



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 145561

**PERANCANGAN SISTEM MONITORING
PENGUKURAN FAKTOR DAYA PADA PELANGGAN
TEGANGAN RENDAH**

Abdul Rahman Wachid
NRP 10311500010034

Dosen Pembimbing
Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO OTOMASI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE 145561

**MONITORING MEASUREMENT OF POWER FACTOR
ON LOW VOLTAGE CUSTOMER**

Abdul Rahman Wachid
NRP 10311500010034

Supervisor
Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng

AUTOMATION ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Vocational
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "**Perancangan Sistem Monitoring Pengukuran Faktor Daya pada Pelanggan Tegangan Rendah**" 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, 17 Juli 2018



Abdul Rahman Wachid
NRP 10311500010034

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

**PERANCANGAN SISTEM MONITORING PENGUKURAN
FAKTOR DAYA PADA PELANGGAN TEGANGAN RENDAH**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik**

Pada

**Program Studi Elektro Industri
Departemen Teknik Elektro Otomasi
Fakultas Vokasi**

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing

Ir. Josephat Pramudijanto, M.Eng.

NIP. 19621005 199003 1 003

SURABAYA

JULI, 2018

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

PERANCANGAN SISTEM MONITORING PENGUKURAN FAKTOR DAYA PADA PELANGGAN TEGANGAN RENDAH

Nama Mahasiswa : Abdul Rahman Wachid
Nrp : 10311500010034
Pembimbing : Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng.
NIP : 19621005 199003 1 003

ABSTRAK

Peningkatan kebutuhan beban yang bersifat induktif pada pelanggan TR (Tegangan Rendah) di atas 2,2kVA, maka dapat menyebabkan nilai faktor daya yang buruk dan hal ini akan membuat PT. PLN (Persero) mengalami kerugian akibat penggunaan daya nyata pada pelanggan TR berkurang. Dengan adanya permasalahan ini, maka perlu perhatian khusus agar nilai faktor daya yang terukur pada pelanggan TR sesuai dengan standart yang telah diterapkan oleh PLN.

Dalam tugas tugas akhir ini dibuat sebuah alat untuk mengukur nilai faktor daya dengan menggunakan 3 Voltmeter. Arus dan tegangan 3 Voltmeter diukur kemudian ditampilkan ke LCD 20x4 dan dikirim melalui media wifi untuk dilakukan monitoring secara jarak jauh. Perangkat ini juga dilengkapi media penyimpanan untuk menyimpan data hasil pengukuran guna mengaudit hasil kualitas listrik.

Alat pada Tugas Akhir ini dapat mengukur faktor daya dari beban yang diukur dengan metode 3 Voltmeter. Hasil dari alat ini mampu mengukur tegangan pada 3 Voltmeter dengan nilai kesalahan kurang dari 0,5% dan pengukuran arus mempunyai kesalahan kurang dari 1%. Hasil monitoring faktor daya juga diuji dengan menggunakan beberapa beban induktif dan resistif dengan faktor daya antara 0,83 sampai 0,98.

Kata Kunci : Faktor daya, pengukuran 3 Voltmeter, Monitoring, *SD Card*.

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

MONITORING MEASUREMENT OF POWER FACTOR ON LOW VOLTAGE CUSTOMER

Student's Name : Abdul Rahman Wachid
Registration Number : 10311500010034
Supervisor : Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng.
ID : 19621005 199003 1 003

ABSTRACT

Increasing inductive load requirements for TR (Low Voltage) customers below 2.2kVA, then it can cause a bad power factor value and this will make PT. PLN (Persero) suffered losses due to the use of real power in TR customers reduced. Given this problem, it necessary to pay special attention to the value of measured power factor on TR customers in accordance with the standard that has been applied by PLN.

In this final project will be made a tool measurement power factor by 3 Voltmeter method. The measured 3 Voltmeter current and voltage are then displayed to the LCD 20x4 and transmitted over the wifi medium for remote monitoring. The device also features storage media for audit the results of power quality.

This tools in Final Project can measure the power factor of the load measured by 3 Voltmeter method. The result of this prototype is capable of measuring voltage at 3 Voltmeter with error value less than 0.5% and current measurement has error less than 1%. Power factor monitoring results were also tested using some inductive loads resistive load with a power factor of between 0.83 and 0.98.

Keywords : Power Factor, Measurement 3 Voltmeters, monitoring, SD Card.

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan tepat waktu.

Saya mengangkat Tugas Akhir dengan judul :

**“Perancangan Sistem Monitoring Pengukuran Faktor daya
Pada Pelanggan Tegangan Rendah”**

Dibuat guna memenuhi syarat kelulusan di Departemen Teknik Elektro Otomasi, bidang studi Elektro industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih atas segala doa, bantuan dan dukungannya yang telah diberikan selama proses pembuatan Tugas Akhir ini kepada :

1. Kedua orang tua atas dukungan baik spiritual maupun material yang tak ternilai harganya.
2. Bapak Ir. Joko Susila, MT. Ketua departemen Teknik Elektro Otomasi, Fakultas Vokasi- ITS Surabaya.
3. Bapak Ir. Josaphat Pramudijanto, M Eng. Sebagai dosen pembimbing yang telah banyak memberikan ilmu, pengarahan dan bimbingan selama penulis mengerjakan Tugas Akhir ini, serta membimbing saya dengan kesabaran yang tiada batasnya.
4. Semua pihak yang telah membantu saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Surabaya, Juni 2018



Abdul Rahman Wachid
10311500010034

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

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	xi
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Sistematika Laporan	3
1.6 Relevansi.....	3
BAB II TEORI PENUNJANG	5
2.1 Faktor Daya.....	5
2.2 Metode 3 Voltmeter	8
2.3 Sensor Arus Trafo	9
2.4 <i>Arduino Mega 2560</i>	11
2.5 <i>Ethernet Shield</i>	11
2.6 Arduino IDE.....	13
2.7 Sensor Tegangan	13
BAB III PERANCANGAN ALAT.....	17
3.1 Diagram Fungsional Alat.....	17
3.2 Perancangan Mekanik	19
3.3 Perancangan Perangkat Elektronik	21
3.3.1 Perancangan Sensor Tegangan.....	22
3.3.1.1 Sensor Tegangan V1 Trafo <i>Stepdown</i>	22
3.3.1.2 Sensor Tegangan V2	23
3.3.1.3 Sensor Tegangan V3 Trafo <i>Stepdown</i>	24

3.3.2 Perancangan Sensor Arus CT.....	25
3.3.3 Perancangan <i>Liquid Crystal Display (LCD)</i>	27
3.3.4 Perancangan <i>Power Supply</i>	27
3.3.5 Perancangan <i>Shield Arduino Mega</i>	29
3.4 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	29
3.4.1 Pemrograman <i>Arduino IDE</i>	30
3.4.1.1 Pemrograman Sensor Tegangan 1.....	31
3.4.1.2 Pemrograman Sensor Tegangan 2.....	32
3.4.1.3 Pemrograman Sensor Tegangan 3.....	33
3.4.1.4 Pemrograman Sensor Arus CT.....	34
3.4.1.5 Pemrograman <i>Real Time Clock (RTC)</i>	35
3.4.1.6 Pemrograman <i>SD Card</i>	37
3.4.2 Perancangan <i>Software LabVIEW</i>	37
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA DATA.....	41
4.1 Pengujian <i>Power Supply</i>	41
4.2 <i>Input/Output Arduino</i>	43
4.3 Pengujian RTC.....	47
4.4 Memori <i>SD Card</i>	48
4.5 Tampilan LCD 20x4.....	49
4.6 Pengujian Sensor Arus CT.....	51
4.7 Pengujian Sensor Tegangan 1.....	57
4.8 Pengujian Sensor Tegangan 2.....	62
4.9 Pembacaan Sensor Tegangan 3.....	66
4.10 Pengujian Komunikasi <i>Ethernet</i>	71
4.10.1 Pengujian pada <i>Board Aduino</i>	71
4.10.2 Pengujian <i>Software LabVIEW</i>	73
4.11 Pengujian Keseluruhan Alat.....	73
4.11.1 Pengujian Faktor Daya dengan Beban Resistif.....	74
4.11.2 Pengujian Faktor Daya dengan Beban Induktif.....	75
4.12 Analisa Relevansi.....	76
BAB V PENUTUP.....	77
5.1 Kesimpulan.....	77
5.2 Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA.....	79
LAMPIRAN A.....	A-1

A.1 Pemrograman LCD 20X4.....	A-1
A.2 Pemrograman RTC DS 1307.....	A-1
A.3 Pemrograman <i>SD Card</i>	A-4
A.4 Pemrograman <i>Ethernet</i>	A-5
LAMPIRAN B	B-1
B.1 <i>Datasheet Real Time Clock</i>	B-1
B.2 <i>Datasheet Arduino Mega 2560</i>	B-15
RIWAYAT HIDUP PENULIS	C-1

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

DAFTAR GAMBAR

HALAMAN

Gambar 2.1	Kartesius pada Rangkaian RLC.....	7
Gambar 2.2	Bentuk Gelombang Arus dan Tegangan Resistif	7
Gambar 2.3	Bentuk Gelombang Arus dan Tegangan Induktif	8
Gambar 2.4	Diagram Vektor Daya untuk Beban Induktif	8
Gambar 2.5	Pengukuran Metode 3 Voltmeter.....	8
Gambar 2.6	Vektor pada Metode 3 Voltmeter.....	9
Gambar 2.7	<i>Induction Current Sensor</i>	10
Gambar 2.8	Board <i>Arduino Mega 2560</i>	10
Gambar 2.9	<i>Ethernet Shield</i>	12
Gambar 2.0	Jendela <i>Arduino IDE</i>	12
Gambar 2.11	Rangkaian Pembagi Tegangan.....	15
Gambar 2.12	Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh	15
Gambar 3.1	Skema Sistem Keseluruhan	18
Gambar 3.2	Perancangan Alat Tampak Atas	19
Gambar 3.3	Perancangan Alat Tampak Depan	19
Gambar 3.4	Perancangan Panel Kontrol Tampak Atas	20
Gambar 3.5	Perancangan Panel Kontrol Tampak Depan.....	20
Gambar 3.6	Perancangan Panel Kontrol Tampak Samping	20
Gambar 3.7	Perancangan <i>Hardware</i> Tampak Atas	21
Gambar 3.8	Perancangan <i>Hardware</i> Tampak Samping.....	21
Gambar 3.9	Skematik Sensor Tegangan 1	23
Gambar 3.10	Skematik Sensor Tegangan 2.....	24
Gambar 3.11	Skematik Sensor Tegangan 3.....	25
Gambar 3.12	Skematik Rangkaian Pengkondisi CT	26
Gambar 3.13	Skema <i>Wiring</i> LCD 20x4	27
Gambar 3.14	Rangkaian Regulator LM7809.....	28
Gambar 3.15	Skema Rangkaian <i>Power Supply</i>	28
Gambar 3.16	<i>Shield Arduino Mega</i>	29
Gambar 3.17	<i>Flowchart</i> Pemrograman <i>Arduino IDE</i>	30
Gambar 3.18	<i>Flowchart</i> Sensor Tegangan 1 Trafo <i>Stepdown</i>	31
Gambar 3.19	<i>Flowchart</i> Sensor Tegangan 2 Trafo <i>Stepdown</i>	33
Gambar 3.20	<i>Flowchart</i> Sensor Tegangan 1 Trafo <i>Stepdown</i>	34
Gambar 3.21	<i>Flowchart</i> Sensor Arus.....	35
Gambar 3.22	<i>Flowchart Real Time Clock</i>	36
Gambar 3.23	<i>Flowchart SD Card</i>	38
Gambar 3.24	<i>Block Diagram</i> Pada <i>LabVIEW</i>	39

Gambar 3.25	Desain <i>Front Panel</i> Pada <i>LabVIEW</i>	39
Gambar 4.1	Skema Pengujian <i>Power Supply</i>	43
Gambar 4.2	<i>Output Power Supply</i> 9,14 V.....	43
Gambar 4.3	Skema Pengujian I/O <i>Arduino Mega</i>	46
Gambar 4.4	<i>Flowchart</i> Pengujian I/O <i>Arduino Mega</i>	47
Gambar 4.5	Skema Pengujian RTC.....	48
Gambar 4.6	Pengujian RTC	48
Gambar 4.7	Pengujian <i>SD Card</i>	49
Gambar 4.8	Skema Pengujian LCD.....	50
Gambar 4.9	Pengujian terhadap LCD.....	50
Gambar 4.10	Pengujian Spesifikasi CT-OD	51
Gambar 4.11	Skema Pengambilan Data ADC	52
Gambar 4.12	Data ADC terhadap Sensor Arus.....	53
Gambar 4.13	Skema Perbandingan Arus LCD.....	55
Gambar 4.14	Pengujian Sensor Tegangan 1	57
Gambar 4.15	Perubahan Data ADC terhadap <i>Output</i> Trafo1	59
Gambar 4.16	Skema Pengujian LCD dengan <i>Input Variac</i>	60
Gambar 4.17	Perubahan Data ADC terhadap <i>Output</i> Tegangan 2	64
Gambar 4.18	Perubahan Data ADC terhadap <i>Output</i> Trafo 3.....	68
Gambar 4.19	Program Ethernet pada <i>Arduino Mega</i>	71
Gambar 4.20	<i>Command Prompt</i> Pada Laptop dengan IP Address	72
Gambar 4.21	Pengujian Jarak Jangkauan <i>wi-fi</i>	72
Gambar 4.22	Tampilan Pengujian <i>Interface</i> pada <i>LabVIEW</i>	73
Gambar 4.23	Skema Pengujian Alat dengan Beban Resistif.....	74
Gambar 4.24	Skema Pengujian Alat dengan Beban Induktif.....	75
Gambar 4.25	Skema Pengujian Alat Secara Keseluruhan	76

DAFTAR TABEL

HALAMAN

Tabel 2.1	Spesifikasi <i>Induction Current Sensor</i>	10
Tabel 4.1	Pengujian <i>Power Supply</i>	42
Tabel 4.2	Pengujian I/O <i>Arduino Mega</i>	44
Tabel 4.3	Pengujian <i>RTC</i>	48
Tabel 4.4	Pengujian <i>SD Card</i>	49
Tabel 4.5	Pengujian <i>Output CT-OD</i>	52
Tabel 4.6	Data Sensor Arus dan <i>ADC</i>	53
Tabel 4.7	Pengujian Beban Lampu	56
Tabel 4.8	Pengujian Beban Peralatan Rumah Tangga.....	56
Tabel 4.9	Pengujian <i>Output</i> Transformator 1	57
Tabel 4.10	Perbandingan Sensor Tegangan dengan <i>Input Variac</i>	61
Tabel 4.11	Pengujian <i>Output</i> Transformator 2	63
Tabel 4.12	Perbandingan Sensor Tegangan dengan <i>Input Variac</i>	65
Tabel 4.13	Pengujian <i>Output</i> Transformator 3	66
Tabel 4.14	Perbandingan Sensor Tegangan dengan <i>Input Variac</i>	69
Tabel 4.15	Pengujian Faktor Daya pada Beban Resistif.....	74
Tabel 4.16	Pengujian Faktor Daya pada Beban Induktif.....	75

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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan terhadap beban yang bersifat induktif belakangan ini semakin meningkat terutama pada penggunaan tenaga listrik tegangan rendah. Seiringnya peningkatan penggunaan energi listrik, PT PLN (Persero) mengalami masalah dalam menjaga kualitas energi listrik pelanggan terutama mengenai faktor daya pada pelanggan TR (Tegangan Rendah). Faktor daya yang dinotasikan sebagai $\cos \phi$ didefinisikan sebagai perbandingan antara arus yang dapat menghasilkan kerja didalam suatu rangkaian terhadap arus total yang masuk kedalam rangkaian atau dapat dikatakan sebagai perbandingan daya aktif (kW) dan daya semu (kVA) [1]. Dalam sistem tenaga listrik dikenal 3 jenis faktor daya yaitu faktor daya unity, faktor daya terbelakang (*lagging*) dan faktor daya terdahulu (*leading*) yang ditentukan oleh jenis beban yang ada pada system [2]. Penurunan nilai faktor daya yang terjadi pada pelanggan TR dipengaruhi oleh penggunaan beban yang bersifat induktif seperti, Motor induksi, Lampu TL, kulkas dan las listrik [1]. Pada saat ini dari pihak Perusahaan Listrik Negara jarang melakukan memonitoring terhadap beban-beban yang dapat menyebabkan kualitas daya menurun, salah satunya faktor daya. Pada umumnya pelanggan yang berlangganan 20kV jika terdapat nilai faktor daya yang buruk maka pihak PLN akan memberikan denda *Kvar* kepada pelanggan terkait sehingga PLN tidak mengalami kerugian akibat penggunaan daya nyata yang berkurang, namun hal ini berbeda dengan pelanggan TR, jika nilai faktor daya yang terukur di atas standart dan ketentuan dari PLN, maka pihak PLN membiarkan begitu saja.

Dengan adanya kebutuhan terhadap energi listrik pada pelanggan TR yang setiap tahunnya terus meningkat, maka bila nilai faktor daya yang buruk dibiarkan saja, hal ini akan membuat PLN mengalami kerugian akibat penggunaan daya nyata yang berkurang pada pelanggan TR. Dengan adanya permasalahan tersebut, maka diperlukan perhatian khusus untuk menjaga nilai faktor daya agar sesuai dengan standarnya, salah satunya yaitu dengan melakukan monitoring faktor daya pada pelanggan TR. Faktor daya dapat diperbaiki dengan melakukan pemasangan kapasitor bank. Alat faktor daya meter saat ini telah tersedia, namun pada

tugas akhir ini dibuat alat faktor daya dengan metode 3 Voltmeter dimana dibutuhkan 3 sensor tegangan untuk mendapatkan nilai faktor daya [1].

Dengan adanya sistem monitoring terhadap Faktor Daya dapat membantu Perusahaan Listrik Negara (PLN) untuk memenuhi alat faktor daya meter yang relatif murah dan melakukan langkah-langkah sejak dini ketika terdapat nilai faktor daya rendah, sehingga pelayanan dari segi kualitas daya dari PLN terjamin mutu kualitasnya [2].

1.2 Permasalahan

Pada Tugas Akhir ini yang menjadi permasalahan utama yaitu permasalahan PT PLN (Persero) dalam menjaga kualitas energi listrik terutama mengenai faktor daya pada Pelanggan TR (Tegangan Rendah) yang sampai saat ini masih belum ada.

1.3 Batasan Masalah

Dari perumusan masalah di atas, maka batasan masalah dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Nilai faktor daya yang diukur adalah beban resistif dan beban induktif,
2. Faktor daya yang terukur tidak dikalibrasi dengan cos phi meter,
3. Sensor yang digunakan untuk mengukur besaran nilai faktor daya menggunakan 3 sensor tegangan
4. Pengujian menggunakan beban 1 fasa arus maksimal 6 A, dengan 5 macam beban,
5. Pada tugas akhir ini hanya mendeteksi nilai faktor daya bukan memperbaiki faktor daya.

1.4 Tujuan

Tujuan dari menuliskan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengakusisi data pengukuran nilai faktor daya pada pelanggan TR
2. Merancang dan membuat sistem pengukuran faktor daya dengan metode 3 Voltmeter.
3. Membuat tampilan *interface* berupa tampilan data pada *liquid crystal display* serta merancang sistem penyimpanan data dalam *SD Card* sehingga dapat dilakukan audit kualitas faktor daya.
4. Membuat tampilan *interface* berupa tampilan data pada *Software LabVIEW*.

1.5 Sistematika Laporan

Pembahasan Tugas Akhir ini akan dibagi menjadi lima Bab dengan sistematika sebagai berikut:

- Bab I :PENDAHULUAN**
Dalam bab ini menjelaskan tentang latar belakang, permasalahan, tujuan penelitian, sistematika laporan, dan relevansi.
- Bab II :TEORI PENUNJANG**
Dalam bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka faktor daya, konsep dari 3 Voltmeter, Resistor daya, *Arduino Mega*, sensor tegangan, sensor arus, *Real Time Clock* (RTC), Memori eksternal, dan LCD.
- Bab III :PERANCANGAN ALAT**
Dalam bab ini membahas perancangan sistem *hardware* maupun *Software* pada Perancangan sistem monitoring faktor daya Pada Pelanggan Tegangan Rendah berdasarkan teori dasar pada Bab II.
- Bab IV :PENGUJIAN DAN ANALISA DATA**
Dalam bab ini membahas tentang pengukuran, pengujian, serta analisa terhadap prinsip kerja dan proses dari suatu alat yang dibuat.
- Bab V :PENUTUP**
Dalam bab ini membahas berisi tentang penutup yang menjelaskan tentang kesimpulan dari Tugas Akhir dan saran – saran untuk pengembangan alat ini lebih lanjut.

1.6 Relevansi

Hasil yang diperoleh dari Tugas Akhir ini diharapkan menjadi referensi sistem pengukuran faktor daya dengan metode 3 Voltmeter, Serta dapat memberikan inovasi kepada PT PLN (Persero) dalam pekerjaan monitoring faktor daya pada pelanggan TR yang selama ini masih belum ada. Dengan adanya alat ini PT PLN (Persero) juga bisa melakukan evaluasi kualitas daya pada pelanggan TR dari data yang telah didapat pada perancangan sistem monitoring faktor daya pada pelanggan TR, sehingga PT PLN (Persero) bisa memberikan pelayanan terbaik kepada pelanggan TR.

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

BAB II

TEORI PENUNJANG

Pada Bab II ini akan dijelaskan mengenai teori-teori dasar yang menunjang dan berhubungan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Teori dasar ini diharapkan mampu membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir dan dapat dijadikan referensi nantinya.

2.1 Faktor daya [1]

Daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi listrik yang digunakan untuk melakukan usaha. Pada sistem tenaga listrik, daya listrik dapat dikategorikan dalam 3 jenis, yakni, daya Nyata/Daya Aktif (*Apparent Power*) yang disimbolkan dengan P dengan satuan Watt, daya Reaktif (*reactive Power*) yang disimbolkan dengan Q dengan satuan Volt Amper Reaktif (VAR), dan daya Semu yang disimbolkan dengan S dengan satuan Volt Amper (VA).

Pada kasus sistem listrik bolak-balik dimana tegangan dan arus berbentuk sinusoidal, perkalian antara keduanya akan menghasilkan daya aktif satuan Volt- Ampere (VA) yang memiliki dua buah bagian. Bagian pertama adalah daya yang termanfaatkan oleh konsumen, bisa menjadi gerakan pada motor, bisa menjadi panas pada elemen pemanas. Daya yang termanfaatkan ini sering disebut sebagai daya aktif (*real power*) memiliki satuan watt (W) yang mengalir dari sisi sumber ke sisi beban bernilai rata-rata tidak nol. Bagian kedua adalah daya yang tidak termanfaatkan oleh konsumen, namun hanya ada di jaringan, daya ini sering disebut dengan daya reaktif (*reactive power*) memiliki satuan Volt-Ampere- reactive (VAR) bernilai rata-rata nol.

Daya reaktif dibutuhkan oleh beban agar dapat beroperasi. Beban jenis ini dikenal juga dengan beban induktif, seperti elektromotor, dan lampu TL. Besarnya daya reaktif pada beban ditentukan dengan besarnya faktor daya beban atau yang dikenal juga dengan $\cos \phi$. Jadi tidak semua daya listrik yang diterima oleh beban digunakan untuk menghasilkan daya nyata, tapi sebagian digunakan untuk daya reaktif. Oleh karena itu, daya reaktif yang diserap oleh beban harus diupayakan sekecil mungkin, dengan mengkompensasi daya reaktif itu sendiri.

Kompensasi daya reaktif tersebut dapat dihasilkan oleh sebuah kapasitor. Umumnya daya reaktif yang diserap oleh beban, dikenal

dengan daya reaktif induktif, sementara daya reaktif yang dihasilkan oleh sebuah kapasitor dikenal juga dengan daya reaktif kapasitif. Kedua daya reaktif ini secara vektoris mempunyai arah yang berlawanan, sehingga dapat saling meniadakan (saling mengkompensasi).

Umumnya beban terpasang pada instalasi listrik, dapat dikategorikan sebagai beban resistif (seperti lampu pijar) dan beban induktif (seperti lampu TL). Bila beban tersebut dihubungkan ke sumber tegangan akan menghasilkan aliran arus ke beban yang secara vektoris dapat digambarkan seperti Gambar 2.2 dan Gambar 2.3.

Jadi dapat dilihat bahwa beban resistif (Gambar 2.2) mempunyai vektor arus dan tegangan yang sefasa sehingga sudut $\phi = 0$, sementara beban induktif (Gambar 2.3) vektor arus terbelakang sebesar sudut ϕ . Hal ini disebabkan karena sebagian arus yang dikonsumsi oleh beban dimanfaatkan untuk mendapatkan daya reaktif. Berikut rumus untuk menentukan faktor daya:

$$S = V \times I = \frac{P}{\cos \phi} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$P = V.I. \cos \phi \dots\dots\dots(2.2)$$

$$Q = V.I.\sin \phi \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\text{maka dapat dituliskan: } \cos \phi = \frac{P}{S} \dots\dots\dots(2.4)$$

S = Daya Semu (VA)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

P = Daya nyata (Watt)

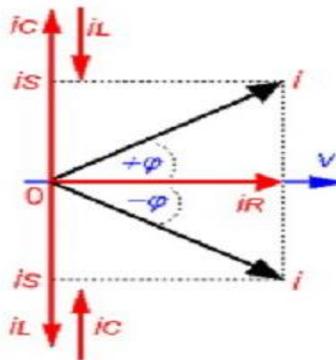
$\cos \phi$ = Nilai Faktor daya

Q = Daya Reaktif (Var)

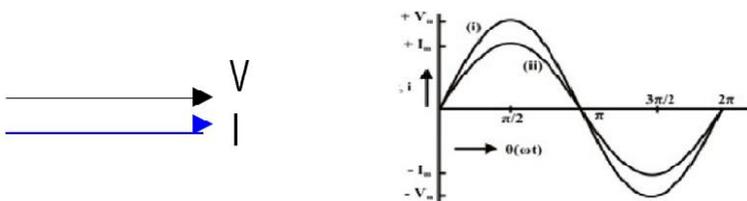
Dari Gambar 2.2, bila vektor arus diuraikan menjadi 2 komponen arus, maka akan diperoleh vektor daya seperti Gambar 2.3, dimana $P = V.I.\cos \phi$ merupakan daya nyata yang diserap oleh beban, $Q = V.I.\sin \phi$ daya yang diubah oleh beban menjadi daya reaktif, dan $S = V.I$, merupakan daya semu yang berasal dari jaringan listrik PLN. Suatu rangkaian arus bolak-balik yang terdiri dari resistor (R), reaktansi induktif (X_L) dan reaktansi kapasitif (X_C), dimana Fasor tegangan (v)

sebagai sumber tegangan total diletakan pada $\omega t = 0$. Arus efektif (i_R) berada sefasa dengan tegangan (v). Arus yang melalui reaktansi induktif (i_L) tertinggal sejauh 90° terhadap tegangan (v) dan arus yang melalui reaktansi kapasitif (i_C) mendahului sejauh 90° terhadap tegangan (v). Arus reaktif induktif (i_L) dan arus reaktif kapasitif (i_C) bekerja dengan arah berlawanan, dimana selisih dari kedua arus reaktif tersebut menentukan sifat induktif atau kapasitif suatu rangkaian.

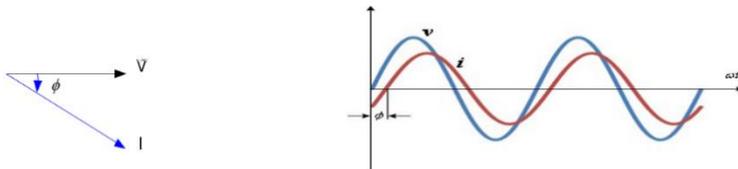
Bila arus yang melalui reaktansi induktif (i_L) lebih besar daripada arus yang melalui reaktansi kapasitif (i_C), maka arus total (i) tertinggal sejauh 90° terhadap tegangan (v), maka grafik ini cenderung bersifat induktif. Sebaliknya bilamana arus yang melalui reaktansi induktif (i_L) lebih kecil dari pada arus yang melalui reaktansi kapasitif (i_C), maka arus total (i) mendahului sejauh 90° terhadap tegangan (v), maka rangkaian paralel ini cenderung bersifat kapasitif.



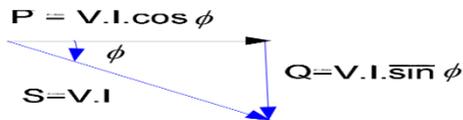
Gambar 2.1. Grafik Kartesius pada Rangkaian RLC [2]



Gambar 2.2. Bentuk Gelombang Arus dan Tegangan beban resistif [2]



Gambar 2.3. Bentuk Gelombang Arus dan Tegangan Beban Induktif[2]

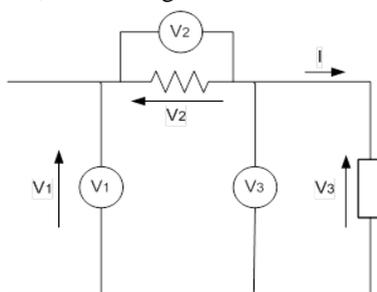


Gambar 2.4. Diagram Vektor Daya untuk Beban Induktif [2]

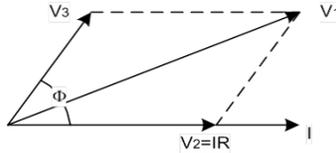
2.2 Metode 3 Voltmeter [3]

Pengukuran faktor daya dapat diukur dengan menggunakan 3 Voltmeter atau tiga Amperemeter. Pada tugas akhir ini dalam mendapatkan nilai faktor daya pada suatu beban digunakan metode 3 Voltmeter. Gambar 2.5 di atas ini memperlihatkan pengukuran daya dengan menggunakan metode 3 Voltmeter tersebut.

Dari Gambar 2.5 memperlihatkan mekanisme pengambilan data 3 Voltmeter yang digunakan pada tugas akhir ini. Hasil dari pengukuran 3 tegangan tersebut dapat diperoleh vektor untuk menentukan sebuah nilai faktor daya. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.6, $\cos \phi$ dapat diukur dengan Persamaan rumus 3 Voltmeter. Dari vektor pada Gambar 2.6, maka dapat diperoleh rumus untuk menentukan nilai faktor daya dengan metode 3 Voltmeter, sesuai dengan Persamaan 2.7.



Gambar 2.5. Pengukuran Metode 3 Voltmeter



Gambar 2.6. Vektor pada Metode 3 Voltmeter

Bila pada Gambar 2.5 masing – masing Voltmeter memberikan hasil pengukuran tegangan 1, tegangan 2 dan tegangan 3, maka hasil penjumlahan vektor 1 dan vektor 2 akan menghasilkan vektor 3, seperti yang terlihat pada Gambar 2.6. Untuk memperoleh nilai ($\cos \phi$) pada metode 3 Voltmeter dapat dihitung dengan penjumlahan vektor 1, 2, dan 3 seperti pada Persamaan 2.5, 2.6, dan 2.7. Dengan demikian maka $\cos \phi$ dapat dihitung dengan metode 3 Voltmeter.

$$V_1^2 = V_2^2 + V_3^2 + 2V_2 V_3 \cos \phi \dots\dots\dots(2.5)$$

$$2V_2 V_3 \cos \phi = V_1^2 - V_2^2 - V_3^2 \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\cos \phi = \frac{V_1^2 - V_2^2 - V_3^2}{2V_2 V_3} \dots\dots\dots(2.7)$$

V_1 = Tegangan1 (Volt)

V_2 = Tegangan2 (Volt)

V_3 = Tegangan3 (Volt)

2.3 Sensor Arus Trafo [4]

Sensor arus merupakan suatu piranti yang digunakan untuk mengukur besaran arus pada suatu sistem listrik. Sensor ini mengubah arus menjadi suatu besaran listrik (arus/tegangan) yang lebih proporsional untuk selanjutnya digunakan untuk keperluan metering maupun proteksi. Contoh sensor arus yang umum digunakan adalah *Current Transformer* (CT) atau trafo arus.

Trafo arus digunakan untuk pengukuran arus yang besarnya ratusan Ampere lebih yang mengalir pada jaringan tegangan tinggi. Jika arus hendak diukur mengalir pada tegangan rendah dan besarnya di atas 5 Ampere, maka pengukuran dapat dilakukan secara langsung sedangkan arus yang besar tadi harus dilakukan secara tidak langsung dengan menggunakan trafo arus sebutan trafo pengukuran arus yang besar.

Prinsip kerja dari CT sama dengan trafo daya satu fasa. Jika pada kumparan primer mengalir arus I_p , maka pada kumparan primer akan timbul gaya gerak magnet sebesar $N_p I_p$, gaya gerak magnet ini memproduksi fluks pada inti. Fluks ini membangkitkan gaya gerak listrik pada kumparan sekunder. Jika kumparan sekunder tertutup, maka pada kumparan sekunder mengalir arus I_s . arus ini menimbulkan gaya gerak magnet $N_s I_s$ pada kumparan sekunder.

Jenis CT yang dipakai adalah *Induction Current Sensor* seperti pada Gambar 2.7 yang memiliki spesifikasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi *Induction Current Sensor*

Parameter	Spesifikasi
<i>AC/DC Current Range</i>	$\pm 60 \text{ A}$
<i>Ratio</i>	1000:1
<i>Peak Pulse Measurement</i>	$\pm 60 \text{ A}$
<i>Input overload limit</i>	$\pm 1000 \text{ A}$
<i>Accuracy Offset-Error</i>	$< 0,1 \%$
<i>Linearity-Error for $|I| \leq I_{max}$</i>	$< 0,5 \%$
<i>Dynamic characteristics</i>	$> 1000 \text{ A}/\mu\text{s}$
<i>Output Voltage to current ratio at $50 \Omega/1W$ in line</i>	1 mA/1A



Gambar 2.7. *Induction Current Sensor*



Gambar 2.8. Board *Arduino Mega 2560*

2.4 *Arduino Mega2560* [5]

Arduino Mega 2560 adalah papan 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, anda tinggal menghubungkan power dari USB ke PC anda atau melalui adaptor AC/DC ke jack DC. Gambar *Arduino Mega* ditunjukkan pada Gambar 2.8

Spesifikasi *Arduino Mega 2560* :

1. Menggunakan chip mikrokontroler AtMega2560.
2. Tegangan operasi 5 Volt.
3. Tegangan *input*(yang direkomendasikan, via jack DC) sebesar 7-12 Volt.
4. Digital I/O sebanyak 54 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM *output*.
5. Analog *input* pin sebanyak 16 buah.
6. Arus DC per pin I/O sebesar 20 mA.
7. Arus DC pada pin 3,3 Volt sebesar 50 mA.
8. Flash memory sebesar 256 KB, 8 KB telah digunakan untuk *bootloader*.
9. SRAM sebesar 8 kb.
10. EEPROM sebesar 4 kb.
11. Clock speed sebesar 16 Mhz.
12. Dimensi *Arduino Mega 2560* sebesar 101,5 mm x 53,4 mm.
13. Berat *Arduino Mega 2560* sebesar 37 g

2.5 *Ethernet Shield* [6]

Ethernet Shield merupakan suatu perangkat yang dapat menambah kemampuan *Arduino* untuk terhubung ke jaringan computer. *Ethernet Shield* berbasiskan cip *Ethernet Wiznet W5100*. Cip *Ethernet Wiznet W5100* ini menyediakan jaringan internet (IP) baik TCP dan UDP. Dan didukung oleh 4 soket koneksi yang simultan. Penggunaan perangkat ini mengacu pada *library Ethernet Shield* untuk penulisan programnya. Pada *Ethernet Shield* terdapat sebuah slot *micro-SD (Secure Digital)*, yang dapat digunakan untuk menyimpan file yang diakses melalui jaringan.

Board Arduino dapat berkomunikasi dengan cip Winzet W5100 dan *SD Card* menggunakan bus SPI (*SERIAL Peripheral interface*). Bus SPI menggunakan pin digital 11, 12, dan 13 pada *Arduino Uno*. Pin digital 10 digunakan untuk memilih W5100 dan pin digital 4 digunakan untuk memilih *SD Card*. Pin-pin yang sudah disebutkan sebelumnya tidak dapat digunakan untuk input/output umum ketika kita menggunakan *Ethernet Shield*. Karena W5100 dan *SD Card* berbagi bus SPI, hanya salah satu yang dapat aktif pada satu waktu.



Gambar 2.9. *Ethernet Shield*

```
Blink | Arduino 1.0
File Edit Sketch Tools Help

Blink
/*
 * Blink
 * Turns on an LED on for one second, then off for one second, repeats.
 * This example code is in the public domain.
 */

void setup() {
  // initialize the digital pin as an output.
  // Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards;
  pinMode(13, OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(13, HIGH); // set the LED on
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(13, LOW); // set the LED off
  delay(1000);          // wait for a second
}

Arduino Uno on /dev/ttyACM1
```

Gambar 2.10. *Jendela Arduino IDE*

2.6 Arduino IDE [6]

Board Arduino dapat di program menggunakan *Software open source* bawaan *Arduino IDE*. *Arduino IDE* adalah sebuah aplikasi *crossplatform* yang berbasis bahasa pemrograman *Processing* dan *Wiring*. *Arduino IDE* di desain untuk mempermudah pemrograman dengan adanya kode editor yang dilengkapi dengan *syntax highlighting*, *brace matching*, dan indentasi otomatis untuk kemudahan pembacaan program, serta dapat meng-*compile* dan meng-*upload* program ke *board* dalam satu klik. Jendela *Arduino IDE* dapat dilihat pada Gambar 2.10.

IDE Arduino adalah *Software* yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan *Java*. *IDE Arduino* terdiri dari:

1. Editor program merupakan sebuah *window* yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *Processing*.
2. *Compiler* merupakan sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa *Processing*) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah *microcontroller* tidak akan bisa memahami bahasa *Processing*. Yang bisa dipahami oleh mikrokontroler adalah kode biner. Itulah sebabnya *compiler* diperlukan dalam hal ini.

Uploader merupakan sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam *memory* di dalam papan *Arduino* .

2.7 Sensor Tegangan [7]

Sinyal tegangan yang akan diukur dengan menurunkan tegangan dengan menggunakan transformator step down dan rangkaian pembagi tegangan dimana resistor disusun secara seri. Prinsip dari rangkaian pembagi tegangan sesuai dengan hukum Kirchoff tegangan yang menyatakan bahwa “Tegangan dalam rangkaian tertutup sama dengan jumlah semua tegangan di seluruh rangkaian”. Dari Gambar 2.10 R1 dan R2 dipasang secara seri, di mana tegangan keluaran (*Vout*) adalah tegangan R2.

Dari rangkaian pembagi tegangan di bawah dapat dirumuskan tegangan *output VO*. Arus (*I*) mengalir pada R1 dan R2 sehingga nilai tegangan sumber *VI* adalah penjumlahan *V S* dan *VO* sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$V_I = V_S + V_O = i.R_1 + i.R_2 \dots\dots\dots(2.8)$$

Nampak bahwa tegangan masukan terbagi menjadi dua bagian, masing-masing sebanding dengan harga resistor yang dikenai tegangan tersebut. Sehingga besarnya V_O dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$V_O = V_I \cdot \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \dots\dots\dots(2.9)$$

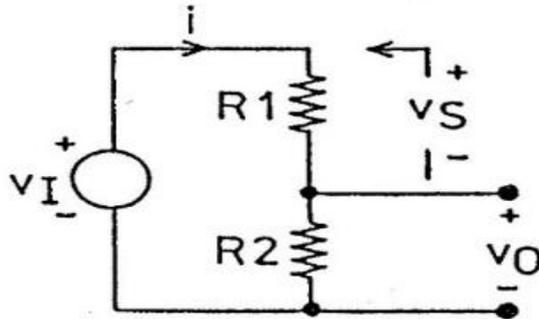
- V_I = Tegangan Sumber (Volt)
- V_S = Tegangan pembagi (Volt)
- V_O = Tegangan *Output* Hasil pembagi (Volt)
- i = Arus (Ampere)
- R_1 = Hambatan pembagi 1 (Ohm)
- R_2 = Hambatan pembagi 2 (Ohm)

Sensor tegangan merupakan alat yang digunakan untuk mendeteksi besar tegangan yang melalui suatu peralatan listrik. Sensor tegangan menggunakan transformator dan rangkaian penyearah. Prinsip kerja dari sebuah transformator adalah ketika kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, perubahan arus listrik pada kumparan primer menimbulkan medan magnet yang berubah. Medan magnet yang berubah diperkuat oleh adanya inti besi dan dihantarkan inti besi ke kumparan sekunder, sehingga pada ujung-ujung kumparan sekunder akan timbul ggl induksi. Efek ini dinamakan induktansi timbal-balik (*mutual inductance*). Jika efisiensi sempurna, semua daya pada lilitan primer akan dilimpahkan ke lilitan sekunder. Penyearah gelombang penuh dapat dibuat dengan 2 macam yaitu, menggunakan 4 dioda dan 2 dioda. Untuk membuat penyearah gelombang penuh dengan 2 dioda menggunakan transformator CT seperti terlihat pada Gambar 2.12.

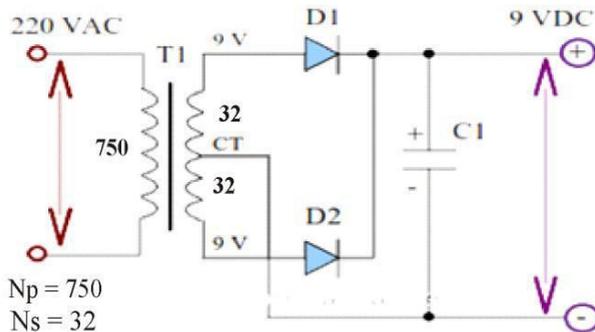
Prinsip kerja rangkaian penyearah gelombang penuh dengan 2 dioda ini dapat bekerja karena menggunakan transformator dengan CT. Transformator dengan CT seperti pada Gambar di atas dapat memberikan *output* tegangan AC pada kedua terminal *output* sekunder terhadap terminal CT dengan level tegangan yang berbeda fasa 180°. Pada saat terminal *output* transformator pada D1 memberikan sinyal puncak positif

maka terminal *output* pada D2 memberikan sinyal puncak negatif, pada kondisi ini D1 pada posisi *forward* dan D2 pada posisi *reverse*.

Sehingga sisi puncak positif dilewatkan melalui D1. Kemudian pada saat terminal *output* transformator pada D1 memberikan sinyal puncak negatif maka terminal *output* pada D2 memberikan sinyal puncak positif, pada kondisi ini D1 posisi *reverse* dan D2 pada posisi *forward*. Sehingga sinyal puncak positif dilewatkan melalui D2. Penggunaan transformator jenis CT dapat mengurangi penggunaan dari dioda yang digunakan. *Output* dari sensor tegangan ini masih terdapat *ripple* yang dihasilkan, *ripple* dapat diperhalus dengan cara memberikan kapasitor pada *output* dari sensor tegangan, karena kapasitor sesuai dengan karakteristiknya yang dapat menyimpan tegangan sampai $V_{cap} = V_{sumber}$, dan akan menjadi sumber tegangan ketika kapasitor telah terisi penuh.



Gambar 2.11. Rangkaian Pembagi Tegangan



Gambar 2.12. Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh

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

BAB III

PERANCANGAN ALAT

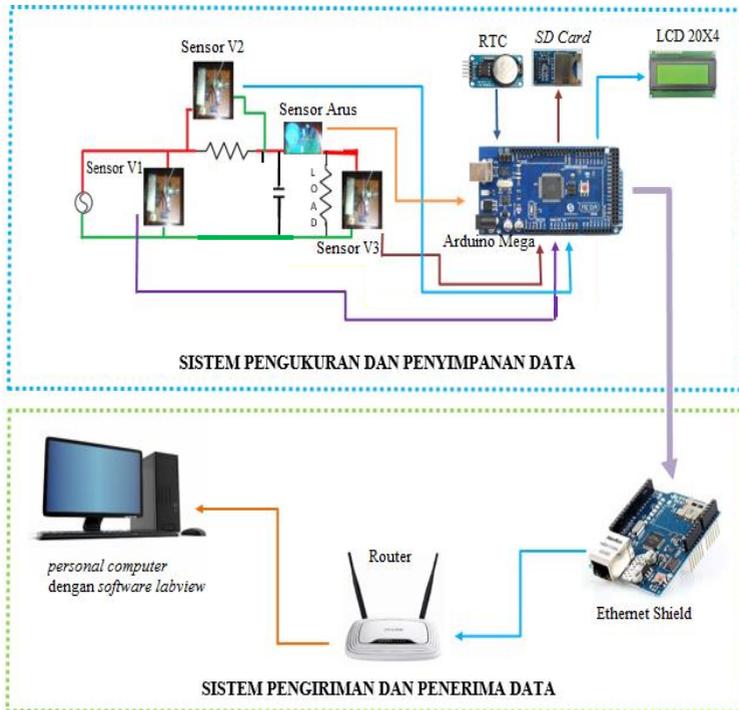
Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan serta pembuatan “Perancangan Sistem *Monitoring* Faktor daya pada Pelanggan TR”, baik perancangan perangkat elektronik (*hardware*), perancangan dan pembuatan perangkat lunak (*Software*) yang meliputi :

1. Perancangan Mekanik
2. Perancangan *Hardware* terdiri dari :
 - a. Perancangan Sensor Tegangan
 - b. Perancangan Sensor Arus
 - c. Perancangan LCD
 - d. Perancangan *Power Supply*
 - e. Perancangan Rangkaian RTC
 - f. Perancangan Rangkaian *SD Card*
 - g. Perancangan *Shield Arduino Mega*
3. Perancangan *Software* yang berupa *flowchart* terdiri dari :
 - a. Pemograman *Arduino IDE*
 - b. Pemograman *LabVIEW*

3.1 Diagram Fungsional Alat

Perencanaan Tugas Akhir “Perancangan Sistem *Monitoring* Pengukuran faktor Daya pada pelanggan Tegangan Rendah” ini mengenai sistem kerja alat secara keseluruhan. Dimana pada alat ini mempunyai dua fungsi yaitu sebagai *monitoring* pengukuran faktor daya pada beberapa beban yang berada pada pelanggan TR serta dapat digunakan untuk menyimpan pengukuran faktor daya, tegangan dan arus secara *real time*..

Sistem kerja dari alat untuk *monitoring pengukuran faktor daya pada pelanggan TR* yakni diawali dengan melakukan pembacaan 3 sensor tegangan, kemudian tegangan *output* dari 3 sensor akan dibaca oleh ADC *Arduino* dan akan diolah menjadi 3 nilai tegangan, lalu hasil nilai 3 tegangan tersebut akan dikelola kembali oleh *Arduino* untuk mendapatkan nilai faktor daya dengan metode 3 Voltmeter. Setelah mendapatkan nilai 3 pengukuran faktor daya dengan metode 3 Voltmeter, maka data faktor daya tersebut akan dikirim ke *personal computer* secara *wireless* dengan media *wi-fi* ke *personal computer*. Pada *personal computer* akan dilakukan pengolahan data faktor daya dengan menggunakan *Software LabVIEW*.



Gambar 3.1. Skema Sistem Keseluruhan

Sedangkan untuk sistem kerja pada kondisi normal yakni diawali dengan melakukan pembacaan 3 sensor tegangan, kemudian tegangan *output* dari 3 sensor akan dibaca oleh ADC *Arduino* dan akan diolah menjadi 3 nilai tegangan, lalu hasil nilai 3 tegangan tersebut akan dikelola kembali oleh *Arduino* untuk mendapatkan nilai faktor daya dengan metode 3 Voltmeter. Untuk pembacaan nilai arus akan dikonversi oleh sensor arus, kemudian *output* dari sensor akan dibaca oleh ADC *Arduino* dan diolah menjadi nilai arus yang sebenarnya. Setelah pembacaan 3 sensor tegangan, nilai pengukuran faktor daya dan sensor arus telah dilakukan maka *Arduino* akan mengambil data dari RTC yang berupa data waktu. Setelah itu nilai 3 tegangan, nilai faktor daya dan nilai arus, serta data RTC akan disimpan dalam *SD Card* dalam bentuk file *excel*.

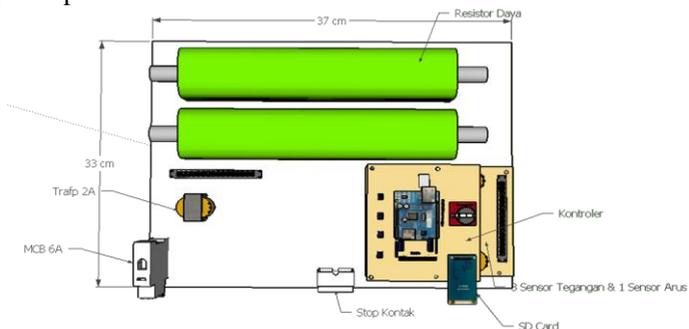
Diagram fungsional alat secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.1

3.2 Perancangan Mekanik

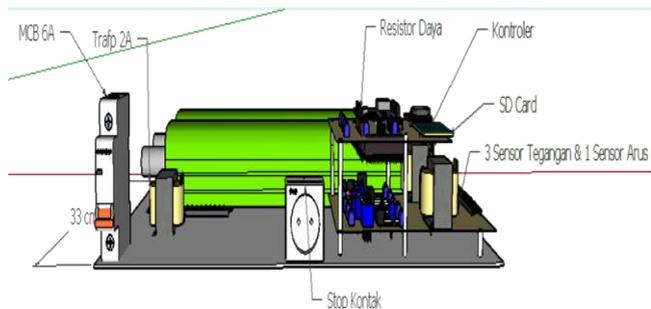
Perancangan mekanik pada Tugas Akhir ini terbagi menjadi 2 bagian, yaitu perancangan pada bagian sistem dan perancangan dari panel kontrol.

Pada perancangan sistem merupakan bagian yang terdiri dari komponen penyusun dari Tugas Akhir ini, yang diantaranya sensor tegangan, sensor arus, *Arduino*, rangkaian *Power Supply*, rangkaian RTC, rangkaian *SD Card*, MCB serta transformator. Seluruh komponen tersebut diletakkan pada akrilik yang ditunjukkan pada Gambar 3.2 untuk tampak atas dan Gambar 3.3 untuk tampak depan.

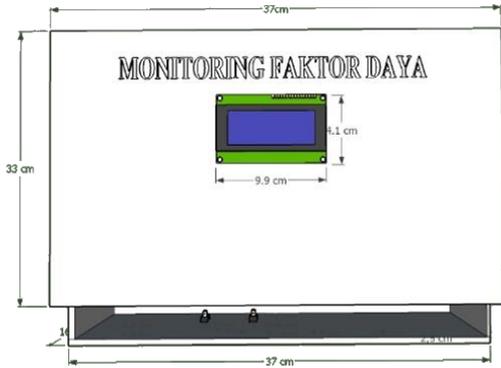
Sedangkan panel kontrol pada Tugas Akhir ini dirancang untuk meletakkan bagian sistem dan juga terdapat indikator serta saklar untuk menjalankan sistem secara keseluruhan. Rancangan panel kontrol ditunjukkan pada Gambar 3.4 untuk tampak atas, dan Gambar 3.5 untuk tampak depan.



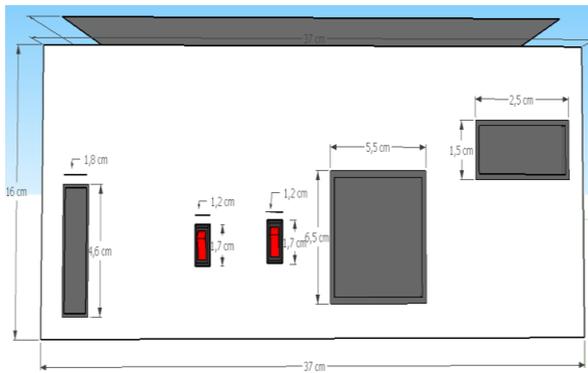
Gambar 3.2. Perancangan Alat Tampak Atas



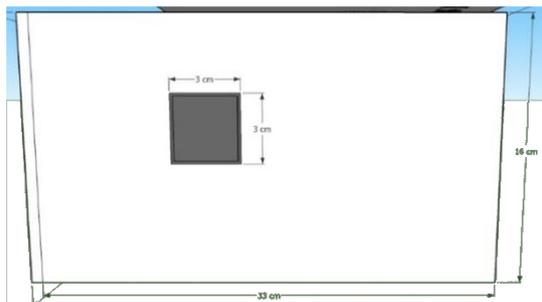
Gambar 3.3. Perancangan Alat Tampak Depan



Gambar 3.4. Perancangan Panel Kontrol Tampak Atas



Gambar 3.5. Perancangan Panel Kontrol Tampak Depan

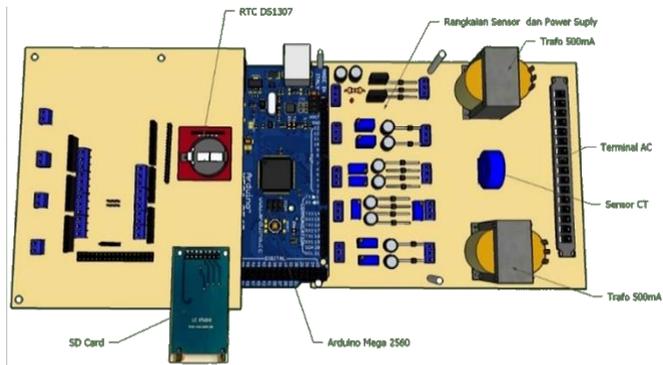


Gambar 3.6 Perancangan Panel Kontrol Tampak Samping

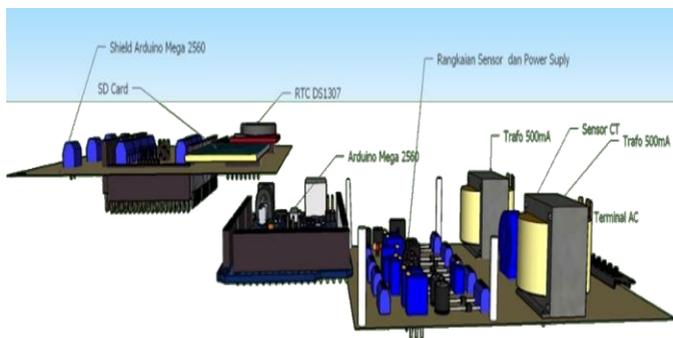
3.3 Perancangan Perangkat Elektronik

Pada perancangan perangkat elektronik (*hardware*) pada Tugas Akhir ini meliputi perancangan 3 buah sensor tegangan, sensor arus CT, *Power Supply*, rangkaian RTC, rangkaian *SD Card*, rangkaian LCD 20x4, MCB. Tampilan perancangan perangkat elektronik terdapat pada Gambar 3.7 untuk tampak atas, dan Gambar 3.8 untuk tampak samping.

Susunan dari perancangan elektronik terbagi menjadi 3 bagian, yaitu, terdapat rangkaian *Power Supply* dan sensor pada bagian bawah, sedangkan pada susunan kedua terdapat papan *Arduino* sebagai kontrol pada Tugas Akhir ini, pada susunan ketiga terdapat rangkaian RTC dan *SD Card* yang tersusun menjadi satu dengan *Shield* dari papan *Arduino*.



Gambar 3.7. Perancangan *Hardware* Tampak Atas



Gambar 3.8. Perancangan *Hardware* Tampak Samping

Tata letak dari komponen-komponen sistem control ini dibuat seperti demikian untuk mempermudah dalam pengoperasiaannya. Selain itu dengan diletakkan menjadi satu *board* seperti Gambar 3.7 dan Gambar 3.8 di atas akan menjadi lebih rapi dan efisien.

Mengenai komponen – komponen yang digunakan akan dijelaskan pada sub bab ini.

3.3.1 Perancangan Sensor Tegangan

Tugas Akhir ini menggunakan tiga sensor tegangan yakni 2 sensor tegangan menggunakan transformator *stepdown* untuk menurunkan nilai tegangan kerja yang akan diukur besarnya serta satu sensor tegangan dengan menggunakan rangkaian pembagi tegangan untuk menurunkan nilai tegangan kerja yang akan diukur besarnya. Penggunaan 3 sensor tegangan yakni untuk menentukan nilai faktor daya dengan menggunakan metode 3 Voltmeter.

3.3.1.1 Sensor Tegangan V1 Trafo Stepdown

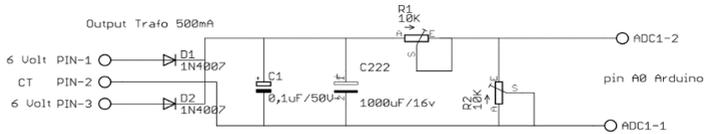
Penggunaan transformator *stepdown* pada sensor tegangan V1 ini bertujuan untuk menurunkan nilai tegangan kerja (220 Volt) yang digunakan.

Nilai dari *output* transformator *stepdown* sebesar 6,68 Volt nilai tersebut masih terlalu besar untuk digunakan sebagai sensor yang akan dibaca oleh ADC *Arduino* maka setelah tegangan diturunkan diberi rangkaian pembagi tegangan yakni terdiri dari dua buah resistor variabel dengan besar resistansi 10 kΩ, sehingga nilai tegangan 6,68 Volt dapat diatur menjadi 4,5 Volt untuk tegangan 250 Volt.

Pada kondisi tersebut tegangan masih berupa AC dan bentuk gelombangnya sinus, kondisi tersebut perlu diberi penyearah yakni berupa rangkaian *fullwave rectifier* dengan dioda 1N4007. Sebelum data dikirim ke *Arduino*, *output* dari rangkaian penyearah diberi kapasitor untuk mengurangi *ripple* yang terjadi, nilai kapasitor yang digunakan yakni 1000 μF. Skema rangkaian sensor tegangan ditunjukkan oleh Gambar 3.9.

Sensor tegangan tersebut dirancang dengan menggunakan prinsip pembagian tegangan dari tegangan sekunder pada trafo *stepdown* 500 mA. Adapun Persamaan yang digunakan seperti pada Persamaan 3.1 berikut.

$$V_2 = \frac{R_1 \times V_1}{R_2 + R_1} \dots\dots\dots (3.1)$$



Gambar 3.9. Skematik Sensor Tegangan 1

$$R_2 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

V_2 = Tegangan *output* dari Sensor (V)

V_1 = Tegangan sekunder dari transformator *stepdown* (V)

Sehingga didapat V_2 sebesar 4,61 Volt ketika:

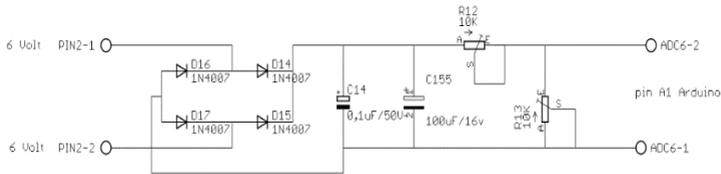
$$V_2 = \frac{5600 \Omega}{2700 + 5600 \Omega} \times 6,68 \text{ Volt}$$

$$V_2 = 4,61 \text{ Volt.}$$

3.3.1.2 Sensor Tegangan V2

Penggunaan pada sensor tegangan V2 ini tidak menggunakan transformator *stepdown* karena keluaran tegangan V2 ini dipengaruhi oleh resistor daya yang digunakan. Tegangan maks yang dihasilkan pada resistor daya adalah 17 Vac, dimana nilai hambatan resistor daya = 2,7 ohm dan arus yang dilewatkan maksimal = 6A.

Nilai dari *output* tegangan resistor daya sebesar 17 Volt nilai tersebut masih terlalu besar untuk digunakan sebagai sensor yang akan dibaca oleh ADC *Arduino* maka, diberi rangkaian pembagi tegangan yakni terdiri dari dua buah resistor variabel dengan besar resistansi 10 k Ω , sehingga nilai tegangan 17 Volt dapat diatur menjadi 4,2 Volt untuk tegangan 17 Volt. Pada kondisi tersebut tegangan masih berupa AC dan bentuk gelombangnya sinus, kondisi tersebut perlu diberi penyearah yakni berupa rangkaian *fullwave rectifier* dengan dioda 1N4007. Sebelum data dikirim ke *Arduino*, *output* dari rangkaian penyearah diberi kapasitor untuk mengurangi *ripple* yang terjadi, nilai kapasitor yang digunakan yakni 1000 μ F. Skema rangkaian sensor tegangan ditunjukkan oleh Gambar 3.10.



Gambar 3.10. Skematik Sensor Tegangan 2

Sensor tegangan tersebut dirancang dengan menggunakan prinsip pembagian tegangan dari tegangan sekunder pada trafo *stepdown* 500 mA.

Adapun Persamaan yang digunakan seperti pada Persamaan 3.2 berikut.

$$V_2 = \frac{R_1 \times V_1}{R_2 + R_1} \dots \dots \dots (3.2)$$

$$R_2 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

V_2 = Tegangan *output* dari Sensor (V)

V_1 = Tegangan sekunder dari transformator *stepdown* (V)

Sehingga didapat V_2 sebesar 4,5 Volt ketika:

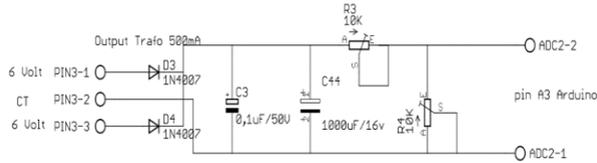
$$V_2 = \frac{2 \text{ k}\Omega}{6 \text{ k}\Omega + 2 \text{ k}\Omega} \times 17 \text{ Volt}$$

$$V_2 = 4,2 \text{ Volt.}$$

3.3.1.3 Sensor Tegangan V3 Trafo *Stepdown*

Penggunaan transformator *stepdown* pada sensor tegangan V3 ini bertujuan untuk menurunkan nilai tegangan kerja (220 Volt) yang digunakan.

Nilai dari *output* transformator *stepdown* sebesar 7,2 Volt nilai tersebut masih terlalu besar untuk digunakan sebagai sensor yang akan dibaca oleh ADC *Arduino* maka setelah tegangan diturunkan diberi rangkaian pembagi tegangan yakni terdiri dari dua buah resistor variabel dengan besar resistansi 10 k Ω , sehingga nilai tegangan 7,2 Volt dapat diatur menjadi 4,61 Volt untuk tegangan 250 Volt.



Gambar 3.11. Skematik Sensor Tegangan 3

Pada kondisi tersebut tegangan masih berupa AC dan bentuk gelombangnya sinus, kondisi tersebut perlu diberi penyearah yakni berupa rangkaian *fullwave rectifier* dengan dioda 1N4007.

Sebelum data dikirim ke *Arduino*, *output* dari rangkaian penyearah diberi kapasitor untuk mengurangi *ripple* yang terjadi, nilai kapasitor yang digunakan yakni 1000 µF. Skema rangkaian sensor tegangan ditunjukkan oleh Gambar 3.11.

Sensor tegangan tersebut dirancang dengan menggunakan prinsip pembagian tegangan dari tegangan sekunder pada trafo *stepdown* 500 mA.

Adapun Persamaan yang digunakan seperti pada Persamaan 3.3 berikut.

$$V_2 = \frac{R_1 \times V_1}{R_2 + R_1} \dots \dots \dots (3.3)$$

$$R_2 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$V_2 = \text{Tegangan } output \text{ dari Sensor (V)}$$

$$V_1 = \text{Tegangan sekunder dari transformator } stepdown \text{ (V)}$$

Sehingga didapat V_2 sebesar 4,5 Volt ketika:

$$V_2 = \frac{5600 \Omega}{3150 \Omega + 5600 \Omega} \times 7,2 \text{ Volt}$$

$$V_2 = 4,61 \text{ Volt.}$$

3.3.2 Perancangan Sensor Arus CT

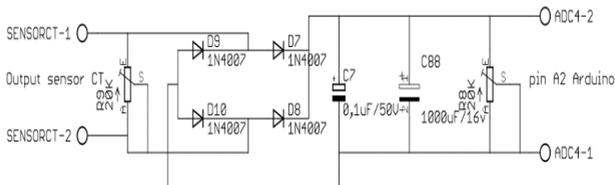
Perancangan sensor arus pada Tugas Akhir ini menggunakan sebuah *current transformers* yang nantinya data arus yang diukur menjadi *output* berupa arus tetapi dalam satuan mA.

Current transformers ini mampu mengukur hingga 6 A. Karena *output* dari *current transformers* ini masih dalam besaran arus maka perlu ditambahkan rangkaian pengkondisi. Gambar sensor arus *current transformers* ditunjukkan pada Gambar 2.7.

Jenis sensor ini memenuhi spesifikasi untuk pengukuran pada KWH meter milik PT. PLN (Persero) dengan rating arus $\pm 60A$. Dari dimensinya terlihat simpel dari pada sensor arus yang lain. Spesifikasi lengkap dari sensor tersebut terdapat pada Tabel 2.1

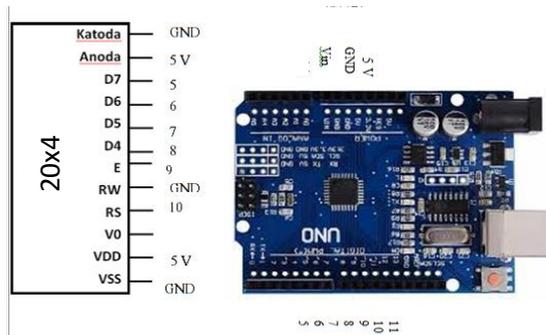
ADC dari *Arduino* hanya mampu membaca data sensor yang berupa besaran tegangan 0 – 5 Volt, maka diperlukan rangkaian pengkondisi agar *output* dari sensor arus ini dapat terbaca oleh ADC *Arduino*. Dengan rangkaian tersebut tegangan *output* yang dihasilkan oleh sensor arus *current transformers* akan bisa diatur oleh multitune (Variabel Resistor). Resistor yang pertama digunakan sebagai pengatur tegangan *output* dari sensor arus *current transformers*. Kemudian resistor yang kedua digunakan untuk mengatur delta (Δ) atau linieritas yang diperlukan oleh sebuah mikrokontroler untuk mampu merubah nilai berapapun hingga arus tertentu. Skema rangkaian ditunjukkan pada Gambar 3.12.

Untuk resistor variabel pada Tugas Akhir ini digunakan sebesar 20 k Ω untuk *output* dari sensor, dan pada resistor variabel yang mengatur linearitas sensor sebesar 240 Ω . Jadi dalam 1 A arus yang melewati sensor maka *output* dari sensor sebesar 240 mV. Sedangkan untuk mengurangi *ripple* yang timbul maka diberi kapasitor sebesar 1000 μF , dan sebesar 100 nF. Arus yang keluar dari sensor tersebut masih dalam besaran arus AC yang dimana gelombangnya masih berupa sinus, oleh karena itu diberi rangkaian *fullwave rectifier* agar kondisi dari *output* sensor menjadi DC, dan mempermudah pembacaan sensor oleh ADC dari papan *Arduino*. ADC yang digunakan untuk pembacaan sensor arus menggunakan ADC A2, dimana ADC pada papan *Arduino* sebesar 10 bit jadi terdapat 1024 data (0 - 1023).



Gambar 3.12. Skematik Rangkaian Pengkondisi Sensor Arus CT

3.3.3 Perancangan LCD(Liquid-Crystal Display)



Gambar 3.13. Skema Wiring LCD 20x4

Pada Tugas Akhir ini menggunakan LCD yang berfungsi menampilkan karakter yang telah diproses oleh *Arduino*, yang bertujuan untuk menginformasikan data yang telah diproses dalam bentuk karakter.

LCD yang digunakan pada Tugas Akhir ini menggunakan LCD 20x4. Untuk 20x4 itu sendiri memiliki arti, dimana 20 mewakili kolom dan 4 baris, berarti LCD ini dapat menampilkan karakter pada sepanjang 32 buah dengan masing-masing kolom maksimal berisi 16 buah karakter.

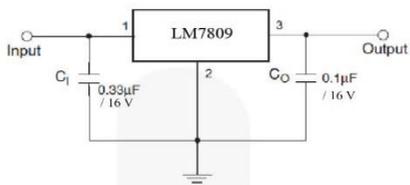
LCD ini membutuhkan *Power Supply* sebesar 5 Volt DC yang didapat dari *Arduino* dan pin yang digunakan pada LCD pada alat ini yaitu pin CONTR, RS, RW, E, D4, D5, D6, D7. Pada pin LCD yang digunakan di hubungkan dengan pin yang ada di *Arduino* yaitu pin CONTR dihubungkan dengan potensio 1 k Ω untuk mengatur kecerahan pada karakter yang di tampilkan LCD pin RS, E, D4, D5, D6 dan D7 di hubungkan pada pin 10, 9, 8, 7, 6 dan 5 secara berurutan dan pin RS di hubungkan dengan *ground*. Rangkaian LCD ini ditunjukkan pada Gambar 3.13 berikut

3.3.4 Perancangan *Power Supply*

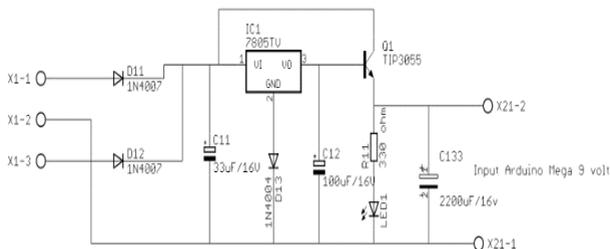
Power Supply yang dibutuhkan pada Tugas Akhir ini memiliki *output* sebesar 9 Volt. *Output* 9 Volt yang dihasilkan, digunakan untuk sumber *Arduino Mega*, dimana *Arduino Mega* direkomendasikan untuk mendapatkan sumber tegangan 7 – 12 Volt, jadi untuk tegangan 9 Volt dapat digunakan sebagai sumber *Arduino*.

Rangkaian *Power Supply* ini menggunakan IC regulator yakni dan 7809. IC 7809 memiliki *output* sebesar positif 9 Volt. Sebelum masuk ke regulator terdapat penyearah *fullwave rectifier* yakni menggunakan dua dioda 1N4004, karena *input* dioda adalah transformator *stepdown* 15 Volt. Penggunaan dua dioda karena transformator *stepdown* ini termasuk jenis CT, menggunakan tiga *input* yaitu 15 Volt, CT, 15 Volt. Selain itu perlu ditambahkan TIP 3055 agar kondisi IC regulator dapat mengalirkan arus lebih dari 1 A. Ditambahkan juga kapasitor untuk mengurangi *ripple* yang ada. Kapasitor dipasang sebelum dan sesudah regulator seperti ditunjukkan pada Gambar 3.14.

Untuk rangkaian yang digunakan pada Tugas Akhir ini menggunakan kapasitor sebesar 33 μF dan 100 μF serta ditambahkan pula kapasitor sebesar 2200 μF . terdapat pula rangkaian indikator yaitu berupa led 5 mm pada setiap *output* dari regulator sebagai indikator ada atau tidaknya tegangan *output*. Trafo pada *Power Supply* ini menggunakan transformator *stepdown* jenis CT dimana hanya membutuhkan dua dioda untuk menjadi *fullwave rectifier*, skema rangkaian *Power Supply* ditunjukkan pada Gambar 3.15.

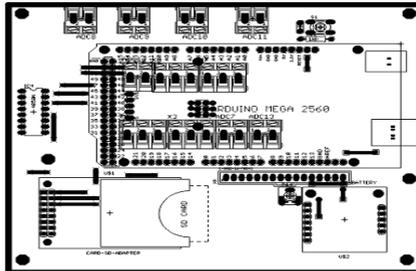


Gambar 3.14. Skematik Regulator LM7809



Gambar 3.15. Skematik Rangkaian *Power Supply*

3.3.5 *Shield Arduino Mega*



Gambar 3.16. *Shield Arduino Mega*

Tugas Akhir ini menggunakan *Arduino Mega* sebagai *controller*-nya, tidak semua pin pada *Arduino Mega* digunakan serta pin pada *Arduino Mega* hanya berupa pin *head female* yang kurang kokoh apabila digunakan untuk peletakan peralatan sensor ataupun perangkat elektronik lainnya.

Dengan alasan tersebut maka dibuat rangkaian *Shield Arduino* , dalam rangkaian *Shield* ini hanya beberapa pin yang digunakan, yakni pin 10, 9, 8, 7, 6, 5 untuk digunakan untuk menghubungkan LCD ke *Arduino* , beberapa pin analog yakni A0, A1, A2, A3 digunakan sebagai membaca sensor. Terdapat beberapa *ground* dan sumber 5 Volt. Selain itu pada rangkaian *Shield* ini terdapat rangkaian *MMC Shield* yang dihubungkan dengan pin ISP *Arduino* yakni Miso, Mosi, SCK, serta CS dan pin 3,3 Volt, rangkaian RTC yang terhubung dengan SDA dan SCL pada pin *Arduino* , terdapat pin *reset* untuk mempermudah melakukan *reset*. Untuk rangkaian *Shield Arduino* ini terletak pada sisi paling atas dari perangkat elektronik pada Tugas Akhir ini, untuk lebih jelasnya ditunjukkan pada Gambar 3.16.

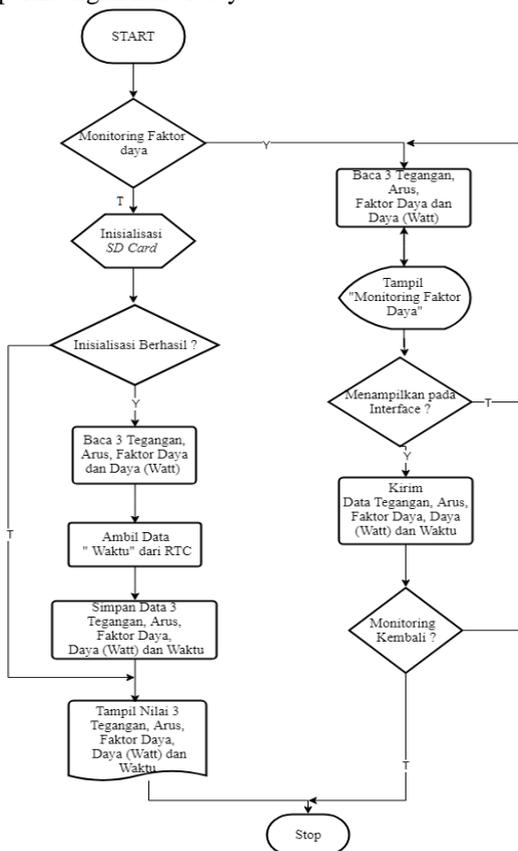
3.4 **Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)**

Perancangan perangkat lunak (*Software*) menggunakan dua macam *Software* yakni *Arduino IDE* untuk pemrograman pada papan *Arduino* serta menjalankan beberapa fungsi dari perangkat elektronik yang terhubung pada *Arduino*.

sedangkan *Software LABVIEW* digunakan untuk merancang pada sisi *interface* yang nantinya akan mengolah data yang dikirim oleh *Arduino Mega* melalui komunikasi *wireless* ataupun dengan *micro SD*.

3.4.1 Pemrograman *Arduino IDE*

Software Arduino IDE pada Tugas Akhir digunakan untuk melakukan pemrograman papan *Arduino* dalam menjalankan sistem secara keseluruhan. Perancangan dari pemrograman ini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.17, dimana *Arduino* akan membaca *output* dari setiap sensor, yaitu sensor arus, dan 3 sensor tegangan yang akan diubah kedalam bentuk ADC serta dilakukan perkalian dari hasil linearisasi sensor yang nantinya akan mendapatkan nilai sebenarnya. Kemudian dari data 3 sensor tegangan dan arus yang didapat, dapat dilakukan perhitungan faktor daya.



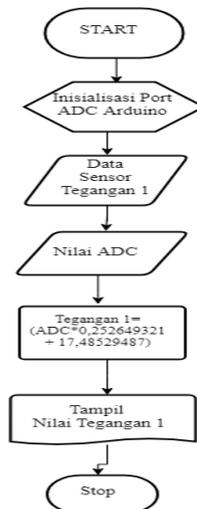
Gambar 3.17. Flowchart Pemrograman *Arduino IDE*

3.4.1.1 Pemrograman Sensor Tegangan 1

Pada sensor tegangan ini menggunakan transformator *step down* yang memiliki *output* 6,8 Volt, lalu disearahkan serta dikondisikan pada tegangan 0 – 5 Volt. Agar sensor tegangan ini dapat digunakan sebagai sensor tegangan dengan baik maka dibutuhkan program yang sesuai untuk sensor ini. *Flowchart* untuk program sensor tegangan ditunjukkan pada Gambar 3.18.

Untuk urutan cara kerja *flowchart* pada Gambar 3.18 adalah sebagai berikut :

1. *Start* adalah ketika program dimulai.
2. Data dari sensor yang masuk ke *Arduino* berupa tegangan 0 – 5 Volt. Nilai tegangan maksimal yang dapat dibaca yakni 250 Volt, dimana nilai tegangan sebesar 4,5 Volt. Nilai tegangan dari sensor tegangan akan dibaca dan dikonversikan oleh *Arduino* , sehingga menjadi data ADC.
3. Untuk mendapatkan nilai tegangan yang sesuai dengan nilai tegangan sebenarnya maka diperlukan perhitungan yang sesuai dengan Persamaan 4.8.
4. Setelah diolah dengan Persamaan 4.8 maka akan didapat nilai tegangan yang sebenarnya.



Gambar 3.18. *Flowchart* Sensor Tegangan 1 Trafo *Stepdown*

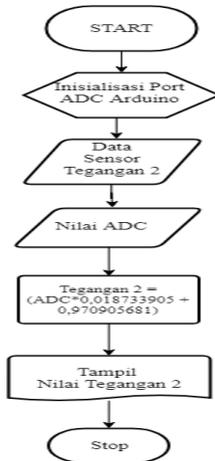
3.4.1.2 Pemrograman Sensor Tegangan 2

Penggunaan pada sensor tegangan V2 ini tidak menggunakan transformator *stepdown* karena keluaran tegangan V2 ini dipengaruhi oleh resistor daya yang digunakan. Tegangan maks yang dihasilkan pada resistor daya adalah 17 Vac, dimana nilai hambatan resistor daya = 2,7 ohm dan arus yang dilewatkan maksimal = 6A.

Nilai dari *output* tegangan resistor daya sebesar 17 Volt nilai tersebut masih terlalu besar untuk digunakan sebagai sensor yang akan dibaca oleh ADC *Arduino* maka setelah tegangan diturunkan diberi rangkaian pembagi tegangan yakni terdiri dari dua buah resistor variabel dengan besar resistansi 10 k Ω , sehingga nilai tegangan 17 Volt dapat diatur menjadi 4,2 Volt untuk tegangan 17 Volt. Pada kondisi tersebut tegangan masih berupa AC dan bentuk gelombangnya sinus, kondisi tersebut perlu diberi penyearah yakni berupa rangkaian *fullwave rectifier* dengan dioda 1N4007. Sebelum data dikirim ke *Arduino*, *output* dari rangkaian penyearah diberi kapasitor untuk mengurangi *ripple* yang terjadi, nilai kapasitor yang digunakan yakni 1000 μ F.

Pada Gambar 3.19 dapat dilihat perancangan *flowchart* untuk proses pembacaan tegangan melalui sensor tegangan yang telah melalui pembagi tegangan pada *Arduino*. Untuk urutan cara kerja dari *flowchart* adalah sebagai berikut :

1. *Start* adalah ketika program dimulai.
2. Pada *Arduino Mega* terdapat 15 buah pin ADC, 15 pin ADC ini memiliki karakteristik yang sama, sedangkan untuk sensor tegangan menggunakan pin ADC 1.
3. Data dari sensor yang masuk ke *Arduino* berupa tegangan 0 – 5 Volt. Nilai tegangan maksimal yang dapat dibaca yakni 17 Volt, dimana nilai tegangan sebesar 4,2 Volt. Nilai tegangan dari sensor tegangan akan dibaca dan dikonversikan oleh *Arduino*, sehingga menjadi data ADC.
4. Untuk mendapatkan nilai tegangan yang sesuai dengan nilai tegangan sebenarnya maka diperlukan perhitungan yang sesuai dengan Persamaan 4.10.
5. Setelah diolah dengan Persamaan 4.10 maka akan didapat nilai tegangan yang sebenarnya.



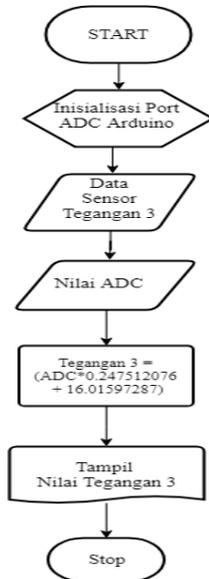
Gambar 3.19. Flowchart Sensor Tegangan 2 Trafo *Stepdown*

3.4.1.3 Pemrograman Sensor Tegangan 3

Untuk pengukuran nilai tegangan 3 pada kondisi normal digunakan sensor tegangan berdasarkan prinsip pembagi tegangan. Dimana tegangan yang akan diukur akan disearahkan dan diturunkan nilai tegangannya sesuai kemampuan dari pin ADC pada *Arduino*. Pada sensor tegangan ini menggunakan transformator *step down* yang memiliki *output* 7,2Volt, lalu disearahkan serta dikondisikan pada tegangan 0 – 5 Volt. Agar sensor tegangan ini dapat digunakan sebagai sensor tegangan dengan baik maka dibutuhkan program yang sesuai untuk sensor ini. *Flowchart* untuk program sensor tegangan ditunjukkan pada Gambar 3.20.

Pada Gambar 3.20 di atas dapat dilihat perancangan *flowchart* untuk proses pembacaan tegangan melalui sensor tegangan trafo *stepdown* pada *Arduino*. Untuk urutan cara kerja *flowchart* adalah sebagai berikut :

1. *Start* adalah ketika program dimulai.
2. Pada *Arduino Mega* terdapat 15 buah pin ADC, 15 pin ADC ini memiliki karakteristik yang sama, sedangkan untuk sensor tegangan menggunakan pin ADC 3.
3. Data dari sensor yang masuk ke *Arduino* berupa tegangan 0 – 5 Volt.. Nilai tegangan dari sensor tegangan akan dibaca dan dikonversikan oleh *Arduino*, sehingga menjadi data ADC.



Gambar 3.20. Flowchart Sensor Tegangan 3 Trafo Stepdown

4. Untuk mendapatkan nilai tegangan yang sesuai dengan nilai tegangan sebenarnya maka diperlukan perhitungan yang sesuai dengan Persamaan 4.12.
5. Setelah diolah dengan Persamaan 4.12 maka akan didapat nilai tegangan yang sebenarnya.

3.4.1.4 Pemrograman Sensor Arus CT

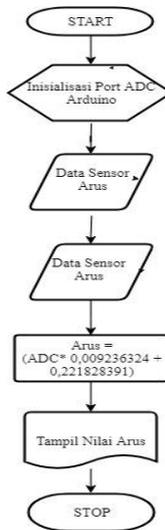
Sensor arus yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah sensor arus *current transformers* dimana *output* dari sensor ini berupa arus dan harus dikondisikan dengan rangkaian pengkondisi agar nilai menjadi tegangan, sehingga dapat terbaca oleh *Arduino*. Agar sensor arus ini dapat digunakan sebagai sensor, dibutuhkan program yang sesuai untuk sensor ini. *Flowchart* untuk program sensor arus ditunjukkan pada Gambar 3.21. Pada Gambar 3.21 dapat dilihat perancangan *flowchart* untuk proses pembacaan arus melalui sensor arus *current transformers* pada *Arduino*. Untuk urutan cara kerja dari *flowchart* adalah sebagai berikut :

1. *Start* adalah ketika program dimulai.

2. Pada *Arduino Mega* terdapat 15 buah pin ADC, 15 pin ADC ini memiliki karakteristik yang sama, sedangkan untuk sensor arus menggunakan pin ADC 4.
3. Data dari sensor yang masuk ke *Arduino* berupa tegangan 0 – 5 Volt. Nilai arus maksimal yang dapat dibaca yakni 6 Ampere, dimana nilai tegangan sebesar 4,5 Volt. Nilai tegangan dari sensor arus *current transformers* akan dibaca dan dikonversikan oleh *Arduino* , sehingga menjadi data ADC.
4. Untuk mendapatkan nilai arus yang sesuai dengan nilai arus sebenarnya maka diperlukan perhitungan yang sesuai dengan Persamaan 4.6.
5. Setelah diolah dengan Persamaan 4.6 maka akan didapat nilai arus yang sebenarnya.
6. Nilai arus kemudian akan ditampilkan pada LCD.

3.4.1.5 Pemrograman RTC

Real Time Clock yang digunakan pada Tugas Akhir ini, yaitu IC DS1307. Untuk pemrograman pada papan *Arduino* telah tersedia *library* dari RTC tersebut. *Wiring* RTC ke *Arduino* dengan I²C, yaitu menghubungkan pin SDA dan SCL dari RTC ke *Arduino* pada pin 20 dan 21.

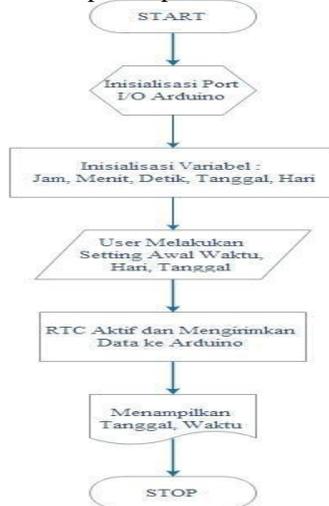


Gambar 3.21. *Flowchart* Sensor Arus

Pada RTC ini set awal untuk data hari, tanggal, serta waktu diberikan pada program dan tidak di set secara manual setelah program diupload. Alur *flowchart* untuk program *Real Time Clock* ditunjukkan pada Gambar 3.21

Pada Gambar 3.21 dapat dilihat untuk perancangan program dari rangkaian RTC. Dimana data waktu akan didapat dari IC DS1307 yang telah diprogram sesuai *flowchart* di atas. Untuk urutan cara kerja dari *flowchart* adalah sebagai berikut;

1. *Start* adalah ketika program dimulai.
2. Untuk *wiring* RTC dengan *Arduino* dihubungkan pada pin SDA dan SCL jadi pada inialisasi *port I/O Arduino* harus mengaktifkan pin SDA dan SCL. Yakni dengan mengaktifkan komunikasi I²C.
3. Selanjutnya inialisasi variabel yang akan digunakan untuk detik, menit, jam, tanggal, dan hari.
4. Selanjutnya *user* akan melakukan *setting* awal untuk waktu pada RTC tersebut.
5. Dengan data *setting* awal tersebut RTC akan mengirim data tersebut ke *Arduino* dengan komunikasi I²C yakni melalui pin SDA dan SCL.
6. Data waktu akan ditampilkan pada LCD.



Gambar 3.22 *Flowchart Real Time Clock*

3.4.1.6 Pemrograman *SD Card*

Pemrograman data *logger* juga menggunakan pemrograman *Arduino IDE*. Komunikasi data *logger* berbeda dengan komunikasi dengan RTC yaitu menggunakan SPI. Lebih jelasnya menggunakan pin MISO, MOSI, SCK, dan CS. Pada rancangan *hardware* pin CS terletak pada pin I/O digital 4. Pin tersebut akan digunakan sebagai acuan untuk mengaktifkan komunikasi dengan *slave*. Agar *SD Card* ini berjalan dengan baik pada *Arduino*, maka dibutuhkan pemrograman yang sesuai dengan kebutuhan dari *SD Card*. *Flowchart* untuk program *SD Card* ditunjukkan pada Gambar 3.22

Pada Gambar 3.22 dapat dilihat untuk perancangan program dari rangkaian *SD Card*. Untuk urutan cara kerja dari *flowchart* adalah sebagai berikut :

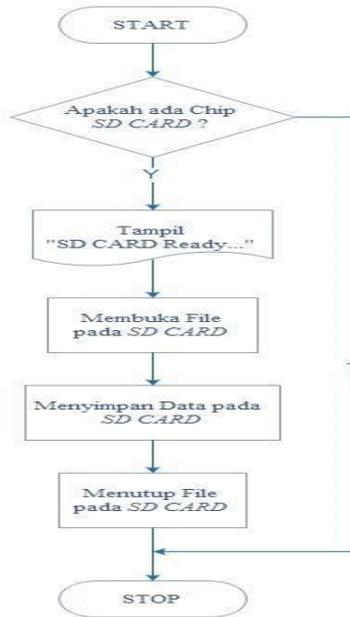
1. *Start* adalah ketika program dimulai.
2. Dilakukan pengecekan untuk mengetahui ada atau tidaknya *chip SD Card*.
3. Jika terdapat *chip SD Card* maka akan dimulai untuk proses penyimpanan dari data yang akan disimpan, sedangkan jika tidak ada *chip SD Card* maka program akan berhenti.
4. Tampilan “*SD Card Ready*” untuk proses selanjutnya.
5. Pada tahap ini akan dimulai proses penyimpanan data yang diawali dengan membuka *file* pada *SD Card*.
6. Data akan tersimpan pada *file* yang telah dibuka pada tahap sebelumnya.
7. Setelah data tersimpan, selanjutnya *file* akan ditutup dan data telah selesai tersimpan

Program tersebut digunakan untuk menulis data *String* pada *file* “log.csv”. Setiap pengaksesan *SD Card* dimulai dengan perintah *SD.open()*; untuk menulis data yang tersimpan dalam memori pada *file* menggunakan *dataFile.print ()*; ketika penulisan selesai maka akan ditutup dengan *dataFile.close()*;

3.4.1.7 Perancangan *Software LabVIEW*

Pada perancangan *Software LabVIEW* yang pertama dirancang yaitu membuat *block diagram* setelah itu merancang *front panel*. *Block diagram* berisi *source code* yang berfungsi sebagai instruksi untuk *front panel*.

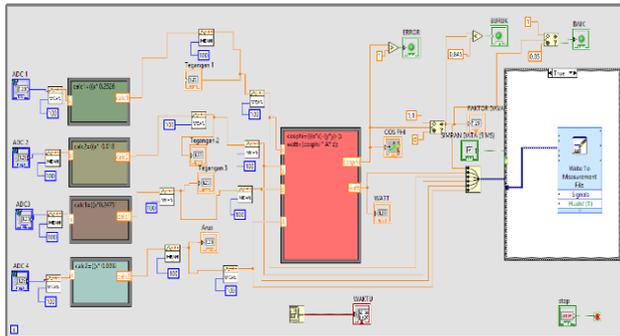
Sedangkan pada *front panel* sendiri mengandung *control* dan indikator untuk membangun sebuah VI (*Virtual Instruments*), menjalankan program dan *mendebug* program.



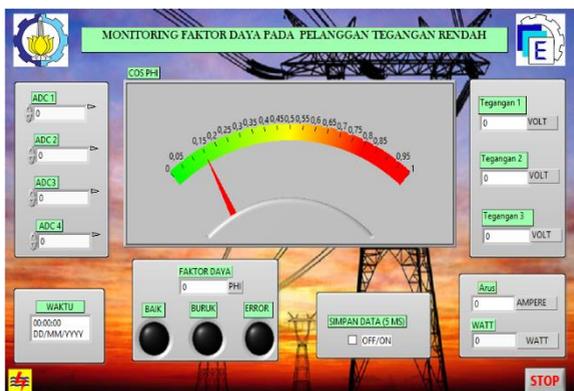
Gambar 3.23 Flowchart SD Card

Pada perancangan *block diagram* (Gambar 3.24) bagian kiri terdapat *function palatte numeric* dengan tanda nama ADC0, ADC1, ADC2 dan ADC3 yang berguna untuk menampilkan pembacaan 4 sensor per 200 ms, ditunjukkan pada *function palatte* dengan *icon* jam, yang dikirim melalui *Ethernet*. Pada bagian kanan ADC0, ADC1, ADC2 dan ADC3 terdapat kotak berwarna abu-abu yang disebut dengan *formula node*, fungsi dari *function palatte* ini adalah untuk menuliskan rumus konversi sinyal analog menjadi besaran tegangan (Volt) dan besaran arus (Ampere). Lalu pada bagian sebelah kanan *formula node* disambungkan pada *function palatte numeric* sebagai hasil perhitungan tegangan (Volt) dan arus (Ampere) dengan tanda nama Tegangan 1, Tegangan 2, Tegangan 3 dan Arus. Nilai yang didapatkan dari hasil perhitungan lalu diambil 5 sampel data untuk diambil rata-rata.

Sedangkan perancangan pada *front panel* (Gambar 3.25) dibuat *interface* dilengkapi dengan 3 sensor tegangan dan sensor arus dimana pada masing-masing sensor terdapat keterangan di atasnya. Pada bagian bawah tanda nama ADC 0, ADC1, ADC2, ADC3 merupakan hasil dari pembacaan sensor, telah dijelaskan pada penjelasan sebelumnya. Lalu pada bagian bawah tanda nama Tegangan 1, Tegangan 2 dan Tegangan 3 merupakan hasil dari perhitungan konversi sinyal analog menjadi besaran menjadi besaran tegangan (Volt) dan besaran arus (Ampere). Lalu hasil perhitungan faktor daya pada bagian kanan Tegangan 1. Sedangkan Gambar meter faktor daya diletakkan pada bagian kanan dari front panel, yang dimana telah terdapat tanda nama pada bagian atas Gambar meter.



Gambar 3.24. Block Diagram Pada LabVIEW



Gambar 3.25. Desain *Front Panel* PadLabVIEW

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

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

Untuk mengetahui kinerja dari peralatan dan pembuatan sistem yang telah dirancang dan direncanakan sedemikian rupa pada BAB III, maka diperlukan pengujian dan analisa data dari setiap komponen pendukung yang dibuat agar sistem dapat berjalan dengan baik sesuai dengan yang diharapkan. Pada bab ini akan dibahas tentang pengujian dan analisa data *hardware* dan *Software* yang telah dibuat. Adapun bagian – bagian yang akan diuji pada alat ini adalah :

1. Pengujian *Power Supply*
2. *Input/Output Arduino*
3. Pembacaan RTC
4. Memori *SD Card*
5. Tampilan LCD 20x4
6. Pembacaan Sensor Arus
7. Pembacaan Sensor Tegangan 1
8. Pembacaan Sensor Tegangan 2
9. Pembacaan Sensor Tegangan 3
10. Pengujian Ethernet
11. Pengujian *Software LabVIEW*
12. Pengujian Alat Keseluruhan
13. Pengujian faktor daya dengan beban resistif
14. Pengujian faktor daya dengan beban induktif
15. Analisa Relevansi

4.1 Pengujian *Power Supply*

Pengujian ini dilakukan pada *Power Supply* yang nantinya akan disambungkan ke *Arduino* . pengujian ini menggunakan variac sebagai *input*. *Input* pada variac diatur dari tegangan 200 Volt hingga tegangan 248 Volt, hal ini dilakukan untuk memastikan tegangan *output* dari *Power Supply* stabil pada tegangan antara 200 Volt hingga 248 Volt. Skema pengujian untuk pengukuran tegangan *output*, ditunjukkan pada Gambar 4.1.

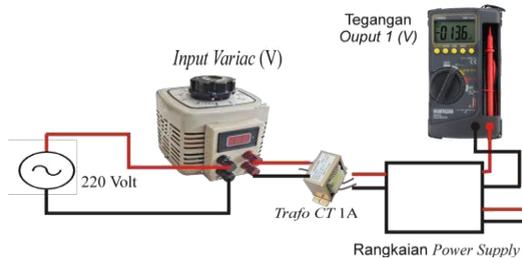
Data yang didapat untuk pengujian *Power Supply* pada tegangan *output* terdapat pada Tabel 4.1. Dari Tabel 4.1 didapat bahwa tegangan *output* pada *Power Supply* yang akan digunakan memiliki tegangan *output* yang stabil meskipun tegangan yang diberikan bervariasi.

Pada tegangan *output Power Supply* yaitu 8,97 Volt. *Output* tersebut akan digunakan sebagai sumber *Arduino*, nilai tersebut sudah memenuhi kebutuhan dari *Arduino* dan aman digunakan karena kebutuhan dari *Vin Arduino* berkisar 7 – 12 Volt.

Power Supply ini juga diuji dengan osiloskop untuk melihat gelombang dari tegangan *output* yang dihasilkan, apakah terdapat *ripple* atau tidak. Untuk pengujian dengan menggunakan osiloskop rangkaian *output Power Supply* dihubungkan dengan osiloskop yang telah dikalibrasi sebelumnya. Selanjutnya akan muncul tampilan pada layar osiloskop tegangan yang telah terukur, hasilnya terdapat pada Gambar 4.2

Tabel 4.1 Pengujian *Power Supply*

No.	<i>Input</i> Variac(V)	Tegangan <i>Output</i> (V)
1.	200,3	9,14
2.	202,3	9,14
3.	204,1	9,14
4.	206,3	9,14
5.	208,3	9,14
6.	210,3	9,14
7.	212,6	9,14
8.	214,4	9,14
9.	216,4	9,14
10.	218,4	9,14
11.	220,3	9,14
12.	222,3	9,14
13.	224,3	9,14
14.	226,3	9,14
15.	228,4	9,14
16.	230,4	9,14
17.	232,4	9,14
18.	234,6	9,14
19.	236,6	9,14
20.	238,6	9,14
22.	242,3	9,14
23.	244,3	9,14
24.	246,3	9,14
25.	248,3	9,14



Gambar 4.1 Skema Pengujian *Power Supply*



Gambar 4.2 Output *Power Supply* 9,14 V

4.2 *Input/Output Arduino*

Pengujian ini dilakukan terhadap *board Arduino* yang digunakan yakni *Arduino Mega*, untuk mengetahui bahwa kondisi *Arduino Mega* dapat digunakan dengan baik untuk Tugas Akhir ini. Skema pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.3

Dilakukan pengujian pada pin *Arduino Mega* yang akan digunakan saja, yaitu pada pin digital *Arduino* dari pin 0 – 53 dan pada pin analog *Arduino* dari pin A0 – A15. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan program pada *Arduino* yakni memberikan perintah *HIGH* dan *LOW* atau logika 0 dan 1 pada setiap pin *Arduino* yang akan diuji sesuai dengan *flowchart* yang ditunjukkan pada Gambar 4.4, kemudian mengukur besaran tegangan yang keluar dari pin tersebut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3

Hasil pengukuran menggunakan multimeter “SANWA CD800a” data yang didapat pada Tabel 4.2.

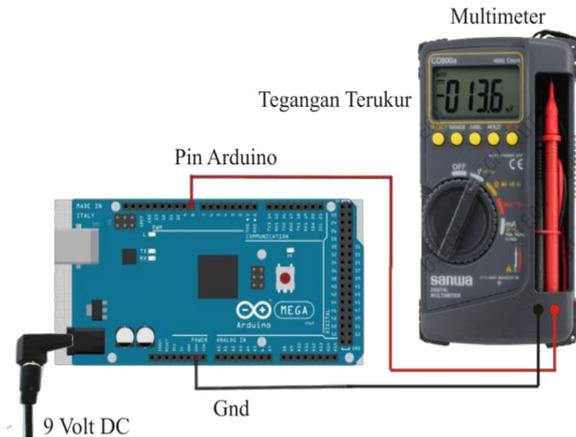
Dengan di lakukan pengujian I/O pada board *Arduino Mega*, dapat disimpulkan bahwa board *Arduino Mega* tersebut layak dipakai karena sesuai dengan spesifikasi pada *datasheet* yang terlampir.

Tabel 4.2 Pengujian I/O *Arduino Mega*

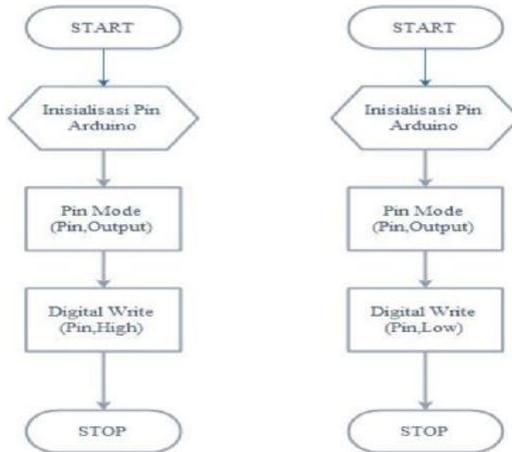
No.	Nomer Pin <i>Arduino</i>	<i>Logic</i>	Tegangan Terukur (V)	<i>Logic</i>	Tegangan Terukur (V)
1.	0	1	5,04	0	0,100
2.	1	1	5,04	0	0,005
3.	2	1	5,04	0	0,001
4.	3	1	5,04	0	0,001
5.	4	1	5,04	0	0,001
6.	5	1	5,04	0	0,01
7.	6	1	5,04	0	0,00
8.	7	1	5,04	0	0,00
9.	8	1	5,04	0	0,00
10.	9	1	5,04	0	0,00
11.	10	1	5,04	0	0,00
12.	11	1	5,04	0	0,00
13.	12	1	5,04	0	0,00
14.	13	1	5,04	0	0,00
15.	14	1	5,04	0	0,00
16.	15	1	5,04	0	0,000
17.	16	1	5,04	0	0,000
18.	17	1	5,04	0	0,000
19.	18	1	5,04	0	0,001
20.	19	1	5,04	0	0,001
21.	20	1	5,04	0	0,001
22.	21	1	5,04	0	0,010
23.	22	1	5,04	0	0,001
24.	23	1	5,04	0	0,000

No.	Nomer Pin Arduino	Logic	Tegangan Terukur (V)	Logic	Tegangan Terukur (V)
25.	24	1	5,04	0	0,000
26.	25	1	5,04	0	0,000
27.	26	1	5,04	0	0,000
28.	27	1	5,04	0	0,000
29.	28	1	5,04	0	0,000
30.	29	1	5,04	0	0,000
31.	30	1	5,04	0	0,000
32.	31	1	5,04	0	0,000
33.	32	1	5,04	0	0,000
34.	33	1	5,04	0	0,000
35.	34	1	5,04	0	0,000
36.	35	1	5,04	0	0,000
37.	36	1	5,04	0	0,001
38.	37	1	5,04	0	0,001
39.	38	1	5,04	0	0,001
40.	39	1	5,04	0	0,001
41.	40	1	5,04	0	0,001
42.	41	1	5,04	0	0,000
43.	42	1	5,04	0	0,001
44.	43	1	5,04	0	0,001
45.	44	1	5,04	0	0,001
46.	45	1	5,04	0	0,001
47.	46	1	5,04	0	0,001
48.	47	1	5,04	0	0,001
49.	48	1	5,04	0	0,001
50.	49	1	5,04	0	0,001
51.	50	1	5,04	0	0,000
52.	51	1	5,04	0	0,000
53.	52	1	5,04	0	0,000
54.	53	1	5,04	0	0,000

No.	Nomer Pin <i>Arduino</i>	<i>Logic</i>	Tegangan Terukur (V)	<i>Logic</i>	Tegangan Terukur (V)
56.	A1	1	5,04	0	0,000
57.	A2	1	5,04	0	0,000
58.	A3	1	5,04	0	0,000
59.	A4	1	5,04	0	0,000
60.	A5	1	5,04	0	0,000
61.	A6	1	5,04	0	0,000
62.	A7	1	5,04	0	0,000
63.	A8	1	5,04	0	0,000
64.	A9	1	5,04	0	0,000
65.	A10	1	5,04	0	0,000
66.	A11	1	5,04	0	0,000
67.	A12	1	5,04	0	0,000
68.	A13	1	5,04	0	0,000
69.	A14	1	5,04	0	0,000
70.	A15	1	5,04	0	0,000



Gambar 4.3 Skema Pengujian I/O *Arduino Mega*



b. *Flowcart Pin High*

a. *Flowcart Pin Low*

Gambar 4.4 *Flowchart Pengujian I/O Arduino Mega*

4.3 Pengujian RTC

Pengujian terhadap RTC dilakukan langsung dengan membaca data pada RTC, sebelum dilakukan pengujian maka *Arduino* diberi program sesuai rancangan *flowchart* pada Gambar 3.22. Skema pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.6.

Pengujian dilakukan dengan membandingkan tampilan jam pada LCD dan tampilan jam pada komputer, yang ditunjukkan pada Gambar 4.5.

Hasil pengamatan RTC yang telah dibandingkan dengan jam yang terdapat pada komputer ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Berdasarkan Tabel 4.3 didapatkan bahwa selisih antara tampilan pada LCD dan tampilan pada jam *computer* adalah tetap, yaitu 0 detik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa RTC dapat digunakan sebagai acuan karena selisihnya tetap dan tidak berubah.

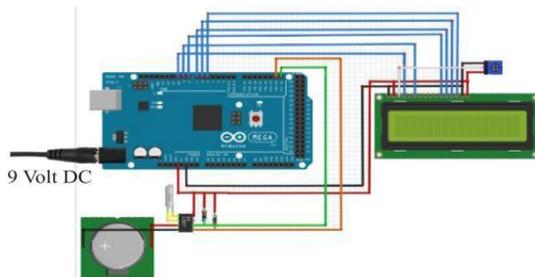
Dengan acuan tersebut maka *error* pembacaan yang didapat nilainya 0% dengan alasan bahwa semua alat penunjuk waktu yang tidak terhubung secara *online* dapat menunjukkan waktu yang sama. Tetapi alat penunjuk waktu tersebut dapat digunakan karena memiliki selisih waktu yang sama tidak terlalu cepat dan tidak terlalu lambat.

Tabel 4.3 Pengujian RTC

No.	Tampilan LCD	Tampilan Komputer	Selisih
1.	19:28	19:28	0
2.	19:29	19:29	0
3.	19:30	19:30	0
4.	19:31	19:31	0
5.	19:32	19:32	0



Gambar 4.5 Pengujian RTC

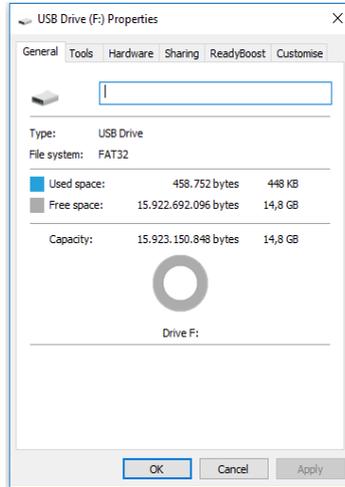


Gambar 4.6 Skema Pengujian RTC

4.4 Memori *SD Card*

Pada pengujian *SD Card* dilakukan untuk mengetahui kapasitas yang dapat ditampung oleh *SD Card. Memory* yang digunakan adalah SanDisk Ultra dengan kapasitas penyimpanan 16 Gb.

Pengujian dilakukan dengan pembacaan kapasitas kartu pada komputer dalam kondisi kosong. Pengujian dilakukan untuk memastikan *SD Card* memiliki ruang penyimpanan yang benar-benar kosong, yang nantinya akan diisi data arus dan tegangan. Hasil pengujian *SD Card* ditunjukkan pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Pengujian *SD Card*

Tabel 4.4 Pengujian *SD Card*

Nama Ruang	Ukuran (bytes)	Ukuran
<i>Used Space</i>	458.752	448 KB
<i>Free Space</i>	15.922.692.096	14,8 GB
<i>Capacity</i>	15.923.150.848	14,8 GB

Dari Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa kondisi *SD Card* dalam keadaan kosong. Dan terbagi menjadi beberapa bagian yang seperti pada Tabel 4.4

Dengan demikian maka kondisi *SD Card* dapat digunakan pada Tugas Akhir ini untuk menyimpan nilai arus, dan tegangan pada saat kondisi normal.

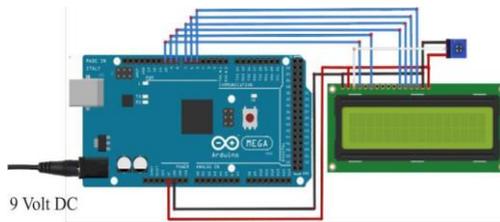
4.5 Tampilan LCD 20x4

Pengujian pada LCD 20x4 dengan tujuan untuk mengetahui kondisi dari LCD 20x4 dalam keadaan baik atau tidak. Karena LCD ini terhubung dengan *Arduino* maka pengujian dilakukan dengan memberikan program untuk menampilkan beberapa karakter pada LCD tersebut. LCD akan terhubung dengan pin *Arduino* yakni pin 10, 9, 8, 7,

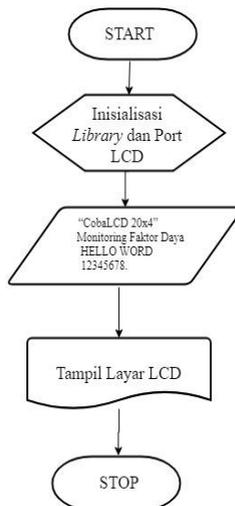
6, 5. LCD ini hanya terbatas sampai 80 karakter (20x4). Skema pengujian LCD ditunjukkan pada Gambar 4.8.

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan program pada *Arduino Mega* untuk menampilkan karakter pada LCD, yang telah dirancang sesuai dengan *flowchart* yang ditunjukkan pada Gambar 4.9.

Setelah diberi program untuk menampilkan karakter pada LCD maka tampilan pada LCD akan tampil pada baris atas "Coba LCD 20x4", pada baris kedua akan tampil Monitoring Faktor Daya, pada baris ketiga akan tampil HELLO WORD, pada baris keempat akan tampil 12345678. Dengan demikian maka LCD yang telah diuji dapat digunakan pada tugas Akhir ini.



Gambar 4.8 Skema Pengujian LCD



Gambar 4.9 Pengujian terhadap LCD

4.6 Pengujian Sensor Arus

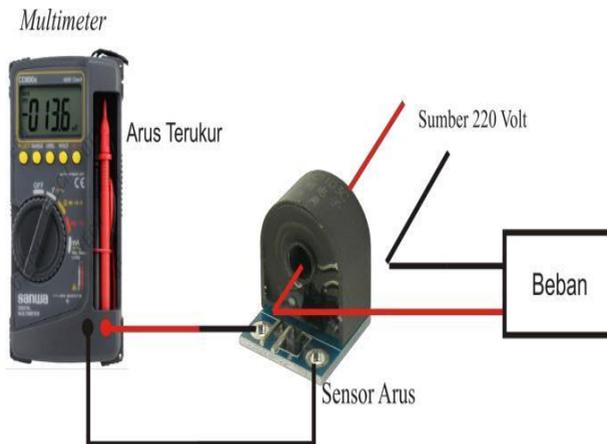
Pada pembahasan di bab ini, pengambilan data arus yang diinduksikan oleh sensor arus CT-OD dan data linieritas tegangan dari beberapa beban daya yang berbeda – beda dengan kenaikan yang linier pula untuk menguji baik tidaknya sensor yang digunakan. Setelah melakukan pengambilan data arus seperti nilai pada Tabel 4.5, data akan dibandingkan dengan spesifikasi sensor sendiri yang menyebutkan bahwa perbandingan lilitan adalah 1000:1. Maka sensor dapat dikatakan bisa digunakan karena mampu menginduksikan nilai yang sepadan saat dilalui nilai sebesar 0,45 A akan menginduksikan arus sebesar 0,45 mA. Skema pengujian spesifikasi sensor ditunjukkan pada Gambar 4.10

Dari Gambar 4.10 akan didapat data berupa arus terukur (mA) yang didapatkan dari multimeter, dan arus rumus yang didapatkan dari nilai daya pada beban, yang dibagi dengan nilai tegangan. Pada pengukuran ini tegangan yang digunakan yakni sebesar 220 Volt.

Dengan menggunakan rumus di Persamaan 4.1 dapat diambil kesimpulan nilai persen *error* dari setiap nilai yang diambil dari sensor arus CT-OD.

$$\%Error = \frac{Nilaisebenarnya - Nilaiterukur}{Nilaisebenarnya} \times 100\% \dots\dots\dots(4.1)$$

Hasil pengukuran yang telah untuk mengetahui spesifikasi sensor arus ini terdapat pada Tabel 4.5



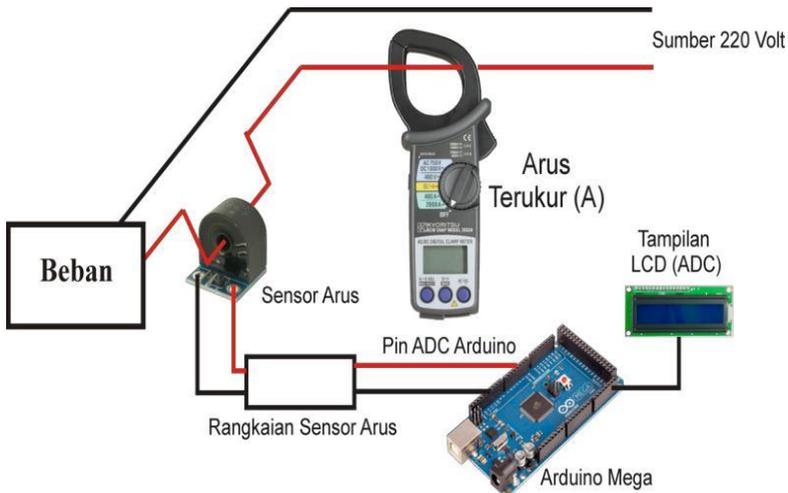
Gambar 4.10 Pengujian Spesifikasi CT-OD

Tabel 4.5 Pengujian *Output* CT-OD

No.	Beban (Watt)	Arus terukur (mA)	Arus rumus(A)	%Error
1.	25	0,10	0,104	3,84
2.	35	0,150	0,153	1,96
3.	50	0,22	0,219	0,45
4.	65	0,28	0,2854	1,89
5.	85	0,37	0,3739	1,66
6.	100	0,43	0,439	0,22
7.	125	0,54	0,55	1,81
8.	150	0,66	0,66	0
9.	170	0,72	0,75	4
10.	185	0,82	0,817	0,36

Dari Tabel 4.5 *output* sensor arus CT-OD memiliki rasio 1000:1 dimana untuk arus terukur sebesar 0,66 A maka *output* dari sensor CT-OD sebesar 0,66 mA.

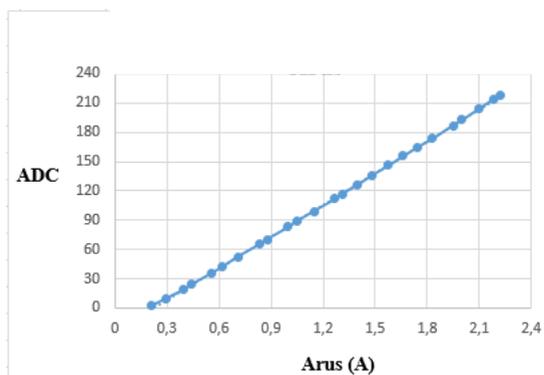
Dilakukan pengambilan data sensor dan diubah menjadi data ADC menggunakan *Arduino* , skema pengambilan data ditunjukkan pada Gambar 4.11 Hal ini dilakukan untuk mendapatkan Persamaan yang nantinya akan digunakan pada *Arduino* , data yang didapat pada Tabel 4.6



Gambar 4.11Skema Pengambilan Data ADC

Tabel 4.6 Data Sensor Arus dan ADC

No.	Beban (Watt)	Arus Terukur(A)	Tampilan LCD (ADC)
1.	50	0,207	2
2.	65	0,295	10
3.	85	0,392	19
4.	100	0,44	24
5.	125	0,56	36
6.	140	0,614	42
7.	160	0,71	52
8.	185	0,83	65
9.	200	0,878	70
10.	225	0,999	83
11.	240	1,053	89
12.	260	1,148	99
13.	285	1,268	112
14.	300	1,308	117
15.	325	1,394	126
16.	340	1,484	136
17.	360	1,577	146
18.	385	1,662	156
19.	400	1,745	165
20.	425	1,830	174
21.	450	1,949	187
22.	465	2,001	193
23.	485	2,095	204
24.	500	2,185	214
25.	510	2,220	218



Gambar 4.12 Data ADC terhadap Sensor Arus

Setelah mendapatkan data ADC dari *output* sensor dilakukan linearisasi data ADC yang ditunjukkan pada Gambar 4.12

Dari Gambar 4.12 tersebut dapat terlihat bahwa perubahan ADC sensor memiliki pergerakan yang linier terhadap perubahan arus.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor arus CT-OD layak digunakan sebagai pendeteksi perubahan arus, karena memiliki perubahan *output* yang linier terhadap perubahan *input*.

Dari data pengujian dan grafik pengukuran, dapat dihasilkan suatu Persamaan karakteristik sensor arus yang akan digunakan dalam pembacaan *Arduino* agar didapatkan nilai arus yang sesuai dengan arus pengukuran pada clamp meter. Berikut ini adalah Persamaan linier yang digunakan untuk mendapatkan pembacaan *Arduino* :

$$y = mx + b \dots\dots\dots(4.2)$$

$$m = \frac{n\sum (xy) - \sum x\sum y}{n\sum (x^2) - (\sum x)^2} \dots\dots\dots(4.3)$$

$$b = \frac{\sum y}{n} - m \frac{\sum x}{n} \dots\dots\dots(4.4)$$

- Keterangan :
- y = Arus AC yang diharapkan
 - x = ADC *Arduino*
 - m = Slope
 - b = Intercept
 - n = Jumlah data

Setelah dilakukan perhitungan didapatkan sebuah Persamaan untuk pembacaan *Arduino* :

$$y = 0,009236324 * x + 0,221828391 \dots\dots\dots(4.5)$$

Kemudian dilakukan penggantian variabel y menjadi nilai arus yang diinginkan dan x menjadi ADC, sehingga didapatkan Persamaan sebagai berikut :

$$I_{out} = 0,009236324 * ADC + 0,221828391 \dots\dots\dots(4.6)$$

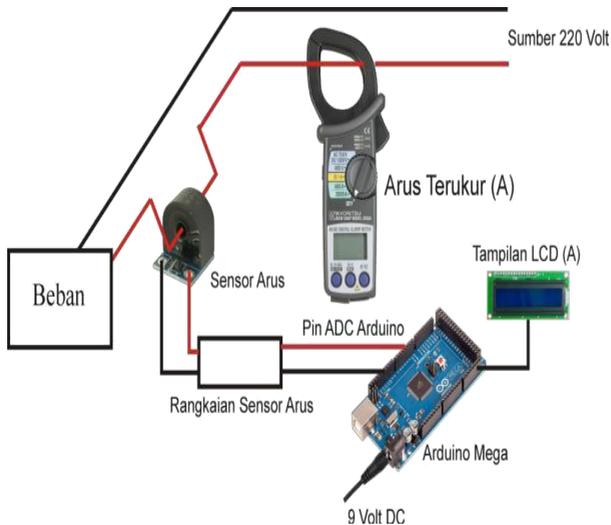
Setelah menambahkan Persamaan (4.6) kedalam program *Arduino* selanjutnya dilakukan pengujian hasil perhitungan dengan cara membandingkan pembacaan sensor arus dengan clamp meter “kyoritsu KEW 2117R”. Skema pengambilan data ditunjukkan pada Gambar 4.13

Pengujian yang dilakukan terhadap sensor arus CT-OD bertujuan untuk mengetahui kesesuaian arus yang melewati beban. Pada pengujian ini akan dibandingkan nilai arus yang terukur dengan hasil pada tampilan LCD. Beban yang digunakan pada pengujian ini adalah beban beban yang biasanya menjadi kebutuhan sehari hari, seperti lampu dengan berbagai variasi daya lalu juga berbagai peralatan rumah tangga. Hasil pengujian dengan beban lampu terdapat pada Tabel 4.7

Dari Tabel 4.7_maka dapat disimpulkan untuk *error* yang tertinggi ditunjukkan pada beban lampu 85 Watt yaitu 2,63 % untuk rata – rata *error* dari pengujian arus dengan beban lampu yakni sebesar 1,019%.

Pengujian dengan menggunakan beban pada peralatan rumah tangga menggunakan skema pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 4.13_hanya perbedaan terlektak pada beban yang digunakan.

Hasil pengujian dengan beban peralatan rumah tangga ditunjukkan pada Tabel 4.8



Gambar 4.13 Skema Perbandingan Arus LCD

Tabel 4.7 Pengujian Beban Lampu

No.	Beban (Watt)	Arus terukur (A)	Tampilan LCD(A)	%Error
1.	85	0,39	0,38	2,63
2.	100	0,44	0,44	0
3.	125	0,56	0,55	1,82
4.	160	0,71	0,70	1,43
5.	185	0,83	0,82	1,22
6.	200	0,88	0,87	1,15
7.	225	1	0,99	1,01
8.	250	1,08	1,07	0,93
9.	285	1,26	1,26	0
10.	300	1,3	1,3	0

Tabel 4.8 Pengujian Beban Peralatan Rumah Tangga

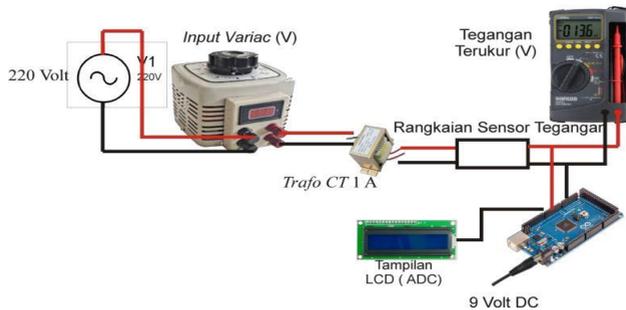
Peralatan	Daya (Watt)	Arus terukur (A)	Tampilan LCD(A)	%Error
Setrika	300 W	1,54	1,5	2,66
Kipas	105 W	0,5	0,5	0
Blander	200 W	0,56	0,55	1,81
Mesin Cuci	250 W	0,79	0,78	1,28
Setrika dan Kipas	405 W	2,03	2,03	0
Setrika dan Blander	500 W	2,11	2,10	0,47
Setrika dan Mesin Cuci	550 W	2,29	2,27	0,88
Mesin Cuci dan Blander	450 W	1,35	1,34	0,74
Mesin Cuci dan Kipas	355 W	1,03	1,02	0,98
Blander dan Kipas	305 W	0,94	0,92	2,17
Mesin Cuci, Kipas dan Blander	555 W	1,85	1,85	0
Setrika ,Mesin Cuci, dan Blander	750 W	2,83	2,82	0,35
Setrika, Kipas dan Blander	605 W	2,55	2,55	0
Setrika, Kipas, Blander dan Mesin Cuci	855 W	3,38	3,36	0,59

Dari hasil pengujian dengan beban berbagai peralatan listrik rumah tangga dapat ditarik kesimpulan bahwa rata-rata *error* sebesar 0,855% masih dapat diterima. *Error* tertinggi terdapat pada beban setrika yaitu sebesar 2,66 %.

4.7 Pengujian Sensor Tegangan 1

Sensor tegangan digunakan untuk mengukur besar tegangan pada metode 3 Voltmeter. Sensor tegangan yang dipakai adalah rangkaian pembagi tegangan yang sebelumnya melalui trafo *stepdown*. Sensor Tegangan diuji dengan menggunakan variac sebagai *input* yang dihubungkan dengan trafo dan multimeter “SANWA CD800a” untuk mengukur tegangan *output* dari sensor tegangan, seperti yang terlihat pada Gambar 4.14. Pengujian awal dilakukan dengan membaca *output* dari transformator yang dikonversikan menjadi ADC pada *Arduino*, yang ditampilkan pada LCD.

Data yang didapat dari pengujian sensor tegangan 1 tersebut terletak pada Tabel 4.9, Setelah mendapatkan data ADC dari *output* transformator dilakukan linearisasi data ADC yang ditunjukkan pada Gambar 4.15



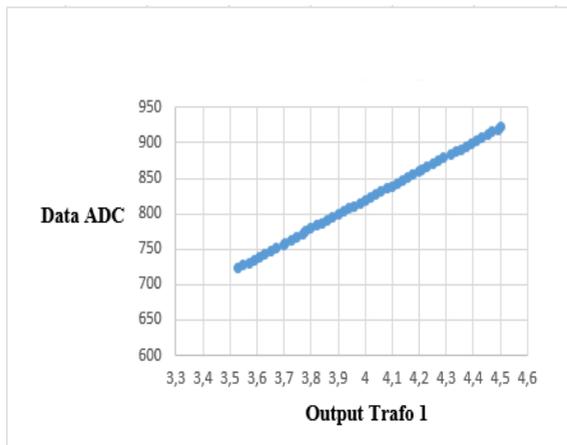
Gambar 4.14 Pengujian Sensor Tegangan 1

Tabel 4.9 Pengujian *Output* Transformator 1

No.	<i>Input</i> Variac (V)	Tegangan Terukur(V)	Tampilan LCD (ADC)
1.	200,2	3,53	723
2.	201,2	3,55	727
3.	202,2	3,572	731
4.	203,2	3,59	735

No.	Input Variac (V)	Tegangan Terukur(V)	Tampilan LCD (ADC)
5.	204,2	3,61	739
6.	205,2	3,63	743
7.	206,3	3,65	747
8.	207,3	3,67	751
9.	208,3	3,7	755
10.	209,3	3,70	759
11.	210,3	3,72	763
12.	211,3	3,74	767
13.	212,3	3,76	771
14.	213,3	3,78	775
15.	214,3	3,8	779
16.	215,3	3,82	783
17.	216,3	3,84	787
18.	217,3	3,86	791
19.	218,3	3,88	795
20.	219,3	3,9	799
21.	220,3	3,92	803
22.	221,3	3,94	807
23.	222,3	3,96	811
24.	223,4	3,98	815
25.	224,3	4	819
26.	225,4	4,02	823
27.	226,4	4,04	827
28.	227,4	4,06	831
29.	228,4	4,08	835
30.	229,5	4,1	839
31.	230,5	4,12	843
32.	231,5	4,13	847
33.	232,5	4,15	851
34.	233,5	4,17	855
35.	234,5	4,19	859

No.	<i>Input Variac (V)</i>	<i>Tegangan Terukur(V)</i>	<i>Tampilan LCD (ADC)</i>
36.	235,5	4,21	863
37.	236,5	4,23	867
38.	237,5	4,25	871
39.	238,5	4,27	875
40.	239,5	4,29	879
41.	240,5	4,31	883
42.	241,5	4,33	887
43.	242,6	4,35	891
44.	243,6	4,37	895
45.	244,6	4,39	899
46.	245,7	4,41	903
47.	246,7	4,43	907
48.	247,7	4,45	911
49.	248,8	4,47	915
50.	249,8	4,49	919
51.	250,8	4,5	923



Gambar 4.15 Perubahan Data ADC terhadap *Output* Trafo1

Dari Gambar 4.15 tersebut dapat terlihat bahwa perubahan ADC sensor memiliki pergerakan yang linier terhadap perubahan tegangan *output* trafo. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor tegangan

dengan pembagi tegangan layak digunakan sebagai pendeteksi perubahan tegangan, karena memiliki perubahan *output* yang linier terhadap perubahan *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.

Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan Persamaan 4.2, 4.3, 4.4 maka didapatkan sebuah Persamaan untuk pembacaan *Arduino* :

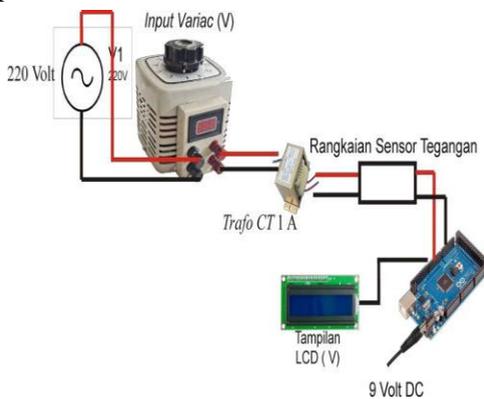
$$y = 0,252649321 * x + 17,48529487 \dots\dots\dots(4.7)$$

Kemudian dilakukan penggantian variabel *y* menjadi tegangan yang diinginkan dan *x* menjadi ADC, sehingga didapatkan Persamaan sebagai berikut :

$$V_{out} = 0,252649321 * ADC + 17,48529487 \dots\dots\dots(4.8)$$

Setelah menambahkan Persamaan (4.8) kedalam program *Arduino* selanjutnya dilakukan pengujian hasil perhitungan dengan cara membandingkan pembacaan sensor tegangan yang ditampilkan pada LCD dengan tegangan *input* dari variac. Skema pengambilan data ditunjukkan pada Gambar 4.16

Data perbandingan pembacaan sensor tegangan dengan *input* variac ditunjukkan pada Tabel 4.10



Gambar 4.16 Skema Pengujian LCD dengan *Input* Variac

Tabel 4.10 Perbandingan Sensor Tegangan dengan *Input Variac*

No.	<i>Input Variac</i> (V)	Tampilan LCD (V)	Error(%)
1.	200,2	200,4	0,099
2.	201,5	201,67	0,084
3.	202,1	202,17	0,034
4.	203	203,18	0,088
5.	204,16	204,69	0,259
6.	205,9	205,96	0,029
7.	206,1	206,21	0,053
8.	207,2	207,22	0,009
9.	208,7	208,74	0,019
10.	209,3	209,5	0,095
11.	210,3	210,51	0,099
12.	211,9	212	0,047
13.	212,1	212,28	0,084
14.	213,7	213,79	0,042
15.	214	214,3	0,140
16.	215,2	215,31	0,051
17.	216,3	216,32	0,009
18.	217,2	217,33	0,059
19.	218	218,09	0,041
20.	219,4	219,6	0,091
21.	220,4	220,62	0,099
22.	221,9	222,1	0,090
23.	222,7	222,89	0,085
24.	223,5	223,65	0,067
25.	224	224,15	0,066
26.	225,7	225,92	0,097
27.	226,8	226,93	0,057
28.	227,1	227,18	0,035
29.	228,3	228,45	0,065
30.	229	229,21	0,091

No.	Input Variac (V)	Tampilan LCD (V)	Error(%)
31.	230,8	230,97	0,073
32.	231,5	231,73	0,099
33.	232,3	232,49	0,081
34.	233,2	233,25	0,021
35.	234,2	234,26	0,025
36.	235	235,02	0,008
37.	236,3	236,53	0,097
38.	237,2	237,39	0,080
39.	238,7	238,81	0,046
40.	239,6	239,82	0,091
41.	240,1	240,32	0,091
42.	241	241,08	0,033
43.	242,8	242,85	0,020
44.	243,1	243,35	0,102
45.	244,8	244,87	0,028
46.	245,8	245,88	0,032
47.	246,6	246,64	0,016
48.	247,9	247	0,363
49.	248,1	248,15	0,020
50.	249,3	249,42	0,048
51.	250,9	250,93	0,011

Dari data hasil perbandingan pada Tabel 4.10 dapat dilihat bahwa *error* terbesar terjadi pada data ke-48 yaitu sebesar 0,363% dan *error* terkecil terjadi pada data ke-8 yaitu sebesar 0,009%. Sedangkan nilai *error* rata-rata adalah 0,056%. *Error* yang terjadi masih berada dalam batas yang aman. Dan sensor tegangan ini dapat digunakan.

4.8 Pengujian Sensor Tegangan 2

Sensor tegangan digunakan untuk mengukur besar tegangan 2 pada metode 3 Voltmeter. Sensor tegangan yang dipakai adalah rangkaian pembagi tegangan yang sebelumnya melalui trafo *stepdown*. Sensor Tegangan diuji dengan menggunakan variac sebagai *input* yang

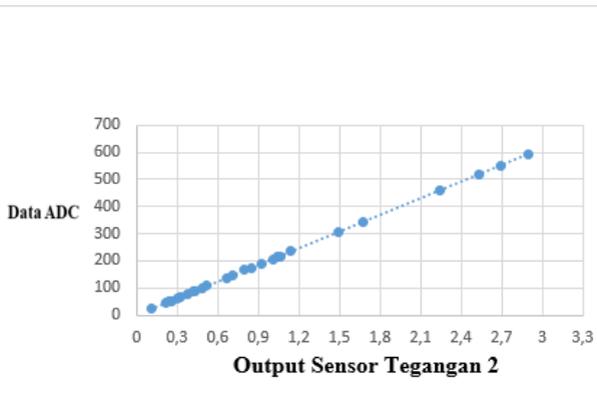
dihubungkan dengan trafo dan multimeter “SANWA CD800a” untuk mengukur tegangan *output* dari sensor tegangan, pengujian awal dilakukan untuk membaca *output* dari variac dan dikondisikan dengan rangkaian pembagi tegangan, kemudian dikonversikan menjadi ADC pada *Arduino* dan ditampilkan pada LCD seperti yang terlihat pada Gambar 4.14, namun tidak menggunakan trafo *stepdown*.

Data yang didapat dari pengujian tersebut terletak pada Tabel 4.11, Setelah mendapatkan data ADC dari *output* sensor tegangan 2 dilakukan linearisasi data ADC yang ditunjukkan pada Gambar 4.17

Tabel 4.11 Pengujian *Output* Sensor tegangan 2

No.	Input Variac (V)	Tegangan Terukur(V)	Tampilan LCD (ADC)
1.	1,428	0,11	24
2.	1,961	0,22	46
3.	2,014	0,24	50
4.	2,051	0,259	53
5.	2,175	0,3	63
6.	2,210	0,32	67
7.	2,49	0,38	78
8.	2,583	0,42	86
9.	2,631	,43	89
10.	2,831	0,49	101
11.	2,953	0,52	107
12.	3,514	0,67	138
13.	3,689	0,71	147
14.	4,015	0,8	165
15.	4,11	0,85	175
16.	4,42	0,92	189
17.	4,72	1,01	207
18.	4,91	1,04	213
19.	5,03	1,06	217
20.	5,55	1,14	235
21.	6,60	1,49	305

No.	Input Variac (V)	Tegangan Terukur(V)	Tampilan LCD (ADC)
22.	7,31	1,67	342
23.	9,74	2,24	460
24.	10,65	2,53	519
25.	11,30	2,69	551
26.	12,18	2,9	595



Gambar 4.17. Perubahan Data ADC terhadap *Output* Tegangan 2

Dari Gambar 4.17 tersebut dapat terlihat bahwa perubahan ADC sensor memiliki pergerakan yang linier terhadap perubahan tegangan *output* trafo. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor tegangan dengan pembagi tegangan layak digunakan sebagai pendeteksi perubahan tegangan, karena memiliki perubahan *output* yang linier terhadap perubahan *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.

Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan Persamaan 4.2, 4.3, 4.4 maka didapatkan sebuah Persamaan untuk pembacaan *Arduino* :

$$y = 0,018733905 * x + 0,970905681 \dots\dots\dots(4.9)$$

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

$$V_{out} = 0,018733905 * ADC + 0,970905681 \dots\dots\dots(4.10)$$

Setelah menambahkan Persamaan (4.10) kedalam program *Arduino* selanjutnya dilakukan pengujian hasil perhitungan dengan cara membandingkan pembacaan sensor tegangan 2 yang ditampilkan pada LCD dengan tegangan *input* dari variac. Skema pengambilan data ditunjukkan pada Gambar 4.16

Tabel 4.12 Perbandingan Sensor Tegangan dengan *Input* Variac

No.	<i>Input</i> Variac (V)	Tampilan LCD (V)	Error(%)
1.	2	1,95	2,5
2.	2,95	2,98	1,016
3.	3,69	3,74	1,355
4.	4,43	4,5	1,580
5.	5	5,1	2
6.	5,67	5,6	1,234
7.	6,63	6,8	2,564
8.	10,13	10,41	2,764
9.	11,36	11,37	0,088
10.	12,45	12,7	2,008
11.	12,84	12,84	0
12.	13,7	13,67	0,218
14.	15,31	15,37	0,391
15.	16,18	16,25	0,432

Data perbandingan pembacaan sensor tegangan 2 dengan *input* variac ditunjukkan pada Tabel 4.12

Dari data hasil perbandingan pada Tabel 4.12 dapat dilihat bahwa *error* terbesar terjadi pada data ke-8 yaitu sebesar 2,764% dan *error*

terkecil terjadi pada data ke-11 yaitu sebesar 0,00%. Sedangkan nilai *error* rata-rata adalah 0,616%. *Error* yang terjadi masih berada dalam batas yang aman. Dan sensor tegangan ini dapat digunakan.

4.9 Pengujian Sensor Tegangan 3

Sensor tegangan digunakan untuk mengukur besar tegangan 3 pada metode 3 Voltmeter. Sensor tegangan yang dipakai adalah rangkaian pembagi tegangan yang sebelumnya melalui trafo *stepdown*. Sensor Tegangan diuji dengan menggunakan variac sebagai *input* yang dihubungkan dengan trafo dan multimeter “SANWA CD800a” untuk mengukur tegangan *output* dari sensor tegangan, seperti yang terlihat pada Gambar 4.14. Pengujian awal dilakukan dengan membaca *output* dari transformator yang dikonversikan menjadi ADC pada *Arduino* , yang ditampilkan pada LCD.

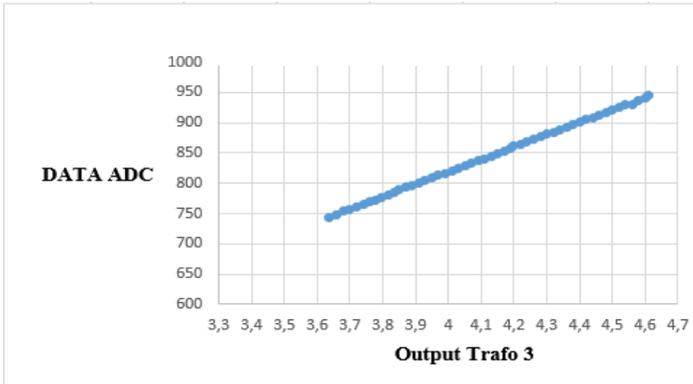
Data yang didapat dari pengujian tersebut terletak pada Tabel 4.13

Tabel 4.13 Pengujian *Output* Transformator 3

No.	<i>Input</i> Variac (V)	Tegangan Terukur(V)	Tampilan LCD (ADC)
1.	200,1	3,636	744
2.	201,4	3,66	749
3.	202,7	3,68	754
4.	203,4	3,699	757
5.	204,4	3,719	761
6.	205,4	3,74	765
7.	206,4	3,758	769
8.	207,4	3,778	773
9.	208,4	3,797	777
10.	209,4	3,817	781
11.	210,4	3,836	785
12.	211,4	3,85	789
13.	212,4	3,87	793
14.	213,4	3,89	797
15.	214,4	3,91	801
16.	215,3	3,93	805
17.	216,2	3,95	809

No.	<i>Input Variac (V)</i>	Tegangan Terukur(V)	Tampilan LCD (ADC)
18.	217,2	3,97	813
19.	218,2	3,99	817
20.	219,2	4,01	821
21.	220,2	4,03	825
22.	221,1	4,05	829
23.	222,1	4,07	833
24.	223,1	4,09	837
25.	224,1	4,11	841
26.	225,1	4,13	845
27.	226	4,15	849
28.	227,3	4,17	854
30.	229	4,2	861
31.	230	4,22	865
32.	231,1	4,24	869
33.	232	4,26	873
34.	233	4,28	877
35.	234	4,3	881
36.	235	4,32	885
37.	236	4,34	889
38.	237	4,36	893
39.	238	4,38	897
40.	239	4,4	901
41.	240	4,42	905
42.	241	4,44	909
43.	242	4,46	913
44.	243	4,481	917
45.	244	4,5	921
46.	245	4,52	925
47.	246	4,54	929
48.	247	4,56	931
49.	248	4,579	937

No.	Input Variac (V)	Tegangan Terukur(V)	Tampilan LCD (ADC)
50.	248,9	4,6	941
51.	250	4,61	945



Gambar 4.18. Perubahan Data ADC terhadap *Output* Trafo 3

Setelah mendapatkan data ADC dari *output* transformator dilakukan linearisasi data ADC yang ditunjukkan pada Gambar 4.18

Dari Gambar 4.18 tersebut dapat terlihat bahwa perubahan ADC sensor memiliki pergerakan yang linier terhadap perubahan tegangan *output* trafo. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor tegangan dengan pembagi tegangan layak digunakan sebagai pendeteksi perubahan tegangan, karena memiliki perubahan *output* yang linier terhadap perubahan *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.

Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan Persamaan 4.1, 4.2, 4.3 maka didapatkan sebuah Persamaan untuk pembacaan *Arduino* :

$$y = 0,247512076 * x + 16,01597287 \dots\dots\dots(4.11)$$

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

$$V_{out} = 0,247512076 * ADC + 16,01597287 \dots\dots\dots(4.12)$$

Setelah menambahkan Persamaan (4.12) kedalam program *Arduino* selanjutnya dilakukan pengujian hasil perhitungan dengan cara membandingkan pembacaan sensor tegangan yang ditampilkan pada LCD dengan tegangan *input* dari variac. Skema pengambilan data ditunjukkan pada Gambar 4.16

Tabel 4.14 Perbandingan Sensor Tegangan 3 dengan *Input* Variac

No.	<i>Input</i> Variac (V)	Tampilan LCD (V)	Error(%)
1.	200,4	200,16	0,119
2.	201,1	200,91	0,094
3.	202,8	202,64	0,078
4.	203,6	203,38	0,108
5.	204,8	204,62	0,087
6.	205,6	205,61	0,004
7.	206,4	206,35	0,024
8.	207,4	207,34	0,028
9.	208,7	208,58	0,057
10.	209,4	209,32	0,038
11.	210,2	210,07	0,061
12.	211,7	211,55	0,070
13.	212,8	212,54	0,122
14.	213,7	213,53	0,079
15.	214,4	214,27	0,060
16.	215,5	215,51	0,004
17.	216,4	216,5	0,046
18.	217,6	217,49	0,050
19.	218,9	218,73	0,077
20.	219,4	219,22	0,082
21.	220	219,97	0,013

No.	<i>Input Variac (V)</i>	Tampilan LCD (V)	Error(%)
22.	221,5	221,45	0,022
23.	222,3	222,19	0,049
24.	223,9	223,68	0,098
25.	224,3	224,17	0,057
26.	225,6	225,41	0,084
27.	227	226,9	0,044
28.	228	227,89	0,048
29.	229,4	229,32	0,034
30.	230,6	230,61	0,004
31.	231,8	231,6	0,086
32.	232,6	232,59	0,004
33.	233,5	233,33	0,072
34.	234,1	234,07	0,012
35.	235,5	235,31	0,080
36.	236,5	236,55	0,021
37.	237,3	237,29	0,004
38.	238,6	238,53	0,029
39.	239,9	239,77	0,054
40.	240	240,01	0,004
41.	241,9	241,75	0,062
42.	242,6	242,49	0,045
43.	243,8	243,73	0,028
44.	244,8	244,72	0,032
45.	245,6	245,46	0,057
46.	246,5	246,46	0,016
47.	247,7	247,93	0,092
48.	248	247,93	0,028
49.	249,2	249,17	0,012
50.	250,2	250,16	0,015

Data perbandingan pembacaan sensor tegangan dengan *input* variac ditunjukkan pada Tabel 4.14.

Dari data hasil perbandingan pada Tabel 4.14 dapat dilihat bahwa *error* terbesar terjadi pada data ke-13 yaitu sebesar 0,122% dan *error* terkecil terjadi pada data ke-6,16,30,32,37 dan 40 yaitu sebesar 0,004%. Sedangkan nilai *error* rata-rata adalah 0,043%. *Error* yang terjadi masih berada dalam batas yang aman. Dan sensor tegangan ini dapat digunakan.

4.10 Pengujian Komunikasi Ethernet

Pengujian ini dilakukan pada modul *Ethernet Shield* yang telah dipasang pada bagian atas *board Arduino Mega*. Dalam hal ini pengujian komunikasi dibagi menjadi dua, yaitu pengujian komunikasi *Ethernet* pada *board Arduino Mega* dan pengujian komunikasi *Ethernet* dengan *Software LabVIEW*.

4.10.1 Pengujian pada *Board Arduino Mega*

Sebelum menggunakan komunikasi *Ethernet*, sebaiknya dilakukan pengujian komunikasi *Ethernet* pada *board Arduino Mega* terlebih dahulu. Pengujian ini dilakukan dengan cara menyamakan *setting IP (Internet Protocol) address* yang telah diprogram pada *board Arduino Mega*, dapat dilihat pada Gambar 4.19 yang bergaris bawah merah, dengan *setting IP address* pada *Ethernet shield*. *Setting IP address* pada *Ethernet Shield* dapat diketahui melalui *command prompt* pada suatu *notebook/laptop* Gambar 4.20 .



```
void setup()
{
  lcd.begin(20, 4);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.println("V3");
  byte mac[] = { 0x1E, 0x2D, 0x8E, 0xEF, 0xFE, 0xED };
  byte ip[] = { 192, 168, 0, 200 };
  Ethernet.begin(mac, ip);
  Serial.begin(9600);
  mb.addIreq(sencalc1);
  mb.addIreq(sencalc1);
  mb.addIreq(sencalc2);
  mb.addIreq(sencalc3);
}

sei();
}

void loop ()
{
  mb.task();

  if (millis() > ts + 1000) {
    ts = millis();
    cli();
    int val=analogRead(A0);
```

Gambar 4.19. Program Ethernet pada *Arduino Mega*

```

Command Prompt
C:\Users\Laptop Ku>ping 192.168.0.200

Pinging 192.168.0.200 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.0.200: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 192.168.0.200: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 192.168.0.200: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 192.168.0.200: bytes=32 time=2ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.0.200:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 2ms, Average = 1ms

C:\Users\Laptop Ku>ping 192.168.0.200

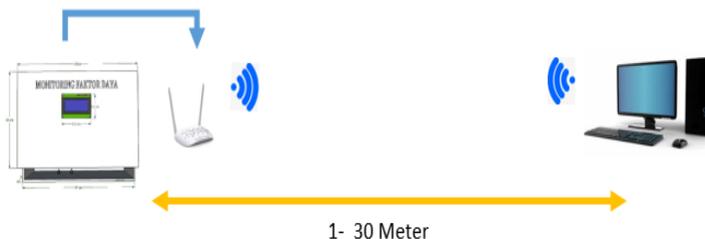
Pinging 192.168.0.200 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.0.200: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 192.168.0.200: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 192.168.0.200: bytes=32 time=2ms TTL=128
Reply from 192.168.0.200: bytes=32 time=2ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.0.200:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 2ms, Average = 1ms

C:\Users\Laptop Ku>

```

Gambar 4.20. *Command Prompt* Pada Laptop Dengan IP address *Arduino Mega*

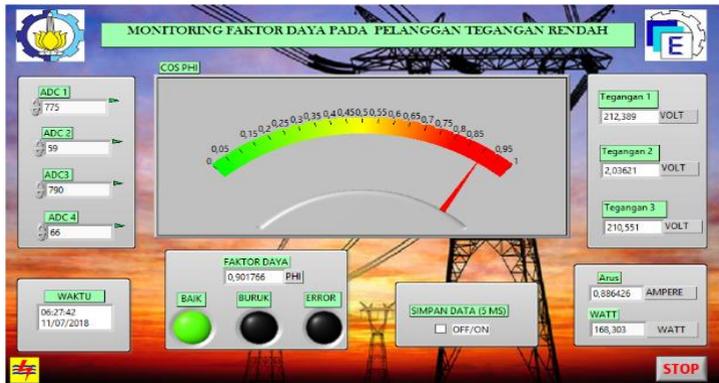


Gambar 4.21. Pengujian jarak jangkauan *wi-fi*

Dapat dilihat pada Gambar di atas menunjukkan bahwa *Ethernet Shield* yang tersambung pada laptop telah siap digunakan. Ketika mengirim perintah *ping* nomor IP address pada kolom *command prompt* maka laptop akan memunculkan informasi bahwa nomor IP address telah bekerja, dapat dilihat pada Gambar 4.20 .

Pada Gambar 2.1, merupakan pengujian jarak maksimal yang mampu dijangkau. Jarak maksimal yang dapat ditempuh adalah 30 meter dengan tedapat beberapa penghalang, seperti tembok, pohon, dan adanya jaringan *wi-fi* lain.

4.10.2 Pengujian pada *Software LabVIEW*



Gambar 4.22. Tampilan Pengujian *Interface* pada *LabVIEW*

Setelah pengujian komunikasi *Ethernet* pada *Arduino Mega*, pengujian komunikasi *Ethernet* perlu dilakukan pada *Software LabVIEW* untuk mengetahui apakah *Ethernet Shield* dapat mengirimkan data pada *Software LabVIEW* atau tidak.

Setelah rangkaian sensor tersambung, sensor tegangan dan arus. Sembari pemasangan beban pada sensor, amati tampilan pada *Software LabVIEW*. Setelah itu catat nilai yang terbaca pada tampilan *LabVIEW*. Gambar 4.22 merupakan tampilan pengujian *interface LabVIEW* pada front panel.

4.11 Pengujian Alat Secara Keseluruhan

Pengujian keseluruhan dilakukan untuk mengetahui apakah alat *Monitoring* Faktor Daya pada Tugas Akhir ini berjalan baik atau tidak. Pengujian dilakukan sebanyak dua macam yaitu, pengujian terhadap beban resistif dan pengujian terhadap beban induktif, seperti Gambar 4.25.

Pengujian terhadap masing – masing beban dilakukan sebanyak dua lima kali pada beban resistif dan 6 kali pada beban induktif, dengan macam variasi beban yang berbeda – beda. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang akurat sehingga Tugas Akhir ini bisa dikatakan berhasil. Beban yang digunakan merupakan beban yang biasa digunakan dilingkungan sekitar seperti lampu, bor listrik, gerinda, blander dan kulkas.

4.11.1 Pengujian Faktor Daya pada Beban Resistif



Gambar 4.23. Skema Pengujian Alat dengan Beban Resistif

Tabel 4.15 Pengujian Faktor Daya pada Beban Resistif

No.	Beban (Watt)	Cos Phi (ϕ)	Arus (Ampere)
1.	100	0,94	0,44
2.	125	0,93	0,56
3.	150	0,94	0,67
4.	185	0,9	0,82
5.	200	0,91	0,87
6.	225	0,96	0,99
7.	240	0,91	1,03
8.	260	0,92	1,13
9.	285	0,93	1,24
10.	300	0,97	1,28
11.	360	0,94	1,57
12.	400	0,92	1,74
13.	460	0,92	1,98
14.	500	0,94	2,15
15.	560	0,92	2,40
16.	600	0,92	2,53
17.	660	0,91	2,80
18.	700	0,92	2,97
19.	760	0,92	3,25
20.	800	0,92	3,42
21.	860	0,92	3,66
22.	900	0,94	3,80
23.	960	0,93	4,00
24.	1000	0,91	4,20
25.	1100	0,91	4,54

Dari Tabel 4.15 tersebut dapat terlihat bahwa pengukuran faktor daya pada beban resistif menghasilkan nilai $\cos \phi$ dengan rata – rata sebesar 0,938, dimana nilai $\cos \phi$ tertinggi terdapat pada data ke- 10 yaitu 0,97 dengan arus terukur sebesar 1,28 Ampere dan nilai $\cos \phi$ terendah terdapat pada data ke- 4 yaitu 0,9 dengan arus terukur sebesar 0,82 Ampere. Ketidak stabilan yang terjadi pada pengukuran faktor daya ini karena belum dilakukannya kalibrasi terhadap $\cos \phi$ meter.

4.11.2 Pengujian Faktor Daya pada Beban Induktif

Pengujian faktor daya dengan beban induktif merupakan pengujian alat secara keseluruhan untuk mendapatkan nilai faktor daya dengan memasang beban induktif, dimana beban tersebut berupa peralatan yang menggunakan kumparan atau lilitan, seperti bor, gerinda dan yang lain- lain seperti Tabel 4.16. Pengujian terhadap beban induktif ini dilakukan sebanyak 6 kali dengan daya yang berbeda – beda, seperti Tabel 4.16



Gambar 4.24. Skema Pengujian Alat dengan Beban Induktif

Tabel 4.16 Pengujian Faktor Daya pada Beban Induktif

No.	Beban (Watt)	Cos Phi (ϕ)	Arus (Ampere)
1.	Kipas (55 W)	0,87	0,28
2.	Gerinda (350 W)	0,84	1,01
3.	Bor Listrik (200 W)	0,85	0,78
4.	Blander (250 W)	0,84	0,56
5.	Kulkas (350 W)	0,83	1,31
6.	Pendingin shawcase (300 W)	0,87	0,31

Dari Tabel 4.17 tersebut dapat terlihat bahwa pengukuran faktor daya pada beban induktif menghasilkan nilai $\cos \phi$ dengan rata-rata sebesar 0,846, dimana nilai $\cos \phi$ tertinggi terdapat pada data ke- 1 dan ke-6 yaitu 0,87 dengan arus terukur sebesar 0,28 dan 0,31 Ampere dan nilai $\cos \phi$ terendah terdapat pada data ke- 5 yaitu 0,83 dengan arus terukur sebesar 1,31 Ampere. Dari Tabel 4.17 dapat disimpulkan bahwa nilai $\cos \phi$ untuk beban induktif memiliki $\cos \phi$ yang buruk, hal ini sesuai dengan penjelasan Faktor daya terbelakang (*lagging*), dimana Arus (I) terbelakang dari tegangan (V), V mendahului I dengan sudut ϕ . Ketidak stabilan yang terjadi pada pengukuran faktor daya ini karena belum dilakukannya kalibrasi terhadap $\cos \phi$ meter.

4.12 Analisa Relevansi

Alat ini merupakan perancangan awal untuk *monitoring* faktor daya. Apabila akan diimplementasikan pada kehidupan sehari-hari perlu adanya penyesuaian dengan beban yang akan diukur, karena pada alat ini kemampuan pengukuran hanya dibatasi arus maksimal 6 A.

Proses *monitoring* tidak berlangsung secara terus menerus, hanya dilakukan ketika computer sebagai interface tersambung (*connected*), ketika diimplementasikan pada kehidupan sehari - hari, sebaiknya proses pengambilan data faktor daya dilakukan dengan *SD card* yang berfungsi sebagai penyimpanan data, yang mana *SD card* sudah tersambung dengan hardware.

Diharapkan dengan adanya alat *monitoring* faktor daya maka dapat membantu PT PLN (Persero) dalam memberikan pelayanan yang terbaik kepada konsumen serta dapat melakukan evaluasi kualitas daya pada pelanggan TR dari data yang telah didapat pada perancangan sistem monitoring faktor daya pada pelanggan TR.



Gambar 4.25. Skema Pengujian Alat secara Keseluruhan

BAB V

PENUTUP

Setelah melakukan perencanaan dan pembuatan alat serta pengujian dan analisis, maka dapat ditarik kesimpulan dan saran dari kegiatan yang telah dilakukan.

5.1 Kesimpulan

Dari Tugas Akhir yang telah dikerjakan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengukuran Faktor Daya dapat dilakukan dengan dengan media 3 Voltmeter.
2. Pengukuran 3 tegangan, arus dan faktor daya dapat disimpan pada *SD Card* dengan jeda 5 detik.
3. Pengiriman data pengukuran 3 tegangan, arus dan faktor daya dengan media *wi-fi* dapat dilakukan dengan jarak maksimal 30 meter.
4. Pengukuran 3 sensor tegangan pada 3 Voltmeter memiliki kesalahan kurang dari 0,5% dan pengukuran arus memiliki kesalahan kurang dari 1%.
5. Hasil pengukuran nilai faktor daya untuk beban resistif menunjukkan nilai $\cos \phi$ rata – rata di atas 0,9, hal tersebut sesuai dengan teori faktor daya *Unity* dimana perbedaan sudut antara arus dengan tegangan mendekati 1 atau sama dengan 1.
6. Hasil pengukuran nilai faktor daya dengan metode 3 Voltmeter untuk beban induktif menunjukkan nilai $\cos \phi$ rata – rata 0,8, hal tersebut sesuai dengan teori faktor daya Terbelakang (*Lagging*), dimana Arus (I) terbelakang dari tegangan (V), V mendahului I dengan sudut ϕ

5.2 Saran

Diberikan beberapa saran yang sekiranya dapat dikembangkan pada masa yang akan datang demi kesempurnaan dari proyek tugas akhir ini. Adapapun beberapa saran tersebut adalah sebagai berikut :

1. Dalam Pembuatan 3 sensor tegangan, harus memiliki karakteristik yang sama, agar memiliki *range error* yang sama besar.
2. Untuk mencari beda sudut phase antara tegangan dan arus dapat dihitung dengan $\cos(\theta_v - \theta_i)$.

--- Halaman ini sengaja dikosongkan ---

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dhea Nabilia Prasetyandi dan Ifan Adyatma, “*Power Factor Regulator Menggunakan Arduino*”, **Tugas Akhir**, Program D3 Teknik Elektro FTI-ITS, Surabaya, 2015.
- [2], **Bilangan Kompleks dan Fasa**, URL: <https://tespenku.com/>, 13 Juli 2018.
- [3] Vladimir Simovic, Trpimir Alajbeg, Josip Curkovic “*Theoretical and Practical Challenges of Using Three Ammeter or Three Voltmeter Methods in Teaching*”, **IEEE**, Zagreb University of Applied Sciences, 2017.
- [4] Adhitya Wisnu Wardhana dan Faisal Akhbar, “Perancangan Sistem *Monitoring Voltage Flicker* Berbasis *Arduino* Dengan Metode *Fast Fourier Transform* (FFT)”, **Tugas Akhir**, Program D3 Teknik Elektro FTI-ITS, Surabaya, 2016
- [5] Abdul, Kadir, “Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler Dan Pemrogramannya Menggunakan *Arduino*”, **Andi Offset**, Jogjakarta, 2013.
- [6] Farrah Fadilah, “Telemetry Kebocoran Pipa pada Distriusi Air dengan Komunikasi Ethernet”, **Tugas Akhir**, Program D3 Teknik Elektro FTI-ITS, Surabaya, 2017.
- [7] Maurice and V. d. Brink, **Pengukuran Listrik**, Fakultas Teknik Elektro ITS, Surabaya, 1974.
- [8] Kurniyanto, F.W. dan Madina, N.F., “Purwarupa KWH Meter Digital yang dilengkapi Data Logger sebagai Alat Bantu melakukan Audit Energi”, **Tugas Akhir**, Program D3 Teknik Elektro FTI-ITS, Surabaya, 2015.

--- Halaman ini sengaja dikosongkan ---

LAMPIRAN A

A.1 Pemrograman LCD 20X4

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(10, 9, 8, 7, 6, 5);

void setup() {
  lcd.begin(20, 4);
  lcd.print("hello, world!");
}

void loop() {
  // set the cursor to column 0, line 1
  // (note: line 1 is the second row, since counting begins with 0):
  lcd.setCursor(0, 1);
  // print the number of seconds since reset:
  lcd.print(millis() / 1000);
}
```

A.2 Pemrograman RTC DS 1307

```
#include <Wire.h>
#include "RTClib.h"

#if defined(ARDUINO_ARCH_SAMD)
  #define Serial SerialUSB
#endif

RTC_DS1307 rtc;

char daysOfTheWeek[7][12] = {"Sunday", "Monday", "Tuesday",
  "Wednesday", "Thursday", "Friday", "Saturday"};
void setup () {
```

```

#ifndef ESP8266
  while (!Serial); // for Leonardo/Micro/Zero
#endif

Serial.begin(57600);
if (! rtc.begin() ) {
  Serial.println("Couldn't find RTC");
  while (1);
}

if (! rtc.isrunning() ) {
  Serial.println("RTC is NOT running!");
  // following line sets the RTC to the date & time this sketch was
compiled
  rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
}
}

void loop () {
  DateTime now = rtc.now();

  Serial.print(now.year(), DEC);
  Serial.print('/');
  Serial.print(now.month(), DEC);
  Serial.print('/');
  Serial.print(now.day(), DEC);
  Serial.print(" (");
  Serial.print(daysOfTheWeek[now.dayOfTheWeek()]);
  Serial.print(") ");
  Serial.print(now.hour(), DEC);
  Serial.print(':');
  Serial.print(now.minute(), DEC);
  Serial.print(':');
}

```

```

Serial.print(now.second(), DEC);
Serial.println();

Serial.print(" since midnight 1/1/1970 = ");
Serial.print(now.unixtime());
Serial.print("s = ");
Serial.print(now.unixtime() / 86400L);
Serial.println("d");

// calculate a date which is 7 days and 30 seconds into the future
DateTime future (now + TimeSpan(7,12,30,6));

Serial.print(" now + 7d + 30s: ");
Serial.print(future.year(), DEC);
Serial.print('/');
Serial.print(future.month(), DEC);
Serial.print('/');
Serial.print(future.day(), DEC);
Serial.print(' ');
Serial.print(future.hour(), DEC);
Serial.print(':');
Serial.print(future.minute(), DEC);
Serial.print(':');
Serial.print(future.second(), DEC);
Serial.println();

Serial.println();
delay(3000);
}

```

A.3 Pemrograman *SD Card*

```
include <SPI.h>
#include <SD.h>

const int chipSelect = 4;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial) {
    ; // wait for serial port to connect. Needed for native USB port only
  }

  Serial.print("Initializing SD card...");

  if (!SD.begin(chipSelect)) {
    Serial.println("Card failed, or not present");
    // don't do anything more:
    return;
  }
  Serial.println("card initialized.");
}

void loop() {
  String dataString = "";

  // read three sensors and append to the string:
  for (int analogPin = 0; analogPin < 3; analogPin++) {
    int sensor = analogRead(analogPin);
    dataString += String(sensor);
    if (analogPin < 2) {
      dataString += ",";
    }
  }
}
```

```

}
File dataFile = SD.open("datalog.csv", FILE_WRITE);

// if the file is available, write to it:
if (dataFile) {
  dataFile.println(dataString);
  dataFile.close();
  // print to the serial port too:
  Serial.println(dataString);
}
// if the file isn't open, pop up an error:
else {
  Serial.println("error opening datalog.csv");
}

```

A.4 Pemrograman *Ethernet*

```

#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
#include <Modbus.h>
#include <ModbusIP.h>

const int sencalc = 100;

volatile int NbTopsFan;
int Calc;
int sensor = A1;

ModbusIP mb;

long ts;
void setup()
{
  byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
  byte ip[] = { 192, 168, 0, 200 };

```

```
mb.config(mac, ip);
pinMode(sensor, INPUT);
Serial.begin(9600);
mb.addIreg(sencalc);
sei();

}

void loop ()
{
  mb.task();
  if (millis() > ts + 1000) {
    ts = millis();
    cli();
    Calc = (A1 * 0.31234 + 17,4542);
    mb.Ireg(sencalc, Calc);
    Serial.print (Calc);
    Serial.print (" Volt");
    sei();
  }
}
```

LAMPIRAN B

B.1 Datasheet Real Time Clock

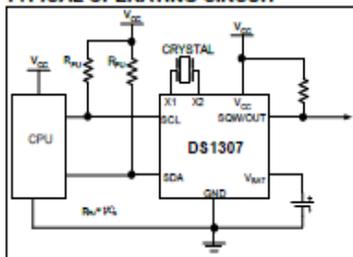


DS1307 64 x 8, Serial, I²C Real-Time Clock

GENERAL DESCRIPTION

The DS1307 serial real-time clock (RTC) is a low-power, full binary-coded decimal (BCD) clock/calendar plus 56 bytes of NV SRAM. Address and data are transferred serially through an I²C, bidirectional 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 backup supply. Timekeeping operation continues while the part operates from the backup supply.

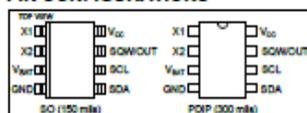
TYPICAL OPERATING CIRCUIT



BENEFITS AND FEATURES

- Completely Manages All Timekeeping Functions
 - Real-Time Clock 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, General-Purpose RAM with Unlimited Writes
 - Programmable Square-Wave Output Signal
- Simple Serial Port Interfaces to Most Microcontrollers
 - I²C Serial Interface
- Low Power Operation Extends Battery Backup Run Time
 - Consumes Less than 500nA in Battery-Backup Mode with Oscillator Running
 - Automatic Power-Fail Detect and Switch Circuitry
- 8-Pin DIP and 8-Pin SO Minimizes Required Space
- Optional Industrial Temperature Range: -40°C to +85°C Supports Operation in a Wide Range of Applications
- Underwriters Laboratories® (UL) Recognized

PIN CONFIGURATIONS



ORDERING INFORMATION

PART	TEMP RANGE	VOLTAGE (V)	PIN-PACKAGE	TOP MARK*
DS1307+	0°C to +70°C	5.0	8 PDIP (300 mils)	DS1307
DS1307N+	-40°C to +85°C	5.0	8 PDIP (300 mils)	DS1307N
DS1307Z+	0°C to +70°C	5.0	8 SO (150 mils)	DS1307
DS1307ZN+	-40°C to +85°C	5.0	8 SO (150 mils)	DS1307N
DS1307Z+T&R	0°C to +70°C	5.0	8 SO (150 mils) Tape and Reel	DS1307
DS1307ZN+T&R	-40°C to +85°C	5.0	8 SO (150 mils) Tape and Reel	DS1307N

*Denotes a lead-free/RoHS-compliant package.

"A" anywhere on the top mark indicates a lead-free package. An "N" anywhere on the top mark indicates an industrial temperature range device. Underwriters Laboratories, Inc. is a registered certification mark of Underwriters Laboratories, Inc.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Voltage Range on Any Pin Relative to Ground	.....	-0.5V to +7.0V
Operating Temperature Range (Noncondensing)		
Commercial	.....	0°C to +70°C
Industrial	.....	-40°C to +85°C
Storage Temperature Range	.....	-55°C to +125°C
Soldering Temperature (DIP, leads)	.....	+260°C for 10 seconds
Soldering Temperature (surface mount)	.....	Refer to the JPC/JEDEC J-STD-020 Specification.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to the absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

($T_A = 0^\circ\text{C}$ to $+70^\circ\text{C}$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V_{CC}		4.5	5.0	5.5	V
Logic 1 Input	V_{IH}		2.2		$V_{CC} + 0.3$	V
Logic 0 Input	V_{IL}		-0.3		+0.8	V
V_{BAT} Battery Voltage	V_{BAT}		2.0	3	3.5	V

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

($V_{CC} = 4.5\text{V}$ to 5.5V ; $T_A = 0^\circ\text{C}$ to $+70^\circ\text{C}$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Leakage (SCL)	I_{II}		-1		1	μA
I/O Leakage (SDA, SQW/OUT)	I_{IO}		-1		1	μA
Logic 0 Output ($I_{OL} = 5\text{mA}$)	V_{OL}				0.4	V
Active Supply Current ($f_{SCL} = 100\text{kHz}$)	I_{CCA}				1.5	mA
Standby Current	I_{CCS}	(Note 3)			200	μA
V_{BAT} Leakage Current	$I_{BAT,LEAK}$			5	50	nA
Power-Fall Voltage ($V_{BAT} = 3.0\text{V}$)	V_{PF}		$1.216 \times V_{BAT}$	$1.25 \times V_{BAT}$	$1.284 \times V_{BAT}$	V

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

($V_{CC} = 0\text{V}$, $V_{BAT} = 3.0\text{V}$; $T_A = 0^\circ\text{C}$ to $+70^\circ\text{C}$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$.) (Notes 1, 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{BAT} Current (OSC ON); SQW/OUT OFF	I_{BAT1}			300	500	nA
V_{BAT} Current (OSC ON); SQW/OUT ON (32kHz)	I_{BAT2}			480	800	nA
V_{BAT} Data-Retention Current (Oscillator Off)	I_{BATDR}			10	100	nA

WARNING: Negative undershoots below -0.3V while the part is in battery-backed mode may cause loss of data.

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS(V_{DD} = 4.5V to 5.5V; T_A = 0°C to +70°C, T_A = -40°C to +85°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SCL Clock Frequency	f _{SCL}		0		100	kHz
Bus Free Time Between a STOP and START Condition	t _{BUF}		4.7			μs
Hold Time (Repeated) START Condition	t _{HDSTA}	(Note 4)	4.0			μs
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 _{SUSTA}		4.7			μs
Data Hold Time	t _{HDAT}		0			μs
Data Setup Time	t _{SUDAT}	(Notes 5, 6)	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 _{SUSTO}		4.7			μs

CAPACITANCE(T_A = +25°C)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Pin Capacitance (SDA, SCL)	C _{IO}				10	pF
Capacitance Load for Each Bus Line	C _B	(Note 7)			400	pF

Note 1: All voltages are referenced to ground.**Note 2:** Limits at -40°C are guaranteed by design and are not production tested.**Note 3:** t_{SCL} specified with V_{DD} = 5.0V and SDA, SCL = 5.0V.**Note 4:** After this period, the first clock pulse is generated.**Note 5:** A device must internally provide a hold time of at least 300ns for the SDA signal (referred to the V_{IL(MIN)} of the SCL signal) to bridge the undefined region of the falling edge of SCL.**Note 6:** The maximum t_{SUDAT} only has to be met if the device does not stretch the LOW period (t_{LOW}) of the SCL signal.**Note 7:** C_B—total capacitance of one bus line in pF.

TIMING DIAGRAM

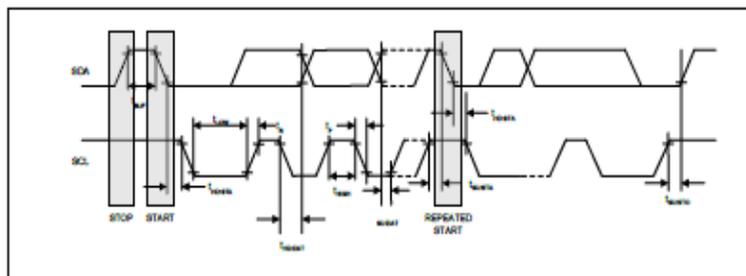
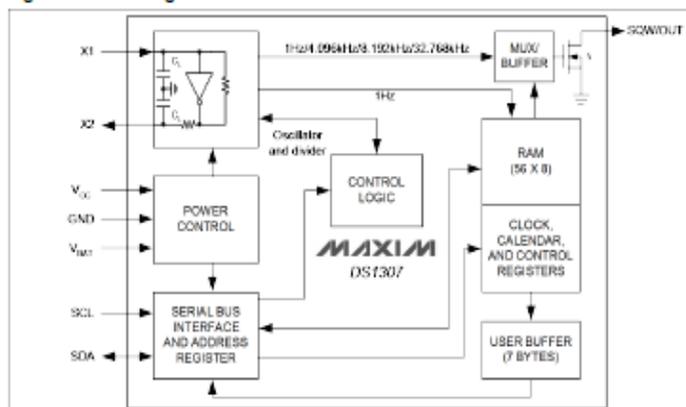
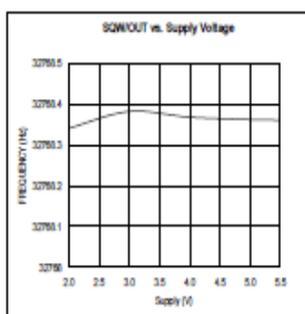
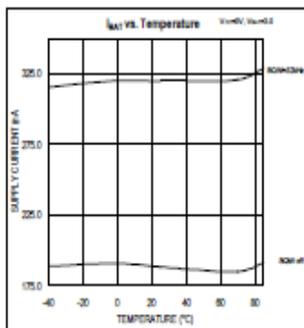
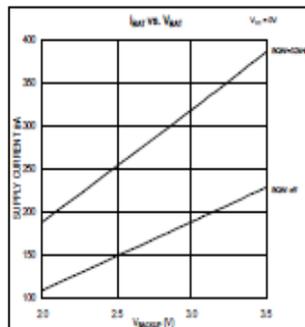
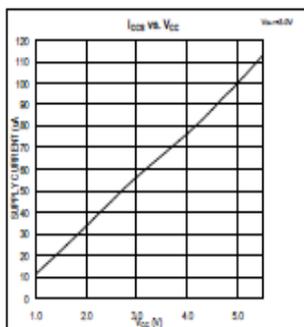


Figure 1. Block Diagram



TYPICAL OPERATING CHARACTERISTICS

(V_{CC} = 5.0V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

PIN DESCRIPTION

PIN	NAME	FUNCTION
1	X1	Connections for Standard 32.768kHz Quartz Crystal. The internal oscillator circuitry is designed for operation with a crystal having a specified load capacitance (C_L) of 12.5pF. X1 is the input to the oscillator and can optionally be connected to an external 32.768kHz oscillator. The output of the internal oscillator, X2, is floated if an external oscillator is connected to X1.
2	X2	Note: For more information on crystal selection and crystal layout considerations, refer to <i>Application Note 58: Crystal Considerations with Dallas Real-Time Clocks</i> .
3	V _{BAT}	Backup Supply Input for Any Standard 3V Lithium Cell or Other Energy Source. Battery voltage must be held between the minimum and maximum limits for proper operation. Diodes in series between the battery and the V _{BAT} pin may prevent proper operation. If a backup supply is not required, V _{BAT} must be grounded. The nominal power-fall trip point (V _{TRIP}) voltage at which access to the RTC and user RAM is denied is set by the internal circuitry as 1.25 x 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 with a lithium battery. Go to: www.maxim-ic.com/qa/info/v/
4	GND	Ground
5	SDA	Serial Data Input/Output. SDA is the data input/output for the I ² C serial interface. The SDA pin is open drain and requires an external pullup resistor. The pullup voltage can be up to 5.5V regardless of the voltage on V _{CC} .
6	SCL	Serial Clock Input. SCL is the clock input for the I ² C interface and is used to synchronize data movement on the serial interface. The pullup voltage can be up to 5.5V regardless of the voltage on V _{CC} .
7	SQW/OUT	Square Wave/Output Driver. When enabled, the SQWIE 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 pullup resistor. SQW/OUT operates with either V _{CC} or V _{BAT} applied. The pullup voltage can be up to 5.5V regardless of the voltage on V _{CC} . If not used, this pin can be left floating.
8	V _{CC}	Primary Power Supply. When voltage is applied within normal limits, the device is fully accessible and data can be written and read. When a backup supply is connected to the device and V _{CC} is below V _{TRIP} , read and writes are inhibited. However, the timekeeping function continues unaffected by the lower input voltage.

DETAILED DESCRIPTION

The DS1307 is a low-power clock/calendar with 56 bytes of battery-backed SRAM. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The date at the end of the month is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The DS1307 operates as a slave device on the I²C 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 x 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 x V_{BAT}. The block diagram in Figure 1 shows the main elements of the serial RTC.

OSCILLATOR CIRCUIT

The DS1307 uses an external 32.768kHz crystal. The oscillator circuit does not require any external resistors or capacitors to operate. Table 1 specifies several crystal parameters for the external crystal. Figure 1 shows a functional schematic of the oscillator circuit. If using a crystal with the specified characteristics, the startup time is usually less than one second.

CLOCK ACCURACY

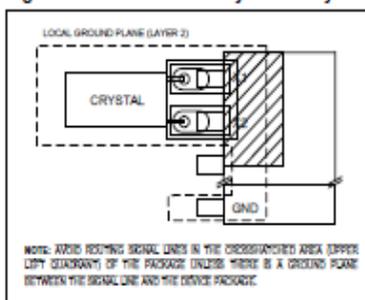
The accuracy of the clock is dependent upon the accuracy of the crystal and the accuracy of the match between the capacitive load of the oscillator circuit and the capacitive load for which the crystal was trimmed. Additional error will be added by crystal frequency drift caused by temperature shifts.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

Table 1. Crystal Specifications*

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS
Nominal Frequency	f_0		32.768		KHz
Series Resistance	ESR			45	k Ω
Load Capacitance	C_L		12.5		pF

*The crystal, traces, and crystal input pins should be isolated from RF generating signals. Refer to Application Note 58: *Crystal Considerations for Dallas Real-Time Clocks* for additional specifications.

Figure 2. Recommended Layout for Crystal



RTC AND RAM ADDRESS MAP

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

CLOCK AND CALENDAR

The time and calendar information is obtained by reading the appropriate register bytes. Table 2 shows the RTC registers. 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. The day-of-week register increments at midnight. Values that correspond to the day of week are user-defined but must be sequential (i.e., if 1 equals Sunday, then 2 equals Monday, and so on.) Illogical time and date entries result in undefined operation. Bit 7 of Register 0 is the clock halt (CH) bit. When this bit is set to 1, the oscillator is disabled. When cleared to 0, the oscillator is enabled. On first application of power to the device the time and date registers are typically reset to 01/01/00 01 00:00:00 (MM/DD/YY DOW HH:MM:SS). The CH bit in the seconds register will be set to a 1. The clock can be halted whenever the timekeeping functions are not required, which minimizes current (I_{DAKTON}).

The DS1307 can be run in either 12-hour or 24-hour mode. Bit 6 of the hours register is defined as the 12-hour 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 to 23 hours). The hours value must be re-entered whenever the 12/24-hour mode bit is changed.

When reading or writing the time and date registers, secondary (user) buffers are used to prevent errors when the internal registers update. When reading the time and date registers, the user buffers are synchronized to the internal registers on any I²C START. The time information is read from these secondary registers while the clock continues to run. This eliminates the need to re-read the registers in case the internal registers update during a read. The divider chain is reset whenever the seconds register is written. Write transfers occur on the I²C acknowledge from the DS1307. Once the divider chain is reset, to avoid rollover issues, the remaining time and date registers must be written within one second.

Table 2. Timekeeper Registers

ADDRESS	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	FUNCTION	RANGE
00h	CH	10 Seconds			Seconds			Seconds	00-59	
01h	0	10 Minutes			Minutes			Minutes	00-59	
02h	0	12	10 Hour	10 Hour	Hours			Hours	1-12 +AM/PM 00-23	
		24	PM/AM							
03h	0	0	0	0	0	DAY		Day	01-07	
04h	0	0	10 Date		Date			Date	01-31	
05h	0	0	0	10 Month	Month			Month	01-12	
06h	10 Year			Year			Year	00-99		
07h	OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0	Control	—
08h-3Fh	RAM								56 x 8	00h-FFh

0 = Always reads back as 0.

CONTROL REGISTER

The DS1307 control register is used to control the operation of the SQW/OUT pin.

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0

Bit 7: Output Control (OUT). This bit controls the output level of the SQW/OUT pin when the square-wave output is disabled. If SQWE = 0, the logic level on the SQW/OUT pin is 1 if OUT = 1 and is 0 if OUT = 0. On initial application of power to the device, this bit is typically set to a 0.

Bit 4: Square-Wave Enable (SQWE). This bit, when set to logic 1, enables the oscillator output. The frequency of the square-wave output depends upon the value of the RS0 and RS1 bits. With the square-wave output set to 1Hz, the clock registers update on the falling edge of the square wave. On initial application of power to the device, this bit is typically set to a 0.

Bits 1 and 0: Rate Select (RS[1:0]). These bits control the frequency of the square-wave output when the square-wave output has been enabled. The following table lists the square-wave frequencies that can be selected with the RS bits. On initial application of power to the device, these bits are typically set to a 1.

RS1	RS0	SQW/OUT OUTPUT	SQWE	OUT
0	0	1Hz	1	X
0	1	4.096kHz	1	X
1	0	8.192kHz	1	X
1	1	32.768kHz	1	X
X	X	0	0	0
X	X	1	0	1

I²C DATA BUS

The DS1307 supports the I²C 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 I²C bus.

Figures 3, 4, and 5 detail how data is transferred on the I²C bus.

- Data transfer can 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.

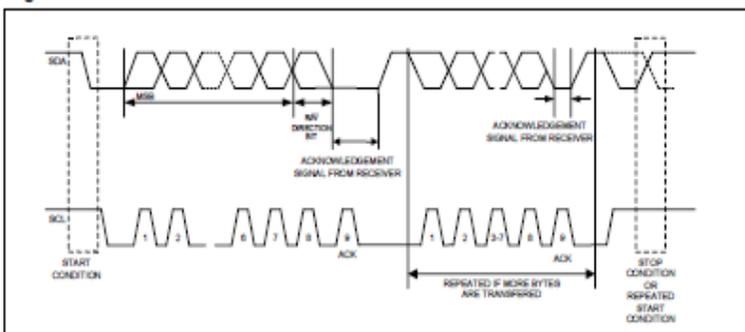
STOP data transfer: A change in the state of the data line, from LOW to HIGH, while the clock line is HIGH, defines the STOP condition.

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 I²C bus specifications a standard mode (100kHz clock rate) and a fast mode (400kHz clock rate) are defined. The DS1307 operates in the standard 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.

Figure 3. Data Transfer on I²C Serial Bus

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 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 can operate in the following two modes:

1. **Slave Receiver Mode (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. Hardware performs address recognition after reception of the slave address and direction bit (see Figure 4). The slave address byte is the first byte received after the master generates the START condition. The slave address byte contains the 7-bit DS1307 address, which is 1101000, followed by the direction bit (R/W), which for a write is 0. After receiving and decoding the slave address byte, the DS1307 outputs an acknowledge on SDA. After the DS1307 acknowledges the slave address + write bit, the master transmits a word address to the DS1307. This sets the register pointer on the DS1307, with the DS1307 acknowledging the transfer. The master can then transmit zero or more bytes of data with the DS1307 acknowledging each byte received. The register pointer automatically increments after each data byte are written. The master will generate a STOP condition to terminate the data write.
2. **Slave Transmitter Mode (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. The DS1307 transmits serial data on SDA 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 5). The slave address byte is the first byte received after the START condition is generated by the master. The slave address byte contains the 7-bit DS1307 address, which is 1101000, followed by the direction bit (R/W), which is 1 for a read. After receiving and decoding the slave address the DS1307 outputs an acknowledge on SDA. 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 register pointer automatically increments after each byte are read. The DS1307 must receive a Not Acknowledge to end a read.

Figure 4. Data Write—Slave Receiver Mode

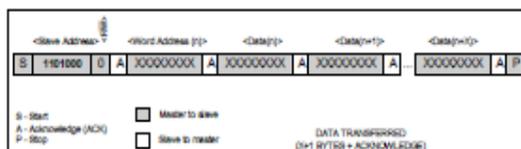


Figure 5. Data Read—Slave Transmitter Mode

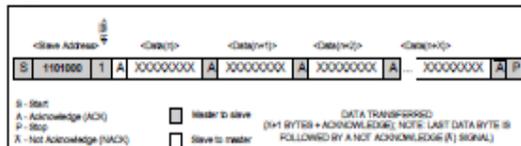
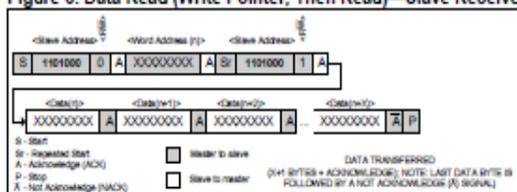


Figure 6. Data Read (Write Pointer, Then Read)—Slave Receive and Transmit



PACKAGE INFORMATION

For the latest package outline information and land patterns, go to www.maxim-ic.com/packages.

PACKAGE TYPE	PACKAGE CODE	DOCUMENT NO.
8 PDIP	—	21-0043
8 SO	—	21-0041

REVISION HISTORY

REVISION DATE	DESCRIPTION	PAGES CHANGED
	Moved the <i>Typical Operating Circuit</i> and <i>Pin Configurations</i> to first page.	1
	Removed the leaded part numbers from the <i>Ordering Information</i> table.	1
	Added an open-drain transistor to SQW/OUT in the block diagram (Figure 1).	4
	Added the pullup voltage range for SDA, SCL, and SQW/OUT to the <i>Pin Description</i> table and noted that SQW/OUT can be left open if not used.	6
100208	Added default time and date values on first application of power to the <i>Clock and Calendar</i> section and deleted the note that initial power-on state is not defined.	8
	Added default on initial application of power to bit info in the <i>Control Register</i> section.	9
	Updated the <i>Package Information</i> section to reflect new package outline drawing numbers.	13
3/15	Updated <i>Benefits and Features</i> section	1

B.2 Datasheet Arduino Mega 2560



Product Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 ([datasheet](#)). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

Index

Technical Specifications	Page 2
How to use Arduino Programming Environment, Basic Tutorials	Page 6
Terms & Conditions	Page 7
Environmental Policies half sqm of green via Impatto Zero®	Page 7



radiospares

RADIONICS



Technical Specification

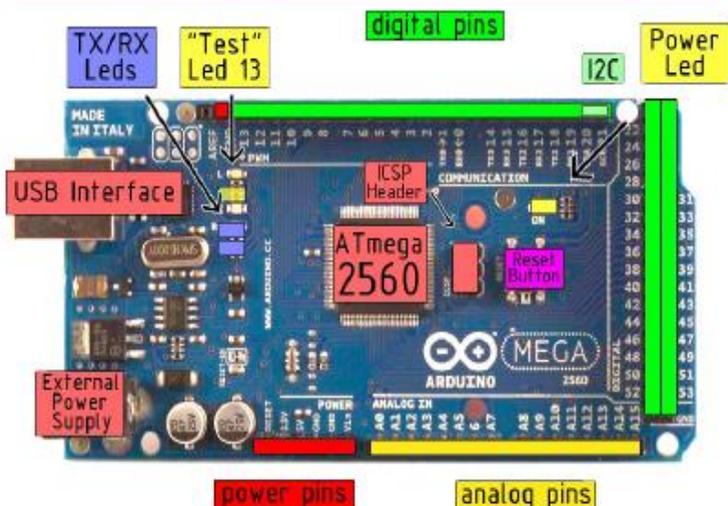


EAGLE files: [arduino-mega2560-reference-design.zip](#) Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

the board



radiospares

RADIONICS



Power

The Arduino Mega2560 can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically. External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the ATmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial:** 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX). Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts:** 2 (Interrupt 0), 3 (Interrupt 1), 18 (Interrupt 5), 19 (Interrupt 4), 20 (Interrupt 3), and 21 (Interrupt 2). These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM:** 0 to 13. Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI:** 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language. The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Duemilanove and Diecimila.
- **LED:** 13. There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.
- **I²C:** 20 (SDA) and 21 (SCL). Support I²C (TWI) communication using the [Wire library](#) (documentation on the Wiring website). Note that these pins are not in the same location as the I²C pins on the Duemilanove.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and [analogReference\(\)](#) function.

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.



radiospares

RADIONICS



Communication

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega2560 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega8U2 on the board channels one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega8U2 chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Mega's digital pins.

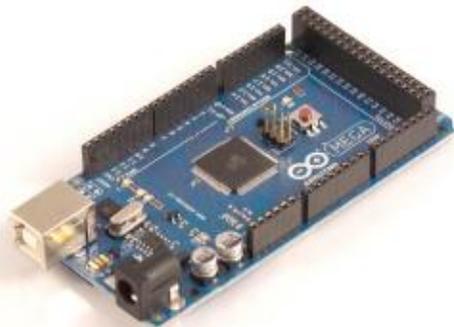
The ATmega2560 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation on the Wiring website](#) for details. To use the SPI communication, please see the ATmega2560 datasheet.

Programming

The Arduino Mega2560 can be programmed with the Arduino software ([download](#)). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega2560 on the Arduino Mega comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.



radiospares

RADIONICS



Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Mega2560 is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega2560 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Mega2560 is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Mega2560. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The Mega contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

USB Overcurrent Protection

The Arduino Mega has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Physical Characteristics and Shield Compatibility

The maximum length and width of the Mega PCB are 4 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.

The Mega is designed to be compatible with most shields designed for the Diecimila or Duemilanove. Digital pins 0 to 13 (and the adjacent AREF and GND pins), analog inputs 0 to 5, the power header, and ICSP header are all in equivalent locations. Further the main UART (serial port) is located on the same pins (0 and 1), as are external interrupts 0 and 1 (pins 2 and 3 respectively). SPI is available through the ICSP header on both the Mega and Duemilanove / Diecimila. **Please note that I²C is not located on the same pins on the Mega (20 and 21) as the Duemilanove / Diecimila (analog inputs 4 and 5).**



radiospares

RADIONICS



How to use Arduino



Arduino can sense the environment by receiving input from a variety of sensors and can affect its surroundings by controlling lights, motors, and other actuators. The microcontroller on the board is programmed using the [Arduino programming language](#) (based on [Wiring](#)) and the Arduino development environment (based on [Processing](#)). Arduino projects can be stand-alone or they can communicate with software on running on a computer (e.g. Flash, Processing, MaxMSP).

Arduino is a cross-platform program. You'll have to follow different instructions for your personal OS. Check on the [Arduino site](#) for the latest instructions. <http://arduino.cc/en/Guide/HomePage>

Linux Install

Windows Install

Mac Install

Once you have downloaded/unzipped the arduino IDE, you can Plug the Arduino to your PC via USB cable.

Blink led

Now you're actually ready to "burn" your first program on the arduino board. To select "blink led", the physical translation of the well known programming "hello world", select

**File>Sketchbook>
Arduino-0017>Examples>
Digital>Blink**

Once you have your skeath you'll see something very close to the screenshot on the right.

In **Tools>Board** select MEGA

Now you have to go to **Tools>SerialPort** and select the right serial port, the one arduino is attached to.

```
File Edit Sketch Tools Help
Back Forward Stop Run Upload
Sketch
int LedPin = 13; // LED connected to digital pin 13
// The setup() method runs once, when the sketch starts
void setup() {
  // initialize the digital pin as an output:
  pinMode(LedPin, OUTPUT);
}
// the loop() method runs over and over again,
// as long as the Arduino has power
void loop()
{
  digitalWrite(LedPin, HIGH); // set the LED on
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(LedPin, LOW); // set the LED off
  delay(1000); // wait for a second
}
```

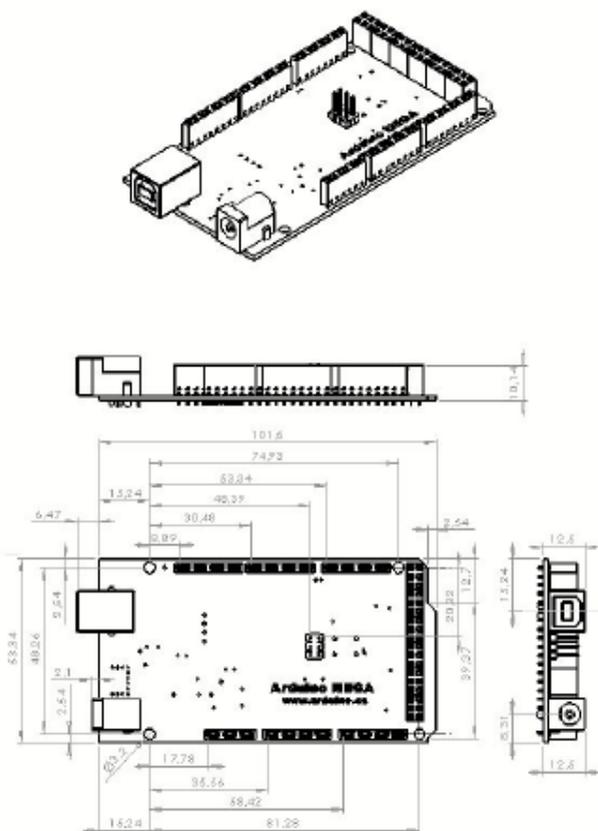
Done compiling. Upload TX RX Flashing Blinking Led



radiospares

RADIONICS





radiospares RADIONICS



Terms & Conditions



1. Warranty

1.1 The producer warrants that its products will conform to the Specifications. This warranty lasts for one (1) years from the date of the sale. The producer shall not be liable for any defects that are caused by neglect, misuse or mistreatment by the Customer, including improper installation or testing, or for any products that have been altered or modified in any way by a Customer. Moreover, the producer shall not be liable for any defects that result from Customer's design, specifications or instructions for such products. Testing and other quality control techniques are used to the extent the producer deems necessary.

1.2 If any products fail to conform to the warranty set forth above, the producer's sole liability shall be to replace such products. The producer's liability shall be limited to products that are determined by the producer not to conform to such warranty. If the producer elects to replace such products, the producer shall have a reasonable time to replacements. Replaced products shall be warranted for a new full warranty period.

1.3 EXCEPT AS SET FORTH ABOVE, PRODUCTS ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS." THE PRODUCER DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.

1.4 Customer agrees that prior to using any systems that include the producer products, Customer will test such systems and the functionality of the products as used in such systems. The producer may provide technical, applications or design advice, quality characterization, reliability data or other services. Customer acknowledges and agrees that providing these services shall not expand or otherwise alter the producer's warranties, as set forth above, and no additional obligations or liabilities shall arise from the producer providing such services.

1.5 The Arduino™ products are not authorized for use in safety-critical applications where a failure of the product would reasonably be expected to cause severe personal injury or death. Safety-Critical Applications include, without limitation, life support devices and systems, equipment or systems for the operation of nuclear facilities and weapons systems. Arduino™ products are neither designed nor intended for use in military or aerospace applications or environments and for automotive applications or environment. Customer acknowledges and agrees that any such use of Arduino™ products which is solely at the Customer's risk, and that Customer is solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

1.6 Customer acknowledges and agrees that it is solely responsible for compliance with all legal, regulatory and safety-related requirements concerning its products and any use of Arduino™ products in Customer's applications, notwithstanding any applications-related information or support that may be provided by the producer.

2. Indemnification

The Customer acknowledges and agrees to defend, indemnify and hold harmless the producer from and against any and all third-party losses, damages, liabilities and expenses it incurs to the extent directly caused by: (i) an actual breach by a Customer of the representation and warranties made under this terms and conditions or (ii) the gross negligence or willful misconduct by the Customer.

3. Consequential Damage Waiver

In no event the producer shall be liable to the Customer or any third parties for any special, collateral, indirect, punitive, incidental, consequential or exemplary damages in connection with or arising out of the products provided hereunder, regardless of whether the producer has been advised of the possibility of such damages. This section will survive the termination of the warranty period.

4. Changes to specifications

The producer may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. The Customer must not rely on the absence or characteristics of any features or instructions marked "reserved" or "undefined." The producer reserves these for future definition and shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to them. The product information on the Web Site or Materials is subject to change without notice. Do not finalize a design with this information.



Environmental Policies



The producer of Arduino™ has joined the Impatto Zero® policy of LifeGate.it. For each Arduino board produced is created / looked after half squared Km of Costa Rica's forests.



radiospares RADIONICS



RIWAYAT PENULIS



Nama : Abdul Rahman Wachid
TTL : Gresik, 13 Desember 1996
Jenis Kelamin : Laki - Laki
Agama : Islam
Alamat Asal : RT 03 RW 02 No. 64
Ds.Kepatihinan,Kec.
Menganti , Kab. Gresik
Telp/HP : 083832706122
E-mail : *wachid.its@gmail.com*

RIWAYAT PENDIDIKAN

- 2003 – 2009 : SDN Benowo 1 Surabaya
- 2009 – 2012 : SMPN 14 Surabaya
- 2012 – 2015 : SMA Wijaya Putra Surabaya
- 2015 – Sekarang : Departemen Teknik Elektro Otomasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

PENGALAMAN KERJA

- Kerja Praktek PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur Area Gresik Rayon Giri (Juni 2016 – Juli 2016)
- Kerja Praktek PTPN X PG Ngadirejo Kediri (Juni 2017 – Juli 2017)

--- Halaman ini sengaja dikosongkan ---