



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 145561

**PERANCANGAN PROTOTIPE *VOLTAGE FLICKER* METER
DENGAN METODE DFT BERBASIS ARDUINO**

Sawung Rananggono

NRP 2213038004

Intan Eka Puspitasari

NRP 2213038011

Dosen Pembimbing

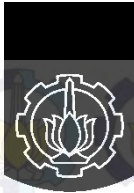
Dr. Eng. Ardyono Priyadi, S.T., M.Eng.

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK ELEKTRO

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2016



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE 145561

***DESIGN OF PROTOTYPE VOLTAGE FLICKER
METER USING DFT METHOD BASED ON ARDUINO***

Sawung Rananggono
NRP 22130308004
Intan Eka Puspitasari
NRP 2213038011

Supervisor
Dr. Eng. Ardyono Priyadi, S.T., M.Eng.

***ELECTRICAL ENGINEERING D3 STUDY PROGRAM
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016***


PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "**Perancangan Prototipe Voltage Flicker Meter dengan Metode DFT Berbasis Arduino**" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.


Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 2 Juni 2016



Sawung Rananggono
NRP 2213038004



Intan Eka Puspitasari
NRP 2213038011


**PERANCANGAN PROTOTIPE *VOLTAGE FLICKER* METER
DENGAN METODE DFT BERBASIS ARDUINO**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik
Pada
Bidang Studi Teknik Listrik
Program Studi D3 Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing



Dr. Eng. Ardyono Priyadi, S.T., M.Eng.
NIP. 19730927 199803 1 004

**SURABAYA
JUNI, 2016**

PERANCANGAN PROTOTIPE *VOLTAGE FLICKER* METER DENGAN METODE DFT BERBASIS ARDUINO

Nama Mahasiswa 1 : Sawung Rananggono
NRP : 2213 038 004
Nama Mahasiswa 2 : Intan Eka Puspitasari
NRP : 2213 038 011
Dosen Pembimbing : Dr.Eng. Ardyono Priyadi, S.T., M.Eng.
NIP : 19730927 199803 1 004

ABSTRAK

Kualitas daya listrik mempunyai peranan yang sangat penting dalam sistem tenaga listrik. Salah satu yang dapat mempengaruhi kualitas daya listrik adalah *voltage flicker*. *Voltage flicker* adalah fenomena distorsi pada amplitudo gelombang tegangan secara berulang. Adanya *voltage flicker* tersebut bersumber dari adanya beban-beban fluktuatif, seperti *welding machine*, *arc furnace*, *static converter* dan *pulsating loads* seperti motor. Berdasarkan hasil studi lapangan, *voltage flicker* masih belum mendapatkan perhatian utama dari PLN. Sedangkan akibat yang ditimbulkan oleh *voltage flicker* itu sendiri sangat merugikan baik bagi pelanggan maupun PLN, diantaranya adalah terjadinya malfungsi pada relay proteksi yang dapat mengganggu sistem proteksi jaringan. *Voltage flicker* juga dapat merusak peralatan elektronik yang sensitif terhadap fluktuasi tegangan dan membuat lampu penerangan menjadi terang dan redup sehingga mengganggu kenyamanan pengelihatannya manusia.

Oleh karena itu, perlu dibuat alat untuk mendeteksi adanya *voltage flicker*. Pada Tugas Akhir ini dibuat Perancangan Prototipe *Voltage Flicker* Meter dengan Metode DFT Berbasis Arduino. Arduino akan mengirimkan data gelombang tegangan ke PC melalui komunikasi serial. Data akan diolah oleh *software* MATLAB menggunakan metode DFT dan menghasilkan indikasi ada atau tidaknya *voltage flicker*.

Alat ini memiliki nilai kesalahan pembacaan tegangan menggunakan *software* MATLAB sebesar 0,8001 % dan 1,7 % untuk pembacaan arus. Berdasarkan hasil pengujian, beban las listrik Falcon120e berpotensi menimbulkan *voltage flicker*. Sedangkan beban *grinder* tipe RBG200AL, *compressor* listrik tipe Swan SP-IS dan bor listrik tipe J1Z-10B tidak berpotensi menimbulkan *voltage flicker*.

Kata kunci : *Voltage Flicker*, Tegangan, Arduino, DFT.

DESIGN OF PROTOTYPE VOLTAGE FLICKER METER USING DFT METHOD BASED ON ARDUINO

Name of Student 1 : Sawung Rananggono
Registration Number : 2213 038 004
Name of Student 2 : Intan Eka Puspitasari
Registration Number : 2213 038 011
Supervisor : Dr.Eng. Ardyono Priyadi, S.T., M.Eng.
ID : 19730927 199803 1 004

ABSTRACT

Electric power quality has an important role in electric power system. The one of fault that can decrease the electric power quality is voltage flicker. Voltage flicker is distortion of voltage wave amplitude phenomenon happening frequently. Voltage flicker caused by fluctuating burdens, like welding machine, arc furnace, static converter and pulsating loads like motor. Based on field observation, voltage flicker does not have principal attention from PLN yet. Whereas voltage flicker can make malfunction of protection relay then disturb the network protection system. Voltage flicker can also destroy the electronic device that has sensitivity of voltage fluctuation and flickering the light of the fluorescent and incandescent lamp with an uncomfortable feeling.

Thus, making a device that can detect the existence of voltage flicker is needed. In this Final Project this device will be made by Design of Prototype Voltage Flicker Meter Using DFT Method Based On Arduino. Arduino will send voltage wave data to PC through serial communication. Data will be processed by MATLAB software then it will indicates the existence of voltage flicker.

This device has 0.8001 % error value in voltage sensing and 1.7 % in current sensing. Electric welder Falcon120e has been tested and the result is that it potentially generates voltage flicker. Then grinder RBG200AL, electric compressor Swan SP-IS and electric drill JIZ-10B had been tested and the result is that they do not potentially generate voltage flicker.

Keywords : Voltage Flicker, Voltage, Arduino, DFT

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu dilimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan umat muslim yang senantiasa meneladani beliau.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna menyelesaikan pendidikan Diploma-3 pada Bidang Studi Teknik Listrik, Program Studi D3 Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan judul:

PERANCANGAN PROTOTIPE *VOLTAGE FLICKER* METER DENGAN METODE DFT BERBASIS ARDUINO

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu dan Bapak penulis yang memberikan berbagai bentuk doa serta dukungan tulus tiada henti serta kepada Bapak Dr. Eng. Ardyono Priyadi, S.T., M. Eng. atas segala bimbingan ilmu, moral, dan spiritual dari awal hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan D3 Teknik Elektro yang selalu berbagai ilmu untuk pembuatan Tugas Akhir ini dan kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari dan memohon maaf atas segala kekurangan pada Tugas Akhir ini. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dalam pengembangan keilmuan dikemudian hari.

Surabaya, 2 Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxiii
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL.....	xxv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Permasalahan.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan.....	3
1.5. Metodologi Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Laporan.....	3
1.7. Relevansi.....	4
BAB II TEORI MONITORING KUALITAS DAYA LISTRIK.....	5
2.1. Kualitas Daya.....	5
2.2. <i>Voltage Flicker</i>	6
2.3. Harmonisa.....	8
2.4. <i>Fourier</i>	10
2.5. <i>Discrete Fourier Transform (DFT)</i>	14
2.6. Sensor Arus ACS712.....	15
2.7. Sensor Tegangan ZMPT101b.....	19
2.8. Arduino.....	20
2.8.1. Arduino Mega 2560.....	20
2.9. Komunikasi <i>USB Serial</i> Arduino.....	24
2.10. MATLAB.....	26

2.11. <i>SD Card</i>	27
2.12. <i>Real Time Clock (RTC) DS1307</i>	29
BAB III PERANCANGAN ALAT	31
3.1. Perancangan Sistem Keseluruhan.....	31
3.2. Perancangan Tata Letak (<i>Layout</i>)	32
3.3. Perancangan <i>Hardware</i>	34
3.3.1. <i>Board</i> Arduino	35
3.3.2. Sensor Tegangan ZMPT101b	37
3.3.3. Sensor Arus ACS712 20A	37
3.3.4. <i>Power Supply</i>	38
3.3.5. <i>Shield</i> RTC (<i>Real Time Clock</i>) dan <i>SD Card</i>	39
3.3.6. Komunikasi Serial.....	41
3.3.7. LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	41
3.4. Perancangan dan Pembuatan <i>Software</i>	42
3.4.1. Pemrograman pada Arduino	42
3.4.2. Perancangan MATLAB	44
BAB IV ANALISA DAN PENGUJIAN	49
4.1. Pembacaan Sensor Tegangan.....	49
4.2. Pembacaan Sensor Arus ACS712 20A	56
4.3. Pengujian <i>Output Power Supply</i>	61
4.4. Pengujian Pembacaan RTC.....	62
4.5. Pengujian <i>SD Card</i>	63
4.6. Pengujian Komunikasi Serial.....	65
4.7. Pengujian Tampilan <i>Software</i> MATLAB	67
4.8. Pengujian Alat Keseluruhan.....	71
4.8.1. Pembacaan Nilai Tegangan pada Tampilan <i>Software</i> MATLAB Menggunakan <i>Variac</i> sebagai Variasi Tegangan.....	72
4.8.2. Perbandingan Hasil Perhitungan Nilai THDv dengan Alat Ukur FLUKE	73
4.8.3. Hasil Pengujian Menggunakan Beban Las Listrik Falcon 120e.....	75
4.8.4. Hasil Pengujian Menggunakan Beban <i>Grinder</i> Tipe RBG200AL.....	85
4.8.5. Hasil Pengujian Menggunakan Beban <i>Compressor</i> Listrik <i>Swan</i> SP-IS	91

4.8.6. Hasil Pengujian Menggunakan Beban Bor Listrik Tipe
J1Z-10B.....96

BAB V PENUTUP.....	103
5.1. Kesimpulan.....	103
5.2. Saran.....	103

DAFTAR PUSTAKA.....	105
---------------------	-----

LAMPIRAN A.....	A-1
-----------------	-----

A.1. <i>Listing</i> Program Arduino.....	A-1
--	-----

A.2. <i>Listing</i> Program MATLAB.....	A-7
---	-----

LAMPIRAN B.....	B-1
-----------------	-----

B.1. <i>Datasheet</i> ACS712.....	B-1
-----------------------------------	-----

B.2. <i>Datasheet</i> ZMPT101b.....	B-13
-------------------------------------	------

B.3. <i>Datasheet</i> RTC DS1307.....	B-14
---------------------------------------	------

LAMPIRAN C.....	C-1
-----------------	-----

C.1. Pengujian dan Realisasi Alat.....	C-1
--	-----

DAFTAR RIWAYAT PENULIS.....	D-1
-----------------------------	-----

DAFTAR GAMBAR

HALAMAN

Gambar 2.1.	Gelombang <i>Flicker</i>	6
Gambar 2.2.	Gelombang <i>Flicker</i> dan Perbedaan Tegangan ΔV	7
Gambar 2.3.	Gelombang Fundamental Terdistorsi	9
Gambar 2.4.	Contoh Fungsi Periodik	10
Gambar 2.5.	Sensor Arus ACS712	16
Gambar 2.6.	Tegangan Keluaran Sensor Arus ACS712	17
Gambar 2.7.	Blok Diagram Sensor Arus ACS712	17
Gambar 2.8.	Konfigurasi Pin Sensor Arus ACS712	18
Gambar 2.9.	Sensor Tegangan ZMPT101b	19
Gambar 2.10.	..... Arduino Mega 2560	24
Gambar 2.11.	..... Kabel USB	25
Gambar 2.12.	..... Konektor Tipe A	26
Gambar 2.13.	..... Konektor Tipe B	26
Gambar 2.14.	..... RTC Jenis DS1307	29
Gambar 2.15.	..... Konfigurasi Pin RTC DS1307	30
Gambar 3.1.	Diagram Fungsional Alur Kerja	32
Gambar 3.2.	Tata Letak Hardware	33
Gambar 3.3.	Tata Letak Box Peralatan Tampak Atas	34
Gambar 3.4.	Hardware Prototipe Voltage Flicker Meter dengan Metode DFT Berbasis Arduino	35
Gambar 3.5.	Board Arduino Mega 2560	36
Gambar 3.6.	Wiring Sensor Tegangan ZMPT101b	37
Gambar 3.7.	Wiring Sensor Arus ACS712 20A	38
Gambar 3.8.	Rangkaian Power Supply Tiga Output	39
Gambar 3.9.	Shield RTC (Real Time Clock) dan SD Card	40
Gambar 3.10.	Wiring Shield RTC (Real Time Clock) dan SD Card	40
Gambar 3.11.	..... LCD 16x2	41
Gambar 3.12.	..... Wiring LCD 16x2	42
Gambar 3.13.	..... Flowchart Program pada Arduino	43
Gambar 3.14.	... Flowchart Pembuatan Tampilan GUI MATLAB	45
Gambar 3.15.	..... Tampilan Login	46
Gambar 3.16.	..... Tampilan Utama	46

Gambar 4.1. Diagram Proses Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101b	49
Gambar 4.2. Proses Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101b	50
Gambar 4.3. Wiring Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101b	51
Gambar 4.4. Perubahan Vrms Terhadap ADC	52
Gambar 4.5. Perubahan Vpuncak Terhadap ADC	53
Gambar 4.6. Wiring Pengujian Perbandingan Pembacaan Sensor Tegangan ZMPT101b Terhadap Voltmeter Sanwa CD800a	55
Gambar 4.7. Pengujian Sensor Arus ACS712 20A Menggunakan Beban Lampu Pijar	56
Gambar 4.8. Wiring Pengujian Perbandingan Pembacaan Sensor Arus ACS712 20A Terhadap Clampmeter Kyoritsu KEW 2117R	57
Gambar 4.9. Pembacaan Sensor Arus dan Clampmeter Kyoritsu KEW2117R dengan Beban Lampu Pijar.....	59
Gambar 4.10. Pembacaan Sensor Arus dan Clampmeter Kyoritsu KEW2117R dengan Beban Kombinasi Peralatan Listrik Rumah Tangga.....	60
Gambar 4.11. Wiring Pengujian Output Power Supply	61
Gambar 4.12. Proses Pengujian RTC	62
Gambar 4.13. Wiring Pengujian RTC	62
Gambar 4.14. Hasil Pengujian SD Card V-Gen dengan Kapasitas 2GB.....	63
Gambar 4.15. Wiring Pengujian Penyimpanan SD Card	64
Gambar 4.16. Tampilan File LOG.CSV Hasil Pengujian Penyimpanan Data ke SD Card Menggunakan Modul RTC dan SD Card.....	65
Gambar 4.17. Wiring Pengujian Komunikasi Serial.....	66
Gambar 4.18. Pengujian Komunikasi Serial	66
Gambar 4.19. Tampilan Form Login	67
Gambar 4.20. Form Tampilan Utama	67
Gambar 4.21. Wiring Pengujian Komunikasi antara Hardware dan Software MATLAB	68

Gambar 4.22. Tampilan Software MATLAB Hasil Komunikasi Antara Hardware dengan Software MATLAB	69
Gambar 4.23. Tampilan Gelombang Tegangan Hasil Sampling pada Software MATLAB	70
Gambar 4.24. Tampilan Hasil Transformasi Gelombang Tegangan pada Software MATLAB.....	70
Gambar 4.25. Penyimpanan Data Hasil Pengukuran	71
Gambar 4.26. ..Tampilan Penyimpanan Data Hasil Pengukuran	71
Gambar 4.27. Wiring Pengujian Perhitungan Tegangan oleh MATLAB	72
Gambar 4.28. Wiring Pengujian Perhitungan Nilai THDv oleh MATLAB	74
Gambar 4.29. Tampilan MATLAB Pengukuran THDv dengan Beban Bor Listrik.....	75
Gambar 4.30. Hasil Pengukuran THDv Menggunakan FLUKE dengan Beban Bor Listrik	75
Gambar 4.31. Pengujian Alat Menggunakan Beban Las Listrik Falcon 120e	76
Gambar 4.32. Wiring Pengujian Las Falcon 120e.....	77
Gambar 4.33. Gelombang Tegangan dalam Keadaan Tanpa Beban	79
Gambar 4.34. Gelombang Tegangan dalam Keadaan Beban Las Terpasang Tanpa Melakukan Pengelasan .	79
Gambar 4.35. Gelombang Tegangan dalam Keadaan Beban Las Melakukan Proses Pengelasan	80
Gambar 4.36. Transformasi Gelombang Tegangan Tanpa Beban	81
Gambar 4.37. Transformasi Gelombang Tegangan dengan Beban Las Listrik Tanpa Melakukan Pengelasan	82
Gambar 4.38. Transformasi Gelombang Tegangan dengan Beban Las Listrik saat Melakukan Pengelasan	83
Gambar 4.39. Wiring Pengujian Grinder RBG200AL.....	86
Gambar 4.40. Gelombang Tegangan dalam Keadaan Tanpa Beban.....	87
Gambar 4.41. Gelombang Tegangan dalam Keadaan Grinder Digunakan.....	88
Gambar 4.42. Transformasi Gelombang Tegangan Tanpa Beban.....	89

Gambar 4.43. Transformasi Gelombang Tegangan ketika Beban Grinder Digunakan.....	90
Gambar 4.44. Wiring Pengujian Compressor Swan SP-IS.....	92
Gambar 4.45. Gelombang Tegangan dalam Keadaan Tanpa Beban.....	93
Gambar 4.46. Gelombang Tegangan dalam Keadaan Compressor Digunakan	93
Gambar 4.47. Transformasi Gelombang Tegangan Tanpa Beban.....	94
Gambar 4.48. Transformasi Gelombang Tegangan ketika Beban Compressor Digunakan	95
Gambar 4.49. Wiring Pengujian Bor Listrik JIZ-10B.....	97
Gambar 4.50. Gelombang Tegangan dalam Keadaan Tanpa Beban.....	98
Gambar 4.51. Gelombang Tegangan dalam Keadaan Bor Listrik Digunakan	99
Gambar 4.52. Transformasi Gelombang Tegangan Tanpa Beban.....	100
Gambar 4.53. Transformasi Gelombang Tegangan ketika Bor Listrik Digunakan	101

DAFTAR TABEL

	HALAMAN
Tabel 2.1.	Penjelasan Konfigurasi <i>Pin</i> Sensor Arus ACS712..... 18
Tabel 2.2.	Spesifikasi Elektris Sensor Tegangan ZMPT101b..... 19
Tabel 2.3.	Spesifikasi Mekanis Sensor Tegangan ZMPT101b 20
Tabel 2.4.	<i>Environment Specification</i> Sensor Tegangan ZMPT101b..... 20
Tabel 2.5.	Spesifikasi Arduino Mega 2560..... 21
Tabel 2.6.	Penjelasan Konfigurasi <i>Pin</i> RTC DS1307..... 30
Tabel 4.1.	Hasil Pengambilan Data Sensor Tegangan ZMPT101b.. 51
Tabel 4.2.	Data Perbandingan Pengukuran Sensor ZMPT101b Terhadap <i>Voltmeter</i> Sanwa CD800a..... 55
Tabel 4.3.	Data Hasil Pengujian Sensor Arus ACS712 20A Menggunakan Beban Lampu Pijar..... 57
Tabel 4.4.	Data Hasil Pengujian Sensor Arus ACS712 20A Menggunakan Beban Kombinasi Beberapa Peralatan Listrik Rumah Tangga 58
Tabel 4.5.	Data <i>Output Power Supply</i> 61
Tabel 4.6.	Data Pengujian RTC 62
Tabel 4.7.	Alokasi Penyimpanan <i>SD Card</i> ketika Kosong 64
Tabel 4.8.	Perbandingan Pembacaan Tegangan antara MATLAB dan <i>Voltmeter</i> CD800a..... 72
Tabel 4.9.	Perbandingan Pembacaan THDv antara MATLAB dan FLUKE 74
Tabel 4.10.	Data Pengujian Beban Las Listrik Falcon 120e 77
Tabel 4.11.	Data Pengujian Beban <i>Grinder</i> 86
Tabel 4.12.	Data Pengujian Beban <i>Compressor</i> 92
Tabel 4.13.	Data Pengujian Beban Bor Listrik 97



-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Suatu sistem tenaga listrik dikatakan memiliki tingkat keandalan yang tinggi apabila sistem tersebut mampu menyediakan pasokan energi listrik yang dibutuhkan oleh beban secara kontinu dan dengan kualitas daya yang baik dari segi regulasi tegangan maupun regulasi frekuensi. Pada kenyataannya, banyak permasalahan-permasalahan yang dihadapi oleh PLN sebagai penyedia sistem tenaga listrik dalam menjaga kualitas daya listrik. Salah satu permasalahan yang terjadi adalah *voltage flicker*.

Voltage flicker adalah sebuah fenomena distorsi pada amplitudo gelombang tegangan secara berulang. *Voltage flicker* merupakan salah satu dari beberapa gangguan serius dalam permasalahan kualitas daya yang dapat memperburuk stabilitas dan efisiensi dari sebuah sistem tenaga [1].

Voltage flicker memiliki beberapa dampak diantaranya dapat menyebabkan malfungsi pada *relay* proteksi [1]. Malfungsi yang terjadi pada *relay* proteksi dapat mengganggu sistem proteksi jaringan yang telah dikoordinasikan dengan baik. *Voltage flicker* juga dapat merusak peralatan elektronik yang sensitif terhadap fluktuasi tegangan [1]. Selain itu *voltage flicker* menyebabkan fluktuasi tegangan yang dapat menyebabkan kedipan terang dan redup pada lampu penerangan yang dapat mengganggu kenyamanan penglihatan mata manusia [2].

Tipikal beban potensial penghasil *flicker* adalah beban industri seperti *arc furnaces* dan motor dengan kapasitas besar [3]. Beban-beban penghasil harmonisa seperti *static converter* dan *arc furnaces* serta *pulsating loads* seperti motor induksi juga dapat menghasilkan *voltage flicker* [4]. Selain itu *electric welders* juga termasuk beban yang berpotensi menghasilkan *voltage flicker* [5].

Voltage flicker selama ini masih belum menjadi perhatian utama dalam pemantauan kualitas daya oleh PLN. Penggunaan *voltage flicker* meter sebagai pemantau *flicker* belum banyak digunakan. Sedangkan pengaruh yang dihasilkan oleh adanya *voltage flicker* sangat merugikan baik bagi pelanggan maupun bagi PLN sendiri.

Dengan melakukan pendeteksian gangguan *voltage flicker* pada pelanggan-pelanggan potensial penyumbang *flicker*, pelanggan yang memiliki beban-beban yang telah disebutkan diatas, maka PLN akan mendapatkan data gelombang tegangan dan indikasi *flicker* yang terjadi. Dengan data tersebut PLN dapat melakukan tindakan pencegahan dengan memberikan peringatan atau denda kepada pelanggan penyumbang *flicker*. Sehingga kualitas daya sistem tenaga listrik PLN terjaga dari gangguan *voltage flicker* dan pelanggan lain yang berada disekitar beban penyumbang *voltage flicker* tetap mendapatkan daya dengan kualitas yang baik tanpa khawatir peralatan listrik yang dimiliki akan rusak serta dapat melakukan aktifitas tanpa terganggu oleh kedipan dari lampu penerangan akibat adanya gangguan *voltage flicker*.

Harga *voltage flicker* meter saat ini relatif mahal. Dengan biaya pembuatan yang relatif lebih murah dan dengan beberapa proses pengembangan lebih lanjut maka alat ini diharapkan bisa menjadi solusi terhadap permasalahan tersebut.

1.2. Permasalahan

Saat ini, penggunaan beban-beban besar dan fluktuatif seperti *electric welder*, *arc furnace*, *static converter*, motor induksi dan motor dengan kapasitas besar semakin meningkat seiring dengan perkembangan zaman. Beban-beban tersebut dapat menghasilkan adanya *voltage flicker* pada sistem tenaga listrik. *Voltage flicker* ini menyebabkan terjadinya malfungsi pada *relay* proteksi, merusak peralatan elektronik yang sensitif terhadap fluktuasi tegangan dan membuat lampu menjadi berkedip terang dan redup secara berkelanjutan. Untuk itu, perlu adanya suatu alat yang dapat mendeteksi adanya gangguan *voltage flicker* sehingga dapat dilakukan tindakan pencegahan terhadap dampak yang disebabkan *voltage flicker*.

1.3. Batasan Masalah

Dalam perancangan ini perlu diberikan beberapa batasan permasalahan dengan tujuan agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan awal pembuatan alat. Adapun batasan permasalahan dari alat yang dirancang pada Tugas Akhir ini yaitu :

1. Pengujian beban terhadap adanya *voltage flicker* dilakukan secara *offline* dengan mendeteksi gelombang tegangan.
2. Beban yang diuji adalah beban satu fasa.

3. Komunikasi yang digunakan antara PC dan alat adalah komunikasi serial.
4. Untuk pengambilan sampel data diambil sebanyak 2500 data dengan frekuensi *sampling* berkisar 1500 data tiap detik.
5. Parameter yang ditampilkan pada PC adalah gelombang tegangan, grafik hasil transformasi DFT, nilai ΔV , V_{rms} , dan THDv.

1.4. Tujuan

Tujuan utama dari Tugas Akhir ini adalah merencanakan dan merealisasikan sebuah prototipe alat yang dapat mendeteksi adanya gangguan *voltage flicker* dengan menggunakan sensor tegangan.

1.5. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan metodologi, yaitu, studi literatur, perencanaan dan pembuatan alat, perencanaan dan pembuatan *software*, uji coba dan analisis data serta penyusunan laporan.

Pada tahap studi literatur akan dipelajari mengenai kualitas daya, *voltage flicker*, Arduino, MATLAB, DFT, RTC, *SD Card*, sensor tegangan ZMPT101b. Pada tahap perencanaan dan pembuatan alat dilakukan dengan pemodelan sistem dalam kondisi ideal. Perencanaan dilakukan untuk menyusun sistem yang terdiri atas sensor tegangan ZMPT101b, Arduino, rangkaian *power supply*, sensor arus ACS712 20A, *SD Card* dan RTC. Pada tahap perencanaan dan pembuatan *software*, dilakukan pemrograman pada Arduino IDE dan MATLAB untuk dapat menampilkan gelombang *output* dari sensor tegangan dan transformasi DFT. Setelah alat dan *software* selesai dibuat, tahapan selanjutnya adalah pengujian alat dan *software*. Pengujian tersebut meliputi pengujian sensor tegangan ZMPT101b, pengujian sensor arus ACS712 20A, pengujian RTC, pengujian *SD Card*, pengujian komunikasi serial dan pengujian secara keseluruhan. Dari hasil pengujian kemudian dianalisis apakah alat dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Tahap akhir penelitian adalah penyusunan laporan penelitian.

1.6. Sistematika Laporan

Pembahasan pada Buku Tugas Akhir ini terdiri dari lima bab. Berikut diberikan penjelasan isi dari masing – masing bab, yaitu :

Bab I : PENDAHULUAN

Dalam bab ini membahas tentang latar belakang, permasalahan, batasan masalah, maksud dan tujuan, sistematika laporan, serta relevansi penulisan pada Tugas Akhir.

Bab II : TEORI PENUNJANG

Berisi teori penunjang yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat.

Bab III : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Membahas tentang perencanaan dan pembuatan perangkat keras yang meliputi rangkaian-rangkaian, desain bangun, dan perangkat lunak yang meliputi program yang akan digunakan untuk mengaktifkan alat tersebut.

Bab IV : PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

Dalam bab ini membahas tentang pengukuran, pengujian, dan analisa terhadap prinsip kerja dan proses dari alat yang telah dibuat.

Bab V : PENUTUP

Dalam bab ini berisi tentang penutup yang menjelaskan tentang kesimpulan dari Tugas Akhir dan saran – saran untuk pengembangan alat lebih lanjut.

1.7. Relevansi

Untuk prospek kedepan diharapkan alat ini yang masih berupa prototipe dapat dikembangkan lebih lanjut sehingga dapat membantu PLN dalam mendeteksi adanya *voltage flicker* yang disebabkan oleh pelanggan-pelanggan potensial penghasil *flicker*. Dengan demikian PLN dapat melakukan tindakan lebih lanjut untuk menjaga kualitas daya listrik pada jaringannya dari gangguan *voltage flicker*. Sehingga masyarakat pelanggan PLN terutama yang berada disekitar beban potensial *flicker* mendapatkan daya listrik yang terjaga dari gangguan *voltage flicker*.

BAB II

TEORI MONITORING KUALITAS DAYA LISTRIK

Pada BAB II ini akan dijelaskan mengenai teori-teori yang menunjang dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Teori penunjang ini membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir sebagai referensi.

2.1. Kualitas Daya [6]

Masalah kualitas daya merupakan persoalan perubahan bentuk tegangan, arus atau frekuensi yang dapat menyebabkan kegagalan peralatan, baik peralatan milik PLN maupun milik pelanggan. Dengan kata lain masalah kualitas daya dapat menimbulkan kerugian baik bagi pelanggan maupun bagi PLN.

Masalah kualitas daya semakin menjadi perhatian dikarenakan semakin banyaknya penggunaan *power semiconductor* di industri dan beban-beban yang digunakan merupakan beban-beban yang sangat sensitif terhadap variasi. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan kualitas daya menjadi perhatian sekarang ini, diantaranya adalah :

1. Konsumen listrik menjadi semakin sadar akan masalah kualitas daya.
2. Penekanan pada efisiensi sistem tenaga listrik secara keseluruhan telah mendorong pemakaian *high-efficiency device, adjustable-speed motor drive* dan kapasitor paralel untuk mengkoreksi faktor daya dan mengurangi *losses*. Sebagai akibatnya, muncul peningkatan level harmonik pada sistem tenaga listrik yang mengancam operasi, kehandalan dan keamanan sistem.
3. Beban peralatan modern menggunakan pengendali berbasis mikroprocessor dan alat elektronika daya yang lebih sensitif terhadap perubahan kualitas daya.
4. Otomasi dan efisiensi bergantung pada komponen digital yang membutuhkan pasokan arus searah (DC). Oleh karena daya yang dibangkitkan dan dikirimkan berupa daya AC, maka suplai daya AC harus diubah terlebih dahulu ke dalam bentuk DC agar dapat digunakan oleh beban DC. Oleh sebab itu akan banyak diperlukan adanya konverter yang dapat semakin meningkatkan level harmonik dan dapat

menyebabkan distorsi gelombang fundamental menjadi semakin parah.

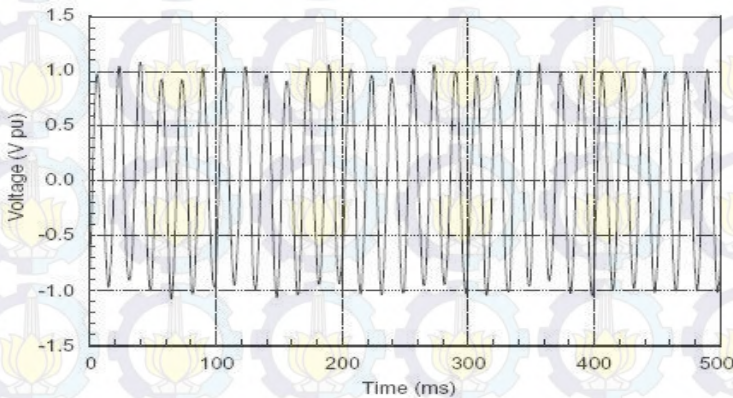
Kualitas daya listrik merupakan tingkat penyimpangan nilai nominal besarnya tegangan dan frekuensi. Kualitas daya dapat juga didefinisikan sebagai tingkat berpengaruhnya pembangkitan dan pengiriman daya listrik terhadap unjuk kerja peralatan listrik. Berikut ini merupakan gangguan pada kualitas daya :

1. Tegangan diluar standar
2. Tegangan tidak seimbang
3. Lonjakan tegangan
4. Kedip tegangan
5. Harmonisa
6. Kelip (*flicker*)
7. Deviasi frekuensi
8. Suplai listrik terputus (*interrupt*) < 10 ms

2.2. *Voltage Flicker* [7]

Voltage flicker merupakan salah satu jenis gangguan yang dapat mempengaruhi kualitas daya sistem tenaga listrik. *Voltage flicker* adalah gangguan perubahan naik turun tegangan di sistem penyaluran tenaga listrik secara terus menerus.

Adanya *voltage flicker* ditandai dengan perbedaan besar tegangan pada rentang $\pm 10\%$ dari tegangan nominal.



Gambar 2.1. Gelombang *Flicker*

Salah satu parameter dalam menentukan *flicker* adalah perbedaan amplitudo tegangan ΔV . Untuk mendapat nilai ΔV digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta V \text{ positif} = V_{\max} - V_{\text{mean}} \quad (2.1)$$

$$\Delta V \text{ negatif} = V_{\min} - V_{\text{mean}} \quad (2.2)$$

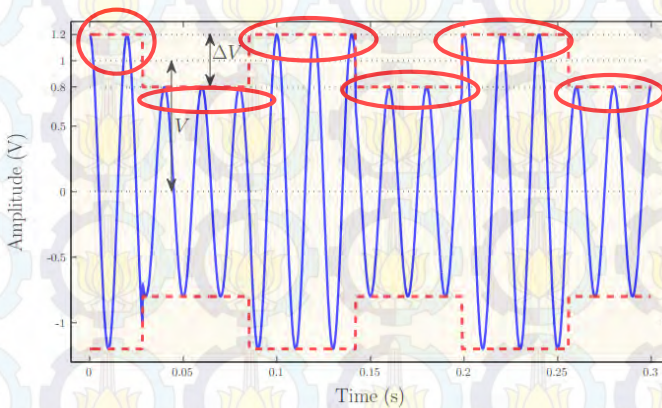
Keterangan :

V_{mean} = nilai rata-rata dari seluruh puncak gelombang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.

V_{\max} = nilai puncak gelombang yang terbesar

V_{\min} = nilai puncak gelombang yang terkecil

Pada Gambar 2.2. adalah contoh sebuah gelombang dengan frekuensi 8.8 Hz dengan amplitudo $\Delta V = 4$ Volt yang memodulasi sinyal fundamental dengan frekuensi 50 Hz dan amplitudo $V = 1$ Volt [8].



Gambar 2.2. Gelombang *Flicker* dan Perbedaan Tegangan ΔV

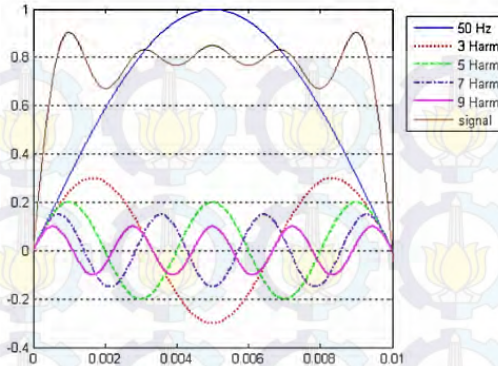
Tipikal beban potensial penghasil *flicker* adalah beban industri seperti *arc furnaces* dan motor dengan kapasitas besar [3], beban-beban penghasil harmonisa seperti *static converter* dan *arc furnaces* [4], *pulsating loads* seperti motor induksi [4] dan *electric welders* [5]. *Flicker* juga terjadi ketika beban besar secara berkala yang diaktifkan dan dinonaktifkan dalam sistem distribusi yang lemah.

Voltage flicker dapat menyebabkan malfungsi pada *relay* proteksi [1], merusak peralatan elektronik yang sensitif terhadap fluktuasi tegangan [1] dan dapat menyebabkan kedipan terang dan redup pada lampu yang dapat mengganggu kenyamanan penglihatan mata manusia [2]. Biasanya, *voltage flicker* yang besarnya lebih rendah dari 10% dengan frekuensi dibawah 35 Hz dapat menyebabkan lampu nampak berkedip oleh penglihatan manusia [8] hal ini dapat menimbulkan keluhan dari pelanggan [7]. Tingkat ketidaknyamanan tergantung dari tipe lampu, amplitudo dari fluktuasi tegangan (ΔV), frekuensi dan durasi dari fluktuasi tegangan [7].

2.3. Harmonisa [9]

Harmonisa adalah distorsi periodik dari gelombang sinus tegangan atau arus dengan bentuk gelombang yang frekuensinya merupakan kelipatan di luar bilangan satu terhadap frekuensi fundamental (frekuensi 50 Hz atau 60 Hz). Nilai frekuensi dari gelombang harmonisa yang terbentuk merupakan hasil kali antara frekuensi fundamental dengan bilangan harmonisanya ($f, 2f, 3f, \text{dst}$). Bentuk gelombang yang terdistorsi merupakan penjumlahan dari gelombang fundamental dan gelombang harmonisa ($h_1, h_2, \text{dan seterusnya}$) pada frekuensi kelipatannya. Semakin banyak gelombang harmonisa yang diikuti sertakan pada gelombang fundamentalnya, maka gelombang akan semakin mendekati gelombang persegi atau gelombang akan berbentuk *non* sinusoidal.

Misalnya frekuensi dasar suatu sistem tenaga listrik adalah 50 Hz maka harmonisa keduanya adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 100 Hz, harmonisa ketiga adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 150 Hz dan seterusnya. Gelombang-gelombang ini kemudian menumpang pada gelombang murni atau aslinya sehingga terbentuk gelombang cacat yang merupakan hasil penjumlahan antara gelombang murni sesaat dengan gelombang harmonisanya, seperti tampak pada Gambar 2.3. berikut :



Gambar 2.3. Gelombang Fundamental Terdistorsi

Penyebab terjadinya gelombang harmonisa ini adalah penggunaan beban-beban *non* linier pada sistem tenaga listrik yang menimbulkan distorsi pada bentuk gelombang sinus. Beban *non* linier adalah beban yang mengakibatkan bentuk gelombang keluarannya tidak sebanding dengan tegangan dalam setiap setengah siklus sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan keluarannya tidak sama dengan gelombang masukannya (mengalami distorsi). Gangguan yang terjadi akibat distorsi gelombang arus dan tegangan disebut dengan harmonik. Contoh dari beban-beban *non* linier ini seperti:

1. Tungku busur api (pengecoran logam)
2. *Inverter*
3. Konverter statis
4. Mesin-mesin sinkron
5. Magnetisasi trafo yang tidak linier
6. Putaran mesin arus AC
7. Mesin las listrik

Peran harmonisa pada sistem tenaga listrik cukup besar, terutama pada alat-alat yang terdapat pada sistem tenaga. Harmonisa akan menimbulkan beberapa dampak seperti :

1. Rusaknya peralatan listrik
2. Terbakarnya kabel atau konduktor penghantar
3. Bertambahnya *losses* pada trafo daya
4. Pada motor listrik terjadi *overheat*
5. Pada alat ukur kWh meter elektromekanis terjadi kesalahan pengukuran

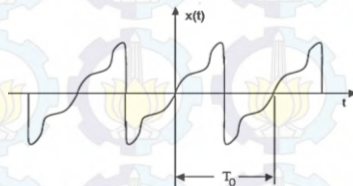
6. Kegagalan fungsi relay

Parameter besarnya harmonisa dinyatakan dalam **Total Harmonic Distortion** (THD). THD itu sendiri merupakan nilai prosentase antara total komponen harmonisa dengan komponen fundamentalnya. Semakin besar prosentase THD ini menyebabkan semakin besarnya risiko kerusakan peralatan akibat harmonisa yang terjadi pada arus maupun tegangan. Nilai THD yang diijinkan secara internasional maksimal berkisar 5% dari tegangan atau arus frekuensi fundamentalnya. Untuk mencari nilai THD dari tegangan dapat digunakan persamaan :

$$\text{THD}_v = \frac{\sqrt{V_{orde\ ke-2}^2 + V_{orde\ ke-3}^2 + V_{orde\ ke-4}^2 + \dots + V_{orde\ ke-n}^2}}{V_{orde\ ke-1}} \times 100 \% \quad (2.3)$$

2.4. Fourier [10]

Analisis *fourier* merupakan suatu proses untuk memecahkan masalah suatu bentuk gelombang kompleks dengan menguraikan gelombang tersebut menjadi komponen sinusoidalnya, atau dengan kata lain analisis *fourier* merupakan cara untuk merepresentasikan bentuk sinyal ke dalam domain frekuensi. Analisis *fourier* terdiri dari dua macam, yaitu deret *fourier* dan transformasi *fourier*. Deret *fourier* dapat digunakan untuk fungsi periodik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4., sedangkan transformasi *fourier* dapat digunakan untuk fungsi *non* periodik, dimana fungsi *non* periodik dapat diartikan sebagai fungsi periodik dengan periode tak hingga.



Gambar 2.4. Contoh Fungsi Periodik

Deret *fourier* dapat dinyatakan dalam bentuk eksponensial dan bentuk trigonometri. Persamaan deret *fourier* dalam bentuk eksponensial adalah seperti berikut ini :

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n e^{jn\omega_0 t} \quad (2.4)$$

Dengan $\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$ merupakan frekuensi fundamental dan T merupakan periode. Karena frekuensi fundamental bernilai konstanta, maka gabungan gelombang yang berbeda-beda dinyatakan dengan variasi nilai n . Sedangkan C_n merupakan suatu koefisien yang disebut koefisien *fourier*, dimana nilai C_n itu sendiri ditunjukkan oleh persamaan berikut ini :

$$C_n = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) e^{-jn\omega_0 t} dt \quad (2.5)$$

Untuk memperoleh persamaan trigonometris dari deret *fourier*, maka Persamaan (2.4) diubah menjadi bentuk seperti berikut :

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{-1} C_n e^{jn\omega_0 t} + \sum_{n=0}^0 C_n e^{jn\omega_0 t} + \sum_{n=1}^{\infty} C_n e^{jn\omega_0 t} \quad (2.6)$$

Dimana,

$$e^{jn\omega_0 t} = \cos n\omega_0 t + i \sin n\omega_0 t \quad (2.7)$$

Sehingga bentuk trigonometris dari deret *fourier* adalah :

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{-1} C_n (\cos n\omega_0 t + i \sin n\omega_0 t) + C_0 + \sum_{n=1}^{\infty} C_n (\cos n\omega_0 t + i \sin n\omega_0 t) \quad (2.8)$$

Persamaan (2.8) tersebut dapat diubah dengan mensyaratkan bahwa n adalah bilangan asli, sehingga :

$$f(t) = \sum_{n=1}^{\infty} C_{-n} (\cos(-n\omega_0 t) + i \sin(-n\omega_0 t)) + C_0 + \sum_{n=1}^{\infty} C_n (\cos n\omega_0 t + i \sin n\omega_0 t) \quad (2.9)$$

$$f(t) = C_0 + \sum_{n=1}^{\infty} ((C_{-n} + C_n) \cos n\omega_0 t + i (-C_{-n} + C_n) \sin n\omega_0 t) \quad (2.10)$$

dari deret *fourier*. Secara umum persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega_0 t + b_n \sin n\omega_0 t) \quad (2.11)$$

Sehingga koefisien *fourier*-nya adalah :

$$a_0 = C_0 = C_n \quad (2.12)$$

$$a_n = C_{-n} + C_n \quad (2.13)$$

$$b_n = i(-C_{-n} + C_n) = i(C_n - C_{-n}) \quad (2.14)$$

Dengan memasukkan Persamaan (2.5) ke dalam Persamaan (2.12), (2.13) dan (2.14), maka diperoleh koefisien sebagai berikut :

$$\begin{aligned} a_0 &= \int_0^T f(t) e^{-jn\omega_0 t} dt \\ &= \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt \end{aligned} \quad (2.15)$$

$$\begin{aligned} a_n &= \frac{1}{T} \int_0^T f(t) e^{jn\omega_0 t} dt + \frac{1}{T} \int_0^T f(t) e^{-jn\omega_0 t} dt \\ &= \frac{2}{T} \int_0^T f(t) [e^{jn\omega_0 t} + e^{-jn\omega_0 t}] dt \\ &= \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \left[\frac{e^{jn\omega_0 t} + e^{-jn\omega_0 t}}{2} \right] dt \\ &= \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos n\omega_0 t dt \end{aligned} \quad (2.16)$$

$$\begin{aligned} b_n &= \frac{1}{T} \int_0^T f(t) e^{jn\omega_0 t} dt - \frac{1}{T} \int_0^T f(t) e^{-jn\omega_0 t} dt \\ &= \frac{2}{T} \int_0^T f(t) [e^{jn\omega_0 t} - e^{-jn\omega_0 t}] dt \\ &= \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \left[\frac{e^{jn\omega_0 t} - e^{-jn\omega_0 t}}{2} \right] dt \\ &= \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin n\omega_0 t dt \end{aligned} \quad (2.17)$$

Deret *fourier* yang koefisiennya ditunjukkan seperti pada persamaan diatas hanya berlaku untuk fungsi periodik. Fungsi-fungsi *non* periodik tidak dapat direpresentasikan dengan deret *fourier*. Untuk itu diperlukan adanya transformasi *fourier*, dimana fungsi *non* periodik tersebut dipandang sebagai fungsi periodik dengan periode tak hingga.

Dengan persamaan deret *fourier* bentuk eksponensial seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (2.4) dan rumus koefisien C_n seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (2.5), serta persamaan

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} \quad (2.18)$$

maka untuk transformasi *fourier* diambil nilai T mendekati tak hingga ($T \rightarrow \infty$). Sehingga dari Persamaan (2.18) didapatkan bahwa nilai ω_0 menjadi sangat kecil. Limit ini dapat dinyatakan dengan sebuah diferensial $\omega_0 \rightarrow d\omega$, jadi :

$$\frac{1}{T} = \frac{\omega_0}{2\pi} \rightarrow \frac{d\omega}{2\pi} \quad (2.19)$$

Nilai $n\omega_0$ haruslah menunjukkan variabel frekuensi umum yang menggambarkan spektrum kontinu, dengan kata lain nilai n harus menjadi tak berhingga untuk ω_0 mendekati nol, sehingga perkaliannya adalah terbatas :

$$n\omega_0 \rightarrow \omega \quad (2.20)$$

jika keempat operasi limit tersebut digunakan untuk Persamaan (2.5), maka didapatkan bahwa C_n harus mendekati nol. Jika tiap ruas pada Persamaan (2.5) dikalikan dengan periode T dan kemudian menggunakan proses limit, maka diperoleh persamaan :

$$C_n T \rightarrow \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt \quad (2.21)$$

Ruas kanan merupakan fungsi dari ω (bukan dari t), sehingga dapat pula disebut $F(j\omega)$, sehingga :

$$F(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt \quad (2.22)$$

Selanjutnya, proses limit yang telah ada diterapkan pada Persamaan (2.4), persamaan tersebut dikali dan dibagi dengan T , sehingga menjadi :

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n T e^{jn\omega_0 t} \frac{1}{T} \quad (2.23)$$

kemudian menggunakan Persamaan (2.19) dan (2.20) dan mengganti $C_n T$ dengan kuantitas baru $F(j\omega)$, di dalam limit penjumlahan berubah menjadi integral, sehingga didapatkan persamaan :

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(j\omega) e^{j\omega t} d\omega \quad (2.24)$$

Persamaan (2.22) dan (2.24) merupakan pasangan transformasi *fourier*, dimana fungsi $F(j\omega)$ adalah *transform fourier* dan $f(t)$ adalah *transform fourier invers* dari $F(j\omega)$.

Suku-suku eksponensial dalam kedua persamaan tersebut mempunyai tanda yang berlawanan untuk eksponen. Hal ini membantu untuk memperhatikan bahwa tanda positif terdapat pada persamaan untuk $f(t)$, seperti halnya pada deret *fourier* bentuk eksponensial.

2.5. *Discrete Fourier Transform (DFT)* [11]

Transformasi *fourier* diskrit atau yang biasa disebut DFT (*Discrete Fourier Transform*) adalah prosedur matematika yang digunakan untuk menentukan harmonik atau frekuensi yang merupakan isi dari urutan sinyal diskrit. Urutan sinyal diskrit adalah urutan nilai yang diperoleh dari *sampling* periodik sinyal kontinu dalam domain waktu. DFT berasal dari fungsi transformasi *fourier* $F(j\omega)$ yang didefinisikan :

$$F(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt \quad (2.25)$$

Dalam pemrosesan sinyal atau gelombang, Persamaan (2.25) digunakan untuk mengubah fungsi domain waktu kontinu $f(t)$ menjadi fungsi domain frekuensi kontinu $F(j\omega)$. Fungsi $F(j\omega)$ memungkinkan untuk menentukan kandungan isi frekuensi dari beberapa sinyal. DFT sendiri didefinisikan sebagai urutan sinyal diskrit domain frekuensi $F(m)$, dimana :

$$F(m) = \sum_{n=0}^{N-1} f(n)e^{-j2\pi nm/N} \quad (2.26)$$

Dimana :

N = jumlah sampel *input*

$F(m)$ = urutan ke- m komponen *output* DFT ($F(0), F(1), F(2), \dots, F(N-1)$)

m = indeks *output* DFT dalam domain frekuensi ($0, 1, 2, \dots, N-1$)

$f(n)$ = urutan ke $-n$ sampel *input* ($f(0), f(1), f(2), \dots, f(N-1)$)

n = indeks sampel *input* dalam domain waktu ($0, 1, 2, \dots, N-1$)

j = bilangan imajiner

π = derajat (180°)

e = basis logaritma natural

Persamaan (2.24) kemudian dihubungkan dengan rumusan Euler $e^{jn\omega_0 t} = \cos n\omega_0 t + j \sin n\omega_0 t$, sehingga setara dengan :

$$F(m) = \sum_{n=0}^{N-1} f(n) [\cos(2\pi nm/N) - j \sin(2\pi nm/N)] \quad (2.27)$$

nilai $j = \sqrt{-1}$ digunakan untuk membandingkan hubungan fase di dalam berbagai komponen sinusoidal dari sinyal. Nilai N merupakan parameter penting karena menentukan berapa banyak sampel masukan yang diperlukan, hasil domain frekuensi dan jumlah waktu proses yang diperlukan untuk menghitung N -titik DFT.

2.6. Sensor Arus ACS712 [12]

Sensor arus yang digunakan adalah *DT-Sense Current Sensor* dengan kapasitas 20 A merupakan suatu modul sensor arus yang menggunakan IC sensor arus linier berbasis *hall-effect* ACS712 produksi Allegro. Sensor arus ini dapat digunakan untuk mengukur arus AC atau DC. Sensor ini digunakan pada aplikasi-aplikasi di bidang industri, komersial, maupun komunikasi. Gambar 2.5. dibawah ini merupakan modul sensor arus ACS712.

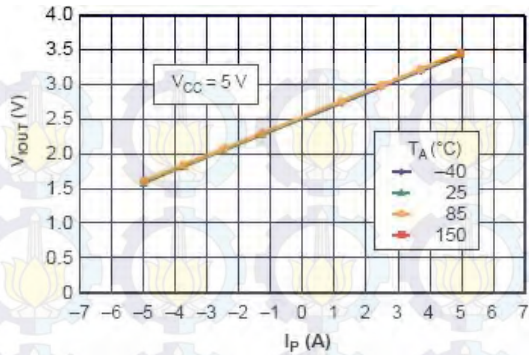


Gambar 2.5. Sensor Arus ACS712

Spesifikasi :

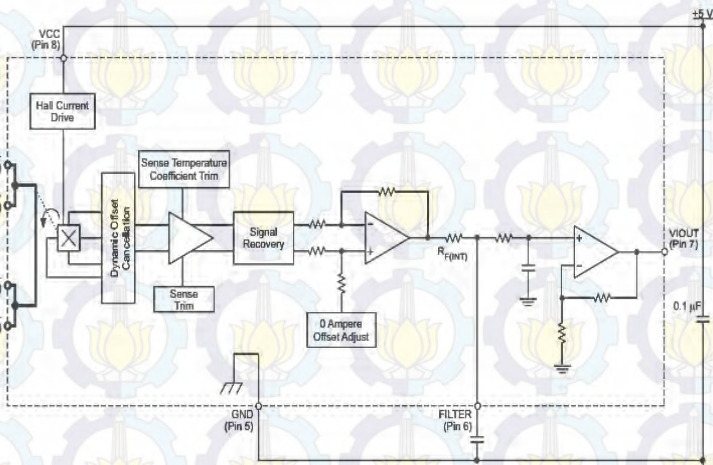
1. Berbasis ACS712 dengan fitur:
 - a. *Rise time output* = 5 μ s.
 - b. *Bandwidth* sampai dengan 80 kHz.
 - c. Total kesalahan *output* 1,5 % pada suhu kerja $T_A = 25^{\circ}\text{C}$.
 - d. Tahanan konduktor internal 1,2 m Ω .
 - e. Tegangan isolasi minimum 2,1 kVRMS antara *pin* 1-4 dan *pin* 5-8.
 - f. Sensitivitas *output* 185 mV/A.
 - g. Mampu mengukur arus AC atau DC hingga 5 A.
 - h. Tegangan *output* proporsional terhadap *input* arus AC atau DC.
2. Tegangan kerja 5 VDC.
3. Dilengkapi dengan *OpAmp* untuk menambah sensitivitas *output* (untuk tipe *With OpAmp*).

Sensor ACS712 ini ketika tidak ada arus yang terdeteksi, maka keluaran sensor adalah 2,5 V. Dan saat arus mengalir dari IP+ ke IP-, maka keluaran akan >2,5 V. Sedangkan ketika arus listrik mengalir terbalik dari IP- ke IP+, maka keluaran akan <2,5 V. Grafik tegangan keluaran sensor arus ACS712 ditunjukkan pada Gambar 2.6..



Gambar 2.6. Tegangan Keluaran Sensor Arus ACS712

Berikut akan diperlihatkan blok diagram dari rangkaian sensor arus ACS712 pada Gambar 2.7. :



Gambar 2.7. Blok Diagram Sensor Arus ACS712

Dari blok diagram tersebut dapat dilihat bahwa sensor arus ACS712 memiliki 8 *pin*. Konfigurasi *pin* dari sensor arus ACS712 ditunjukkan pada Gambar 2.8..



Gambar 2.8. Konfigurasi *Pin* Sensor Arus ACS712

Penjelasan dari konfigurasi *pin* sensor arus ACS712 ditunjukkan pada Tabel 2.1..

Tabel 2.1. Penjelasan Konfigurasi *Pin* Sensor Arus ACS712

NO PIN	NAMA	PENJELASAN
1 dan 2	IP+	Terminal untuk arus yang akan disensor
3 dan 4	IP-	Terminal untuk arus yang akan disensor
5	GND	Terminal <i>ground</i>
6	FILTER	Terminal untuk kapasitor eksternal
7	Viout	Sinyal analog <i>output</i>
8	Vcc	<i>Power supply</i>

Ketika arus mengalir di jalur tembaga pada *pin* 1, 2, 3 dan 4, maka rangkaian sensor efek *hall* akan mendeteksinya dan mengubahnya menjadi tegangan yang proporsional. Rangkaian sensor efek *hall* itu sendiri merupakan teknologi yang diterapkan untuk menggantikan fungsi hambatan *shunt* dan *current transformer* menjadi sebuah sensor dengan ukuran yang relatif lebih kecil. Dimana hambatan *shunt* pada sensor arus berfungsi untuk mengubah aliran arus menjadi tegangan yang kemudian diumpungkan pada *current transformer* terlebih dahulu sebelum masuk ke rangkaian pengkondisi sinyal.

Sensor efek *hall* dapat digunakan untuk *men-sensing* arus karena sensor efek *hall* merespon medan magnet, sedangkan medan magnet yang ditimbulkan arus selalu sebanding dengan besar arusnya. Isyarat dari sensor efek *hall* menunjukkan medan nol pada tegangan 2,5 V, itu artinya ketika tidak ada arus yang mengalir maka nilai tegangannya adalah 2,5 V.

Aliran arus listrik yang mengakibatkan medan magnet akan menginduksi bagian *dynamic offset cancellation* dari sensor arus ACS712. Bagian ini akan dikuatkan oleh *amplifier* dan melalui filter sebelum dikeluarkan melalui *pin 7*.

2.7. Sensor Tegangan ZMPT101b [13]

Sensor tegangan merupakan sebuah komponen yang digunakan untuk men-*sensing* tegangan. Sensor tegangan ZMPT101b ini memiliki ukuran 49,5 mm X 19,4 mm dan memiliki akurasi yang tinggi. Sensor tegangan ZMPT101b ini juga memiliki konsistensi yang baik untuk pengukuran tegangan. Sensor tegangan ZMPT101b ini memiliki rating arus *input* dan arus *output* sebesar 2 mA serta dapat dioperasikan pada suhu -40°C hingga 70°C . Modul sensor tegangan ZMPT101b ditunjukkan pada Gambar 2.9..



Gambar 2.9. Sensor Tegangan ZMPT101b

Tabel 2.2. dibawah ini menunjukkan spesifikasi elektris dari sensor tegangan ZMPT101b.

Tabel 2.2. Spesifikasi Elektris Sensor Tegangan ZMPT101b

Spesifikasi Elektris	
Arus Primer	2mA
Arus Sekunder	2mA
Rasio	1000:1000
Error Sudut Fasa	$\leq 20^{\circ}$ (50 Ω)
Rentang Arus	0 ~ 3mA
Linieritas	0,1%
Akurasi	0,2
Nilai Beban	$\leq 200\Omega$
Rentang Frekuensi	50 ~ 60Hz
Level Dielektrik	3000VAC/min
Resistansi Dielektrik pada 20 $^{\circ}\text{C}$	110 Ω

Sedangkan untuk spesifikasi mekanis ditunjukkan pada Tabel 2.3. dan *environment specification* ditunjukkan pada Tabel 2.4..

Tabel 2.3. Spesifikasi Mekanis Sensor Tegangan ZMPT101b

Spesifikasi Mekanis	
<i>Cup</i>	PBT
<i>Encapsulant</i>	<i>Epoxy</i>
<i>Terminals</i>	<i>Pin</i> Φ 0,80 mm
Toleransi	\pm 0,2 mm
Berat	13 gram
<i>Case</i>	Karton

Tabel 2.4. *Environment Specification* Sensor Tegangan ZMPT101b

<i>Environment Specification</i>	
<i>Storage Temperature</i>	-40°C ~ +130°C
<i>Insulation Resistance</i>	> 100 M Ω

2.8. Arduino [14]

Arduino adalah *platform* pembuatan prototipe elektronik yang bersifat *open-source hardware* yang berdasarkan pada perangkat keras dan perangkat lunak yang fleksibel dan mudah digunakan. Arduino pada awalnya dikembangkan di Italia. *Platform* Arduino terdiri dari Arduino *board*, *shield*, bahasa pemrograman Arduino, dan Arduino *development environment*. Arduino *board* biasanya memiliki sebuah *chip* dasar mikrokontroler Atmel AVR ATmega8 berikut turunannya. *Shield* adalah sebuah *board* yang dapat dipasang diatas Arduino *board* untuk menambah kemampuan dari Arduino *board*.

Bahasa pemrograman Arduino adalah bahasa pemrograman yang umum digunakan untuk membuat perangkat lunak yang ditanamkan pada Arduino *board*. Bahasa pemrograman Arduino mirip dengan bahasa pemrograman C++. Arduino *Development Environment* adalah perangkat lunak yang digunakan untuk menulis dan meng-*compile* program untuk Arduino. Arduino *Development Environment* juga digunakan untuk meng-*upload* program yang sudah di-*compile* ke memori program Arduino *board*.

2.8.1. Arduino Mega 2560 [14]

Arduino Mega 2560 adalah *board* pengembangan mikrokontroler yang berbasis Arduino dengan menggunakan *chip*

ATmega2560. *Board* ini memiliki *pin* I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O *pin* (15 *pin* diantaranya adalah PWM), 16 *pin* analog *input*, 4 *pin* UART (serial *port hardware*). Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah *oscillator* 16 Mhz, sebuah *port USB*, *power jack* DC, ICSP *header*, dan tombol *reset*. *Board* ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibutuhkan untuk sebuah mikrokontroler. Dengan penggunaan yang cukup sederhana, dengan menghubungkan *power* dari *USB* ke PC atau melalui *adaptor* AC/DC ke *jack* DC. Spesifikasi dari Arduino Mega 2560 ditunjukkan pada Tabel 2.5..

Tabel 2.5. Spesifikasi Arduino Mega 2560

Kategori	Spesifikasi
<i>Chip</i> mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan operasi	5 Volt
Tegangan <i>input</i> (yang direkomendasikan, via <i>jack</i> DC)	7 Volt – 12 Volt
Tegangan <i>input</i> (limit, via <i>jack</i> DC)	6 Volt – 20 Volt
Digital I/O <i>pin</i>	54 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM <i>output</i>
Analog <i>input pin</i>	16 buah
Arus DC per <i>pin</i> I/O	20 mA
Arus DC <i>pin</i> 3,3V	50 mA
Memori <i>flash</i>	256 KB, 8 KB telah digunakan untuk <i>bootloader</i>
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
<i>Clock speed</i>	16 Mhz
Dimensi	101,5 mm x 53,4 mm
Berat	37 gram

Pemrograman *board* Arduino Mega 2560 dilakukan dengan menggunakan Arduino *software* (IDE). *Chip* ATmega2560 yang terdapat pada Arduino Mega 2560 telah diisi program awal yang sering disebut *bootloader*. *Bootloader* tersebut yang bertugas untuk membuat pemrograman menggunakan Arduino *software* menjadi lebih sederhana, tanpa harus menggunakan tambahan *hardware* lain. Cukup hubungkan Arduino dengan kabel *USB* ke PC, jalankan Arduino *software* (IDE), dan pemrograman sudah dapat dilakukan.

Board Arduino Mega 2560 dapat ditenagai dengan daya yang diperoleh dari koneksi kabel *USB*, atau via *power supply* eksternal. Pilihan daya yang digunakan akan dilakukan secara otomatis. Eksternal *power supply* dapat diperoleh dari *adaptor* AC-DC atau bahkan baterai, melalui *jack* DC yang tersedia, atau menghubungkan langsung *ground* (GND) dan *pin* *Vin* yang terdapat pada *board*. *Board* dapat beroperasi dengan daya dari eksternal *power supply* yang memiliki tegangan antara 6 Volt hingga 20 Volt.

Chip ATmega 2560 pada Arduino Mega 2560 Revisi 3 memiliki memori 256 KB, dengan 8 KB dari memori tersebut telah digunakan untuk *bootloader*. Jumlah SRAM 8 KB, dan EEPROM 4 KB, yang dapat dibaca dan ditulis dengan menggunakan EEPROM *library* saat melakukan pemrograman.

Arduino Mega 2560 memiliki jumlah *pin* terbanyak dari semua *board* pengembangan Arduino. Arduino Mega 2560 memiliki 54 buah digital *pin* yang dapat digunakan sebagai *input* atau *output*. *Pin-pin* tersebut bekerja pada tegangan 5 Volt, dan setiap *pin* dapat menyediakan atau menerima arus sebesar 20 mA, dan memiliki tahanan *pull-up* sekitar 20-50 K Ω (secara *default* dalam posisi *disconnect*). Nilai maksimum adalah 40 mA, yang sebisa mungkin dihindari untuk menghindari kerusakan *chip* mikrokontroler.

Beberapa *pin* pada Arduino Mega 2560 memiliki fungsi khusus, diantaranya adalah :

1. Serial

Memiliki 4 serial yang masing-masing terdiri dari 2 *pin*. Serial 0 : *pin* 0 (RX) dan *pin* 1 (TX). Serial 1 : *pin* 19 (RX) dan *pin* 18 (TX). Serial 2 : *pin* 17 (RX) dan *pin* 16 (TX). Serial 3 : *pin* 15 (RX) dan *pin* 14 (TX). RX digunakan untuk menerima dan TX untuk *transmit* data serial TTL. *Pin* 0 dan *pin* 1 adalah *pin* yang digunakan oleh *chip* USB-to-TTL ATmega16U2.

2. *External Interrupt*

Pin 2 (untuk *interrupt* 0), *pin* 3 (*interrupt* 1), *pin* 18 (*interrupt* 5), *pin* 19 (*interrupt* 4), *pin* 20 (*interrupt* 3), dan *pin* 21 (*interrupt* 2). Dengan demikian Arduino Mega 2560 memiliki jumlah *interrupt* yang cukup melimpah yaitu 6 buah.

3. PWM

Pin 2 hingga 13 dan 44 hingga 46, yang menyediakan *output* PWM 8 bit.

4. SPI

Pin 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), dan 53 (SS) mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan SPI *Library*.

5. LED

Pada *pin* 13 terhubung *built-in led* yang dikendalikan oleh digital *pin* 13.

6. TWI

Pin 20 (SDA) dan *pin* 21 (SCL) yang mendukung komunikasi TWI.

Arduino Mega 2560 R3 memiliki 16 buah *input* analog. Masing-masing *pin* analog tersebut memiliki resolusi 10 bit (sehingga memiliki nilai 1024). Secara *default*, *pin-pin* tersebut diukur dari *ground* ke 5V, namun juga dapat menggunakan *pin* AREF. Beberapa *pin* lain pada *board* Arduino Mega 2560 ini adalah :

1. AREF, sebagai referensi tegangan untuk *input* analog.
2. *Reset*, digunakan untuk *me-reset* mikrokontroler.

Arduino Mega 2560 memiliki beberapa fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, berkomunikasi dengan Arduino lainnya, atau dengan mikrokontroler lainnya. *Chip* Atmega2560 menyediakan komunikasi serial UART TTL (5V) yang tersedia di *pin* 0 (RX) dan *pin* 1 (TX). *Chip* ATmega16U2 yang terdapat pada *board* berfungsi menerjemahkan bentuk komunikasi ini melalui *USB* dan akan tampil sebagai *virtual port* di komputer. *Firmware* 16U2 menggunakan *driver USB* standar sehingga tidak membutuhkan *driver* tambahan.

Pada Arduino *software* (IDE) terdapat serial monitor yang memudahkan data *textual* untuk dikirim menuju Arduino atau keluar dari Arduino. LED TX dan RX akan menyala berkedip-kedip ketika ada data yang ditransmisikan melalui *chip USB* to serial via kabel *USB* ke komputer.

Chip ATmega2560 juga mendukung komunikasi I2C (TWI) dan SPI. Gambar 2.10. di bawah ini merupakan Arduino Mega 2560.



Gambar 2.10. Arduino Mega 2560

2.9. Komunikasi *USB Serial* Arduino [15]

Komunikasi data serial digunakan untuk komunikasi antara *board* Arduino dengan komputer atau perangkat lain. Semua *board* Arduino mempunyai sedikitnya 1 buah *port* serial yang juga dikenal dengan nama UART atau USART. Komunikasi data serial menggunakan 2 buah *pin* yaitu *pin* RX untuk menerima data dan *pin* TX untuk mengirimkan data. Pada *board* Arduino *pin* RX terletak pada *pin* 0 dan *pin* TX terletak pada *pin* 1. Ketika *board* Arduino dikonfigurasi untuk berkomunikasi secara serial, maka kedua *pin* 0 dan *pin* 1 tidak dapat digunakan sebagai *pin input* atau *output*.

Salah satu media komunikasi serial untuk Arduino adalah dengan menggunakan *USB*. *USB* merupakan suatu perangkat yang dapat digunakan untuk menghubungkan komputer dengan perangkat eksternal, salah satunya Arduino. *USB* memiliki beberapa sifat dan kemampuan, diantaranya :

1. Mudah dihubungkan ke komputer karena tidak perlu membuka penutup komputer.
2. Bentuk konektor *USB* seragam, hanya terdapat dua bentuk *socket*.
3. Peralatan *USB* dapat dihubungkan ketika komputer dalam keadaan menyala.
4. Kecepatan transfer data tinggi, dapat mencapai 12 Mbps.
5. Satu *port USB* dapat dihubungkan dengan 127 alat.

Komunikasi *USB* dikatakan sebagai sistem tunggal, artinya semua aktivitas komunikasi data diawali oleh komputer. Data yang dikirim melalui saluran *USB*, merupakan data sebanyak 8 byte sampai 256 byte yang dikemas menjadi paket-paket data untuk satu kali

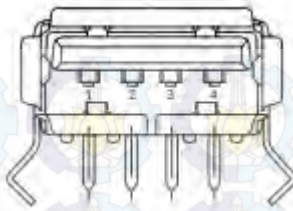
pengiriman. Komputer yang aktif meminta data dari peralatan dan peralatan wajib memberi data ke komputer. Pengiriman data terjadi dalam kerangka waktu tiap 1 milidetik sekali, dalam kerangka waktu tersebut komputer bisa berhubungan dengan beberapa peralatan secara bergantian.

Peralatan yang berkecepatan rendah, mengirim data dengan kecepatan 1,5 Mbps, atau setiap bit dikirim dalam waktu 666,7 nano-detik. Sedangkan peralatan dengan kecepatan penuh mengirim data dengan kecepatan 12 Mbps, atau waktu pengiriman data 1 bit adalah 88,3 nano-detik. Kecepatan tersebut ditentukan oleh komputer, sedangkan semua peralatan harus menyesuaikan kecepatan tersebut. Pengiriman data ini dilakukan secara asinkron, dengan demikian peralatan *USB* yang terpasang masing-masing harus membangkitkan sendiri *clock* untuk penerimaan data. Gambar 2.11. dibawah ini merupakan kabel *USB* yang digunakan untuk komunikasi serial Arduino.

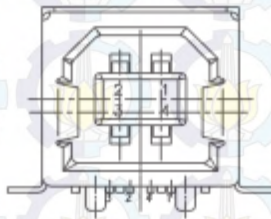


Gambar 2.11. Kabel *USB*

Kabel *USB* memiliki 2 macam konektor, konektor A untuk hubungan ke *host* dan konektor B untuk hubungan ke piranti *USB*. Secara fisik dapat dibedakan dengan mudah untuk menghindari kesalahan pemasangan. Gambar 2.12. menunjukkan konektor A dan Gambar 2.13. menunjukkan konektor B.



Gambar 2.12. Konektor Tipe A



Gambar 2.13. Konektor Tipe B

Kabel *USB* terdiri dari 4 utas kabel ditambah konduktor pembungkus kabel, seperti pelindung yang biasanya dijumpai dalam kabel audio. Kabel nomor 1 dipakai untuk menyalurkan sumber daya dengan tegangan 5 Volt, jika diperlukan peralatan *USB* boleh mengambil daya dari saluran ini dan tidak boleh lebih dari 100 mA. Komputer yang dilengkapi dengan kemampuan *USB*, wajib menyediakan daya sebesar 100 mA untuk keperluan ini. Peralatan *USB* yang memerlukan daya lebih dari ketentuan tersebut di atas, harus menyediakan sendiri sumber daya untuk keperluan kerja peralatan tersebut. Kabel nomor 4 adalah *ground* sebagai saluran balik sumber tegangan 5 Volt. Kabel nomor 2 dan nomor 3 dipakai untuk pengiriman sinyal. Kabel nomor 2 bernama D- dan kabel nomor 3 bernama D+, tegangan pada dua saluran ini berubah antara 0 Volt dan 3,3 Volt.

2.10. MATLAB [16]

MATLAB adalah sebuah bahasa dengan kemampuan tinggi untuk komputasi teknis yang menggabungkan komputasi, visualisasi, dan pemrograman dalam satu kesatuan yang mudah digunakan dimana

masalah dan penyelesaiannya diekspresikan dalam notasi matematik yang sudah dikenal. Pemakaian MATLAB meliputi :

1. Matematika dan komputasi
2. Pengembangan algoritma
3. Akuisisi data
4. Pemodelan, simulasi dan *prototype*
5. Grafik *scientific* dan *engineering*
6. Perluasan pemakaian, seperti *Graphical User Interface* (GUI)

Sistem MATLAB terdiri atas lima bagian utama :

1. *Development Environment*. Ini adalah kumpulan semua alat-alat dan fasilitas untuk membantu kita dalam menggunakan fungsi dan *file* MATLAB. Bagian ini memuat *desktop*, *command window*, *command history*, *editor and debugger*, dan *browser* untuk melihat *help*, *workspace*, *files*.
2. *The MATLAB Mathematical Function Library*. Bagian ini adalah koleksi semua algoritma komputasi, mulai dari fungsi sederhana seperti *sum*, *sine*, *cosine* sampai fungsi lebih rumit seperti, *invers matriks*, nilai *eigen*, fungsi *bessel* dan *fast fourier transform*.
3. *The MATLAB language*. Ini adalah bahasa matriks atau *array* level tinggi dengan *control flow*, fungsi, struktur data, *input* atau *output*, dan fitur objek *programming* lainnya.
4. *Graphics*. MATLAB mempunyai fasilitas untuk menampilkan vektor dan matriks sebagai grafik. Fasilitas ini mencakup visualisasi data dua dimensi dan tiga dimensi, pemrosesan citra (*image*), menampilkan animasi, dan grafik animasi.
5. *The MATLAB Application Program Interface (API)*. Paket ini memungkinkan kita menulis bahasa C dan Fortran yang berinteraksi dengan MATLAB. Ia memuat fasilitas untuk pemanggilan kode-kode dari MATLAB (*dynamic linking*), yang disebut MATLAB sebagai mesin penghitung, dan untuk membaca dan menulis *MAT-files*.

2.11. SD Card [17]

Secure Digital (SD) adalah sebuah format kartu memori *flash*. *SD Card* digunakan dalam alat portabel, seperti PDA, kamera digital dan telepon genggam. Kartu *Secure Digital* atau *SD Card* adalah

memory card flash ultra kecil yang dirancang untuk menyediakan memori berkapasitas tinggi dalam ukuran yang kecil. *Portable device* seperti kamera digital, *camcorder* video digital, *notebook*, *audio player* dan ponsel semuanya membutuhkan *SD Card*. Umumnya ukuran *SD Card* berukuran 32 x 24 x 2,1 mm dan berat sekitar 2 gram. Dalam perkembangannya, memori jenis *SD* ini telah memiliki 3 kelompok varian yaitu :

1. *SD memory card*. Jenis memori yang paling populer ini memiliki kapasitas mulai dari 8 MB hingga yang tertinggi 4 GB, dengan format FAT16. Memori berukuran 24 x 34 mm dan ketebalan 2 mm ini dinamai *secure* (aman) karena telah memiliki *Content Protection for Recordable Media* (CPRM) untuk mencegah pembajakan media dan adanya *Write-Protect Tab* yang mencegah penghapusan isi memori secara tidak sengaja.
2. *MiniSD* dan *MicroSD memory card*. Dengan ukuran memori *miniSD* yang kecilnya hanya 20 x 21,5 mm dan *microSD* dengan ukuran 11 x 15 mm, memori jenis ini memang cocok untuk dipasang di ponsel atau MP3 *player*. Bagi yang ingin memakai memori *miniSD* atau *microSD* pada peranti yang memiliki *slot SD*, maka diperlukan sebuah *adapter* (biasanya disertakan saat membeli *miniSD* atau *microSD*) yang berguna agar *miniSD* atau *microSD* yang kita miliki dapat digunakan pada perangkat yang memiliki *slot SD*.
3. *SDHC memory card*. *SDHC* (*SD High Capacity*) adalah pengembangan selanjutnya dari *SD Card* yang meski tidak merubah bentuk dan desain, namun *SDHC* ini memiliki kecepatan dan kinerja yang telah ditingkatkan dengan memakai format FAT32. *MicroSD* adalah salah satu jenis format *memory flash* yang diluncurkan tahun 2005, sedangkan *Micro SDHC* diluncurkan tahun 2007. *SDHC Card* memiliki kapasitas mulai dari 4 GB hingga 32 GB. Untuk urusan kompatibilitas, satu hal yang perlu diingat bahwa bila perangkat kita telah mampu mendukung memori jenis *SDHC*, maka ia akan tetap kompatibel dengan memori *SD* biasa. Namun sebaliknya, jangan gunakan memori *SDHC* pada perangkat lama yang hanya mampu mengenali memori *SD Card*.

2.12. *Real Time Clock (RTC) DS1307* [18]

RTC (*Real time clock*) merupakan jam elektronik berupa *chip* yang dapat menghitung waktu dengan akurat dan menjaga atau menyimpan data waktu tersebut secara *real time*. Karena jam tersebut bekerja *real time*, maka setelah proses hitung waktu dilakukan data *output*-nya langsung disimpan atau dikirim ke perangkat lain melalui sistem antarmuka.

Pada Tugas Akhir ini digunakan RTC jenis DS1307 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.14., yang merupakan sebuah IC yang dapat digunakan sebagai pengaturan waktu yang meliputi detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan dan tahun. Pengaksesan data dilakukan dengan sistem serial sehingga hanya membutuhkan dua jalur untuk komunikasi yaitu jalur *clock* untuk membawa informasi data *clock* dan jalur data yang membawa data.

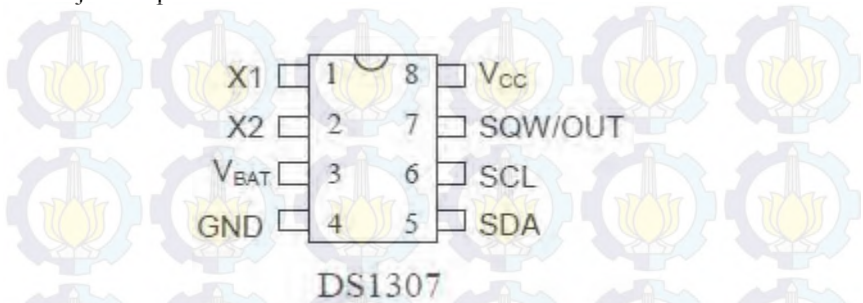


Gambar 2.14. RTC jenis DS1307

RTC jenis DS1307 memiliki beberapa fitur yang membedakannya dengan RTC jenis lain. Fitur-fitur tersebut diantaranya adalah :

1. *Real-time clock (RTC)* menghitung detik, menit, jam, tanggal, bulan, hari dan tahun valid sampai tahun 2100
2. Ram 56 byte, *nonvolatile* untuk menyimpan data
3. 2 jalur
4. *Serial interface (I2C)*
5. *Output* gelombang kotak yang diprogram
6. *Automatic power-fail detect and switch*
7. Konsumsi arus hanya 500nA pada baterai internal
8. *Mode* dengan *oscillator running*
9. *Temperature range*: -40°C sampai +85°C

RTC DS1307 memiliki 8 *pin* dengan konfigurasi *pin* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.15..



Gambar 2.15. Konfigurasi *Pin* RTC DS1307

Tabel 2.6. dibawah ini merupakan penjelasan dari masing-masing *pin* pada RTC DS1307.

Tabel 2.6. Penjelasan Konfigurasi *Pin* RTC DS1307

<i>Pin</i>	Nama	Penjelasan
1 dan 2	X1 dan X2	<i>Pin</i> yang dihubungkan dengan kristal 32,768 KHz
3	V _{BAT}	<i>Pin</i> yang dihubungkan dengan <i>input</i> baterai +3Volt
4	GND	<i>Pin</i> yang dihubungkan <i>ground</i>
5	SDA	<i>Pin</i> yang difungsikan sebagai jalur data
6	SCL	<i>Pin</i> yang difungsikan sebagai jalur <i>clock</i>
7	SQW/OUT	<i>Pin</i> yang digunakan sebagai <i>output</i> sinyal kotak
8	Vcc	<i>Pin</i> untuk mencatu tegangan 5Volt

BAB III

PERANCANGAN ALAT

Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan dan pembuatan prototipe *voltage flicker* meter dengan metode DFT berbasis Arduino, baik perancangan perangkat keras (*hardware*) maupun perancangan perangkat lunak (*software*). Pada sisi *hardware* akan dijelaskan mengenai komponen-komponen yang digunakan, bagian-bagian *hardware* tersebut meliputi *board* Arduino, modul sensor tegangan ZMPT101b, modul sensor arus ACS712 20A, *shield* RTC dan *SD Card*, dan *power supply*. Sedangkan pada sisi *software* akan dijelaskan mengenai *listing* program yang dibuat yaitu program Arduino IDE dan MATLAB.

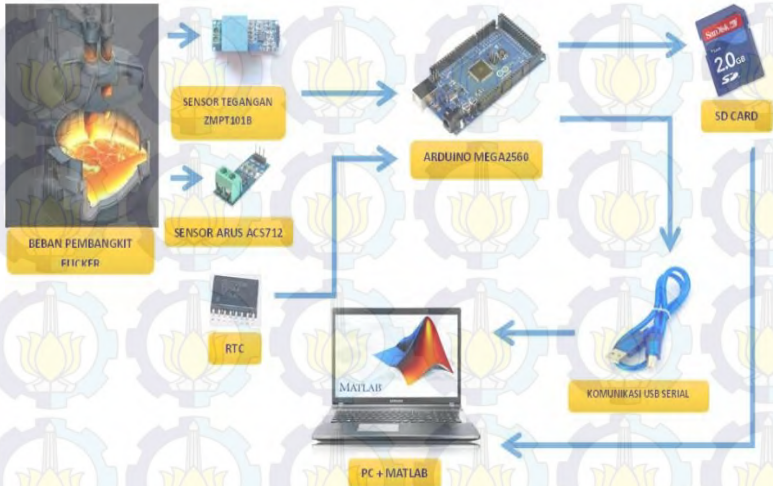
3.1. Perancangan Sistem Keseluruhan

Perencanaan Tugas Akhir prototipe *voltage flicker* meter dengan metode DFT berbasis Arduino ini adalah mengenai sistem kerja alat secara keseluruhan. Alat ini memiliki fungsi utama mendeteksi *voltage flicker*. Adapun fungsi lain yaitu mampu menyimpan data informasi waktu, arus dan tegangan ke dalam *SD Card* sebagai informasi tambahan.

Pada fungsi utama, cara kerja alat ini yaitu sensor tegangan mendeteksi setiap perubahan sinyal tegangan pada sistem yang akan diukur dan mengkonversi sinyal tersebut menjadi sinyal tegangan yang nilainya bisa diterima oleh Arduino. Kemudian bagian ADC Arduino akan melakukan *sampling* sinyal *output* sensor tegangan dan mengolahnya menjadi nilai sinyal tegangan sesungguhnya lalu mengirim hasil ke PC melalui komunikasi serial. Kemudian PC akan mengolah data sinyal tegangan tersebut menggunakan *software* MATLAB sehingga dihasilkan indikasi ada tidaknya *flicker* dalam sistem yang diukur.

Untuk proses *datalogging* ke *SD Card*, cara kerja alat ini yaitu sensor tegangan mendeteksi setiap perubahan sinyal tegangan pada sistem yang akan diukur dan mengkonversinya menjadi sinyal tegangan yang nilainya bisa diterima oleh Arduino. Sensor arus akan mendeteksi setiap perubahan sinyal arus pada sistem yang akan diukur dan mengkonversinya menjadi sinyal tegangan yang nilainya bisa diterima oleh Arduino. Arduino akan melakukan *sampling* sinyal *output* sensor tegangan dan arus lalu menghitung nilai *rms* tegangan dan arus secara

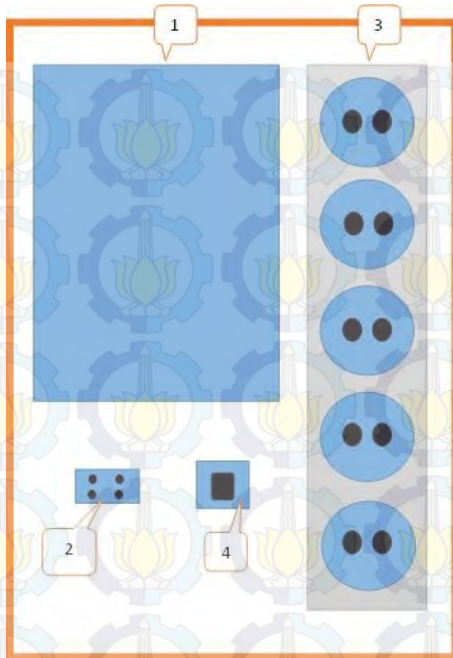
bergantian. Setelah didapatkan nilai tegangan dan arus, Arduino mengambil data informasi waktu dari RTC. Selanjutnya data nilai tegangan, arus dan waktu akan disimpan pada *SD Card* dalam bentuk *file* Excel dengan ekstensi *.CSV*. Perencanaan dapat dilihat pada Gambar 3.1..



Gambar 3.1. Diagram Fungsional Alur Kerja

3.2. Perancangan Tata Letak (*Layout*)

Perancangan tata letak Tugas Akhir prototipe *voltage flicker* meter dengan metode DFT berbasis Arduino ini dimaksudkan agar komponen-komponen yang digunakan berada pada posisi yang tepat dan memiliki nilai estetika yang baik serta dapat bekerja sesuai fungsi dibuatnya alat tersebut. Gambar 3.2. berikut merupakan perancangan tata letak dari alat yang dibuat :

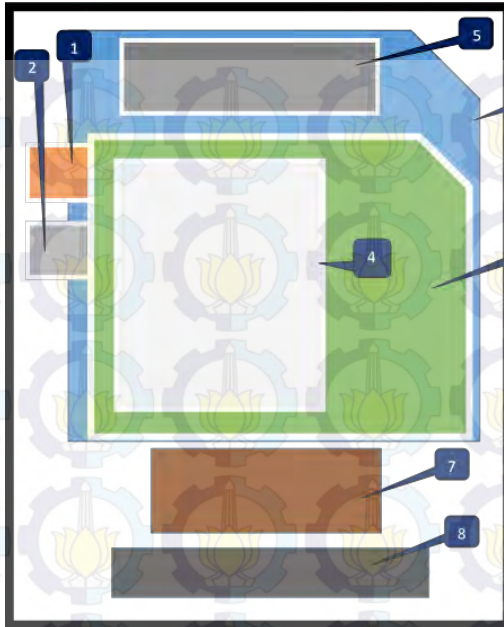


Gambar 3.2. Tata Letak *Hardware*

Keterangan :

1. *Box* peralatan
2. Terminal
3. *Stop* kontak
4. Saklar beban

Dari gambar diatas dapat dilihat terdapat sebuah *stop* kontak, dimana *stop* kontak difungsikan untuk variasi beban. Dapat dilihat pula, terdapat sebuah *box* peralatan yang didalamnya terdapat beberapa komponen untuk menunjang kinerja alat. Gambar 3.3. berikut merupakan komponen-komponen yang terdapat di dalam *box* dan gambar tata letak komponen yang digunakan :



Gambar 3.3. Tata Letak *Box* Peralatan Tampak Atas

Keterangan :

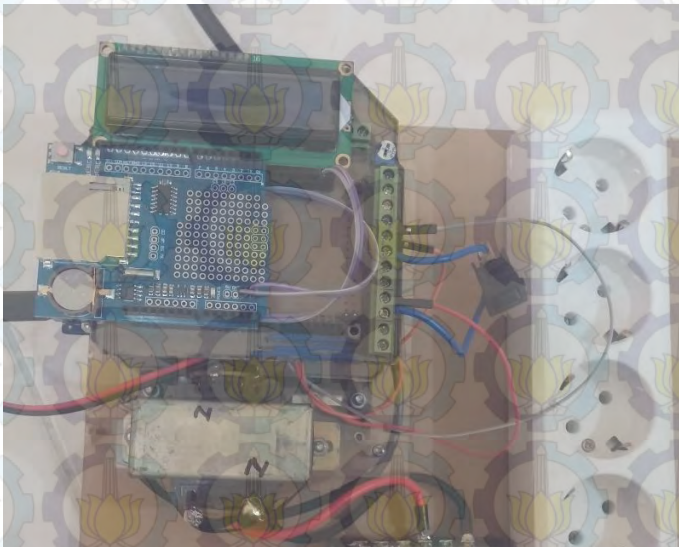
1. Sensor Tegangan ZMPT101b
2. Sensor Arus ACS712 20A
3. Arduino Mega 2560
4. *Shield* RTC (*Real Time Clock*) dan *SD Card*
5. LCD 16x2
6. *Power Supply*
7. Trafo
8. MCB

3.3. Perancangan *Hardware*

Pada perancangan Tugas Akhir prototipe *voltage flicker* meter dengan metode DFT berbasis Arduino ini *hardware* yang digunakan adalah *board* Arduino, modul sensor tegangan ZMPT101b, *power supply* dan papan beban. Pada perancangan alat, dibuat hanya untuk

mengukur 1 fasa, sehingga hanya menggunakan satu sensor tegangan dan satu sensor arus saja.

Untuk menyimpan informasi tegangan, arus dan waktu maka pada alat ini juga dilengkapi *hardware* berupa *shield* RTC dan *SD Card* sebagai penunjuk waktu dan penyimpanan informasi. Sensor arus ACS712 20A sebagai penunjuk nilai arus sedangkan untuk informasi nilai tegangan menggunakan sensor tegangan ZMPT101b. Tampilan *hardware* perencanaan prototipe *voltage flicker* meter dengan metode DFT berbasis Arduino terlihat pada Gambar 3.4. .



Gambar 3.4. *Hardware* Prototipe *Voltage Flicker* Meter dengan Metode DFT Berbasis Arduino

3.3.1. *Board* Arduino

Untuk menunjang kerja alat ini, digunakan sebuah modul Arduino Mega 2560 yang berperan dalam mengatur kerja dari alat. Arduino Mega 2560 adalah *board* mikrokontroler berbasis ATmega2560. *Board* ini memiliki *pin* I/O sejumlah 54 buah digital I/O *pin* (15 *pin* diantaranya adalah PWM), 16 *pin* analog *input*, 4 *pin* UART (serial *port hardware*). Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah

oscillator 16 Mhz, sebuah *port USB*, *power jack* DC, *ICSP header*, dan tombol *reset*. *Board* Arduino Mega 2560 terlihat pada Gambar 3.5..



Gambar 3.5. *Board* Arduino Mega 2560 [14]

Board Arduino Mega 2560 dapat beroperasi dengan *supply* dari *USB* PC dan *supply* eksternal dengan nilai tegangan antara 6 VDC – 20 VDC. Jika diberi *supply* dibawah 7 VDC maka *pin* 5V Arduino Mega 2560 akan memberikan *supply* kurang dari 5 VDC sehingga *board* menjadi tidak stabil. Jika menggunakan *supply* yang lebih dari 12 VDC *voltage regulator* yang dimiliki Arduino Mega 2560 akan mengalami *overheat* dan dapat merusak *board*. Sehingga nilai tegangan yang direkomendasikan adalah 7 VDC – 12 VDC.

Digunakan Arduino karena, pada pengerjaan Tugas Akhir ini tidak memerlukan fitur-fitur yang lebih, melainkan hanya pembacaan ADC sensor tegangan dan arus, tampilan informasi di LCD 16x2, pembacaan RTC, *datalogging* *SD Card* dan komunikasi serial. Selain itu bahasa program yang digunakan Arduino juga cukup mudah yaitu bahasa C yang sudah menjadi sederhana. *Software* Arduino juga bersifat *open source* sehingga mudah untuk digunakan.

Pada alat ini *pin* yang digunakan adalah *pin* analog A0 untuk pembacaan ADC sensor tegangan dan *pin* analog A1 untuk pembacaan ADC sensor arus. *Pin* analog A2 difungsikan sebagai *pin* digital *input* dari sebuah saklar. Saklar ini berfungsi sebagai *switch* perintah kepada Arduino untuk melakukan proses pengiriman data sinyal *output* sensor tegangan melalui komunikasi serial ke PC atau penyimpanan data tegangan, arus dan waktu ke *SD Card*.

Pin 7 terhubung pada LCD *pin RS*, *pin 6* terhubung pada LCD *pin enable*, *pin 5* terhubung pada LCD *pin D4*, *pin 4* terhubung pada LCD *pin D5*, *pin 3* terhubung pada LCD *pin D6* dan *pin 2* terhubung pada LCD *pin D7*.

3.3.2. Sensor Tegangan ZMPT101b

Sensor tegangan merupakan sebuah komponen yang digunakan untuk men-*sensing* tegangan. Sensor tegangan yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah modul sensor tegangan AC *single phase* ZMPT101b. Alasan utama penggunaan sensor ini karena *output* modul sensor tegangan ZMPT101b adalah sinus dengan *offset* sebesar 2,5 VDC dengan nilai maksimal 5 VDC. Keluaran modul sensor tegangan ZMPT101b memenuhi kebutuhan utama alat untuk mendeteksi ada atau tidaknya *voltage flicker*, yaitu bentuk gelombang yang sesuai dengan bentuk gelombang *input* sensor (sinus 220 VAC) dengan nilai tegangan yang bisa diterima oleh Arduino (maksimal 5 VDC). Selain itu ukurannya yang relatif kecil, yaitu 49,5 mm X 19,4 mm membuat sensor ini relatif *compact*. Sensor tegangan ZMPT101b memiliki rating arus *input* dan arus *output* sebesar 2 mA serta dapat dioperasikan pada suhu -40⁰ C hingga 70⁰ C. *Wiring* modul sensor tegangan ZMPT101b ditunjukkan pada Gambar 3.6..



Gambar 3.6. *Wiring* Sensor Tegangan ZMPT101b

3.3.3. Sensor Arus ACS712 20A

Sensor arus merupakan sebuah komponen yang digunakan untuk men-*sensing* arus. Pada Tugas Akhir ini digunakan sensor arus ACS712 20A dengan batasan arus 20 A. Dipilih sensor arus dengan batasan 20 A karena pada tahap pengujian dan penggunaan alat ini menggunakan beban yang relatif besar sehingga dibutuhkan pembacaan arus yang

relatif besar juga. Gambar 3.7. berikut merupakan gambar dari *wiring* modul sensor arus ACS712 20A.



Gambar 3.7. *Wiring* Sensor Arus ACS712 20A

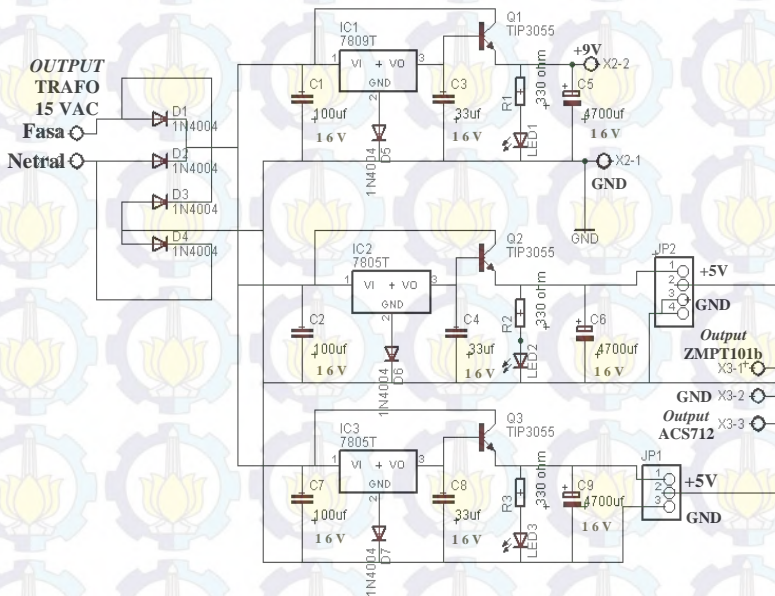
Prinsip kerja dari sensor arus ACS712 20A yaitu ketika tidak ada arus yang lewat pada *pin input* maka tegangan *output*-nya akan bernilai 2,5 VDC, namun ketika terdapat arus yang masuk pada *pin input*, maka tegangan *output*-nya akan bernilai lebih dari 2,5 VDC dan akan bertambah besar seiring dengan kenaikan arus yang lewat. Jika diberi *input* arus AC maka *output* sensor ini berupa tegangan sinus dengan *offset* 2,5 VDC.

3.3.4. *Power Supply*

Power supply digunakan untuk men-*supply* komponen-komponen yang memerlukan tegangan 5 VDC atau lebih. *Power supply* pada alat ini digunakan untuk *supply* Arduino, sensor arus ACS712 20A, dan sensor tegangan ZMPT101b. *Board* Arduino memerlukan *power supply* dengan rentang tegangan 7 VDC – 12 VDC. Sedangkan sensor tegangan ZMPT101b dan sensor arus ACS712 20A memerlukan *power supply* dengan tegangan berkisar 5 VDC. Sehingga pada Tugas Akhir ini dibuat *power supply* dengan tiga *output* tegangan DC. Yaitu dua *output* dengan nilai tegangan 5 VDC sebagai *supply* sensor ACS712 20A dan sensor

ZMPT101b dan satu *output* dengan nilai tegangan 9 VDC sebagai *supply board* Arduino.

Cara kerja dari *power supply* ini adalah menurunkan tegangan dari PLN 220 VAC menjadi 15 VAC menggunakan trafo *step down* yang kemudian akan disearahkan menggunakan rangkaian dioda *bridge* lalu menggunakan IC *regulator* LM7805 untuk mendapatkan nilai tegangan 5 VDC dan LM7809 untuk mendapatkan nilai tegangan 9 VDC. Selanjutnya *output regulator* akan difilter dengan kapasitor untuk memperkecil *ripple* yang terjadi. Rangkaian *Power Supply* ditunjukkan pada Gambar 3.8..



Gambar 3.8. Rangkaian *Power Supply* Tiga *Output*

3.3.5. *Shield* RTC (*Real Time Clock*) dan *SD Card*

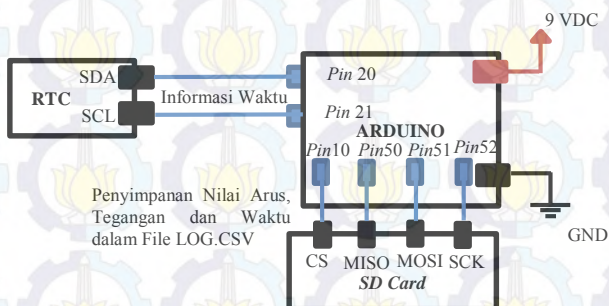
Shield RTC (*Real Time Clock*) dan *SD Card* yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah menggunakan IC RTC DS1307. Pada modul RTC dan *SD Card* dengan Arduino Mega ini, diperlukan penambahan kabel *jumper* agar modul dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Hal ini dikarenakan modul tidak dirancang untuk digunakan

pada Arduino Mega, sehingga letak beberapa *pin* pada *shield* tidak sesuai dengan letak *pin* yang dimiliki Arduino Mega. Penambahan ini dilakukan untuk menghubungkan *pin* SDA pada *shield* dengan *pin* 20 Arduino Mega dan *pin* SCL pada *shield* dengan *pin* 21. Pada Gambar 3.9. merupakan *shield* yang digunakan pada Tugas Akhir ini.



Gambar 3.9. *Shield* RTC (*Real Time Clock*) dan *SD Card* [18]

Pada Gambar 3.10. berikut adalah *wiring* dari *shield* RTC dan *SD Card* terhadap Arduino.



Gambar 3.10. *Wiring* *Shield* RTC (*Real Time Clock*) dan *SD Card*

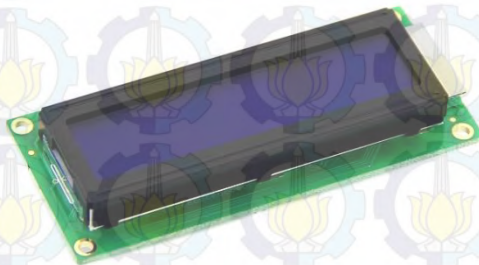
Shield dapat menyimpan data ke dalam *SD Card* dengan format FAT16 atau FAT32. Pewaktuian (*clock*) RTC akan terus berjalan meskipun *shield* tidak diberi *supply* dari Arduino. Baterai akan berperan sebagai *back up supply* yang menjaga agar pewaktuian tetap berjalan meskipun *shield* tidak mendapatkan *supply* dari Arduino.

3.3.6. Komunikasi Serial

Pada perancangan komunikasi serial menggunakan kabel *USB* yang digunakan untuk melakukan *upload* program ke Arduino Mega 2560. Arduino Mega 2560 secara internal telah dilengkapi *USB-to-serial adaptor* yang berguna untuk melakukan komunikasi secara serial antara Arduino Mega 2560 dengan PC yang memiliki *port USB*.

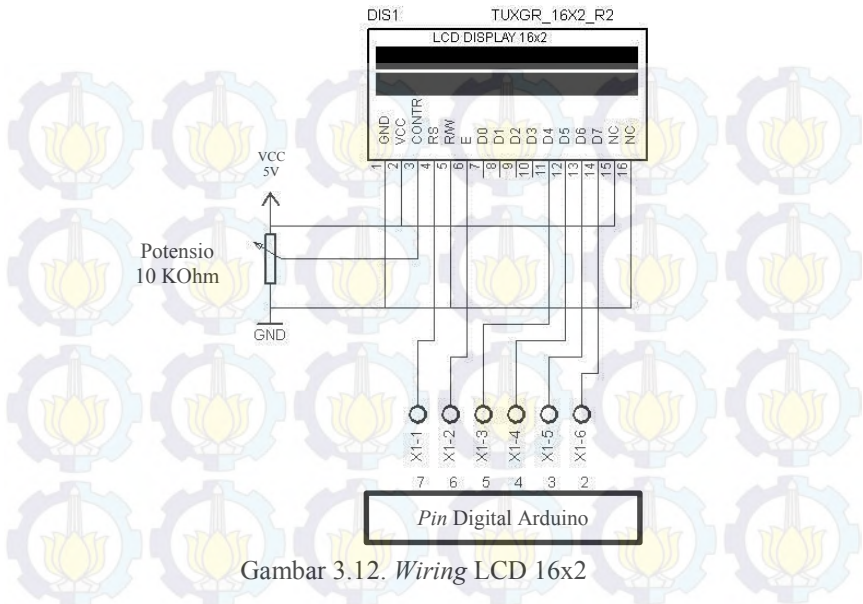
3.3.7. LCD (*Liquid-Crystal Display*)

LCD berfungsi menampilkan karakter yang telah diproses oleh Arduino. Bertujuan menginformasikan data tegangan, arus dan waktu dalam bentuk karakter. LCD yang digunakan pada perancangan alat ini menggunakan LCD 16x2 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.11.. 16x2 mewakili 16 kolom dan 2 baris, sehingga LCD ini dapat menampilkan karakter sepanjang 32 buah dengan masing-masing kolom maksimal berisi 16 buah karakter.



Gambar 3.11. LCD 16x2 [14]

LCD ini membutuhkan *power supply* sebesar 5 VDC dan *pin* yang digunakan pada LCD pada alat ini yaitu *pin* CONTR, RS, RW, E, D4, D5, D6, D7. Pada *pin* LCD yang digunakan dihubungkan dengan *pin* yang ada di Arduino yaitu *pin* CONTR dihubungkan dengan potensio untuk mengatur kecerahan pada karakter yang di tampilkan LCD *pin* RS, E, D4, D5, D6 dan D7 di hubungkan pada *pin* 7, 6, 5, 4, 3 dan 2 secara berurutan dan *pin* RW di hubungkan dengan *ground*. Pada Gambar 3.12. berikut ini adalah *wiring* dari LCD 16x2 yang digunakan.



Gambar 3.12. *Wiring* LCD 16x2

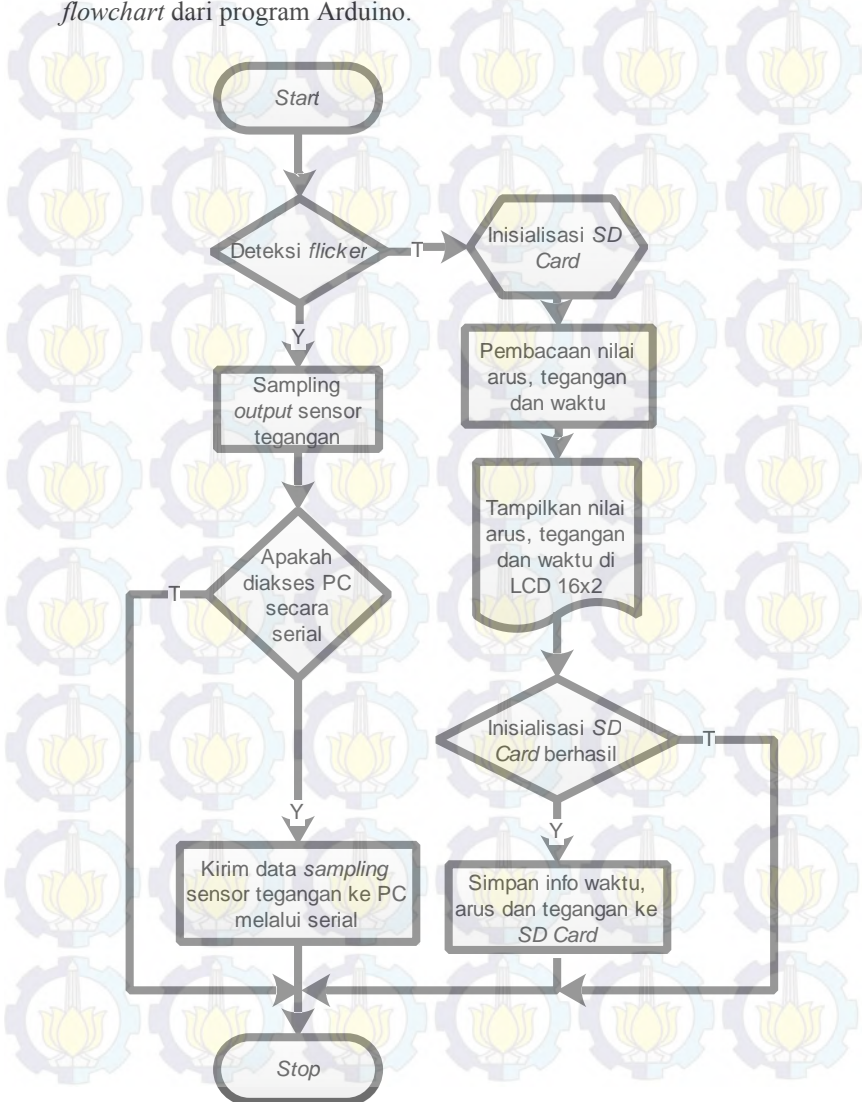
3.4. Perancangan dan Pembuatan *Software*

Pada perancangan dan pembuatan *software* untuk mendukung alat ini menggunakan 2 *software*, yaitu Arduino IDE dan MATLAB. Untuk Arduino IDE digunakan untuk memprogram *board* Arduino Mega 2560 agar bekerja sesuai dengan fungsinya, sedangkan MATLAB digunakan sebagai tampilan HMI sekaligus pengolah data yang telah dikirim oleh Arduino Mega 2560 ke PC.

3.4.1. Pemrograman pada Arduino

Perancangan program pada Arduino Mega 2560 menggunakan *software* aplikasi Arduino IDE yang menggunakan bahasa C. Bagian ADC Arduino akan melakukan *sampling output* sensor tegangan dan mengolahnya menjadi nilai sinyal tegangan sesungguhnya. Selanjutnya Arduino mengirimkan nilai sinyal tegangan sesungguhnya tersebut ke PC melalui komunikasi serial. Untuk proses *datalogging* ke *SD Card* Arduino akan melakukan *sampling* sinyal *output* sensor tegangan dan arus lalu menghitung nilai *rms* tegangan dan arus secara bergantian. Setelah didapatkan nilai tegangan dan arus, Arduino mengambil data informasi waktu dari RTC. Selanjutnya data nilai tegangan, arus dan

waktu akan disimpan pada *SD Card* dalam bentuk *file* Excel dengan ekstensi *.CSV* dan ditampilkan di *LCD 16x2*. Gambar 3.13. adalah *flowchart* dari program Arduino.



Gambar 3.13. *Flowchart* Program pada Arduino

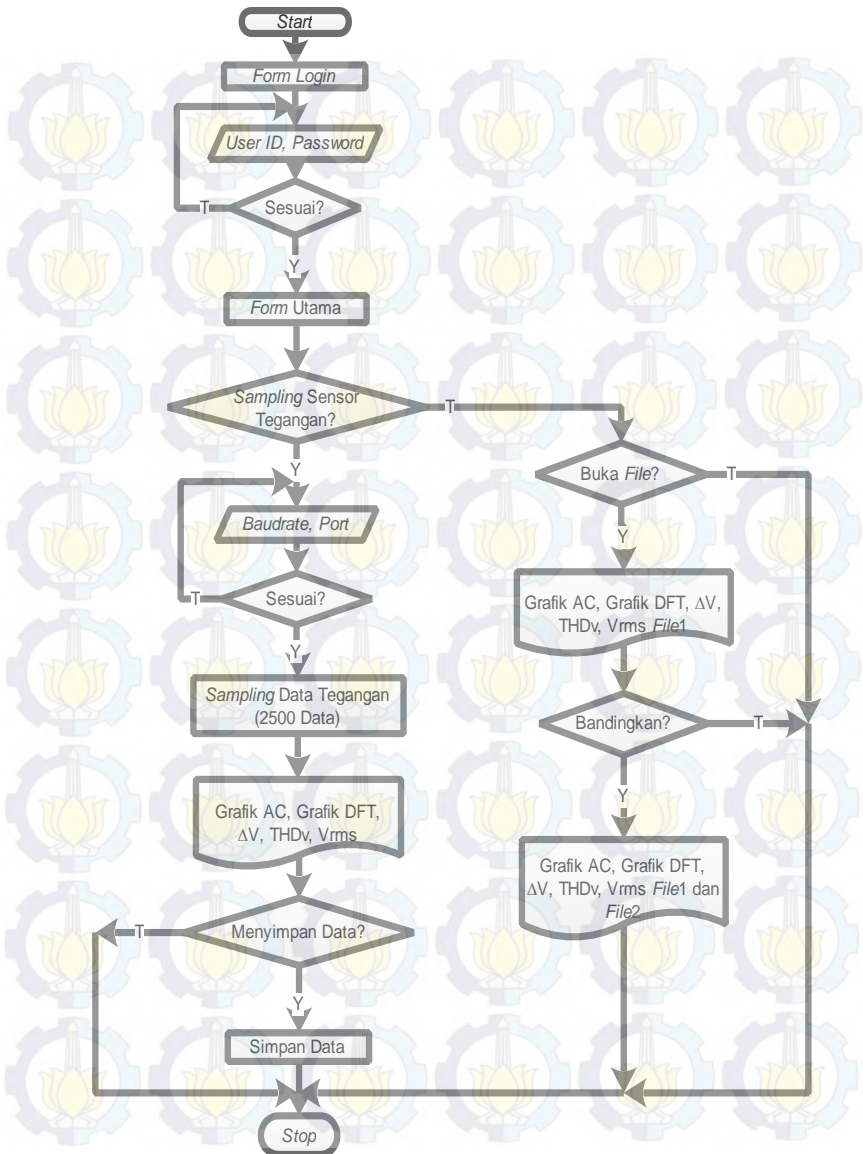
3.4.2. Perancangan MATLAB

Perancangan menggunakan *software* MATLAB digunakan untuk menampilkan grafik dan melakukan perhitungan matematik. MATLAB akan menerima data *sampling* Arduino dan melakukan *plotting* data tersebut menjadi grafik. Data *sampling* tersebut oleh MATLAB selanjutnya akan ditransformasikan menggunakan metode DFT (*Discrete Fourier Transform*) sehingga akan dihasilkan grafik transformasi DFT dengan domain frekuensi.

Alasan penggunaan *software* MATLAB sebagai pengolah data *sampling* adalah karena MATLAB memiliki kemampuan komputasi, visualisasi dan pemrograman dalam satu kesatuan. Selain itu penggunaan MATLAB lebih dikhususkan pada komputasi matematik, analisis data, pengembangan algoritma, simulasi dan pemodelan grafik-grafik perhitungan. Kemampuan ini sesuai dengan kebutuhan Tugas Akhir “Perancangan Prototipe *Voltage Flicker* Meter dengan Metode DFT Berbasis Arduino”, yaitu melakukan pengolahan data *sampling*, menyelesaikan perhitungan DFT dan pemodelan grafik hasil perhitungan.

Agar tampilan MATLAB lebih interaktif dan mudah digunakan oleh *user* maka digunakan fasilitas GUI (*Graphical User Interface*) dalam MATLAB. GUI adalah fasilitas yang disediakan oleh MATLAB untuk membuat sebuah tampilan atau HMI (*Human Machine Interface*). Dalam pembuatan tampilan GUI, terdiri dari dua bagian, yaitu bagian *login* dan bagian tampilan utama.

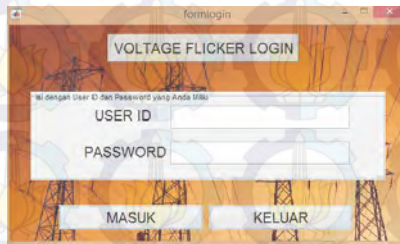
Berikut ini pada Gambar 3.14. adalah *flowchart* pembuatan tampilan *software* menggunakan GUI.



Gambar 3.14. Flowchart Pembuatan Tampilan GUI MATLAB

1. *Form Login* GUI

Gambar 3.15. berikut merupakan tampilan dari *form login software*. Fungsi diberi tampilan *login* ini adalah untuk memproteksi *software* tampilan utama agar pengakses hanyalah orang yang memiliki ijin untuk mengakses tampilan utama tersebut.



Gambar 3.15. Tampilan *Login*

Pada tampilan *login* diatas, pengakses harus memiliki *user ID* dan *password* untuk dapat masuk pada tampilan utama. Bertujuan agar tidak sembarang orang yang dapat mengakses aplikasi ini.

2. *Form Tampilan Utama*

Bagian ini merupakan tampilan untuk melakukan fungsi-fungsi utama pada *software*, baik perhitungan maupun pemodelan grafik hasil perhitungan. Gambar 3.16. menunjukkan tampilan utama.



Gambar 3.16. Tampilan Utama

Agar aplikasi dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan, maka pembuatannya harus sesuai dengan *flowchart* yang telah dibuat sebelumnya. Cara kerja sederhana dari sistem *software* ini adalah *software* akan menerima data *sampling* tegangan dari Arduino melalui komunikasi serial. Setelah data diterima oleh *software*, maka data akan di *plot* membentuk gelombang tegangan domain waktu dan akan dilakukan perhitungan transformasi DFT untuk mendapatkan grafik tegangan dengan domain frekuensi. Dari bentuk gelombang tegangan dengan domain waktu dan grafik hasil transformasi dengan domain frekuensi tersebut dapat diketahui indikasi ada atau tidaknya *voltage flicker*.





BAB IV

ANALISA DAN PENGUJIAN

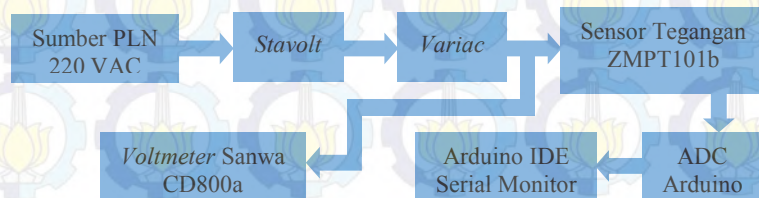
Bab ini membahas tentang pengujian dan analisa alat apakah alat yang telah dibuat dapat berjalan sesuai fungsinya atau tidak. Apabila sudah berfungsi dengan baik maka alat siap untuk dijalankan. Pengujian merupakan salah satu langkah yang harus dilakukan. Kesesuaian sistem dengan perencanaan dapat dilihat dari hasil-hasil yang dicapai pada pengujian sistem. Pengujian juga bertujuan untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan dari sistem yang telah dibuat. Hasil pengujian tersebut akan dianalisa untuk mengetahui penyebab terjadinya kekurangan atau kesalahan dalam sistem serta untuk perbaikan selanjutnya.

Pengujian tersebut meliputi:

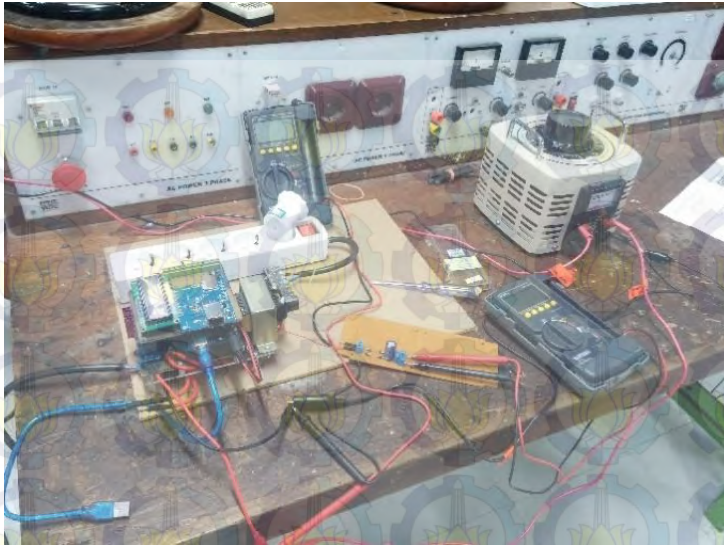
1. Pembacaan Sensor Tegangan
2. Pembacaan Sensor Arus
3. Pengujian *Power Supply*
4. Pengujian RTC
5. Pengujian *SD Card*
6. Pengujian Komunikasi Serial
7. Pengujian *Software* MATLAB
8. Pengujian Alat Keseluruhan

4.1. Pembacaan Sensor Tegangan

Pada pengujian sensor tegangan ZMPT101b menggunakan *variac* sebagai *input* sensor ZMPT101b. *Variac* yang digunakan dihubungkan ke sumber PLN melalui *stavolt* 220 VAC dan *voltmeter* sanwa CD800a digunakan sebagai pembanding. *Variac* dapat mengeluarkan *output* tegangan AC yang nilainya dapat diatur sesuai kebutuhan. Sedangkan *stavolt* digunakan untuk menjaga agar *input* yang diterima oleh *variac* stabil dikisaran 220 VAC.

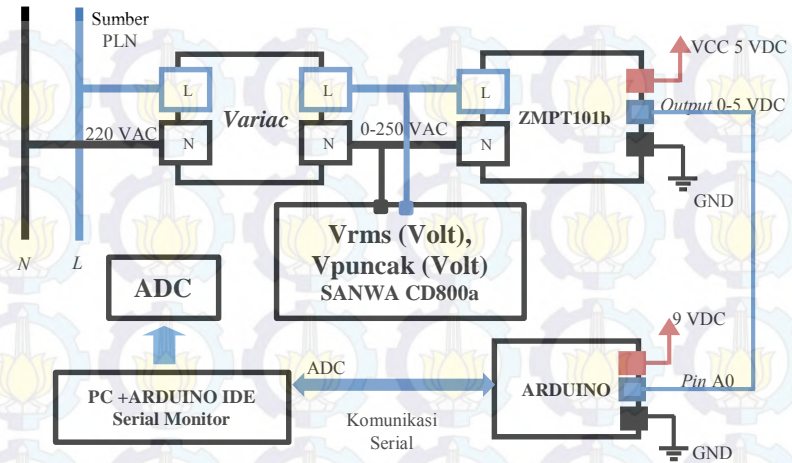


Gambar 4.1. Diagram Proses Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101b



Gambar 4.2. Proses Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101b

Seluruh peralatan yang diperlukan untuk proses pengujian sensor tegangan bekerja sesuai diagram pada Gambar 4.1. sedangkan Gambar 4.2. adalah dokumentasi proses pengujian sensor tegangan. Pada pengujian ini diambil 25 data dengan berbagai perubahan tegangan *input* sensor tegangan ZMPT101b. *Output* sensor akan dikonversi menjadi nilai ADC oleh Arduino. *Wiring* dari proses pengujian sensor tegangan ZMPT101b dapat dilihat pada Gambar 4.3. dibawah ini. Adapun hasil pengambilan data sensor tegangan ditunjukkan pada Tabel 4.1..



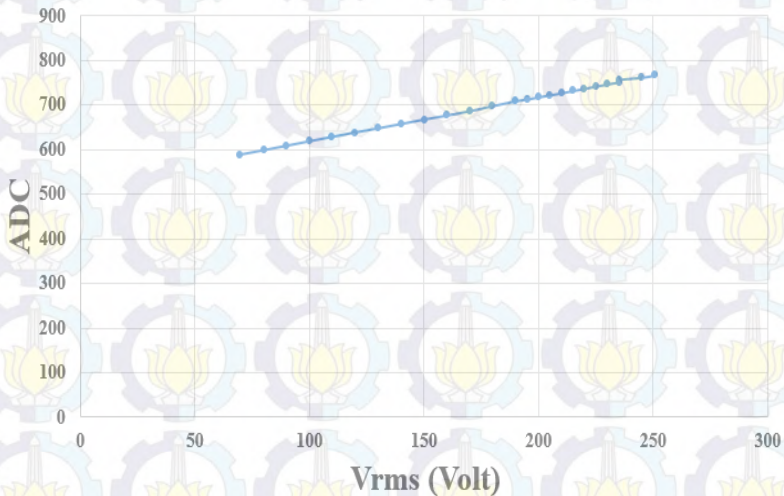
Gambar 4.3. *Wiring* Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101b

Tabel 4.1. Hasil Pengambilan Data ADC Sensor Tegangan ZMPT101b

NO	Vrms (Volt) SANWA CD800a	Vpuncak (Volt) SANWA CD800a	ADC
1	251	354,7	766
2	245,2	347,5	761
3	240,2	340,3	756
4	235,2	333,1	751
5	230,3	325,9	746
6	225,1	318,6	741
7	220,1	311,4	736
8	215,1	304,2	731
9	210,1	297	726
10	204,9	289,8	721
11	200,1	284	717
12	195,3	276	712
13	190	271	708
14	180	255,1	697

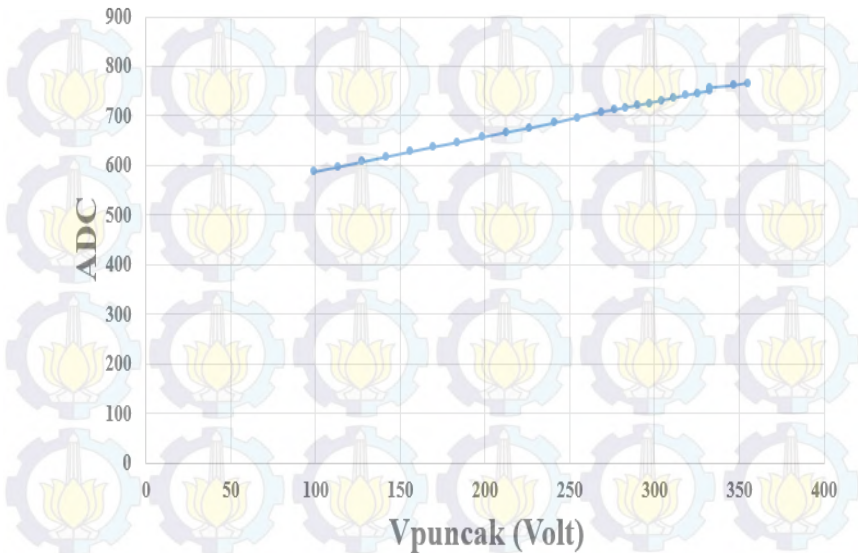
NO	Vrms (Volt) SANWA CD800a	Vpuncak (Volt) SANWA CD800a	ADC
15	170,3	239,2	686
16	160,1	224,8	676
17	150,2	211,8	667
18	140,1	197,4	657
19	129,9	183	647
20	120	170	638
21	110	155,5	628
22	100	141,1	618
23	90,1	126,7	608
24	80,2	112,2	598
25	69,9	97,8	588

Grafik Perubahan Vrms Terhadap ADC



Gambar 4.4. Perubahan Vrms Terhadap ADC

Grafik Perubahan Vpuncak Terhadap ADC



Gambar 4.5. Perubahan Vpuncak Terhadap ADC

Dari data pengujian sensor dibuat grafik perubahan tegangan *input* Vrms dan Vpuncak terhadap ADC pada Gambar 4.4. dan Gambar 4.5.. Dari grafik tersebut dapat terlihat bahwa perubahan ADC sensor ZMPT101b memiliki pergerakan yang linier terhadap perubahan tegangan *input*. Dari data pengujian dan grafik pengukuran, dapat dihasilkan suatu persamaan karakteristik sensor tegangan yang akan digunakan dalam pembacaan Arduino agar didapatkan tegangan yang sesuai dengan tegangan pengukuran pada *voltmeter*. Berikut ini adalah persamaan linier yang digunakan untuk mendapatkan pembacaan Arduino dan hasil perhitungan yang didapatkan adalah Persamaan (4.4) .

$$y = mx + b \quad (4.1)$$

$$m = \frac{n \sum(xy) - \sum x \sum y}{n \sum(x^2) - (\sum x)^2} \quad (4.2)$$

$$b = \frac{\sum y}{n} - m \frac{\sum x}{n} \quad (4.3)$$

$$y = 1,443439786 x - 750,9000187 \quad (4.4)$$

Keterangan :

$y = V$ yang diinginkan

$x = ADC$

$m = Slope$

$b = Intercept$

$n =$ Jumlah data

Kemudian dilakukan penggantian variabel y menjadi V yang diinginkan dan x menjadi ADC , sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$V \text{ yang diinginkan} = 1,443439786 \times ADC - 750,9000187 \quad (4.5)$$

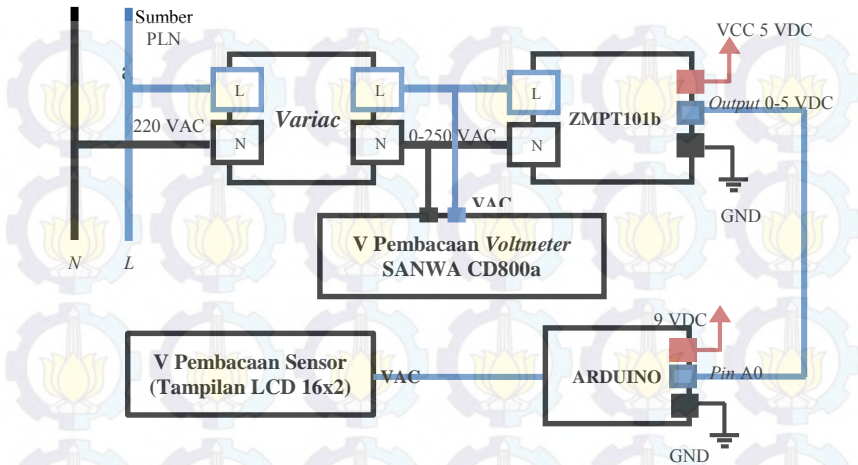
Setelah menambahkan Persamaan (4.5) kedalam program Arduino selanjutnya dilakukan pengujian hasil perhitungan dengan cara membandingkan pembacaan sensor tegangan ZMPT101b dengan *voltmeter* sanwa CD800a. Pada Gambar 4.6. dapat dilihat *wiring* pengujian perbandingan pembacaan sensor tegangan ZMPT101b terhadap *voltmeter* Sanwa CD800a. Adapun data perbandingan pembacaan sensor tegangan ZMPT101b dengan *voltmeter* ditunjukkan pada Tabel 4.2.. Dengan menggunakan Persamaan (4.6) didapatkan nilai *error* pengukuran.

$$error = \frac{|p - q|}{p} \times 100\% \quad (4.6)$$

Keterangan:

$p =$ nilai yang ditunjuk alat ukur pembanding

$q =$ nilai yang ditunjuk alat



Gambar 4.6. *Wiring* Pengujian Perbandingan Pembacaan Sensor Tegangan ZMPT101b Terhadap *Voltmeter* Sanwa CD800a

Tabel 4.2. Data Perbandingan Pengukuran Sensor ZMPT101b Terhadap *Voltmeter* Sanwa CD800a

NO	V Pembacaan <i>Voltmeter</i> SANWA CD800a	V Pembacaan Sensor (Tampilan LCD 16x2)	<i>Error</i>
1	175,2 VAC	174 VAC	0,68 %
2	180,2 VAC	179,3 VAC	0,49 %
3	185,3 VAC	184,32 VAC	0,52 %
4	190,7 VAC	189,97 VAC	0,38 %
5	200 VAC	199,25 VAC	0,37 %
6	210,5 VAC	209,79 VAC	0,33 %
7	215,5 VAC	215,05 VAC	0,20 %
8	220,5 VAC	220,31 VAC	0,08 %
9	226,6 VAC	226,36 VAC	0,06 %
10	229,9 VAC	229,46 VAC	0,19 %
11	235,5 VAC	234,56 VAC	0,39 %
12	240,2 VAC	239,04 VAC	0,48 %
13	245,5 VAC	244,62 VAC	0,35 %
14	249,9 VAC	248,9 VAC	0,40 %
<i>Error rata-rata</i>			0,35 %

Dari data hasil perbandingan pada Tabel 4.2. dengan menggunakan Persamaan (4.6) didapatkan nilai *error*. Dapat dilihat bahwa *error* terbesar terjadi pada data ke-1 yaitu sebesar 0,68 % dan *error* terkecil terjadi pada data ke-9 yaitu sebesar 0,06 %. Sedangkan nilai *error* rata-rata adalah 0,35%.

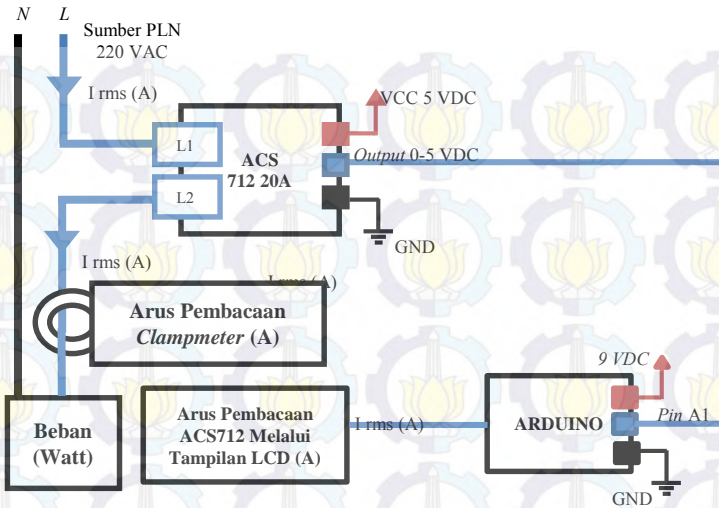
Dari data hasil pengujian menunjukkan sensor tegangan ZMPT101b layak digunakan sebagai pendeteksi perubahan tegangan karena memiliki perubahan *output* yang linier terhadap perubahan *input* serta memiliki *error* pembacaan yang masih berada pada batas toleransi.

4.2. Pembacaan Sensor Arus ACS712 20A

Sensor arus digunakan untuk mengukur arus yang melewati beban. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan beban lampu pijar, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.7. dan kombinasi beberapa peralatan listrik rumah tangga. Sebagai pembanding terhadap hasil pembacaan sensor arus ACS712 20A digunakan sebuah digital *clampmeter* Kyoritsu KEW 2117R. Pada Gambar 4.8. dapat dilihat *wiring* pengujian perbandingan pembacaan sensor arus ACS712 20A terhadap *clampmeter* Kyoritsu KEW 2117R.



Gambar 4.7. Pengujian Sensor Arus ACS712 20A Menggunakan Beban Lampu Pijar



Gambar 4.8. *Wiring* Pengujian Perbandingan Pembacaan Sensor Arus ACS712 20A Terhadap *Clampmeter* Kyoritsu KEW 2117R

Pada Tabel 4.3. dan Tabel 4.4. dapat dilihat data pengujian sensor ACS712 20A.

Tabel 4.3. Data Hasil Pengujian Sensor Arus ACS712 20A Menggunakan Beban Lampu Pijar

No	Beban	P (Watt)	Arus Pembacaan <i>Clampmeter</i> (A)	Arus Pembacaan ACS712 Melalui Tampilan LCD (A)	<i>Error</i> (%)
1	Lampu 100W	100	0,42	0,4	2,38
2	Lampu 125W	125	0,52	0,53	1,92
3	Lampu 140W	140	0,58	0,58	0
4	Lampu 160W	160	0,67	0,68	1,49
5	Lampu 200W	200	0,83	0,85	2,40
6	Lampu 225W	225	0,94	0,95	1,06

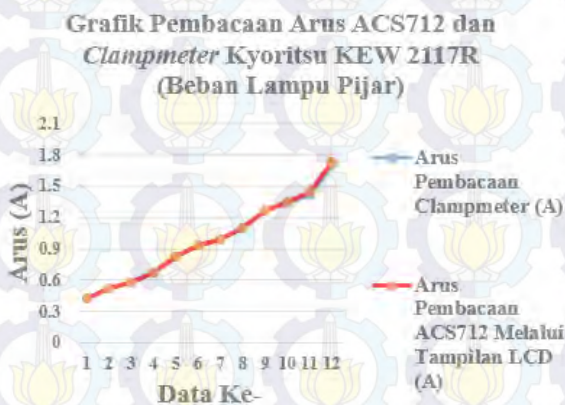
No	Beban	P (Watt)	Arus Pembacaan <i>Clampmeter</i> (A)	Arus Pembacaan ACS712 Melalui Tampilan LCD (A)	<i>Error</i> (%)
7	Lampu 240W	240	0,99	0,99	0
8	Lampu 260W	260	1,1	1,11	0,90
9	Lampu 300W	300	1,26	1,28	1,58
10	Lampu 325W	325	1,35	1,39	2,96
11	Lampu 340W	340	1,41	1,44	2,12
12	Lampu 400W	400	1,7	1,73	1,76
<i>Error rata-rata</i>					1,55

Tabel 4.4. Data Hasil Pengujian Sensor Arus ACS712 20A Menggunakan Beban Kombinasi Beberapa Peralatan Listrik Rumah Tangga

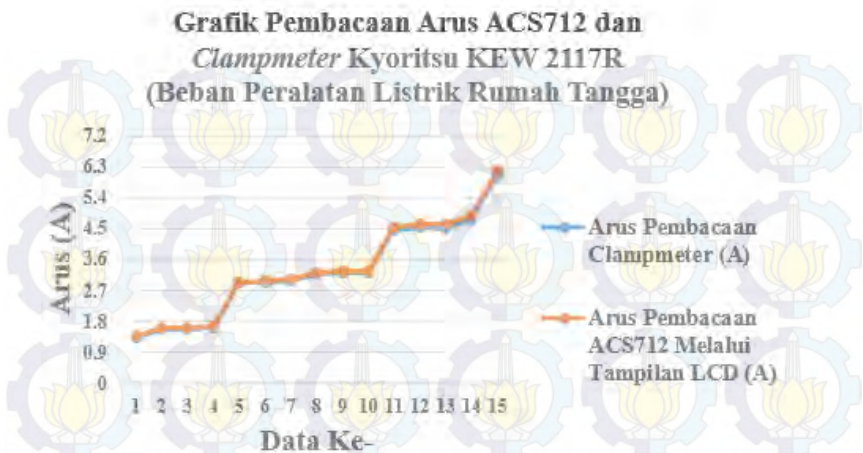
No	Beban	P (Watt)	Arus Pembacaan <i>Clampmeter</i> (A)	Arus Pembacaan ACS712 Melalui Tampilan LCD (A)	<i>Error</i> (%)
1	<i>Heater</i>	300	1,35	1,36	0,74
2	Setrika	350	1,59	1,60	0,62
3	<i>Magic Com</i>	350	1,58	1,61	1,89
4	<i>Dispenser</i>	385	1,63	1,66	1,84
5	<i>Heater</i> dan Setrika	650	2,92	2,96	1,36
6	<i>Heater</i> dan <i>Magic Com</i>	650	2,92	2,97	1,71
7	<i>Dispenser</i> dan <i>Heater</i>	685	2,98	3,01	1,01
8	<i>Magic Com</i> dan Setrika	700	3,16	3,24	2,53
9	<i>Dispenser</i> dan <i>Magic Com</i>	735	3,22	3,27	1,55
10	<i>Dispenser</i> dan Setrika	735	3,22	3,26	1,24
11	<i>Heater</i> , Setrika dan <i>Magic Com</i>	1000	4,45	4,55	2,24

No	Beban	P (Watt)	Arus Pembacaan <i>Clampmeter</i> (A)	Arus Pembacaan ACS712 Melalui Tampilan LCD (A)	<i>Error</i> (%)
12	<i>Dispenser, Heater dan Magic Com</i>	1035	4,52	4,64	2,65
13	<i>Dispenser, Heater dan Setrika</i>	1035	4,51	4,64	2,88
14	<i>Dispenser, Magic Com dan Setrika</i>	1085	4,76	4,87	2,31
15	<i>Dispenser, Magic Com, Heater dan Setrika</i>	1385	6,07	6,21	2,31
<i>Error rata-rata</i>					1,86

Gambar 4.9. dan Gambar 4.10. adalah grafik pembacaan arus oleh ACS712 20A dan *clampmeter* Kyoritsu KEW 2117R.



Gambar 4.9. Pembacaan Sensor Arus dan *Clampmeter* Kyoritsu KEW 2117R dengan Beban Lampu Pijar



Gambar 4.10. Pembacaan Sensor Arus dan *Clampmeter* Kyoritsu KEW 2117R dengan Beban Kombinasi Peralatan Listrik Rumah Tangga

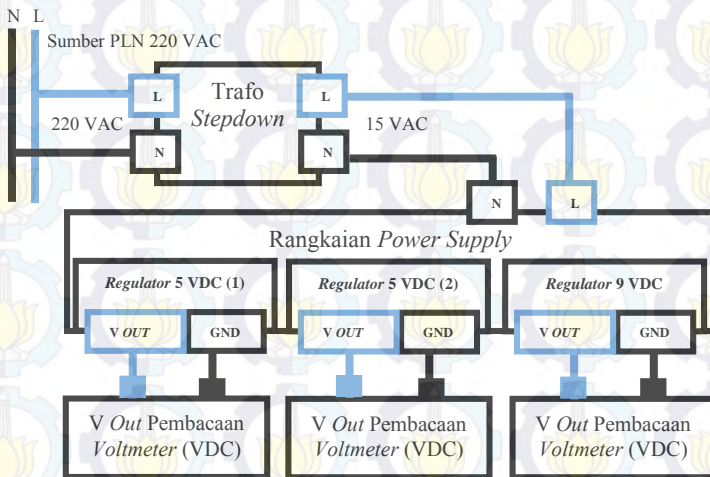
Dari Gambar 4.9. dan Gambar 4.10. dapat diketahui bahwa pembacaan sensor arus ACS712 20A terhadap *clampmeter* memiliki grafik yang sebanding.

Dari data pengujian pada Tabel 4.3. dan Tabel 4.4. dengan menggunakan Persamaan (4.6) didapatkan nilai *error* pengukuran. *Error* yang terbesar terjadi pada data ke-10 untuk beban lampu pijar sebesar 2,96 % dan pada data ke-14 untuk beban peralatan listrik rumah tangga yaitu sebesar 2,88 %. *Error* terbesar yang terjadi pada pengukuran masih berada dalam batas toleransi yang diterima.

Berdasarkan data pada Tabel 4.3. dan 4.4. dapat dilihat *error* rata-rata dari pengukuran beban lampu pijar menggunakan ACS712 20A terhadap digital *clampmeter* kyoritsu KEW 2117R adalah 1,55 % dan 1,86 % untuk beban peralatan listrik rumah tangga. *Error* rata-rata tersebut masih berada dalam batas toleransi yang diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor ACS712 20A dapat digunakan sebagai sensor pembacaan perubahan arus.

4.3. Pengujian *Output Power Supply*

Pengujian ini dilakukan pada *output power supply* yang akan digunakan sebagai *supply* untuk *board* Arduino, modul sensor arus ACS712 20A dan modul sensor tegangan ZMPT101b. Pengujian menggunakan *voltmeter* sanwa CD800a. *Board* Arduino memerlukan *power supply* dengan rentang tegangan 7 VDC – 12 VDC. Sedangkan modul sensor tegangan ZMPT101b dan modul sensor arus ACS712 20A memerlukan *power supply* dengan tegangan berkisar 5 VDC. Pada Gambar 4.11. dapat dilihat *wiring* pengujian *output power supply*. Adapun hasil pengukuran pada *output power supply* yang akan digunakan ditunjukkan pada Tabel 4.5.



Gambar 4.11. *Wiring* Pengujian *Output Power Supply*

Tabel 4.5. Data *Output Power Supply*

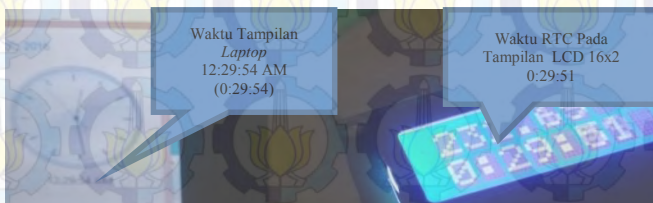
<i>Power Supply</i>	V Out Pembacaan Voltmeter (VDC)
<i>Regulator 5 VDC</i> (1)	5,02
<i>Regulator 5 VDC</i> (2)	4,99
<i>Regulator 9 VDC</i>	9,01

Pada data tersebut dapat terlihat bahwa V out pada *regulator 5 VDC* (1) dan *regulator 5 VDC* (2) adalah 5,02 VDC dan 4,99 VDC sedangkan *regulator 9 VDC* memiliki V out sebesar 9,01 VDC. Nilai V out *power*

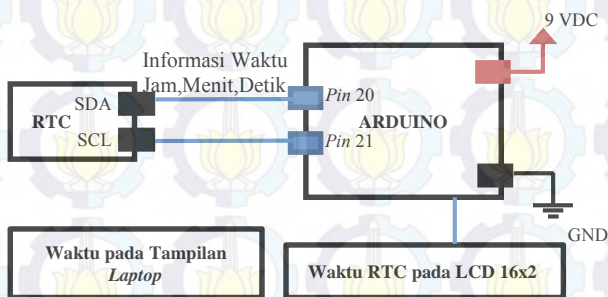
supply tidak tepat 5 VDC dan 9 VDC namun masih berada dalam batas yang diperbolehkan. Dapat diambil kesimpulan bahwa *power supply* ini dapat digunakan sebagai *supply* tegangan *board* Arduino, modul sensor arus ACS712 20A dan modul sensor tegangan ZMPT101b.

4.4. Pengujian Pembacaan RTC

Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan waktu yang ditampilkan oleh RTC melalui tampilan LCD 16x2 dengan waktu yang ditampilkan oleh *laptop* dengan sistem operasi Windows 8.1.. Proses pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.12. sedangkan *wiring* pengujian RTC ditunjukkan pada Gambar 4.13.. Adapun data pengujian RTC dapat dilihat pada Tabel 4.6..



Gambar 4.12. Proses Pengujian RTC



Gambar 4.13 *Wiring* Pengujian RTC

Tabel 4.6. Data Pengujian RTC

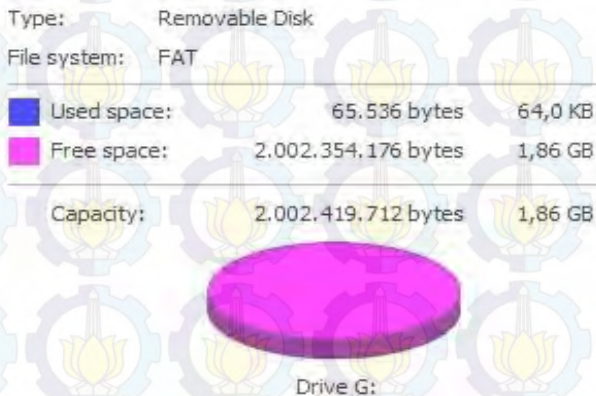
NO	Waktu pada Tampilan Laptop	Waktu RTC pada LCD 16x2	Selisih (Detik)
1	00:28:30	00:28:27	3
2	00:29:54	00:29:51	3

NO	Waktu pada Tampilan <i>Laptop</i>	Waktu RTC pada LCD 16x2	Selisih (Detik)
3	00:31:53	00:31:50	3
4	00:34:05	00:34:02	3
5	00:38:14	00:38:11	3
6	00:39:30	00:39:27	3
7	00:40:54	00:40:51	3

Data pada Tabel 4.6. menunjukkan bahwa selisih waktu yang ditunjukkan antara *laptop* sebagai acuan dengan RTC adalah 3 detik. Selisih waktu tersebut berlanjut secara konstan dan nilainya masih berada dalam batas toleransi. Dengan menganggap bahwa *clock* yang dimiliki *laptop* akurat maka dapat dianggap bahwa RTC mampu melakukan fungsi pewaktuian dengan baik, tidak terlalu cepat dan tidak terlalu lambat.

4.5. Pengujian *SD Card*

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa *SD Card* memiliki kapasitas penyimpanan yang dapat digunakan untuk menyimpan data. *SD Card* yang digunakan adalah merk V-Gen yang memiliki kapasitas 2 GB. Pengujian dilakukan dengan pembacaan kapasitas penyimpanan *SD Card* dalam keadaan kosong melalui *laptop*. Adapun hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.14. dan Tabel 4.7..

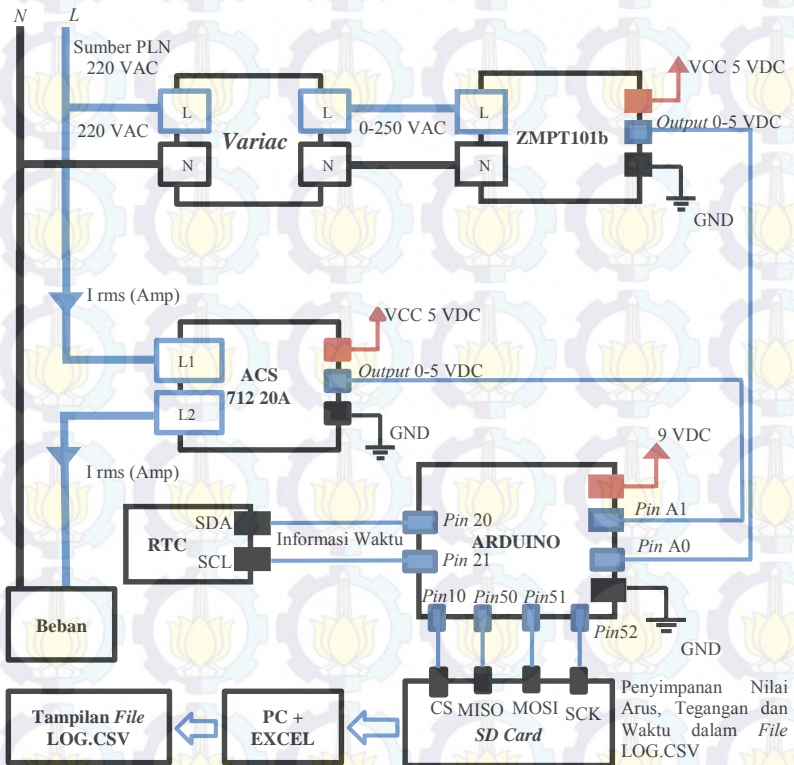


Gambar 4.14. Hasil Pengujian *SD Card* V-Gen dengan Kapasitas 2GB

Tabel 4.7. Alokasi Penyimpanan *SD Card* ketika Kosong

Ruang	Ukuran (bytes)	Ukuran
<i>Used Space</i>	65.536	64,0 KB
<i>Free Space</i>	2.002.354.176	1,86 GB
<i>Total Space (Capacity)</i>	2.002.419.712	1,86 GB

Dari keterangan diatas dapat dikatakan bahwa *SD Card* dapat digunakan untuk menyimpan data. Selanjutnya dilakukan pengujian proses penyimpanan data arus, tegangan dan waktu ke *SD Card*. Pada Gambar 4.15. dapat dilihat *wiring* pengujian penyimpanan *SD Card*.



Gambar 4.15. *Wiring* Pengujian Penyimpanan *SD Card*

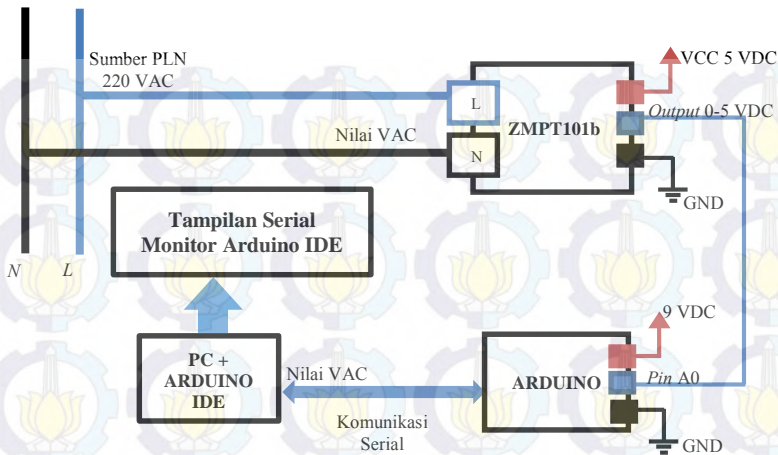
Pengujian dilakukan untuk proses penyimpanan data waktu, arus dan tegangan ke *SD Card* dalam bentuk *file* EXCEL dengan ekstensi .CSV menggunakan modul RTC dan *SD Card*. Proses pengujian dilakukan dengan melakukan penyimpanan nilai tegangan dari *output variac*, nilai arus, dan informasi waktu dari RTC. Nama *file* yang tersimpan adalah LOG.CSV. Adapun hasil pengujian berupa tampilan *file* LOG.CSV ditunjukkan oleh Gambar 4.16..

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
23	20:01:29 27/4/2016		202.56 Volt		0 Amp		Tegangan Dibawah Standart							
24	20:01:30 27/4/2016		205.69 Volt		0 Amp		Tegangan Dibawah Standart							
25	20:01:31 27/4/2016		208.43 Volt		0 Amp		Tegangan Normal							
26	20:01:32 27/4/2016		212.37 Volt		0 Amp		Tegangan Normal							
27	20:01:34 27/4/2016		215.02 Volt		0 Amp		Tegangan Normal							
28	20:01:35 27/4/2016		217.77 Volt		0 Amp		Tegangan Normal							
29	20:01:36 27/4/2016		219.62 Volt		0 Amp		Tegangan Normal							
30	20:01:37 27/4/2016		222.62 Volt		0 Amp		Tegangan Normal							
31	20:01:39 27/4/2016		222.34 Volt		0 Amp		Tegangan Normal							
32	20:01:40 27/4/2016		224.03 Volt		0 Amp		Tegangan Normal							
33	20:01:41 27/4/2016		228.5 Volt		0 Amp		Tegangan Normal							
34	20:01:42 27/4/2016		228.2 Volt		0 Amp		Tegangan Normal							
35	20:01:44 27/4/2016		231.45 Volt		0 Amp		Tegangan Normal							
36	20:01:45 27/4/2016		231.48 Volt		0 Amp		Tegangan Normal							
37	20:01:46 27/4/2016		237.28 Volt		0 Amp		Tegangan Normal							
38	20:01:47 27/4/2016		238.82 Volt		0 Amp		Tegangan Normal							
39	20:01:49 27/4/2016		238.67 Volt		0 Amp		Tegangan Normal							
40	20:01:50 27/4/2016		240.67 Volt		0 Amp		Tegangan Normal							
41	20:01:51 27/4/2016		242.62 Volt		0 Amp		Tegangan Diatas Standart							
42	20:01:53 27/4/2016		243.77 Volt		0 Amp		Tegangan Diatas Standart							

Gambar 4.16. Tampilan *File* LOG.CSV Hasil Pengujian Penyimpanan Data ke *SD Card* Menggunakan Modul RTC dan *SD Card*

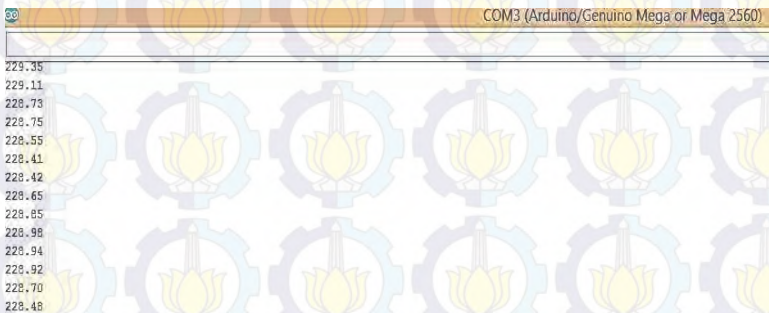
4.6. Pengujian Komunikasi Serial

Pengujian komunikasi serial ini dilakukan agar dapat mengetahui apakah komunikasi antara PC dan Arduino Mega 2560 dapat berjalan dengan benar atau tidak. Pengujian dilakukan menggunakan *software* Arduino IDE dengan memanfaatkan fasilitas serial monitor sebagai tampilan dari data yang coba dikirim oleh Arduino Mega 2560 dengan menggunakan kabel *USB*. *Baudrate* yang digunakan adalah 115200 dengan *port* COM3. Arduino Mega 2560 secara internal telah dilengkapi *USB to serial adaptor*. *Wiring* pengujian komunikasi serial dapat dilihat pada Gambar 4.17..



Gambar 4.17. *Wiring* Pengujian Komunikasi Serial

Selanjutnya pada Gambar 4.18. menunjukkan hasil pengujian komunikasi *USB* serial antara Arduino Mega 2560 dengan PC berupa tampilan serial monitor Arduino IDE.

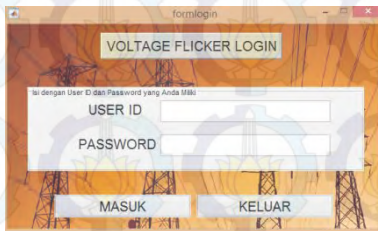


Gambar 4.18. Pengujian Komunikasi Serial

Pada Gambar 4.18. terlihat nilai yang ditampilkan adalah nilai tegangan yang di-*sensing* oleh sensor tegangan ZMPT101b. Hal ini menunjukkan bahwa antara PC dan Arduino Mega 2560 telah terjadi komunikasi secara serial menggunakan kabel *USB* serial dengan sebagaimana mestinya.

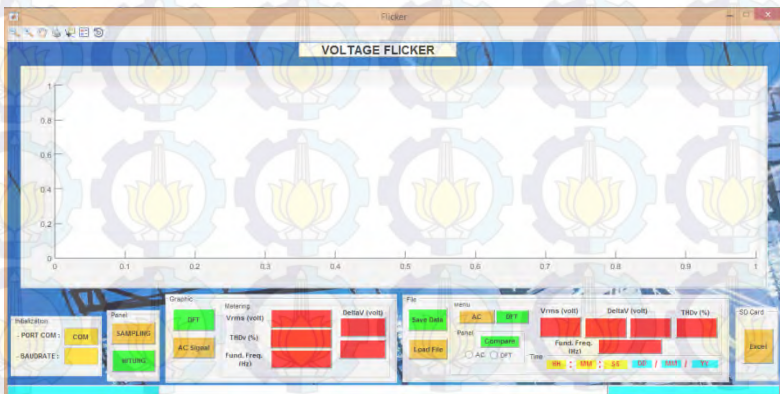
4.7. Pengujian Tampilan Software MATLAB

Pengujian yang dilakukan yaitu untuk mengetahui apakah program MATLAB berjalan sesuai *flowchart* yang telah dibuat sebelumnya atau tidak. Sebelum masuk dalam *form* tampilan utama, terlebih dahulu masuk dalam *form login* sebagai proteksi terhadap pengakses yang tidak memiliki ijin. Gambar 4.19. memperlihatkan *form* yang digunakan untuk melakukan *login*.



Gambar 4.19. Tampilan *Form Login*

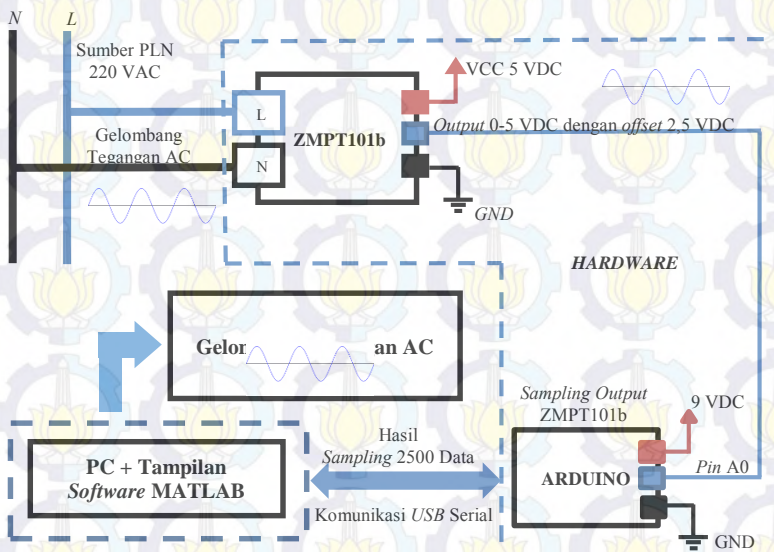
Untuk dapat mengakses halaman utama, maka pengakses harus memasukkan *user ID* dan *password*. Jika pengakses tidak memiliki kewenangan, maka tidak dapat melanjutkan ke langkah berikutnya. Setelah berhasil melakukan *log in* maka akan masuk ke dalam *form* tampilan utama. Setelah masuk pada *form* tampilan utama, barulah pengakses dapat melakukan proses selanjutnya. *Form* tampilan utama dapat dilihat pada Gambar 4.20. di bawah ini.



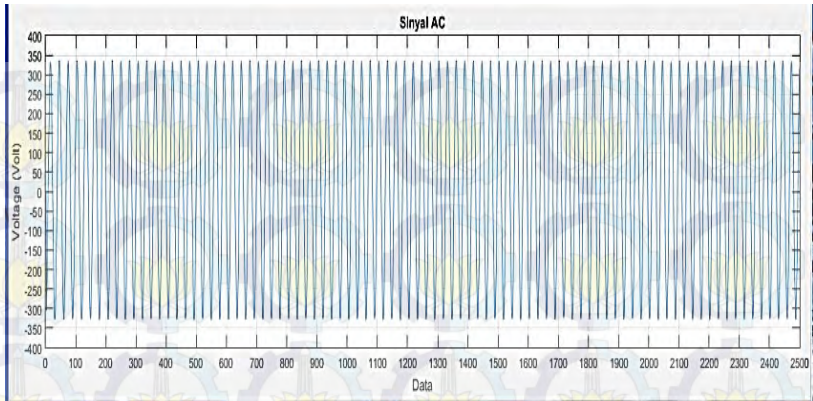
Gambar 4.20. *Form* Tampilan Utama

Tahapan dalam melakukan pengujian *software* diperlihatkan dalam urutan berikut ini :

1. Menghubungkan perangkat *hardware* dengan *software* MATLAB menggunakan kabel *USB* serial seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.21. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah antara *hardware* dengan *software* dapat tersambung dengan baik.



Gambar 4.21. Wiring Pengujian Komunikasi antara *Hardware* dan *Software* MATLAB



Gambar 4.22. Tampilan *Software* MATLAB Hasil Komunikasi Antara *Hardware* dengan *Software* MATLAB

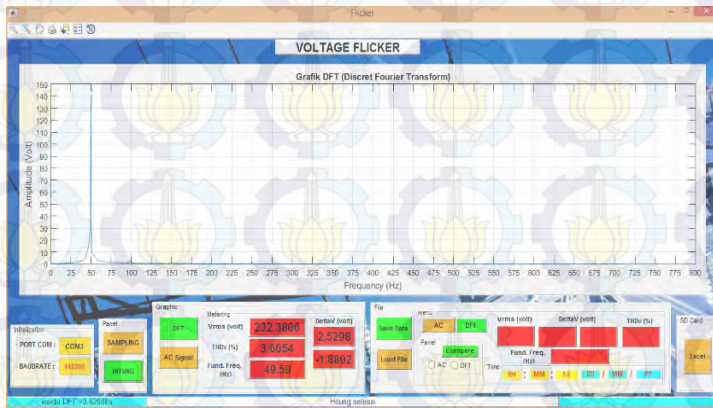
Dari Gambar 4.22. diatas, terlihat bahwa grafik yang terbentuk berupa gelombang tegangan AC. Grafik ini terbentuk dari hasil *plotting* 2500 data hasil *sampling* Arduino terhadap *output* sensor ZMPT101b. Hal tersebut menandakan antara *hardware* dengan *software* MATLAB telah tersambung dengan baik sebagaimana mestinya.

2. Setelah mampu menerima dan melakukan *plotting* 2500 data hasil *sampling*, tampilan *software* MATLAB yang telah dirancang harus dapat melakukan perhitungan DFT untuk mentransformasikan gelombang tegangan AC dari domain waktu menjadi domain frekuensi. Adapun persamaan DFT yang digunakan untuk melakukan transformasi adalah Persamaan (2.24).

3. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.23. yang memperlihatkan gelombang tegangan hasil *sampling* yang memiliki domain waktu dengan grafik hasil transformasi pada Gambar 4.24. yang memiliki domain frekuensi.



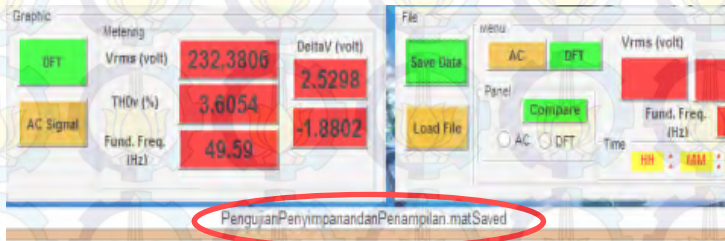
Gambar 4.23. Tampilan Gelombang Tegangan Hasil *Sampling* pada *Software* MATLAB



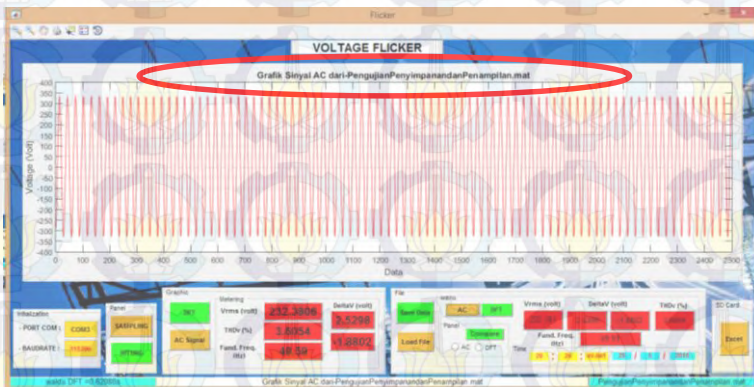
Gambar 4.24. Tampilan Hasil Transformasi Gelombang Tegangan pada *Software* MATLAB

4. Dapat menyimpan data hasil perhitungan dalam bentuk “.mat”. Form tampilan utama ini, juga harus dapat menyimpan data hasil perhitungan dalam format “.mat” kemudian menampilkannya kembali. Gambar 4.25. memperlihatkan penyimpanan data hasil

pengukuran yang telah dilakukan dengan nama *file* “PengujiPenyimpanandanPenampilan.mat” dan pada Gambar 4.26. memperlihatkan penampilan data hasil pengukuran yang telah disimpan.



Gambar 4.25. Penyimpanan Data Hasil Pengukuran



Gambar 4.26. Tampilan Penyimpanan Data Hasil Pengukuran

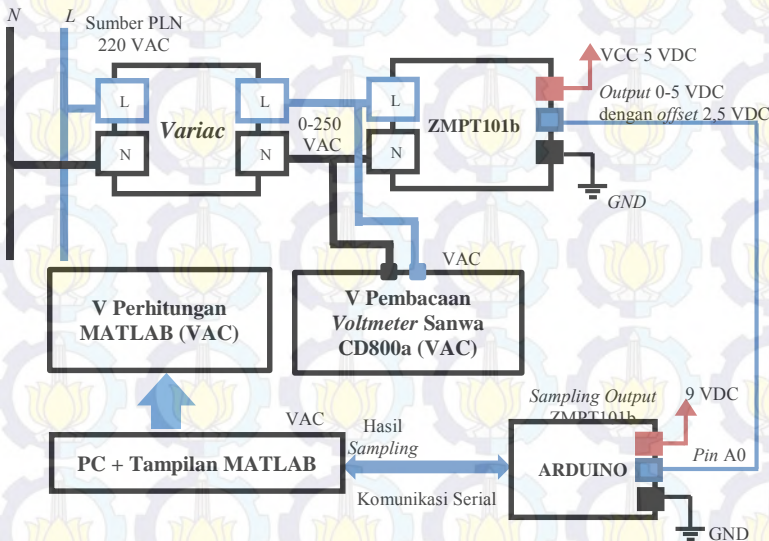
4.8. Pengujian Alat Keseluruhan

Tujuan pengujian ini adalah sebagai pembuktian bahwa alat dapat berjalan sesuai dengan harapan yang diinginkan. Pada pengujian ini, akan digunakan beberapa jenis beban. Beban tersebut akan diuji apakah berpotensi menghasilkan *voltage flicker* atau tidak. Parameter yang akan ditampilkan dalam *software* adalah grafik tegangan, grafik transformasi DFT, nilai ΔV , nilai Vrms dan nilai THDv. Nilai Vrms akan dibandingkan dengan *voltmeter* CD800a. Nilai THDv akan dibandingkan dengan alat ukur FLUKE 43B *power quality analyzer*.

Sedangkan untuk parameter lain tidak dilakukan perbandingan dikarenakan keterbatasan sarana berupa alat ukur *voltage flicker*.

4.8.1. Pembacaan Nilai Tegangan pada Tampilan Software MATLAB Menggunakan Variac sebagai Variasi Tegangan

Dalam pengujian ini, dilakukan pengukuran nilai tegangan *output variac* menggunakan *voltmeter* sanwa CD800a. Nilai yang terukur oleh *voltmeter* akan dibandingkan dengan nilai yang ditampilkan oleh tampilan MATLAB. Hal ini untuk menguji apakah perhitungan nilai tegangan pada program MATLAB telah sesuai atau tidak. Pada Gambar 4.27. adalah *wiring* dari pengujian perhitungan nilai tegangan VAC oleh *software* MATLAB adapun Tabel 4.8. adalah hasil pengujian yang telah dilakukan.



Gambar 4.27. *Wiring* Pengujian Perhitungan Tegangan oleh MATLAB

Tabel 4.8. Perbandingan Pembacaan Tegangan antara MATLAB dan *Voltmeter* CD800a

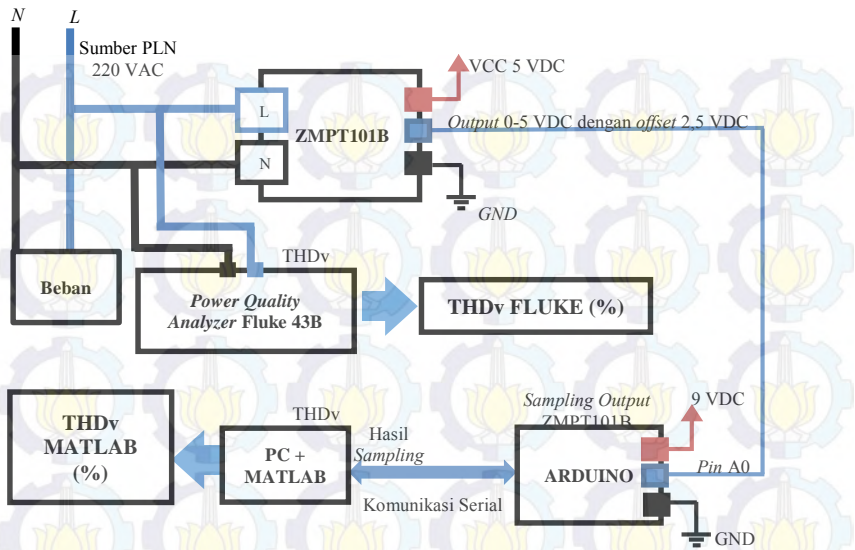
No	V Perhitungan MATLAB (VAC)	V Pembacaan <i>Voltmeter</i> SANWA CD800a (VAC)	Error (%)
1	219,213	220,2	0,4482
2	224,453	225,3	0,3759

No	V Perhitungan MATLAB (VAC)	V Pembacaan <i>Voltmeter</i> SANWA CD800a (VAC)	<i>Error (%)</i>
3	221,41	222	0,2657
4	230,1163	230,9	0,3394
5	234,0013	235,2	0,5096
6	239,3743	240,1	0,3022
7	243,9798	244,6	0,2535
8	214,0423	215	0,4454
9	209,0033	210,2	0,5693
10	203,84	205	0,5658
11	199,0978	200,4	0,6498
12	193,1661	194,5	0,6858
13	188,8152	190,1	0,6758
14	183,8152	184,8	0,5329
15	179,4035	180,6	0,6625
16	174,1029	175,5	0,7960
17	169,1643	170,3	0,6668
18	164,1758	165,5	0,8001
<i>Error Rata-Rata</i>			0,5023

Dari data diatas, dengan menggunakan Persamaan (4.6) didapatkan nilai *error*. Persen *error* terbesar yang terjadi adalah 0,8001 % pada data ke 18. *Error* rata-rata sebesar 0,5023%. Dari nilai *error* yang ditunjukkan data, dapat dikatakan proses penghitungan nilai tegangan pada MATLAB telah sesuai.

4.8.2. Perbandingan Hasil Perhitungan Nilai THDv dengan Alat Ukur FLUKE

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan nilai THDv yang dihitung oleh tampilan MATLAB dengan nilai THDv pada alat ukur FLUKE 43B. Berikut pada Gambar 4.28. adalah *wiring* pengujian perhitungan THDv oleh MATLAB dan pada Tabel 4.9. merupakan data perbandingan hasil pengujian.

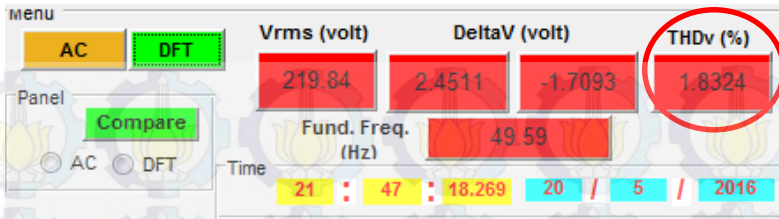


Gambar 4.28. Wiring Pengujian Perhitungan Nilai THD_v oleh MATLAB

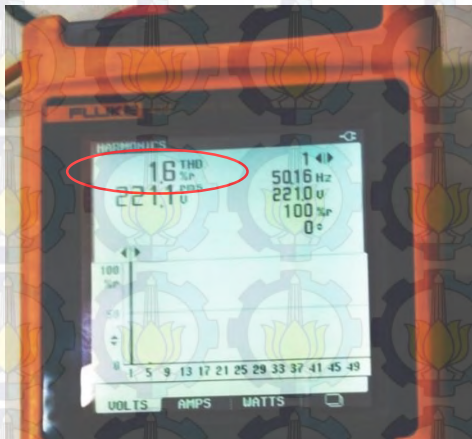
Tabel 4.9. Perbandingan Pembacaan THD_v antara MATLAB dan FLUKE

No	Beban	THD _v MATLAB (%)	THD _v FLUKE (%)
1	Tanpa beban	1,8162	1,5
2	Bor listrik	1,8324	1,6
3	Setrika	1,7926	1,5
4	Kipas angin	1,8273	1,6
5	Heater	1,8192	1,5

Gambar 4.29. dibawah ini merupakan tampilan MATLAB dari salah satu hasil pengukuran THD_v yaitu dengan menggunakan beban bor listrik, sedangkan Gambar 4.30. merupakan hasil pengukuran THD_v menggunakan FLUKE dengan beban bor listrik.



Gambar 4.29. Tampilan MATLAB Pengukuran THDv dengan Beban Bor Listrik



Gambar 4.30. Hasil Pengukuran THDv Menggunakan FLUKE dengan Beban Bor Listrik

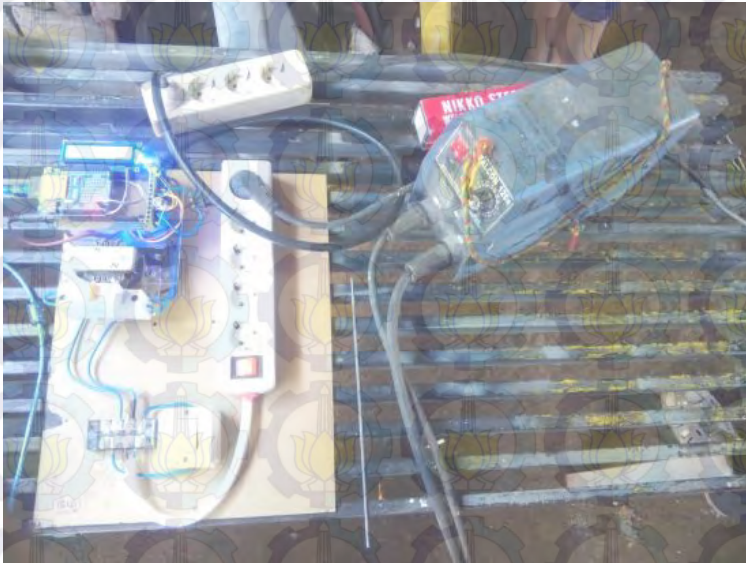
4.8.3. Hasil Pengujian Menggunakan Beban Las Listrik Falcon120e

Pada pengujian ini akan dilakukan pengambilan data pada beban las listrik Falcon120e, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.31. dengan spesifikasi peralatan sebagai berikut [19] :

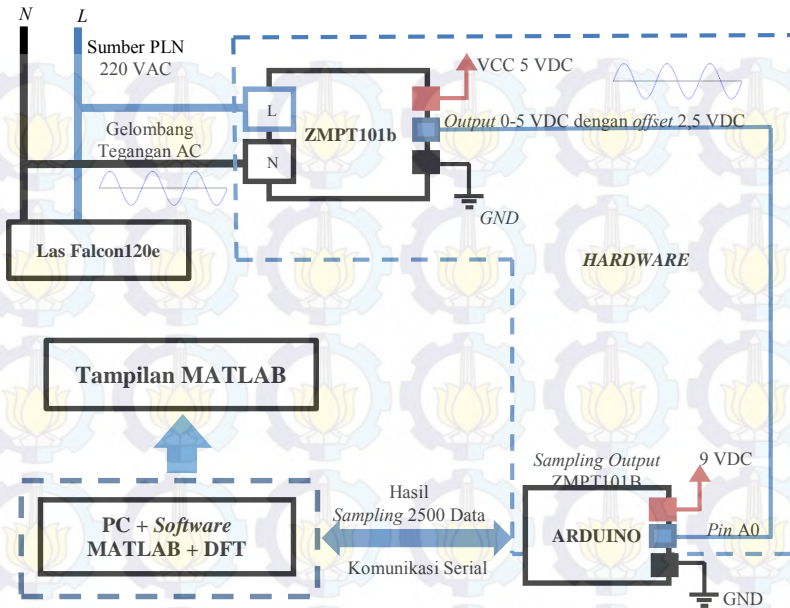
Daya Listrik	: 900 Watt
Arus Output	: 10 - 120 A
Diameter Kawat Las	: 2 - 4 mm
Ukuran Soket	: 25 mm
Dimensi	: 270 x 200 x 110 mm
Pendingin	: Kipas

Duty Cycle : 60 % (pada 120A), 100 % (pada 100A)

Tujuan melakukan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah las listrik tipe Falcon120e merupakan beban penghasil *voltage flicker* atau tidak. Cara pengujian yang dilakukan adalah dengan membandingkan bentuk grafik tegangan, grafik transformasi DFT, nilai ΔV dalam keadaan tanpa beban, keadaan las listrik tidak aktif melakukan pengelasan, dan keadaan saat las listrik digunakan untuk melakukan proses pengelasan. *Wiring* pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.32. sedangkan pada Tabel 4.10. dibawah ini adalah hasil pengujian pada beban las listrik Falcon 120e.



Gambar 4.31. Pengujian Alat Menggunakan Beban Las Listrik Falcon 120e



Gambar 4.32. *Wiring* Pengujian Las Falcon120e

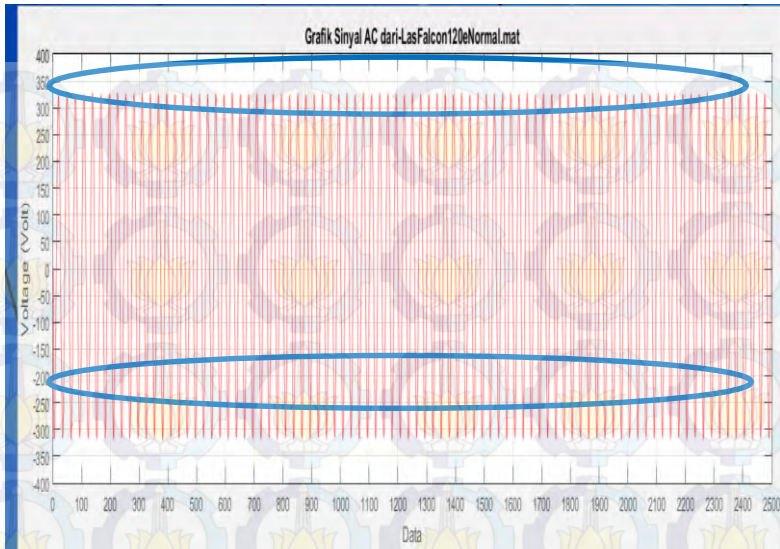
Tabel 4.10. Data Pengujian Beban Las Listrik Falcon 120e

No	Kondisi	Tampilan MATLAB			
		Vrms (Volt)	ΔV positif (Volt)	ΔV negatif (Volt)	THDv (%)
1	Normal Tanpa Beban	225,063	1,8601	-2,3952	3,5212
2	Beban Las Terpasang Tanpa Melakukan Pengelasan	224,428	7,67407	-8,48593	4,6495

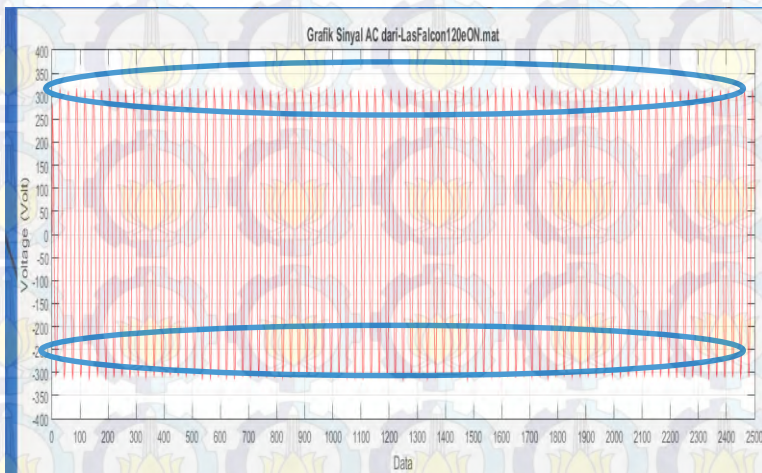
No	Kondisi	Tampilan MATLAB			
		Vrms (Volt)	ΔV positif (Volt)	ΔV negatif (Volt)	THD _v (%)
3	Melakukan Pengelasan	217,062	55,1857	-47,6343	9,2414

Selanjutnya berdasarkan data pada Tabel 4.10. dapat terlihat nilai ΔV positif saat keadaan tanpa beban hanya 1,8601 Volt dan naik saat beban terpasang namun tidak melakukan pengelasan menjadi 7,67407 Volt, sedangkan pada saat melakukan proses pengelasan nilai ΔV positif semakin besar menjadi 55,1857 Volt. Sedangkan ΔV negatif pada saat tanpa beban yaitu sebesar -2,3952 dan turun ketika beban dipasang namun tidak melakukan pengelasan menjadi -8,48593 Volt, lalu saat beban melakukan proses pengelasan nilainya menurun menjadi -47,6343 Volt.

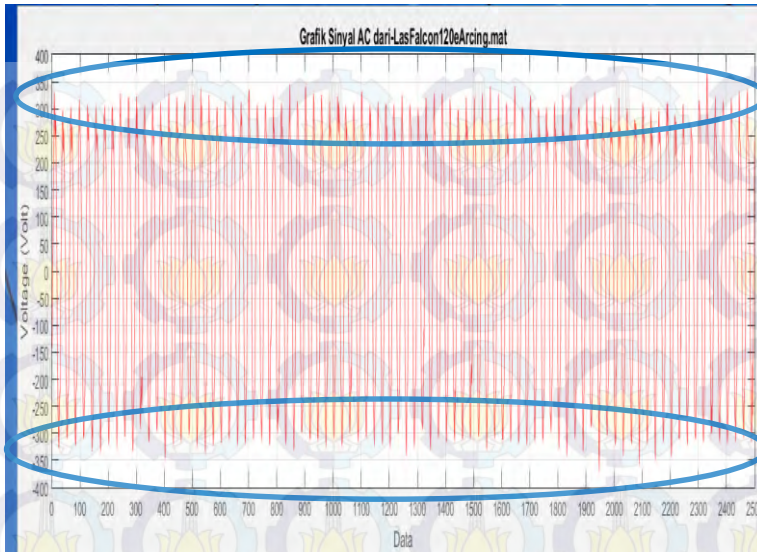
Pada Gambar 4.33. berikut ini adalah gelombang tegangan tanpa beban, pada Gambar 4.34. adalah gelombang tegangan untuk keadaan tidak melakukan pengelasan sedangkan pada Gambar 4.35. adalah gelombang tegangan dalam keadaan pengelasan.



Gambar 4.33. Gelombang Tegangan dalam Keadaan Tanpa Beban



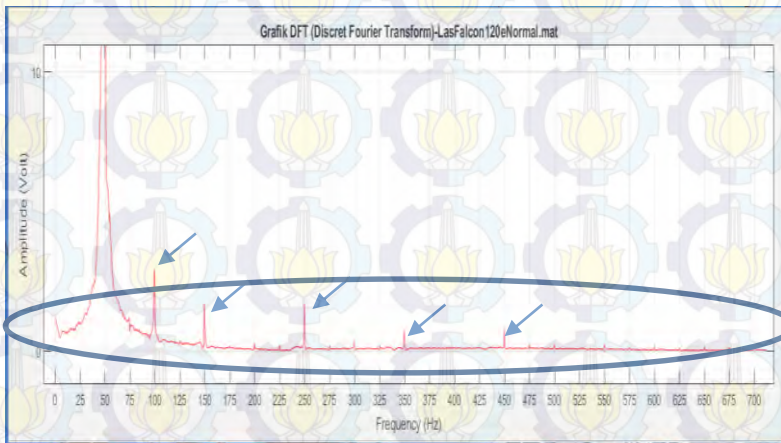
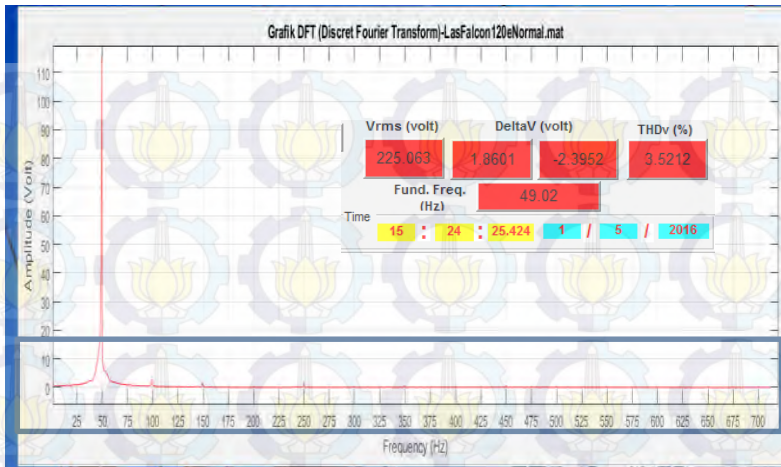
Gambar 4.34. Gelombang Tegangan dalam Keadaan Beban Las Terpasang Tanpa Melakukan Pengelasan



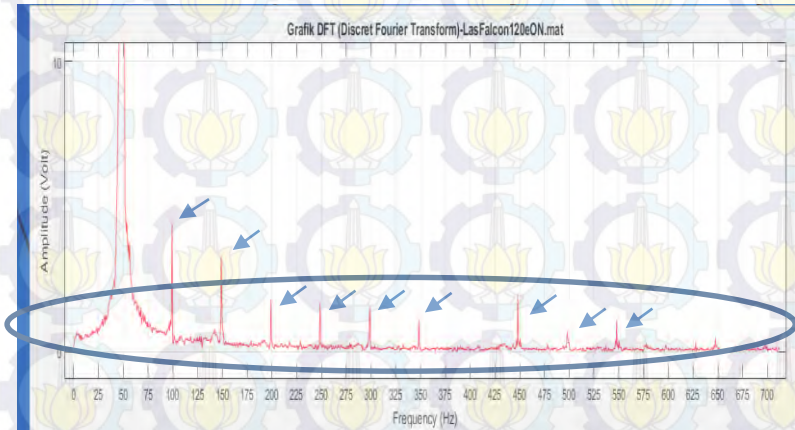
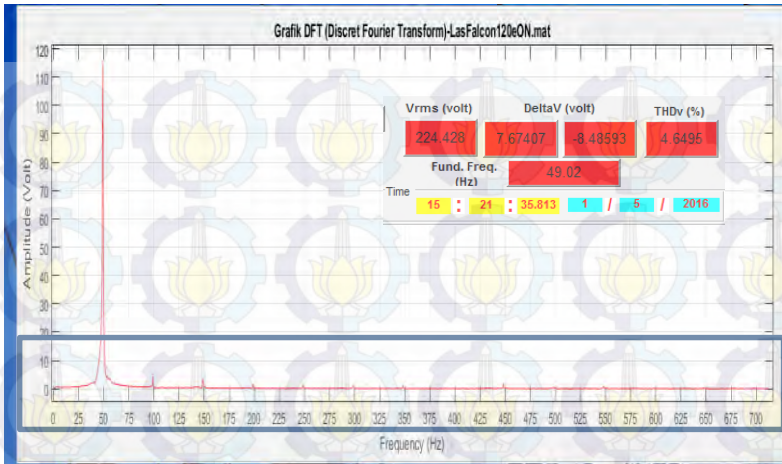
Gambar 4.35. Gelombang Tegangan dalam Keadaan Beban Las Melakukan Proses Pengelasan

Pada Gambar 4.33. dan Gambar 4.34. terlihat bahwa amplitudo gelombang tegangan yang terukur relatif rata sedangkan pada Gambar 4.35. terlihat bahwa amplitudo gelombang tegangan yang terukur mengalami fluktuasi naik turun secara berulang. Hal inilah yang menyebabkan nilai ΔV saat melakukan pengelasan lebih besar daripada saat tidak melakukan pengelasan dan saat tanpa beban.

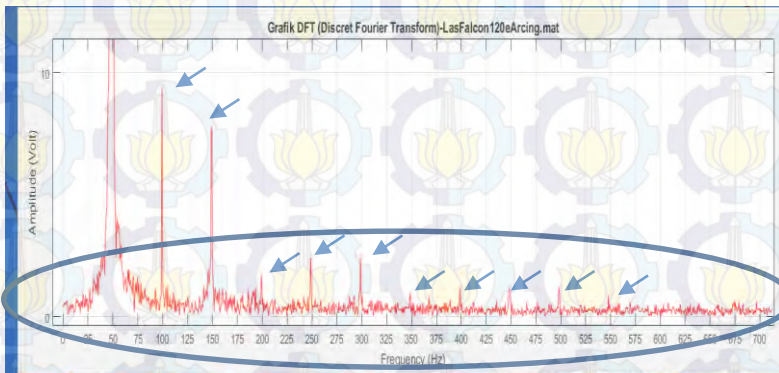
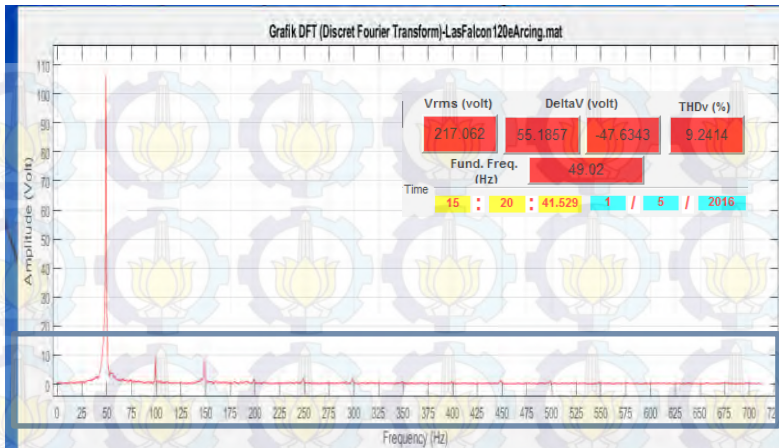
Selanjutnya akan dibandingkan grafik hasil transformasi dari domain waktu menjadi domain frekuensi menggunakan metode DFT. Gambar 4.36. adalah grafik hasil transformasi gelombang tegangan tanpa beban, Gambar 4.37. adalah grafik hasil transformasi gelombang tegangan dengan beban las terpasang tanpa melakukan pengelasan dan pada Gambar 4.38. adalah grafik hasil transformasi gelombang tegangan saat melakukan pengelasan.



Gambar 4.36. Transformasi Gelombang Tegangan Tanpa Beban



Gambar 4.37. Transformasi Gelombang Tegangan dengan Beban Las Listrik Tanpa Melakukan Pengelasan



Gambar 4.38. Transformasi Gelombang Tegangan dengan Beban Las Listrik saat Melakukan Pengelasan

1. Penjelasan Gambar 4.36.

Gambar 4.36. adalah grafik hasil transformasi gelombang tegangan tanpa beban dari domain waktu menjadi domain frekuensi menggunakan metode DFT. Dari Gambar 4.36. terlihat frekuensi fundamental berada pada kisaran nilai 50

Hz. Di frekuensi 100 Hz, 150 Hz, 250 Hz, 300 Hz, dan 450 Hz terdapat komponen gelombang selain fundamental.

2. Penjelasan Gambar 4.37.

Gambar 4.37. adalah grafik hasil transformasi gelombang tegangan dengan beban las tanpa melakukan pengelasan dari domain waktu menjadi domain frekuensi menggunakan metode DFT. Dari Gambar 4.37. terlihat frekuensi fundamental berada pada kisaran nilai 50 Hz. Di frekuensi 100 Hz, 150 Hz, 200 Hz, 250 Hz, 300 Hz, 350 Hz, 450 Hz, 500 Hz dan 550 Hz terdapat komponen gelombang selain fundamental.

3. Penjelasan Gambar 4.38.

Gambar 4.38. adalah grafik hasil transformasi gelombang tegangan dengan beban las ketika melakukan pengelasan dari domain waktu menjadi domain frekuensi menggunakan metode DFT. Dari Gambar 4.38. terlihat frekuensi fundamental berada pada kisaran nilai 50 Hz. Di frekuensi 100 Hz, 150 Hz, 200 Hz, 250 Hz, 300 Hz, 350 Hz, 450 Hz, 500 Hz dan 550 Hz terdapat komponen gelombang selain fundamental. Pada daerah yang berada dalam lingkaran terlihat relatif tidak sehalus seperti pada Gambar 4.36. dan Gambar 4.37.

Terdapat perbedaan antara grafik yang ada pada Gambar 4.36., Gambar 4.37. dan Gambar 4.38.. Pada Gambar 4.36. komponen gelombang selain fundamental hanya muncul di frekuensi 100 Hz, 150 Hz, 250 Hz, 300 Hz, dan 450 Hz. Sedangkan pada Gambar 4.37. komponen gelombang selain fundamental muncul di frekuensi 100 Hz, 150 Hz, 200 Hz, 250 Hz, 300 Hz, 350 Hz, 450 Hz, 500 Hz dan 550 Hz. Selanjutnya pada Gambar 4.38. komponen selain fundamental yang muncul memiliki frekuensi yang sama dengan Gambar 4.37. hanya saja nilai amplitudonya relatif lebih tinggi.

Komponen gelombang yang memiliki frekuensi kelipatan 50 Hz (frekuensi fundamental) adalah komponen gelombang yang menyebabkan nilai THDv tinggi. Hal ini bisa dilihat pada Tabel 4.10, nilai THDv terendah dimiliki oleh gelombang tegangan tanpa beban yang memiliki grafik hasil transformasi pada Gambar 4.36. dengan jumlah komponen dengan frekuensi kelipatan fundamental paling sedikit. Selanjutnya di urutan kedua adalah gelombang tegangan dengan beban las namun tanpa melakukan pengelasan yang memiliki grafik

hasil transformasi pada Gambar 4.37. dengan jumlah komponen frekuensi kelipatan fundamental lebih banyak daripada Gambar 4.36. Dan yang tertinggi adalah ketika melakukan proses pengelasan yang memiliki grafik hasil transformasi pada Gambar 4.38. dengan jumlah komponen frekuensi kelipatan fundamental sama dengan Gambar 4.37. hanya saja nilai amplitudonya yang relatif lebih tinggi.

Pembahasan selanjutnya adalah perbedaan dari ketiga grafik hasil transformasi diatas berdasarkan daerah yang dilingkari. Pada grafik di Gambar 4.36. dan 4.37. bentuk grafik cenderung halus, tidak ada lonjakan lonjakan kecil. Namun hal lain terjadi pada grafik di Gambar 4.38. yang cenderung terdapat lonjakan-lonjakan kecil. Hal ini bisa diperhatikan dengan melihat grafik pada daerah yang dilingkari.

Setelah melakukan pengujian pada las listrik Falcon120e dan membandingkan hasil pengujian dengan kondisi tanpa beban dimana kondisi ini dianggap normal tidak ada gangguan *voltage flicker* maka dapat ditarik kesimpulan bahwa las listrik Falcon120e adalah beban yang berpotensi menghasilkan *voltage flicker* ketika melakukan proses pengelasan karena memiliki bentuk amplitudo gelombang tegangan yang fluktuatif. Hal ini bisa dilihat dari grafik gelombang tegangan dengan domain waktu maupun hasil tranformasi dengan domain frekuensi dan nilai ΔV yang begitu besar dibandingkan dengan keadaan normal tanpa beban maupun saat tanpa melakukan pengelasan.

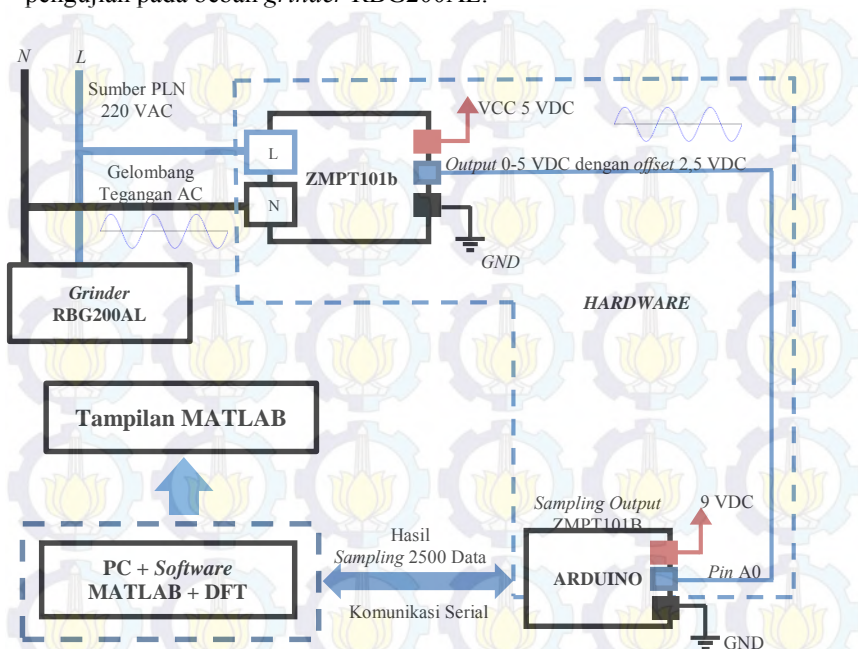
4.8.4. Hasil Pengujian Menggunakan Beban *Grinder* Tipe RBG200AL

Pada pengujian ini akan dilakukan pengambilan data pada beban *grinder* tipe RBG200AL. Adapun beban *grinder* RBG200AL ini memiliki spesifikasi sebagai berikut [20]:

Daya Listrik	: $\frac{3}{4}$ HP
Tegangan	: 220 Volt
Frekuensi	: 50 Hz
Kecepatan	: 2950 rpm

Tujuan melakukan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah *grinder* RBG200AL merupakan beban penghasil *voltage flicker* atau tidak. Dengan membandingkan bentuk grafik tegangan, grafik transformasi DFT dan nilai ΔV dalam keadaan tanpa beban dan keadaan saat *grinder* digunakan dapat terlihat apakah beban ini berpotensi menimbulkan *voltage flicker* atau tidak. *Wiring* pengujian dapat dilihat

pada Gambar 4.39. sedangkan pada Tabel 4.11. dibawah ini adalah hasil pengujian pada beban grinder RBG200AL.



Gambar 4.39. Wiring Pengujian Grinder RBG200AL

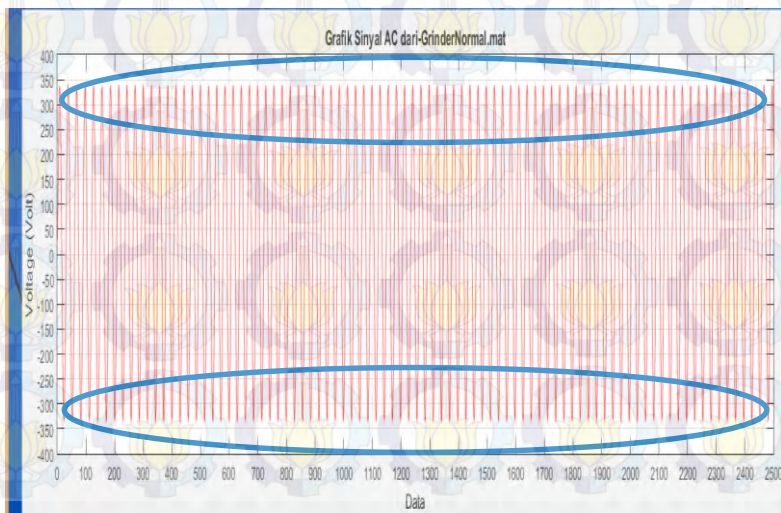
Tabel 4.11. Data Pengujian Beban Grinder

No	Kondisi	Tampilan MATLAB			
		Vrms (Volt)	ΔV positif (Volt)	ΔV negatif (Volt)	THD _v (%)
1	Normal Tanpa Beban	235,378	1,7074	-1,2226	3,7717

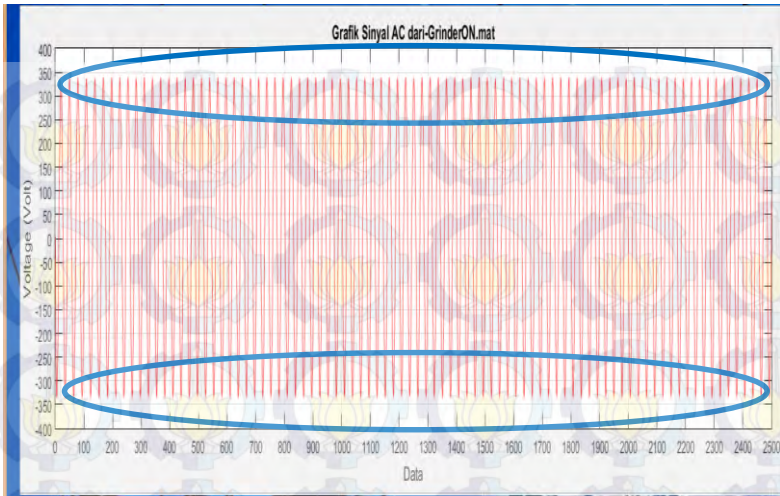
No	Kondisi	Tampilan MATLAB			
		Vrms (Volt)	ΔV positif (Volt)	ΔV negatif (Volt)	THDv (%)
2	Beban <i>Grinder</i> Digunakan	234,967	0,56035	-2,3697	3,7548

Pada Tabel 4.11. dapat terlihat nilai ΔV positif saat keadaan tanpa beban sebesar 1,7074 Volt dan berubah saat beban *grinder* digunakan menjadi 0,56035 Volt. Sedangkan ΔV negatif saat tanpa beban sebesar -1,2226 Volt dan ketika beban *grinder* digunakan menjadi -2,3697 Volt. Perubahan ΔV saat tanpa beban dan beban digunakan tidak terlalu signifikan.

Pada Gambar 4.40. berikut ini adalah gelombang tegangan tanpa beban, dan Gambar 4.41. adalah gelombang tegangan untuk keadaan *grinder* digunakan.



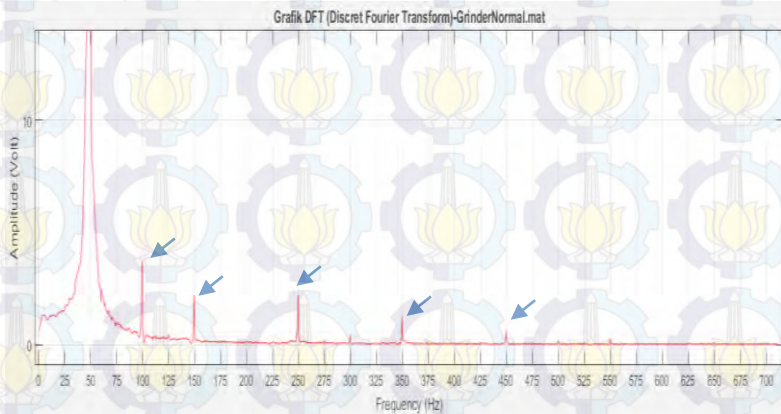
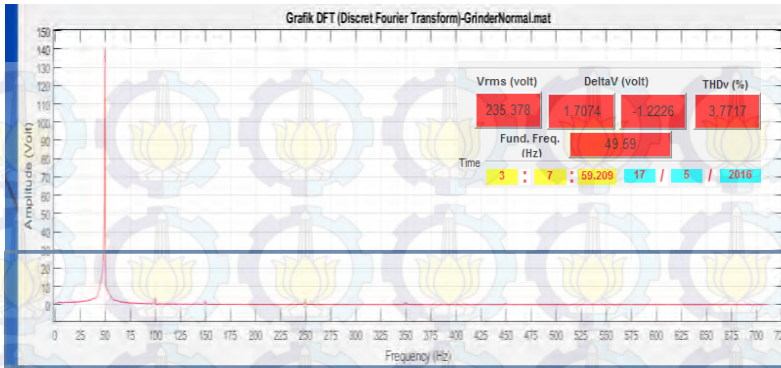
Gambar 4.40. Gelombang Tegangan dalam Keadaan Tanpa Beban



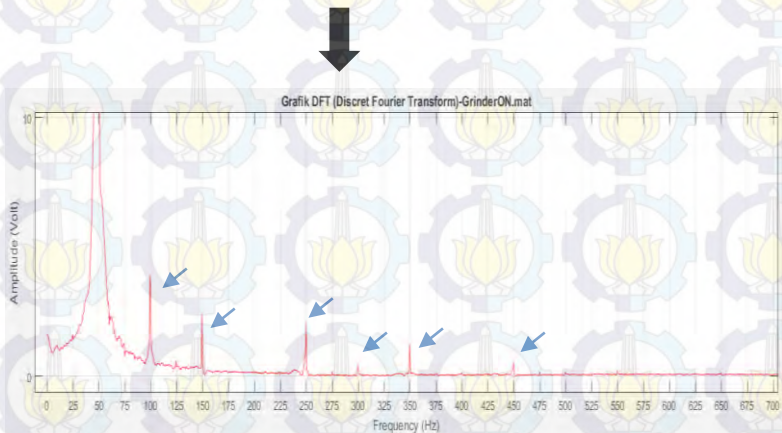
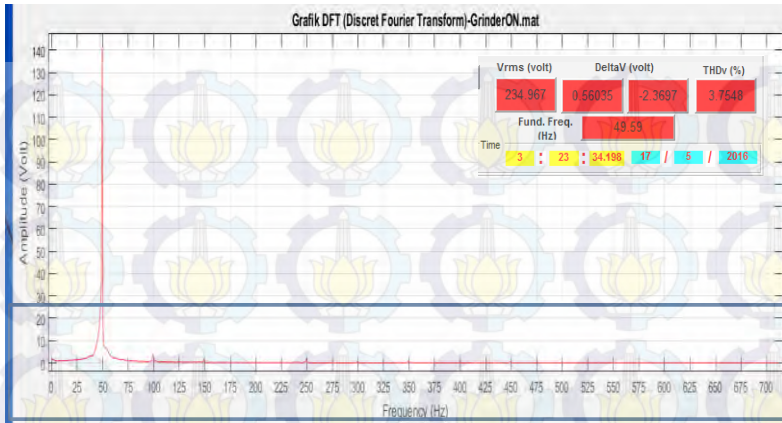
Gambar 4.41. Gelombang Tegangan dalam Keadaan *Grinder* Digunakan

Bentuk gelombang tegangan dan amplitudo gelombang tegangan pada Gambar 4.40. dan Gambar 4.41. terlihat relatif sama dan rata. Tidak terdapat adanya perubahan naik turun amplitudo gelombang tegangan yang begitu besar.

Selanjutnya akan dibandingkan grafik hasil transformasi dari domain waktu menjadi domain frekuensi menggunakan metode DFT. Gambar 4.42. adalah grafik hasil transformasi gelombang tegangan tanpa beban dan Gambar 4.43. adalah grafik hasil transformasi gelombang tegangan saat beban *grinder* digunakan.



Gambar 4.42. Transformasi Gelombang Tegangan Tanpa Beban



Gambar 4.43. Transformasi Gelombang Tegangan ketika Beban *Grinder* Digunakan

Gambar 4.42. merupakan grafik hasil transformasi gelombang tegangan dalam keadaan tanpa beban dan Gambar 4.43. merupakan grafik hasil transformasi gelombang tegangan dalam keadaan beban *grinder* digunakan.

Pada Gambar 4.42. terlihat frekuensi fundamental berada pada kisaran nilai 50 Hz. Pada frekuensi 100 Hz, 150 Hz, 250 Hz, 350 Hz dan 450 Hz terdapat komponen gelombang selain fundamental.

Pada Gambar 4.43. frekuensi fundamental juga berada pada kisaran nilai 50 Hz. Pada frekuensi 100 Hz, 150 Hz, 250 Hz, 300 Hz, 350 Hz dan 450 Hz terdapat komponen gelombang selain fundamental.

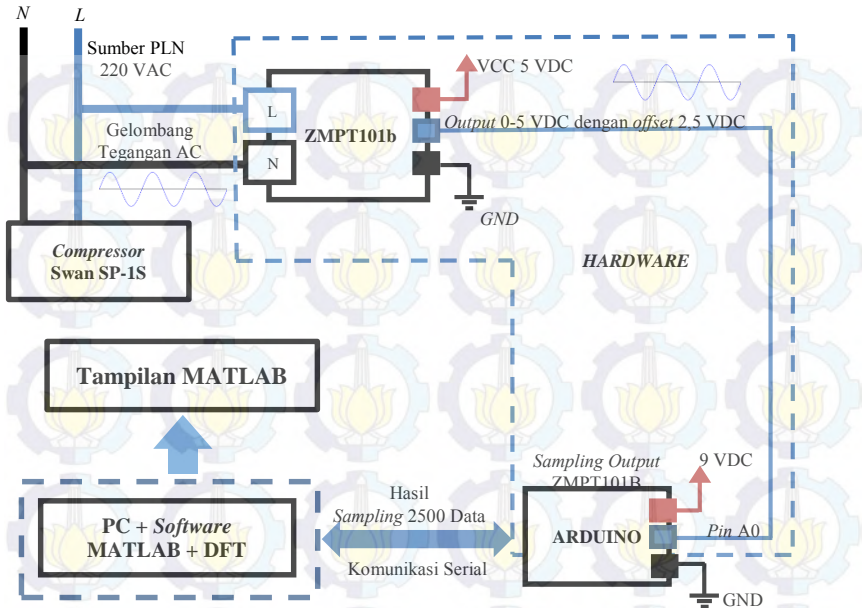
Setelah melakukan pengujian pada *grinder* RBG200AL dan membandingkan hasil pengujian saat *grinder* digunakan dengan kondisi tanpa beban dimana kondisi ini dianggap normal tidak ada gangguan *voltage flicker* maka dapat ditarik kesimpulan bahwa *grinder* RBG200AL adalah beban yang tidak berpotensi menghasilkan *voltage flicker*. Hal ini bisa dilihat pada grafik gelombang tegangan dengan domain waktu maupun grafik hasil transformasi dengan domain frekuensi saat beban *grinder* digunakan yang bentuknya relatif sama dengan grafik ketika dalam keadaan tanpa beban.

4.8.5. Hasil Pengujian Menggunakan Beban *Compressor* Listrik Swan SP-IS

Tujuan melakukan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah *compressor* SWAN SP-IS, merupakan beban penghasil *voltage flicker* atau tidak. Dengan membandingkan bentuk grafik tegangan, grafik transformasi DFT dan nilai ΔV dalam keadaan tanpa beban dan keadaan saat *compressor* digunakan dapat terlihat apakah beban *compressor* Swan SP-IS dapat menimbulkan *voltage flicker* atau tidak. Adapun beban *compressor* listrik Swan SP-IS ini memiliki spesifikasi sebagai berikut [21] :

Daya Listrik	: ¼ HP
Frekuensi	: 50 Hz
Tegangan	: 110-220 Volt
RPM	: 1430
Arus Nominal	: 2,7 – 5,4 A

Wiring pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.44. sedangkan pada Tabel 4.12. dibawah ini adalah hasil pengujian pada beban *compressor*.



Gambar 4.44. *Wiring* Pengujian *Compressor* Swan SP-1S

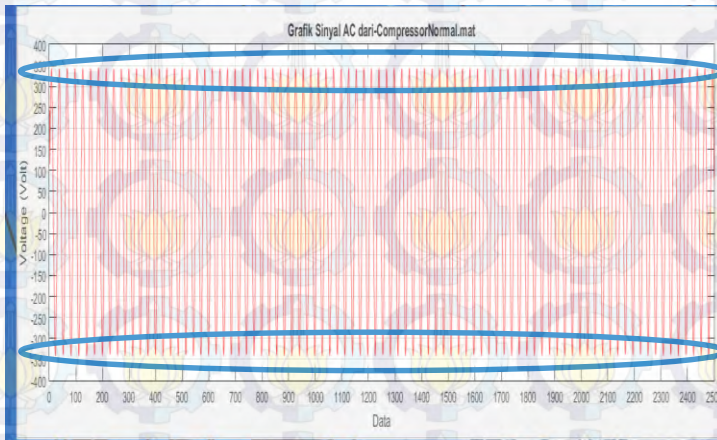
Tabel 4.12. Data Pengujian Beban *Compressor*

No	Kondisi	Tampilan MATLAB			
		Vrms (Volt)	ΔV positif (Volt)	ΔV negatif (Volt)	THDv (%)
1	Tanpa Beban	237,644	2,205	-2,205	3,6421
2	Beban <i>Compressor</i> Digunakan	234,036	3,022	-5,788	3,8988

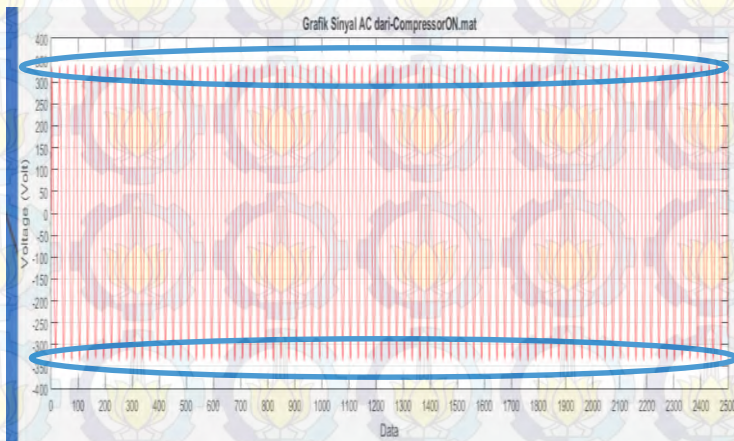
Pada Tabel 4.12. dapat terlihat nilai ΔV positif saat keadaan tanpa beban sebesar 2,205 Volt dan berubah saat beban *compressor* digunakan menjadi 3,022 Volt. Sedangkan ΔV negatif saat tanpa beban sebesar -2,205 Volt dan ketika beban *compressor* digunakan menjadi

-5,788 Volt. Perubahan ΔV saat tanpa beban dan beban digunakan tidak terlalu signifikan.

Pada Gambar 4.45. berikut ini adalah gelombang tegangan tanpa beban, dan Gambar 4.46. adalah gelombang tegangan untuk keadaan *compressor* digunakan.



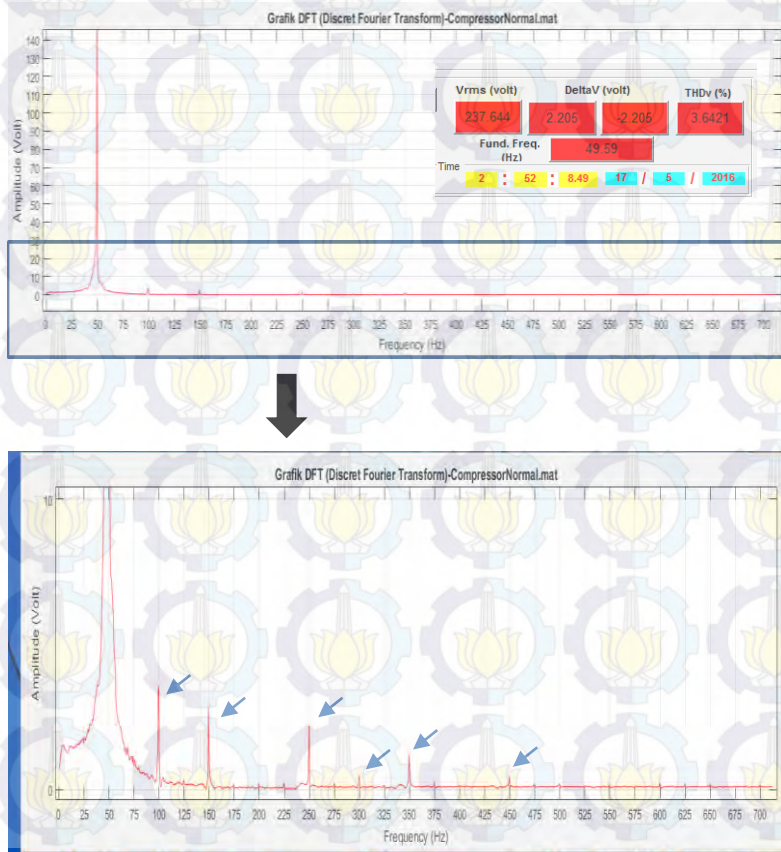
Gambar 4.45. Gelombang Tegangan dalam Keadaan Tanpa Beban



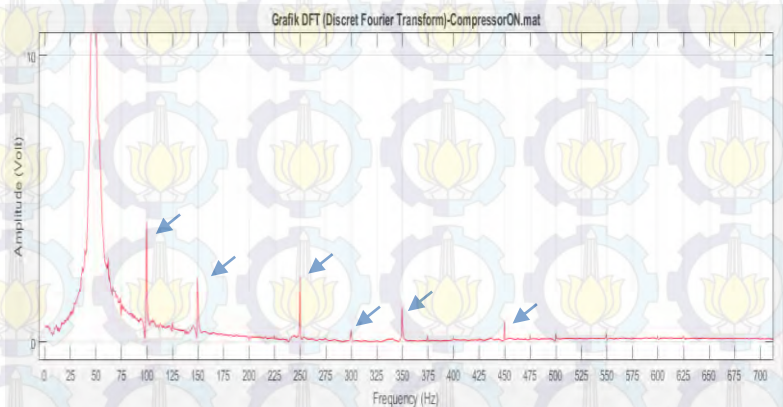
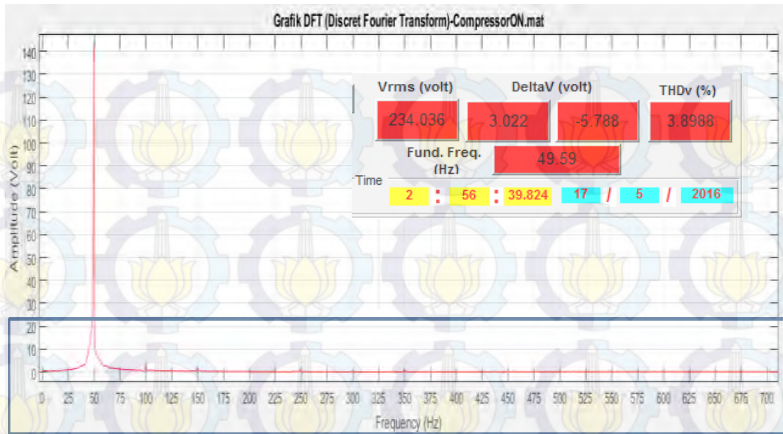
Gambar 4.46. Gelombang Tegangan dalam Keadaan *Compressor* Digunakan

Bentuk gelombang tegangan dan amplitudo gelombang tegangan pada Gambar 4.45. dan Gambar 4.46. terlihat relatif sama dan rata. Tidak terdapat adanya perubahan naik turun amplitudo gelombang tegangan yang begitu besar.

Selanjutnya akan dibandingkan grafik hasil transformasi dari domain waktu menjadi domain frekuensi menggunakan metode DFT. Gambar 4.47. adalah grafik hasil transformasi gelombang tegangan tanpa beban dan Gambar 4.48. adalah grafik hasil transformasi gelombang tegangan saat beban *compressor* digunakan.



Gambar 4.47. Transformasi Gelombang Tegangan Tanpa Beban



Gambar 4.48. Transformasi Gelombang Tegangan ketika Beban *Compressor* Digunakan

Gambar 4.47. merupakan grafik hasil transformasi gelombang tegangan dalam keadaan normal tanpa beban dan Gambar 4.48. merupakan grafik hasil transformasi gelombang tegangan dalam keadaan beban *compressor* digunakan.

Pada Gambar 4.47. terlihat frekuensi fundamental berada pada kisaran nilai 50 Hz. Pada frekuensi 100 Hz, 150 Hz, 250 Hz, 300 Hz, 350 Hz dan 450 Hz terdapat komponen gelombang selain fundamental. Begitupula hal yang sama terjadi pada Gambar 4.48..

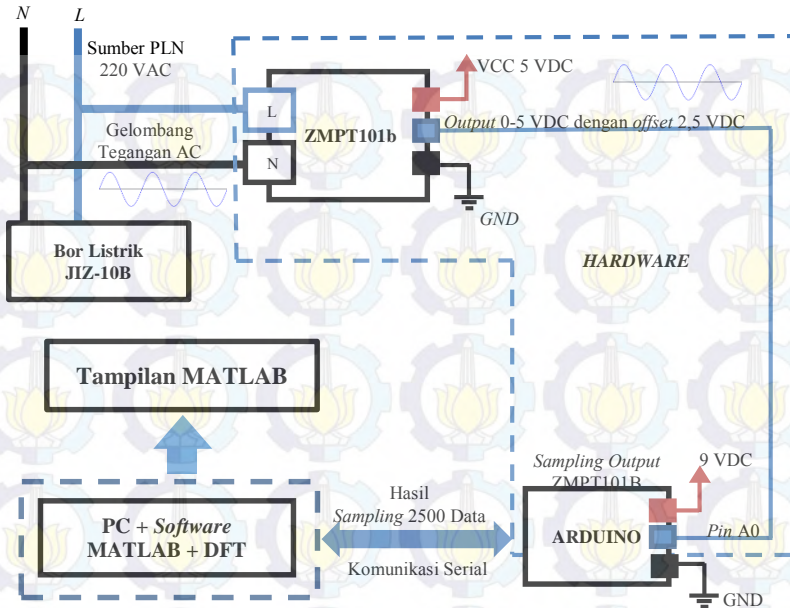
Setelah melakukan pengujian pada *compressor* Swan SP-IS dan membandingkan hasil pengujian saat *compressor* digunakan dengan kondisi tanpa beban dimana kondisi ini dianggap normal tidak ada gangguan *voltage flicker* maka dapat ditarik kesimpulan bahwa *compressor* Swan SP-IS adalah beban yang tidak berpotensi menghasilkan *voltage flicker*. Hal ini bisa dilihat pada grafik gelombang tegangan dengan domain waktu maupun hasil transformasi dengan domain frekuensi saat beban *compressor* digunakan yang bentuknya relatif sama dengan grafik ketika dalam keadaan tanpa beban.

4.8.6. Hasil Pengujian Menggunakan Beban Bor Listrik Tipe JIZ-10B

Pada pengujian ini akan dilakukan pengambilan data dengan menggunakan beban bor listrik. Adapun beban bor listrik tipe JIZ-10B ini memiliki spesifikasi sebagai berikut [22]:

Daya Listrik	: 300 Watt
Tegangan	: 220 Volt
Frekuensi	: 50 – 60 Hz
Kecepatan Tanpa Beban	: 2400 rpm
Kapasitas Bor Besi	: 10 mm
Kapasitas Bor Kayu	: 25 mm

Tujuan melakukan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah bor listrik merupakan beban penghasil *voltage flicker* atau tidak. Dengan membandingkan bentuk grafik tegangan, grafik transformasi DFT, nilai ΔV dalam keadaan tanpa beban dan keadaan saat bor listrik digunakan dapat terlihat apakah beban ini dapat menimbulkan *voltage flicker* atau tidak. *Wiring* pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.49. sedangkan pada Tabel 4.13. dibawah ini adalah hasil pengujian pada beban bor listrik.



Gambar 4.49. *Wiring* Pengujian Bor Listrik JIZ-10B

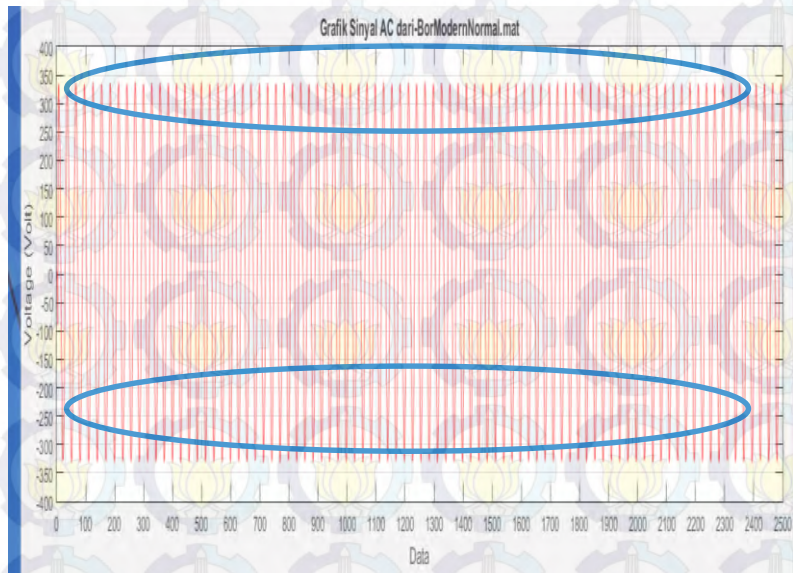
Tabel 4.13. Data Pengujian Beban Bor Listrik

No	Kondisi	Tampilan MATLAB			
		Vrms (Volt)	ΔV positif (Volt)	ΔV negatif (Volt)	THDv (%)
1	Tanpa Beban	233,612	1,7264	-1,2136	3,661
2	Beban Bor Digunakan	233,03	2,5981	-1,8119	3,9441

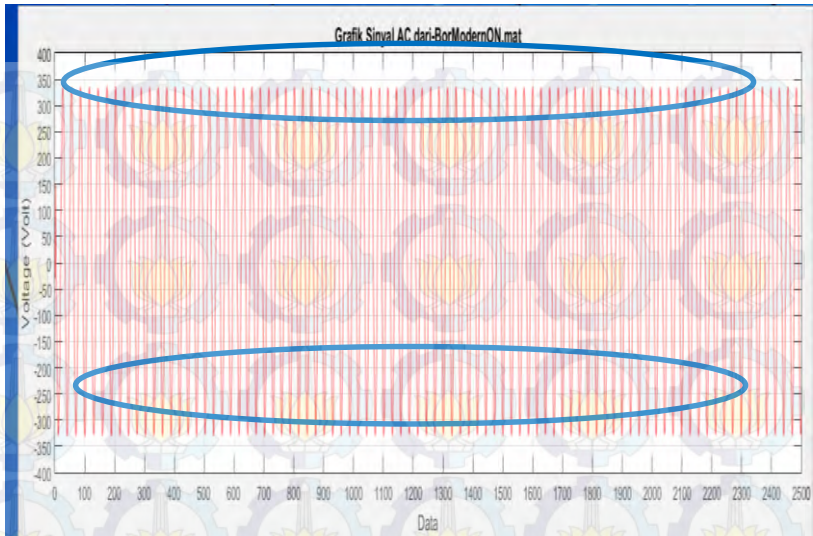
Pada Tabel 4.13. dapat terlihat nilai ΔV positif saat keadaan tanpa beban sebesar 1,7264 Volt dan berubah saat beban bor listrik digunakan menjadi 2,5981 Volt. Sedangkan ΔV negatif saat tanpa beban -1,2136 Volt dan ketika beban bor listrik digunakan menjadi -1,8119

Volt. Perubahan ΔV saat tanpa beban dan beban digunakan tidak terlalu signifikan.

Pada Gambar 4.50. berikut ini adalah gelombang tegangan tanpa beban, dan Gambar 4.51. adalah gelombang tegangan untuk keadaan bor listrik digunakan.



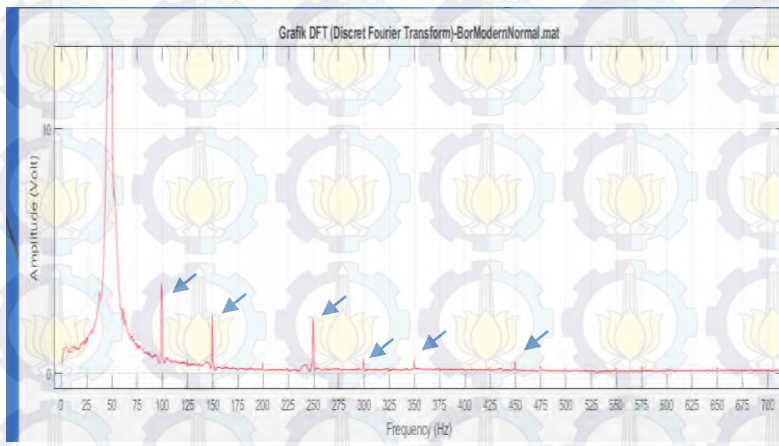
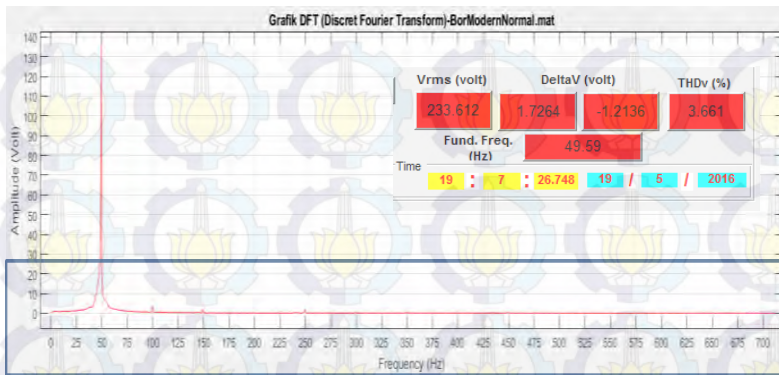
Gambar 4.50. Gelombang Tegangan dalam Keadaan Tanpa Beban



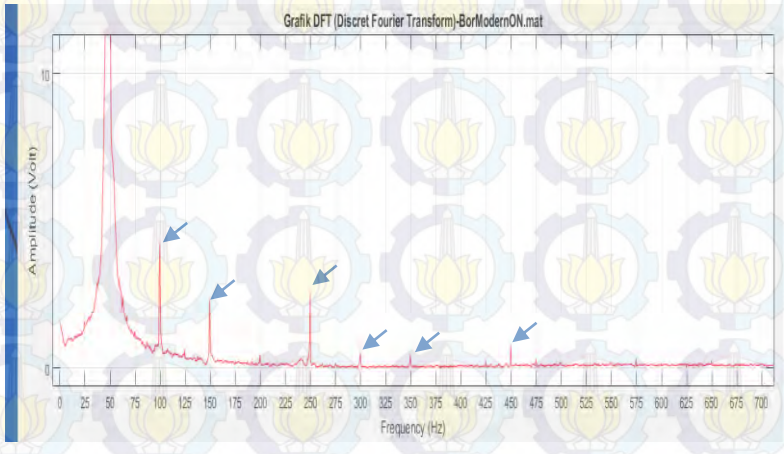
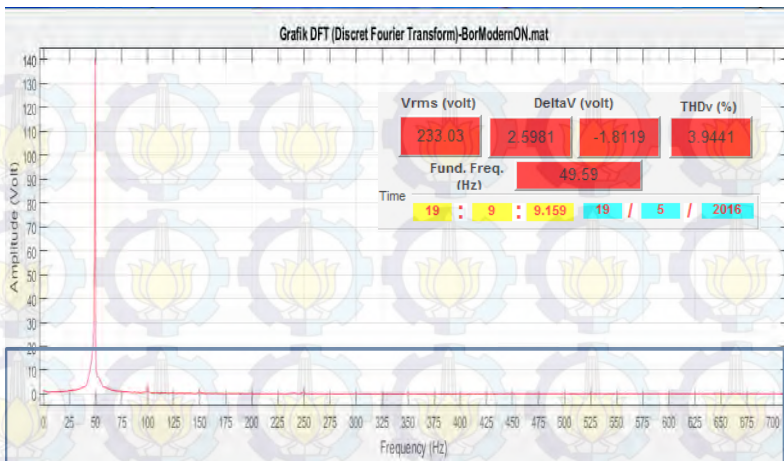
Gambar 4.51. Gelombang Tegangan dalam Keadaan Bor Listrik Digunakan

Bentuk gelombang tegangan dan amplitudo gelombang tegangan pada Gambar 4.50, dan Gambar 4.51, terlihat relatif sama dan rata. Tidak terdapat adanya perubahan naik turun puncak gelombang tegangan yang begitu besar.

Selanjutnya akan dibandingkan grafik hasil transformasi dari domain waktu menjadi domain frekuensi menggunakan metode DFT. Gambar 4.52, adalah grafik hasil transformasi gelombang tegangan tanpa beban dan Gambar 4.53, adalah grafik hasil transformasi gelombang tegangan saat beban bor listrik digunakan.



Gambar 4.52. Transformasi Gelombang Tegangan Tanpa Beban



Gambar 4.53. Transformasi Gelombang Tegangan ketika Bor Listrik Digunakan

Pada Gambar 4.52. terlihat frekuensi fundamental berada pada kisaran nilai 50 Hz. Pada frekuensi 100 Hz, 150 Hz, 250 Hz, 300 Hz, 350 Hz dan 450 Hz terdapat komponen gelombang selain fundamental. Begitupula hal yang sama terjadi pada Gambar 4.53..

Setelah melakukan pengujian pada bor listrik JIZ-10B dan membandingkan hasil pengujian saat bor listrik digunakan dengan kondisi tanpa beban dimana kondisi ini dianggap normal tidak ada gangguan *voltage flicker* maka dapat ditarik kesimpulan bahwa bor listrik JIZ-10B adalah beban yang tidak berpotensi menghasilkan *voltage flicker*. Hal ini bisa dilihat pada grafik gelombang tegangan dengan domain waktu maupun hasil transformasi dengan domain frekuensi saat beban bor listrik digunakan yang bentuknya relatif sama dengan grafik ketika dalam keadaan tanpa beban.



BAB V

PENUTUP

Berdasarkan dari bab sebelumnya mengenai pengujian dan analisa data, dapat ditarik beberapa kesimpulan mengenai data-data yang telah didapatkan dan saran untuk menyempurnakan beberapa kekurangan yang terdapat di dalam pembuatan alat, baik sisi *hardware* maupun *software*.

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian terhadap hasil desain prototipe *voltage flicker* meter dapat diambil kesimpulan bahwa sensor tegangan ZMPT101b memiliki perubahan *output* yang linier terhadap perubahan *input* dan memiliki nilai *error* rata-rata sebesar 0,5023 %. Sedangkan sensor arus ACS 712 20A memiliki nilai *error* rata-rata sebesar 1,7 %. Berdasarkan hasil pengujian terhadap beban las listrik Falcon 120e dapat diambil kesimpulan bahwa beban ini berpotensi menghasilkan *voltage flicker* hal ini dapat dilihat dari bentuk amplitudo gelombang tegangan yang relatif fluktuatif. Sedangkan untuk pengujian terhadap beban *grinder* RBG200AL, *compressor* listrik Swan SP-IS dan bor listrik J1Z-10B dapat diambil kesimpulan bahwa beban-beban tersebut tidak berpotensi menghasilkan *voltage flicker* hal ini dapat dilihat dari bentuk amplitudo gelombang tegangan yang dihasilkan oleh beban-beban tersebut relatif rata.

5.2. Saran

Dalam setiap pembuatan alat pasti jauh dari kata sempurna, kekurangan dan kesalahan masih banyak ditemukan pada alat ini. Saran untuk menyempurnakan alat ini agar lebih sempurna adalah :

1. Untuk mempermudah melakukan pendeteksian dilakukan dengan komunikasi jarak jauh atau yang lebih baik lagi.
2. Agar didapatkan sinyal tegangan yang lebih akurat digunakan perangkat data akuisisi yang mampu melakukan *sampling* dengan frekuensi lebih tinggi.
3. Agar dapat mendeteksi fluktuasi tegangan yang lebih kecil digunakan sensor tegangan yang memiliki sensitifitas lebih tinggi.
4. Agar data sensor arus menghasilkan *error* yang minimal, digunakan sensor arus yang lebih teliti.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cheng-I Chen, Member, IEEE, Yeong-Chin Chen, Yung-Ruei Chang, Member, IEEE, dan Yih-Der Lee, Member, IEEE, "An Accurate Solution Procedure for Calculation of Voltage Flicker Components", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 61, no. 5, May 2014.
- [2] Navid Eghtedarpour, Ebrahim Farjah, Member, IEEE, dan Alireza Khayatian, "Effective Voltage Flicker Calculation Based on Multiresolution S-Transform", *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 27, no. 2, April 2012.
- [3] E. A. Feilat, Senior Member, IEEE, "Detection of Voltage Envelope Using Prony Analysis–Hilbert Transform Method", *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 21, no. 4, Oktober 2012.
- [4] Cristian F. Albistur, Pablo A. Aravena, Student Member, IEEE, Luis A. Morán, Fellow, IEEE, dan José R. Espinoza, Member, IEEE, " A Simple Predictive Method to Estimate Flicker ", *IEEE Transactions on Industrial Applications*, vol. 50, no. 3, Mei/Juni 2014.
- [5] Wenxuan Yao, Qiu Tang, Zhaosheng Teng, Yunpeng Gao, dan He Wen, Member, IEEE, "Fast S-Transform for Time-Varying Voltage Flicker Analysis", *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 63, no. 1, Januari 2014.
- [6] ..., "Mutu Produk Menuju World Class Service 2015", PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur, 2013.
- [7] J.J. Gutierrez, J. Ruiz, A. Lazkano dan L.A. Leturiondo, "Measurement of Voltage Flicker: Application to Grid-connected Wind Turbines", *Advances in Measurement Systems*, book edited by Milind Kr Sharma, ISBN 978-953-307-061-2, Published: April 1, 2010 under CC BY-NC-SA 3.0 license.
- [8] J. Sousa, M.T. Correia de Barros, M. Covas, A. Simões, "Harmonics and Flicker Analysis in Arc Furnace Power Systems", *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, vol. 3, pp. 1864-1868, Juli, 2006.

- [9] Rajesh Ingale, "Harmonic Analysis Using FFT and STFT", *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*, vol.7, no.4 (2014), pp.345-362.
- [10] William H. Hayt, Jack E. Kemmerly, "Rangkaian Listrik Jilid ke 2", Erlangga, Jakarta, 1999.
- [11] Brad Osgood, "The Fourier Transform and Its Application", *Electrical Engineering Department, Stanford University*.
- [12] _____, "Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor", Allegro MicroSystem.
- [13] _____, "ZMPT101b Voltage Transformer", Nanjing Zeming.
- [14] _____, "Arduino Mega 2560", Impatto Zero.
- [15] _____, "Connector System for Universal Serial Bus (USB)", Tyco Electronics.
- [16] Widiarsono, "Tutorial Praktis Belajar MATLAB", Jakarta, 2005.
- [17] Cristinel Ababei, "SPI and SD Cards", *Electrical Engineering Department, University at Buffalo*.
- [18] _____, "DS1307 64x8, Serial, I²C Real-Time Clock", Maxim Integrated
- [19] Sulistya, *Lakoni Mesin Las Inverter*, http://www.graha-teknik.com/1_10_Products-Catalogue.html, 9 Juni 2016
- [20] Li, *Bench Grinder*, http://spanish.everychina.com/f-z51f2d4b/p-92654701-bench_grinder.html, 9 Juni 2016.
- [21] Charisma, *Swan Air Compressor*, http://www.swan-compressors.com/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=7, 9 Juni 2016.
- [22] Hartono, *Mesin Bor Modern*, <http://www.rodateknik.com/product/7/138/MODERN-JIZ-10-B>, 9 Juni 2016.

LAMPIRAN A

A.1. Listing Program Arduino

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3, 2);
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <Wire.h>
#include "RTClib.h"

RTC_DS1307 rtc;

char daysOfTheWeek[7][12] = {"Sunday", "Monday", "Tuesday",
"Wednesday", "Thursday", "Friday", "Saturday"};

File dataFile;

float sensorValue = 0;
int pin = A2;
int ledPin = A3;
int ledPin1 = A6;

float current=0;
const int currentPin = A1;
const unsigned long sampleTime = 100000UL;
const unsigned long numSamples = 250UL;
const unsigned long sampleInterval = sampleTime/numSamples;
const int adc_zero = 512;

float voltage=0;
const int voltagePin = A0;
const unsigned long VsampleTime = 100000UL;
const unsigned long VnumSamples = 250UL;
const unsigned long VsampleInterval = VsampleTime/VnumSamples;
const int Vadc_zero = 512;
```

```
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  lcd.begin(16, 2);
  pinMode (pin, INPUT_PULLUP);
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  lcd.print ("Voltage Flicker");
  digitalWrite(ledPin, HIGH);
}

void loop()
{
  while (digitalRead (pin) == LOW) //short, sampling mode
  {
    sensorValue = (analogRead(voltagePin) *1.443439786-750.9000187);
    Serial.println(sensorValue);
  }
  lcd.clear();
  digitalWrite(ledPin, LOW);
  digitalWrite(ledPin1, HIGH);
  DataLogging ();
  lcd.clear();
  lcd.print ("Voltage Flicker");
  digitalWrite(ledPin, HIGH);
  digitalWrite(ledPin1, LOW);
}

void DataLogging ()
{
  lcd.begin(16, 2);
  RTC_DS1307 rtc;
  File dataFile;
  lcd.print ("Init. Card");
  delay (2000);
  //rtc.begin();
}
```

```
//rtc.adjust(DateTime(2016, 5, 20, 3, 43, 40));
```

```
if (!SD.begin(10, 11, 12, 13))
```

```
{  
  lcd.clear();  
  delay (2000);  
}
```

```
else
```

```
{  
  lcd.clear ();  
  lcd.print ("Card Ready");  
  delay (2000);  
  lcd.clear();  
}
```

```
if (! rtc.begin())
```

```
{  
  lcd.clear ();  
  lcd.print ("Couldnt find RTC");  
}
```

```
if (! rtc.isrunning())
```

```
{  
  lcd.clear ();  
  lcd.print ("RTC isnt Running");  
}
```

```
rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
```

```
//rtc.adjust(DateTime(2014, 1, 21, 3, 0, 0));
```

```
}
```

```
while (digitalRead (pin) == HIGH)
```

```
{  
  DateTime now = rtc.now();
```

```
  VoltageSense();
```

```
  CurrentSense();
```

```
  delay (800);
```

```
  lcd.clear();
```

```
  lcd.setCursor (0, 0);
```

```
  lcd.print (voltage);
```

```
  lcd.print (" V");
```

```
lcd.setCursor (9, 0);  
lcd.print (current);  
lcd.print (" A");
```

```
lcd.setCursor (0, 1);  
lcd.print (now.hour(), DEC);  
lcd.print(":");  
lcd.print(now.minute(), DEC);  
lcd.print(" ");  
lcd.print (now.day(), DEC);  
lcd.print("/");  
lcd.print(now.month(), DEC);  
lcd.print("/");  
lcd.print(now.year(), DEC);
```

```
File dataFile = SD.open("log.csv", FILE_WRITE);  
if (dataFile)
```

```
{  
    digitalWrite(ledPin1, LOW);  
    dataFile.print(now.hour(), DEC);  
    dataFile.print(":");  
    dataFile.print(now.minute(), DEC);  
    dataFile.print(":");
```

```
    dataFile.print(now.second(), DEC);  
    dataFile.print(",");
```

```
    dataFile.print(now.day(), DEC);  
    dataFile.print("/");  
    dataFile.print(now.month(), DEC);  
    dataFile.print("/");  
    dataFile.print(now.year(), DEC);  
    dataFile.print(",");
```

```
    dataFile.print(voltage);  
    dataFile.print(",");  
    dataFile.print("Volt");
```

```
dataFile.print(",");
dataFile.print(current);
dataFile.print(",");
dataFile.print("Amp");
if (voltage < 207 || voltage > 241)
{
  if (voltage < 207)
  {
    dataFile.print(",");
    dataFile.println("Tegangan Dibawah Standart");
  }

  if (voltage > 241)
  {
    dataFile.print(",");
    dataFile.println("Tegangan Diatas Standart");
  }
}
else
{
  dataFile.print(",");
  dataFile.println("Tegangan Normal");
}

dataFile.close();
delay (500);
digitalWrite(ledPin1, HIGH);
delay (500);
}
else
{
  lcd.setCursor (0,1);
  lcd.print ("Can't Open File ");
  delay (1000);
}
}
```



```
void VoltageSense()
```

```
{  
  unsigned long voltageAcc = 0;  
  unsigned int Vcount = 0;  
  unsigned long VprevMicros = micros() - VsampleInterval ;  
  while (Vcount < VnumSamples)  
  {  
    if (micros() - VprevMicros >= VsampleInterval)  
    {  
      long Vadc_raw = (analogRead(voltagePin)*1.443439786-  
750.9000187);  
      voltageAcc += (unsigned long)(Vadc_raw * Vadc_raw);  
      ++Vcount;  
      VprevMicros += VsampleInterval;  
    }  
  }  
}
```

```
float Vrms = sqrt((float)voltageAcc/(float)VnumSamples );
```

```
if (Vrms<5.0)
```

```
{  
  Vrms=0;  
}  
voltage=Vrms;  
}
```

```
void CurrentSense()
```

```
{  
  unsigned long currentAcc = 0;  
  unsigned int count = 0;  
  unsigned long prevMicros = micros() - sampleInterval ;  
  while (count < numSamples)  
  {  
    if (micros() - prevMicros >= sampleInterval)  
    {  
      long adc_raw = analogRead(currentPin) - adc_zero;  
      currentAcc += (unsigned long)(adc_raw * adc_raw);  
    }  
  }  
}
```

```

++count;
prevMicros += sampleInterval;
}
}
float rms = sqrt((float)currentAcc/(float)numSamples);
rms = (rms*0.049686181)-0.128852625;

if (rms<0.45)
{
rms = 0;
}
current = rms;
}

```

A.2. Listing Program MATLAB

```

function varargout = Flicker(varargin)
% DELTAV MATLAB code for Flicker.fig
%
% Flicker, by itself, creates a new DELTAV or raises the
existing
% singleton*.
%
% H = Flicker returns the handle to a new DELTAV or the
handle to
% the existing singleton*.
%
% Flicker('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls
the local
% function named CALLBACK in DELTAV.M with the given
input arguments.
%
% Flicker('Property','Value',...) creates a new DELTAV or
raises the
% existing singleton*. Starting from the left, property value
pairs are
% applied to the GUI before Flicker_OpeningFcn gets called.
An

```

```

% unrecognized property name or invalid value makes property
application
% stop. All inputs are passed to Flicker_OpeningFcn via
varargin.
%
% *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI
allows only one
% instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help deltax
% Last Modified by GUIDE v2.5 20-May-2016 04:28:49

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',    mfilename, ...
                  'gui_Singleton', gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @Flicker_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn', @Flicker_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn', [], ...
                  'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before deltax is made visible.
function Flicker_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
% Create background axes and move them to the background

```

```

hback = axes('units','normalized','position',[0 0 1 1]);
uistack(hback,'bottom');
% Load background image and display it
[back map]=imread('d.jpg');
image(back)
colormap(map)
% Turn the handlevisibility off so that we don't inadvertently plot
into
% the axes again. Also, make the axes invisible
set(hback,'handlevisibility','off','visible','off')

% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject handle to figure
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin command line arguments to deltav (see VARARGIN)

% Choose default command line output for deltav
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes deltav wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = Flicker_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
% varargout cell array for returning output args (see
VARARGOUT);
% hObject handle to figure
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure

```

```
varargout{1} = handles.output;
```

```
% --- Executes on button press in sampling.  
function sampling_Callback(hObject, eventdata, handles)  
com = get(handles.com, 'String');  
baud = str2num(get(handles.baud, 'String'));  
  
s = serial(com);  
set(s, 'InputBufferSize', 256);  
set(s, 'BaudRate', baud);  
set(s, 'DataBits', 8);  
set(s, 'Parity', 'none');  
set(s, 'StopBit', 1);  
set(s, 'FlowControl', 'hardware');  
set(s, 'Timeout', 10);  
  
clear global DataSampling;  
clear global Vrms;  
  
global DataSampling;  
global Vrms;  
  
if isempty(DataSampling) && isempty(Vrms))  
  
fopen(s);  
t=1;  
while(t<2501)  
    data = fscanf(s, '%f');  
    if (~isempty(data) && isfloat(data))  
        DataSampling(t) = data;  
        t=t+1;  
    end  
end  
fclose(s);  
  
handles.axes1;  
plot(DataSampling);
```

```
set(gca,'xtick',0:100:30000);
set(gca,'ytick',-1200:50:1200);
grid on;
title('Sinyal AC');
xlabel ('Data');
ylabel ('Voltage (Volt)');
```

```
KuadratData = DataSampling.*DataSampling;
Vrms = sqrt (mean(mean(KuadratData)));
Vrms = num2str (Vrms);
set (handles.vrms, 'string', Vrms);
set (handles.bedategpos, 'string', '-');
set (handles.bedategneg, 'string', '-');
set (handles.harmonisa, 'string', '-');
set (handles.waktudft, 'string', '0');
set (handles.fundfreq, 'string', '-');
```

```
set (handles.monitor, 'string','Proses Sampling Selesai, Pastikan
Tekan Tombol Hitung Untuk Langkah Selanjutnya dan Untuk
Perhitungan yang Sesuai');
```

```
else
    set (handles.monitor, 'string','Lakukan Lagi');
end
```

```
% hObject handle to sampling (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
% --- Executes on button press in dihitung.
function dihitung_Callback(hObject, eventdata, handles)
global DataSampling;
```

```
global THDv;
global DeltaVPos;
global DeltaVNeg;
global freq;
```

```

global Mx;
global frequensi;

fs =1425;
nfft =2500;
freq = (0:nfft/2-1)*fs/nfft;

if(isempty(Mx) && ~isempty(DataSampling))
tic
for k=1:1250
a=0;b=0;
for j=1:2500
Xr(k)=a+DataSampling(j)*cos(2*3.14*k*j/2500);
Xi(k)=b-DataSampling(j)*sin(2*3.14*k*j/2500);
a=Xr(k); b=Xi(k);
end;
Mx(k)=sqrt(((Xr(k))^2)+((Xi(k))^2))/2500;
end;
waktuDFT= toc;
waktuDFT = num2str (waktuDFT);
waktu= strcat ('waktu DFT = ',waktuDFT,' ','s');
set (handles.waktudft, 'string', waktu);

for blok=1:86
nilaimax (blok) = 0;
for n=(29*blok)-27 : (29*blok)+1
Var = DataSampling(n);
if ( Var > nilaimax (blok))
nilaimax (blok) = Var;
end
end
end
Vprata2 = mean(nilaimax);
Vpmax = max (nilaimax);
Vpmin = min (nilaimax);
DeltaVPos = Vpmax - Vprata2;
DeltaVNeg = Vpmin - Vprata2;
DeltaVPos = num2str (DeltaVPos);
DeltaVNeg = num2str (DeltaVNeg);

```

```
set(handles.bedategpos, 'string', DeltaVPos);
set(handles.bedategneg, 'string', DeltaVNeg);
```

```
for blok=1:14
    nilaimax (blok) = 0;
    for n=(88*blok)-4 : (88*blok)+6
        Var = Mx(n);
        if ( Var > nilaimax (blok))
            nilaimax (blok) = Var;
        end
    end
end
AmplitudoHarmonik = nilaimax (2:14);
AmplitudoHarmonik =
AmplitudoHarmonik.*AmplitudoHarmonik;
SigmaAmpHar = sum(AmplitudoHarmonik);
THDv = ((sqrt(SigmaAmpHar)/nilaimax(1))*100)*0.4444444444;
THDv = num2str (THDv);
set (handles.harmonisa, 'string', THDv);

abc = 0;
for n=84 : 90
    Var = Mx(n);
    if ( Var > abc )
        m = n;
        abc = Var;
    end
end
frekuensi = freq(m);
frekuensi = num2str (frekuensi);
set (handles.fundfreq, 'string', frekuensi);

handles.axes1;
plot(freq,Mx);
set(gca,'xtick',0:25:1200);
set(gca,'ytick',0:10:1200);
title('Grafik DFT (Discret Fourier Transform)');
xlabel('Frequency (Hz)');
ylabel ('Amplitude (Volt)');
```



```

grid on;
set(handles.monitor, 'string', 'Hitung selesai');
else
    set(handles.monitor, 'string', 'Pastikan telah melakukan
pengambilan data');
end

% hObject handle to dihitung (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes on button press in ac.
function ac_Callback(hObject, eventdata, handles)
global DataSampling;
global Vrms;

if(~isempty(DataSampling) && ~isempty(Vrms))
handles.axes1;
plot(DataSampling);
set(gca,'xtick',0:100:30000);
set(gca,'ytick',-1200:50:1200);
title('Sinyal AC');
xlabel('Data');
ylabel('Voltage (Volt)');
grid on;
set(handles.monitor, 'string', 'Plotting Sinyal AC');
else
    set(handles.monitor, 'string', 'Pastikan telah melakukan
pengambilan data');
end
% hObject handle to ac (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes on button press in simpanfile.

```

```
function simpanfile_Callback(hObject, eventdata, handles)
global Vrms;
```

```
global THDv;
global DeltaVPos;
global DeltaVNeg;
global DataSampling;
global freq;
global Mx;
global frequensi;
```

```
if(isempty(Mx) && isempty(DataSampling))
    set(handles.monitor, 'string','Pastikan anda telah melakukan
pengambilan data');
else
```

```
tegangan = str2num (Vrms);
thdv = str2num (THDv);
deltavpos = str2num (DeltaVPos);
deltavneg = str2num (DeltaVNeg);
jam = clock;
frequen = str2num (frequensi);
```

```
data(1) = tegangan;
data(2) = deltavpos;
data(3) = deltavneg;
data(4) = thdv;
pengulangan = 5;
pengulangjam = 1;
while (pengulangan <= 10)
    data(pengulangan)=jam (pengulangjam);
    pengulangan=pengulangan+1;
    pengulangjam=pengulangjam+1;
```

```
end
pengulangDataSampling=1;
while (pengulangan <= (2510))
    data(pengulangan) = DataSampling(pengulangDataSampling);
    pengulangan=pengulangan+1;
    pengulangDataSampling=pengulangDataSampling+1;
```

```

end
pengulangfreq=1;
while (pengulanga<= (3760))
    data(pengulanga) = freq(pengulangfreq);
    pengulanga=pengulanga+1;
    pengulangfreq=pengulangfreq+1;
end
pengulangMx=1;
while (pengulanga<= (5010))
    data(pengulanga) = Mx(pengulangMx);
    pengulanga=pengulanga+1;
    pengulangMx=pengulangMx+1;
end
data(5011) = frequen;

handles.hdata = data;
[filename,pathname] = uiputfile (*.mat','Save Workspace As');
if isequal ([filename,pathname],[0,0])
    return
else
    File=fullfile(pathname,filename);
    save(File,'data')
    guidata(hObject,handles);
end
stringa = filename;
stringa = num2str (stringa);
stringb = 'Saved';
stringc = strcat (stringa,stringb);
set (handles.monitor, 'string',stringc);
end
% hObject handle to simpanfile (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes on button press in tambahfile.
function tambahfile_Callback(hObject, eventdata, handles)
clear DataSampfile;

```

```
clear freqfile;
clear Mxfile;
clear aa;

global DataSampfile;
global freqfile;
global Mxfile;
global aa;

[filename,pathname]=uigetfile('*.*mat');
if isequal([filename,pathname],[0,0])
    return
else
    File =fullfile(pathname,filename);
    load(File,'data')
    guidata(hObject,handles);
end
set(handles.Vfile,'String',data(1));
set(handles.bedapofile,'string',data(2));
set(handles.bedanegfile,'string',data(3));
set(handles.harmofile,'string',data(4));
set(handles.year,'string',data(5));
set(handles.month,'string',data(6));
set(handles.date,'string',data(7));
set(handles.hour,'string',data(8));
set(handles.minute,'string',data(9));
set(handles.detik,'string',data(10));
set(handles.fundfreqfile,'string',data(5011));

DataSampfile = data (11:2510);
freqfile = data (2511:3760);
Mxfile = data (3761:5010);

aa = filename;
aa = num2str(aa);
set(handles.monitorfile,'string',aa);
ab = 'Showing Data From-';
stringab = strcat(ab,aa);
set(handles.monitor,'string',stringab);
```

% hObject handle to tambahfile (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB

% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes during object creation, after setting all properties.

function bedategpos_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

% hObject handle to bedategpos (see GCBO)

% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB

% handles empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% --- Executes during object creation, after setting all properties.

function harmonisa_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

% hObject handle to harmonisa (see GCBO)

% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB

% handles empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% --- Executes on button press in Vfile.

function Vfile_Callback(hObject, eventdata, handles)

% hObject handle to Vfile (see GCBO)

% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB

% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes on button press in bedaposfile.

function bedaposfile_Callback(hObject, eventdata, handles)

% hObject handle to bedaposfile (see GCBO)

% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB

% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

% --- Executes on button press in harmofile.
function harmofile_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to harmofile (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

function com_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to com (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of com as text
% str2double(get(hObject,'String')) returns contents of com as
a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function com_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to com (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function baud_Callback(hObject, eventdata, handles)

```

```

    % hObject handle to baud (see GCBO)
    % eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
    % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

    % Hints: get(hObject,'String') returns contents of baud as text
    % str2double(get(hObject,'String')) returns contents of baud as
a double

    % --- Executes during object creation, after setting all properties.
function baud_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
    % hObject handle to baud (see GCBO)
    % eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
    % handles empty - handles not created until after all CreateFcns
called

    % Hint: edit controls usually have a white background on
Windows.
    % See ISPC and COMPUTER.
    if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
        set(hObject,'BackgroundColor','white');
    end

    % --- Executes on button press in ulang.
function ulang_Callback(hObject, eventdata, handles)
    % hObject handle to ulang (see GCBO)
    % eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
    % handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

    % --- Executes on button press in dftfile.
function dftfile_Callback(hObject, eventdata, handles)
global freqfile;
global Mxfile;

```

```
global aa;
```

```
if(isempty(freqfile))  
    set(handles.monitor,'string','Buka salah satu file.mat untuk  
menampilkan gelombang');  
else
```

```
    ab = 'Grafik DFT (Discret Fourier Transform)-';  
    stringab = strcat(ab,aa);
```

```
    handles.axes1;  
    plot(freqfile,Mxfile,'r-');  
    set(gca,'xtick',0:25:1200);  
    set(gca,'ytick',0:10:1200);  
    grid on;
```

```
    title(stringab);  
    xlabel('Frequency (Hz)');  
    ylabel('Amplitude (Volt)');  
    set(handles.monitor,'string',stringab);  
end
```

```
% hObject handle to dffile (see GCBO)
```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of  
MATLAB
```

```
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
% --- Executes on button press in acfile.
```

```
function acfile_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
global DataSampfile;
```

```
global aa;
```

```
if(isempty(DataSampfile))  
    set(handles.monitor,'string','Buka salah satu file.mat untuk  
menampilkan gelombang');
```

```
else  
    ab = 'Grafik Sinyal AC dari-';  
    stringab = strcat(ab,aa);  
    handles.axes1;  
    plot(DataSampfile,'r-');
```



```

set(gca,'xtick',0:100:30000);
set(gca,'ytick',-1200:50:1200);
grid on;
title(stringab);
xlabel('Data');
ylabel('Voltage (Volt)');
set(handles.monitor,'string',stringab);
end
% hObject handle to acfile (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes on button press in excel.
function excel_Callback(hObject, eventdata, handles)
[filename,pathname]=uigetfile('*.CSV');
if isequal([filename,pathname],[0,0])
    return
else
    File =fullfile(pathname,filename);
    winopen(File);
    guidata(hObject,handles);
end
% hObject handle to excel (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes on button press in gabung.
function gabung_Callback(hObject, eventdata, handles)
global freqfile;
global Mxfile;
global aa;

clear DataSampfile2;
clear freqfile2;
clear Mxfile2;

```

```
clear keterangan;
```

```
global DataSampfile2;  
global freqfile2;  
global Mxfile2;  
global keterangan;
```

```
if(isempty(Mxfile))  
    set(handles.monitor, 'string','Buka salah satu file.mat untuk  
membandingkan');
```

```
else  
[filename,pathname]=uigetfile('*.*mat');  
if isequal([filename,pathname],[0,0])  
    return
```

```
else  
    File =fullfile(pathname,filename);  
    load(File,'data')  
    guidata(hObject,handles);  
end
```

```
Vfile2 = num2str (data(1));  
bedaposfile2 = num2str (data (2));  
bedanegfile2 = num2str (data (3));  
harmofile2 = num2str (data (4));  
year2 = num2str (data (5));  
month2 = num2str (data(6));  
date2 = num2str (data(7));  
hour2 = num2str (data (8));  
minute2 =num2str (data(9));  
detik2 = num2str (data(10));  
fundfreqfile2 = num2str (data(5011));
```

```
namafilename = filename;  
namafilename = num2str (namafilename);
```

```
DataSampfile2 = data (11:2510);  
freqfile2 = data (2511:3760);  
Mxfile2 = data (3761:5010);  
ab = '# ';
```

```

keterangan                                =                                strcat
(namafile,ab,Vfile2,'Volt',ab,bedaposfile2,'Volt',ab,bedanegfile2,'Volt',a
b,harmofile2,'% ',ab, fundfreqfile2,'Hz');

handles.axes1;
plot(freqfile,Mxfile,freqfile2,Mxfile2);
set(gca,'xtick',0:25:1200);
set(gca,'ytick',0:10:1200);
grid on;
title('Compare');
xlabel('Frequency (Hz)');
ylabel('Amplitude (Volt)');
legend(aa, keterangan);
set(handles.monitor, 'string','Compare');
end
% hObject   handle to gabungan (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles   structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes on button press in radiobutton2.
function radiobutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
global freqfile;
global Mxfile;
global aa;
global freqfile2;
global Mxfile2;
global keterangan;

if(isempty(freqfile2) && isempty(Mxfile2))
    set(handles.monitor, 'string','Buka salah satu file.mat untuk
membandingkan');
else
    set(handles.radiobutton1, 'Value',0);
handles.axes1;
plot(freqfile,Mxfile,freqfile2,Mxfile2);
set(gca,'xtick',0:25:1200);

```

```

set(gca,'ytick',0:10:1200);
grid on;
title('Compare');
xlabel ('Frequency (Hz)');
ylabel ('Amplitude (Volt)');
legend (aa, keterangan);
set (handles.monitor, 'string','Compare');
end
% hObject handle to radiobutton2 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of radiobutton2

% --- Executes on button press in radiobutton1.
function radiobutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
global DataSampfile2;
global DataSampfile;
global aa;
global keterangan;

if(isempty(DataSampfile2) && isempty(DataSampfile))
    set (handles.monitor, 'string','Buka salah satu file.mat untuk
membandingkan');
else
    banyakdata1= [1:2500];
    banyakdata = [1:2500];
    set(handles.radiobutton2, 'Value' ,0);
    handles.axes1;
    plot(banyakdata,DataSampfile,banyakdata1,DataSampfile2);
    set(gca,'xtick',0:100:3000);
    set(gca,'ytick',-1200:50:1200);
    grid on;
    title('Compare');
    xlabel ('Data');
    ylabel ('Voltage (Volt)');
    legend (aa, keterangan);

```

```

set(handles.monitor, 'string', 'Compare');
guidata(hObject, handles)
end
% hObject handle to radiobutton1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject, 'Value') returns toggle state of radiobutton1

% --- Executes on button press in MetodeDFT.
function MetodeDFT_Callback(hObject, eventdata, handles)
global DataSampling;
global Mx;
global freq;

if(~isempty(DataSampling))
handles.axes1;
plot(freq, Mx);
set(gca, 'xtick', 0:25:1200);
set(gca, 'ytick', 0:10:1200);
title('Grafik DFT (Discret Fourier Transform)');
xlabel('Frequency (Hz)');
ylabel('Amplitude (Volt)');
grid on;
set(handles.monitor, 'string', 'Plotting Grafik DFT (Discrete
Fourier Transform)');
else
set(handles.monitor, 'string', 'Pastikan telah melakukan
pengambilan data');
end
% hObject handle to MetodeDFT (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes on button press in bedanegfile.

```

function bedanegfile_Callback(hObject, eventdata, handles)

% hObject handle to bedanegfile (see GCBO)

% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB

% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes on button press in bedategneg.

function bedategneg_Callback(hObject, eventdata, handles)

% hObject handle to bedategneg (see GCBO)

% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB

% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes on button press in fundfreqfile.

function fundfreqfile_Callback(hObject, eventdata, handles)

% hObject handle to fundfreqfile (see GCBO)

% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB

% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes on button press in fundfreq.

function fundfreq_Callback(hObject, eventdata, handles)

% hObject handle to fundfreq (see GCBO)

% eventdata reserved - to be defined in a future version of
MATLAB

% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

LAMPIRAN B

B.1. Datasheet ACS712



ACS712

**Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor
with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor**

Features and Benefits

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5 μ s output rise time in response to step input current
- 50 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at $T_A = 25^\circ\text{C}$, and 4% at -40°C to 85°C
- Small footprint, low-profile SOIC package
- 1.2 m Ω internal conductor resistance
- 2.1 kV_{RMS} minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC current
- Factory-trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratio-metric output from supply voltage

Package: 8 pin SOIC (suffix LC)



Description

The Allegro® ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, automotive, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switched-mode power supplies, and overcurrent fault protection.

The device consists of a precise, low-offset, linear Hall sensor circuit with a copper conduction path located near the surface of the die. Applied current flowing through this copper conduction path generates a magnetic field which is sensed by the integrated Hall IC and converted into a proportional voltage. Device accuracy is optimized through the close proximity of the magnetic signal to the Hall transducer. A precise, proportional voltage is provided by the low-offset, clapper-stabilized BiCMOS Hall IC, which is programmed for accuracy after packaging.

The output of the device has a positive slope ($\partial V_{\text{OUT}}/\partial I_{\text{P}}$) when an increasing current flows through the primary copper conduction path (from pins 1 and 2, to pins 3 and 4), which is the path used for current sensing. The internal resistance of this conductive path is 1.2 m Ω typical, providing low power

Continued on the next page...

Typical Application



Application 1. The ACS712 outputs an analog signal, V_{OUT} , that varies linearly with the uni- or bi-directional AC or DC primary sensed current, I_{P} , within the range specified. C_{F} is recommended for noise management, with values that depend on the application.

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Description (continued)

low. The thickness of the copper conductor allows survival of the device at up to 5x overcurrent conditions. The terminals of the conductive path are electrically isolated from the sensor leads (pins 5 through 8). This allows the ACS712 current sensor to be used in applications requiring electrical isolation without the use of opto-isolators or other costly isolation techniques.

The ACS712 is provided in a small, surface mount SOIC package. The leadframe is plated with 100% matte tin, which is compatible with standard lead (Pb) free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free, except for flip-chip high-temperature Pb-based solder balls, currently exempt from RoHS. The device is fully calibrated prior to shipment from the factory.

Selection Guide

Part Number	Packing*	T_{op} (°C)	Optimized Range, I_p (A)	Sensitivity, S_{sens} (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±5	185
ACS712ELCTR-20A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±20	100
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±30	66

*Carrier Allages for additional packing options.

Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V_{cc}		8	V
Reverse Supply Voltage	V_{icc}		-0.1	V
Output Voltage	V_{out}		8	V
Reverse Output Voltage	V_{outR}		-0.1	V
Output Current Source	$I_{out(source)}$		3	mA
Output Current Sink	$I_{out(sink)}$		18	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I_p	100 total pulses, 250 ms duration each, applied at a rate of 1 pulse every 100 microseconds.	60	A
Maximum Transient Sensed Current	$I_s(max)$	Junction Temperature, $T_j < T_j(max)$	60	A
Normal Operating Ambient Temperature	T_A	Range E	-40 to 85	°C
Maximum Junction	$T_j(max)$		185	°C
Storage Temperature	T_{stg}		-40 to 175	°C



TUV America
Certificate Number:
USV 08 05 54214 010

Parameter	Specification
Fire and Electric Shock	CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1-03 UL 60950-1:2003 EN 60950-1:2001

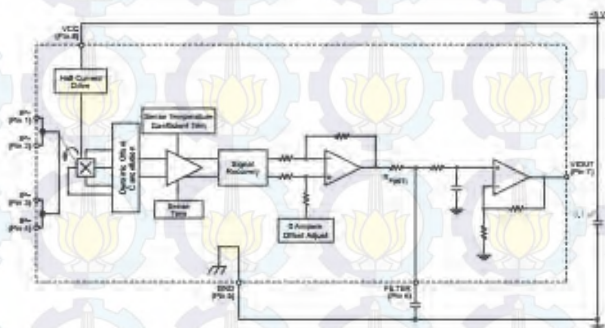


Allegro MicroSystems, Inc.
1715 Northline Court, Box 9004
Worcester, Massachusetts 01601-0904
www.allegromicro.com

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kV RMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Functional Block Diagram



Pin-out Diagram



Terminal List Table

Number	Name	Description
1 and 2	IP+	Terminals for current being sensed; fused internally
3 and 4	IP-	Terminals for current being sensed; fused internally
5	GND	Signal ground terminal
6	FILTER	Terminal for external capacitor that sets bandwidth
7	VOUT	Analog output signal
8	VCC	Device power supply terminal



Allegro MicroSystems, Inc.
1515 Holloway Court, Su. 1000
Westborough, Massachusetts 01581-0001
www.allegromicro.com

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kV RMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

COMMON OPERATING CHARACTERISTICS¹ over full range of T_{DB} , $C_T = 1\text{ nF}$, and $V_{CC} = 5\text{ V}$, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
ELECTRICAL CHARACTERISTICS						
Supply Voltage	V_{CC}		4.5	5.0	5.5	V
Supply Current	I_{CC}	$V_{CC} = 5.0\text{ V}$, output open	8	8	11	mA
Output Zener Clamp Voltage	V_Z	$I_{CC} = 11\text{ mA}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	6	8.3	—	V
Output Resistance	R_{OUT}	$I_{OUT} = 1.2\text{ mA}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	—	1	2	Ω
Output Capacitance Load	C_{LOAD}	VICOUT to GND	—	—	10	nF
Output Resistive Load	R_{LOAD}	VICOUT to GND	4.7	—	—	k Ω
Primary Conductor Resistance	$R_{CONDUCTOR}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	—	1.2	—	m Ω
RMS Isolation Voltage	$V_{ISOLATION}$	Pins 1-4 and 3-6; 60 Hz; 1 minute, $T_A = 25^\circ\text{C}$	2100	—	—	V
DC Isolation Voltage	$V_{ISOLATION DC}$	Pins 1-4 and 3-6; 1 minute, $T_A = 25^\circ\text{C}$	—	5000	—	V
Propagation Time	t_{PROP}	$I_p = I_p(\text{MAX})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{OUT} = \text{open}$	—	3	—	ns
Rise/Fall Time	$t_{RISER/FALL}$	$I_p = I_p(\text{MAX})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{OUT} = \text{open}$	—	7	—	ns
Rise Time	t_r	$I_p = I_p(\text{MAX})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{OUT} = \text{open}$	—	3	—	ns
Frequency Bandwidth	f	-3 dB, $T_A = 25^\circ\text{C}$; I_p is 10 A peak-to-peak	50	—	—	kHz
Nonlinearity	E_{NL}	Over full range of I_p	—	±1	±1.5	%
Symmetry	E_{SYM}	Over full range of I_p	98	100	102	%
Zero Current Output Voltage	$V_{OUT(0)}$	Bidirectional, $I_p = 0\text{ A}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	—	$V_{CC} \times 0.3$	—	V
Magnetic Offset Error	$V_{OFF(0)}$	$I_p = 0\text{ A}$, after saturation of 5 A	—	0	—	mV
Clamping Voltage	V_{CH}		Typ. = 110	$V_{CC} \times 0.9375$	Typ. = 110	mV
	V_{CL}		Typ. = 110	$V_{CC} \times 0.0625$	Typ. = 110	mV
Power-On Time	t_{PO}	Output reaches 90% of steady-state level, $T_A = 25^\circ\text{C}$, 20 A present on leadframes	—	35	—	μs
Magnetic Coupling ²			—	12	—	dBA
Internal Filar Resistance ³	R_{FILAR}		—	1.7	—	k Ω

¹Devices may be operated at higher primary current levels, I_p , and ambient, T_A , and internal leadframe temperatures, T_{DB} , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(MAX)}$, is not exceeded.

²1G = 0.1 mT.

³ R_{FILAR} forms an RC circuit via the FILTER pin.

COMMON THERMAL CHARACTERISTICS¹

Operating Internal Leadframe Temperature	T_{DB}	E range	Min.	Typ.	Max.	Units
			-40	—	85	$^\circ\text{C}$
Junction-to-Lead Thermal Resistance ²	R_{JA}	Mounted on the Allegro ASEX 712 evaluation board			5	$^\circ\text{C/W}$
Junction-to-Ambient Thermal Resistance	R_{JA}	Mounted on the Allegro 85-0322 evaluation board, includes the power consumed by the board			23	$^\circ\text{C/W}$

¹Additional thermal information is available on the Allegro website.

²The Allegro evaluation board has 1500 mm² of 2 oz. copper on each side, connected to pins 1 and 2, and to pins 3 and 4, with thermal via connecting the layers. Performance values include the power consumed by the PCB. Further details on the board are available from the Frequently Asked Questions document on our website. Further information about board design and thermal performance also can be found in the Applications Information section of this datasheet.



Allegro Microsystems, Inc.
110 Howard Drive, Box 1920
Piscataway, New Jersey 07059-0201 (908) 993-6000
www.allegromicro.com

x05A PERFORMANCE CHARACTERISTICS $T_{OP} = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C , $C_P = 1\text{ nF}$, and $V_{OC} = 5\text{ V}$, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_P		-5	-	5	A
Sensitivity ^a	Sens _{IA}	Over full range of I_P , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	185	-	mV/A
	Sens _{IGP}	Over full range of I_P	178	-	193	mV/A
Noise	$V_{Noise(rms)}$	Peak-to-peak, $I_P = 25^{\circ}\text{C}$, 185 mV/A programmed Sensitivity, $C_P = 4.7\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 20 kHz bandwidth	-	45	-	mV
		Peak-to-peak, $I_P = 25^{\circ}\text{C}$, 185 mV/A programmed Sensitivity, $C_P = 47\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 2 kHz bandwidth	-	21	-	mV
		Peak-to-peak, $I_P = 25^{\circ}\text{C}$, 185 mV/A programmed Sensitivity, $C_P = 1\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 50 kHz bandwidth	-	15	-	mV
Electrical Offset Voltage	V_{OS}	$I_P = 0\text{ A}$	-40	-	40	mV
Total Output Error ^b	E_{TOT}	$I_P = 25\text{ A}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	± 1.5	-	%

^aDevice may be operated at higher primary current levels, I_P , and ambient temperatures, T_{OP} , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(max)}$, is not exceeded.

^bAt -40°C Sensitivity may shift as much 9% outside of the datasheet limits.

^cPercentage of I_P with $I_P = 5\text{ A}$, Output filtered.

x20A PERFORMANCE CHARACTERISTICS $T_{OP} = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C , $C_P = 1\text{ nF}$, and $V_{OC} = 5\text{ V}$, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_P		-20	-	20	A
Sensitivity ^a	Sens _{IA}	Over full range of I_P , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	100	-	mV/A
	Sens _{IGP}	Over full range of I_P	97	-	103	mV/A
Noise	$V_{Noise(rms)}$	Peak-to-peak, $I_P = 25^{\circ}\text{C}$, 100 mV/A programmed Sensitivity, $C_P = 4.7\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 20 kHz bandwidth	-	24	-	mV
		Peak-to-peak, $I_P = 25^{\circ}\text{C}$, 100 mV/A programmed Sensitivity, $C_P = 47\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 2 kHz bandwidth	-	10	-	mV
		Peak-to-peak, $I_P = 25^{\circ}\text{C}$, 100 mV/A programmed Sensitivity, $C_P = 1\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 50 kHz bandwidth	-	6	-	mV
Electrical Offset Voltage	V_{OS}	$I_P = 0\text{ A}$	-30	-	30	mV
Total Output Error ^b	E_{TOT}	$I_P = 20\text{ A}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	± 1.5	-	%

^aDevice may be operated at higher primary current levels, I_P , and ambient temperatures, T_{OP} , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(max)}$, is not exceeded.

^bAt -40°C Sensitivity may shift as much 9% outside of the datasheet limits.

^cPercentage of I_P with $I_P = 20\text{ A}$, Output filtered.

x30A PERFORMANCE CHARACTERISTICS $T_{OP} = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C , $C_P = 1\text{ nF}$, and $V_{OC} = 5\text{ V}$, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_P		-30	-	30	A
Sensitivity ^a	Sens _{IA}	Over full range of I_P , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	88	-	mV/A
	Sens _{IGP}	Over full range of I_P	84	-	93	mV/A
Noise	$V_{Noise(rms)}$	Peak-to-peak, $I_P = 25^{\circ}\text{C}$, 88 mV/A programmed Sensitivity, $C_P = 4.7\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 20 kHz bandwidth	-	20	-	mV
		Peak-to-peak, $I_P = 25^{\circ}\text{C}$, 88 mV/A programmed Sensitivity, $C_P = 47\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 2 kHz bandwidth	-	9	-	mV
		Peak-to-peak, $I_P = 25^{\circ}\text{C}$, 88 mV/A programmed Sensitivity, $C_P = 1\text{ nF}$, $C_{OUT} = \text{open}$, 50 kHz bandwidth	-	3	-	mV
Electrical Offset Voltage	V_{OS}	$I_P = 0\text{ A}$	-30	-	30	mV
Total Output Error ^b	E_{TOT}	$I_P = 30\text{ A}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	± 1.5	-	%

^aDevice may be operated at higher primary current levels, I_P , and ambient temperatures, T_{OP} , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(max)}$, is not exceeded.

^bAt -40°C Sensitivity may shift as much 9% outside of the datasheet limits.

^cPercentage of I_P with $I_P = 30\text{ A}$, Output filtered.



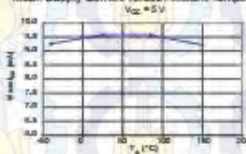
ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kV RMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

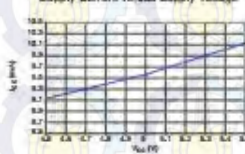
Characteristic Performance

$I_b = 5\text{ A}$, $S_{ens} = 185\text{ mV/A}$ unless otherwise specified

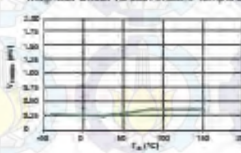
Mean Supply Current versus Ambient Temperature



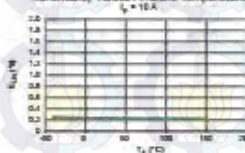
Supply Current versus Supply Voltage



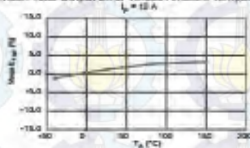
Magnetic Offset versus Ambient Temperature



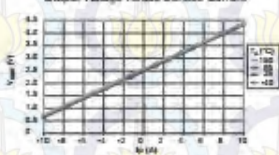
Nonlinearity versus Ambient Temperature



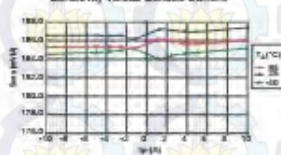
Mean Total Output Error versus Ambient Temperature



Output Voltage versus Sensed Current



Sensitivity versus Sensed Current



Allegro Microsystems, Inc.
11500 West Creek, Box 18228
Dallas, Texas 75248-0228 pdk@allegro.com
www.allegromicro.com

1

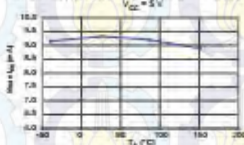
ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kV RMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

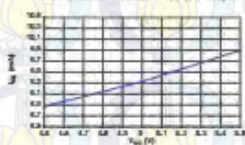
Characteristic Performance

$I_C = 30\text{ A}$, $S_{sens} = 66\text{ mV/A}$ unless otherwise specified

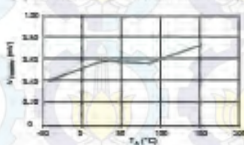
Mean Supply Current versus Ambient Temperature



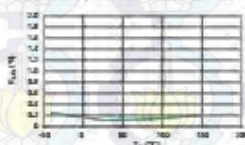
Supply Current versus Supply Voltage



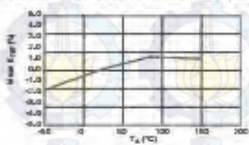
Magnetic Offset Current versus Ambient Temperature



Nonlinearity versus Ambient Temperature



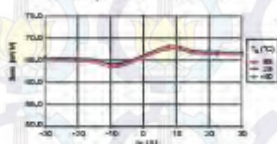
Mean Total Output Error versus Ambient Temperature



Output Voltage versus Sensed Current



Sensitivity versus Sensed Current



ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Definitions of Accuracy Characteristics

Sensitivity (Sens). The change in sensor output in response to a 1 A change through the primary conductor. The sensitivity is the product of the magnetic circuit sensitivity (G/A) and the linear IC amplifier gain (mV/A). The linear IC amplifier gain is programmed at the factory to optimize the sensitivity (mV/A) for the full-scale current of the device.

Noise (V_{NOISE}). The product of the linear IC amplifier gain (mV/A) and the noise floor for the Allegro Hall effect linear IC (≈ 1 G). The noise floor is derived from the thermal and shot noise observed in Hall elements. Dividing the noise (mV) by the sensitivity (mV/A) provides the smallest current that the device is able to resolve.

Linearity (E_{LINE}). The degree to which the voltage output from the sensor varies in direct proportion to the primary current through its full-scale amplitude. Nonlinearity in the output can be attributed to the saturation of the flux concentration approaching the full-scale current. The following equation is used to derive the linearity:

$$100 \left[1 - \frac{\Delta \text{gain} \times \% \text{ sat} (V_{\text{OUT, full-scale amperes}} - V_{\text{OUT}(0)})}{2 (V_{\text{OUT, half-scale amperes}} - V_{\text{OUT}(0)})} \right]$$

where $V_{\text{OUT, half-scale amperes}}$ = the output voltage (V) when the sensed current approximates full-scale $\pm 1\%$.

Symmetry (E_{SYMM}). The degree to which the absolute voltage output from the sensor varies in proportion to either a positive or negative full-scale primary current. The following formula is used to derive symmetry:

$$100 \left(\frac{V_{\text{OUT, + full-scale amperes}} - V_{\text{OUT}(0)}}{V_{\text{OUT}(0)} - V_{\text{OUT, -full-scale amperes}}} \right)$$

Quiescent output voltage (V_{OUT(Q)}). The output of the sensor when the primary current is zero. For a unipolar supply voltage, it nominally remains at $V_{\text{CC}}/2$. Thus, $V_{\text{CC}} = 5$ V translates into $V_{\text{OUT}(0)} = 2.5$ V. Variation in $V_{\text{OUT}(0)}$ can be attributed to the resolution of the Allegro linear IC quiescent voltage trim and thermal drift.

Electrical offset voltage (V_{OFF}). The deviation of the device output from its ideal quiescent value of $V_{\text{CC}}/2$ due to nonmagnetic causes. To convert this voltage to amperes, divide by the device sensitivity, Sens.

Accuracy (E_{ACC}). The accuracy represents the maximum deviation of the actual output from its ideal value. This is also known as the total output error. The accuracy is illustrated graphically in the output voltage versus current chart at right.

Accuracy is divided into four areas:

- 0 A at 25°C. Accuracy of sensing zero current flow at 25°C, without the effects of temperature.
- 0 A over Δ temperature. Accuracy of sensing zero current flow including temperature effects.
- Full-scale current at 25°C. Accuracy of sensing the full-scale current at 25°C, without the effects of temperature.
- Full-scale current over Δ temperature. Accuracy of sensing full-scale current flow including temperature effects.

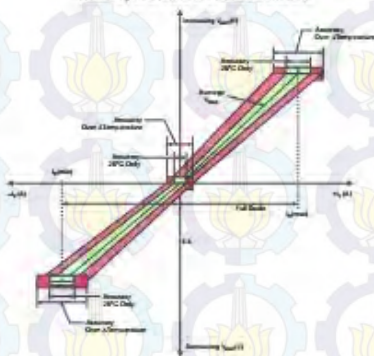
Ratiometry. The ratiometric feature means that as 0 A output, $V_{\text{OUT}(0)}$ (nominally equal to $V_{\text{CC}}/2$) and sensitivity, Sens, are proportional to its supply voltage, V_{CC} . The following formula is used to derive the ratiometric change in 0 A output voltage:

$$\Delta V_{\text{OUT}(0)/AT} (\%) = 100 \left(\frac{V_{\text{OUT}(0)/CC} / V_{\text{OUT}(0)/V}}{V_{\text{CC}} / 5 \text{ V}} \right)$$

The ratiometric change in sensitivity, ΔSens_{RAT} (%), is defined as:

$$100 \left(\frac{\text{Sens}_{VCC} / \text{Sens}_V}{V_{\text{CC}} / 5 \text{ V}} \right)$$

Output Voltage versus Sensed Current Accuracy at 0 A and at Full-Scale Current

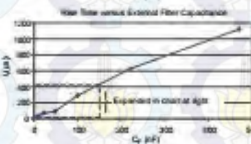
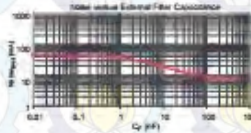
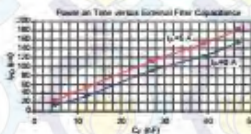
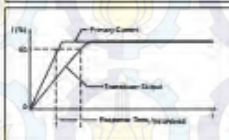
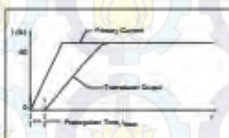


Definitions of Dynamic Response Characteristics

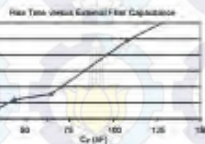
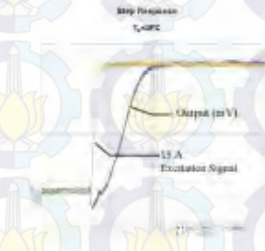
Propagation delay (t_{PROP}). The time required for the sensor output to reflect a change in the primary current signal. Propagation delay is attributed to inductive loading within the linear IC package, as well as to the inductive loop formed by the primary conductor geometry. Propagation delay can be considered as a fixed time offset and may be compensated.

Response time ($t_{RESPONSE}$). The time interval between a) when the primary current signal reaches 90% of its final value, and b) when the sensor reaches 90% of its output corresponding to the applied current.

Rise time (t_r). The time interval between a) when the sensor reaches 10% of its full scale value, and b) when it reaches 90% of its full scale value. The rise time to a step response is used to derive the bandwidth of the current sensor, in which $f(-3 \text{ dB}) = 0.35/t_r$. Both t_r and $t_{RESPONSE}$ are detrimentally affected by eddy current losses observed in the conductive IC ground plane.



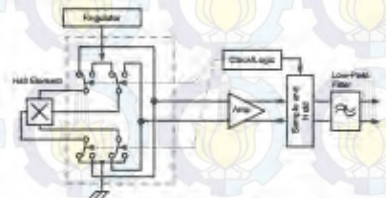
C_F (pF)	t_r (ms)
0	0.6487
1	1.718
0.1	17.28
10	32.0988
0.01	68.19
0.1	88.19
1	287.28
10	523.62
100	1130



Chopper Stabilization Technique

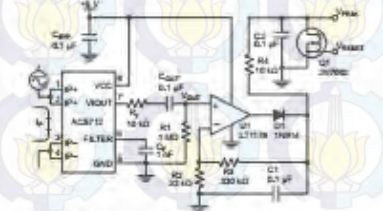
Chopper Stabilization is an innovative circuit technique that is used to minimize the offset voltage of a Hall element and an associated on-chip amplifier. Allegro patented a Chopper Stabilization technique that nearly eliminates Hall IC output drift induced by temperature or package stress effects. This offset reduction technique is based on a signal modulation-demodulation process. Modulation is used to separate the undesired dc offset signal from the magnetically induced signal in the frequency domain. Then, using a low-pass filter, the modulated dc offset is suppressed while the magnetically induced signal passes through the filter. As a result of this chopper stabilization approach, the output voltage from the Hall IC is desensitized to the effects of temperature and mechanical stress. This technique produces devices that have an extremely stable Electrical Offset Voltage, are immune to thermal stress, and have precise recoverability after temperature cycling.

This technique is made possible through the use of a BiCMOS process that allows the use of low-offset and low-noise amplifiers in combination with high-density logic integration and sample and hold circuits.

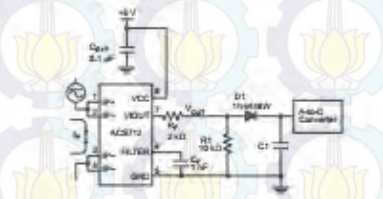


Concept of Chopper Stabilization Technique

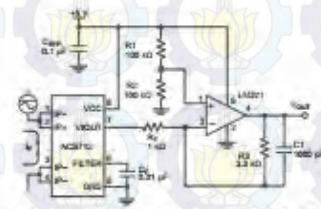
Typical Applications



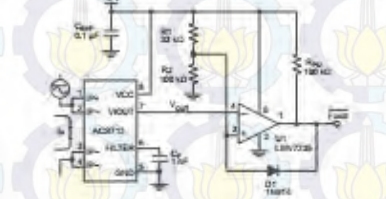
Application 2: Peak Detecting Circuit



Application 4: Modified Output, 3.3 V loading and rectification application for A-to-D converters. Replaces current transformer solutions with simpler ACS circuit. C1 is a function of the load resistance and filtering desired. R1 can be omitted if the full range is desired.



Application 3: This configuration increases gain to 610 mV/A (tested using the ACS712ELC-05A).



Application 5: 10 A Overcurrent Fault Latch. Fault threshold set by R1 and R2. This circuit latches an overcurrent fault and holds it until the 5 V rail is powered down.

Improving Sensing System Accuracy Using the FILTER Pin

In low-frequency sensing applications, it is often advantageous to add a simple RC filter to the output of the sensor. Such a low-pass filter improves the signal-to-noise ratio, and therefore the resolution, of the sensor output signal. However, the addition of an RC filter to the output of a sensor IC can result in undesirable sensor output attenuation—even for dc signals.

Signal attenuation, ΔV_{ATT} , is a result of the resistive divider effect between the resistance of the external filter, R_F (see Application 6), and the input impedance and resistance of the customer interface circuit, R_{INTC} . The transfer function of this resistive divider is given by:

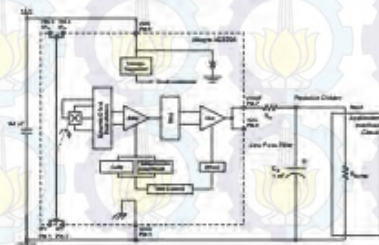
$$\Delta V_{ATT} = I_{BIAS} \left(\frac{R_{INTC}}{R_F + R_{INTC}} \right)$$

Even if R_F and R_{INTC} are designed to match, the two individual resistance values will most likely drift by different amounts over

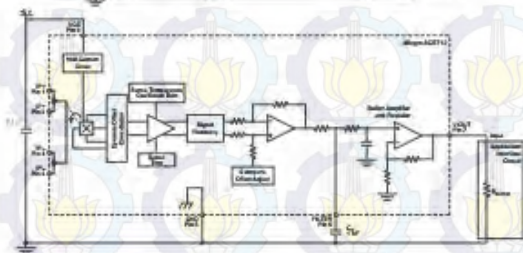
temperature. Therefore, signal attenuation will vary as a function of temperature. Note that, in many cases, the input impedance, R_{INTC} , of a typical analog-to-digital converter (ADC) can be as low as 10 k Ω .

The ACS712 contains an internal resistor, a FILTER pin connection to the printed circuit board, and an internal buffer amplifier. With this circuit architecture, users can implement a simple RC filter via the addition of a capacitor, C_F (see Application 7) from the FILTER pin to ground. The buffer amplifier inside of the ACS712 (located after the internal resistor and FILTER pin connection) eliminates the attenuation caused by the resistive divider effect (described in the equation for ΔV_{ATT}). Therefore, the ACS712 device is ideal for use in high-accuracy applications that cannot afford the signal attenuation associated with the use of an external RC low-pass filter.

Application 6. When a low-pass filter is constructed externally to a standard Hall effect device, a resistive divider may exist between the filter resistor, R_F , and the resistance of the customer interface circuit, R_{INTC} . This resistive divider will cause excessive attenuation, as given by the transfer function for ΔV_{ATT} .



Application 7. Using the FILTER pin provided on the ACS712 eliminates the attenuation effects of the resistive divider between R_F and R_{INTC} shown in Application 6.

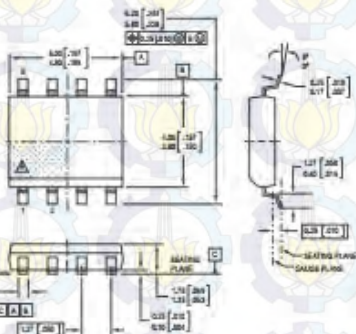


ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with
2.1 kV RMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Package LC, 8-pin SOIC

Reference dimensions, for reference only
Dimensioni di riferimento
U.S. Customary dimensions (in) in brackets, for reference only
Dimensioni metriche (mm) in parentesi
Dimensioni di riferimento di unità imperiale, per riferimento solo
Exact sizes are not guaranteed at supplier discretion unless noted
Tolleranze di riferimento



Package Branding

Five alternative patterns are used:



ACS	Allegro Current Sensor
712	Device family number
T	Indicator of 100% matte tin leadframe plating
ACS712T	R Operating ambient temperature range code
RLC/PPP	LC Package type designator
YYWWA	PPP Primary sensed current
	YY Date code: Calendar year (last two digits)
	WW Date code: Calendar week
	A Date code: Shift code

ACS	Allegro Current Sensor
712	Device family number
T	Indicator of 100% matte tin leadframe plating
ACS712T	R Operating ambient temperature range code
RLC/PPP	LC Package type designator
YYWW	PPP Primary sensed current
	LL Lot code
	YY Date code: Calendar year (last two digits)
	WW Date code: Calendar week

The products described herein are manufactured under one or more of the following U.S. patents: 5,045,920; 5,264,783; 5,442,285; 5,589,889; 5,581,179; 5,517,312; 5,619,137; 5,621,319; 5,650,719; 5,666,894; 5,694,038; 5,729,130; 5,917,320; and other patents pending.

Allegro MicroSystems, Inc. reserves the right to make, from time to time, such departures from the detail specifications as may be required to permit improvements in the performance, reliability,

or manufacturability of its products. Before placing an order, the user is cautioned to verify that the information being relied upon is current. The information included herein is believed to be accurate and reliable. However, Allegro MicroSystems, Inc. assumes no responsibility for its use, nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use.

Copyright ©2006, Allegro MicroSystems, Inc.

For the latest version of this document, go to our website at:
www.allegromicro.com



Allegro MicroSystems, Inc.
115 North St., Box 1528
Worcester, Massachusetts 01601-1528 (508) 853-6600
www.allegromicro.com

B.2. Datasheet ZMPT101b

ZMPT101B VOLTAGE TRANSFORMER

Applications

- * Sensing Overload Current
- * Ground fault detection
- * Metering
- * Analog to Digital Circuits

Electrical Specification

Primary Current	2mA
Secondary Current	2mA
Turns Ratio	1000:1000
Phase Angle Error	< 30° (50Hz)
Current Range	0 – 1mA
Linearity	0.1%
Accuracy Class	0.2
Rated Burden	< 200 Ω
Frequency Range	50 – 60Hz
Dielectric Level	2000V AC/min
DC Resistance @ 20°C	11.0 Ω

Mechanical Specification

Cap	DIP
Encapsulation	epoxy
Terminations	Pin 9.5, 9.5mm
Tolerance	± 0.1mm
Approx. Weight	13g
Case	Ceramic

Environment Specification

Storage Temperature	-40°C – +130°C
Insulation Resistance	> 100 MΩ

Dimensions (mm)



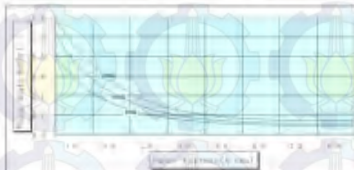
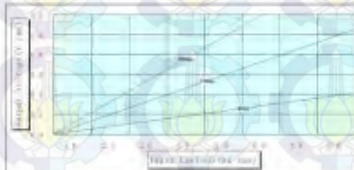
Label



Product Illustration



Output Characteristic



Description: Micro Precision Voltage Transformers, with low price, small size and easy PCB mounting, are mainly used in electrical energy meters, household electrical equipment, industrial apparatuses, electrical testing equipment and relay protection, widely acclaimed as well.

B.3. Datasheet RTC DS1307



www.maxim-ic.com

DS1307 64 x 8 Serial Real-Time Clock

FEATURES

- Real-time clock (RTC) counts seconds, minutes, hours, date of the month, month, day of the week, and year with leap-year compensation valid up to 2100
- 56-byte, battery-backed, nonvolatile (NV) RAM for data storage
- Two-wire serial interface
- Programmable squarewave output signal
- Automatic power-fail detect and switch circuitry
- Consumes less than 500nA in battery backup mode with oscillator running
- Optional industrial temperature range: -40°C to +85°C
- Available in 8-pin DIP or SOIC
- Underwriters Laboratory (UL) recognized

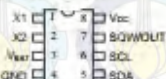
ORDERING INFORMATION

DS1307	8-Pin DIP (300-mil)
DS1307Z	8-Pin SOIC (150-mil)
DS1307N	8-Pin DIP (Industrial)
DS1307ZN	8-Pin SOIC (Industrial)

DESCRIPTION

The DS1307 Serial Real-Time Clock is a low-power, full binary-coded decimal (BCD) clock/calendar plus 56 bytes of NV SRAM. Address and data are transferred serially via a 2-wire, bi-directional bus. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with AM/PM indicator. The DS1307 has a built-in power sense circuit that detects power failures and automatically switches to the battery supply.

PIN ASSIGNMENT



DS1307 8-Pin DIP (300-mil)

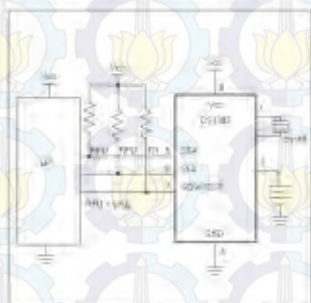


DS1307 8-Pin SOIC (150-mil)

PIN DESCRIPTION

V _{CC}	• Primary Power Supply
X1, X2	• 32.768kHz Crystal Connection
V _{BAT}	• +3V Battery Input
GND	• Ground
SDA	• Serial Data
SCL	• Serial Clock
SQW/OUT	• Square Wave/Output Driver

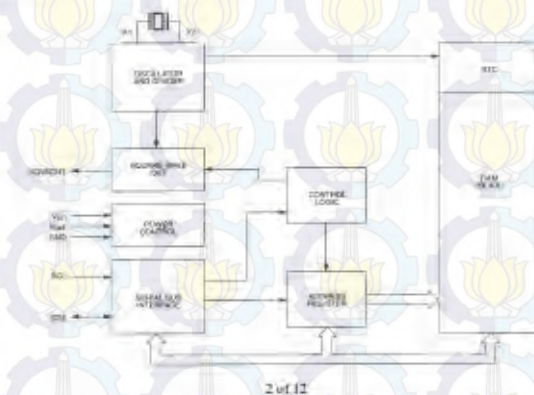
TYPICAL OPERATING CIRCUIT



OPERATION

The DS1307 operates as a slave device on the serial bus. Access is obtained by implementing a START condition and providing a device identification code followed by a register address. Subsequent registers can be accessed sequentially until a STOP condition is executed. When V_{CC} falls below $1.25 \times V_{BAT}$ the device terminates an access in progress and resets the device address counter. Inputs to the device will not be recognized at this time to prevent erroneous data from being written to the device from an out of tolerance system. When V_{CC} falls below V_{BAT} the device switches into a low-current battery backup mode. Upon power-up, the device switches from battery to V_{CC} when V_{CC} is greater than $V_{BAT} + 0.2V$ and recognizes inputs when V_{CC} is greater than $1.25 \times V_{BAT}$. The block diagram in Figure 1 shows the main elements of the serial RTC.

DS1307 BLOCK DIAGRAM Figure 1



SIGNAL DESCRIPTIONS

V_{CC} GND – DC power is provided to the device on these pins. V_{CC} is the +5V input. When 5V is applied within normal limits, the device is fully accessible and data can be written and read. When a 3V battery is connected to the device and V_{CC} is below 1.25 × V_{BAT}, reads and writes are inhibited. However, the timekeeping function continues unaffected by the lower input voltage. As V_{CC} falls below V_{BAT} the RAM and timekeeper are switched over to the external power supply (nominal 3.0V DC) at V_{BAT}.

V_{BAT} – Battery input for any standard 3V lithium cell or other energy source. Battery voltage must be held between 2.0V and 3.5V for proper operation. The nominal write protect trip point voltage at which access to the RTC and user RAM is denied is set by the internal circuitry as 1.25 × V_{BAT} nominal. A lithium battery with 48mAh or greater will back up the DS1307 for more than 10 years in the absence of power at 25°C. UL recognized to ensure against reverse charging current when used in conjunction with a lithium battery.

See “Conditions of Acceptability” at <http://www.maxim-ic.com/TechSupport/QA/atr1.htm>.

SCL (Serial Clock Input) – SCL is used to synchronize data movement on the serial interface.

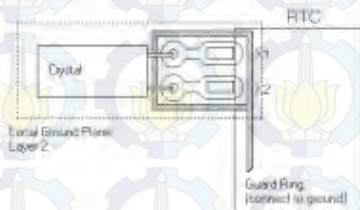
SDA (Serial Data Input/Output) – SDA is the input/output pin for the 2-wire serial interface. The SDA pin is open drain which requires an external pullup resistor.

SQW/OUT (Square Wave/Output Driver) – When enabled, the SQWE bit set to 1, the SQW/OUT pin outputs one of four square wave frequencies (1Hz, 4kHz, 8kHz, 32kHz). The SQW/OUT pin is open drain and requires an external pull-up resistor. SQW/OUT will operate with either V_{CC} or V_{BAT} applied.

X1, X2 – Connections for a standard 32,768kHz quartz crystal. The internal oscillator circuitry is designed for operation with a crystal having a specified load capacitance (CL) of 12.5pF.

For more information on crystal selection and crystal layout considerations, please consult Application Note 58, “Crystal Considerations with Dallas Real-Time Clocks.” The DS1307 can also be driven by an external 32,768kHz oscillator. In this configuration, the X1 pin is connected to the external oscillator signal and the X2 pin is floated.

RECOMMENDED LAYOUT FOR CRYSTAL



CLOCK ACCURACY

The accuracy of the clock is dependent upon the accuracy of the crystal and the accuracy of the match between the capacitive load of the oscillator circuit and the capacitive load for which the crystal was trimmed. Additional error will be added by crystal frequency drift caused by temperature shifts. External circuit noise coupled into the oscillator circuit may result in the clock running fast. See Application Note 58, "Crystal Considerations with Dallas Real-Time Clocks" for detailed information.

Please review Application Note 95, "Interfacing the DS1307 with a 8051-Compatible Microcontroller" for additional information.

RTC AND RAM ADDRESS MAP

The address map for the RTC and RAM registers of the DS1307 is shown in Figure 2. The RTC registers are located in address locations 00h to 07h. The RAM registers are located in address locations 08h to 3Fh. During a multi-byte access, when the address pointer reaches 3Fh, the end of RAM space, it wraps around to location 00h, the beginning of the clock space.

DS1307 ADDRESS MAP Figure 2

00h	SECONDS
	MINUTES
	HOURS
	DAY
	DATE
	MONTH
	YEAR
07h	CONTROL
08h	RAM
3Fh	56 x 8

CLOCK AND CALENDAR

The time and calendar information is obtained by reading the appropriate register bytes. The RTC registers are illustrated in Figure 3. The time and calendar are set or initialized by writing the appropriate register bytes. The contents of the time and calendar registers are in the BCD format. Bit 7 of register 0 is the clock halt (CH) bit. When this bit is set to a 1, the oscillator is disabled. When cleared to a 0, the oscillator is enabled.

Please note that the initial power-on state of all registers is not defined. Therefore, it is important to enable the oscillator (CH bit = 0) during initial configuration.

The DS1307 can be run in either 12-hour or 24-hour mode. Bit 6 of the hours register is defined as the 12- or 24-hour mode select bit. When high, the 12-hour mode is selected. In the 12-hour mode, bit 5 is the AM/PM bit with logic high being PM. In the 24-hour mode, bit 5 is the second 10 hour bit (20-23 hours).

On a 2-wire START, the current time is transferred to a second set of registers. The time information is read from these secondary registers, while the clock may continue to run. This eliminates the need to re-read the registers in case of an update of the main registers during a read.

2-WIRE SERIAL DATA BUS

The DS1307 supports a bi-directional, 2-wire bus and data transmission protocol. A device that sends data onto the bus is defined as a transmitter and a device receiving data as a receiver. The device that controls the message is called a master. The devices that are controlled by the master are referred to as slaves. The bus must be controlled by a master device that generates the serial clock (SCL), controls the bus access, and generates the START and STOP conditions. The DS1307 operates as a slave on the 2-wire bus. A typical bus configuration using this 2-wire protocol is shown in Figure 4.

TYPICAL 2-WIRE BUS CONFIGURATION Figure 4



Figures 5, 6, and 7 detail how data is transferred on the 2-wire bus.

- Data transfer may be initiated only when the bus is not busy.
- During data transfer, the data line must remain stable whenever the clock line is HIGH. Changes in the data line while the clock line is high will be interpreted as control signals.

Accordingly, the following bus conditions have been defined:

Bus not busy: Both data and clock lines remain HIGH.

Start data transfer: A change in the state of the data line, from HIGH to LOW, while the clock is HIGH, defines a START condition.

Stop data transfer: A change in the state of the data line, from LOW to HIGH, while the clock line is HIGH, defines the STOP condition.

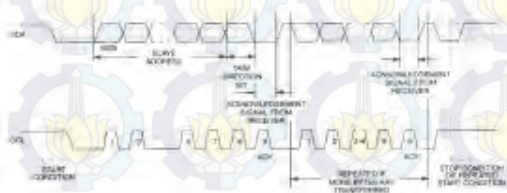
Data valid: The state of the data line represents valid data when, after a START condition, the data line is stable for the duration of the HIGH period of the clock signal. The data on the line must be changed during the LOW period of the clock signal. There is one clock pulse per bit of data.

Each data transfer is initiated with a START condition and terminated with a STOP condition. The number of data bytes transferred between START and STOP conditions is not limited, and is determined by the master device. The information is transferred byte-wise and each receiver acknowledges with a ninth bit. Within the 2-wire bus specifications a regular mode (100kHz clock rate) and a fast mode (400kHz clock rate) are defined. The DS1307 operates in the regular mode (100kHz) only.

Acknowledge: Each receiving device, when addressed, is obliged to generate an acknowledge after the reception of each byte. The master device must generate an extra clock pulse which is associated with this acknowledge bit.

A device that acknowledges must pull down the SDA line during the acknowledge clock pulse in such a way that the SDA line is stable LOW during the HIGH period of the acknowledge related clock pulse. Of course, setup and hold times must be taken into account. A master must signal an end of data to the slave by not generating an acknowledge bit on the last byte that has been clocked out of the slave. In this case, the slave must leave the data line HIGH to enable the master to generate the STOP condition.

DATA TRANSFER ON 2-WIRE SERIAL BUS Figure 5



Depending upon the state of the R/W bit, two types of data transfer are possible:

1. **Data transfer from a master transmitter to a slave receiver.** The first byte transmitted by the master is the slave address. Next follows a number of data bytes. The slave returns an acknowledge bit after each received byte. Data is transferred with the most significant bit (MSB) first.
2. **Data transfer from a slave transmitter to a master receiver.** The first byte (the slave address) is transmitted by the master. The slave then returns an acknowledge bit. This is followed by the slave transmitting a number of data bytes. The master returns an acknowledge bit after all received bytes other than the last byte. At the end of the last received byte, a "not acknowledge" is returned.

The master device generates all of the serial clock pulses and the START and STOP conditions. A transfer is ended with a STOP condition or with a repeated START condition. Since a repeated START condition is also the beginning of the next serial transfer, the bus will not be released. Data is transferred with the most significant bit (MSB) first.

The DS1307 may operate in the following two modes:

1. **Slave receiver mode (DS1307 write mode):** Serial data and clock are received through SDA and SCL. After each byte is received an acknowledge bit is transmitted. START and STOP conditions are recognized as the beginning and end of a serial transfer. Address recognition is performed by hardware after reception of the slave address and *direction bit (See Figure 6). The address byte is the first byte received after the start condition is generated by the master. The address byte contains the 7 bit DS1307 address, which is 1101000, followed by the *direction bit (R/W) which, for a write, is a 0. After receiving and decoding the address byte the device outputs an acknowledge on the SDA line. After the DS1307 acknowledges the slave address + write bit, the master transmits a register address to the DS1307. This will set the register pointer on the DS1307. The master will then begin transmitting each byte of data with the DS1307 acknowledging each byte received. The master will generate a stop condition to terminate the data write.

DATA WRITE – SLAVE RECEIVER MODE Figure 6



2. **Slave transmitter mode (DS1307 read mode):** The first byte is received and handled as in the slave receiver mode. However, in this mode, the *direction bit will indicate that the transfer direction is reversed. Serial data is transmitted on SDA by the DS1307 while the serial clock is input on SCL. START and STOP conditions are recognized as the beginning and end of a serial transfer (See Figure 7). The address byte is the first byte received after the start condition is generated by the master. The address byte contains the 7-bit DS1307 address, which is 1101000, followed by the *direction bit (R/W) which, for a read, is a 1. After receiving and decoding the address byte the device inputs an acknowledge on the SDA line. The DS1307 then begins to transmit data starting with the register address pointed to by the register pointer. If the register pointer is not written to before the initiation of a read mode the first address that is read is the last one stored in the register pointer. The DS1307 must receive a "not acknowledge" to end a read.

DATA READ – SLAVE TRANSMITTER MODE Figure 7



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Voltage on Any Pin Relative to Ground	-0.5V to +7.0V
Storage Temperature	-55°C to +125°C
Soldering Temperature	260°C for 10 seconds DIP See IPC/JEDEC Standard J-STD-020A for Surface Mount Devices

* This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

Range	Temperature	V_{CC}
Commercial	0°C to +70°C	4.5V to 5.5V V_{CC1}
Industrial	-40°C to +85°C	4.5V to 5.5V V_{CC1}

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

(Over the operating range*)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Supply Voltage	V_{CC}	4.5	5.0	5.5	V	
Logic 1	V_{IH}	2.2		$V_{CC} + 0.3$	V	
Logic 0	V_{IL}	-0.5		+0.8	V	
V_{BAT} Battery Voltage	V_{BAT}	2.0		3.5	V	

*Unless otherwise specified.

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(Over the operating range*)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Input Leakage (SCL)	I_{LI}			1	μ A	
I/O Leakage (SDA & SQW/OUT)	I_{LO}			1	μ A	
Logic 0 Output ($I_{OL} = 5mA$)	V_{OL}			0.4	V	
Active Supply Current	I_{CCA}			1.5	mA	7
Standby Current	I_{CIS}			200	μ A	1
Battery Current (OSC ON); SQW/OUT OFF	I_{BAT1}		300	500	nA	2
Battery Current (OSC ON); SQW/OUT ON (32kHz)	I_{BAT2}		480	800	nA	
Power-Fail Voltage	V_{PF}	$1.216 \times V_{BAT}$	$1.25 \times V_{BAT}$	$1.294 \times V_{BAT}$	V	8

*Unless otherwise specified.

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(Over the operating range*)

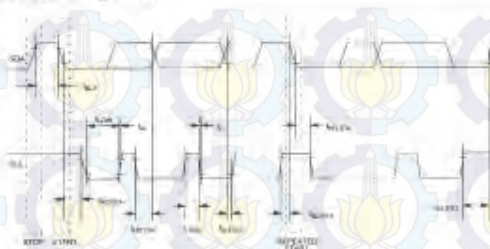
PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
SCL Clock Frequency	f _{SCL}	0		100	kHz	
Bus Free Time Between a STOP and START Condition	t _{BUR}	4.7			μs	
Hold Time (Repeated) START Condition	t _{HOLD-STA}	4.0			μs	3
LOW Period of SCL Clock	t _{LOW}	4.7			μs	
HIGH Period of SCL Clock	t _{HIGH}	4.0			μs	
Setup Time for a Repeated START Condition	t _{SET-STA}	4.7			μs	
Data Hold Time	t _{HOLD-DAT}	0			μs	4,5
Data Setup Time	t _{SET-DAT}	250			ns	
Rise Time of Both SDA and SCL Signals	t _R			1000	ns	
Fall Time of Both SDA and SCL Signals	t _F			300	ns	
Setup Time for STOP Condition	t _{SET-STOP}	4.7			μs	
Capacitive Load for each Bus Line	C _B			400	pF	6
I/O Capacitance (T _A = 25°C)	C _{IO}		10		pF	
Crystal Specified Load Capacitance (T _A = 25°C)			12.5		pF	

*Unless otherwise specified.

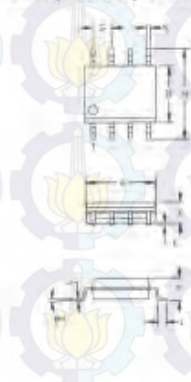
NOTES:

1. I_{CC3} specified with V_{CC} = 5.0V and SDA, SCL = 5.0V.
2. V_{CC} = 0V, V_{BAT} = 3V.
3. After this period, the first clock pulse is generated.
4. A device must internally provide a hold time of at least 300ns for the SDA signal (referred to the V_{DD(SDA)} of the SCL signal) in order to bridge the undefined region of the falling edge of SCL.
5. The maximum t_{HOLD-DAT} has only to be met if the device does not stretch the LOW period (t_{LOW}) of the SCL signal.
6. C_B – Total capacitance of one bus line in pF.
7. I_{CCA} – SCL clocking at max frequency = 100kHz.
8. V_{FB} measured at V_{BAT} = 3.0V.

TIMING DIAGRAM Figure 8

DS1307 64 X 8 SERIAL REAL-TIME CLOCK
6-PIN DIP MECHANICAL DIMENSIONS

DIM.	6-PIN	
	MIN.	MAX.
A IN.	0.360	0.400
MM	9.14	10.16
B IN.	0.240	0.280
MM	6.10	7.10
C IN.	0.120	0.140
MM	3.05	3.50
D IN.	0.300	0.325
MM	7.62	8.26
E IN.	0.015	0.040
MM	0.38	1.02
F IN.	0.120	0.140
MM	3.04	3.50
G IN.	0.090	0.110
MM	2.29	2.79
H IN.	0.120	0.170
MM	3.17	4.40
J IN.	0.008	0.012
MM	0.20	0.30
K IN.	0.015	0.021
MM	0.38	0.53

**DS1307Z 64 X 8 SERIAL REAL-TIME CLOCK
8-PIN SOIC (150-MIL) MECHANICAL DIMENSIONS**


PKG	4-PIN	
	[150 MIL]	
DIM	MIN	MAX
A IN.	0.158	0.196
MM	4.01	4.95
B IN.	0.150	0.158
MM	3.81	4.01
C IN.	0.048	0.062
MM	1.22	1.57
E IN.	0.004	0.010
MM	0.10	0.25
F IN.	0.053	0.069
MM	1.35	1.75
G IN.	0.050 BSC	
MM	1.27 BSC	
H IN.	0.250	0.244
MM	6.35	6.20
J IN.	0.007	0.011
MM	0.18	0.28
K IN.	0.012	0.020
MM	0.30	0.51
L IN.	0.016	0.050
MM	0.41	1.27
PKG	0"	0"

56-G2008-001

LAMPIRAN C

C.1. Pengujian dan Realisasi Alat



Pengujian Sensor Tegangan



Pengujian Sensor Arus



Alat Keseluruhan

DAFTAR RIWAYAT PENULIS



Nama : Sawung Rananggono
TTL : Bangkalan, 27 Februari
1995
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Alamat Asal : Jalan Pemuda Kaffa 57b
Bangkalan
Telp/HP : 085940324181
E-mail : sawung313@gmail.com

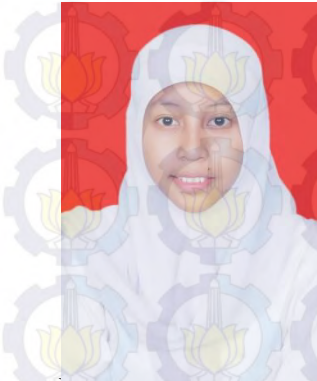
RIWAYAT PENDIDIKAN

2001 – 2007 : SD Negeri Pejagan 6 Bangkalan
2007 – 2010 : SMP Negeri 1 Bangkalan
2010 – 2013 : SMA Negeri 1 Bangkalan
2013 – sekarang : Bidang Studi Teknik Listrik, Program Studi
D3 Teknik Elektro, ITS

PENGALAMAN KERJA

- Kerja Praktik PT. PLN (Persero) Rayon Kenjeran Area Surabaya
Utara

DAFTAR RIWAYAT PENULIS



Nama : Intan Eka Puspitasari
TTL : Madiun, 23 Desember 1993
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat Asal : Jl. Telasih no. 1, Ds.
Darmorejo, Mejayan,
Madiun
Telp/HP : 085736123299
E-mail : intan_eka23@yahoo.co.id

RIWAYAT PENDIDIKAN

2000 – 2006 : SD Negeri Darmorejo 1
2006 – 2009 : SMP Negeri 1 Mejayan
2009 – 2012 : SMA Negeri 1 Mejayan
2013 – sekarang : Bidang Studi Teknik Listrik, Program Studi
D3 Teknik Elektro, ITS

PENGALAMAN KERJA

- Kerja Praktek PT. PLN (Persero) Rayon Kenjeran Area Surabaya
Utara