

BAB IV

IMPLEMENTASI DAN DATA HASIL PENGUJIAN ALAT

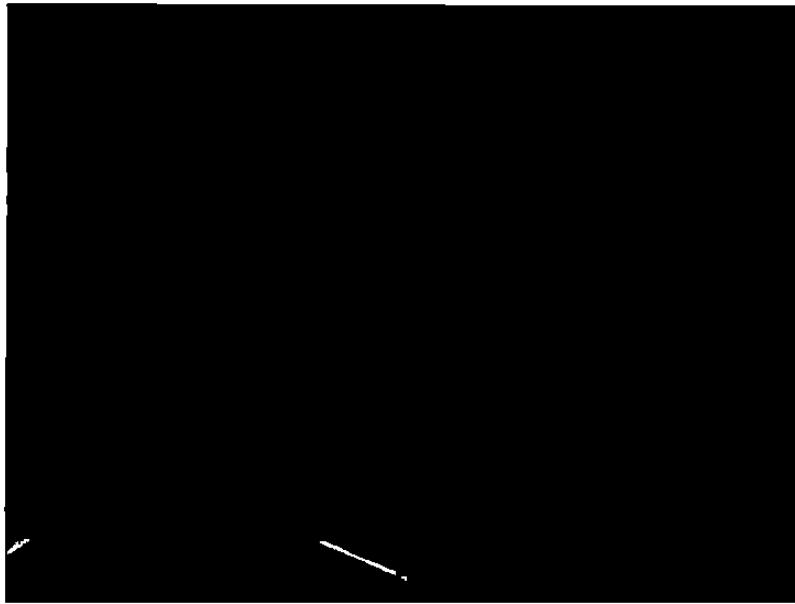
Pada bab ini akan dijelaskan tentang pembahasan cara kerja alat dan hasil pengujian sistem. Dimulai dengan pembahasan tiap bagian-bagian sistem dengan tujuan untuk mengetahui apakah tiap bagian berjalan baik sehingga mempermudah perbaikan apabila terjadi kerusakan atau kesalahan pada alat.

Kemudian dilanjutkan pengujian sistem secara keseluruhan yang bertujuan untuk mengetahui apakah antar bagian dari sistem dapat berjalan dengan baik sehingga dapat menghasilkan suatu sistem utuh yang berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Serta mendapatkan data hasil dari pengujian alat.

4.1 Cara Kerja Alat

Alat Pendeteksi Harmonisa Arus Pada Sistem Tenaga Listrik didesain khusus untuk mendeteksi gangguan yang mengalir pada arus. Sehingga sistem ini akan tepat apabila diterapkan untuk mendeteksi gangguan arus pada instalasi listrik gedung atau bangunan. Berdasarkan perancangan yang telah dijelaskan pada halaman depan, maka sistem ini diharapkan dapat difungsikan sebagaimana yang diharapkan.

Sistem pendeteksi harmonisa arus dengan metode FFT ini, sinyal ditransformasi ke kawasan frekuensi. Dengan menggunakan cara penyamplingan sinyal input, dalam deretan sinyal diskrit. Kemudian yang nantinya akan ditampilkan data digitalnya melalui komputer.



Gambar 4.1 Tampilan Alat Pendeteksi Harmonisa Arus

Cara kerja serta pengoperasian dari sistem ini adalah sebagai berikut:

1. Rangkaian diaktifkan dengan memberikan input *ADC* dengan cara menyolokan kabel pada alat pendeteksi ke listrik.
2. Kemudian pasangkan *Sensor Arus SCT 019* secara melingkar pada kabel yang hendak dideteksi.
3. Hubungkan kabel *USB* pada alat (*rangkaian interface*) kekomputer yang telah diinstal *Lab View*.
4. Komputer akan menampilkan gelombang pada alat yang hendak dideteksi. Bentuk gelombang yang ditampilkan berbentuk sinusoida. Jika gelombang terdistorsi maka akan kelihatan pada bentuk gelombangnya.
5. Jika pengukuran dilakukan pada sebuah alat, maka alat harus dinyalakan terlebih dahulu.
6. Lakukan pengolahan sinyal dengan penyamplingan (mengambil *sample*) pada hasil

... ..

7. Hasil pendeteksian arus dapat dilihat hasilnya pada komputer.

4.2 Pembahasan

Harmonisa arus adalah suatu noise atau gangguan yang mengalir pada arus. Pemrograman yang dipakai untuk mengakses adalah bahasa arduino yang digunakan sebagai program pembacaan data analog dari *output sensor SCT-019* untuk diubah menjadi data digital dengan menggunakan fasilitas pembacaan ADC (*Analog to Digital Converter*) dari *Board Arduino Uno*. Data yang disampling dari *ADC* ditampilkan dalam bentuk gelombang. Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan beban tidak linear yaitu motor generator dan panel listrik.

Pengujian pertama dilakukan dengan menggunakan motor generator. Proses pengujian dilakukan dengan memasang sensor arus yang terdapat pada alat interface akuisisi data, yang dipasangkan pada kabel motor. Agar gelombang tegangan hasil konversi tersebut dapat digunakan sebagai input pada *ADC* maka terlebih dahulu dimasukkan kedalam rangkaian *differensial amplifier*. Dari besaran analog yang merupakan output dari rangkaian *diff-amp* diubah menjadi besaran digital oleh *A/D Converter* yang dihubungkan dengan *port paralell* sehingga dapat diproses oleh komputer.

Proses yang terjadi pertama kali yaitu penyamplingan dan pengambilan data dari *ADC* melalui *parallel port* melalui alamat *port 3e0h*, yaitu pada port a, dibuat dengan bahasa Arduino mendapatkan data dari *ADC* ditentukan waktu sampling (T_s) sebesar 0.1 detik, sehingga satu periode (*cycle*) didapatkan.

Pada proses penyamplingan data input perlu memperhatikan frekuensi sampling, agar dihasilkan transfer informasi yang tepat pada sistem yang diambil sample. Teorema sampling

$$F(s) > 2 f_m \text{ max}$$

Komponen frekuensi pada setengah frekuensi sampling disebut sebagai frekuensi *Nyquist*.

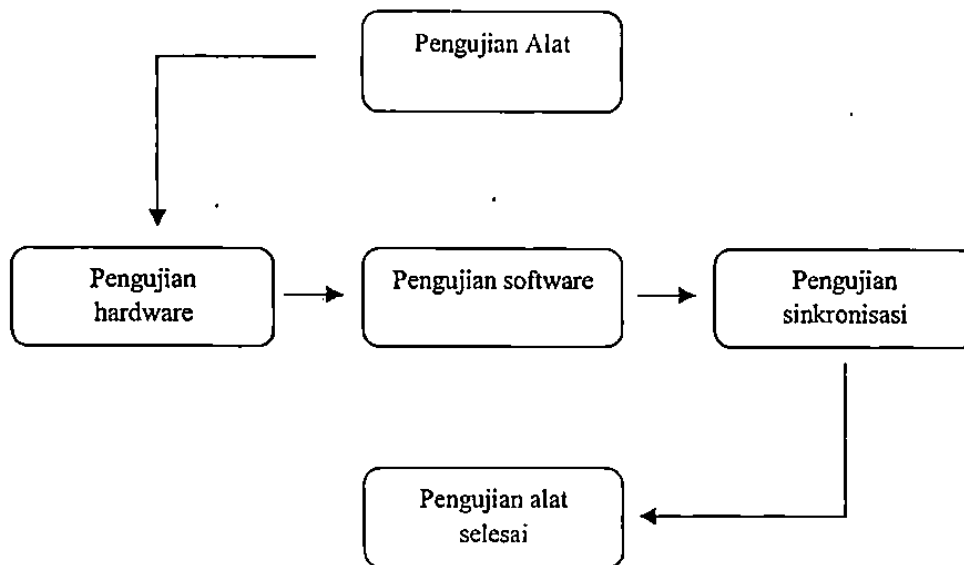
Frekuensi sampling yang ditentukan dalam perangkat lunak ini adalah sebesar:

$$\begin{aligned} f_s &= \frac{1}{T_s} \\ &= \frac{1}{0.1} \\ f_s &= 10 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Kecepatan perhitungan *FFT* dapat dikatakan cepat, hal ini sangat berpengaruh pada pembuatan perangkat lunak yang memerlukan kecepatan tinggi dalam pengolahan data. Dengan algoritma *FFT* ini yang dapat mereduksi jumlah perkalian perhitungan data *DFT*, maka penelitian ini diharapkan *realtime* sesuai dengan tujuan. *Realtime* yang dimaksud adalah agar alat yang dibuat dapat mendeteksi gangguan pola harmonisa secara cepat dan data yang diberikan dapat berubah setiap waktu (sesuai dengan waktu yang disetting).

4.3. Pengujian Alat

Pengujian alat Pendeteksi Harmonisa Arus Pada Sistem Tenaga Listrik meliputi tiga sisi / aspek, antara lain meliputi pengujian perangkat keras (*hardware*), pengujian perangkat lunak (*software*), dan pengujian terhadap keduanya (*hardware & software*) yang merupakan tahap pengujian penyinkronan alat. Adapun bagan alur pengujian alat ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Prosedur Pengujian Alat

Dari Gambar 4.2. Prosedur pengujian alat dapat dibagi menjadi beberapa proses antara lain:

1. Pengujian Perangkat Keras (*Hardware*)

Pengujian dalam hal ini adalah *trouble shooting hardware* ditujukan untuk mengecek terhadap jalur-jalur pada *PCB* untuk mengetahui semua jalur terhubung (tidak terputus) dengan menggunakan *multimeter* dan juga dilakukan pengecekan pengkabelan antar bagian sistem. Semua dilakukan agar alat dapat berjalan dengan baik dan menghindari kerusakan komponen akibat hubungan arus pendek atau jalur yang terputus.

2. Pengujian Perangkat Lunak (*Software*)

Pengujian perangkat lunak atau program dilakukan dengan cara program beserta

Pada pengujian ini dilakukan pengujian secara menyeluruh dengan bagian keseluruhan. Dilakukan pengujian dari menyalakan alat, hingga proses menampilkan nilai arus, grafik arus dan bentuk *spektrum* yang tertampil pada *user intrerface Lab View*.

4.3.1 Pengujian Perangkat Keras (*Hardware*)

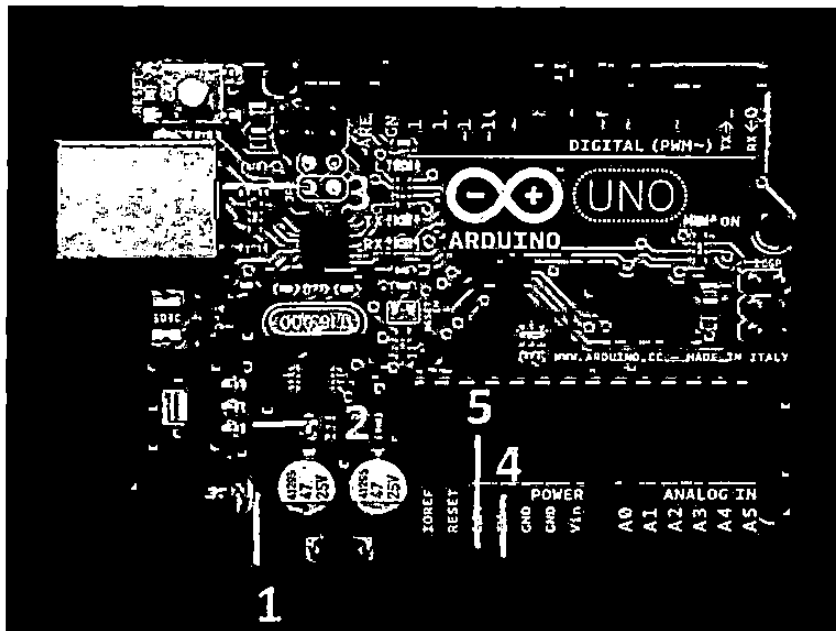
Sesuai prosedur, pengujian sistem yang pertama kali dilakukan adalah pengujian pada rangkaian atau perangkat keras (*hardware*). Pengujian dilakukan pada bagian input dan output sistem. Bagian-bagian yang dimaksud adalah:

4.3.1.1 Pengujian *Catu Daya*

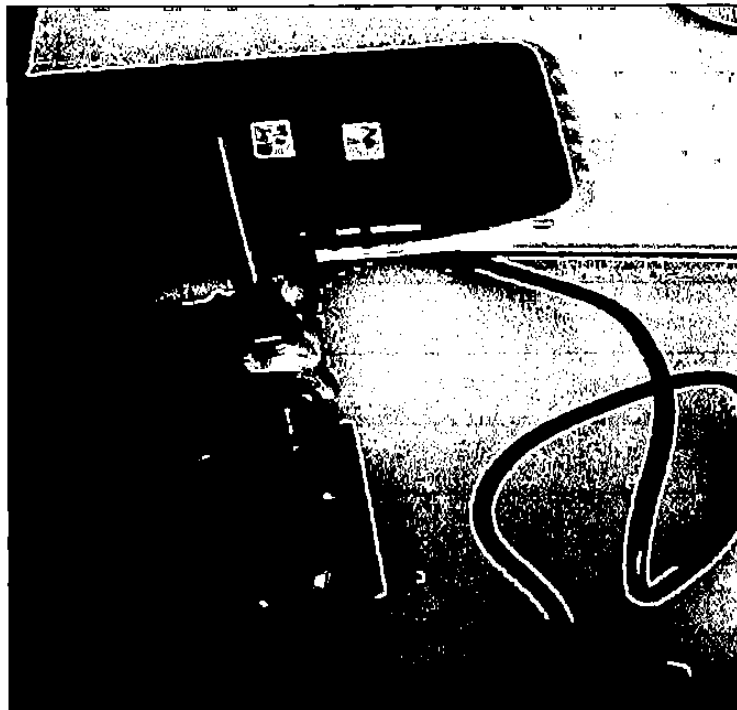
Catu daya merupakan bagian yang sangat penting dalam sistem tersebut. Dimana *catu daya* menyuplai tegangan keseluruh rangkaian, baik itu rangkaian *sistem minimum Arduino* maupun rangkaian *pengkondisi sinyal sensor arus SCT-019*. Untuk *Board Arduino* sumber *catu daya* bisa memiliki 2 sumber *catu daya*, yaitu *catu daya* yang bersumber dari *Adaptor external 12VDC* atau melalui port USB ketika dikoneksikan dengan perangkat komputer.

Pengujian dilakukan dalam beberapa tahapan, pengujian dengan *Catu Daya External* kemudian diukur tegangan keluaran pada *IC Regulator 7805* pada *Board Arduino*. Kemudian pengujian menggunakan *Port USB* ketika dikoneksikan dengan komputer kemudian diukur berapa masing-masing tegangan outputnya pada *IC regulator 7805 Board Arduino*. Berikut

menunjukkan Gambar titik pengukuran pada *Board Arduino* seperti ditunjukkan Gambar 4.3



Gambar 4.3 Titik Pengukuran pada *Board Arduino*



Gambar 4.4 Penggunaan Multimeter pada *Board Arduino*

Tabel 4.1 Pengukuran dengan *Input Adaptor External 12VDC*.

Titik Pengukuran	Tegangan Terukur (<i>Vdc</i>)
1	12,50 V
2	5,04 V
3	0 V
4	5,04 V
5	3,28 V

Tabel 4.2 Pengukuran dengan *Input Port USB Komputer*.

Titik Pengukuran	Tegangan Terukur (<i>Vdc</i>)
1	0 V
2	4,99 V
3	4,99 V
4	4,99 V
5	3,29 V

4.3.1.2 Pengujian *Sistem Minimum Arduino*

Sistem minimum dikatakan baik dan dapat digunakan yaitu apabila *sistem minimum* tersebut dimasukkan dengan program yang telah *diupload ke Board Arduino*, maka *sistem minimum* tersebut dapat menjalankan perintah sesuai dengan program yang telah *diupload* pada *Board Sistem Minimum* tersebut. Pada pengujian ini yaitu *Board Sistem Minimum Arduino* dimasukkan program yang telah *diupload*. Perintah pada program hanya menyalakan *LED*. Kemudian dilihat hasilnya apakah *Board Arduino* bisa menyalakan *LED* atau tidak.

Hasil dari pengujian ini adalah sebagai berikut:


```
=====
"PROGRAM MENYALAKAN LED SEBAGAI INDIKATOR"
=====
```

```
int ledPin = 13;           // LED connected to digital pin 13
void setup()
{
  pinMode(ledPin, OUTPUT); // sets the digital pin as output
}
void loop()
{
  digitalWrite(ledPin, HIGH); // sets the LED on
  delay(1000);                // waits for a second
  digitalWrite(ledPin, LOW);  // sets the LED off
  delay(1000);                // waits for a second
}
```

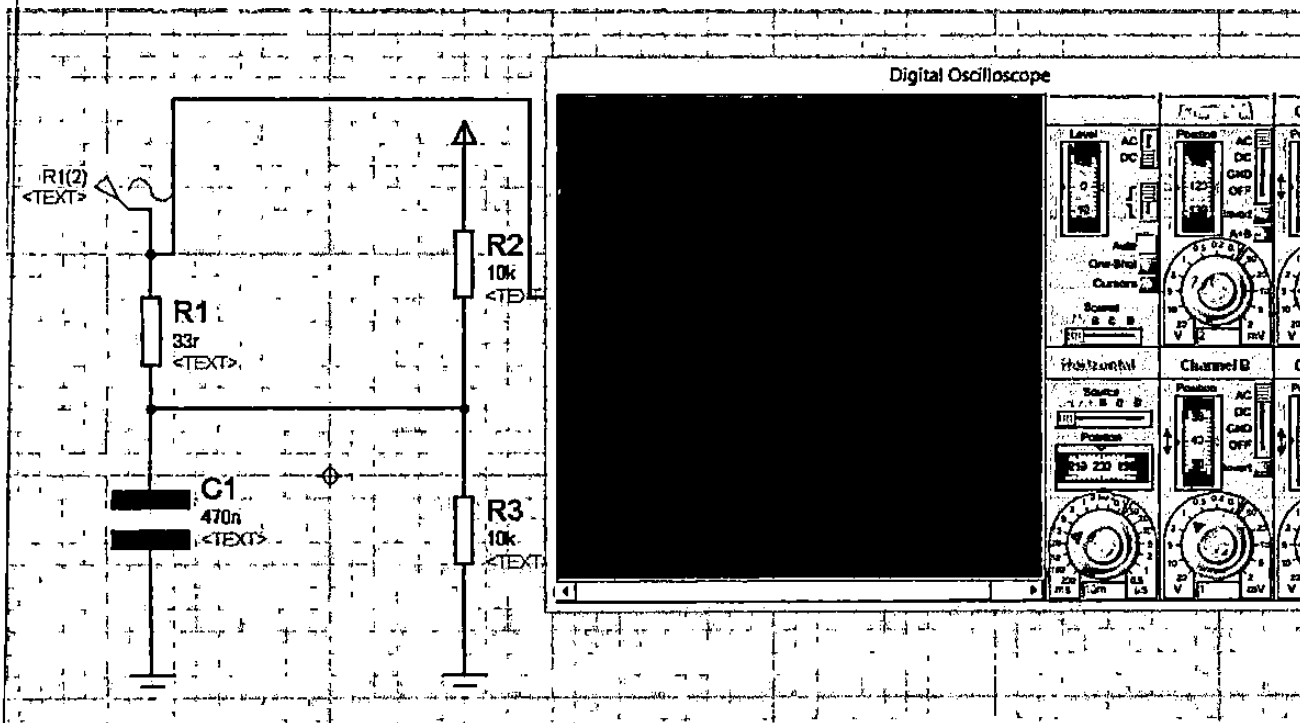
Pada potongan program diatas *LED* dihubungkan dengan *pin digital Arduino* pada *channel 13* dengan *syntack int ledpin= 13*. Fungsi merupakan fungsi untuk menginisialisai apakah port digital yang digunakan akan diset sebagai input atau sebagai output. Sedangkan fungsi loop (*void loop*) merupakan fungsi perulangan untuk menjalankan perintah-perintah yang akan dieksekusi secara berulang-ulang. Pada fungsi perulangan (*void loop*) led yang duhubungkan ke port digital nomor 13 dinyalakan selama 1000 mS kemudian led tersebut dimatikan kembali dengan waktu tundak 1000 mS. Gambar 4.5 berikut menunjukkan hasil pengujian pada *Board Arduino*.



Setelah melakukan pengujian Sistem Minimum Arduino dengan cara memasukkan program, dan hasil yang diperoleh sesuai dengan apa yang dituliskan pada program. Kesimpulan sementara bahwa Board Sistem Minimum Arduino sudah bisa dioperasikan.

4.3.2 Pengujian Perangkat Lunak (*Software*)

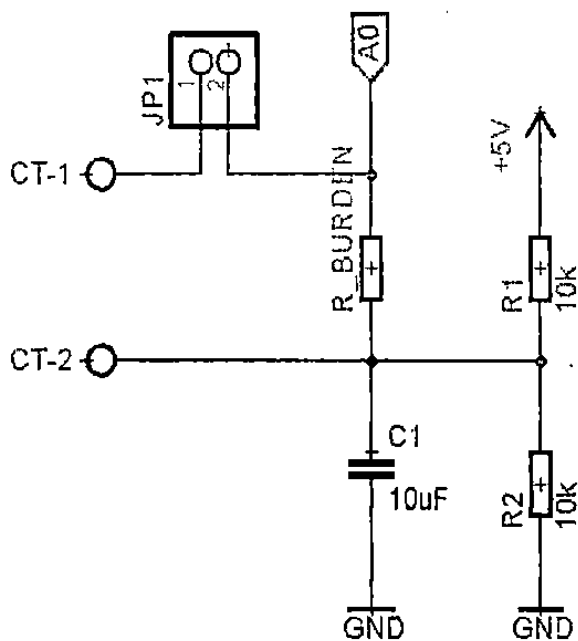
Pengujian yang kedua adalah pengujian *software* atau program Pendeteksi Harmonisa Arus. Pengujian *software* ini bertujuan agar program yang dibuat dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan, dimana perintah yang dimasukkan pengguna akan dikerjakan sesuai dengan perintah tersebut. Pada sisi ini program yang digunakan diuji dengan melakukan simulasi pada *software* Arduino, dan sesekali melakukan simulasi sebelum akhirnya ditanam/ didownload pada sistem minimum. Simulasi ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Simulasi Pengujian *Software* pada PROTEUS

Pada Gambar 4.6 terlihat untuk simulasi rangkaian pengkondisi sinyal dari output sensor SCT-019. Dimana pada simulasi di PROTEUS input rangkaian pengkondisi sinyal SCT-019 diberi sinyal AC dengan frekuensi 50 Hz. Kemudian output dari beban resistor

diukur menggunakan *virtual oscilloscope* kemudian dilihat bentuk sinyalnya menunjukkan ada gelombang dari output rangkaian pengkondisi sinyal. Selanjutnya output dari rangkaian pengkondisi sinyal dimasukkan ke input *ADC* pada Arduino yang selanjutnya sinyal tersebut dikonversi ke dalam bentuk digital menggunakan fasilitas *ADC* pada Arduino. Menurut skematik rangkaian pengkondisi sinyal sensor *SCT-019* bahwa output tegangan puncak ke puncak untuk Arduino diperoleh berdasarkan perkalian arus output dengan burden resistor. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut ini.



Gambar 4.7 Rangkaian Pengkondisi Sinyal *SCT-019*

Menurut Gambar 4.7 output dari *CT* sensor ketika mendeteksi arus maksimal 200

Ampere menghasilkan output arus sebesar 141.4mA. Sehingga output puncak ke puncak

4.3.3 Pengujian Keseluruhan (*sinkronisasi*)

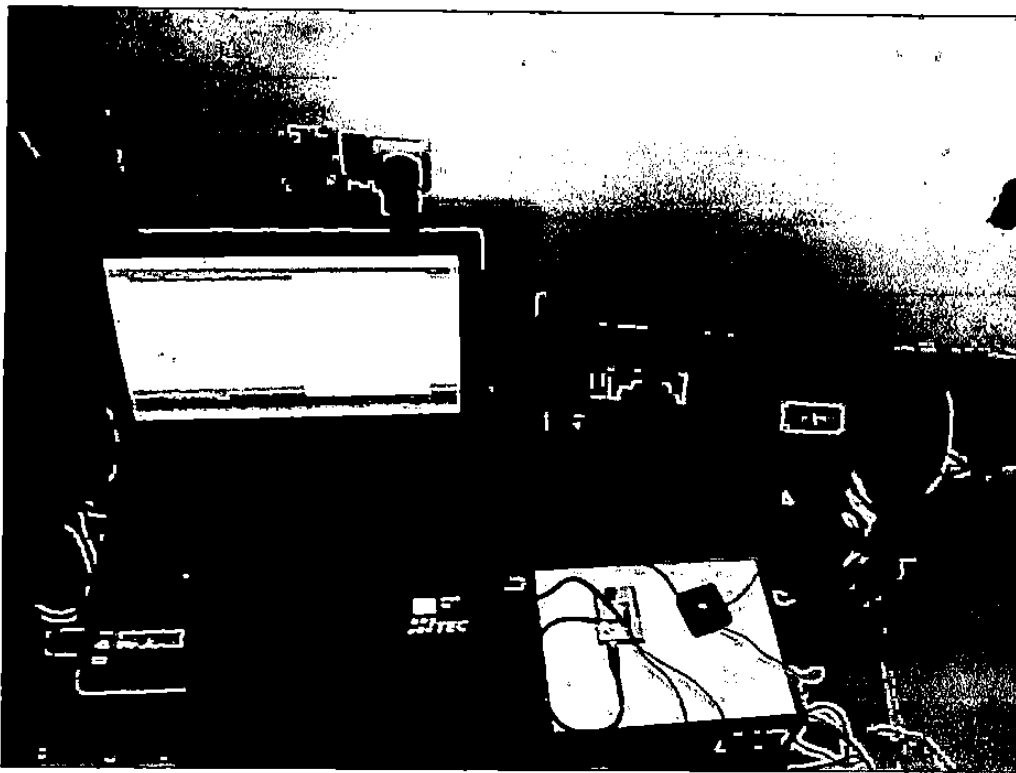
Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh *sistem* alat baik *hardware* maupun *software* dapat bekerja dengan baik. Pengujian ini dapat disebut juga sebagai pengujian untuk menyinkronkan antara *hardware* dan *software* tersebut. Pengujian dilakukan mulai dari cara menghidupkan alat sampai proses penampilan hasil pengukuran pada User Interface *Lab View*. Proses pengoperasian alat cukup mudah yaitu pertama pasanglah terlebih dahulu sensor *SCT-019* pada jalur listrik yang akan dideteksi. Selanjutnya dengan menghubungkan kabel *USB* dengan port *USB* yang ada pada laptop atau komputer. Berikut merupakan Gambar 4.8 proses penghubungan alat dengan komputer.



Gambar 4.8 Proses penghubungan alat dengan *Port USB* Komputer

Setelah alat dihubungkan dengan computer maka alat akan menyala dengan 3 buah


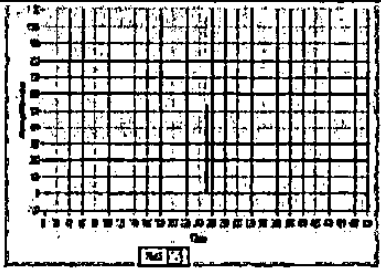
Kemudian dilanjutkan dengan proses pengkoneksian *Port USB* dengan *User Interface* pada *Lab View*.



Gambar 4.9 Pengkoneksian *Port USB* dengan *User Interface* pada *Lab View*.

Setelah proses instalasi selesai kemudian didapatkan data hasil pengujian pada motor Generator pada frekuensi 60 Hz. Seperti ditunjukkan Tabel berikut ini:

Tabel 4.3 Pengujian alat yang telah dibuat pada Motor Generator pada Frekuensi 60Hz

F (Hz)	V (V)	I (A)	I alat (A)	Graphic	FFT
60	222,5	2,03	2,19		

4.4 Data Hasil Pengujian Alat

Pengujian dilakukan dua kali, yang pertama pengujian dilakukan pada motor generator dan pengujian yang kedua dilakukan pada panel listrik. Pengujian pertama dapat dilihat pada Gambar 4.10.

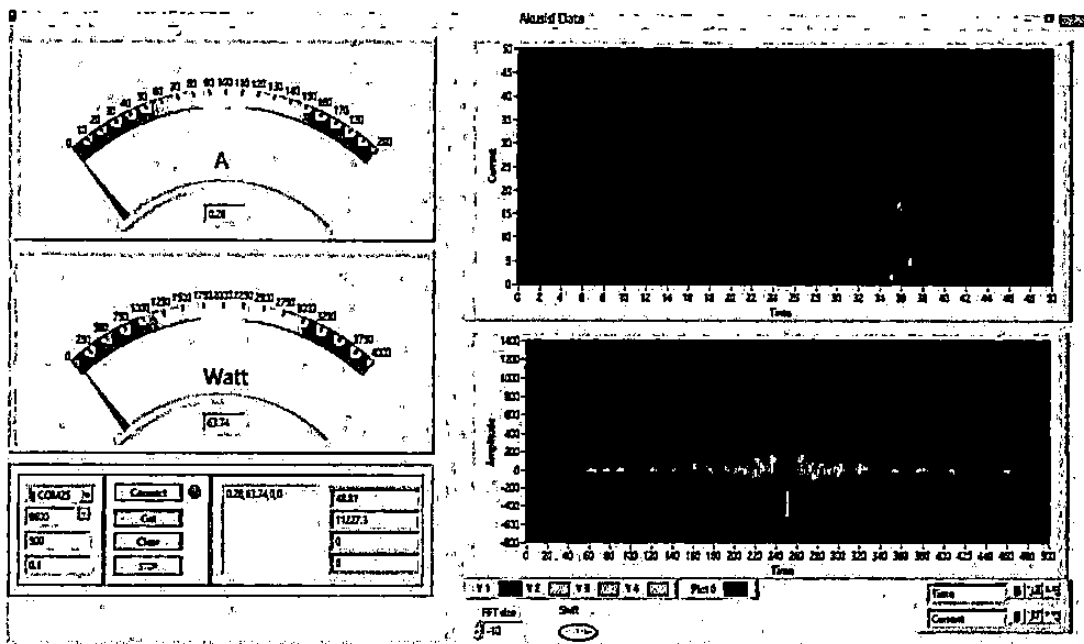


Gambar 4.10 Pengujian Pada Motor Generator

Gambar diatas merupakan representasi sinyal listrik dalam kawasan frekuensi. Pengujian dilakukan dengan cara memvariasikan frekuensi motor untuk melihat di frekuensi manakah terdapat sinyal gangguan yang terdeteksi oleh *software Lab View*. Tampilan pada *software Lab View* yang telah dibuat, selain menampilkan bentuk grafik perubahan arus dalam waktu, juga menampilkan *spectrum FFT*. Selain menampilkan beberapa bentuk Grafik, juga menampilkan nilai arus dan daya dalam bentuk gauge control.

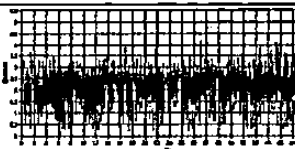
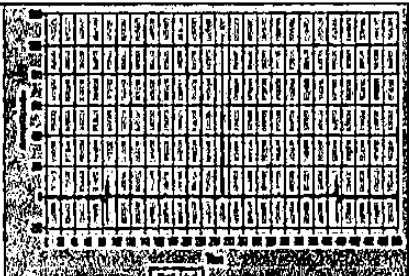
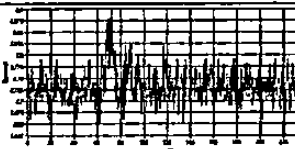
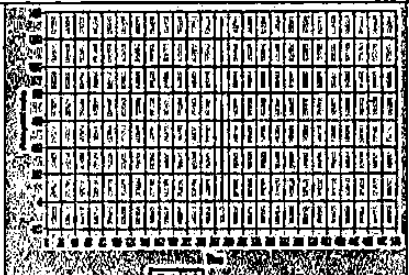
Berikut merupakan gambar tampilan pada *Lab View* ketika proses pengukuran

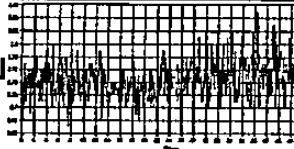
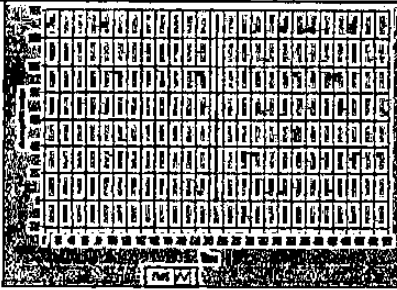
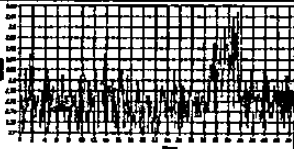
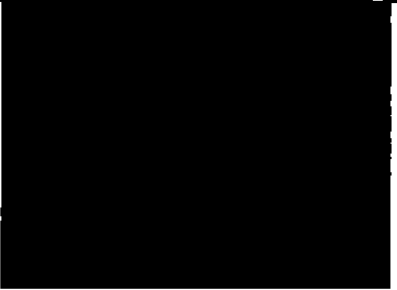
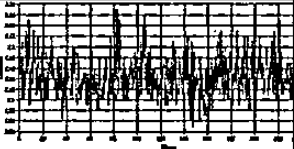
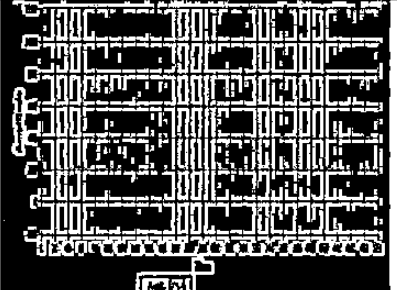
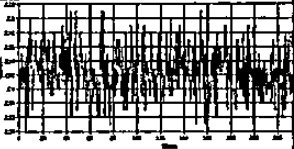
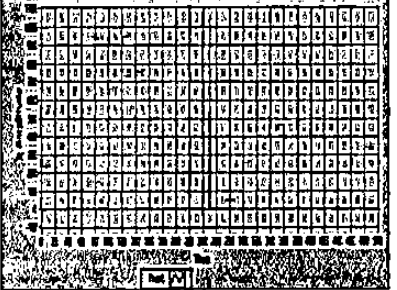
berikutnya seperti ditunjukkan Gambar 4.11



Gambar 4.11 Tampilan *User Interface* pada *Lab View*

Tabel 4.4 Pengukuran Alat pada Motor Generator

F (Hz)	Tegangan (V)	I (A)	I alat (A)	Graphic	FFT
10	41,2	2,16	2,5		
20	90,7	2,46	2,75		

30	132,7	2,57	2,85		
40	172,8	2,63	2,93		
50	214,5	2,75	3,09		
60	222,5	2,03	2,19		

Menurut tabel 4.4 didapatkan beberapa data pengukuran dengan alat ukur Tang Ampere (*Clamp meter*) dan alat yang telah dibuat. Data yang diperoleh berupa data tegangan yang terukur, arus yang terukur oleh Tang Ampere, arus yang terukur dengan alat yang telah dibuat, grafik arus beban serta bentuk *spectrum FFT* yang terdeteksi. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan nilai frekuensi pada motor generator. Ketika nilai frekuensi diubah-ubah maka arus yang terukur juga berubah-ubah. Perubahan arus yang terdeteksi mengikuti

perbandingan nilai arus yang terdeteksi oleh Tang Ampere dengan nilai arus yang terdeteksi oleh alat yang telah dibuat dengan melihat tampilan *User interface* pada *software Lab View*.

- Faktor Error arus pada frekuensi 10 Hz

$$\text{Faktor Error} = \left(\frac{\text{pengukuran alat} - \text{pengukuran alat ukur}}{\text{pengukuran alat ukur}} \times 100\% \right)$$

$$\text{Faktor Error} = \frac{2,5 - 2,16}{2,16} \times 100\%$$

$$\text{Faktor Error} = 15,74\%$$

- Faktor Error arus pada frekuensi 20 Hz

$$\text{Faktor Error} = \frac{2,75 - 2,46}{2,46} \times 100\%$$

$$\text{Faktor Error} = 11,78\%$$

- Faktor Error arus pada frekuensi 30 Hz

$$\text{Faktor Error} = \frac{2,85 - 2,57}{2,57} \times 100\%$$

$$\text{Faktor Error} = 10,89\%$$

- Faktor Error arus pada frekuensi 40 Hz

$$\text{Faktor Error} = \frac{2,93 - 2,63}{2,63} \times 100\%$$

$$\text{Faktor Error} = 11,40\%$$

- Faktor Error arus pada frekuensi 50 Hz

$$\text{Faktor Error} = \frac{3,09 - 2,75}{2,75} \times 100\%$$

$$\text{Faktor Error} = 12,36\%$$

- Faktor Error arus pada frekuensi 60 Hz

$$\text{Faktor Error} = \frac{2,19 - 2,03}{2,03} \times 100\%$$

$$\text{Faktor Error} = 7,88\%$$

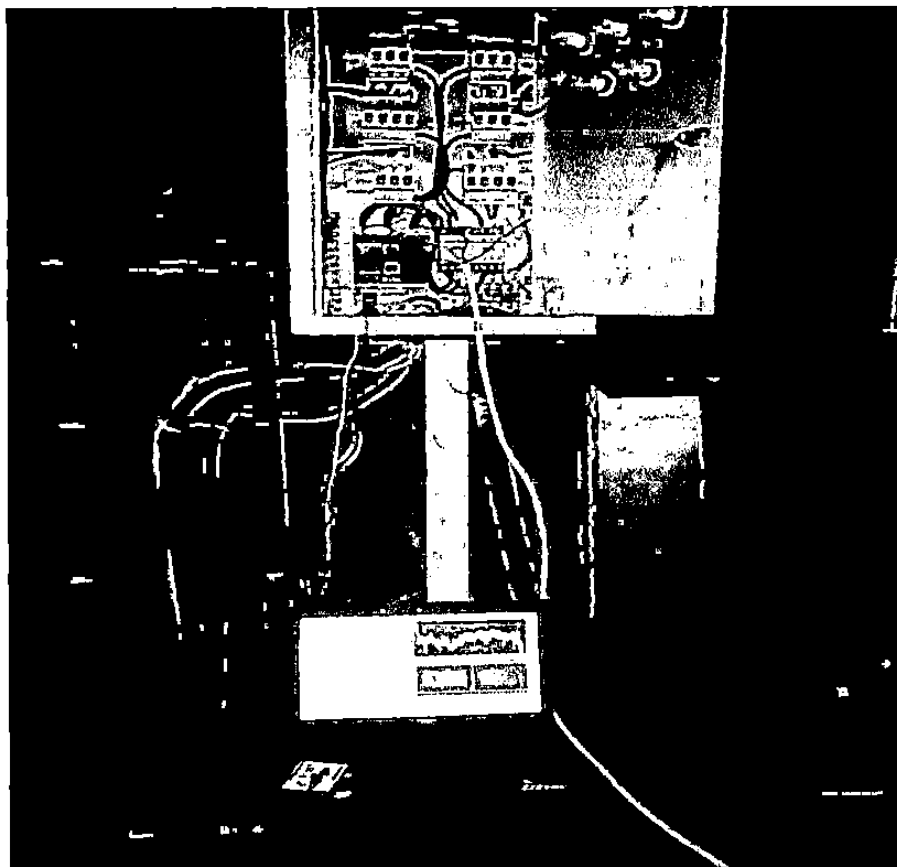
Dari hasil perhitungan *factor error* arus yang terdeteksi antara menggunakan Tang Ampere dengan alat yang telah dibuat maka diperoleh rata-rata *factor error* seperti ditunjukkan persamaan berikut:

$$\text{Rata - rata Error} = \left(\frac{15,74 + 11,78 + 10,89 + 10,89 + 11,40 + 12,36 + 7,88}{6} \right)$$

$$\text{Rata rata Error} = 11,67\%$$

Dari persamaan perhitungan rata-rata factor error maka diperoleh rata-rata factor error arus yang terdeteksi adalah sebesar 11,67%. *Factor error* yang terkecil yaitu ketika pengukuran motor generator pada frekuensi 60 Hz.

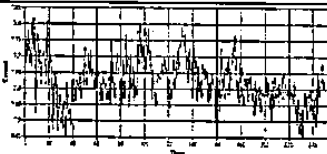
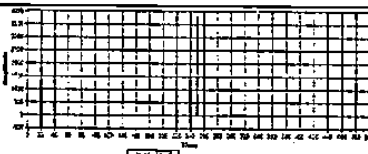
Pengujian kedua dilakukan dengan menggunakan panel listrik, Proses pengujian yang dilakukan sama dengan pengujian pada motor generator. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Pengujian pada Panel Listrik

Proses pengujian dilakukan dengan memasang sensor arus yang tersambung pada alat interface akuisisi data, dipasangkan pada kabel fasa. Pengujian dilakukan pada panel listrik 3 Fasa yang ada di Laboratorium Teknik Elektro UMY ruang KMTE. Pemasangan sensor dipasang pada jalur 3 Fasa jalur R saja. Kemudian diperoleh hasil pengujian seperti ditunjukkan Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian pada Panel Listrik

F (Hz)	Tegangan (V)	I (A)	I alat (A)	Graphic	FFT
Panel Listrik	214,8 V	7,4 A	7,62 A		

Menurut tabel 4.5 diperoleh hasil pengujian arus yang terdeteksi antara Tang Ampere dengan alat yang terdeteksi. Data hasil pengujian kemudian dibandingkan untuk diperoleh *factor error* pengukuran seperti ditunjukkan persamaan berikut.

$$Faktor Error = \frac{7,62 - 7,4}{7,4} \times 100\%$$

$$Faktor Error = 2,97\%$$

Dari hasil perhitungan *factor error* pengujian alat yang dilakukan pada panel listrik yang berada di Laboratorium Teknik elektro UMY maka diperoleh hasil perhitungan *factor error* adalah sebesar 2,97%. Setelah melakukan pengujian antara menggunakan motor generator dengan panel listrik maka dapat disimpulkan sementara bahwa semakin besar arus

yang terdeteksi maka *factor error* yang diperoleh akan semakin kecil