunakan capasitor non polar, karena akan berpengaruh terhadap perubahan nilai pembacaan sensor arus.
3. Rangkaian pengkondisi gelombang tegangan dan arus, pada pembuatan alat penulis telah mengalami beberapa kendala, seperti trafo yang digunakan untuk mendapatkan betuk gelombang tegangan harus terpisah dengan trafo stepdown sensor tegangan, karena jika dicampur maka nilai sensor tegangan akan menjadi tidak stabil. Sedangkan untuk mendapatkan gelombang arus, penulis telah mengalami 2 kali perubahan, pertama menggunakan prinsip

4. Pada trafo arus, penulis menggunakan trafo stepdown yang dibalik bagian primer dan skundernya. Pada trafo tertera arus yang mampu disuplai sebesar 1 A, tetapi selama melakukan percobaan, bagian tersebut dialiri arus sampai 1.5 A, kondisi trafo tidak menunjukkan gejala terjadi gangguan.
5. Dalam pembacaan rangkaian pengkondisi gelombang agar dapat dibaca oleh port adc jika ada perubahan, maka disarankan agar menggunakan rangkaian tambahan, seperti dioda 1N4148 dan elco.
6. Pada rangkaian switch kapasitor dan kapasitor bank, penulis menggunakan 8 buah kapasitor dengan ukuran 1.2 uF yang memiliki toleransi 5 % dan mampu bekerja pada tegangan AC sampai dengan 400 volt. Ukuran dan kombinasi kapasitor dapat diganti sesuai dengan keperluan.
7. Banyaknya rangkain yang digunakan pada alat membuat sistem pembagian tegangan harus stabil sehingga penulis menggunakan rangkain regulator secara tersendiri untuk mensuplai tegangan ditiap-tiap rangakain, hal ini dikarenakan untuk menghindari terjadinya drop tegangan. Rangkaian regulator yang menggunakan IC regulator 7812 untuk mensuplai masing-masing rangkain yang membutuhkan tegangan sebsar 12V DC, 1 buah rangkaian regulator yang menggunakan IC regulator 7912 untuk mensuplai tegangan sebesar -12V DC, 1 buah IC regulator 7905 untuk mensuplai tegangan sebesar - 5 volt DC, dan IC regulator 2576 -5 yang digunakan untuk mensuplai tegangan yang

4.6 Pelajaran yang Diperoleh

Banyak pelajaran yang diperoleh oleh penulis selama pembuatan alat mulai dari konsep awal sampai dengan pembuatan tulisan dan finishing. Pelajaran yang diperoleh meliputi banyak hal, baik itu menambah ilmu pengetahuan, melatih kesabaran, mental dan bagaimana cara menuangkan sebuah kreatifitas dari prinsip ilmu yang dimiliki, dimulai dari penyampai sebuah gagasan yang berupa ide, dan diimplementasikan pada sebuah alat. Tidak dipungkiri ketika dalam pembuatan alat penulis sempat merasa putus asa, karena alat belum dapat mendeteksi gelombang yang sifatnya kapasitif dan akibat dari dukungan teman – teman dan seluruh anggota laboratorium penulis dituntut untuk selalu bertanya dan mencoba.

Hikmah yang didapat dari pembuatan alat ini adalah dari segi ilmu pengetahuan seperti penggunaan trafo stepdown dapat digunakan sebagai trafo arus, dan dalam penambahan beban kapasitansi yang tepat akan berpengaruh besar terhadap arus yang mengalir ke beban. Pemakaian dan penambahan rangkaian baru dengan cara trial eror sangat berpengaruh besar dalam melakukan suatu riset dan penelitian. Dari segi software, dalam pembacaan nilai sensor, jika ingin benar – benar tidak terjadi gangguan antara pembacaan sensor satu dengan sensor yang lain tidak dapat dilakukan *scanning ADC*, hal ini dapat mengganggu nilai ADC yang lain, lebih baik dilakukan dengan cara *read ADC_data*, karena terbukti hal tersebut sangat berpengaruh dalam pembacaan nilai sensor – sensor. Karena kesalahan dalam



Hikmah yang didapat dari segi sosial dan kehidupan dalam penelitian ini seperti jangan pernah takut untuk mencoba hal yang belum pernah, karena dari mencoba tersebut penelitian ini dapat berhasil, selalu bertanya dan selalu berinteraksi kepada mahasiswa lain, karyawan dan dosen jika terjadi suatu masalah, sikap tanggung jawab, selalu berusaha dan berdedikasi sebagai modal awal penelitian ini dapat