TUGAS AKHIR – TE 145561

PENGUKURAN KUALITAS TEGANGAN PADA PELANGGAN JARINGAN TEGANGAN RENDAH DENGAN MEDIA *POWER LINE CARRIER*

Septian Alif Farhansyah
NRP 2214038001
Kukuh Anartyo Wijoseno
NRP 2214038023

Dosen Pembimbing
Ir. Josaphat Pramudijanto, M. Eng.
Rachmad Setiawan, S.T., M.T.

PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK
Departemen Teknik Elektro Otomasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

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

FINAL PROJECT – **TE 145561**

MEASUREMENT OF VOLTAGE QUALITY ON LOW VOLTAGE NETWORK CUSTOMERS WITH POWER LINE CARRIER

Septian Alif Farhansyah
NRP 2214038001
Kukuh Anartyo Wijoseno
NRP 2214038023

Supervisor
Ir. Josaphat Pramudijanto, M. Eng.
Rachmad Setiawan, S.T., M.T.

ELECTRIC ENGINEERING STUDY PROGRAM
Electrical Automation Engineering Department
Vocational Faculty
Sepuluh Nopember *Institute of Technology*
Surabaya 2017

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

PERNYATAAN KEASLIAN
TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "**Pengukuran Kualitas Tegangan Pada Pelanggan Jaringan Tegangan Rendah Dengan Media *Power Line Carrier***" 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 2017

Septian Alif Farhansyah
NRP 2214038001

Kukuh Anartyo Wijoseno
NRP 2214038023

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

PENGUKURAN KUALITAS TEGANGAN PADA PELANGGAN JARINGAN TEGANGAN RENDAH DENGAN MEDIA *POWER LINE CARRIER*

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada
Program Studi Teknik Listrik
Departemen Teknik Elektro Otomasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing	Dosen Pembimbing
Ir. Josaphat Pramudijanto, M. Eng.	Rachmad Setiawan, S.T., M.T.
NIP. 1962 10 05 1990 03 1 003	NIP. 1969 05 29 1995 123 1 001

SURABAYA
JULI, 2017

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

PENGUKURAN KUALITAS TEGANGAN PADA PELANGGAN JARINGAN TEGANGAN RENDAH DENGAN MEDIA *POWER LINE CARRIER*

Nama	**:**	**Septian Alif Farhansyah**
NRP	**:**	**2214038001**
Nama	**:**	**Kukuh Anartyo Wijoseno**
NRP	**:**	**2214038023**
Pembimbing	**:**	**Ir. Josaphat Pramudijanto, M. Eng.**
NIP	**:**	**196210051990031003**
Pembimbing	**:**	**Rachmad Setiawan, S.T., M.T.**
NIP	**:**	**196905291995121001**

ABSTRAK

Kebutuhan terhadap kualitas energi listrik belakangan ini semakin meningkat seiring dengan meningkatnya aktivitas masyarakat. PLN sebagai penyedia energi listrik harus meningkatkan kualitas tegangan supaya pelanggan dan PLN tak mengalami kerugian.

Oleh karena itu, kami merancang alat yang mampu mengukur dan mengumpulkan data tegangan dan arus di rumah pelanggan dan tegangan di jaringan tegangan rendah. Alat tersebut dilengkapi dengan sensor tegangan ZMPT101B dan arus ACS-712 5A yang terpasang di rumah pelanggan dan PHB (Perangkat Hubung Bagi) Trafo Distribusi yang masing-masing dikendalikan oleh Arduino Mega 2560. Pengukur pada PHB trafo distribusi juga terpasang modul *Power Line Carrier* KQ330 yang berfungsi mengumpulkan data dari rumah pelanggan. Kemudian, data-data tersebut dilaporkan ke PLN melalui media SMS. PLN akan memantau dan merekapnya melalui *interface* dan *database*

Dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa saat nilai tegangan pada pelanggan bernilai 220 V, nilai arus pada pelanggan bernilai 0,67 A, dan nilai tegangan pada PHB trafo distribusi bernilai 223 V, status nilai tegangan pada pelanggan adalah normal, status nilai arus pada pelanggan adalah normal , dan status nilai tegangan pada PHB trafo distribusi adalah normal. Durasi pengiriman data di atas melalui PLC adalah 2,23 s dengan jarak 7 m. Durasi pelaporan data di atas ke penerima SMS pada APD PLN adalah 2,52 s dengan jarak 7 m.

Kata Kunci : Drop Tegangan, Jaringan Tegangan Rendah, Media *Power Line Carrier*.

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

MEASUREMENT OF VOLTAGE QUALITY ON LOW VOLTAGE NETWORK CUSTOMERS WITH POWER LINE CARRIER

Name	**:**	**Septian Alif Farhansyah**
ID	**:**	**2214038001**
Name	**:**	**Kukuh Anartyo Wijoseno**
ID	**:**	**2214038023**
Supervisor	**:**	**Ir. Josaphat Pramudijanto, M. Eng.**
ID	**:**	**196210051990031003**
Supervisor	**:**	**Rachmad Setiawan, S.T., M.T.**
ID	**:**	**196905291995121001**

ABSTRACT

The need for electrical energy quality has recently increased in line with increase in community activity. PLN as a provider of electrical energy must improve quality of voltage so that customers and PLN did not lose.

Therefore, we designed a tool capable of measuring and collecting voltage and current data at customer's home and voltage in low voltage networks. The device is equipped with ZMPT101B voltage sensor and ACS-712 5A current-installed at customer's home and PHB (Connection Device) Distribution transformer each controlled by Arduino Mega 2560. The measurement on PHB distribution transformer also installed Power Line Carrier KQ330 module Serves to collect data from customer's home. Then, these data are reported to PLN via SMS media. PLN will monitor and record the data using the interface and database shortly after the SMS is received.

From the test that has been done, it is found that when value of voltage on customer is worth 220 V, the value of current on customer is 0.67A, and the voltage value on the distribution transformer PHB is 223 V, voltage value status at the customer is normal, current value status on customer is normal, And the voltage rating status of distribution transformer PHB is normal. The duration of data transmission over PLC is 2.23 s with a distance of 7 m. The data reporting duration above to the SMS recipient on APN PLN is 2.52 s with a distance of 7 m.

Keywords **:** *Voltage Drop, Low Voltage Network, Power Line Carrier.*

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

KATA PENGANTAR

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

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna menyelesaikan pendidikan diploma pada Program Studi Teknik Listrik, Departemen Teknik Elektro Otomasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya dengan judul:

PENGUKURAN KUALITAS TEGANGAN PADA PELANGGAN JARINGAN TEGANGAN RENDAH DENGAN MEDIA *POWER LINE CARRIER*

Dalam Tugas Akhir ini dirancang Pengukuran tegangan di rumah pelanggan dan PHB Trafo Distribusi.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu dan Bapak penulis yang memberikan berbagai bentuk doa serta dukungan tulus tiada henti, Bapak Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng. dan Bapak Rachmad Setiawan, S.T., M.T. atas segala bimbingan ilmu, moral, dan spiritual dari awal hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini, yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungannya kepada penulis Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

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

Surabaya, 17 Juli 2017

Penulis

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

DAFTAR ISI

HALAMAN

HALAMAN JUDUL ..... **i**
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR ..... **v**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **vi**
ABSTRAK ..... **ix**
ABSTRACT ..... **xi**
KATA PENGANTAR ..... **xiii**
DAFTAR ISI ..... **xv**
DAFTAR GAMBAR ..... **xix**
DAFTAR TABEL ..... **xxv**

BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Permasalahan 2
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan 3
1.5 Sistematika Laporan 4
1.6 Relevansi 5

BAB II TEORI PENUNJANG **7**
2.1 Sistem Tenaga Listrik 7
2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik 8
2.3 Jaringan Tegangan Rendah (JTR) 11
2.4 Tegangan Standar PLN 12
2.5 Kualitas Tenaga Listrik 13
2.5.1 Drop Tegangan 13
2.6 Komunikasi Serial 15
2.7 *Microsoft Visual Studio* 16
2.8 Arduino Mega 2560 18
2.8.1 Arduino IDE 22
2.9 *Liquid Crystal Display* (LCD) 24
2.10 Sensor Tegangan 24
2.11 Sensor Arus 25
2.12 Modul *Power Line Carrier* (PLC) 26

2.13 Modul *Real Time Clock* (RTC) 29
2.14 Modul GSM 30
2.15 *Power Supply* 32
2.16 *Buck Converter* 34

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT 37
3.1 Perancangan Sistem Secara Keseluruhan 37
3.2 Perancangan *Hardware* 39
3.2.1 Perancangan *Hardware* Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)* 39
3.2.1.1 Perancangan Arduino Mega 2560 41
3.2.1.2 Perancangan *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2 42
3.2.1.3 Perancangan Sensor Tegangan AC ZMPT101B 44
3.2.1.4 Perancangan Sensor Arus ACS-712 5A 46
3.2.1.5 Perancangan Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330 47
3.2.1.6 Perancangan Modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231 49
3.2.1.7 Perancangan *Switching Power Supply* 5V/2A 51
3.2.2 Perancangan *Hardware* Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master)* 52
3.2.2.1 Perancangan Arduino Mega 2560 54
3.2.2.2 Perancangan *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2 55
3.2.2.3 Perancangan Sensor Tegangan AC ZMPT101B 56
3.2.2.4 Perancangan Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330 57
3.2.2.5 Perancangan Modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231 58
3.2.2.6 Perancangan Modul SIM900 58
3.2.2.7 Perancangan *Switching Power Supply* 12V/2A dengan LM7809 dan LM7805 59
3.2.3 Perancangan *Hardware* Penerima SMS pada PLN .. 60
3.2.3.1 Perancangan Arduino Mega 2560 62

3.2.3.2 Perancangan Modul SIM800L 63
3.2.3.3 Perancangan *Buck Converter* LM2596 64
3.3 Perancangan *Software* Sistem 66
3.3.1 Perancangan *Software* Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)* 66
3.3.1.1 Perancangan Kode Program Pengukur Tegangan Pada Pelanggan *(Slave)* 68
3.3.2 Perancangan *Software* Pengukur Tegangan Pada PHB Trafo Distribusi *(Master)* 72
3.3.2.1 Perancangan Kode Program Pengukur Tegangan Pada PHB Trafo Distribusi *(Master)* 74
3.3.3 Perancangan *Software* Penerima SMS pada PLN 82
3.3.4 Perancangan *Software Interface* dan *Database* 83

BAB IV PENGUJIAN ALAT DAN ANALISIS 85
4.1 Pengujian Pengukur Tegangan pada Pelanggan 85
4.1.1 Pengujian Arduino Mega 2560 85
4.1.2 Pengujian *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2 89
4.1.3 Pengujian Sensor Tegangan AC ZMPT101B 90
4.1.4 Pengujian Sensor Arus ACS-712 5A 94
4.1.5 Pengujian Pengiriman Data melalui Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330 97
4.1.6 Pengujian Modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231 100
4.2 Pengujian Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi (*Master*). 101
4.2.1 Pengujian Arduino Mega 2560 101
4.2.2 Pengujian *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2 104
4.2.3 Pengujian Sensor Tegangan AC ZMPT101B 106
4.2.4 Pengujian Penerimaan Data melalui Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330 109
4.2.5 Pengujian Modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231 111
4.2.6 Pengujian Modul SIM900 113
4.3 Pengujian Penerima SMS pada PLN 116
4.3.1 Pengujian Arduino Mega 2560 116
4.3.2 Pengujian Modul SIM800L 119

4.3.3 Pengujian *Interface* dan *Database* 121
4.4 Pengujian Pengukur Tegangan pada Pelanggan dan Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi (*Master*) 122
4.5 Pengujian Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi (*Master*) dan Modul Penerima SMS pada PLN 124
4.6 Pengujian Alat Secara Keseluruhan 124

BAB V PENUTUP 133
5.1 Kesimpulan 133
5.2 Saran 134

DAFTAR PUSTAKA 135
LAMPIRAN A A-1
LAMPIRAN B B-1
RIWAYAT HIDUP PENULIS C-1

DAFTAR GAMBAR

HALAMAN

Gambar 2.1 Konfigurasi Jaringan Radial 8
Gambar 2.2 Konfigurasi Jaringan *Tie Line*....9
Gambar 2.3 Konfigurasi Jaringan *Loop*....9
Gambar 2.4 Konfigurasi Jaringan *Spindle*....10
Gambar 2.5 Konfigurasi Jaringan *Cluster* 10
Gambar 2.6 Sistem 3-Fase Bintang Tegangan 380/220V....11
Gambar 2.7 Sistem Listrik 3-Fase 380/220V di Pemukiman 12
Gambar 2.8 Ilustrasi Komunikasi Serial 15
Gambar 2.9 Tampilan *Microsoft Visual Studio* 16
Gambar 2.10 Arduino Mega 2560 19
Gambar 2.11 Jendela Arduino IDE....23
Gambar 2.12 Bagan Rangkaian Pengkondisi Sinyal 26
Gambar 2.13 Diagram Blok Sistem *Power Line Carrier* (PLC) 26
Gambar 2.14 *Chip* Modul GSM 32
Gambar 2.15 Bagan *Linear Power Supply* 33
Gambar 2.16 Bagan *Switching Power Supply* 33
Gambar 2.17 Rangkaian *Buck Converter* 34
Gambar 3.1 Perancangan Sistem Keseluruhan 38
Gambar 3.2 Skema Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)* 39
Gambar 3.3 *Hardware* Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)* Tampak Atas 40
Gambar 3.4 *Hardware* Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)* Tampak Depan 40
Gambar 3.5 *Hardware* Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)* Tampak Samping 41
Gambar 3.6 Skema Arduino Mega 2560 Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)* 41
Gambar 3.7 *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2 43
Gambar 3.8 Skema *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2 Pengukur pada Tegangan Pelanggan *(Slave)* 44
Gambar 3.9 Sensor Tegangan AC ZMPT101B 45
Gambar 3.10 Skema Sensor Tegangan AC ZMPT101B Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)* 45

Gambar 3.11 Rangkaian Sensor Arus ACS-712 5A 46
Gambar 3.12 Skema Sensor Arus ACS-712 5A Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)* 47
Gambar 3.13 Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330 48
Gambar 3.14 Skema Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330 Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)* 49
Gambar 3.15 Modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231 50
Gambar 3.16 Skema Modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231 Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)* 51
Gambar 3.17 Skema *Switching Power Supply* 5V/2A 51
Gambar 3.18 Skema Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi (*Master*) 52
Gambar 3.19 *Hardware* Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi (*Master*) Tampak Atas 53
Gambar 3.20 *Hardware* Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi (*Master*) Tampak Depan 53
Gambar 3.21 *Hardware* Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi (*Master*) Tampak Samping 54
Gambar 3.22 Skema Arduino Mega 2560 Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi (*Master*) 54
Gambar 3.23 Skema *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2 Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi (*Master*) 56
Gambar 3.24 Skema Sensor Tegangan AC ZMPT101B Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi (*Master*) 57
Gambar 3.25 Skema Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330 Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi (*Master*) 57
Gambar 3.26 Skema Modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231 Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi (*Master*) 58
Gambar 3.27 Modul SIM900 Terpasang di Atas Arduino Mega 2560 59
Gambar 3.28 Skema *Switching Power Supply* 12V/2A dengan LM7809 dan LM7805 60
Gambar 3.29 Skema Penerima SMS pada PLN 60
Gambar 3.30 *Hardware* Penerima SMS Tampak Atas 61
Gambar 3.31 *Hardware* Penerima SMS Tampak Depan 61

Gambar 3.32 *Hardware* Penerima SMS Tampak Samping.....62
Gambar 3.33 Skema Arduino Mega 2560 Penerima SMS pada PLN ..62
Gambar 3.34 Modul SIM800L 64
Gambar 3.35 Skema Modul SIM800L Penerima SMS pada PLN.....64
Gambar 3.36 *Buck Converter* LM2596 65
Gambar 3.37 Rangkaian Dalam *Buck Converter* LM2596.....65
Gambar 3.38 Skema *Buck Converter* LM2596.....65
Gambar 3.39 *Flowchart* Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)*.66
Gambar 3.40 Kode Program Deklarasi Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)* 68
Gambar 3.41 Kode Program *Void Setup* dan *Void Loop* Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)* 69
Gambar 3.42 Kode Program Sensor Arus Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)* 70
Gambar 3.43 Kode Program Sensor Tegangan Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)* 70
Gambar 3.44 Kode Program Modul *Real Time Clock* (RTC) Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)*.....71
Gambar 3.45 *Flowchart* Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master)*.....72
Gambar 3.46 Lanjutan *Flowchart* Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi (*Master)* 73
Gambar 3.47 Kode Program Deklarasi Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master)* 75
Gambar 3.48 Kode Program *Void Setup* Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master)* 76
Gambar 3.49 Kode Program *gsm.begin* Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master)* 76
Gambar 3.50 Kode Program *Void Loop* Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master)* 77
Gambar 3.51 Kode Program *tulis_rtc* RTC Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master)*.....78
Gambar 3.52 Kode Program *time_read* RTC Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master)* 78
Gambar 3.53 Kode Program Sensor Tegangan Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master)* 79
Gambar 3.54 Kode Program *Parsing Data* Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master)*.....80

Gambar 3.55 Kode Program Pengiriman SMS Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master)* 81
Gambar 3.56 Kode Program Penerimaan SMS Penerima SMS pada PLN 82
Gambar 3.57 Tampilan *Interface* 83
Gambar 3.58 Tampilan *Database* 83
Gambar 3.59 Tampilan *Microsoft Visual Studio* 2013 84
Gambar 4.1 *Flowchart* Pengujian Tegangan Pin Arduino pada Logika 1 dan Logika 0 *(Slave)* 86
Gambar 4.2 Pengujian Pin A/D Arduino *(Slave)* 86
Gambar 4.3 Skema Pengujian Pin A/D Arduino *(Slave)* 87
Gambar 4.4 *Flowchart* Program Tampilan *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2 *(Slave)* 89
Gambar 4.5 Hasil Tampilan *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2 *(Slave)* 90
Gambar 4.6 Skema Pengujian Sensor Tegangan AC ZMPT101B *(Slave)* 91
Gambar 4.7 Pengujian Sensor Tegangan AC ZMPT101B *(Slave)* 91
Gambar 4.8 Hasil Kalibrasi Sensor Tegangan AC ZMPT101B *(Slave)* 93
Gambar 4.9 Hasil Nilai Tegangan Masukan dengan Nilai Tegangan pada LCD *(Slave)* 94
Gambar 4.10 Skema Pengujian Sensor Arus ACS-712 5A *(Slave)* 95
Gambar 4.11 Hasil Kalibrasi Sensor Arus ACS-712 5A *(Slave)* 96
Gambar 4.12 Hasil Nilai Arus Masukan dengan Nilai Arus pada LCD *(Slave)* 97
Gambar 4.13 Skema Pengujian Pengiriman Data melalui Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330 (*Slave)* 98
Gambar 4.14 Data yang dikirim melalui Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330 (*Slave)* 99
Gambar 4.15 *Flowchart* Program Pengiriman Data melalui Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330 (*Slave)* 99
Gambar 4.16 *Flowchart* Program Modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231 *(Slave)* 100
Gambar 4.17 Pengujian Modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231 *(Slave)* 101

Gambar 4.18 *Flowchart* Pengujian Tegangan Pin Arduino pada Logika 1 dan Logika 0 *(Master)*.....102
Gambar 4.19 Skema Pengujian Pin A/D Arduino *(Master)* 102
Gambar 4.20 Hasil Tampilan *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2 *(Master)* 105
Gambar 4.21 *Flowchart* Program Tampilan *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2 *(Master)*.....105
Gambar 4.22 Hasil Kalibrasi Sensor Tegangan AC ZMPT101B *(Master)* 107
Gambar 4.23 Hasil Tegangan Masukan dan Nilai Tegangan pada LCD *(Master)* 109
Gambar 4.24 *Flowchart* Program Penerima Data melalui Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330 *(Master)*.....110
Gambar 4.25 Skema Pengujian Penerimaan Data melalui Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330 *(Master)*.....111
Gambar 4.26 Data yang Diterima melalui Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330 *(Master)*.....111
Gambar 4.27 Pengujian Modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231 *(Master)* 112
Gambar 4.28 *Flowchart* Program Modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231 *(Master)* 112
Gambar 4.29 Modul SIM900 *(Master)*.....113
Gambar 4.30 Tampilan Serial Monitor Program Uji Modul SIM900 *(Master)* 114
Gambar 4.31 Hasil Pengiriman SMS dari Modul SIM900 *(Master)* 114
Gambar 4.32 *Flowchart* Pengujian Modul SIM900 *(Master)* 115
Gambar 4.33 Lanjutan *Flowchart* Pengujian Modul SIM900 *(Master)* 116
Gambar 4.34 *Flowchart* Pengujian Tegangan Pin Arduino pada Logika 1 dan Logika 0.....117
Gambar 4.35 Skema Pengujian Pin A/D Arduino 117
Gambar 4.36 Modul SIM800L 120
Gambar 4.37 Tampilan *Interface*.....121
Gambar 4.38 Tampilan *Database*.....122
Gambar 4.39 Tampilan Alat TA Keseluruhan.....124
Gambar 4.40 Tampilan LCD Pengukur Tegangan *(Slave)* ketika Tanpa Beban 125

Gambar 4.41 Tampilan LCD Pengukur Tegangan *(Master)* ketika Pelanggan Tanpa Beban 126
Gambar 4.42 Beban pada Pelanggan Dinyalakan 126
Gambar 4.43 Tampilan LCD Pengukur Tegangan *(Slave)* ketika Beban dinyalakan 127
Gambar 4.44 Nilai Tegangan *(Slave)* Diatur oleh Variabel Tegangan 127
Gambar 4.45 Tampilan LCD Pengukur Tegangan *(Master)* ketika Beban dinyalakan 128
Gambar 4.46 Tampilan LCD saat Pewaktu Menunjukkan Angka "3" 128
Gambar 4.47 Tampilan *Interface* Setelah Data Masuk 129
Gambar 4.48 Tampilan *Database* yang Terisi Data 130

DAFTAR TABEL

HALAMAN

Tabel 2.1	Spesifikasi Arduino Mega 2560	19
Tabel 2.2	*Pinout Mapping* Arduino Mega 2560	20
Tabel 3.1	*Mapping* Pin Analog/Digital Arduino Mega 2560	42
Tabel 3.2	Konfigurasi Pin *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2	43
Tabel 3.3	Spesifikasi Sensor Tegangan AC ZMPT101B	44
Tabel 3.4	Konfigurasi Pin Sensor Arus ACS-712 5A	46
Tabel 3.5	Spesifikasi Sensor Arus ACS-712 5A	47
Tabel 3.6	Konfigurasi Pin Modul *Power Line Carrier* KQ330	48
Tabel 3.7	Spesifikasi Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330	49
Tabel 3.8	Konfigurasi Pin Modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231	50
Tabel 3.9	*Mapping* Pin Analog/Digital Arduino Mega 2560	55
Tabel 3.10	Spesifikasi Modul SIM900	59
Tabel 3.11	*Mapping* Pin Analog/Digital Arduino Mega 2560	63
Tabel 3.12	Spesifikasi Modul SIM800L	63
Tabel 3.13	Konfigurasi Pin Modul SIM800L	63
Tabel 3.14	Spesifikasi *Buck Converter* LM2596	65
Tabel 4.1	Pengujian Pin Arduino Mega 2560	87
Tabel 4.2	Nilai ADC dan Tegangan *Output* Sensor Tegangan	92
Tabel 4.3	Data Pengujian Tegangan *Input* dan Nilai Tegangan pada LCD	93
Tabel 4.4	Nilai ADC dan Arus *Input* Sensor Arus	96
Tabel 4.5	Data Pengujian Arus *Input* dan Nilai Arus pada LCD	97
Tabel 4.6	Pengujian Pin Arduino Mega 2560	103
Tabel 4.7	Nilai ADC dan Tegangan *Output* Sensor Tegangan	106
Tabel 4.8	Data Pengujian Tegangan *Input* dan Nilai Tegangan pada LCD	108
Tabel 4.9	Pengujian Pin Arduino Mega 2560	118
Tabel 4.10	Pengujian Modul SIM800L	120
Tabel 4.11	Hasil Pengujian Modul *Power Line Carrier* (PLC) dengan Jarak 3 m	122

Tabel 4.12 Hasil Pengujian Modul *Power Line Carrier* (PLC) dengan Jarak 7 m 123
Tabel 4.13 Hasil Pengujian Modul *Power Line Carrier* (PLC) dengan Jarak 20 m 123
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Modul *Power Line Carrier* (PLC) dengan Jarak 23 m 123
Tabel 4.15 Pengamatan Durasi Penerimaan SMS 124
Tabel 4.16 Pengujian Alat Tugas Akhir dengan Status 130
Tabel 4.17 Data Pengujian Alat Tugas Akhir dengan Berbagai Macam Beban..... 132

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan terhadap kualitas energi listrik belakangan ini semakin meningkat seiring dengan meningkatnya aktivitas masyarakat. Aktivitas masyarakat modern ini benar-benar membutuhkan listrik yang harus tersedia 24 jam. Hampir semua masyarakat di Indonesia memakai barang elektronik yang peka terhadap perubahan tegangan sebagai penyokong kehidupan mereka. PLN sebagai satu-satunya perusahaan penyedia energi listrik harus meningkatkan kualitas tegangan supaya pelanggan dan PLN tak mengalami kerugian. Namun, pelanggan sering mengalami pemadaman yang ditandai dengan nilai SAIFI yang tinggi. Semakin tinggi nilai tersebut, kualitas energi listrik semakin rendah SAIFI *(System Average Interrupted Frequency Index)* adalah rata-rata jumlah gangguan per pelanggan per tahun. Nilai kinerja SAIFI pada suatu unit mencapai 7,45 kali/pelanggan/tahun. Nilai tersebut di luar target yaitu 0,47 kali/pelanggan/tahun.. Selain itu, PLN tak memiliki alat untuk mengukur dan melaporkan drop tegangan jaringan tegangan rendah dan pelanggan. Problem di atas menyebabkan tegangan disetiap fasa tak seimbang sehingga timbul arus netral dari trafo. Timbulnya arus netral menyebabkan trafo rusak sehingga perlu penggantian trafo. pelanggan sering mengalami pemadaman listrik dalam durasi yang lama.

Secara umum, baik buruknya sistem penyaluran dan distribusi tenaga listrik ditinjau dari kualitas tegangan yang diterima oleh konsumen. Kualitas tegangan yang baik ditandai dengan nilai tegangan yang konstan sebesar 220 V dengan variasi tegangan pelayanan +5% hingga -10%. Variasi tegangan pelayanan adalah perubahan nilai tegangan pelayanan pada kerja normal terhadap tegangan nominal yang disebabkan perubahan beban dan usaha pengaturan tegangan (SPLN 1 : 1995). Tegangan harus selalu dijaga konstan sesuai dengan nilai di atas terutama nilai tegangan yang terjadi di ujung saluran. Tegangan yang tidak stabil dapat berakibat merusak alat-alat yang peka terhadap perubahan tegangan (khususnya alat-alat elektronik).

Dalam memudahkan PLN untuk mengumpulkan hasil pengukuran arus dan tegangan di pelanggan dan jaringan tegangan rendah sisi PHB trafo distribusi, diperlukan suatu teknologi yang

mampu mengirimkan data-data tersebut. Teknologi yang kami gunakan adalah *Power Line Carrier* (PLC).

PLC adalah media komunikasi untuk membawa data pada konduktor yang juga digunakan untuk transmisi tenaga listrik. sehingga jaringan listrik selain berfungsi sebagai sumber listrik juga menjadi penghantar komunikasi data. Secara prinsip, pengiriman data melalui konduktor ini dilakukan dengan menumpangkan sinyal komunikasi yang berisi data berfrekuensi rendah 1-30 MHz menggunakan modul khusus. Modul ini menyebabkan sinyal-sinyal telekomunikasi (data, gambar, voice) dapat ditumpangkan atau diinjeksikan ke jaringan listrik tegangan rendah (1-30 MHz) dari jaringan data eksternal. Analoginya, arus listrik mengalir seperti air laut yang menghasilkan gelombang dan buih. Gelombang adalah arusnya, sedangkan buih berupa *noise*-nya. *Noise* inilah yang dimanfaatkan oleh PLC untuk menghantarkan sinyal suara dan data.

Teknologi PLC sangat bermanfaat karena energi listrik merupakan komponen utama dalam menjalankan perangkat elektronik dan peralatan komunikasi lainnya sehingga dapat dikatakan bahwa infrastruktur IT hanya bisa dibangun pada suatu daerah jika di daerah tersebut sudah ada jaringan listrik sehingga sangat dimungkinkan aplikasi PLC dapat memenuhi kebutuhan informasi seluruh masyarakat di tanah air tanpa terkecuali.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. PLN tak memiliki alat yang mampu mendeteksi drop tegangan pada sisi pelanggan.
2. Drop tegangan di jaringan tegangan rendah akan merusak barang-barang elektronik sehingga merugikan pelanggan.
3. Pelanggan sering mengalami pemadaman listrik dengan durasi yang lama yang ditandai dengan nilai SAIFI yang tinggi.
4. PLN hanya mengetahui gangguan pelanggan dari komplain pelanggan.

1.3 Sistematika Laporan

Dalam pembuatan tugas akhir ini, diberikan batasan permasalahan agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan. Pada tugas akhir ini menggunakan Arduino Mega dan media komunikasi mengunakan modul GSM SIM900 dan batasan masalah lainnya sebagai berikut :

1. Ruang lingkup penggunaan alat adalah rumah pelanggan dan trafo distribusi sisi sekunder jaringan tegangan rendah 1 fasa dengan tegangan nominal 220 V.
2. Parameter yang diukur adalah tegangan dan arus di pelanggan serta tegangan di jaringan tegangan rendah 1 fasa.
3. Mikrokontroler yang digunakan ialah Arduino Mega.
4. Sensor arus yang digunakan adalah ACS-712 5A Sensor tegangan yang digunakan adalah ZMPT101B.
5. Mikrokontroler yang digunakan ialah Arduino Mega.
6. Media komunikasi yang dipakai adalah modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330 yang terpasang di Arduino pelanggan dan PHB (perangkat hubung bagi) Trafo.
7. Media komunikasi alat ini menggunakan SMS yang nantinya akan ditampilkan pada aplikasi di komputer sebagai media antarmuka (*interface*) dan *database*.

1.4 Tujuan

Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Septian Alif Farhansyah (Perancangan pengukur tegangan pada pelanggan *(slave))*
    1. Merancang dan membuat pengukuran tegangan dan arus di sisi pelanggan.
    2. Merancang dan membuat proses pengiriman data ke pengukur tegangan di PHB (perangkat hubung bagi Trafo melalui media *Power Line Carrier* (PLC).
    3. Merancang dan membuat proses pengiriman data tegangan sisi pelanggan ke PLN melalui media modul GSM.
    4. Merancang dan membuat *interface* penerima SMS data tegangan dan arus pelanggan.

2. Kukuh Anartyo Wijoseno (Perancangan pengukur tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master))*
    1. Merancang dan membuat pengukuran tegangan di PHB (perangkat hubung bagi) trafo.
    2. Merancang dan membuat proses penerimaan data dari pengukur tegangan sisi pelanggan melalui media *Power Line Carrier* (PLC).
    3. Merancang dan membuat proses pengiriman data tegangan sisi PHB (perangkat hubung bagi) trafo ke PLN melalui media modul GSM.
    4. Merancang dan membuat *interface* penerima SMS data tegangan JTR.

1.5 Sistematika Laporan

Laporan tugas akhir ini terdiri dari lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

Bab I : PENDAHULUAN

Bab ini meliputi latar belakang, permasalahan, tujuan, sistematika penulisan, dan relevansi.

Bab II : TEORI PENUNJANG

Bab ini menjelaskan tentang berbagai macam teori-teori penunjang dalam pengerjaan tugas akhir ini meliputi jaringan tegangan rendah, drop tegangan, Arduino Mega, sensor tegangan dan arus yang digunakan, modul *Power Line Carrier,* Modul SIM900 dan SIM800L, RTC DS3231, dan *Microsoft Visual Studio 2013*.

Bab III : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Dalam bab ini dibahas mengenai perancangan dan pembuatan perangkat keras *(hardware)* dan lunak *(software)* pengukur tegangan dan arus pada pelanggan dan pengukur tegangan pada PHB Trafo

Bab IV : PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

Dalam bab ini dibahas mengenai pengukuran, pengujian, dan analisis terhadap prinsip kerjadan proses dari alat yang dibuat.

Bab V : PENUTUP

Bagian ini merupakan bagian akhir yang berisikan kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan Tugas Akhir ini dan saran-saran untuk pengembangan alat.

1.6 Relevansi

Dengan adanya tugas akhir ini, alat ini diharapkan dapat membantu APD (Area Pengatur Distribusi) PLN untuk mengetahui nilai tegangan di pelanggan dan jaringan tegangan rendah. Hasil pengukuran tersebut dapat diketahui drop tegangan antara pelanggan dan jaringan tegangan rendah. Selain itu, hasil tersebut dapat dijadikan pedoman bagi PLN untuk mencegah gangguan sebelum pelanggan komplain. Selain itu, alat ini dapat dijadikan sebagai referensi atau ide dalam kemajuan sistem pemeliharaan di jaringan distribusi tenaga listrik khususnya sistem distribusi listrik pelanggan tegangan rendah 1 fasa.

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

BAB II
TEORI PENUNJANG

Pada bab ini dijelaskan mengenai teori-teori yang berkaitan dengan topik penelitian yang dilakukan. Teori yang mendukung penyelesaian Tugas Akhir ini di antaranya sistem tenaga listrik, sistem distribusi tenaga listrik, jaringan tegangan rendah, tegangan standar PLN, kualitas tenaga listrik, komunikasi serial, *Microsoft Visual Studio*, modul *Power Line Carrier* (PLC), sensor tegangan, sensor arus, Arduino Mega 2560, *Liquid Crystal Display* (LCD), modul SIM900, modul SIM800L, *Buck Converter*, *Real Time Clock* (RTC), dan *Power Supply*.

Uraian teori-teori di atas terbagi menjadi dua sesuai rincian berikut ini : Septian Alif Farhansyah menjelaskan teori sistem tenaga listrik (2.1), sistem distribusi tenaga listrik (2.2), jaringan tegangan rendah (2.3), tegangan standar PLN (2.4), kualitas tenaga listrik (2.5), komunikasi serial (2.6) , *Microsoft Visual Studio* (2.7) , modul *Power Line Carrier* (PLC) (2.8). Kukuh Anartyo Wijoseno menjelaskan teori sensor tegangan (2.9) ,sensor arus (2.10), Arduino Mega 2560 (2.11), *Liquid Crystal Display* (LCD) (2.12), modul SIM900 (2.13), modul SIM800L (2.14), *Buck Converter* (2.15), *Real Time Clock* (RTC) (2.16) , dan *Power Supply* (2.17).

2.1 Sistem Tenaga Listrik [1]

Sistem tenaga listrik adalah gabungan dari komponen-komponen seperti generator, transformator, saluran transmisi, saluran distribusi dan beban yang saling berhubungan yang merupakan kesatuan sehingga membentuk suatu sistem.

Tenaga listrik dibangkitkan di pembangkit tenaga listrik seperti PLTA, PLTU, dan PLTG. Kemudian, energi listrik disalurkan melalui saluran transmisi setelah terlebih dahulu dinaikkan tegangannya oleh transformator penaik tegangan *(step-down transformer)*.

Saluran tenaga listrik yang menghubungkan pembangkit dan gardu induk (GI) dikatakan sebagai saluran transmisi. Saluran ini membawa tegangan bernilai 150 kV. Tegangan tersebut termasuk kategori Tegangan Tinggi (TT). Sedangkan, 500 kV yang sama-sama dibawa oleh saluran transmisi termasuk kategori Tegangan Ekstra Tinggi (TET).

Muara dari saluran transmisi adalah gardu induk (GI). Di GI, tegangan diturunkan oleh transformator penurun tegangan *(step-down transformator)* menjadi tegangan menengah yang bernilai 20 kV. Setelah tenaga listrik diubah menjad 20 kV, listrik tersebut diturunkan lagi oleh transformator distribusi menjadi 220 V/380 V. Tegangan ini dikonsumsi oleh masyarakat melalui jaringan tegangan rendah (JTR).

2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik [2]

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan salah satu bagian sistem tenaga listrik yang dimulai dari PMT *incoming* (masukan) sampai dengan Alat Penghitung dan Pembatas (APP) di instalasi listrik konsumen. Sistem distribusi berfungsi untuk menyalurkan listrik dari GI ke gardu-gardu distribusi dengan kualitas sesuai standar.

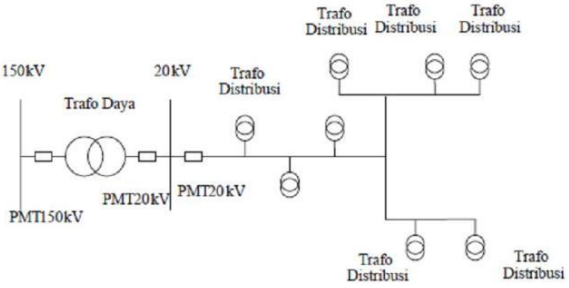
Dilihat dari tegangan, sistem distribusi pada saat ini dibedakan menjadi dua macam yaitu :

1. Distribusi Primer sering disebut sistem jaringan tegangan menengah (JTM) dengan tegangan operasi nominal 20 kV.
2. Distribusi Sekunder sering disebut sistem jaringan tegangan rendah (JTR) dengan tegangan nominal 220 V/380 V.

Bentuk jaringan pada sistem distribusi tegangan menengah (Primer 20kV) dapat dikelompokkan menjadi lima model yaitu :

1. Jaringan Radial

   Sistem distribusi jenis ini adalah sistem distribusi yang paling sederhana, dan ekonomis yang setiap penyulang tersebut dipasang gardu-gardu distribusi untuk konsumen. Konfigurasi jaringan ini tertera di Gambar 2.1.



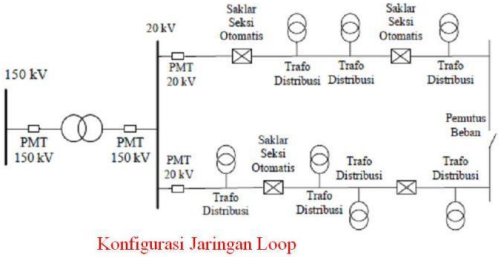
Gambar 2.1 Konfigurasi Jaringan Radial

Namun keandalan sistem ini lebih rendah dibanding dengan sistem lainnya. Kurangnya keandalan disebabkan karena hanya terdapat satu jalur utama yang menyuplai gardu distribusi, sehingga apabila jalur utama tersebut mengalami gangguan, maka seluruh gardu akan ikut padam.

2. Jaringan Hantaran Penghubung *(Tie Line)*
   Sistem ini digunakan untuk pelanggan yang tidak boleh padam. Ciri-cirinya memiliki minimal dua penyulang sekaligus dengan tambahan *Automatic Change Over Switch*. Seperti yang tertera pada Gambar 2.2, setiap penyulang terkoneksi ke gardu pelanggan khusus tersebut sehingga bila salah satu penyulang mengalami gangguan maka pasokan listrik akan dipindah ke penyulang lain.

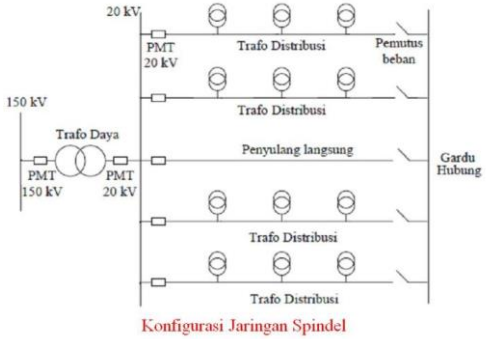
Gambar 2.2 Konfigurasi Jaringan *Tie Line*

3. Jaringan *Loop*
   Pada Jaringan Tegangan Menengah Struktur Lingkaran *(Loop)* seperti Gambar 2.3 dimungkinkan pemasokannya dari beberapa gardu induk.



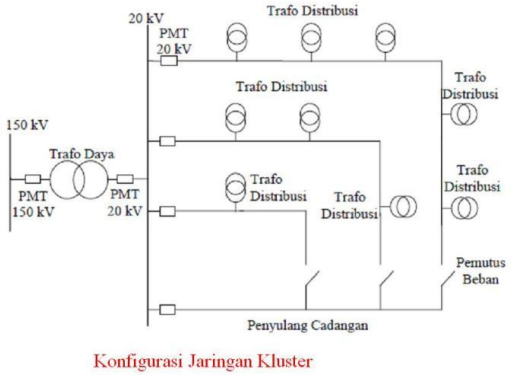
Gambar 2.3 Konfigurasi Jaringan *Loop*

4. Jaringan *Spindle*
   Sistem *Spindle* seperti pada Gambar 2.4 adalah suatu pola kombinasi jaringan dari pola Radial dan Ring. Spindel terdiri dari beberapa penyulang *(feeder)* yang tegangannya diberikan dari Gardu Induk dan tegangan tersebut berakhir pada sebuah Gardu Hubung (GH).



Gambar 2.4 Konfigurasi Jaringan *Spindle*

5. Jaringan *Cluste*r (Gugus)
   Konfigurasi Gugus seperti pada Gambar 2.5 banyak digunakan untuk kota besar yang mempunyai kerapatan beban yang tinggi. Dalam sistem ini terdapat Saklar Pemutus Beban dan penyulang cadangan.



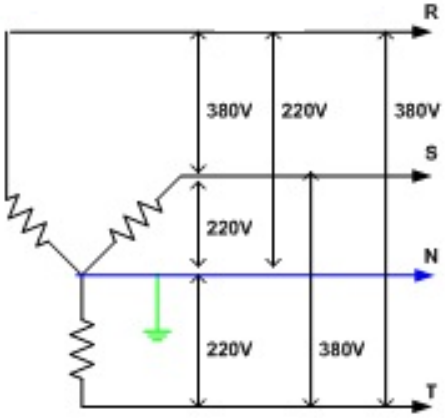
Gambar 2.5 Konfigurasi Jaringan *Cluster*

2.3 Jaringan Tegangan Rendah (JTR) [3]

Jaringan tegangan rendah adalah salah satu bagian sistem distribusi tenaga listrik yang terletak di hilir saluran. Jaringan ini menjadi jaringan pembawa listrik yang dikonsumsi oleh masyarakat.

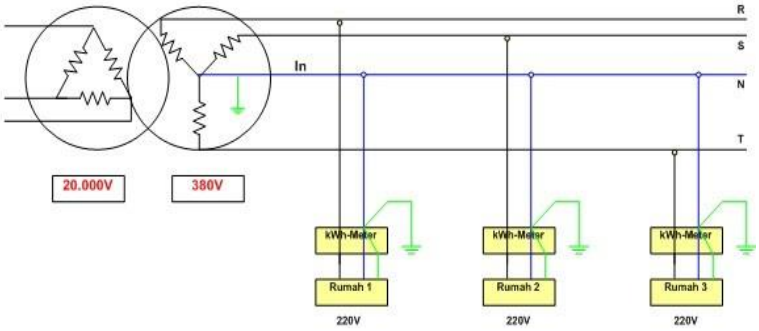
Dalam JTR, listrik dihantarkan dengan dua sistem yaitu listrik 1 dan 3 fasa. Listrik 3 fasa adalah listrik AC *(alternating current)* yang menggunakan tiga penghantar yang mempunyai tegangan sama tetapi berbeda dalam sudut fasa sebesar 120 derajat. Ada 2 macam hubungan dalam koneksi tiga penghantar tadi yaitu hubungan bintang ("Y" atau *star*) dan hubungan delta. Sesuai bentuknya, yang satu seperti huruf "Y" dan satu lagi seperti simbol delta ("Δ").

Gambar 2.6 ini adalah contoh sistem 3 Fasa yang dihubung bintang. Titik pertemuan dari masing-masing fase disebut dengan titik netral. Titik netral ini merupakan *common* dan tidak bertegangan.



Gambar 2.6 Sistem 3-Fase Bintang Tegangan 380/220V

Ada 2 macam tegangan listrik yang dikenal dalam sistem 3 Fasa ini : Tegangan antar fasa (Vpp : *voltage phase-to-phase*) dan tegangan fase ke netral (Vpn : *voltage phase to netral*). Sistem tegangan yang dipakai pada gambar di bawah adalah yang digunakan PLN pada trafo distribusi JTR (380V/220V) dengan titik netral ditanahkan. Instalasi listrik rumah akan disambungkan dengan salah satu kabel fasa dan netral, maka pelanggan menerima tegangan listrik 220V seperti Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Sistem Listrik 3-Fase 380/220V di Pemukiman

2.4 Tegangan Standar PLN [4]

IEC *(International Electric Comission)* dalam standar IEC 60038:1983 mendefinisikan nilai tegangan menjadi tiga jenis yaitu :

1. Tegangan tinggi : >1000 V_{rms}AC dan >1500 VDC.
2. Tegangan rendah : 50-1000 V_{rms}AC dan 120-1500 VDC.
3. Tegangan Ekstra Rendah : <50 V_{rms}AC dan <120 VDC.

Menurut SPLN 1:1995 tentang Tegangan-Tegangan Standar pada pasal 2 ayat 3, nilai tegangan standar yang dipakai PLN adalah :

3.3. Tegangan Rendah antara 100 V sampai 1.000 V.
3.4. Tegangan Menengah di atas 1.000 V sampai dengan 35.000 V.
3.5. Tegangan Tinggi di atas 35.000 V sampai dengan 245.000 V.
3.6. Tegangan Ekstra Tinggi di atas 245.000 V.

Di pasal 3, tegangan operasional PLN di antara nilai tegangan nominal 500 V-1000 V adalah 230 V/400 V, 400 V/690 V, dan 1000 V (Tegangan di atas 230 V/400 V dipakai oleh pelanggan industri dan komersil dengan sistem 3 Fasa 3 dan 4 kawat). Dalam pemakaian energi listrik, pelanggan mengalami perubahan nilai tegangan yang diakibatkan oleh perubahan beban (tidak termasuk gejala transien dan abnormal) dan usaha pengaturan tegangan. Oleh karena itu, dalam pasal 4, PLN menetapkan standar perubahan nilai tegangan pelayanan ke pelanggan dengan nilai +5 % dan -10% terhadap tegangan nominal.

2.5 Kualitas Energi Listrik [5]

Kualitas energi listrik adalah tingkat kestabilan nilai tegangan, frekuensi dan parameter listrik lainnya yang diterima pelanggan sesuai standar PLN. Energi listrik dikatakan berkualitas bagus jika nilai perubahan (fluktuasi) tegangan dan frekuensi dalam batas-batas toleransi. Tiga parameter penting yang perlu diperhatikan dalam menjaga kualitas energi listrik adalah :

1. Frekuensi
   Nilai frekuensi standar PLN menurut SPLN 1:1995 adalah 50Hz. Variasi (perubahan) nilai frekuensi tidak diatur dalam bentuk standar tetapi lebih banyak diatur dalam bentuk petunjuk operasi. Untuk daerah Jawa-Bali, variasi frekuensinya ±0,5 Hz. Selain Jawa-Bali, variasi frekuensinya ±1,5 Hz.
2. Tegangan
   Nilai tegangan rendah standar PLN menurut SPLN 1:1995 adalah 230 V/400 V, 400 V/690 V, dan 1000 V (Tegangan di atas 230 V/400 V dipakai oleh pelanggan industri dan komersil dengan sistem 3 Fasa 3 dan 4 kawat. Variasi nilai tegangannya berkisar +5% dan -10% terhadap tegangan nominal.
3. Keandalan
   Standar keandalan dalam PLN diukur dengan indeks SAIFI dan SAIDI. SAIFI *(System Average Interruption Frequency Index)* adalah frekuensi padam rata-rata. Penghitungan nilai SAIFI dengan cara membagi total frekuensi pemadaman dengan total jumlah pelanggan yang dilayani. SAIDI *(System Average Interruption Duration Index)* adalah durasi padam rata-rata. Penghitungan nilai SAIDI dengan cara membagi total durasi pemadaman dengan total jumlah pelanggan yang dilayani.

2.5.1 Drop Tegangan

Salah satu permasalahan tegangan selain frekuensi dan keandalan adalah stabilitas nilai tegangan. Nilai tegangan seringkali menurun hingga diluar standar yang diizinkan. Drop tegangan adalah penurunan nilai tegangan di sisi pelanggan (terima) dibandingkan dengan nilai tegangan di sisi trafo (kirim) sehingga kualitas listrik yang ada tidak bermanfaat secara optimal. Hal tersebut disebabkan oleh saluran terlalu

panjang, perbedaan kapasitas gardu dan kapasitas beban serta diameter penghantar tak sesuai dengan nilai beban. Untuk standar PLN ditentukan batas-batas toleransi nilai tegangan (SPLN 1:1995) yaitu +5% dan -10% dari tegangan nominal (220 V) sehingga nilai batas atasnya adalah 231 V dan nilai batas bawahnya adalah 198 V.

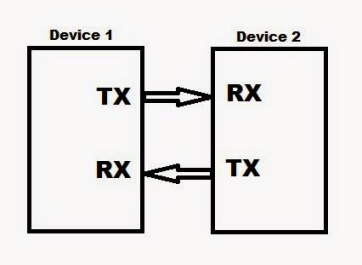
Harus diusahakan tindakan untuk menjaga toleransi tegangan tersebut dengan cara sebagai berikut :

1. Mengganti penghantar
   PLN mengganti penghantar dengan diameter penampang yang lebih besar. Diameter yang lebih besar menyebabkan hambatan penghantar penurun sehingga tegangan yang dikonsumsi pelanggan bernilai sama dengan tegangan kirim.
2. Menaikkan *tap changer* trafo.
   Untuk memenuhi kualitas tegangan pelayanan sesuai standar, tegangan keluaran (sekunder) transformator dapat diubah sesuai keinginan. Untuk memenuhi hal tersebut, maka salah satu atau pada kedua sisi belitan transformator dibuat *tap* (penyadap) untuk mengubah perbandingan transformasi (rasio) trafo.
   Penyetelan *tap changer* dilakukan di sisi primer supaya tegangan sekunder bernilai konstan meski beban berubah-ubah. Dengan menaikkan *tap changer*, nilai rasio trafo berubah sehingga nilai tegangan sekunder berubah. Kerugiannya adalah nilai tegangan pangkal (trafo) melebihi tegangan nominal sehingga tegangan nominal pelanggan dekat trafo akan meningkat.
3. Manuver
   PLN akan memindahkan beban jaringan tegangan rendah dari satu gardu ke gardu lainnya apabila beban gardu tersebut masih ringan.
4. Trafo sisipan
   PLN menempatkan trafo baru di jaringan yang drop tegangannya dan berbeban sangat tinggi.
5. Memperbaiki sambungan kabel
   Sambungan kabel diperbaiki dengan cara mengganti konektor sistem baut dengan sistem *press*. Sistem *press* memiliki efisiensi penyaluran lebih tinggi daripada konektor sistem baut.

2.6 Komunikasi Serial [6]

Untuk mengirim data dari Arduino ke PC dan menerima data dari PC, kita bisa menggunakan berbagai cara salah satunya yang paling sederhana adalah komunikasi serial yang terdapat pada setiap *board* Arduino. Komunikasi data serial digunakan untuk komunikasi antara *board* Arduino dengan komputer atau perangkat lain. Semua *board* Arduino mempunyai sedikitnya 1 buah *port* serial yang juga dikenal dengan nama UART atau USART. Komunikasi data serial menggunakan dua buah pin yaitu pin RX untuk menerima data dan pin TX untuk mengirimkan data. Pada *board* Arduino pin RX terletak pada pin 0 dan pin TX terletak pada pin 1. Ketika *board* Arduino dikonfigurasikan untuk berkomunikasi secara serial, maka kedua pin 0 dan pin 1 tidak dapat digunakan sebagai pin *input* / *output* digital.

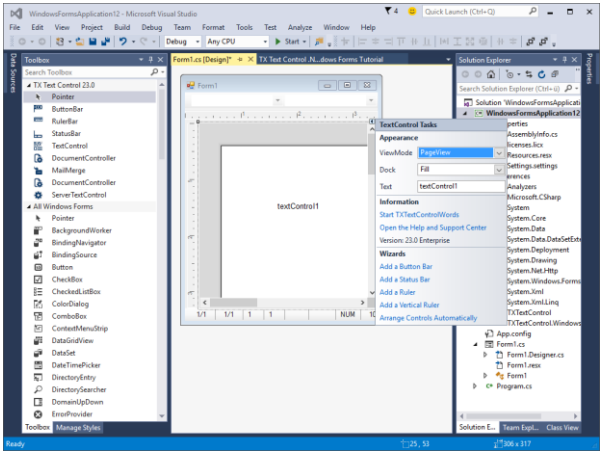
Perlu kita ketahui pemrograman *sketch* Arduino menggunakan gaya bahasa C tapi pada pembuatan *library*-nya menggunakan C++ yang menerapkan pemrograman Objek (*Class*). Untuk itu, disarankan mengetahui sedikit dasar-dasar pemrograman berorientasi objek. Pemrograman *code* Arduino (*sketch*) untuk komunikasi serial menjadi mudah karena fungsi-fungsi sudah tersedia dalam *class* yang tersedia untuk komunikasi serial. *Instance* dari *class* untuk 16 komunikasi serial (objek) sudah dibuatkan namanya serial. Untuk Arduino yang mempunyai lebih dari 1 *port* serial misal Arduino Mega 2560 nama objek untuk komunikasi serialnya adalah Serial 1, Serial 2, Serial 3. Data yang dikirim ke *port* serial akan dikirim ke *buffer* pengirim (TX *buffer*) begitu juga data yang diterima adalah data yang diambil dari *buffer* penerima (RX *buffer*). Ilustrasi pengiriman ditunjukkan pada Gambar 2.8



Gambar 2.8 Ilustrasi Komunikasi Serial

2.7 *Microsoft Visual Studio* [7]

Microsoft Visual Studio merupakan sebuah perangkat lunak lengkap *(suite)* yang dapat digunakan untuk melakukan pengembangan aplikasi, baik itu aplikasi bisnis, aplikasi personal, maupun komponen aplikasinya, dalam bentuk aplikasi *console*, aplikasi *windows*, ataupun aplikasi *Web*. *Microsoft Visual Studio* mencakup kompiler, SDK, *Integrated Development Environment* (IDE), dan dokumentasi (umumnya berupa *MSDN Library*). Kompiler yang dimasukkan ke dalam paket Visual Studio antara lain *Visual C++*, *Visual C#*, *Visual Basic*, *Visual Basic .NET*, *Visual InterDev*,*Visual J++*, *Visual J#*, *Visual FoxPro*, dan *Visual SourceSafe*. Gambar 2.9 adalah tampilan *Microsoft Visual Studio*.



Gambar 2.9 Tampilan *Microsoft Visual Studio*

Microsoft Visual Studio mempunyai banyak fitur yang berguna dalam mengembangkan suatu aplikasi yang berbasis *windows*, berikut ini adalah bagian dari beberapa fitur yang terdapat pada *Microsoft Visual Studio* 2013 yang banyak digunakan, adalah sebagai berikut :

1. Sekumpulan kode program *(superset)* dari bahasa pemrograman VBA *(Visual Basic for Application)*.
2. Tampilan lingkungan pengembangan *(Design Environment)* yang GUI *(Graphical User Interface)* sehingga memudahkan kita membuat aplikasi yang ramah pengguna.

3. Kemampuan untuk mengembangkan atau mendesain dan mencoba program atau aplikasi yang sedang kita buat menggunakan kemampuan *Interpretive Run Function*.
4. Menciptakan *file (.exe)* secara *P-Code* atau *Native Code*.
5. *Object Based Development* dengan menggunakan Class Modules.
6. *Rapid Application Development.*
7. Dapat membuat COM *(Component Object Model)* seperti *ActiveX Control, DLL* dan *file .EXE.*
8. Kemungkinan untuk mengembangkan aplikasi yang internet-ready.
9. Membuat *ActiveX document.*
10. Membuat aplikasi DHTML.
11. Membuat aplikasi IIS *(Internet Information Server).*
12. Kontrol *web browser.*
13. Mendukung FTP *(File Transfer Protocol).*
14. Kontrol *Winsock* untuk mengembangkan aplikasi yang berbasis IP.
15. Mempunyai fasilitas *Help* dan *Books Online* yang terintegrasi dengan rapi.
16. Fasilitas *Debugging* yang bagus.
17. Mempunyai banyak *wizard* yang sangat membantu dalam mengerjakan tugas yang berulang – ulang.
18. *Microsoft Visual Basic* juga dapat ditingkatkan kemampuannya dengan mudah dengan menggunakan pemanggilan fungsi API, ratusan *control*/OCX/DLL pihak ketiga dan kemampuan lainnya yang dapat mengintegrasikan aplikasi berbasis *Windows* melalui COM dan DCOM.
19. Mempunyai akses ke *database* dengan berbagai macam metode dan berhubungan dengan hampir semua *database engine.*

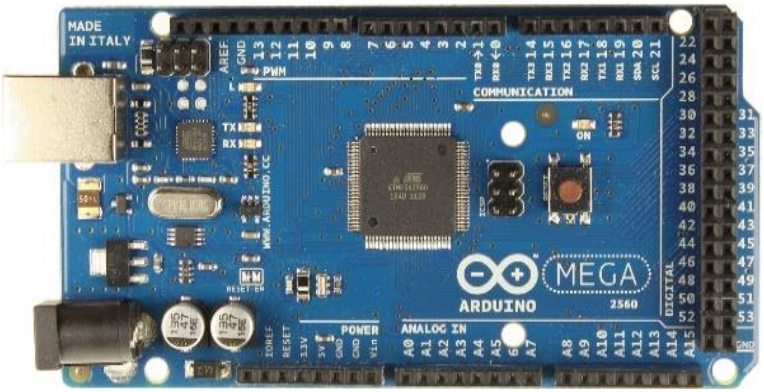
2.8 Arduino Mega [8] [9]

Arduino merupakan perangkat elektronik atau papan rangkaian elektronik *open – source* yang di dalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Mikrokontroler itu sendiri adalah *chip* atau IC (*Integrated circuit*) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca *input*, memproses *input* tersebut dan kemudian menghasilkan *output* sesuai yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai otak yang mengendalikan *input*, proses, dan *output* sebuah rangkaian elektronik.

Tipe Arduino yang akan digunakan pada penelitian kali ini, yaitu Arduino Mega 2560 seperti Gambar 2.10. Arduino Mega 2560 adalah mikrokontroler berbasis Atmega2560 dengan *Clock Speed* 16 MHz dan *Flash Memory* 256 kB. Tegangan operasi untuk arduino jenis ini yaitu 5 V. Sedangkan tegangan input yang direkomendasikan yakni 7–12 V. Arduino ini memiliki 54 pin digital *input/output* pada pin 22-53 dengan 15 pin di antaranya merupakan pin PWM pada pin 0-13, 16 pin *analog input* pada pin A0 – A15, sambungan USB, sambungan catu daya tambahan dan tombol pengaturan ulang.

Arduino Mega 2560 berbeda dari semua papan sebelumnya dalam hal itu tidak menggunakan FTDI *Chip Driver* USB *To Serial*. Sebaliknya, fitur Atmega16 U2 (Atmega8 U2 dalam *Board* revisi 1 dan revisi 2) di program sebagai *Converter USB To Serial*. Revisi 2 dari Arduino Mega 2560 memiliki resistor menarik garis 8U2HWB ke tanah, sehingga lebih mudah untuk dimasukkan ke dalam mode DFU (*Device Firmware Update*). Revisi ketiga dari Arduino Mega 2560 memiliki fitur-fitur baru sebagai berikut:

1. 1,0 *pinout* tambah SDA (*Serial Data*) dan SCL (*Serial Clock*) pin yang dekat dengan pin AREF (*ADC Reference*) dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat dengan pin RESET,yang memungkinkan *shield* untuk beradaptasi dengan tegangan yang disediakan dari b*oard* Arduino.
2. Sirkuit *reset* lebih kuat.
3. Atmega 16U2 menggantikan 8U2.



Gambar 2.10 Arduino Mega 2560

Berikut adalah Tabel 2.1 yang berisi spesifikasi dan Tabel 2.2 yang berisi pin *mapping* dari Arduino Mega 2560 :

Tabel 2.1 Spesifikasi Modul Arduino Mega 2560

Spesifikasi	Keterangan
Chip Mikrokontroler	ATMega2560
Tegangan Operasi	5 V
Tegangan Masukan (Rekomendasi)	7 V-12 V
Tegangan Masukan (Limit)	6 V- 20 V
Pin Digital I/O	54, (15 buah di antaranya dapat digunakan sebagai *Output* PWM)
Pin Analog *Input*	16 (A0 – A15)
Arus DC per *Pin* I/O	40 mA
Arus DC *Pin* 3.3V	50 mA
Memori *Flash*	256 KB, 8 KB telah digunakan untuk *Bootloader*
SRAM	8 Kb
EFROM	4 Kb
Clock Speed	16 MHz

Tabel 2.2 *Pinout Mapping* Modul Arduino Mega 2560

Pin	Nama Pin	Pemetaan Nama Pin
1	PG5 (OCOB)	Pin Digital 4 (PWM)
2.	PE0 (RXD0/PCINT8)	Pin Digital 0 (RX0)
3	PE1 (TXD0)	Pin Digital 1 (TX0)
4	PE2(XCK0/AIN0)	-
5	PE3 (OC3A/AIN1)	Pin Digital 5 (PWM)
6	PE4 (OC3B/INT4)	Pin Digital 2 (PWM)
7	PE5 (OC3C/INT5)	Pin Digital 3 (PWM)
8	PE6 (T3/INT6)	-
9	PE7 (CLKO/ICP3/INT7)	-
10	VCC	VCC
11	GND	GND
12	PH0 (RXD2)	Pin Digital 17 (RX2)
13	PH1 (TXD2)	Pin Digital 16 (TX2)
14	PH2 (XCK2)	-
15	PH3 (OC4A)	-
16	PH4 (OC4B)	Pin Digital 7 (PWM)
17	PH5 (OC4C)	Pin Digital 8 (PWM)
18	PH6 (OC2B)	Pin Digital 9 (PWM)
19	PB0 (SS/PCINT0)	Pin Digital 53 (SS)
20	PB1 (SCK/PCINT1)	Pin Digital 52 (SCK)
21	PB2 (MOSI/PCINT2)	Pin Digital 51 (MOSI)
22	PB3 (MISO/PCINT3)	Pin Digital 50 (MISO)
23	PB4 (OC2A/PCINT4)	Pin Digital 10 (PWM)
24	PB5 (OC1A/PCINT5)	Pin Digital 11 (PWM)
25	PB6 (OC1B/PCINT6)	Pin Digital 12 (PWM)
26	PB7 (OC0A/OC1C/PCINT7)	Pin Digital 13 (PWM)
27	PH7 (T4)	-
28	PG3 (TOSC2)	-
29	PG4 (TOSC1)	-
30	RESET	RESET
31	VCC	VCC
32	GND	GND
33	XTAL2	XTAL2
34	XTAL1	XTAL1
35	PL0 (ICP4)	Pin Digital 49
36	PL1 (ICP5)	Pin Digital 48
37	PL2 (T5)	Pin Digital 47
38	PL3 (OC5A)	Pin Digital 46 (PWM)
39	PL4 (OC5B)	Pin Digital 45 (PWM)
40	PL5 (OC5C)	Pin Digital 44 (PWM)
41	PL6	Pin Digital 43
42	PL77	Pin Digital 42
43	PD0 (SCL/INT0)	Pin Digital 21 (SCL)

Pin	Nama Pin	Pemetaan Nama Pin
44	PD1 (SDA/INT1)	Pin Digital 20 (SDA)
45	PD2 (RXDI/INT2)	Pin Digital 19 (RX1)
46	PD3 (TXD1/INT3)	Pin Digital 18 (TX1)
47	PD4 (ICP1)	-
48	PD5 (XCK1)	-
49	PD6 (T1)	-
50	PD7 (T0)	Pin Digital 38
51	PG0 (WR)	Pin Digital 41
52	PG1 (RD)	Pin Digital 40
53	PC0 (A8)	Pin Digital 37
54	PC1 (A9)	Pin Digital 36
55	PC2 (A10)	Pin Digital 35
56	PC3 (A11)	Pin Digital 34
57	PC4 (A12)	Pin Digital 33
58	PC5 (A13)	Pin Digital 32
59	PC6 (A14)	Pin Digital 31
60	PC7 (A15)	Pin Digital 30
61	VCC	VCC
62	GND	GND
63	PJ0 (RXD3/PCINT9)	Pin Digital 15 (RX3)
64	PJ1 (TXD3/PCINT10)	Pin Digital 14 (TX3)
65	PJ2 (XCK3/PCINT11)	-
66	PJ3 (PCINT12)	-
67	PJ4 (PCINT13)	-
68	PJ5 (PCINT14)	-
69	PJ6 (PCINT 15)	-
70	PG2 (ALE)	Pin Digital 39
71	PA7 (AD7)	Pin Digital 29
72	PA6 (AD6)	Pin Digital 28
73	PA5 (AD5)	Pin Digital 27
74	PA4 (AD4)	Pin Digital 26
75	PA3 (AD3)	Pin Digital 25
76	PA2 (AD2)	Pin Digital 24
77	PA1 (AD1)	Pin Digital 23
78	PA0 (AD0)	Pin Digital 22
79	PJ7	-
80	VCC	VCC
81	GND	GND
82	PK7 (ADC15/PCINT23)	Pin Digital 15
83	PK6 (ADC14/PCINT22)	Pin Digital 14
84	PK5 (ADC13/PCINT21)	Pin Digital 13
85	PK4 (ADC12/PCINT20)	Pin Digital 12
86	PK3 (ADC11/PCINT19)	Pin Analog 11
87	PK2 (ADC10/PCINT18)	Pin Analog 10
88	PK1 (ADC9/PCINT17)	Pin Analog 9

Pin	Nama Pin	Pemetaan Nama Pin
89	PF7 (ADC7)	Pin Analog 8
90	PF7 (ADC7)	Pin Analog 7
91	PF6 (ADC6)	Pin Analog 6
92	PF5 (ADC5/TMS)	Pin Analog 5
93	PF4 (ADC4/TMK)	Pin Analog 4
94	PF3 (ADC3)	Pin Analog 3
95	PF2 (ADC2)	Pin Analog 2
96	PF1 (ADC1)	Pin Analog 1
97	PF0 (ADC0)	Pin Analog 0
98	AREF	*Analog Referention*
99	GND	GND
100	AVCC	VCC

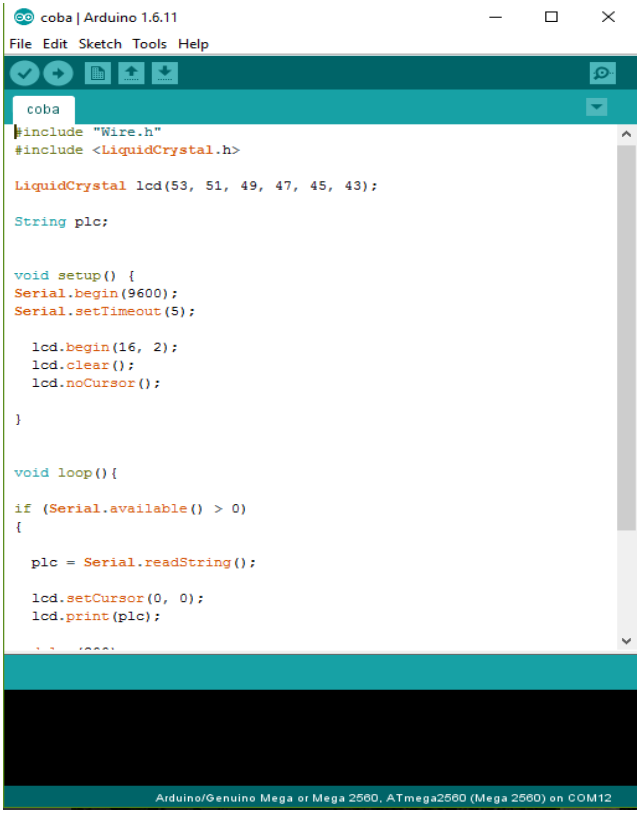
Board Arduino Mega 2560 dapat dipicu dengan power yang diperoleh dari koneksi kabel USB, atau via *Power Supply External*. *Power Supply External* dapat diperoleh dari adaptor AC - DC atau bahkan baterai, melalui *jack* DC yang tersedia, atau menghubungkan langsung GND dan Pin V*in* yang ada di *Board*. *Board* dapat beroperasi dengan *Power Supply External* yang memiliki tegangan antara 6 V – 20 V. Tetapi ada beberapa hal yang harus anda perhatikan dalam rentang tegangan ini. Jika diberi tegangan kurang dari 7 V, Pin 5 V tidak akan memberikan nilai murni 5 V, yang mungkin akan membuat rangkaian bekerja dengan tidak sempurna. Jika diberi tegangan lebih dari 12 V, regulator tegangan bisa *overheat* yang pada akhirnya bisa merusak PCB. Dengan demikian, tegangan yang direkomendasikan adalah 7 V hingga 12 V.

2.8.1 Arduino IDE

Board Arduino dapat diprogram menggunakan *software open source* bawaan Arduino IDE. Arduino IDE adalah sebuah aplikasi *cross-platform* yang berbasis bahasa pemrograman *processing* dan *wiring*. Arduino IDE didesain 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 2.11.

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

1. *Editor program*, sebuah *window* yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *processing*.
2. *Compiler*, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa *Processing*) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah *microcontroller* tidak akan bisa memahami bahasa *processing*. Yang bisa dipahami oleh *microcontroller* adalah kode biner. Itulah sebabnya *compiler* diperlukan dalam hal ini.
3. *Uploader*, sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam *memory* di dalam papan Arduino.



Gambar 2.11 Jendela Arduino IDE

2.9 *Liquid Crystal Display* (LCD) [10]

Liquid Crystal Display (LCD) berfungsi menampilkan suatu nilai hasil sensor, menampilkan teks, atau menampilkan menu pada aplikasi *microcontroller*. *Liquid Crystal Display* (LCD) terdiri dari dua bagian utama. yaitu *backlight* dan kristal cair. *Backlight* adalah sumber cahaya LCD yang biasanya terdiri dari 1 sampai 4 buah (berteknologi seperti) lampu neon. Lampu *Backlight* ini berwarna putih. Lampu tersebut mampu mengeluarkan cahaya putih karena peran kristal cair. Kristal cair akan menyaring cahaya *backlight*. Cahaya putih merupakan susunan dari beberapa ratus cahaya dengan warna yang berbeda. Beberapa ratus cahaya tersebut akan terlihat jika cahaya putih mengalami refleksi atau perubahan arah sinar. Warna yang akan dihasilkan tergantung pada sudut refleksi. Jadi, jika beda sudut refleksi, maka beda pula warna yang dihasilkan.

Dengan memberikan tegangan listrik dengan nilai tertentu. Kristal cair dapat berubah sudutnya. Dan karena tugas kristal cair adalah untuk merefleksikan cahaya dari *backlight*, cahaya *backlight* yang sebelumnya putih bisa berubah menjadi banyak warna. Kristal cair bekerja seperti tirai jendela. Jika LCD ingin menampilkan warna putih, kristal cair akan membuka selebar-lebarnya sehingga cahaya *backlight* yang berwarna putih akan tampil di layar. Namun, Jika LCD ingin menampilkan warna hitam, kristal cair akan menutup serapat-rapatnya sehingga tidak ada cahaya *backlight* yang yang menembus (sehingga di layar akan tampil warna hitam). Jika LCD ingin menampilkan warna lainnya, tinggal atur sudut refleksi kristal cair.

2.10 Sensor Tegangan [11]

Sensor tegangan merupakan piranti yang umum digunakan pada peralatan elektronik yang dapat digunakan untuk mengukur tegangan AC maupun DC. Sensor yang ada di pasaran terdiri atas dua jenis yaitu jenis rangkaian pembagi tegangan dan transformator seperti terlihat pada skematik dibawah. Sensor tegangan dengan menggunakan pembagi tegangan dapat digunakan pada tegangan AC maupun DC, sedangkan sensor yang menggunakan transformator hanya dapat digunakan untuk mengukur tegangan AC.

Sensor tegangan yang memiliki transformator bernama ZMPT101B. Sensor ini adalah sensor yang biasa digunakan untuk pengukuran tegangan AC satu fasa, yang mana sensor ini mengkonversi tegangan AC *input* menjadi *output* tegangan AC yang sudah direduksi

tegangannya namun frekuensinya tetap yaitu 50 Hz, selain itu keunggulan sensor ini adalah bias mendeteksi tegangan hampir 1000 V menurut *datasheet* dengan syarat arusnya harus tidak lebih dari 2 mA.

Terlepas dari jenis sensor tegangan yang digunakan, dalam aplikasi berbasis. Tegangan DC relatif bernilai konstan sehingga mudah untuk diukur, berbeda halnya dengan tegangan AC yang terus berubah sesuai bentuk gelombang sinus dan memiliki *magnitude* tegangan dalam wilayah positif dan negatif. Besaran tegangan efektif AC dapat diketahui apabila tegangan maksimum/puncak diketahui. Dengan menggunakan algoritma yang tepat dan persamaan matematis yang berkesesuaian, nilai maksimum dan nilai efektif tegangan AC dapat ditemukan.

2.11 Sensor Arus [11]

Sensor arus adalah perangkat yang mendeteksi arus listrik (AC atau DC) di kawat, dan menghasilkan sinyal sebanding dengan itu. Sinyal yang dihasilkan bisa tegangan analog atau arus atau bahkan digital. Dalam tugas akhir ini, kami menggunakan ACS712 sebagai sensor arus.

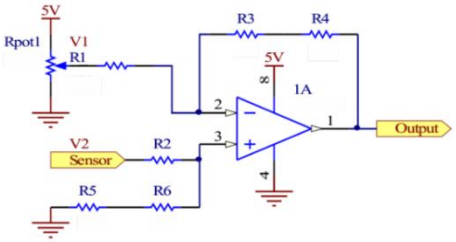
Biasanya, sensor arus ini dapat digunakan untuk mengukur arus AC atau DC. Pengukuran arus biasanya membutuhkan sebuah resistor shunt yaitu resistor yang dihubungkan secara seri pada beban dan mengubah aliran arus menjadi tegangan. Tegangan tersebut biasanya diumpankan ke CT terlebih dahulu sebelum masuk ke rangkaian pengkondisi sinyal.

Teknologi *Hall Effect* yang diterapkan oleh Allegro menggantikan fungsi resistor *shunt* dan CT menjadi sebuah sensor dengan ukuran yang relatif jauh lebih kecil. Aliran arus listrik yang mengakibatkan medan magnet yang menginduksi bagian *dynamic offset cancellation* dari ACS712. Bagian ini akan dikuatkan oleh amplifier dan melalui filter sebelum dikeluarkan melalui kaki 6 dan 7, modul tersebut membantu penggunaan untuk mempermudah instalasi arus ini ke dalam sistem.

Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh *Integrated Hall IC* dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada didalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan *hall transducer* secara berdekatan. Persisnya, tegangan proporsional yang rendah akan

menstabilkan *Bi CMOS Hall IC* yang didalamnya yang telah dibuat untuk ketelitian yang tinggi oleh pabrik.

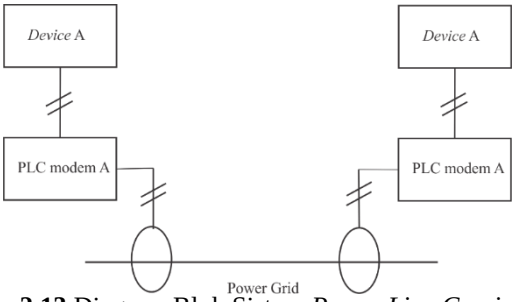
Sesuai dengan penjelasan di atas, sensor ini memerlukan rangkaian pengkondisi sinyal eksternal untuk memperlebar selisih tegangan yang akan masuk ke pin analog Arduino yang bentuk rangkaiannya seperti pada Gambar 2.12. Contoh : sebelum dikondisi, tegangan masukan Arduino berkisar 2,5 – 2,6 V. Selisih tegangan tersebut melebar menjadi 1,5 – 3,5 V setelah tegangan masukan dikondisi.



Gambar 2.12 Bagan Rangkaian Pengkondisi Sinyal

2.12 Modul *Power Line Carrier* (PLC) [12] [13]

Power Line Carrier (PLC) merupakan media komunikasi yang menggunakan jaringan listrik sebagai media pembawa data. PLC sendiri mengirimkan data melalui jaringan listrik dengan cara arus pembawa data *(carrier current)* ditumpuk *(superposed)* di saluran transmisi listrik sehingga saluran tersebut menjadi saluran berfrekuensi tinggi. Media komunikasi melalui jaringan listrik tersebut merupakan media *guided* karena tidak menggunakan antena sebagai media mentransmisikan dan menerima data seperti yang tertera pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Diagram Blok Sistem *Power Line Carrier* (PLC)

Dalam penggunaannya, ada beberapa hal yang dapat dilakukan dalam penggunaan PLC. Misalnya PLC dapat digunakan untuk akses internet melalui tegangan listrik dari PLN karena tegangan yang masuk ke rumah mengandung data dan suara. Teknologi ini jauh lebih efisien dibandingkan dengan penggunaan kabel pada umumnya sehingga pemilik rumah dapat mengakses internet tanpa memakai kabel yang panjang.

Alat *Power Line Carrier* sebagai modul transmisi tentu saja memiliki bagian-bagian utama yang berperan penting dalam pengiriman dan penerimaan data. Bagian utama sistem komunikasi menggunakan PLC adalah :

1. Bagian Pemancar *(Transmitter)*
   Sinyal informasi berupa sinyal analog maupun digital ditumpangkan ke sinyal pembawa melalui teknik moduklasi sehingga dihasilkan sinyal pembawa termodulasi (sinyal lolos pita) kemudian diperkuat untuk dipancarkan melalui media jaringan listrik.
2. Rangkaian Kopling
   Rangkaian kopling merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengurangi redaman frekuensi dari terminal PLC. *Coupler* memberikan redaman dengan cara memberikan impedansi rendah ke frekuensi pembawa dan memberikan impedansi tinggi pada frekuensi saluran listrik. Fungsi rangkaian ini juga melewatkan frekuesni 112 kHz hingga 150 kHz dari terminal. Redaman frekuensi dari alat ini memerlukan metode resonansi dan osilasi supaya peredaman semakin efektif.
   Sebuah *coupler* seharusnya tidak memberikan kerugian yang tinggi untuk sistem. Secara ideal, *coupler* hanya mengakibatkan kerugian transmisi sebesar 3dB yang disebabkan oleh sistem yang beroperasi bersamaan dengan listrik AC yang menyala sehingga listrik AC 220V harus di filter untuk menjaga keamanan sistem. Rangkaian ini terdiri atasi filter dan transformator. Filter kapasitor yang digunakan berfungsi untuk memblokir sinyal frekuensi rendah sebesar 50Hz yang berasal dari AC220V. Transformator berfungsi untuk penyesuai impedansi antara listrik PLN dan peralatan komunikasi.

3. Bagian Pemancar *(Transmitter)*
   Sinyal informasi berupa sinyal analog maupun digital ditumpangkan ke sinyal pembawa melalui teknik modulasi sehingga dihasilkan sinyal pembawa termodulasi (sinyal lolos pita) kemudian diperkuat untuk dipancarkan melalui media jaringan listrik.
4. Modulator
   Sistem *Power Line Carrier* mendapatkan sinyal masukan berupa sinyal digital yang berisi banyak data. Sinyal digital merupakan sinyal berbentuk pulsa yang dapat mengalami mempunyai nilai logika 0 dan serta memliki bentuk gelombang kotak. Supaya PLC mampu mengeluarkan gelombang sinus atau sinyal analog yang sesuai dengan listrik PLN, diperlukan modulator yang mampu mengonversi sinyal digital ke analog dengan berbagai metode. Metode yang umum dipakai adalah FSK *(Frequency Shift Keying).*
   Metode modulasi menggunakan FSK sangat sederhana misalnya pada pengiriman sinyal digital harus diasosiasikan masing-masing dua logika yang menyatakan logika “0” dan logika “1” dengan frekuensi yang berbeda, katakanlah f1 dan f0. Untuk mengirim logika “0” aturlah f0 dan untuk logika “1” aturlah f1 pada *transmitter* (pengirim). Penerima hanya perlu untuk membedakan antara dua frekuensi tersebut.
5. Media Transmisi Data
   Media transmisi yang dipakai oleh sistem *Power Line Carrier* adalah media *guided.* Media *guided* adalah informasi atau data yang ditransfer melalui media yang tampak secara fisik sepanjang jalur dimana sinyal disebarkan, yang meliputi *twisted pair*, *coaxial cable*, kabel tembaga dan serat optik . Bahan yang umum dipakai dalam sistem ini adalah kabel tembaga.
   Kendala yang sering dihadapi PLN dalam penyaluran listrik melalui kabel ini adalah rugi-rugi daya. Rugi tersebut dipengaruhi oleh adanya nilai resistansi pada saluran transmisi Jika sumber tenaga listrik diberikan terminal masukan dari saluran transmisi, maka arus dan tegangan akan mengalir disepanjang saluran akan terdiri dari dua macam yaitu tegangan yang mengalir dari sisi pengirim menuju penerima dan tegangan yang mengalir dari sisi penerima

menuju sisi pengirim. Maka dari itu, parameter impedansi dijadikan parameter utama pada saluran lisrik yang nilainya harus stabil.

6. Bagian Penerima *(Receiver)*
   Melakukan penguraian atau pendemodulasian sinyal pembawa termodulasi yang diterima dimana teknik yang digunakan sama seperti pada bagian pemancar serta melakukan sinkronisasi antara pemancar dan penerima dengan jalan pemulihan sinyal pembawa yang diterima sehingga diperoleh kembali sinyal informasi yang dikirimkan.

2.13 Modul *Real Time Clock* (RTC) [14]

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

Chip RTC sering dijumpai pada *motherboard* PC (biasanya terletak dekat *chip* BIOS). Semua komputer menggunakan RTC karena berfungsi menyimpan informasi jam terkini dari komputer yang bersangkutan. RTC dilengkapi dengan baterai sebagai pensuplai daya pada chip, sehingga jam akan tetap *up-to-date* walaupun komputer dimatikan. RTC dinilai cukup akurat sebagai pewaktu (timer) karena menggunakan osilator kristal. Banyak contoh chip RTC yang ada di pasaran seperti DS12C887, DS1307, DS1302, DS3234.

Modul RTC yang kami pakai adalah DS3231. Modul iniyang memiliki kristal internal dan rangkaian kapasitor tuning di mana suhu dari kristal dimonitor secara berkesinambungan dan kapasitor disetel secara otomatis untuk menjaga kestabilan detak frekuensi.

Pencacahan waktu pada solusi RTC lain dapat bergeser hingga hitungan menit per bulannya, terutama pada kondisi perubahan suhu yang ekstrim. Modul ini paling jauh hanya bergeser kurang dari 1 menit per tahunnya, dengan demikian modul ini cocok untuk aplikasi kritis yang sensitif terhadap akurasi waktu yang tidak perlu disinkronisasikan secara teratur terhadap jam eksternal. Akses modul ini dilakukan melalui antarmuka I2C yang dapat dikatakan identik dengan pengalamatan register pada RTC DS1307, dengan demikian kode program yang sudah

dibuat untuk Arduino atau mikrokontroler lain dapat berjalan tanpa perlu dimodifikasi.

2.14 Modul GSM [15]

GSM pertama kali diperkenalkan di Eropa pada tahun 1991 kemudian pada akhir 1993, beberapa negara non-Amerika seperti Amerika Selatan, Asia, dan Australia mulai mengadopsi GSM yang akhirnya menghasilkan standar baru yang mirip yaitu DCS 1800 yang mendukung *Personal Communiction Service* (PCS) pada frekuensi 1.8 GHz sampai 2 GHz.

Sistem GSM, pada awalnya, dikembangkan untuk melayani sistem seluler dan menjanjikan jangkauan *network* yang lebih luas. Pada perkembangaannya, sistem GSM ini mengalami kemajuan pesat dan menjadi standar yang paling populer di seluruh dunia untuk sistem seluler. Penggunaan alokasi frekuensi 900 MHz oleh GSM ini diambil berdasarkan rekomendasi GSM *(Gropue special Mobile) cimitte* yang merupakan salah satu grup kerja pada *Confe'rence Europe'ene Postes des Telecommunication* (CEPT). Namun pada akhirnya untuk alasan marketing GSM berubah namanya menjadi *the Global System for Mobile Communication*, sedangkan standar teknisnya diambil dari *European Technical Standards Institute* (ETSI).

Komunikasi bergerak (*mobile communication*) mulai dirasakan perlu sejak orang semakin sibuk pergi kesana kemari dan memerlukan alat telekomunikasi yang siap dipakai sewaktu-waktu dimana saja ia berada. Kebutuhan ini ternyata tidak dibiarkan begitu saja oleh para *engineer* telekomunikasi. Mereka telah memikirkan standardisasi untuk komunikasi, salah satunya adalah GSM (*Global System for Mobile communications*).

Perangkat-perangkat telekomunikasi GSM kini telah tersebar luas di seluruh lapisan masyarakat, dominasinya belum mampu disaingi oleh perangkat CDMA meskipun CDMA terus mengalami peningkatan jumlah *user*. Pada tulisan ini akan dibahas dua hal mengenai standar GSM tersebut yaitu tentang teknik modulasi dan frekuensi yang digunakan pada operasinya.

1. Teknik Modulasi GSM
   Modulasi adalah proses penyesuaian sinyal informasi yang akan dikirimkan agar sesuai dengan karakteristik saluran transmisi tertentu dengan memperhatikan tujuan dan efisiensi pengiriman sinyal tersebut. Efisiensi yang dimaksud

mencakup dimensi fisik, absorbsi daya, pemakaian bidang frekuensi, ketahanan terhadap gangguan dari luar. Umumnya, modulasi melibatkan penerjemahan *baseband* sinyal pesan yang dilewatkan dalam *bandpass* sinyal yang memiliki frekuensi jauh lebih tinggi dari sinyal informasi. *Bandpass* sinyal tersebut yang disebut dengan sinyal termodulasi dan *baseband* sinyal yang disebut dengan sinyal pemodulasi. Modulasi dapat dilakukan dengan memodulasi *amplitude*, *fase*, atau frekuensi.

2. Frekuensi GSM

   GSM yang awalnya hanya digunakan di Eropa, kemudian meluas ke Asia dan Amerika. Di Amerika Utara, dimana sebelumnya sudah berkembang teknologi lain yang menggunakan frekuensi 900 MHz dan juga 1800 MHz, sehingga frekuensi ini tidak dapat lagi digunakan untuk GSM. Maka regulator telekomunikasi di sini memberikan alokasi frekuensi 1900 MHz untuk pengimplementasian GSM di Amerika Utara. Pada GSM 1900 ini, digunakan frekuensi 1930-1990 MHz sebagai frekuensi *downlink* dan frekuensi 1850-1910 MHz sebagai frekuensi *uplink*.

   Teknologi GSM yang kita pakai saat ini menggunakan frekuensi 900 MHz dengan daya jangkau 1,5 km sampai 2 km saja. Akan tetapi, daya jangkau itu dapat di perluas dengan menggunakan antena payung yang tinggi (*umbrella*). Dengan penggunaan antena payung, jarak jangkau GSM dapat mencapai 35 km. GSM mengalahkan CDMA (*Code Division Multiple Access*) untuk sementara ini dalam dunia telekomunikasi Indonesia.

   Alokasi Frekuensi untuk tiga operator terbesar: Indosat/Satelindo : 890 – 900 MHz (10MHz) ;Telkomsel : 900 – 907,5 MHz (7,5MHz) ; Excelcomindo : 907,5 – 915 MHz (7,5MHz).

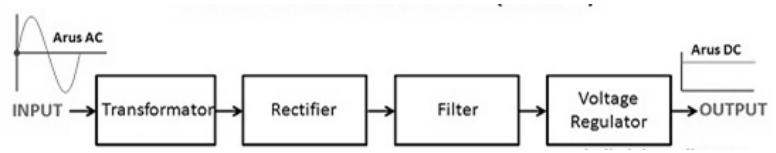
Modul GSM merupakan perangkat yang dapat menggantikan fungsi dari *handphone*. Modul GSM dengan *chip* seperti pada Gambar 2.14 menawarkan keunggulan seperti ukurannya yang kecil, ringan, dan mudah untuk mengintegrasikan, konsumsi daya rendah dan modul ini menawarkan SIM *card reader* versi *internal* dan *eksternal* untuk pilihan SIM *card reader*.

Gambar 2.14 *Chip* Modul GSM

2.15 *Power Supply* [16]

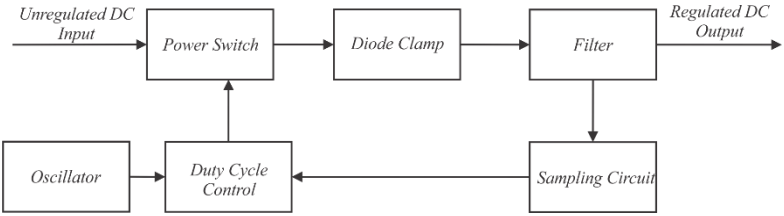
Power Supply atau pencatu daya merupakan rangkaian elektronika yang dapat bertindak sumber energi untuk rangkaian elektronika lainnya. Sumber arus dari *Power Supply* adalah arus bolak – balik (AC) dari pembangkit listrik yang kemudian diubah menjadi arus searah (DC). Untuk dapat melakukan hal tersebut *Power Supply* memerlukan perangkat yang bisa mengubah arus AC menjadi DC. Di pasaran, beredar dua jenis *power supply* yaitu *linear power supply* dengan transformator konvensional dan *switching power supply*.

Linear Power Supply adalah pencatu daya yang memanfaatkan *step-down transformator, diode bridge,* dan Elco *(Electrolyte capasitor).* Pencatu daya ini masih menonjol untuk kebutuhan daya sedang dan merupakan jenis catu daya konvensional. Prinsip *power supply* jenis ini masih menerapkan mode pengubahan tegangan AC ke DC menggunakan transformator *step-down* sebagai komponen utama penurunan tegangan. Seperti pada Gambar 2.15, tegangan AC ini diturunkan melalui sebuah *step-down transformator*. Lalu keluaran trafo disearahkan dengan dioda dan diratakan dengan kapasitor elektrolit (elco). Terakhir, nilai tegangan diregulasi oleh IC Regulator (78xx) tergantung keluaran tegangan yang diinginkan.



Gambar 2.15 Bagan *Linear Power Supply*

Switching power supply adalah pencatu daya yang keluaran tegangannya dihasilkan dari *Switching regulator* yang mampu mengeluarkan tegangan yang stabil terhadap perubahan-perubahan seperti tegangan masukan yang tidak konstan, arus beban yang tidak konstan dan temperatur ruangan yang tidak konstan.



Gambar 2.16 Bagan *Switching Power Supply*

Tegangan hasil pencatu daya ini dihasilkan dengan cara men-*switching transistor* seri *on* atau *off* seperti. Dengan demikian, *duty cycle*-nya menentukan tegangan DC rata-rata. *Duty cycle*, seperti yang tertera pada Gambar 2.16, dapat diatur melalui *feedback* negatif. *Feedback* ini dihasilkan dari suatu komparator tegangan yang membandingkan tegangan DC rata-rata dengan tegangan referensi.

Regulator switching (rangkaian dalam pencatu daya ini) pada dasarnya mempunyai frekuensi yang konstan untuk men-*switching* transistor seri. Besarnya frekuensi *switching* tersebut harus lebih besar dari 20kHz agar frekuensinya tersebut tidak dapat didengar oleh manusia. Frekuensi *switching* yang terlalu tinggi menyebabkan operasi *switching transistor* tidak efisien dan juga dibutuhkan inti ferit yang besar atau yang mempunyai permeabilitas tinggi.

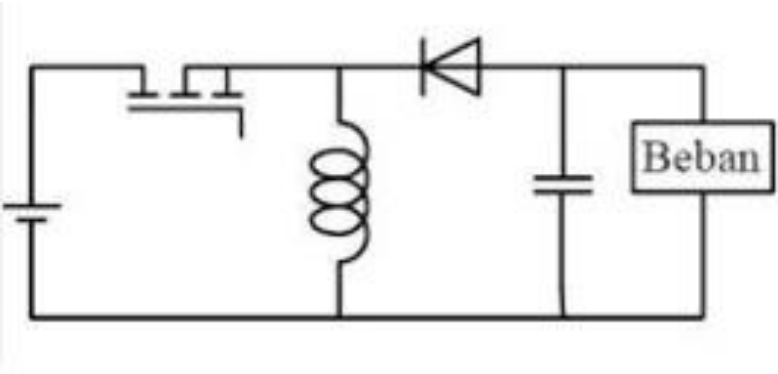
Untuk dioda *clamp*, harus digunakan dioda dengan karakteristik *fast recovery rectifier* atau dikenal dengan dioda *schottky*. Dioda ini

berguna untuk mempertahankan titik kerja dari *switching transistor* dengan melakukan *clamp* (memotong) tegangan *spike* yang dihasilkan oleh transistor *switching* tersebut. Salah satu dioda *schottky* adalah 1N5819 dengan tegangan *breakdown* pada 40 V. Kelebihan dari dioda *schottky* adalah kecepatan responnya terhadap penyearahan tegangan.

Dibandingkan dengan *Linear Power Supply*, pencatu daya ini memiliki kelebihan yaitu ringan karena tak memerlukan *step-down transformer*. Berikutnya adalah efisien atau mampu mengubah nilai tegangan dengan persentase 65% hingga 85%. Mampu bekerja terus-menerus hingga 24 jam karena tidak menghasilkan temperatur yang tinggi dan harganya murah.

2.15 *Buck Converter* [17]

Buck Converter adalah modul yang mampu mengkonversikan tegangan masukan DC menjadi tegangan DC lainnya yang lebih rendah. Sifat *Buck Converter* kebalikan dari *Boost Converter* yang bersifat menaikkan tegangan dengan level *output* tetap dan level *input* bervariasi. tegangan *input* harus lebih besar dari tegangan *output*. *Buck Converter* banyak dipakai pada berbagai perangkat elektronik rumah tangga, industri, maupun militer. komponen utama dari konverter adalah kumparan, dioda, kapasitor, dan rangkaian *Clock generator* dengan frekuensi tertentu. Saat ini, *Buck Converter* banyak dijual dalam bentuk modul siap pakai di antarannya *Buck Converter* LM2596 dengan bentuk rangkaian seperti Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Rangkaian *Buck Converter*

IC LM2596 adalah sirkuit terpadu / *integrated circuit* yang berfungsi sebagai *Step-Down (Buck)* DC *converter* dengan arus kerja 3 A. Terdapat beberapa varian dari IC seri ini yang dapat dikelompokkan dalam dua kelompok yaitu versi *adjustable* yang tegangan keluarannya dapat diatur dan versi *fixed voltage output* yang tegangan keluarannya sudah tetap. Nilai keluaran modul dengan keluaran tetap di pasaran bernilai 3,3V, 5V, dan 12V.

Keunggulan IC ini *(Switching Regulator)* dibanding IC regulator linear adalah IC LM2596 mempunyai efisiensi tinggi atau mampu menahan tingginya arus masukan sehingga tidak banyak panas yang dihasilkan dari sistem ini. Berbeda dengan IC regulator LM7809 misalnya. IC LM7809 akan lebih panas jika arus masukan bernilai besar.

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

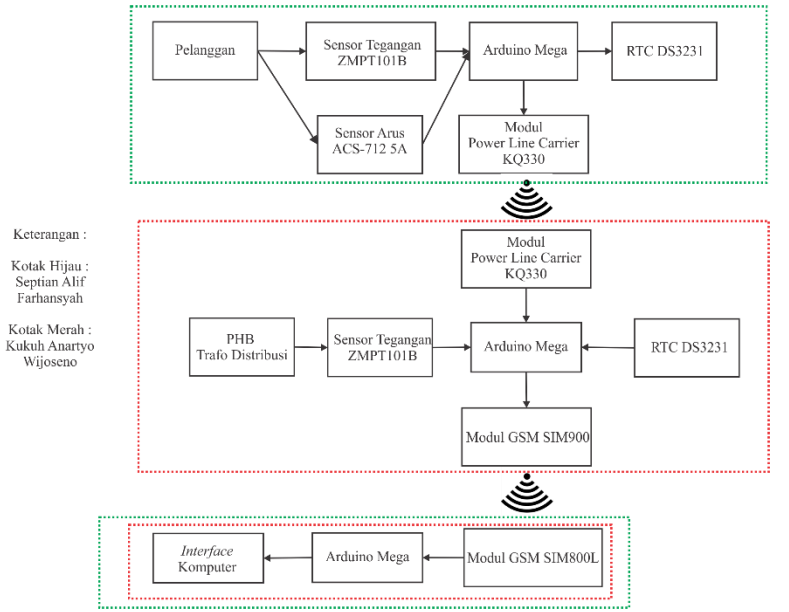
BAB III
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Pada bab ini akan dijelaskan perancangan dan pembuatan *hardware* dan *software* pengukuran kualitas tegangan pada jaringan tegangan rendah dengan media *Power Line Carrier*.

Uraian perancangan dan pembuatan alat terbagi menjadi dua sesuai rincian berikut ini : Septian Alif Farhansyah menjelaskan perancangan *hardware* pengukur tegangan pada pelanggan (3.2.1), perancangan *hardware* penerima SMS di PLN (3.2.3), perancangan *software* pengukur tegangan pada pelanggan (3.3.1), dan perancangan s*oftware* penerima SMS di PLN (3.3.3). Kukuh Anartyo Wijoseno menjelaskan perancangan *hardware* pengukur tegangan pada PHB trafo distribusi (3.2.2), perancangan *hardware* penerima SMS pada PLN (3.2.3), perancangan *software* pengukur tegangan pada PHB trafo distribusi (3.3.2), dan perancangan *software* penerima SMS di PLN (3.3.3).

3.1 Perancangan Sistem Secara Keseluruhan

Alat ini terdiri atas dua bagian yaitu Pengukur tegangan dan arus pelanggan dan pengukur tegangan jaringan tegangan rendah (JTR). Dua alat ini terpasang di rumah pelanggan dan PHB trafo distribusi seperti yang tertera pada Gambar 3.1. Pengukur sisi pelanggan berfungsi mengukur tegangan dan arus yang hasilnya ditampilkan di LCD dan dikirim ke pengukur sisi PHB melalui modul PLC KQ330. RTC diperlukan disini sebagai pewaktu alat. Di sisi pelanggan, kami juga memasang beban berupa lampu. Pengukur sisi PHB berfungsi menerima data tegangan dan arus melalui modul PLC serta mengukur tegangan JTR yang keduanya ditampilkan di LCD. Pengukur ini juga terpasang modul GSM sebagai pengirim tiga data (Data tegangan dan arus pelanggan serta tegangan di JTR) ke PLN dan RTC sebagai penanda waktu pengiriman SMS. Data SMS diterima oleh PLN secara periodik melalui modul SIM800L dan ditampilkan di *interface* yang datanya dapat disimpan di *database*. Data tersebut dijadikan dasar oleh PLN untuk mencegah variasi tegangan diluar toleransi variasi tegangan pelayanan PLN yaitu +5% dan -10% dari 220V (SPLN 1: 1995).



Gambar 3.1 Perancangan Sistem Keseluruhan

Berikut ini merupakan penjelasan secara umum mengenai *hardware* dan *software* alat :

1. Perancangan *hardware* terbagi menjadi tiga yaitu meliputi perancangan *hardware* pengukuran tegangan pada pelanggan. *(slave),* perancangan pengukuran tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(master)* dan perancangan *hardware* penerima SMS di PLN. Masing-masing perancangan meliputi pembuatan masing-masing komponen.
2. Perancangan *software* meliputi pembuatan program pembacaan sensor yang digunakan, pembuatan program mengirim dan menerima data melalui modul *Power Line Carrier*, program mengirim dan menerima SMS, dan program *interface* data.

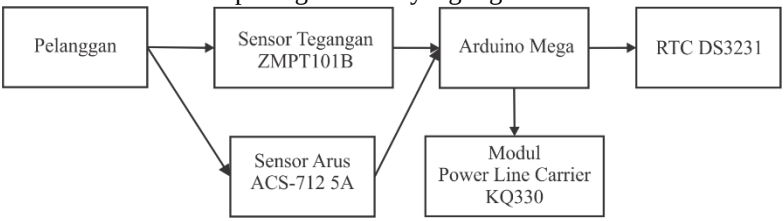
3.2 Perancangan *Hardware*

Perancangan *hardware* pada bab tiga ini berisi penjelasan masing-masing perancangan setiap komponen dari pengukur tegangan pada pelanggan *(slave)*, pengukur tegangan pada PHB *(master)*, dan penerima SMS pada APD PLN.

Penjelasan *hardware* terdiri atas skema alat, bentuk wadah alat tersebut, bentuk rangkaian dari *software* EAGLE, dan spesifikasi komponen.

3.2.1 Perancangan *Hardware* Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)*

Perancangan alat ini terdiri atas terdiri atas LCD, Arduino Mega, sensor arus ACS712, sensor tegangan ZMPT101B, modul *Power Line Carrier* KQ330, modul GSM SIM900, dan RTC DS3231. Gambar 3.2 berikut adalah skema perangkat keras yang digunakan.

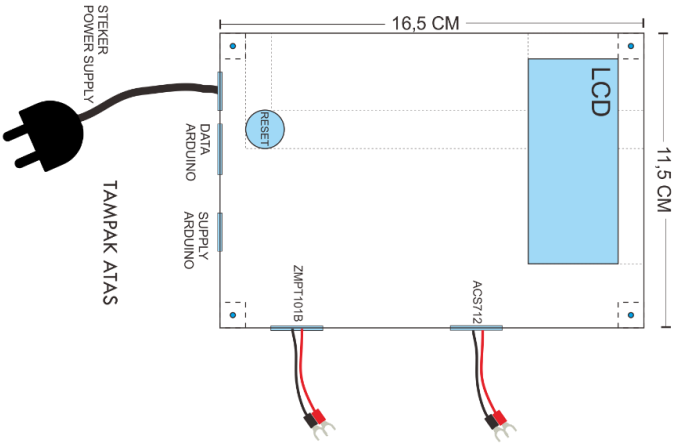


Gambar 3.2 Skema Pengukur Tegangan pada Pelanggan

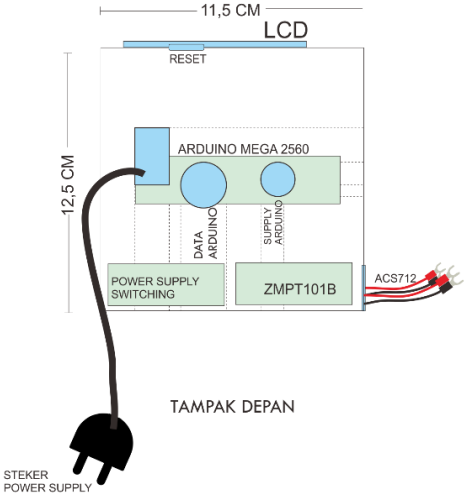
Arduino Mega berfungsi sebagai pengendali dari semua komponen yang terpasang di alat ini sesuai dengan program yang diunggah. Sensor arus ACS712 berfungsi untuk mengukur arus yang timbul di pelanggan. Sensor tegangan ZMPT101B berfungsi untuk mengukur tegangan di rumah pelanggan. Modul *Power Line Carrier* KQ330 berfungsi sebagai media komunikasi utnuk mengirim data tegangan dan arus pelanggan menuju modul *Power Line Carrier* di PHB Trafo Distribusi. RTC DS3231 berfungsi untuk pewaktu untuk menandakan komunikasi terjadi secara terus-menerus *(real-time)*.

Semua komponen di atas diletakkan pada suatu wadah berbahan akrilik yang ringan supaya *hardware* pengukur tegangan terrangkai dengan rapi. Berikut adalah tampilan *hardware* pengukur tegangan dari tiga sisi yaitu tampak atas, depan, dan samping. Gambar 3.3 menampilkan *hardware* tampak atas, Gambar 3.4 menampilkan

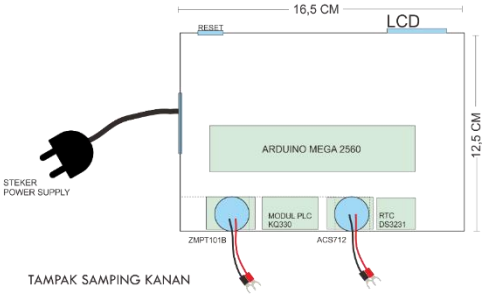
hardware tampak depan, dan Gambar 3.5 menampilkan *hardware* tampak samping.



Gambar 3.3 *Hardware* Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)* Tampak Atas



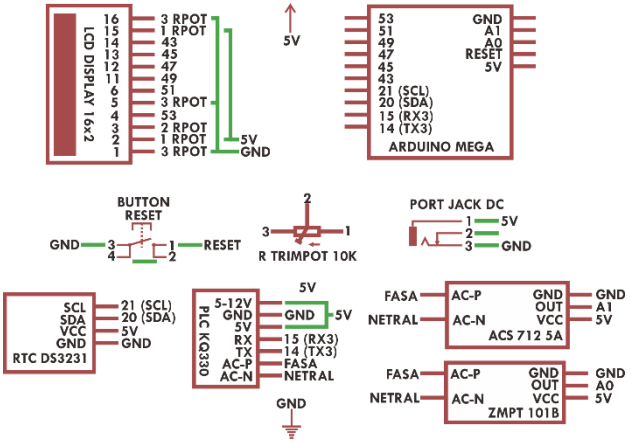
Gambar 3.4 *Hardware* Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)* Tampak Depan



Gambar 3.5 *Hardware* Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)* Tampak Samping

3.2.1.1Perancangan Arduino Mega 2560

Pada perancangan *Hardware* pengukur tegangan pada pelanggan *(slave)* ini, kami menggunakan Arduino Mega yang skemanya tertera pada Gambar 3.6 untuk mengendalikan sensor tegangan ZMPT101B, sensor arus ACS-712, RTC, berkomunikasi serial dengan modul PLC, dan menampilkan karakter di LCD. Arduino Mega diprogram agar dapat mengukur tegangan dan arus pelanggan, mencacah waktu lewat RTC, mengirim data melalui modul PLC dan menampilkan karakter di LCD. Pin yang digunakan oleh Arduino Mega dalam alat ini tertera pada Tabel 3.1.



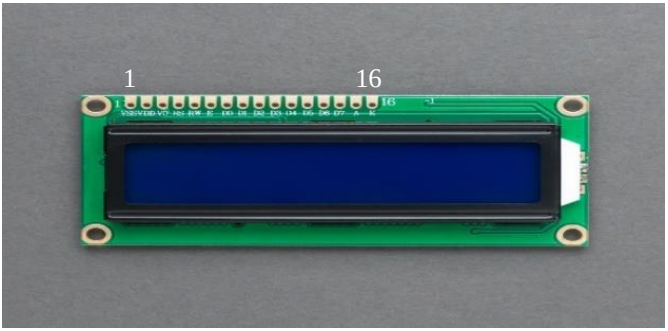
Gambar 3.6 Skema Arduino Mega 2560 Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)*

Tabel 3.1 *Mapping* Pin Analog/Digital Arduino Mega 2560

No	Modul	Pin Analog/Digital
1	*LIQUID CRYSTAL DISPLAY 16X2*	GND : GND VCC : VCC 5V CONTR : Tersambung dengan variabel resistor RS : Digital 53 RW : GND E : D51 D4 : D49 D5 : D47 D6 : D45 D4 : D43 A (Anoda) : VCC K (Katoda) : GND
2	*ZMPT101B*	VCC : 5V OUT : A0 GND : GND GND
3	*ACS-712*	VCC : 5V OUT : A1 GND : GND
4	*RTC DS3231*	VCC : 5V GND : GND SDA : Digital 20 SCL : Digital 21
5	Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330	NC MODE TX : Pin 14 (RX3) RX : Pin 15 (TX3) 5V: dirangkai seri dengan pin 5-12V GND : GND 5-12V : dirangkai seri dengan pin 5V

3.2.1.2Perancangan *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2

Liquid Crystal Display (LCD) berfungsi menampilkan suatu nilai hasil sensor, menampilkan teks, atau menampilkan menu pada aplikasi *microcontroller*. Sumber cahaya di dalam sebuah perangkat LCD adalah lampu neon berwarna putih di bagian belakang susunan kristal cair tadi. Titik cahaya yang jumlahnya puluhan ribu bahkan jutaan inilah yang membentuk tampilan. Berikut Gambar 3.7 adalah LCD 16x2 dan Tabel 3.2 adalah konfigurasi pin LCD 16x2.

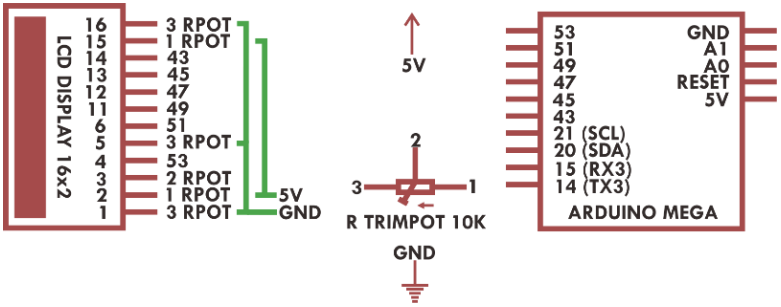


Gambar 3.7 *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2

Tabel 3.2 Konfigurasi Pin *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2

PIN	Simbol	Fungsi
1	Vss	*Power Supply* 0 V (*ground*)
2	Vdd/VCC	*Power Supply* VCC
3	Vee	Seting kontras
4	RS	0 : instruksi *input* / 1 : data *input*
5	R/W	0 : tulis ke LCD /1 : baca dari LCD
6	E	Mengaktifkan sinyal
7	DB0	Data pin 0
8	DB1	Data pin 1
9	DB2	Data pin 2
10	DB3	Data pin 3
11	DB4	Data pin 4
12	DB5	Data pin 5
13	DB6	Data pin 6
14	DB7	Data pin 7
15	VB+	*Power* 5 V (VCC) Lampu latar
16	VB-	*Power* 0 V (*ground*) Lampu latar

LCD di pengukur tegangan pada pelanggan menampilkan nilai tegangan dan arus di rumah pelanggan. LCD ini membutuhkan *power supply* sebesar 5 V DC dan pin yang digunakan pada LCD pada alat ini yaitu pin VEE, RS, RW, E, D4, D5, D6, dan D7. Pada pin LCD yang terhubung ke Arduino adalah pin VEE dihubungkan ke Resistor variabel 10kΩ untuk mengatur kecerahan LCD. Pin LCD RS, E, D4, D5, D6, dan D7 dihubungkan ke pin 53, 51, 49, 47, 45, dan 43 secara berurutan dan pin RW dihubungkan dengan *ground*. Rangkaian LCD ini dapat dilihat pada Gambar 3.8 berikut :



Gambar 3.8 Skema *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2 Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)*

3.2.1.3Perancangan Sensor Tegangan AC ZMPT101B

ZMPT101B, di alat ini, berfungsi untuk mengukur tegangan di rumah pelanggan. Hasil pengukuran sensor ini akan dikirim ke Arduino PHB Trafo Distribusi melalui modul *Power Line Carrier* KQ330. Tabel 3.3 berikut spesifikasi sensor tegangan ZMPT101B.

Tabel 3.3 Spesifikasi Sensor Tegangan AC ZMPT101B

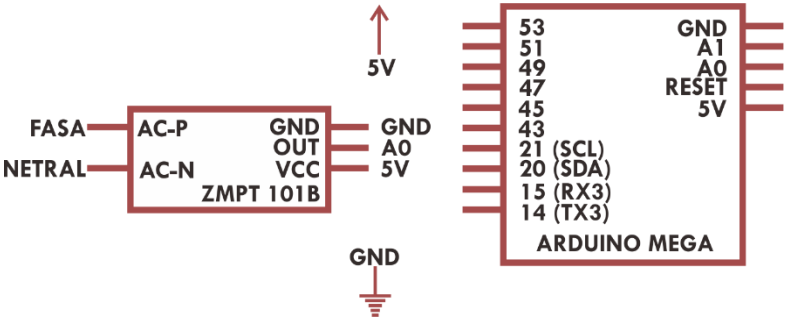
No	Spesifikasi	Nilai
1	Arus Primer	2 mA
2	Arus Sekunder	2 mA
3	*Turn Ratio*	1000 : 1000
4	*Phase single error*	>20 derajat
5	*Linear range*	0 - 1000 V
6	*Linearity*	<0,2 %
7	*Permissible Error*	-0,5% < f < 0
8	*Isolation voltage*	4000
9	*Encapsulation*	*Epoxy*

ZMPT101B merupakan sensor tegangan yang memanfaatkan PT (*Potential Transformer)* yang memiliki dua pin masukan (Fasa dan netral) yang berfungsi sebagai masukan dari tegangan AC PLN dan empat pin *output* yaitu VCC, *Out*, GND, dan GND. VCC akan terhubung ke pin 5V mikrokontroler. *Out* akan masuk ke pin analog mikrokontroler. GND akan terhubung ke pin GND mikrokontroler. Gambar sensor tertera pada Gambar 3.9.

Gambar 3.9 Sensor Tegangan AC ZMPT101B

Sensor ini memiliki rangkaian *op-amp* yang berfungsi menaikkan tegangan *offset*-nya. Jenis *op-amp* yang dipakai adalah OP07 yang memiliki *single supply* yaitu 5 V dan GND. Resistor pertama digunakan untuk menurunkan arus primer, kemudian resistor kedua digunakan untuk menaikkan tegangan *offset input* menjadi 2,5 V atau di *range* lain tergantung nilai resistor, karena tegangan AC akan ada nilai positif dan negatif maka dari itu perlu dinaikkan ke 2,5 V agar bisa dibaca oleh mikrokontroler.

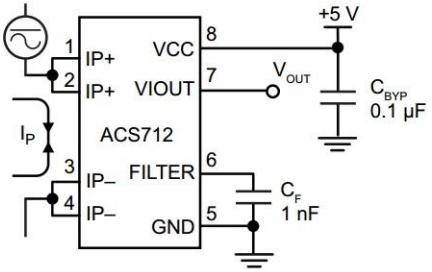
Pada alat kami, ZMPT101B terhubung ke listrik 220 V dari pin Fasa dan netral. Empat pin lainnya yaitu VCC, *Out*, GND, dan GND. VCC akan terhubung ke pin 5 V Arduino Mega. *Out* akan masuk ke pin analog A0 Arduino. GND akan terhubung ke pin GND Arduino Mega. Penjelasan diatas terdapat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Skema Sensor Tegangan AC ZMPT101B Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)*

3.2.1.4Perancangan Sensor Arus ACS-712 5A

Sensor yang digunakan pada perancangan alat ini yaitu sensor ACS-712. Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena didalamnya terdapat rangkaian *low-offset* linear *Hall* dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh *integrated Hall IC* dan diubah menjadi tegangan proporsional.



Gambar 3.11 Rangkaian Sensor Arus ACS-712 5A

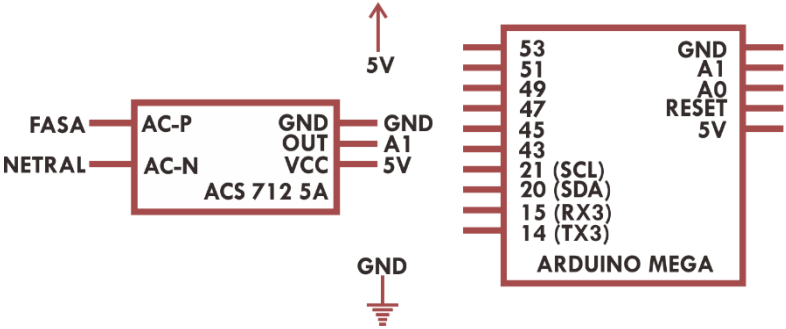
Sensor ACS-712, secara total, memiliki enam pin. Seperti pada Gambar 3.11, pin IP+ dan IP- dihubungkan ke beban secara seri. Tiga pin lainnya yaitu VCC, Analog *Input*, dan GND. Pin VCC akan terhubung ke pin 5 V mikrokontroler. Pin Analog *Input* masuk ke pin analog Arduino. GND akan terhubung ke pin GND Arduino. Pin FILTER terhubung secara parallel dengan GND. Fungsi masing-masing pin tertera di Tabel 3.4. Spesifikasi komponen ini terdapat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.4 Konfigurasi Pin Sensor Arus ACS-712 5A

Pin Sensor	Fungsi
IP +	Terminal yang mendeteksi arus, terdapat sekring di dalamnya
IP -	Terminal yang mendeteksi arus, terdapat sekring di dalamnya
GND	Terminal sinyal *ground*
FILTER	Terminal untuk kapasitor eksternal yang berfungsi sebagai pembatas *bandwith*
Vout	Terminal keluaran sinyal analog
Vcc	Terminal masukan catu daya

Tabel 3.5 Spesifikasi Sensor Arus ACS-712 5A

No	Spesifikasi	Nilai
1	Durasi kenaikan *output*	5 µs
2	Lebar frekuensi	80 kHz
3	Total rasio	1000 : 1000
4	Tahanan internal	1,2 mΩ
5	Tegangan isolasi minimum	2,1 kV_{rms} antara pin 1-8
6	Sensitivitas *output*	185 mV/A
7	Arus maksimal	5A
8	Tegangan kerja	5V DC
9	*Encapsulation*	*Epoxy*



Gambar 3.12 Skema Sensor ArusACS-712 5A Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)*

Seperti pada Gambar 3.12, ACS-712 terhubung ke beban melalui pin IP+ dan IP-. Tiga pin lainnya yaitu VCC, Out, dan GND. VCC akan terhubung ke pin 5V Arduino Mega. Pin Out akan masuk ke pin analog A1 Arduino. GND akan terhubung ke pin GND Arduino Mega.

3.2.1.5Perancangan Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330

Modul *Power Line Carrier* di alat ini berfungsi untuk mengirim data nilai tegangan dan arus rumah pelanggan secara *real-time* (terus menerus) memanfaat listrik PLN. Jenis komunikasi data yang digunakan adalah komunikasi data serial. Komunikasi jenis ini digunakan untuk komunikasi antara dua *board A*rduino lain. Dalam alat ini, dua Arduino berkomunikasi serial melalui listrik 220 V memanfaatkan modul PLC Komunikasi ini menggunakan dua buah pin yaitu pin RX untuk

menerima data dan pin TX untuk mengirimkan data. Pin ini terdapat di Arduino dan PLC. Pin TX dan RX Arduino Mega terdiri atas empat pasang pin yang disebut pin Serial. Serial 0 terdiri atas pin 0 dan 1. Serial 1 terdiri atas pin 18 dan 19. Serial 2 terdiri atas pin 16 dan 17. Serial 3 terdiri atas pin 14 dan 15. Modul PLC KQ330 bentuk seperti pada Gambar 3.13 yang memiliki sembilan pin yang deskripsinya tertera pada Tabel 3.6, dan spesifikasinya pada Tabel 3.7.

Tabel 3.6 Konfigurasi Pin Modul *Power Line Carrier* KQ330

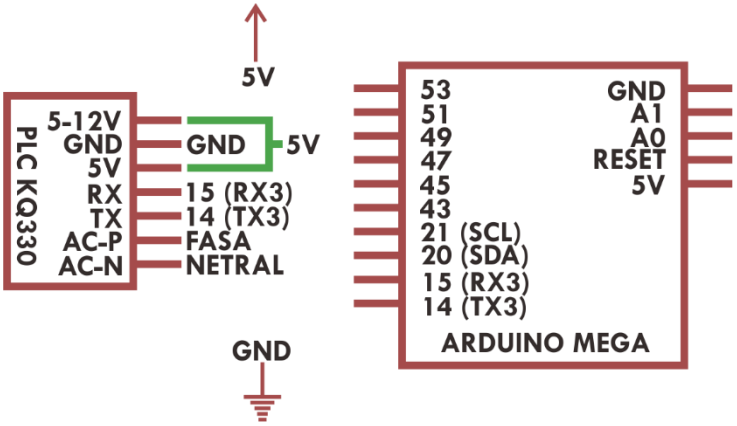
Pin Modul PLC	Fungsi
AC	220 VAC
AC	220 VAC
± 12V	+12 *power supply* (300mA)
GND	*Digital Circuit Ground*
± 5V	+5V *power supply* (12 mA)
RX	TTL level, pembawa data masuk dari mikrokontroler *port* TX
TX	TTL level, pembawa data keluar dari mikrokontroler *port* RX
Mode	Pemilih mode Mode High = *floating* atau 5V Mode low = *ground*
NC/RST	Pin reset *(active low)* Digunakan untuk mode atur frekuensi

Gambar 3.13 Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330

Tabel 3.7 Spesifikasi Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330

No	Spesifikasi	Nilai
1	Frekuensi Kerja	120kHz -135 kHz
2	*Interface baud rate*	9600 bps
3	*Actual baud rate*	100 bps
4	Panjang maksimal transmisi data *one frame* terus-menerus	≤ 252 bytes
5	Sensitivitas penerimaan data	≤ 1 mVAC/1 min 5mA
6	*Out-of-band rejection*	≥ 60 dB
7	*Permissible Error*	≤ 10 kHz
8	*Bandwidth*	DC +5 V Imax ≤ 20 mA

Pada Gambar 3.14, modul PLC berkomunikasi dengan modul Arduino Mega melalui Serial 3 (pin 14 dan 15) yang tersambung ssecara terbalik (pin TX dan RX modul PLC disambung ke *port* 15 dan 14 Arduino Mega). Pin 5-12V disambung ke LM7805 bersama dengan pin 5V.Pin GND disambung ke GND rangkaian. 2 pin AC terhubung ke listrik 220V.



Gambar 3.14 Skema Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330 Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)*

3.2.1.6Perancangan Modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231

Real Time Clock yang kami pakai dalam alat ini adalah DS3231 yang memiliki empat pin dengan deskripsi pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Konfigurasi Pin Modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231

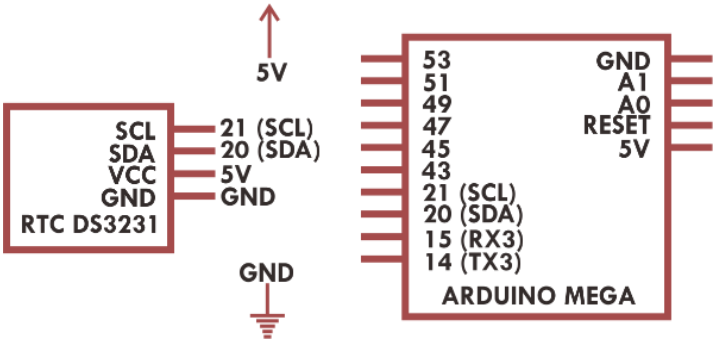
Pin RTC	Fungsi
SCA	*Serial Data*
SCL	*Serial Clock*
GND	Terminal *Ground* RTC
Vcc	Terminal masukan catu daya

RTC mampu menyesuaikan tanggal pada akhir bulan secara otomatis dengan bulan dengan kurang dari 31 hari, termasuk koreksi untuk tahun. Jam beroperasi baik dalam 24 jam atau format 12 jam 15 dengan indikator AM/PM aktif ketika kondisi *low*. Rangkaian komparator memonitor status VCC untuk mendeteksi gangguan listrik,untuk memberikan *output* ulang dan secara otomatis terhubung ke sumber cadangan jika diperlukan. Selain itu, pin RST akan aktif ketika tegangan 0 V yang dideteksi sebagai tombol tekan untukmenghasilkan perintah *reset*. Data-data yang tersimpan pada IC DS3231 disimpan pada *register* 00H untuk detik, 01H untuk menit, 02H untuk jam, 03H untuk hari, 04H untuk tanggal, 05H untuk bulan, 06H untuk tahun, 07H untuk kontrol dan RAM 56x8 pada *register* 08H-3FH. *Register* tersebut bisa diakses oleh mikrokontroler melalui *bus* I2C.

Gambar 3.15 Modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231

Dalam alat kami, RTC berfungsi sebagai penanda waktu ketika modul *Power Line Carrier* mengirim data ke modul PLC PHB Trafo. Modul RTC yang kami pakai adalah RTC DS3231 seperti gambar pada Gambar 3.15. Modul RTC memiliki enam *port* yaitu GND, VCC, SDA,

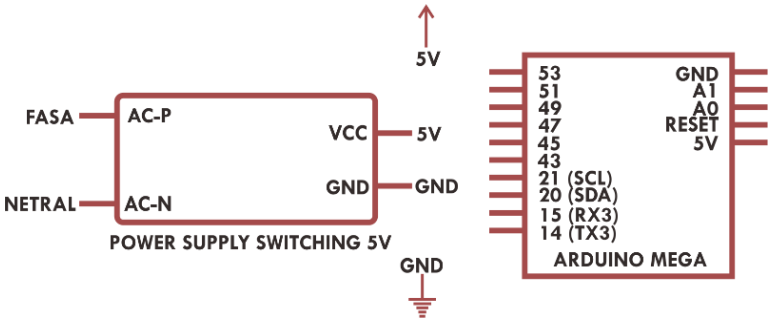
SCL, DS, dan SQ. Pin SDA dan SCL dihubungkan pada pin 20 dan pin 21 Arduino Mega. Pin VCC dan GND dihubungkan ke pin 5 V dan pin GND Arduino Mega. Berikut skema modul RTC pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16 Skema Modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231 Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)*

3.2.1.7 Perancangan *Switching Power Supply* 5V/2A

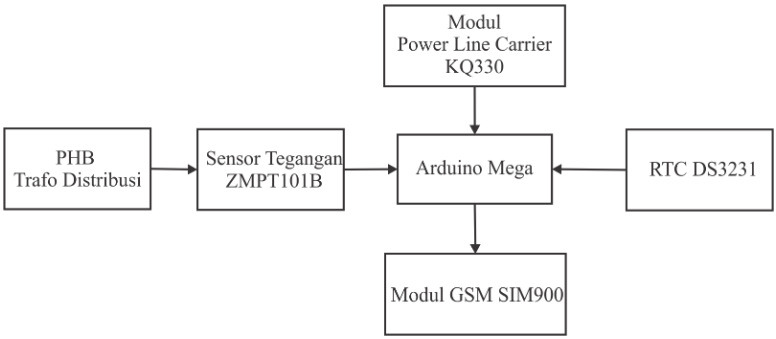
Untuk menyuplai tegangan untuk modul PLC dan Arduino Mega, kami menggunakan menggunakan *Switching power supply* 5V/2A. Kami memakai *power supply* tersebut karena listrik mampu mencatu dengan *noise* yang rendah (tidak menggunakan trafo) sehingga PLC mampu bekerja (mengirim data) dengan relatif stabil. Jika menggunakan *power supply* bertrafo, *noise* yang ditimbulkan cukup mengganggu kinerja modul PLC. Berikut adalah skematik pada Gambar 3.17 yang diterapkan ke alat kami :



Gambar 3.17 Skema *Switching Power Supply* 5V/2A

3.2.2 Perancangan *Hardware* Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master)*

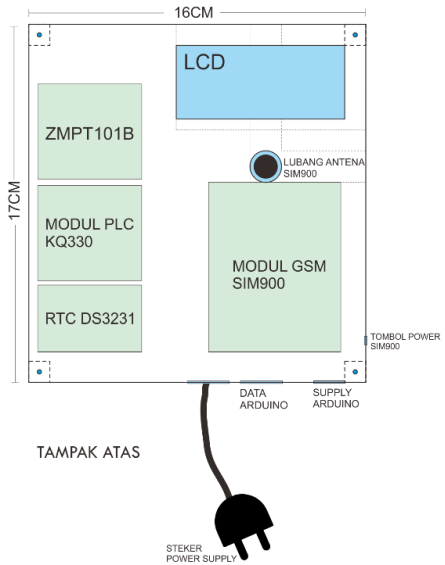
Perancangan alat ini terdiri atas terdiri atas LCD, Arduino Mega, sensor tegangan ZMPT101B, sensor arus ACS-712 5A, dan sensor tegangan ZMPT101B, modul *Power Line Carrier* KQ330, modul GSM SIM900, dan RTC DS3231. Berikut Gambar 3.18 adalah skema perangkat keras yang digunakan.



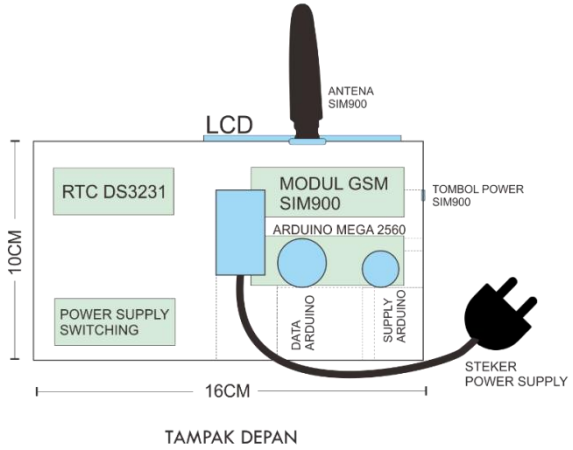
Gambar 3.18 Skema Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi (*Master*)

Arduino Mega 2560 bertindak sebagai pengatur dari semua komponen yang terpasang di alat ini sesuai dengan program yang di-*upload.* Sensor yang dipakai adalah sensor tegangan ZMPT101B yang berfungsi untuk mengukur tegangan yang timbul di jaringan tegangan rendah (JTR). Modul *Power Line Carrier* KQ330 berfungsi sebagai media komunikasi utnuk menerima data tegangan dan arus pelanggan dari modul *Power Line Carrier* di pelanggan. RTC DS3231berfungsi untuk pewaktu modul PLC ketika menerima data dan ketika modul GSM SIM900 mengirim SMS ke modul SIM800L.

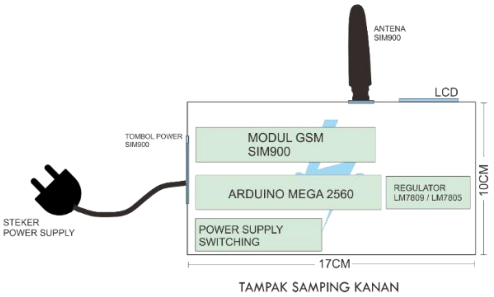
Semua komponen di atas diletakkan pada suatu wadah berbahan akrilik yang ringan supaya *hardware* pengukur tegangan terrangkai dengan rapi. Berikut adalah tampilan *hardware* pengukur tegangan dari tiga sisi yaitu tampak atas, depan, dan samping. Gambar 3.19 menampilkan *hardware* tampak atas, Gambar 3.20 menampilkan *hardware* tampak depan, dan Gambar 3.21 menampilkan *hardware* tampak samping.



Gambar 3.19 *Hardware* Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi (*Master*) Tampak Atas



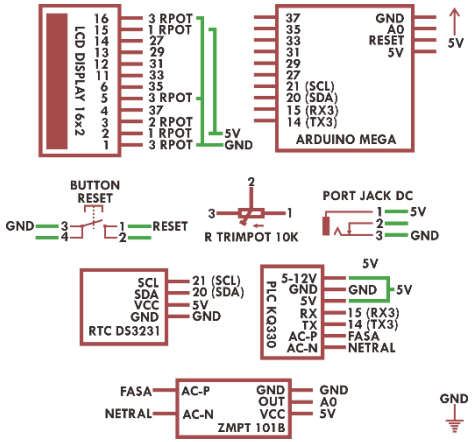
Gambar 3.20 *Hardware* Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi (*Master*) Tampak Depan



Gambar 3.21 *Hardware* Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi (*Master*) Tampak Samping

3.2.2.1 Perancangan Arduino Mega 2560

Arduino Mega dalam pengukur tegangan JTR mengendalikan beberapa komponen yaitu sensor tegangan ZMPT101B, RTC, modul PLC, Modul GSM SIM900, dan LCD yang memanfaat pin-pinnya seperti yang tertera pada Tabel 3.9. Arduino Mega ini diprogram agar dapat mengukur tegangan JTR, menerima data dari modul PLC pelanggan, mencacah waktu lewat RTC, dan mengirim tiga data (data tegangan dan arus pelanggan serta tegangan JTR) melalui SIM900, dan menampilkan karakter di LCD. Skema tersebut tergambar pada Gambar 3.22.



Gambar 3.22 Skema Arduino Mega 2560 Pengukur Tegangan PHB Trafo Distribusi (*Master*)

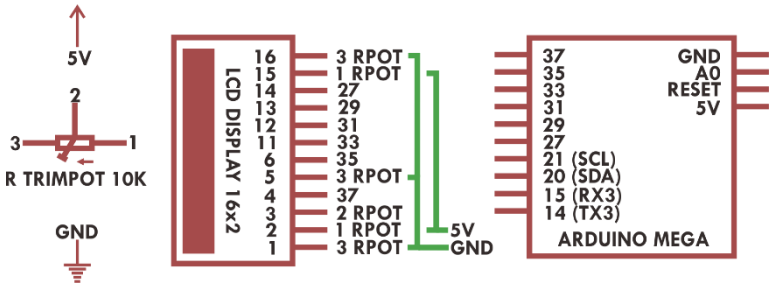
Tabel 3.9 *Mapping* Pin Analog/Digital Arduino Mega 2560

No	Modul	Pin Analog/Digital
1	*LIQUID CRYSTAL DISPLAY 16X2*	GND : GND VCC : VCC 5V CONTR : Tersambung dengan variable resistor RS : Digital 53 RW : GND E : D51 D4 : D49 D5 : D47 D6 : D45 D4 : D43 A (Anoda) : VCC K (Katoda) : GND
2.	*ZMPT101B*	VCC : 5V OUT : A0 GND : GND GND : GND
3	*SIM900*	Modul berupa *shield*
4	*RTC DS3231*	VCC : 5V GND : GND SDA : Digital 20 SCL : Digital 21
5	Modul *Power Line Carrier* KQ330	NC MODE TX : Pin 14 (RX3) RX : Pin 15 (TX3) 5V: dirangkai seri dengan pin 5-12V GND : GND 5-12V : dirangkai seri dengan pin 5V

3.2.2.2Perancangan *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2

Liquid Crystal Display (LCD) berfungsi menampilkan suatu nilai hasil sensor, menampilkan teks, atau menampilkan menu pada aplikasi *microcontroller*. Sumber cahaya di dalam sebuah perangkat LCD adalah lampu neon berwarna putih di bagian belakang susunan kristal cair tadi. Titik cahaya yang jumlahnya puluhan ribu bahkan jutaan inilah yang membentuk tampilan. Gambar LCD dan uraian mengenai pinnya dijelaskan pada subbab 3.2.1.2 Perancangan *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2.

LCD pada alat ini berfungsi untuk menampilkan empat tulisan yaitu nilai tegangan, nilai arus rumah pelanggan, nilai tegangan JTR, dan jam. Pin yang digunakan pada LCD pada alat ini yaitu pin VEE, RS, RW, E, D4, D5, D6, dan D7. Pada pin LCD yang terhubung ke Arduino adalah pin VEE dihubungkan ke Resistor variabel 10 kΩ untuk mengatur kecerahan LCD. Pin RS, E, D4, D5, D6, dan D7 dihubungkan ke pin 37, 35, 33, 31, 29, dan 27 secara berurutan dan pin RW dihubungkan dengan *ground*. Rangkaian LCD ini dapat dilihat pada Gambar 3.23 berikut :

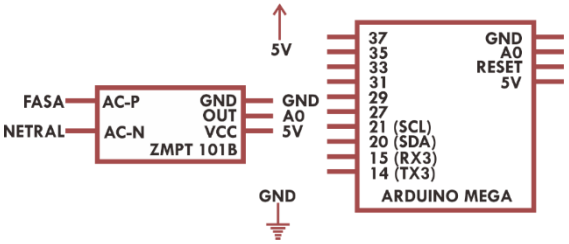


Gambar 3.23 Skema *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2 Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi (*Master*)

3.2.2.3Perancangan Sensor Tegangan AC ZMPT101B

Sensor ini berfungsi untuk mengukur tegangan JTR di PHB Trafo Distribusi. Hasil pengukuran sensor ini dilaporkan ke PLN bersama dua data lainnya (nilai tegangan dan arus pelanggan) melalui modem SIM900. ZMPT101B ini memiliki total enam pin yang uraiannya sama seperti uraian pada subbab 3.2.1.3 Perancangan Sensor Tegangan AC ZMPT101B.

Pada pengukur tegangan JTR, ZMPT101B terhubung ke listrik 220 V dari pin Fasa dan Netral. Empat pin lainnya yaitu VCC, Out, GND, dan GND. VCC akan terhubung ke pin 5V Arduino Mega. Out akan masuk ke pin analog A0 Arduino. GND akan terhubung ke pin GND Arduino Mega. Berikut Gambar 3.24 yaitu gambar rangkaian yang kami terapkan pada alat ini.

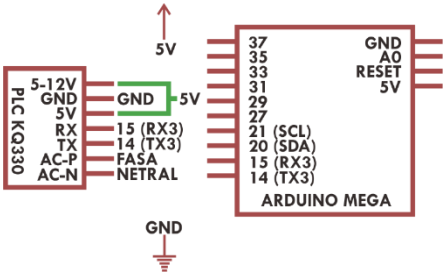


Gambar 3.24 Skema Sensor Tegangan AC ZMPT101B Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi (*Master*)

3.2.2.4Perancangan Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330

Pemasangan Modul *Power Line Carrier* di pengukur tegangan JTR ini dimaksudkan untuk menerima data nilai tegangan dan arus dari rumah pelanggan secara *real-time* (terus menerus) memanfaat listrik PLN. Komunikasi serial menjadi metode modul ini untuk menerima data-data tersebut dengan melibatkan dua buah pin yaitu pin RX untuk menerima data dan pin TX untuk mengirimkan data. Pin ini terdapat di Arduino dan PLC. Serial yang dimanfaatkan kami untuk memasang modul PLC adalah Serial 3 denga pin 14 dan 15. Secara umum, modul PLC KQ330 terdiri atas sembilan pin dengan deskripsi yang sudah tertera di subbab 3.2.1.5 Perancangan Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330.

Dalam alat kami, Pin TX dan RX modul PLC dihubungkan ke *port* 15 dan 14 Arduino Mega (Serial 3). Pin 5-12V disambung ke LM7805 bersama dengan pin 5V. Pin GND disambung ke GND rangkaian. 2 pin AC terhubung ke listrik 220 V. Berikut Gambar 3.25 yaitu gambar rangkaian yang kami terapkan pada alat ini.

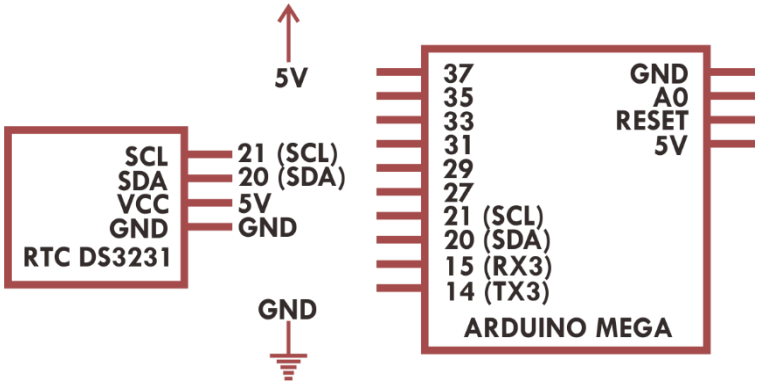


Gambar 3.25 Skema Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330 Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi (*Master*)

3.2.2.5 Perancangan Modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231

Real Time Clock yang kami pakai dalam alat ini adalah DS3231 yang memiliki empat pin dengan deskripsi yang sudah tertera di subbab 3.2.1.6 Perancangan Modul *Real Time Clock* (PLC) DS3231.

Dalam alat kami, RTC berfungsi sebagai penanda waktu ketika modul *Power Line Carrier* mengirim data ke modul PLC PHB Trafo.Modul RTC yang kami pakai adalah RTC DS3231.Modul RTC memiliki enam *port* yaitu GND, VCC, SDA, SCL, DS, dan SQ. Pin SDA dan SCL dihubungkan pada pin 20 dan pin 21 Arduino Mega. Pin VCC dan GND dihubungkan ke pin 5V dan pin GND Arduino Mega. Berikut Gambar 3.26 yaitu gambar rangkaian yang kami terapkan pada alat ini.



Gambar 3.26 Skema Modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231 Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi (*Master*)

3.2.2.6 Perancangan Modul SIM900

Modul SIM900 pada pengukur tegangan JTR ini berfungsi untuk mengirimkan tiga data (nilai tegangan dan arus rumah pelanggan serta tegangan JTR) melalui SMS. Data tegangan dan arus pelanggan didapat dari modul tersebut didapat dari modul PLC yang menerima data dari modul PLC pelanggan. *Port* yang tertancap, dilihat dari *port serial*, diawali dari AREF dan RESET hingga A7 dan 0 (TX0). Komponen yang digunakan untuk menancapkan *shield* di atas Arduino Mega adalah *Arduino Stackable Header*. *Header* ini disolder di lubang dekat dengan header SIM900. Lubang tersebut juga tersambung dengan header SIM900 sehingga jika memerlukan *port* Arduino yang sudah

tertancap *shield*, tinggal menancapkan kabel jumper di *header* yang mewakili *port* yang tertancap seperti yang tertera pada Gambar 3.27.

Tegangan yang digunakan *shield* ini adalah 9V dengan arus 2A supaya SIM900 mampu mengirim SMS atau *transmitt burst.* Tegangan 9V diambilkan dari *switching power supply* 12V/2A yang diatur tegangannya oleh LM7809. Tegangan kerja ini tertulis pada Tabel 3.10.

Gambar 3.27 Modul SIM900 Terpasang di Atas Arduino Mega 2560

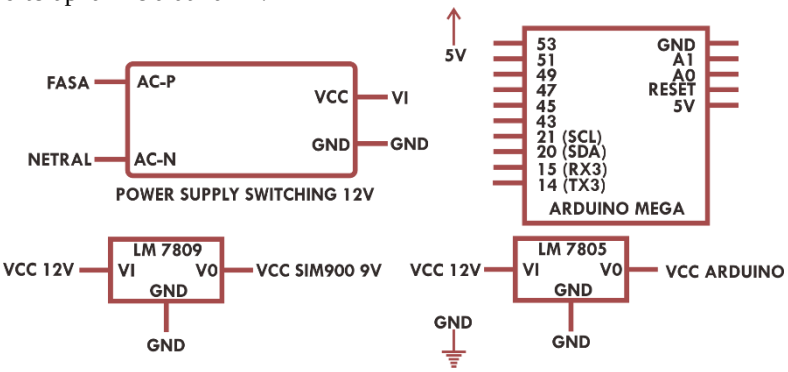
Tabel 3.10 Spesifikasi Modul SIM900

Spesifikasi	Keterangan
Ukuran PCB	77,2 mm x 66 mm x 1,6 mm
Indikator	PWR, status LED, net status LED
Power Supply	9~20 V, *compatible with* Arduino
Protokol Komunikasi	UART
RoHS	*Yes*

3.2.2.7 Perancangan *Switching Power Supply* 12V/2A dengan LM7809 dan LM7805

Switching power supply 12V/2A dengan LM7809 dan *Switching power supply* 12V/2A digunakan untuk mencatu daya Arduino Mega dan modul SIM900. Kami memakai *power supply* tersebut karena listrik mampu mencatu dengan *noise* yang rendah (tidak menggunakan trafo) sehingga PLC mampu bekerja (menerima data) dengan relatif stabil. Jika menggunakan *power supply* standar, *noise* yang ditimbulkan cukup mengganggu kinerja modul PLC.

Kami memakai LM7809 dan LM7805 karena IC mampu mengeluarkan tegangan sebesar 9 V. Namun, kelemahannya adalah IC ini cepat panas yang berasal dari daya yang terbuang dan arus beban yang berubah-ubah. Panas tersebut dapat dikurangi dengan *heatsink.* Tegangan ini digunakan untuk menyuplai SIM900 dan Arduino Mega. Berikut adalah skematik *power supply* seperti pada Gambar 3.17 yang diterapkan ke alat kami :



Gambar 3.28 Skema *Switching Power Supply* 12V/2A dengan LM7809 dan LM7805

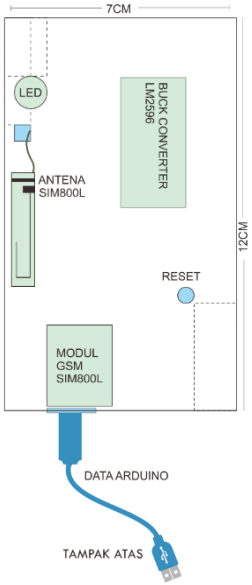
3.2.3 Perancangan *Hardware* Penerima SMS pada PLN

Alat ini memiliki fungsi menerima SMS dari pengukur tegangan pada PHB Trafo Distribusi. Data yang dikirim adalah data tegangan dan arus pelanggan serta tegangan di JTR. Penerima SMS berupa SIM800L yang diatur oleh Arduino Mega yang catu dayanya berasal dari *Buck Converter* LM2596. Berikut Gambar 3.29 adalah skema perangkat keras yang digunakan.

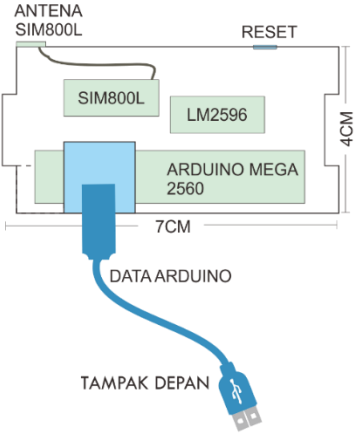
Gambar 3.29 Skema Penerima SMS pada PLN

Semua komponen di atas diletakkan pada suatu wadah berbahan akrilik yang ringan supaya *hardware* penerima SMS terrangkai dengan rapi. Berikut adalah tampilan *hardware* penerima SMS dari tiga sisi yaitu tampak atas, depan, dan samping. Gambar 3.30 menampilkan

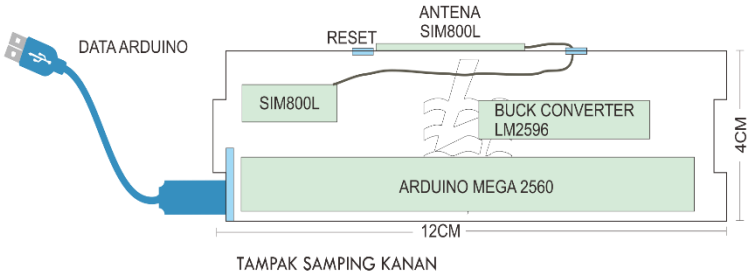
hardware tampak atas, Gambar 3.31 menampilkan *hardware* tampak depan, dan Gambar 3.32 menampilkan *hardware* tampak samping.



Gambar 3.30 *Hardware* Penerima SMS Tampak Atas



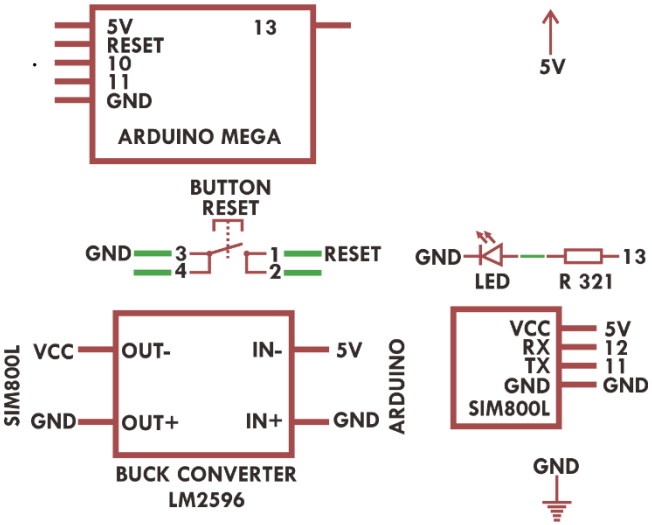
Gambar 3.31 *Hardware* Penerima SMS Tampak Depan



Gambar 3.32 *Hardware* Penerima SMS Tampak Samping

3.2.3.1Perancangan Arduino Mega 2560

Pada perancangan *Hardware* penerima SMS pada PLN, kami menggunakan Arduino Mega yang skemanya tertera di Gambar 3.33 sebagai pengendali modul penerima SMS. Modul penerima SMS yang kami pakai adalah modul SIM800L. Modul ini akan menerima SMS dari SIM900 yang terpasang di PHB trafo distribusi. SMS yang akan diterima akan ditampilkan di *Interface* dan disimpan di *Database*. Pin yang digunakan oleh Arduino Mega dalam alat ini tertera pada Tabel 3.11.



Gambar 3.33 Skema Arduino Mega 2560 Penerima SMS pada PLN

Tabel 3.11 *Mapping* Pin Analog/Digital Arduino Mega 2560

No	Modul	Pin Analog/Digital
1	*PUSH BUTTON*	pin 1 : RST pin 3 : GND dan pin D13
2	*SIM800L*	VCC : pin 5V RXD : pin D10 TXD : pin D11 GND : GND
3	*LM2596 BUCK CONVERTER*	IN + : pin 5V IN- : GND

3.2.3.2 Perancangan Modul SIM800L

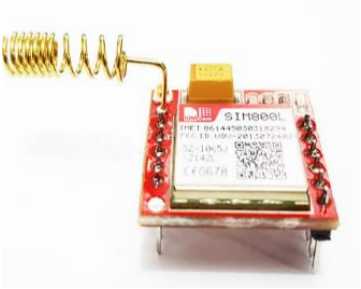
Modul ini berfungsi sebagai alat penerima SMS dari pengukur tegangan pada PHB Trafo Distribusi dengan pengendali dari Arduino Mega. Kami memilih modul ini karena ukurannya kecil dan ringkas serta instalasi yang sangat mudah yang ditandai dengan sedikitnya pin yang dimiliki modul ini. Bentuk modul dan spesifikasinya tertera pada Gambar 3.34 dan Tabel 3.12. Fungsi-fungsinya tertera pada Tabel 3.13. Kelemahan modul ini terletak pada tegangan catu dayanya. Catu daya ideal pada alat ini 3,4V – 4,4V. Nilai di atas termasuk tanggung mengingat Arduino memiliki catu daya bernilai 3,3V dan 5V.

Tabel 3.12 Spesifikasi Modul SIM800L

Spesifikasi	Keterangan
Chip	SIM800L
Voltage	+3,7 V-4,2 V
Frequency	Quadband 850/900/1800/1900 MHz
Modul Size	2,5 cm x 2,3 cm
Suhu Kerja	40 ºC – 85 ºC
TTL *Port*	Langsung terhubung ke Arduino
Class 4 (2W)	GSM 850 dan EGSM 900
Class 1 (1W)	DCS 1800 dan PCS1900GPRS

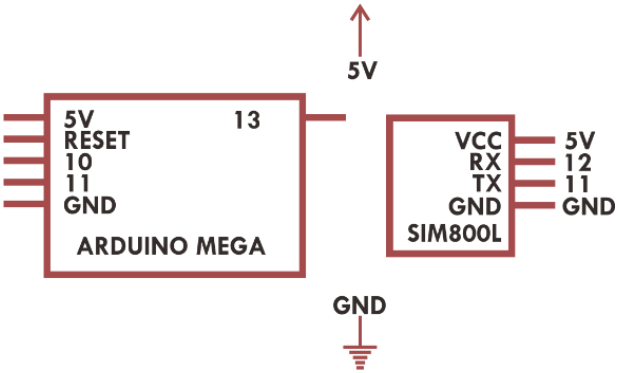
Tabel 3.13 Konfigurasi Pin Modul SIM800L

Pin	Fungsi
NET	Antena
VCC	3,7 V – 4,2 V
RST	Reset
RXD	*RX data serial*
TXD	*Tx data serial*
Ground	*Ground*



Gambar 3.34 Modul SIM800L

Pada Gambar 3.35, modul ini terpasang di Arduino Mega dengan pin VCC tersambung ke *Buck Converter* LM2596 dengan tegangan 4 V. Pin TX dan RX terhubung ke *port* 10 dan 11 Arduino Mega. Terakhir, GND tersambung ke *port Ground* Arduino.



Gambar 3.35 Skema Modul SIM800L Penerima SMS pada PLN

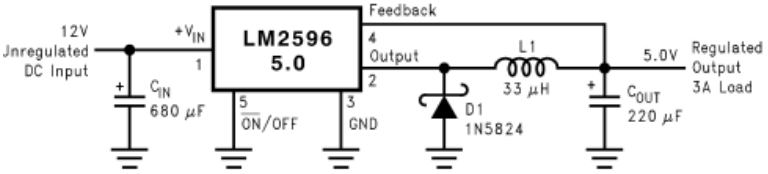
3.2.3.3 Perancangan *Buck Converter* LM2596

Modul ini digunakan khusus untuk menyuplai SIM800L yang membutuhkan tegangan kerja 4 V sesuai dengan spesifikasi pada Tabel 3.14. LM2596 berperan untuk meregulasi tegangan dari *input* 5 V yang berasal dari *port* Arduino Mega menjadi 4 V sesuai tegangan kerja dengan rangkaian pada Gambar 3.37. Modul yang kami gunakan berjenis *fixed output* dengan tegangan keluaran 5 V. Berikut bentuk komponen pada Gambar 3.36 dan spesifikasinya pada Tabel 3.14.

Gambar 3.36 *Buck Converter* LM2596

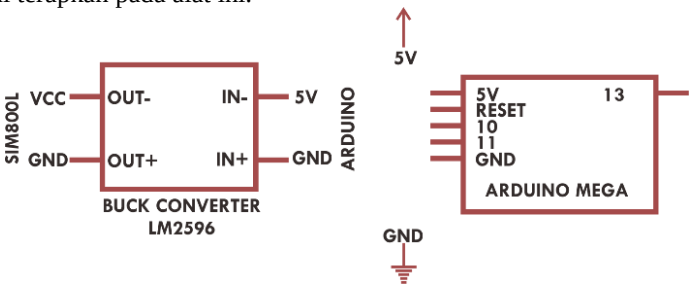
Tabel 3.14 Spesifikasi *Buck Converter* LM2596

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan masukan	4,5 V- 40 V
Suhu kerja	-40 ºC – 125 ºC
Tegangan keluaran	3,3 V-37 V
Arus Keluaran	0,2 A- 3 A
Efisiensi Masukan	Vin = 12 V ; I_{load} = 3 A
Switching frequency	110 kHz – 173 kHz



Gambar 3.37 Rangkaian Dalam *Buck Converter* LM2596

Pada alat kami, *input Buck Converter* berasal dari *port* 5V Arduino yang tersambung ke *port* OUT + dan OUT-. *Output*-nya menghasilkan tegangan 4 V dari *port* IN+ dan IN- yang tersambung ke SIM800L di VCC dan GND. Berikut skema pada Gambar 3.38 yang kami terapkan pada alat ini.



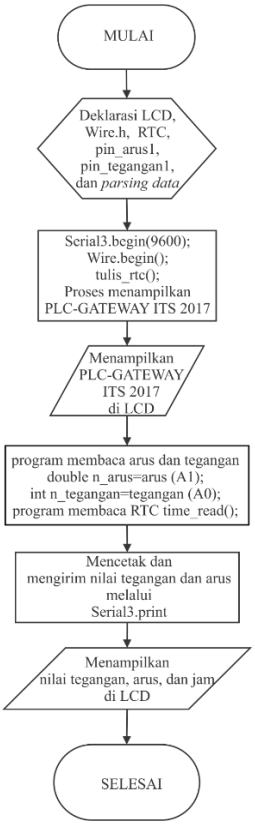
Gambar 3.38 Skema *Buck Converter* LM2596

3.3 Perancangan *Software* Sistem

Perancangan *software* pada bab tiga ini berisi penjelasan masing-masing perancangan program setiap komponen dari pengukur tegangan pada pelanggan *(Slave)*, pengukur tegangan pada PHB *(master)*, dan penerima SMS pada APD PLN.

Penjelasan program terdiri atas *flowchart* program, *listing program*, dan penjelasan urutan eksekusi program dari deklarasi hingga *void loop*.

3.3.1 Perancangan *Software* Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)*



Gambar 3.39 *Flowchart* Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)*

Perancangan *software* pengukur tegangan pada pelanggan terdiri atas program pengukuran tegangan, arus, RTC, dan layar LCD. Aliran *Flowchart* pada Gambar 3.39 diawali dengan deklarasi LCD, RTC, pin A1 sebagai masukan sensor arus, pin A2 sebagai masukan sensor tegangan, *parsing data* yang terdapat di Arduino pelanggan.

Kemudian, program akan deklarasi *void setup();* yang didalamnya terdapat program membuka Serial 3, program menampilkan tulisan "PLC – GATEWAY ITS 2017" di LCD, dan program membuka *tulis_rtc();* yang berfungsi untuk mengubah jam secara manual. Selanjutnya, Arduino menjalankan program membaca arus dan tegangan melalui *double n_arus=arus(A1);* , *int n_tegangan=tegangan(A0);* dan program membaca jam *time_read();*. Kemudian, Serial 3 yang sudah terbuka diperintahkan untuk mengirim data **,n_arus, ; , n_tegangan, ;#* melalui modul PLC. Terakhir, Data tegangan, arus pelanggan, dan jam ditampilkan di LCD.

3.3.1.1 Perancangan Kode Program Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)*

Kode Program yang terdapat pada Gambar 3.40 diawali dengan banyaknya deklarasi untuk *listing program* selanjutnya. Deklarasi pertama adalah deklarasi LCD berurutan *Wire.h*, RTC, pin A1 untuk masukan sensor arus, dan pin A0 untuk masukan sensor tegangan. Berikutnya adalah deklarasi lanjutan dari RTC yang tanggal dan waktunya dimasukkan secara manual.

Selanjutnya adalah deklarasi nilai arus dan pelanggan yang akan diukur oleh sensor yang dijalankan oleh *double arus1;* dan *int tegangan1;*. Deklarasi terakhir adalah deklarasi variabel untuk *parsing data* tegangan dan arus pelanggan.

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

#define pin_arus1 A1
#define pin_tegangan1 A0

byte second = 0;
byte minute = 0;
byte hour = 0;
byte weekday = 0;
byte monthday = 0;
byte month = 0;
int year = 0;
RTC_Millis rtc;
const int DS1307 = 0x68; // Alamat pin RTC pada arduino

int pin_relay1 =4;
int pin_relay2 =5;
double arus1;
int tegangan1;
bool yes,up;
bool flag1,flag2;
String data_masuk;
String dt[10];
int i;
boolean parsing=false;
```

Gambar 3.40 Kode Program Deklarasi Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)*

Kode program berikutnya adalah inisialisasi *void setup();* yang didalamnya ada inisalisasi *Serial3.begin(9600); Wire.begin();*, *tulis_rtc();* untuk mengubah jam RTC dan program menampilkan "PLC –GATEWAY ITS 2017". Kode program ini tertera pada Gambar 3.41.

Void loop (); berisi kode program yang dilakukan berulang-ulang di antaranya *double n_arus=arus(A1);* dan *int n_tegangan=tegangan(A0);* yang berfungsi untuk mengukur arus dan tegangan pelanggan dan mengaktifkan *double arus(int pin)* dan *int tegangan(int pin)* yang ditulis di *tab* sebelah. Kode *time_read();* berfungsi untuk membaca RTC. Kode selanjutnya adalah kode serial yang berfungsi mengirim data yang diperoleh Arduino ini melalui modul RTC. Data yang dikirim adalah *,*n_arus, ; , n_tegangan, ;#*. Kode terakhit adalah menampilkan tegangan dan arus pelanggan beserta jam.

```
LiquidCrystal lcd(53, 51, 49, 47, 45, 43);

void setup(){
Serial3.begin(9600);
Wire.begin();
tulis_rtc();
 lcd.begin(16,2);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);lcd.print ("PLC - GATEWAY");
  lcd.setCursor(0,1);lcd.print ("   ITS 2017  ");
  delay(2000);
  lcd.clear();
}

void loop() {
double n_arus=arus(A1);
int n_tegangan=tegangan(A0);
time_read();
Serial3.print("*");
Serial3.print(n_arus);
Serial3.print(";");
Serial3.print(n_tegangan);
Serial3.println(";#");

lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("V:");
lcd.print(n_tegangan);
lcd.print(" V ");
lcd.print("I:");
```

Gambar 3.41 Kode Program *Void Setup* dan *Void Loop* Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)*

Di *tab* sebelah yang kode programnya tertera pada Gambar 3.42 dan Gambar 3.43, terdapat *double arus(int pin)* dan *int tegangan(int pin)* yang berfungsi untuk mengatur pengukuran arus dan tegangan. Dalam pengukuran tegangan dan arus, sensor mengambil data setiap 100 ms supaya alat ini tidak mengukur tegangan dan arus yang bernilai negatif. Kemudian, kode yang terpenting di bawah ini adalah *doublevoltRMS* dan *ampsRMS* berasal dari pembagian antara perkalian 5,0 yang merupakan batasan sensor ini dan akar pembagian data *(rSquaredSum)* dan jumlah data *(sampleCount)*. *ampsRMS=ampsRMS-0,53;* bertindak untuk mengurangi *floating* sensor. Semakin tinggi angka desimal, nilai *floating* sensor menjadi nol.

```
double arus(int pin) {
  int rVal = 0; //variable penampung nilai adc
  int sampleDuration = 100;    // durasi pengambilan data 100ms
  int sampleCount = 0;        // variable untuk menghitung jumlah sampling
  unsigned long rSquaredSum = 0; //
  int rZero = 511;    // kondisi nilai ADC saat tanpa beban
  uint32_t startTime = millis();
  while((millis()-startTime) < sampleDuration)
  {
    rVal = analogRead(pin) - rZero; // mengambil nilai ADC realtime dikurang dengan nilai adc tanpa beban
    rSquaredSum += rVal * rVal; //setiap data dijumlahkan dan dikuadratkan
    sampleCount++; // sebagai indikator untuk menentukan jumlah data yang diambil selama 100ms
  }

  double voltRMS = 5.0 * sqrt(rSquaredSum / sampleCount) / 1024.0; //mencari nilai rata
  double ampsRMS = voltRMS * 18.5; // dikalikan dengan konstanta
  ampsRMS=ampsRMS-0.53;
  if (ampsRMS<0){ampsRMS=0;}
  return ampsRMS;
}
```

Gambar 3.42 Kode Program Sensor Arus Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)*

```
int tegangan(int pin){
int rVal = 0;
int sampleDuration = 100;
int sampleCount = 0;
unsigned long rSquaredSum = 0;
int rZero = 511;
uint32_t startTime = millis();
while((millis()-startTime) < sampleDuration)
{
rVal = analogRead(pin) - rZero;
rSquaredSum += rVal * rVal;
sampleCount++;
}

  double voltRMS =  400*sqrt(rSquaredSum / sampleCount) / 1024.0;
  double ampsRMS = voltRMS * 6.5;
  if (ampsRMS<20){ampsRMS=0;}
  return ampsRMS;
}
```

Gambar 3.43 Kode Program Sensor Tegangan Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)*

Kode program berikutnya adalah kode program untuk mengatur tanggal dan waktu RTC dan membaca tanggal dan waktu RTC. Untuk mengubah tanggal dan waktu RTC, kami mengetik *tulis_rtc();* di *void setup();* Selanjutnya ubah tanggal dan waktu dengan cara mengetik angka di setiap kode program *Wire.write(decToBcd())*. Berturut-turut baris pertama hingga ketiga mewakili sekon, menit, dan jam. Empat

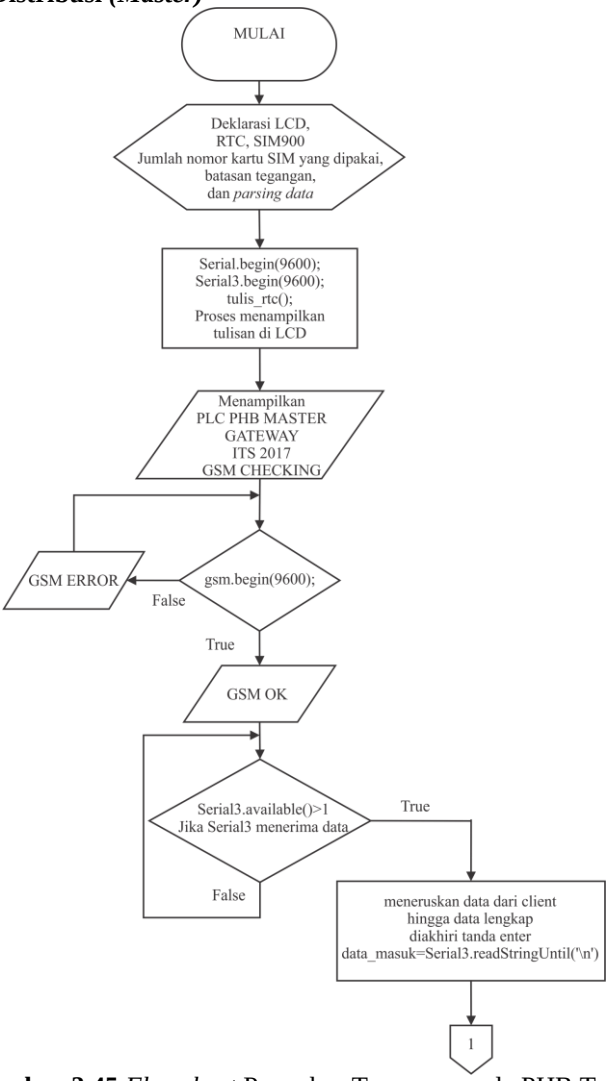
baris berikutnya mewakili hari yang diwakili oleh angka 0 (hari minggu) hingga angka 6 (hari sabtu), tanggal, bulan, dan tahun.

Kode program berikutnya adalah *time_read* yang berfungsi untuk membaca program jam RTC dari hasil yang sudah dimasukkan sebelumnya. Sesuai letak kode, kode program yang dibaca terlebih dahulu adalah sekon. Berturut-turut kode yang dibaca berikutnya adalah menit, dan jam, hari , tanggal, bulan, dan tahun. Berikut kode program pada Gambar 3.44.

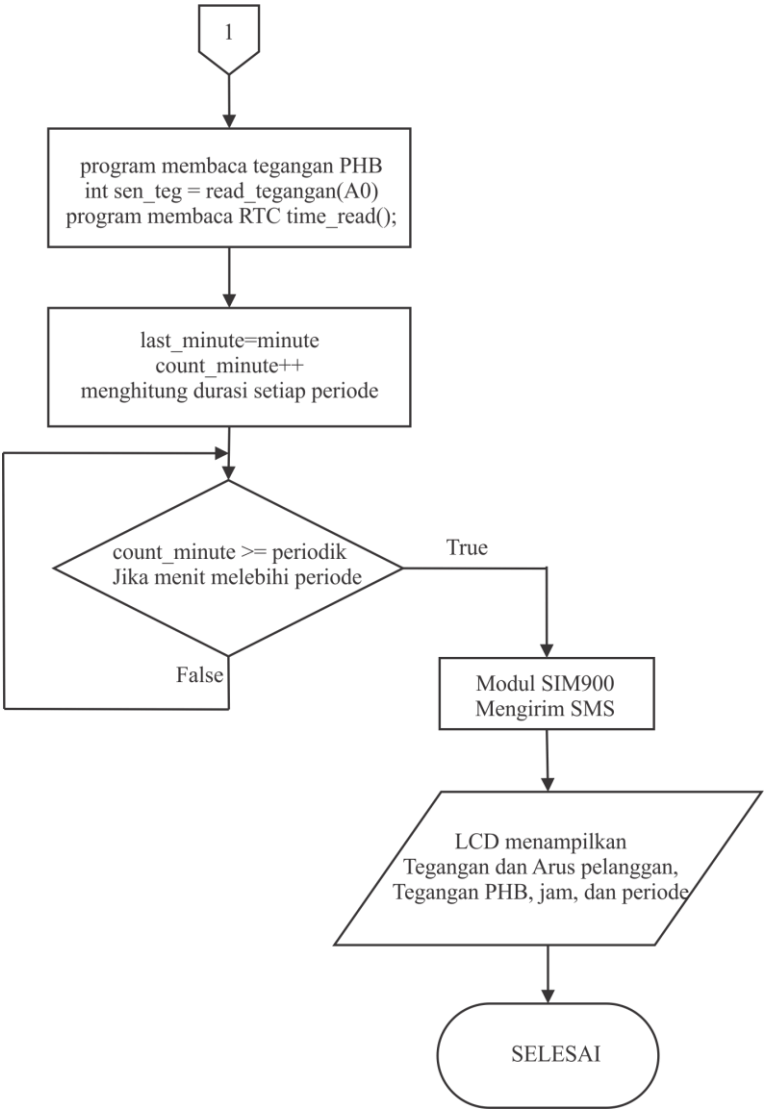
```
void tulis_rtc(){
  Wire.beginTransmission(DS1307);
  Wire.write(byte(0));
  Wire.write(decToBcd(0));//decToBcd(second));
  Wire.write(decToBcd(0));//decToBcd(minute));
  Wire.write(decToBcd(8));//decToBcd(hour));
  Wire.write(decToBcd(2));//decToBcd(weekday));
  Wire.write(decToBcd(17));//decToBcd(monthday));
  Wire.write(decToBcd(7));//decToBcd(month));
  Wire.write(decToBcd(17));//decToBcd(year));
  Wire.write(byte(0));
  Wire.endTransmission();
}

void time_read(){ //membaca rtc
  Wire.beginTransmission(DS1307);
  Wire.write(byte(0));
  Wire.endTransmission();
  Wire.requestFrom(DS1307, 7);
  second = bcdToDec(Wire.read());
  minute = bcdToDec(Wire.read());
  hour = bcdToDec(Wire.read());
  weekday = bcdToDec(Wire.read());
  monthday = bcdToDec(Wire.read());
  month = bcdToDec(Wire.read());
  year = bcdToDec(Wire.read());
   Wire.write(byte(0));
  Wire.endTransmission();
}
```

Gambar 3.44 Kode Program Modul *Real Time Clock* (RTC) Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)*

3.3.2 Perancangan *Software* Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master)*



Gambar 3.45 *Flowchart* Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master)*



Gambar 3.46 Lanjutan *Flowchart* Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master)*

Perancangan *software* pengukur tegangan pada PHB terdiri atas program penerimaan data lewat modul PLC, pengukuran tegangan, RTC, pengiriman SMS dan layar LCD. Aliran *Flowchart* pada Gambar 3.45 dan 3.46 kami, diawali dengan deklarasi LCD, RTC, Deklarasi LCD, RTC, SIM900, jumlah nomor kartu SIM yang dipakai, batasan tegangan yang diukur, periode mengirim dan *parsing data.*

Kemudian, program akan deklarasi *Serial.begin(9600); Serial3.begin(9600);* ,mengubah jam lewat *tulis_rtc();* dan proses menampilkan tulisan di LCD. Tulisan yang ditampilkan adalah Menampilkan "PLC PHB TRAFO". "MASTER GATEWAY". "GSM CHECKING".

Selanjutnya, Arduino menjalankan program if gsm.begin(9600); Jika benar, maka LCD menampilkan "GSM OK" yang menandakan modul GSM sudah hidup. "GSM ERROR" menandakan GSM belum dinyalakan. Program *if* berjalan lagi dengan syarat jika Serial 3 menerima data dari modul PLC pelanggan. Jika benar, maka modul PLC akan menerima data hingga tanda *enter* terkirim.

Aliran berikutnya adalah program membaca tegangan PHB *int sen_teg = read_tegangan(A0)* dan program membaca RTC *time_read();*. Program *count_minute* >= periodik adalah jika menit melebihi periode yang sudah ditulis di awal kode program (periode mengirim), modul GSM akan mengirim SMS. Terakhir, LCD menampilkan Tegangan dan Arus pelanggan, Tegangan PHB, jam, dan periode.

3.3.2.1 Perancangan Kode Program Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master)*

Kode Program ini yang terdapat pada Gambar 3.47 diawali dengan banyaknya deklarasi untuk *listing program* selanjutnya. Deklarasi pertama adalah deklarasi LCD berurutan *Wire.h*, RTC, jumlah nomor kartu SIM yang dipakai, batasan tegangan yang diukur, periode mengirim dan *parsing data.* Selanjutnya adalah deklarasi variabel untuk *parsing data* tegangan PHB bersama dengan program nomor kartu SIM yang dipakai di modul GSM SIM900.

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include "SIM900.h"
#include "sms.h"
#include <Wire.h>
#include "RTClib.h"
#define sp_tegangan 198
#define jumlahnomor 1
#define periodik 3


String data_masuk;
SMSGSM sms;
int numdata;
boolean started=false;
char sms_position;
char phone_number[20];
char sms_textl[200];
String sms_text;
double arus;
int tegangan;

String dt[10];
int i;
boolean parsing=false;
char* myphone[jumlahnomor]={"+6281329235868"};
bool mode=false;
```

Gambar 3.47 Kode Program Deklarasi Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master)*

Kode program berikutnya adalah inisialisasi *void setup()* yang didalamnya ada inisalisasi *Serial3.begin(9600); Wire.begin();* , *tulis_rtc();* untuk mengubah jam RTC dan program menampilkan "PLC PHB TRAFO". "MASTER GATEWAY". "GSM CHECKING" serta *Serial.println("GSM Shield testing.");*. Kode program ini terdapat pada Gambar 3.48.

```
LiquidCrystal lcd(37, 35, 33, 31, 29, 27);
byte second = 0;
byte minute = 0;
byte hour = 0;
byte weekday = 0;
byte monthday = 0;
byte month = 0;
int year = 0;
RTC_Millis rtc;
const int DS1307 = 0x68; // Alamat pin RTC pada arduino
bool sudah_sms=false;
int last_minute =0;
int count_minute =0;
bool tampilan;
void setup(){
Serial.begin(9600);
Serial3.begin(9600);
Wire.begin();

Serial.println("GSM Shield testing.");
lcd.begin(16,2);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);lcd.print ("PLC PHB TRAFO");
lcd.setCursor(0,1);lcd.print ("MASTER GATEWAY  ");
delay(3000);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);lcd.print ("GSM CHECKING....");
tulis_rtc();
```

Gambar 3.48 Kode Program *Void Setup* Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master)*

```
if (gsm.begin(9600))
{
        lcd.clear();
        Serial.println("\nstatus=READY");
        started=true;
        lcd.setCursor(0,0);lcd.print ("GSM OK");
        delay(3000);
}
else
{
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0,0);lcd.print ("GSM ERROR ");
        delay(3000);
        Serial.println("\nstatus=IDLE");
}
       lcd.clear();
}
```

Gambar 3.49 Kode Program *gsm.begin* Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master)*

Selanjutnya, Arduino menjalankan program *if gsm.begin(9600);* yang terdapat pada Gambar 3.49. Jika benar, maka LCD menampilkan "GSM OK" yang menandakan modul GSM sudah hidup. "GSM ERROR" menandakan GSM belum dinyalakan.

Void loop (); yang terdapat pada Gambar 3.50 berisi kode program yang dilakukan berulang-ulang di antaranya *int sen_teg = read_tegangan(A0)* yang berfungsi untuk mengukur tegangan PHB yang ditulis di *tab* sebelah. Kode *time_read();* berfungsi untuk membaca RTC. Kode selanjutnya adalah kode isi SMS yang dikirim oleh SIM900 yaitu ID Pelanggan, No. Tiang, Tegangan Pelanggan, Arus Pelanggan, Tegangan PHB, jam, menit, detik, tanggal, bulan, tahun. Kode terakhir adalah menampilkan tegangan dan arus pelanggan, tegangan PHB, jam, dan periode.

```
void loop() {
 if (Serial3.available()>1){ // jika serial 3 menerima data
  data_masuk=Serial3.readStringUntil('\n'); //menerima data dar
  parsingData(data_masuk);
 }
time_read();
int sen_teg = read_tegangan(A0); // baca tegangan PHB
if (minute!=last_minute){last_minute=minute;count_minute++;} //
if (count_minute >= periodik ){
  String protokol = "5511422918308,AE001,"+String(tegangan)+","
  String(monthday)+"," + String(month)+ ","+String(year)+","; /
  sendsms(protokol);
  count_minute=0;
}
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("I:");
lcd.print(arus);
lcd.print("|V:");
lcd.print(tegangan);
lcd.print(" |");
lcd.print(count_minute);
lcd.print("   ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(karakter(hour));
lcd.print(":");
lcd.print(karakter(minute));
lcd.print(":");
lcd.print(karakter(second));
```

Gambar 3.50 Kode Program *Void Loop* Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master)*

Kode program berikutnya adalah kode program untuk mengatur tanggal dan waktu RTC dan membaca tanggal dan waktu RTC yang terdapat pada Gambar 3.51 dan 3.52. Untuk mengubah tanggal dan waktu RTC, kami mengetik *tulis_rtc();* di *void setup();* Selanjutnya ubah tanggal dan waktu dengan cara mengetik angka di setiap kode program *Wire.write(decToBcd()).* Berturut-turut baris pertama hingga ketiga mewakili sekon, menit, dan jam. Empat baris berikutnya mewakili hari yang diwakili oleh angka 0 (hari minggu) hingga angka 6 (hari sabtu), tanggal, bulan, dan tahun.

```
void tulis_rtc(){
  Wire.beginTransmission(DS1307);
  Wire.write(byte(0));
  Wire.write(decToBcd(0));//decToBcd(second));
  Wire.write(decToBcd(0));//decToBcd(minute));
  Wire.write(decToBcd(8));//decToBcd(hour));
  Wire.write(decToBcd(2));//decToBcd(weekday));
  Wire.write(decToBcd(12));//decToBcd(monthday));
  Wire.write(decToBcd(7));//decToBcd(month));
  Wire.write(decToBcd(17));//decToBcd(year));
  Wire.write(byte(0));
  Wire.endTransmission();
}
```

Gambar 3.51 Kode Program *tulis_rtc* RTC Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master)*

```
void time_read(){ //membaca rtc
  Wire.beginTransmission(DS1307);
  Wire.write(byte(0));
  Wire.endTransmission();
  Wire.requestFrom(DS1307, 7);
  second = bcdToDec(Wire.read());
  minute = bcdToDec(Wire.read());
  hour = bcdToDec(Wire.read());
  weekday = bcdToDec(Wire.read());
  monthday = bcdToDec(Wire.read());
  month = bcdToDec(Wire.read());
  year = bcdToDec(Wire.read());
   Wire.write(byte(0));
  Wire.endTransmission();
}
```

Gambar 3.52 Kode Program *time_read* RTC Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master)*

Kode program berikutnya adalah *time_read* yang terdapat pada Gambar 3.52 yang berfungsi untuk membaca program jam RTC dari hasil yang sudah dimasukkan sebelumnya. Sesuai letak kode, kode program yang dibaca terlebih dahulu adalah sekon. Berturut-turut kode yang dibaca berikutnya adalah menit, dan jam, hari , tanggal, bulan, dan tahun.

Di *tab* sebelah yang kode programnya tertera pada Gambar 3.53, terdapat *int tegangan(int pin)* yang berfungsi untuk mengatur pengukuran tegangan. Dalam pengukuran tegangan sensor mengambil data setiap 100 ms supaya alat ini tidak mengukur tegangan yang bernilai negatif. Kemudian, kode yang terpenting di bawah ini adalah *doublevoltRMS* dan *ampsRMS* berasal dari pembagian antara perkalian 5,0 yang merupakan batasan sensor ini dan akar pembagian data *(rSquaredSum)* dan jumlah data *(sampleCount)*. *ampsRMS=ampsRMS-0.53;* bertindak untuk mengurangi *floating* sensor. Semakin tinggi angka desimal, nilai *floating* sensor menjadi nol.

```
int read_tegangan(int pin){
 int rVal = 0;
  int sampleDuration = 100;
  int sampleCount = 0;
  unsigned long rSquaredSum = 0;
  int rZero = 511;
  uint32_t startTime = millis();
  while((millis()-startTime) < sampleDuration)
  {
    rVal = analogRead(pin) - rZero;
    rSquaredSum += rVal * rVal;
    sampleCount++;
  }

  double voltRMS =  400* sqrt(rSquaredSum / sampleCount) / 1024.0;
  double ampsRMS = voltRMS * 9.5;
  ampsRMS=ampsRMS;
  if (ampsRMS<20){ampsRMS=0;}
  return ampsRMS;
}
```

Gambar 3.53 Kode Program Sensor Tegangan Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master)*

```
void parsingData(String dataIn){
int j=0;
dt[j]="";
for(i=1;i<dataIn.length();i++){
//pengecekan tiap karakter dengan karakter (#) dan (,)
if ((dataIn[i] == '#') || (dataIn[i] == ';'))
{
//increment variabel j, digunakan untuk merubah index array penampung
j++;
dt[j]="";       //inisialisasi variabel array dt[j]
}
else
{
//proses tampung data saat pengecekan karakter selesai.
dt[j] = dt[j] + dataIn[i];
}
}

arus=dt[0].toFloat();
tegangan=dt[1].toInt();

}
```

Gambar 3.54 Kode Program *Parsing Data* Pengukur Tegangan PHB pada Trafo Distribusi *(Master)*

Berikutnya adalah *parsing data. Parsing data* adalah kegiatan untuk mengolah suatu paket data masukkan dengan cara memisahkan paket data tersebut ke dalam uraian-uraian data yang akan diolah ke tahap berikutnya. Terlihat kode pada Gambar 3.54, bahwa modul PLC PHB akan menerima data satu persatu dari **,n_arus, ; , n_tegangan, hingga ;#*. Kemudian, paket tersebut dicek oleh kode *for(i=1;i<dataIn.length();i++){* . Kode tersebut mengecek data yang masuk dari * hingga ;#.

```
void cek_sms_masuk(){
   sms_position = sms.IsSMSPresent(SMS_UNREAD);
 if (sms_position)
      {
        Serial.print("SMS postion:");
        Serial.println(sms_position, DEC);
        sms.GetSMS(sms_position, phone_number, sms_text1, 100);
        Serial.println(phone_number);
        Serial.println(sms_text1);
        sms_text=String(sms_text1);
        Serial.println(sms_text);
        if (sms_position>1){
          for (int i=1;i<=sms_position;i++)
          {
            sms.DeleteSMS(i);
            delay(2000);
          }
        }
        else
        {
          sms.DeleteSMS(sms_position);
        }

     }
}
```

Gambar 3.55 Kode Program Pengiriman SMS Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master)*

Terakhir adalah program mengirim SMS. Program yang tertera pada Gambar 3.55 diletakkan terpisah dengan program utama supaya kami dapat memrogam dengan mudah. *Void* pertama membahas *cek_sms_masuk* dan program *sms_position* dan *sms.GetSMS(sms_position, phone_number, sms_text1, 100);* yang dicetak di *Serial0*. *Void* berikutnya adalah berisi perintah mengirim SMS dengan format di program utama.

3.3.3 Perancangan *Software* Penerima SMS pada PLN

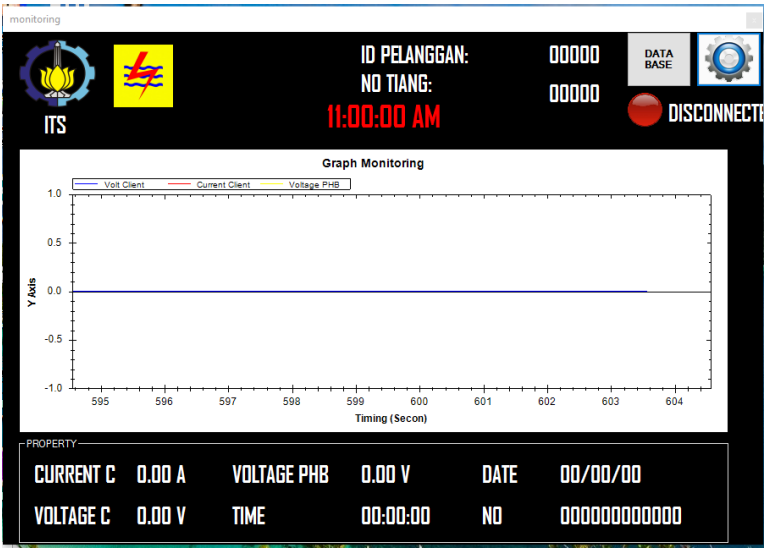
```
#include "SIM900.h"
#include "sms.h"
#include <Wire.h>
#include "RTClib.h"

String data_masuk;
SMSGSM sms;
int numdata;
boolean started=false;
char sms_position;
char phone_number[20]; // array for the phone number string
char sms_text[100];
double arus;
int tegangan;

String dt[12];
int i;
boolean parsing=false;
String id_pelanggan="0",id_phb="0",teg_c="0",arus_c="0",teg_p="0"

void setup(){
Serial.begin(9600);
pinMode(13,OUTPUT);
if (gsm.begin(9600))
    {
        digitalWrite(13,HIGH);

    }
```

Gambar 3.56 Kode Program Penerimaan SMS Penerima SMS pada PLN

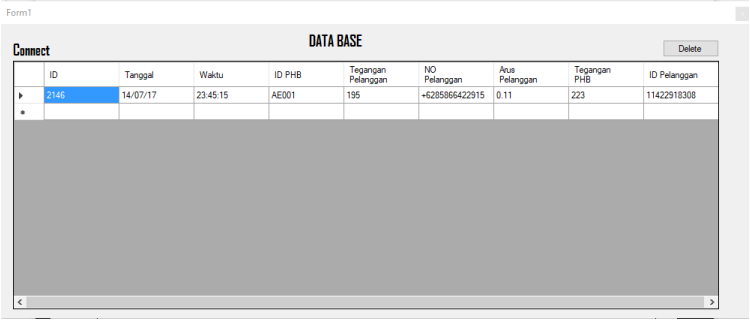
Program pada Gambar 3.56 adalah program menerima SMS dari modul SIM900. Program ini khusus diterapkan pada alat ini. Kode program ini berisi deklarasi SIM800L, *parsing data*, dan data *string* isi SMS.

Void setup berisi *gsm.begin* dan *digital.Write* untuk mengaktifkan modul ini di *port* 13. *Void Loop* berisi *sms position*. *Void* terahir berisi *void send* yang berisi penerima SMS yang berformat ID Pelanggan, No Tiang, Tegangan Pelanggan, Arus Pelanggan, Tegangan PHB, jam, menit, detik, tanggal, bulan, tahun.

3.3.4 Perancangan *Software Interface* dan *Database*



Gambar 3.57 Tampilan *Interface*

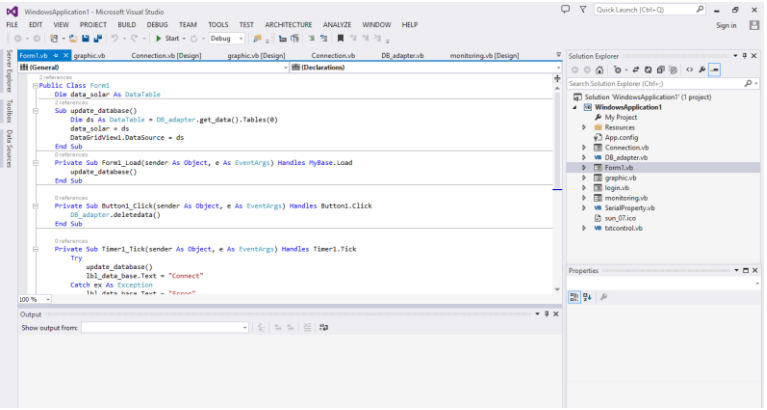


Gambar 3.58 Tampilan *Database*

Gambar 3.57 dan 3.58 adalah tampilan *database* dan *interface* yang dibuat di *software Microsoft Visual Studio* 2013. *Interface* berisi informasi yang menampilkan grafik nilai arus dan tegangan, nilai tegangan dan arus *client* (pelanggan) serta tegangan PHB. Selain itu,

tertampil nomor ID pelanggan, nomor tiang Trafo, nomor kartu SIM yang mengirim SMS, tanggal dan waktu mengirim SMS.

Di *interface* juga terpasang indikator koneksi SIM800L, simbol gerigi untuk pengaturan dan DATABASE untuk memperlihatkan *database*. *Database* berisi sembilan tabel yaitu tanggal, waktu, ID PHB, tegangan pelanggan, nomor pelanggan, arus pelanggan, tegangan PHB, dan ID pelanggan.



Gambar 3.59 Tampilan *Microsoft Visual Studio* 2013

Pengerjaan *Database* dan *Interface* dilakukan di *software Microsoft Visual Studio* 2013. Gambar 3.59 adalah tampilan kerja pengaturan *Database* dan *Interface*. Di sebelah kanan adalah menu-menu untuk mengubah tampilan dan program *database* dan i*nterface* Berurutan menu kerja Visual studio adalah *Connection.vb* (Program koneksi) dengan SIM800L. *Form1.vb* (Tabel *database*), *graphic.vb* (Grafik nilai tegangan dan arus), *login.vb* (Tampilan login sebelum masuk ke *database* dan *interface)*, dan *monitoring.vb* (tampilan *interface).*

Kode program *interface* dan *database* terbagi menjadi beberapa bagian yaitu *Listing program login*, *monitoring*, tampilan grafik nilai tegangan dan arus, koneksi COM, dan *form database.* Semuanya dilampirkan pada lampiran A.2.1, A.2.2, A.2.3, A.2.4, dan A.2.5.

BAB IV
PENGUJIAN ALAT DAN ANALISIS

Pada bab ini akan dijelaskan pengujian dan analisis pengukur kualitas tegangan pada jaringan tegangan rendah dengan media *Power Line Carrier*. Uraian perancangan dan pembuatan alat terbagi menjadi dua sesuai rincian berikut ini : Septian Alif Farhansyah menguji dan menganalisis Pengujian Pengukur Tegangan pada Pelanggan (4.1), Pengujian Penerima SMS di PLN (4.3), Pengujian Pengukur Tegangan pada Pelanggan dan Pengukur Tegangan pada PHB Trafo (4.4), Pengujian Pengukur Tegangan pada PHB Trafo dan Modul Penerima SMS pada PLN (4.5), dan Pengujian Alat secara Keseluruhan (4.6).

Kukuh Anartyo Wijoseno menguji dan menganalisis Pengujian Pengukur Tegangan pada PHB trafo distribusi (4.2), Pengujian Penerima SMS pada PLN (4.3), Pengujian Pengukur Tegangan pada Pelanggan dan Pengukur Tegangan pada PHB Trafo (4.4), Pengujian Pengukur Tegangan pada PHB Trafo dan Modul Penerima SMS pada PLN (4.5), dan Pengujian Alat secara Keseluruhan (4.6).

4.1 Pengujian Pengukur Tegangan pada Pelanggan *(Slave)*

Pengujian Pengukur Tegangan pada Pelanggan meliputi pengujian tujuh komponen yaitu pengujian Arduino Mega 2560, LCD, sensor tegangan AC ZMPT101B, sensor arus ACS-712 5A, pengiriman data melalui modul PLC, modul RTC, dan *Switching Power Supply* 5V/2A.

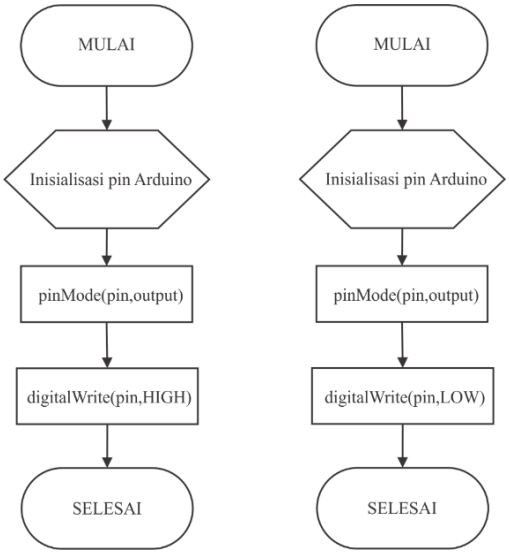
Pengujian masing-masing komponen disertai tabel hasil pengujian, dokumentasi pengujian, dan skema pengujian komponen.

4.1.1 Pengujian Arduino Mega 2560

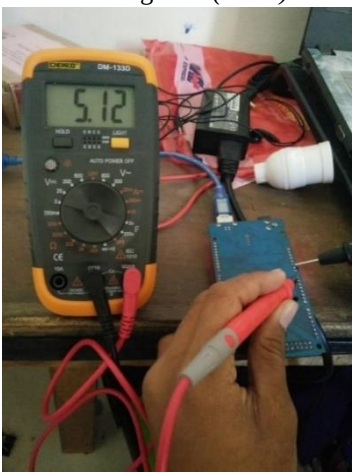
Pengujian ini dilakukan terhadap *board* Arduino Mega 2560. Pengujian dilakukan pada pin yang yang digunakan pada sistem alat ini yaitu pin A0 hingga A15 dan D0 hingga D53 milik Arduino Mega dengan cara mengatur keluarannya pada logika 1 dan 0 dengan mengunggah program yang terlampir pada lampiran A.1.1.1 ke *board* Arduino. Kemudian, kami mengukur setiap pin menggunakan multimeter seperti pada Gambar 4.2. Skema pengukuran pin Arduino terdapat pada Gambar 4.3.

Gambar 4.1 merupakan *flowchart* program untuk memberikan tegangan pada pin Arduino berlogika 1 atau sebesar 5 V dan untuk

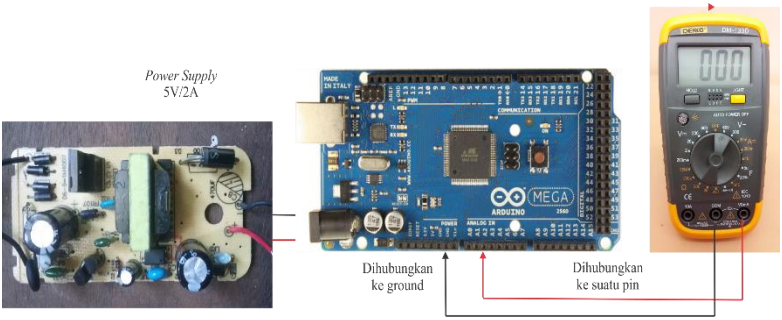
memberikan tegangan keluaran pada pin Arduino berlogika 0 atau 0 V. Arduino Mega yang diuji dicatu daya dari *Switching Power Supply* 5V/2A. Tabel 4.1 merupakan hasil pengujian pada pin Arduino.



Gambar 4.1 *Flowchart* Pengujian Tegangan Pin Arduino pada Logika 1 dan Logika 0 *(Slave)*



Gambar 4.2 Pengujian Pin A/D Arduino *(Slave)*



Gambar 4.3 Skema Pengujian Pin A/D Arduino *(Slave)*

Tabel 4.1 Pengujian Pin Arduino Mega 2560

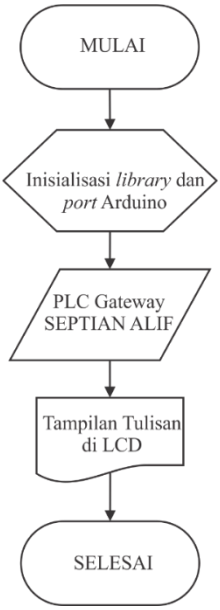
Pin	Tegangan pada logika 1 (V)	Tegangan pada logika 0 (V)
A0	5,12	0
A1	5,12	0
A2	5,12	0
A3	5,12	0
A4	5,12	0
A5	5,12	0
A6	5,12	0
A7	5,12	0
A8	5,12	0
A9	5,12	0
A10	5,12	0
A11	5,12	0
A12	5,12	0
A13	5,12	0
A14	5,12	0
A15	5,12	0
D0	5,12	0
D1	5,12	0
D2	5,12	0
D3	5,12	0
D4	5,12	0
D5	5,12	0
D6	5,12	0
D7	5,12	0
D8	5,12	0
D9	5,12	0
D10	5,12	0
D11	5,12	0

Pin	Tegangan pada logika 1 (V)	Tegangan pada logika 0 (V)
D12	5,12	0
D13	5,12	0
D14	5,12	0
D15	5,12	0
D16	5,12	0
D17	5,12	0
D18	5,12	0
D19	5,12	0
D20	5,12	0
D21	5,12	0
D22	5,12	0
D23	5,12	0
D24	5,12	0
D25	5,12	0
D26	5,12	0
D27	5,12	0
D28	5,12	0
D29	5,12	0
D30	5,12	0
D31	5,12	0
D32	5,12	0
D33	5,12	0
D34	5,12	0
D35	5,12	0
D36	5,12	0
D37	5,12	0
D38	5,12	0
D39	5,12	0
D40	5,12	0
D41	5,12	0
D42	5,12	0
D43	5,12	0
D44	5,12	0
D45	5,12	0
D46	5,12	0
D47	5,12	0
D48	5,12	0
D49	5,12	0
D50	5,12	0
D51	5,12	0
D52	5,12	0
D53	5,12	0

Dari data pengujian pin Arduino Mega pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa tegangan keluaran pada setiap pin Arduino hampir sama dengan tegangan masukan ke Arduino, yaitu tegangan 5,12 V ketika Arduino diberi logika 1. Pada keadaan Arduino diberi logika 0, keluaran pada tiap-tiap pin sama yaitu mengeluarkan tegangan bernilai 0. Hal ini menunjukkan bahwa setiap pin pada Arduino Mega masih bekerja dengan baik.

4.1.2 Pengujian *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2

Pengujian LCD dilakukan dengan cara menambahkan program pada mikrokontroler Arduino untuk menampilkan karakter pada LCD. Pada pengujian LCD kali ini menggunakan LCD 16x2, pengujian kami lakukan dengan memberi program yang terlampir pada lampiran A.1.1.2 untuk menampilkan karakter " PLC Gateway" pada baris pertama dan "SEPTIAN ALIF" pada baris selanjutnya pada Arduino *flowchart* pemrograman seperti Gambar 4.4 dan hasil tampilan pada layar LCD di tunjukkan pada Gambar 4.5.



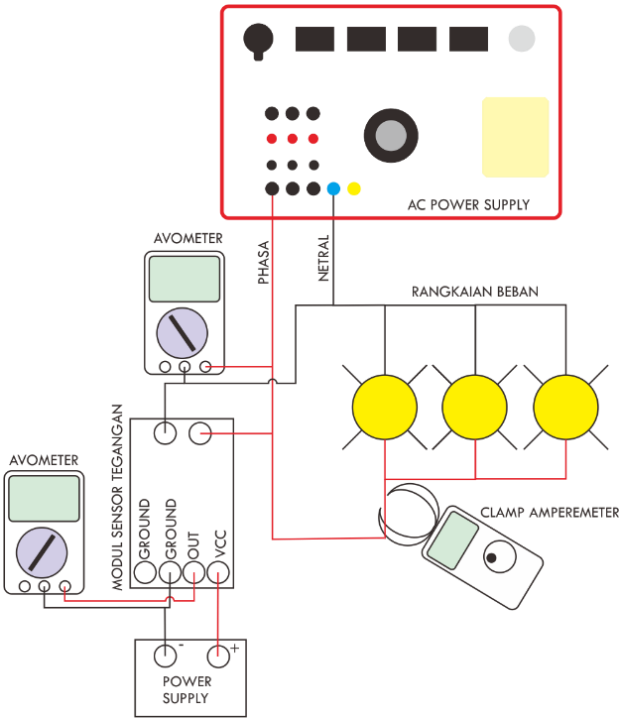
Gambar 4.4 *Flowchart* Program Tampilan *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2 *(Slave)*

Gambar 4.5 Hasil Tampilan *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2 *(Slave)*

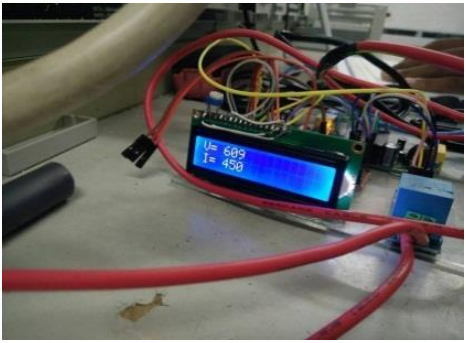
4.1.3 Pengujian Sensor Tegangan AC ZMPT101B

Pengujian sensor tegangan AC ZMPT101B dilakukan dengan cara membandingkan antara tegangan sumber dan tegangan pembacaan sensor atau yang biasa disebut kalibrasi. Nilai tegangan yang akan diukur adalah tegangan antara 0 V sampai 220 V menggunakan AC *power supply* dengan merek "Lydebold". Skema pengujian sensor dan dokumentasi pengujian tertera pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.

Pengujian ini diawali dengan mengamati nilai keluaran sensor dan nilai ADC dengan tegangan masukan dari 0 V dan 220 V yang hasilnya tertera pada Tabel 4.2. Hasilnya dihitung melalui *Microsoft Excel* yang memanfaatkan rumus persamaan garis lurus sehingga menghasilkan persamaan garis lurus dan grafik seperti pada Gambar 4.8. Persamaan tersebut dimasukkan ke program sehingga timbul nilai tegangan pada LCD yang dapat dibandingkan dengan nilai masukan. Perbedaan kedua nilai tersebut dapat diamati *error*-nya yang hasilnya direkap pada Tabel 4.3 dan grafik pada Gambar 4.9.



Gambar 4.6 Skema Pengujian Sensor Tegangan AC ZMPT101B *(Slave)*

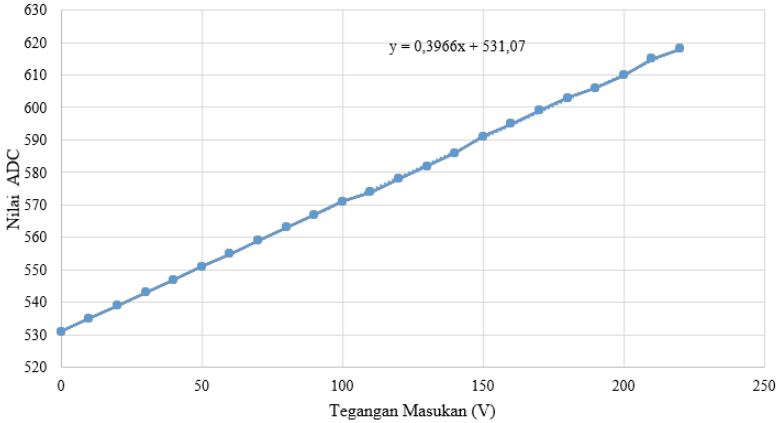


Gambar 4.7 Pengujian Sensor Tegangan AC ZMPT101B *(Slave)*

Tabel 4.2 Nilai ADC dan Tegangan *Output* Sensor Tegangan

Tegangan Masukan (V)	Nilai ADC	Tegangan Keluaran (V)
0	531	2,59
10	535	2,61
20	539	2,63
30	543	2,65
40	547	2,67
50	551	2,69
60	555	2,71
70	559	2,73
80	563	2,75
90	567	2,77
100	571	2,79
110	574	2,80
120	578	2,82
130	582	2,84
140	586	2,86
150	591	2,89
160	595	2,91
170	599	2,93
180	603	2,95
190	606	2,96
200	610	2,98
210	615	3,0
220	618	3,02

Dari Tabel 4.2 dijadikan suatu grafik maka akan menghasilkan grafik data yang linear seperti Gambar 4.8 dan menghasilkan persamaan linear $y = 0{,}3966x + 531{,}07$. Persamaan tersebut didapat dari *software Microsoft Excel.*



Gambar 4.8 Hasil Kalibrasi Sensor Tegangan AC ZMPT101B *(Slave)*

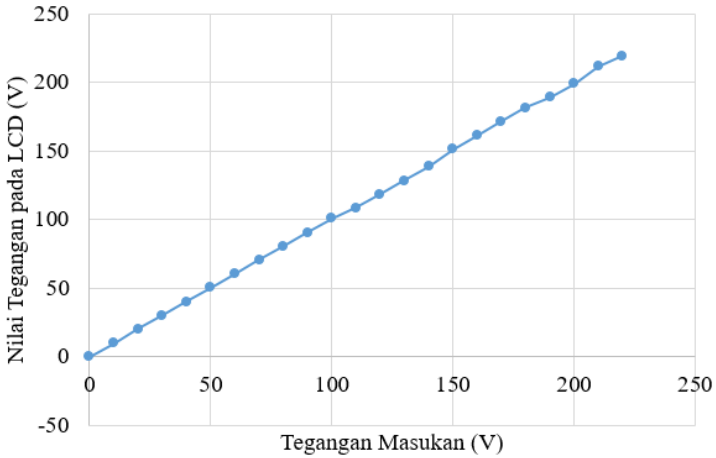
Dari Gambar 4.8, dapat diketahui tegangan yang terbaca oleh sensor. Lalu, kami membandingkan nilai tegangan AC RMS *power supply* dan nilai tegangan yang terbaca oleh sensor serta menghitung *error*-nya dalam bentuk persen.

Tabel 4.3 Data Pengujian Tegangan *Input* dan Nilai Tegangan pada LCD

Tegangan Masukan (V)	Nilai Tegangan pada LCD (V)	*Error* (%)
0	-0,1765	-100
10	9,909228	0,916031
20	19,99496	0,025221
30	30,08069	-0,26823
40	40,16641	-0,41431
50	50,25214	-0,50176
60	60,33787	-0,55997
70	70,4236	-0,6015
80	80,50933	-0,63263
90	90,59506	-0,65683
100	100,6808	-0,67618
110	108,2451	1,621244
120	118,3308	1,410612
130	128,4165	1,233065
140	138,5023	1,081376
150	151,1094	-0,73419

Tegangan Masukan (V)	Nilai Tegangan pada LCD (V)	*Error* (%)
160	161,1952	-0,74144
170	171,2809	-0,74783
180	181,3666	-0,75351
190	188,9309	0,565861
200	199,166	0,494109
210	211,6238	-0,76731
220	219,1881	0,370413

Dari Tabel 4.3, didapatkan *error* maksimal adalah 1,62% yaitu pada tegangan 110 V sehingga menghasilkan grafik seperti Gambar 4.9 .



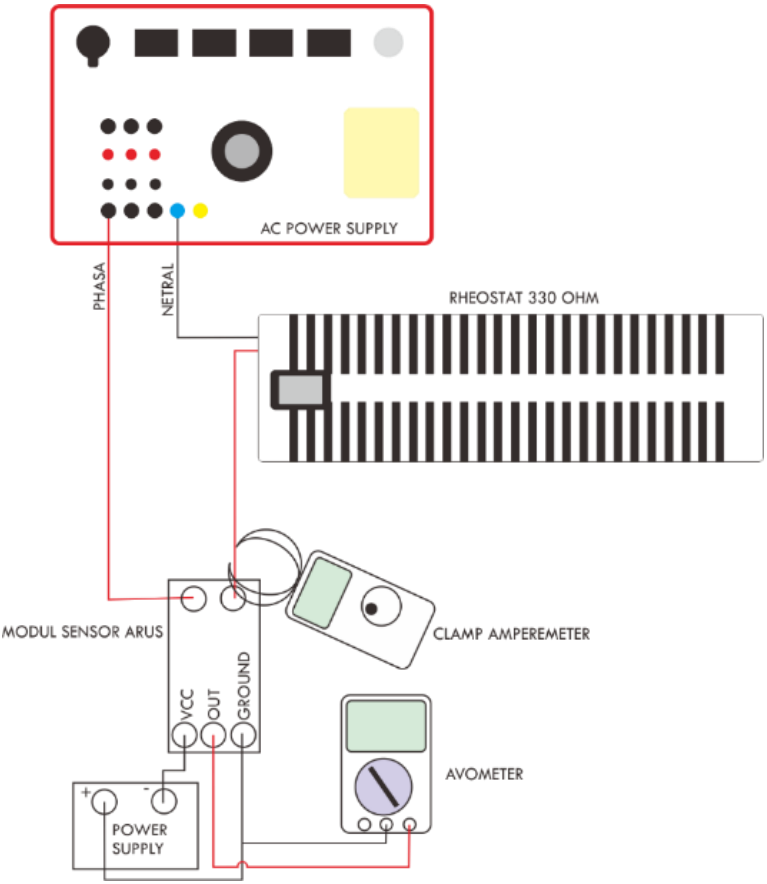
Gambar 4.9 Hasil Nilai Tegangan Masukan dengan Nilai Tegangan pada LCD *(Slave)*

4.1.4 Pengujian Sensor Arus ACS-712 5A

Pengujian sensor arus ACS-712 5A dilakukan dengan cara membandingkan antara tegangan sumber dan tegangan pembacaan sensor atau yang biasa disebut kalibrasi. Nilai arus yang akan diukur adalah arus antara 1 A sampai 5 A dengan sumber tegangan AC *power supply* dengan merek "Lydebold" dan beban rheostat 330 Ω. Skema pengujian terdapat pada Gambar 4.10.

Pengujian ini diawali dengan mengamati nilai keluaran sensor dan nilai ADC dengan arus masukan dari 0 A dan 5 A yang hasilnya

tertera pada Tabel 4.4. Hasilnya dihitung melalui *Microsoft Excel* yang memanfaatkan rumus persamaan garis lurus sehingga menghasilkan persamaan garis lurus dan grafik seperti pada Gambar 4.11. Persamaan tersebut dimasukkan ke program sehingga timbul nilai arus pada LCD yang dapat dibandingkan dengan nilai masukan. Perbedaan kedua nilai tersebut dapat diamati *error*-nya yang hasilnya direkap pada Tabel 4.5 dan grafik pada Gambar 4.12.

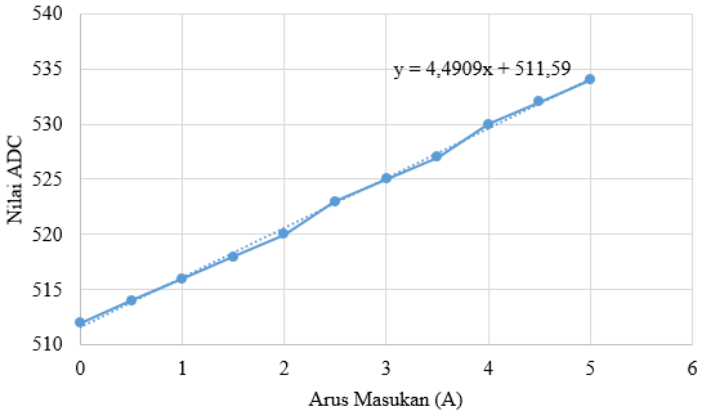


Gambar 4.10 Skema Pengujian Sensor Arus ACS-712 5A *(Slave)*

Tabel 4.4 Nilai ADC dan Arus *Input* Sensor Arus

No	Arus Masukan (A)	Tegangan Beban (V)	ADC	Tegangan Keluaran Sensor (V)
1	0	0	512	2,502444
2	0,5	5	514	2,512219
3	1	10	516	2,521994
4	1,5	18	518	2,531769
5	2	20	520	2,541544
6	2,5	29	523	2,556207
7	3	30	525	2,565982
8	3,5	38	527	2,575758
9	4	41	530	2,59042
10	4,5	46	532	2,600196
11	5	51	534	2,609971

Dari Tabel 4.4 dijadikan suatu grafik maka akan menghasilkan grafik data yang linear seperti Gambar 4.11 dan menghasilkan persamaan linear y = 4,4909x + 511,59.



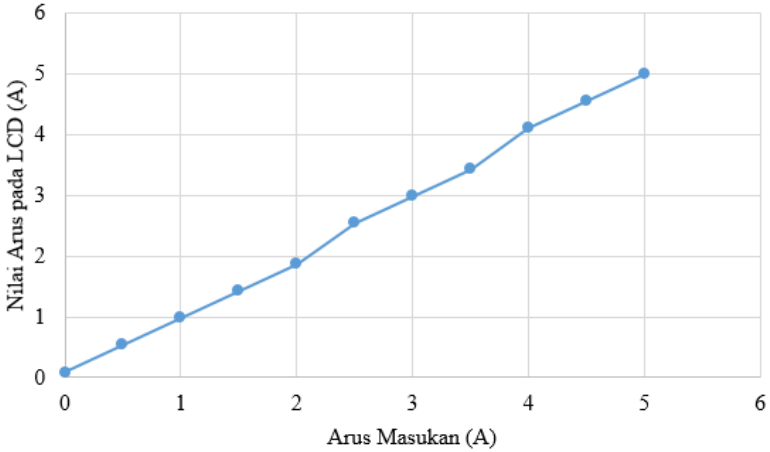
Gambar 4.11 Hasil Kalibrasi Sensor Arus ACS-712 5A *(Slave)*

Dari Gambar 4.11, dapat diketahui arus yang terbaca oleh sensor setelah persamaan y = 4,4909x + 511,59 dimasukkan ke kode program pengukuran sensor. Lalu, kami membandingkan nilai arus masukan dan nilai arus yang terbaca oleh sensor serta menghitung *error*-nya dalam bentuk persen.

Tabel 4.5 Data Pengujian Arus *Input* dan Nilai Arus pada LCD

No	Arus Masukan (A)	Tegangan Beban (V)	Nilai Arus pada LCD (A)	*Error* (%)
1	0	0	0,091296	-100
2	0,5	5	0,536641	-6,8278
3	1	10	0,981986	1,834467
4	1,5	18	1,427331	5,091264
5	2	20	1,872676	6,799049
6	2,5	29	2,540693	-1,60167
7	3	30	2,986038	0,467562
8	3,5	38	3,431383	1,999676
9	4	41	4,099401	-2,42477
10	4,5	46	4,544746	-0,98457
11	5	51	4,990091	0,198572

Dari Tabel 4.5, didapatkan *error* maksimal adalah 6,799049% yaitu pada arus 2 A, sehingga menghasilkan grafik seperti Gambar 4.12.



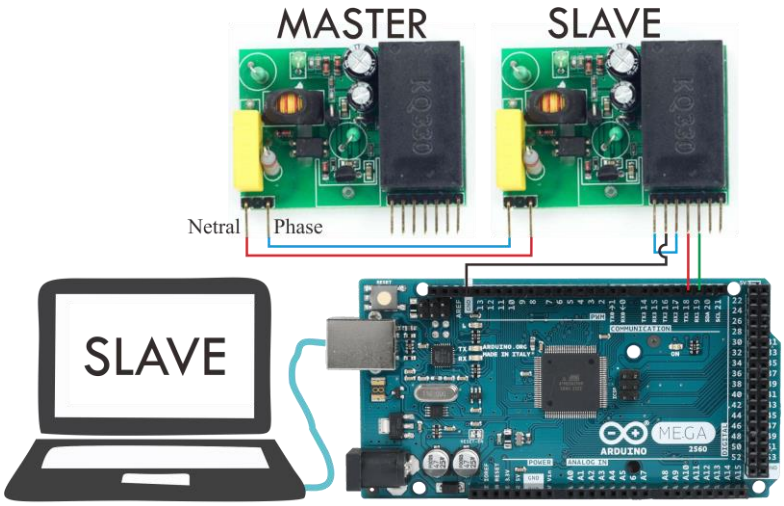
Gambar 4.12 Hasil Nilai Arus Masukan dengan Nilai Arus pada LCD *(Slave)*

4.1.5 Pengujian Pengiriman Data melalui Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330

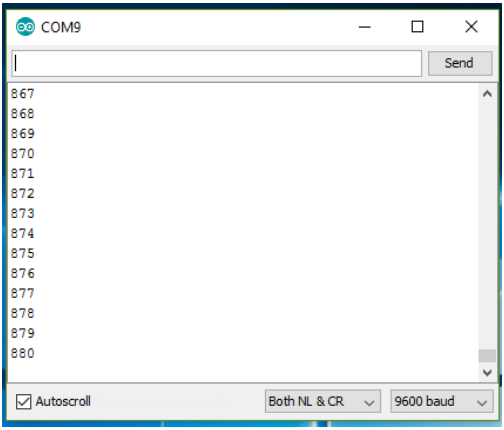
Pengujian komponen ini dilakukan dengan cara meng-*upload* program yang instruksinya mengirimkan data berupa angka *integer* dari *Power Line Carrier* (PLC) *master* secara serial melalui modul PLC.

Pada transmisi serial, pada setiap waktu, modul PLC mengirimkan hanya 1 bit data. Dengan kata lain, bit-bit data tersebut dikirimkan secara satu per satu. *Listing program* ini memanfaatkan iterasi data=data+1 sehingga angka yang dikirim dari angka 0 sampai tak terhingga. Angka-angka tersebut ditampilkan di serial monitor seperti pada Gambar 4.14.

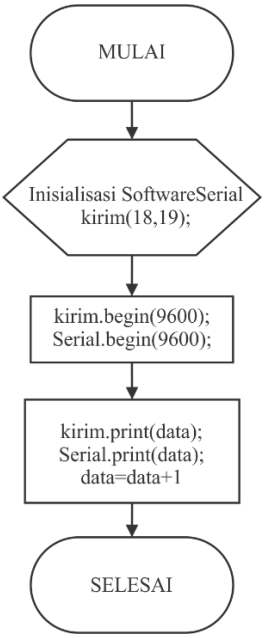
Arduino Mega memakai *port* GND, D18 (TX1), dan D19 (RX1) yang terhubung oleh modul PLC di *port* GND, RX, dan TX. Sedangkan, *port* 5-12 V dan 5 V modul PLC disambung secara seri. Program yang digunakan pada pengujian ini terlampir di lampiran A.1.1.4. Berikut *flowchart* pada Gambar 4.15 dan skema pengujian komponen pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Skema Pengujian Pengiriman Data melalui Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330 *(Slave)*



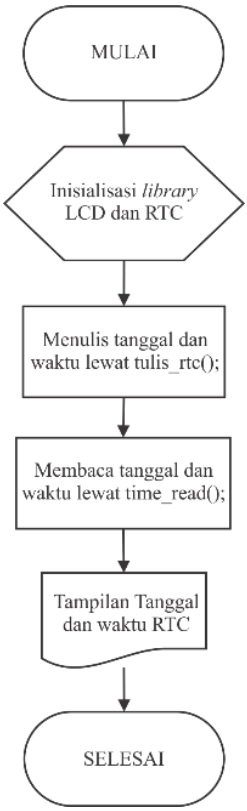
Gambar 4.14 Data yang dikirim melalui *Power Line Carrier* (PLC) KQ330 *(Slave)*



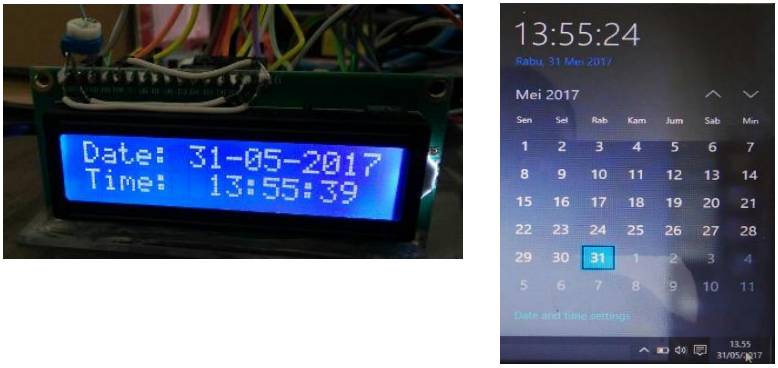
Gambar 4.15 *Flowchart* Program Pengiriman Data melalui Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330 *(Slave)*

4.1.6 Pengujian Modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231

Pengujian dilakukan dengan cara meng-*upload* program untuk menampilkan tampilan tanggal dan waktu secara *real-time* pada LCD dengan program yang digunakan pada pengujian ini terlampir di lampiran A.1.1.3. Kami membandingkan jam dan tanggal modul ini dengan jam dan tanggal pada komputer. Hasilnya, perbedaan jam dan tanggal antara keduanya adalah waktu detiknya seperti pada Gambar 4.17. Namun, secara umum, modul ini sudah sesuai dengan jam dan tanggal pada komputer. Berikut *flowchart* program yang digunakan pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 *Flowchart* Program Modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231 *(Slave)*



Gambar 4.17 Pengujian Modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231 *(Slave)*

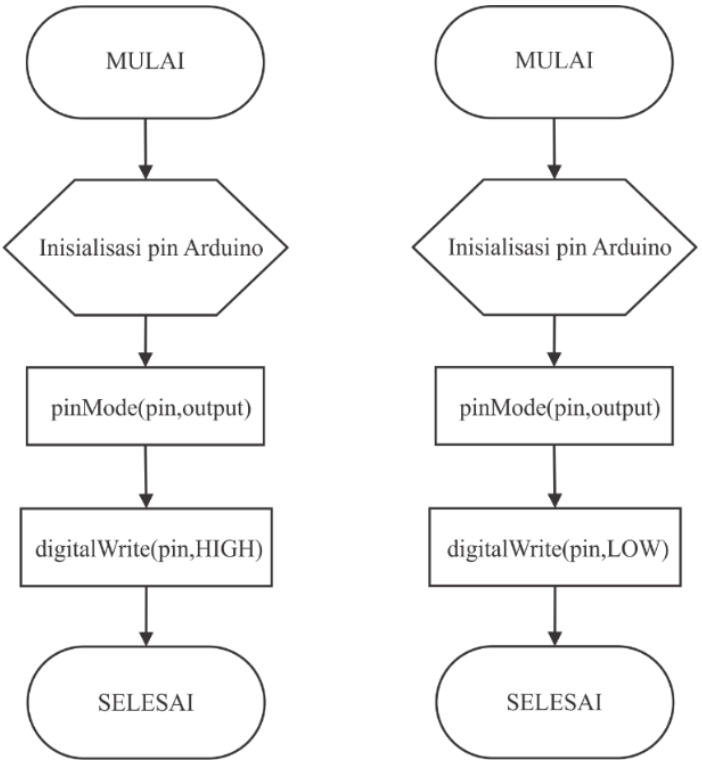
4.2 Pengujian Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi *(Master)*

Pengujian Pengukur Tegangan pada Pelanggan meliputi pengujian tujuh komponen yaitu pengujian Arduino Mega 2560, LCD, sensor tegangan AC ZMPT101B, pengiriman data melalui modul PLC, modul RTC, modul SIM900 dan *Switching Power Supply*, dan LM7809, serta LM7805.

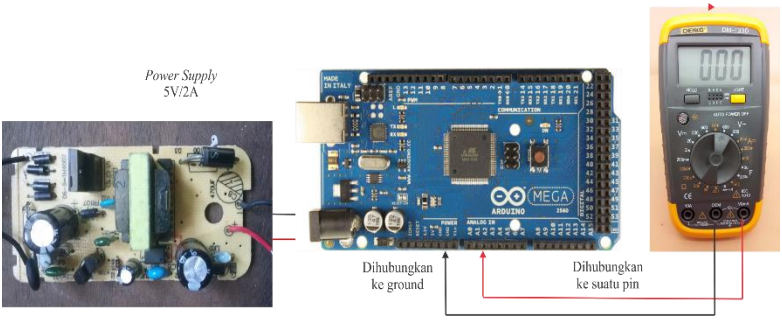
Pengujian masing-masing komponen disertai tabel hasil pengujian, dokumentasi pengujian, dan skema pengujian komponen.

4.2.1 Pengujian Arduino Mega 2560

Pengujian ini dilakukan terhadap *board* Arduino Mega 2560. Pengujian dilakukan pada pin yang yang digunakan pada sistem alat ini yaitu pin pin A0 hingga A15 dan D0 hingga D53 milik Arduino Mega dengan cara mengatur keluarannya pada logika 1 dan 0 dengan mengunggah program yang terlampir pada lampiran A.1.2.1 ke *board* Arduino. Gambar 4.18 merupakan *flowchart* program untuk memberikan tegangan pada pin Arduino berlogika 1 atau sebesar 5 V sedangkan pada Gambar 4.18 juga merupakan *flowchart* program untuk memberikan tegangan keluaran pada pin Arduino berlogika 0 atau 0 V. Kemudian, kami mengukur nilai keluaran tegangan pada setiap pin dengan multimeter dengan skema pengukuran yang terdapat pada Gambar 4.19. Tabel 4.6 merupakan hasil pengujian pada pin Arduino.



Gambar 4.18 *Flowchart* Pengujian Tegangan Pin pada Logika 1 dan Logika 0 *(Master)*



Gambar 4.19 Skema Pengujian Pin A/D Arduino *(Master)*

Tabel 4.6 Pengujian Pin Arduino Mega 2560

Pin	Tegangan pada logika 1 (V)	Tegangan pada logika 0 (V)
A0	5,12	0
A1	5,12	0
A2	5,12	0
A3	5,12	0
A4	5,12	0
A5	5,12	0
A6	5,12	0
A7	5,12	0
A8	5,12	0
A9	5,12	0
A10	5,12	0
A11	5,12	0
A12	5,12	0
A13	5,12	0
A14	5,12	0
A15	5,12	0
D0	5,12	0
D1	5,12	0
D2	5,12	0
D3	5,12	0
D4	5,12	0
D5	5,12	0
D6	5,12	0
D7	5,12	0
D8	5,12	0
D9	5,12	0
D10	5,12	0
D11	5,12	0
D12	5,12	0
D13	5,12	0
D14	5,12	0
D15	5,12	0
D16	5,12	0
D17	5,12	0
D18	5,12	0
D19	5,12	0
D20	5,12	0
D21	5,12	0
D22	5,12	0
D23	5,12	0
D24	5,12	0
D25	5,12	0
D26	5,12	0

Pin	Tegangan pada logika 1 (V)	Tegangan pada logika 0 (V)
D27	5,12	0
D28	5,12	0
D29	5,12	0
D30	5,12	0
D31	5,12	0
D32	5,12	0
D33	5,12	0
D34	5,12	0
D35	5,12	0
D36	5,12	0
D37	5,12	0
D38	5,12	0
D39	5,12	0
D40	5,12	0
D41	5,12	0
D42	5,12	0
D43	5,12	0
D44	5,12	0
D45	5,12	0
D46	5,12	0
D47	5,12	0
D48	5,12	0
D49	5,12	0
D50	5,12	0
D51	5,12	0
D52	5,12	0
D53	5,12	0

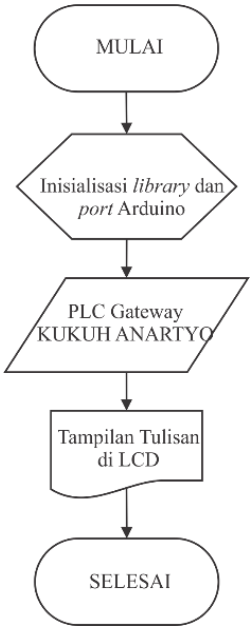
Pengujian pada Gambar 4.19 menunjukkan bahwa tegangan keluaran pada setiap pin Arduino hampir sama dengan tegangan masukan ke Arduino, yaitu tegangan 5,10 V ketika Arduino diberi logika 1. Pada keadaan Arduino diberi logika 0 keluaran pada tiap-tiap pin sama yaitu mengeluarkan tegangan bernilai 0. Hal ini menunjukkan bahwa setiap pin pada Arduino Mega masih bekerja dengan baik.

4.2.2 Pengujian *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2

Pengujian LCD dilakukan dengan cara menambahkan program pada mikrokontroler Arduino untuk menampilkan karakter pada LCD. Pada pengujian LCD kali ini menggunakan LCD 16x2, pengujian kami lakukan dengan memberi program yang terlampir pada lampiran A.1.2.2 untuk menampilkan karakter " PLC Gateway" pada baris pertama dan "KUKUH ANARTYO" pada baris selanjutnya pada Arduino. *Flowchart*

pemrograman seperti Gambar 4.21, dan hasil tampilan pada LCD di tunjukkan pada Gambar 4.20.

Gambar 4.20 Hasil Tampilan *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2 *(Master)*



Gambar 4.21 *Flowchart* Program Tampilan *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2 *(Master)*

4.2.3 Pengujian Sensor Tegangan AC ZMPT101B

Pengujian sensor tegangan AC ZMPT101B dilakukan dengan cara membandingkan antara tegangan sumber dan tegangan pembacaan sensor atau yang biasa disebut kalibrasi. Nilai tegangan yang akan diukur adalah tegangan antara 0 V sampai 220 V menggunakan AC *power supply* dengan merek "Lydebold". Skema pengujian sensor dan dokumentasi pengujian tertera pada subbab 4.1.3.

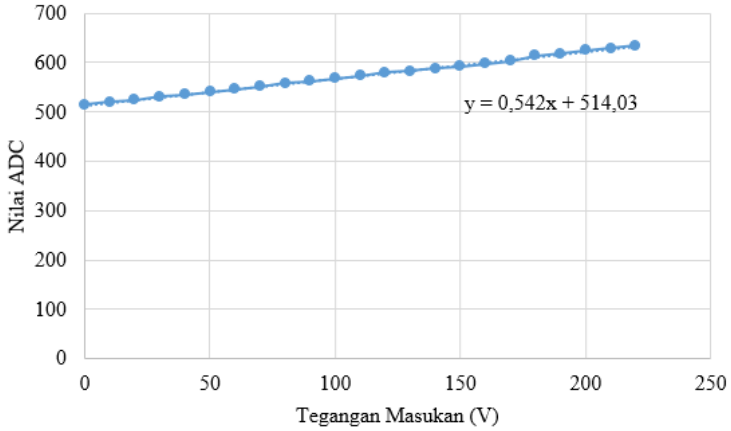
Pengujian ini diawali dengan mengamati nilai keluaran sensor dan nilai ADC dengan tegangan masukan dari 0 V dan 220 V yang hasilnya tertera pada Tabel 4.7. Hasilnya dihitung melalui *Microsoft Excel* yang memanfaatkan rumus persamaan garis lurus sehingga menghasilkan persamaan garis lurus dan grafik seperti pada Gambar 4.22. Persamaan tersebut dimasukkan ke program sehingga timbul nilai tegangan pada LCD yang dapat dibandingkan dengan nilai masukan. Perbedaan kedua nilai tersebut dapat diamati *error*-nya yang hasilnya direkap pada Tabel 4.8 dan grafik pada Gambar 4.23.

Tabel 4.7 Nilai ADC dan Tegangan *Output* Sensor Tegangan

Tegangan Masukan (V)	Nilai ADC	Tegangan Keluaran (V)
0	515	1,092188
10	520	10,34802
20	525	19,60385
30	531	30,71085
40	536	39,96668
50	541	49,22251
60	546	58,47834
70	552	69,58534
80	558	80,69234
90	563	89,94817
100	568	99,204
110	573	108,4598
120	580	121,418
130	583	126,9715
140	588	136,2273
150	593	2,898338
160	598	2,922776
170	604	2,952102
180	614	3,000978
190	618	3,020528

Tegangan Masukan (V)	Nilai ADC	Tegangan Keluaran (V)
200	625	3,054741
210	629	3,074291
220	634	3,098729

Dari Tabel 4.7 dijadikan suatu grafik maka akan menghasilkan grafik data yang linear seperti gambar di bawah dan menghasilkan persamaan linear y = 0,542x + 514,03. Persamaan tersebut didapat dari *software Microsoft Excel.*



Gambar 4.22 Hasil Kalibrasi Sensor Tegangan AC ZMPT101B *(Master)*

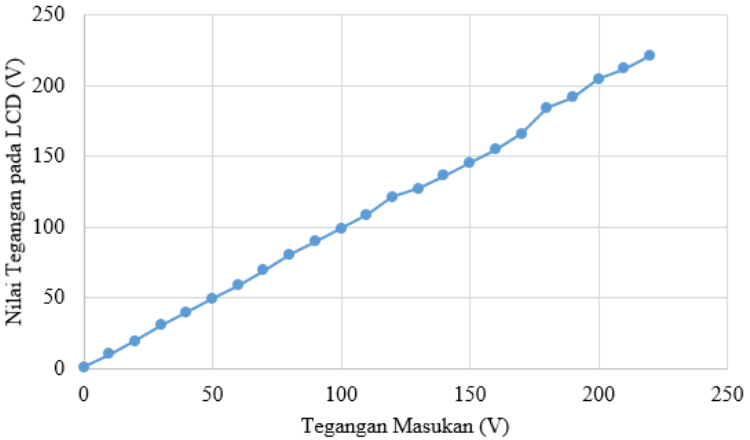
Dari Gambar 4.22, dapat diketahui arus yang terbaca oleh sensor setelah persamaan y = 0,542x + 514,03 dimasukkan ke kode program pengukuran sensor. Lalu, kami membandingkan nilai arus masukan dan nilai arus yang terbaca oleh sensor serta menghitung *error*-nya dalam bentuk persen.

.

Tabel 4.8 Data Pengujian Tegangan *Input* dan Nilai Tegangan pada LCD

Tegangan Masukan (V)	Nilai Tegangan pada LCD (V)	*Error* (%)
0	1,092188	-100
10	10,34802	-3,36315
20	19,60385	2,020774
30	30,71085	-2,31465
40	39,96668	0,083372
50	49,22251	1,579541
60	58,47834	2,602089
70	69,58534	0,595903
80	80,69234	-0,85799
90	89,94817	0,057625
100	99,204	0,802389
110	108,4598	1,420038
120	121,418	-1,16786
130	126,9715	2,385187
140	136,2273	2,769398
150	145,4832	3,104721
160	154,739	3,399928
170	165,846	2,504744
180	184,3576	-2,36369
190	191,7623	-0,91901
200	204,7205	-2,30581
210	212,1251	-1,00183
220	221,381	-0,6238

Dari hasil percobaan Tabel 4.8 didapatkan *error* maksimal adalah 3,399928% yaitu pada tegangan 160 V sehingga menghasilkan Grafik seperti Gambar 4.23.

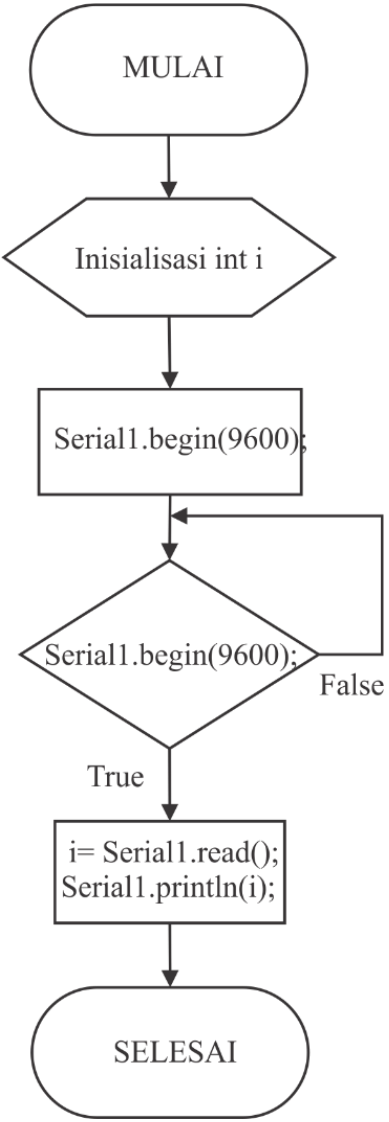


Gambar 4.23 Hasil Nilai Tegangan Masukan dan Nilai Tegangan pada LCD *(Master)*

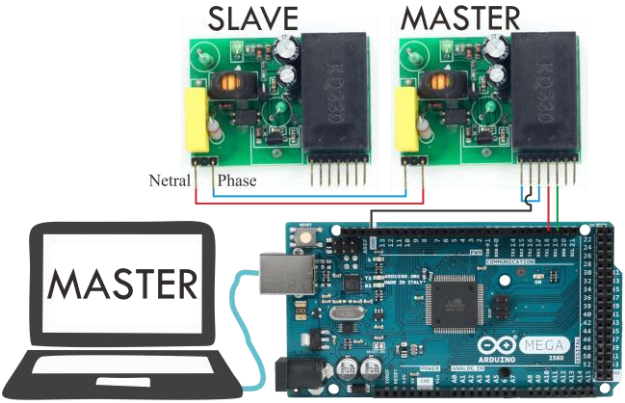
4.2.4 Pengujian Penerimaan Data melalui Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330

Pengujian komponen ini dilakukan dengan cara menerima data berupa angka *integer* dari *Power Line Carrier* Master secara serial melalui modul PLC. *Listing program* ini persis dengan program pada subbab 4.1.5 pengujian modul PLC pada pelanggan. Angka-angka yang diterima modul ini ditampilkan di serial monitor seperti pada Gambar 4.26.

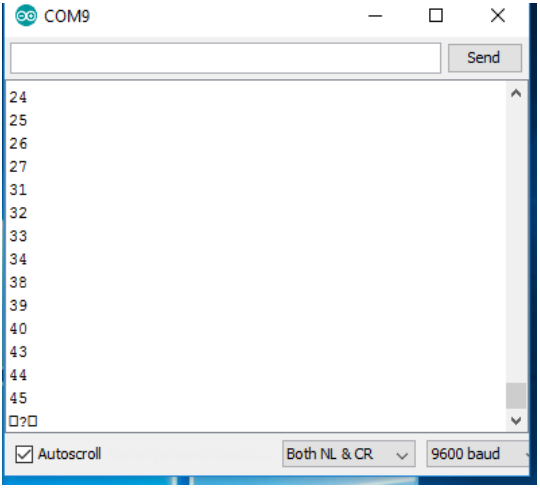
Arduino Mega memakai *port* GND, D18 (TX1), dan D19 (RX1) yang terhubung oleh modul PLC pada *port* GND, RX, dan TX. Sedangkan, *port* 5-12 V dan 5 V modul PLC disambung secara seri. Program yang digunakan pada pengujian ini terlampir di lampiran A.1.2.4. Berikut *flowchart* pada Gambar 4.24 dan skema pengujian komponen pada Gambar 4.25.



Gambar 4.24 *Flowchart* Program Penerima Data Melalui Modul *Power Line Carrier (*PLC) KQ330 *(Master)*



Gambar 4.25 Skema Pengujian Penerimaan Data melalui Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330 *(Master)*

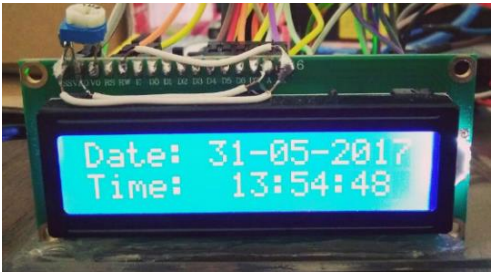


Gambar 4.26 Data yang Diterima melalui Modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330 *(Master)*

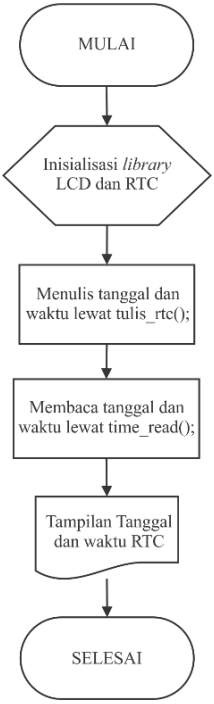
4.2.5 Pengujian Modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231

Pengujian dilakukan dengan cara meng-*upload* program untuk menampilkan tampilan tanggal dan waktu secara *real-time* pada LCD dengan program yang digunakan pada pengujian ini terlampir di lampiran A.1.2.3. Pada pengujian ini, Arduino Mega memakai *port* 5V,

GND, A4, dan A5 yang dihubungkan dengan modul RTC pada *port* VCC, GND, SDA, dan SCL. Berikut dokumentasi pengujian, dan *flowchart* program yang digunakan pada Gambar 4.27 dan Gambar 4.28.



Gambar 4.27 Pengujian Modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231 *(Master)*



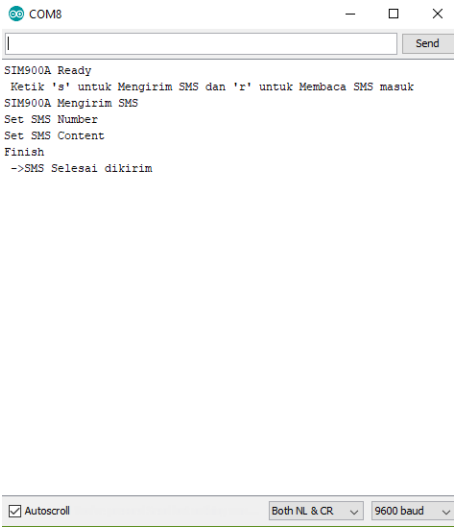
Gambar 4.28 *Flowchart* Program Modul *Real Time Clock* (RTC) DS3231 *(Master)*

4.2.6 Pengujian Modul SIM900

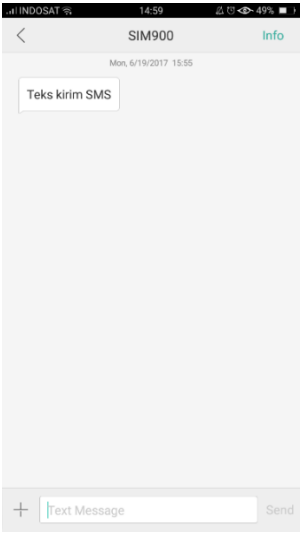
Dalam melakukan pengujian komunikasi menggunakan SIM900 yang bentuknya terdapat pada Gambar 4.29, kami menggunakan program *AT+command*. Modul GSM yang akan digunakan untuk pengiriman SMS maka modul GSM menggunakan format teks dengan perintah *AT+cmgf=1*, mengatur nilai 1 pada *AT+cmgf*. Perintah *AT+cmgs* merupakan perintah untuk pengiriman SMS pada modul GSM SIM900. *AT+cmgs* diikuti dengan penulisan nomor yang akan dituju.

Pengujian SIM900 sebagai modul GSM dengan melakukan pengiriman karakter "Teks Kirim SMS" dengan program yang terlampir pada lampiran A.1.2.5. Pengiriman teks tersebut memanfaatkan serial monitor seperti yang tertera pada Gambar 4.30. Hasil pengiriman teks diterima di *smartphone* tertera pada Gambar 4.31. Aliran *flowchart* pemrograman ditunjukkan pada Gambar 4.32 dan Gambar 4.33.

Gambar 4.29 Modul SIM900 *(Master)*

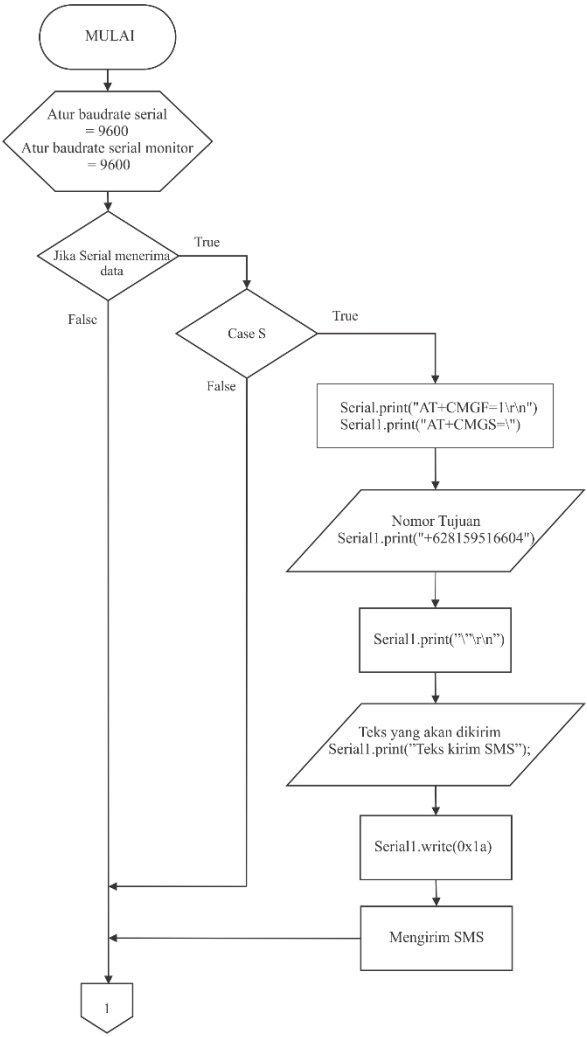


Gambar 4.30 Tampilan Serial Monitor Program Uji Modul SIM900 *(Master)*

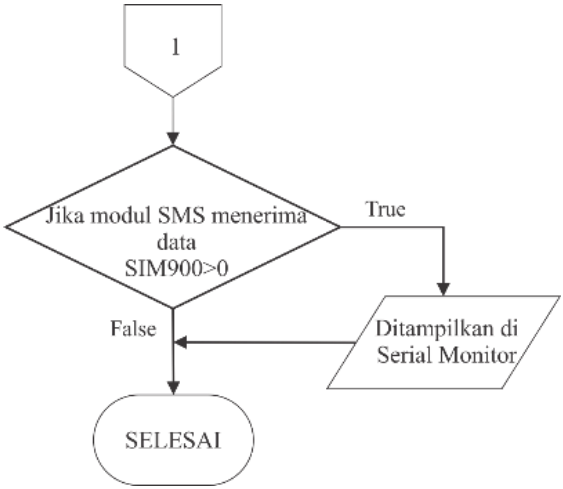


Gambar 4.31 Hasil Pengiriman SMS dari Modul SIM900 *(Master)*

Flowchart SIM900 pada Gambar 4.34 dan Gambar 4.35 memanfaatkan *if* "case s" yang memungkinkan seseorang mengirim SMS dengan menekan huruf "s" di serial monitor. Jika sudah menekan angka "s", maka program utama SIM900 akan bekerja.



Gambar 4.32 *Flowchart* Pengujian Modul SIM900 *(Master)*



Gambar 4.33 Lanjutan *Flowchart* Pengujian Modul SIM900 *(Master)*

4.3 Pengujian Penerima SMS pada PLN

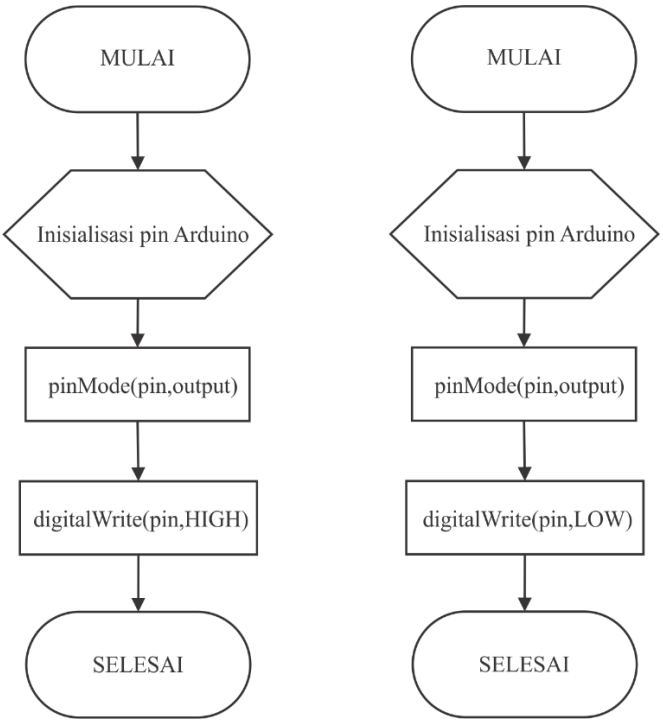
Pengujian Penerima SMS pada Pelanggan meliputi pengujian tiga komponen yaitu pengujian Arduino Mega 2560, modul SIM800L sensor tegangan AC ZMPT101B, pengiriman data melalui modul PLC, dan pengujian *interface* dan *database*

Pengujian masing-masing komponen disertai tabel hasil pengujian, dokumentasi pengujian, dan skema pengujian komponen.

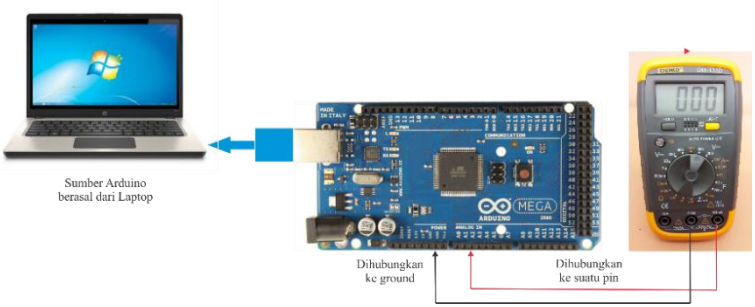
4.3.1 Pengujian Arduino Mega 2560

Pengujian ini dilakukan terhadap *board* Arduino Mega 2560. Pengujian dilakukan pada pin yang yang digunakan pada sistem alat ini yaitu pin A0 hingga A15 dan D0 hingga D53 milik Arduino Mega dengan cara mengatur keluarannya pada logika 1 dan 0 dengan mengunggah program yang terlampir pada lampiran A.1.3 ke *board* Arduino.

Gambar 4.34 merupakan *flowchart* program untuk memberikan tegangan pada pin Arduino berlogika 1 atau sebesar 5 V sedangkan pada Gambar 4.34 juga merupakan *flowchart* program untuk memberikan tegangan keluaran pada pin Arduino berlogika 0 atau 0 V. Kemudian, kami mengukur besar keluaran tegangan pada setiap pin dengan multimeter dengan skema pengukuran yang terdapat pada Gambar 4.35.



Gambar 4.34 *Flowchart* Pengujian Tegangan Pin Arduino pada Logika 1 dan Logika 0



Gambar 4.35 Skema Pengujian Pin A/D Arduino

Tabel 4.9 Pengujian Pin Arduino Mega 2560

Pin	Tegangan pada logika 1 (V)	Tegangan pada logika 0 (V)
A0	5,08	0
A1	5,08	0
A2	5,08	0
A3	5,08	0
A4	5,08	0
A5	5,08	0
A6	5,08	0
A7	5,08	0
A8	5,08	0
A9	5,08	0
A10	5,08	0
A11	5,08	0
A12	5,08	0
A13	5,08	0
A14	5,08	0
A15	5,08	0
D0	5,08	0
D1	5,08	0
D2	5,08	0
D3	5,08	0
D4	5,08	0
D5	5,08	0
D6	5,08	0
D7	5,08	0
D8	5,08	0
D9	5,08	0
D10	5,08	0
D11	5,08	0
D12	5,08	0
D13	5,08	0
D14	5,08	0
D15	5,08	0
D16	5,08	0
D17	5,08	0
D18	5,08	0
D19	5,08	0
D20	5,08	0
D21	5,08	0
D22	5,08	0
D23	5,08	0
D24	5,08	0
D25	5,08	0
D26	5,08	0

Pin	Tegangan pada logika 1 (V)	Tegangan pada logika 0 (V)
D27	5,08	0
D28	5,08	0
D29	5,08	0
D30	5,08	0
D31	5,08	0
D32	5,08	0
D33	5,08	0
D34	5,08	0
D35	5,08	0
D36	5,08	0
D37	5,08	0
D38	5,08	0
D39	5,08	0
D40	5,08	0
D41	5,08	0
D42	5,08	0
D43	5,08	0
D44	5,08	0
D45	5,08	0
D46	5,08	0
D47	5,08	0
D48	5,08	0
D49	5,08	0
D50	5,08	0
D51	5,08	0
D52	5,08	0
D53	5,08	0

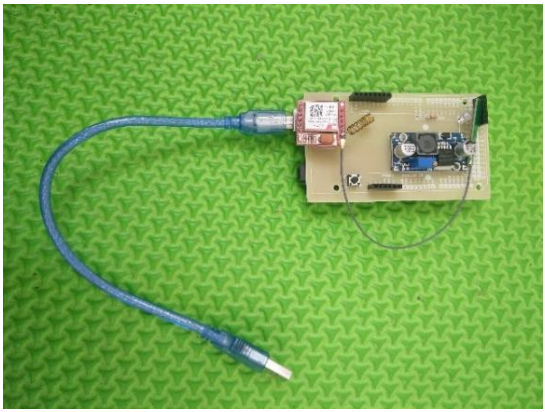
Dari data pengujian pin Arduino Mega pada Tabel 4.9, menujukkan bahwa tegangan keluaran pada setiap pin Arduino hampir sama dengan tegangan masukan ke Arduino yaitu tegangan 5.08V ketika Arduino diberi logika 1. Saat keadaan Arduino diberi logika 0, keluaran pada tiap-tiap pin sama yaitu mengeluarkan tegangan bernilai 0. Hal ini menunjukkan bahwa setiap pin pada Arduino Mega masih bekerja dengan baik.

4.3.2 Pengujian Modul SIM800L

Modul GSM SIM800L, dalam alat ini, berperan sebagai penerima SMS yang berasal dari SIM900 yang terpasang di PHB Trafo. Modul ini terpasang di laptop supaya data SMS ini mampu dipantau langsung melalui *interface* dan disimpan di *database*.

Dalam menerima SMS, modul ini memanfaatkan kegiatan *Parsing Data*. *Parsing Data* suatu kegiatan untuk mengolah suatu paket data masukkan dengan cara memisahkan paket data tersebut ke dalam uraian-uraian data yang akan diolah ke tahap berikutnya. Data yang dikirim memiliki format "ID Pelanggan, No Tiang, Tegangan Pelanggan, Arus Pelanggan, Tegangan PHB, jam, menit, detik, tanggal, bulan, tahun". Paket data di atas dipisah-pisah sehingga mampu diamati di *interface* dan direkap di *database.*

Pengujian alat ini kami lakukan adalah mengukur durasi lama SMS masuk ke SIM800L dengan *stopwatch* yang ditandai dengan kedipan lampu dengan kondisi ruangan dan jarak tertentu. Kondisi ruangan dan jarak yang kami gunakan adalah ruang tertutup, ruang terbuka, dan luar ruangan dengan jarak 7 m, 10 m, 20 m, dan 60 m Program pengujian modul ini terlampir pada lampiran A.1.3. Berikut modul SIM800L pada Gambar 4.36 dan hasil pengujiannya pada Tabel 4.10.



Gambar 4.36 Modul SIM800L

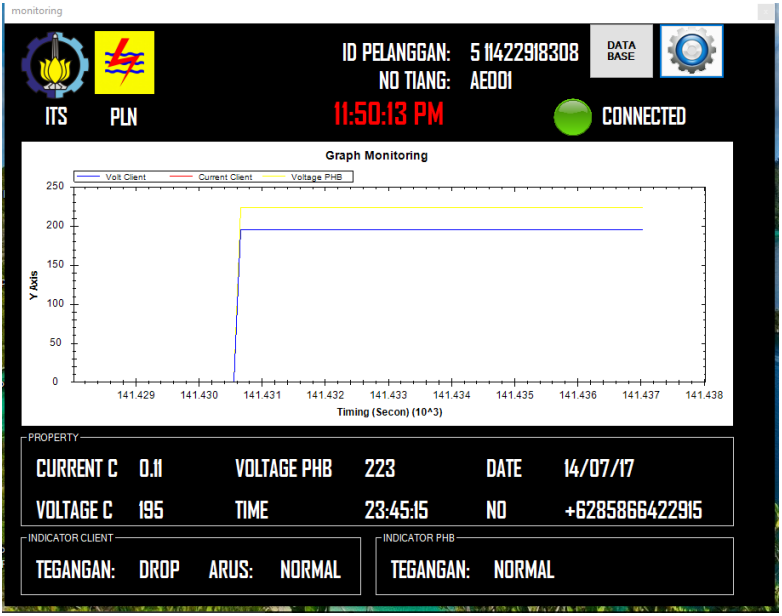
Tabel 4.10 Pengujian Modul SIM800L

No	Jarak (m)	Durasi (s)	Kondisi
1	7	5,60	Ruang Tertutup
2	7	4,70	Ruang Terbuka
3	10	3,43	Ruang Tertutup
4	20	3,07	Ruang Tertutup
5	60	4,55	Luar Ruangan

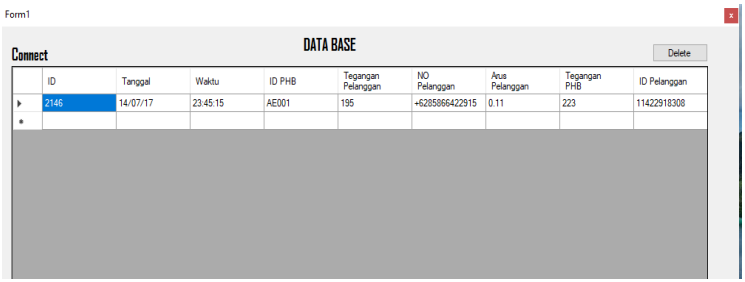
4.3.3 Pengujian *Interface* dan *Database*

Pengujian kedua aplikasi ini dilakukan dengan cara mengirimkan SMS dari *smartphone* ke modul GSM SIM800L dengan format ID Pelanggan, No Tiang, Tegangan Pelanggan, Arus Pelanggan, Tegangan PHB, jam, menit, detik, tanggal, bulan, tahun". Untuk tampilan pada Gambar 4.37, format SMS yang dipakai adalah 5511422918308,AE001,195,0,11,223,23,45,15,14,07,2017.

Interface dilengkapi dengan jam, diagram garis, indikator koneksi, nomor SIM pengirim SMS, dan status tegangan dan arus di masing-masing tempat. Data yang sudah masuk akan disimpan pada *Database* dengan jumlah kolom sesuai format SMS di atas seperti pada Gambar 4.38.



Gambar 4.37 Tampilan *Interface*



Gambar 4.38 Tampilan *Database*

4.4 Pengujian Pengukur Tegangan pada Pelanggan dan Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi (*Master*)

Pengujian antara dua alat ini adalah mengamati durasi pengiriman data oleh modul PLC PHB Trafo setelah dikirim oleh modul PLC pelanggan menggunakan *stopwatch*. Data yang dikirim adalah tegangan pelanggan, arus pelanggan, dan tegangan PHB. Pengujian ini mirip dengan pengujian modul PLC pada bab sebelumnya ,tetapi dua modul ini dijauhkan dengan jarak 3 m, 7 m, 20 m, dan 23 m dan data yang dikirim adalah data tegangan dan arus. Program yang dipergunakan termasuk dalam program utama yang dilampirkan pada lampiran A.1.2.6.

Hasil pengamatan kami pada jarak 3 m (Tabel 4.11), 7 m (Tabel 4.12), 20 m (Tabel 4.13), dan 23 m (Tabel 4.14) yang menunjukkan bahwa lama durasi pengiriman data bergantung pada jarak antara dua alat.

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Modul *Power Line Carrier* (PLC) dengan Jarak 3 m

No	Tegangan Pelanggan (V)	Arus Pelanggan (I)	Tegangan PHB (V)	Waktu (s)
1	0	0	223	1,76
2	143	0,11	223	1,81
3	150	0,17	223	2,01
4	160	0,27	223	1,91
5	170	0,37	223	1,85
6	180	0,47	223	2,21
7	190	0,54	223	2,53
8	220	0,67	223	1,87
9	225	0,73	223	1,97
10	227	0	223	2,11

Tabel 4.12 Hasil Pengujian Modul *Power Line Carrier* (PLC) dengan Jarak 7 m

No	Tegangan Pelanggan (V)	Arus Pelanggan (I)	Tegangan PHB (V)	Waktu (s)
1	0	0	223	1,09
2	143	0,11	223	1,55
3	150	0,17	223	1,73
4	160	0,27	223	2,12
5	170	0,37	223	2,53
6	180	0,47	223	2,21
7	190	0,54	223	1,65
8	220	0,67	223	2,23
9	225	0,73	223	2,44
10	227	0	223	2,19

Tabel 4.13 Hasil Pengujian Modul *Power Line Carrier* (PLC) dengan Jarak 20 m

No	Tegangan Pelanggan (V)	Arus Pelanggan (I)	Tegangan PHB (V)	Waktu (s)
1	0	0	223	4,10
2	143	0,11	223	4,23
3	150	0,17	223	4,35
4	160	0,27	223	4,09
5	170	0,37	223	4,23
6	180	0,47	223	4,85
7	190	0,54	223	4,44
8	220	0,67	223	4,06
9	225	0,73	223	4,22
10	227	0	223	4,13

Tabel 4.14 Hasil Pengujian Modul *Power Line Carrier* (PLC) dengan Jarak 23 m

No	Tegangan Pelanggan (V)	Arus Pelanggan (I)	Tegangan PHB (V)	Waktu (s)
1	0	0	223	4,09
2	143	0,11	223	4,23
3	150	0,17	223	4,14
4	160	0,27	223	4,09
5	170	0,37	223	4,18
6	180	0,47	223	4,81
7	190	0,54	223	4,47
8	220	0,67	223	4,22
9	225	0,73	223	4,39
10	227	0	223	4,40

4.5 Pengujian Pengukur Tegangan pada PHB Trafo Distribusi (*Master*) dan Modul Penerima SMS pada PLN

Pengujian antara dua alat ini adalah mengamati durasi penerimaan SMS setelah dikirim dari modul GSM SIM900 ke modul SIM800L. Data yang dikirim adalah tegangan pelanggan, arus pelanggan, dan tegangan PHB yang ditampung oleh Arduino Mega PHB Trafo. Kami mengambil data-data tersebut sebanyak 10 data yang nilai masing-masing berbeda. Program yang dipergunakan termasuk dalam program utama yang dilampirkan pada lampiran A.1.2.6 Hasil pengamatan kami pada Tabel 4.15 menunjukkan bahwa durasi pengiriman SMS bernilai sekitar antara 2 s dan 2,78 s.

Tabel 4.15 Pengamatan Durasi Penerimaan SMS

No	Tegangan Pelanggan (V)	Arus Pelanggan (A)	Tegangan PHB (V)	Durasi
1	0	0	223	2,00
2	143	0,11	223	2,56
3	150	0,17	223	2,31
4	160	0,27	223	2,12
5	170	0,37	223	2,19
6	180	0,47	223	2,22
7	190	0,54	223	2,30
8	220	0,67	223	2,65
9	225	0,73	223	2,56
10	227	0	223	2,78

4.6 Pengujian Alat Secara Keseluruhan

Gambar 4.39 Tampilan Alat TA Keseluruhan

Pengujian keseluruhan dilaksanakan pada :
Waktu : Jumat, 14 Juli 2017 jam 23.00
Tempat : Kontrakan Mahasiswa D3 Kerjasama PLN
Perumahan Sukolilo Park Regency Blok C-38

Pengujian ini melibatkan semua alat yaitu pengukur tegangan pada pelanggan, pengukur tegangan pada PHB Trafo Distribusi, dan penerima SMS pada PLN beserta *interface* dan *database.* Beban yang dipakai adalah lampu 25 W, 40 W, 60 W, dan 100 W seperti yang tertera pada Gambar 4.39.

Dalam pengujian ini, kami mengamati status dan nilai tegangan pelanggan, arus pelanggan, dan tegangan PHB. Kami juga mengamati durasi pengiriman data melalui PLC, durasi penerimaan SMS oleh SIM800L, tampilan *interface* serta *database.* Program yang digunakan untuk menguji alat ini secara keseluruhan adalah program utama yang dilampirkan pada lampiran A.1.2.5.

Pengujian pertama dilakukan di pengukur tegangan pada pelanggan. Kondisi yang diterapkan adalah lampu tidak dinyalakan sehingga nilai tegangan dan arus pelanggan bernilai nol. Barisan angka di baris kedua adalah jam yang dihasilkan oleh RTC seperti yang terlihat pada Gambar 4.40.

Gambar 4.40 Tampilan LCD Pengukur Tegangan *(Slave)* ketika Tanpa Beban

Pada sisi PHB Trafo, modul PLC menerima data sesuai dengan data yang ditampilkan di LCD pelanggan pada Gambar 4.41 yaitu 0 V dan 0 A. VR adalah tegangan pada jaringan tegangan rendah. Angka “1” adalah pewaktu kirim SMS dalam satuan menit. SIM900 akan mengirimkan SMS ke modul GSM SIM800L di penerima SMS pada PLN jika angka menunjukkan “3” atau menit ke-3. Disamping VR, tertera jam yang dihasilkan oleh RTC.

Gambar 4.41 Tampilan LCD Pengukur Tegangan *(Master)* ketika Pelanggan Tanpa Beban

Gambar 4.42 Beban pada Pelanggan Dinyalakan

Pengujian berikutnya adalah beban pada pelanggan dinyalakan seperti pada Gambar 4.42. LCD akan menampilkan tegangan dan arus pelanggan yang bernilai 175 V dan 0,25 A pada Gambar 4.43. Nilai 175 V didapat dari pengaturan nilai tegangan oleh variabel tegangan yang berperan sebagai simulasi drop tegangan seperti yang terlihat pada Gambar 4.44.

Gambar 4.43 Tampilan LCD Pengukur Tegangan *(Slave)* ketika Beban dinyalakan

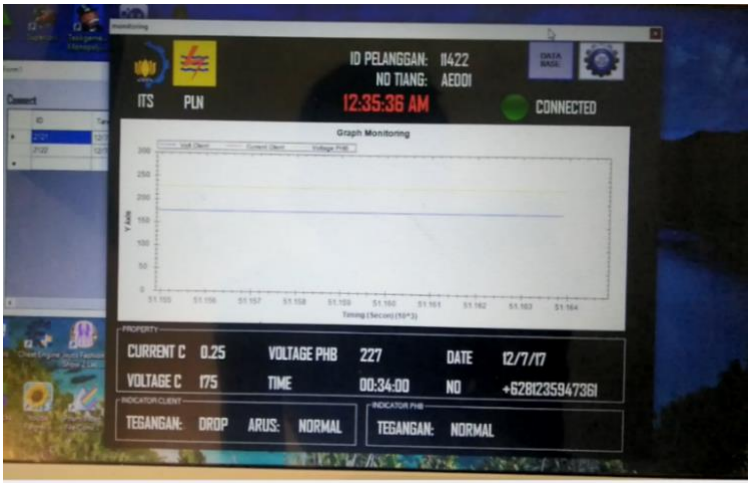
Gambar 4.44 Nilai Tegangan *(Slave)* diatur oleh Variabel Tegangan

Gambar 4.45 Tampilan LCD Pengukur Tegangan *(Master)* ketika Beban dinyalakan

Kemudian, LCD pada PHB Trafo akan menampilkan nilai tegangan dan arus pelanggan yang didapat dari pengiriman data melalui modul PLC. Secara keseluruhan, LCD menampilkan tiga data sekaligus yaitu nilai tegangan dan arus pelanggan, serta nilai tegangan PHB. Di LCD juga tertera angka "2" yang menandakan menit ke-2 sebelum ketiga data tersebut dikirim seperti yang terlihat pada Gambar 4.45.

Gambar 4.46 Tampilan LCD saat Pewaktu Menunjukkan Angka "3"

Pada saat pewaktu menunjukkan angka “3” seperti pada Gambar 4.46, LCD akan muncul tulisan “Send SMS …” yang menandakan ketiga data di atas dikirim ke modul GSM SIM800L.



Gambar 4.47 Tampilan *Interface* Setelah Data Masuk

SMS akan terkirim ke modul GSM SIM800L yang ditandai denga kedipan lampu indikator. Data dalam SMS akan ditampilkan oleh *interface* dan *database* seperti yang tertera pada Gambar 4.47. Di *interface*, tertera nilai tegangan dan arus pelanggan, serta nilai tegangan PHB beserta grafiknya. Tak hanya ketiga data tersebut, didalam SMS tersebut juga ada ID pelanggan, nomor tiang, waktu pengiriman, tanggal pengiriman, dan nomor kartu SIM pengirim. Oleh *interface* , ketiga data di atas dikelompokkan menjadi beberapa status yaitu :

1. Status Tegangan
    1. 0 V : Padam
    2. 1-197 V : Drop
    3. 198-231 V : Normal
    4. >198 V : Over
2. Status Arus
    1. 0 A : Padam
    2. 0,1 A- 5 A : Normal
    3. >5 A : Over

Gambar 4.48 Tampilan *Database* yang Terisi Data

Terakhir, semua data yang ditampilkan di *interface* akan disimpan di *database* sebagai rekap data bagi APD PLN seperti yang terlihat pada Gambar 4.48. Berikut adalah hasil pengujian nilai tegangan pelanggan, nilai arus pelanggan, dan nilai tegangan PHB beserta statusnya pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Pengujian Alat Tugas Akhir dengan Status

No	Tegangan Pelanggan (V)	Status	Arus Pelanggan (A)	Status	Tegangan PHB (V)	Status
1	0	Drop	0	Drop	223	Normal
2	143	Drop	0,11	Normal	223	Normal
3	150	Drop	0,17	Normal	223	Normal
4	160	Drop	0,27	Normal	223	Normal
5	170	Drop	0,37	Normal	223	Normal
6	180	Drop	0,47	Normal	223	Normal
7	190	Drop	0,54	Normal	223	Normal
8	220	Normal	0,67	Normal	223	Normal
9	225	Normal	0,73	Normal	223	Normal
10	227	Normal	0	Drop	223	Normal

Status pada Tabel 4.16 terbagi menjadi beberapa kategori yaitu :

1. Status Tegangan :
    1. 0 V : Padam. Trafo mengalami kerusakan permanen (trafo tidak beroperasi).
    2. 1-197 V : Drop. Nilai tegangan ini mengalami drop di bawah SPLN 1 : 1995. Sebab gangguan :

i. Pelanggan mengonsumsi daya secara bersamaan hingga mendekati kapasitas trafo.
ii. Jarak rumah pelanggan jauh dari trafo distribusi.
iii. Kabel tegangan rendah pelanggan tidak standar.

3. 198-231 V : Normal. Nilai tegangan ini sesuai standar PLN 1 : 1995 yaitu +5% dan -10% terhadap tegangan nominal.
4. >198 V : Over. Tegangan yang diteruma pelanggan mengalami kenaikan di atas standar PLN 1 : 1995. Sebab gangguan ini ialah pelanggan mengonsumsi daya secara bersamaan hingga mendekati kapasitas trafo.

2. Status Arus :
   1. 0 A : Padam. Nilai ini didapat jika pelanggan tidak menyalakan beban satupun.
   2. 0,1 A-5 A : Normal.
   3. >5 A : Pelanggan memakai beban secara bersama-sama. Hal ini dapat menyebabkan arus pelanggan meningkat sehingga MCB *trip* untuk mencegah pemakaian melebihi daya langganan

Tabel berikutnya, Tabel 4.17 berisi pengujian alat kami dengan berbagai macam beban. Nilai arus yang terbaca di LCD dibandingkan dengan hasil perhitungan dan hasil pengukuran multimeter.

Hasil perbedaan antara nilai arus yang terbaca di LCD dibandingkan dengan hasil perhitungan berupa *error* pengukuran dalam bentuk persentase. Persentase tertinggi didapat saat sensor mengukur arus yang bernilai besar.

Tabel 4.17 Data Pengujian Alat Tugas Akhir dengan Berbagai Macam Beban

No	Beban	Nilai Tegangan di LCD (V)	Pembacaan Arus di LCD (A)	Hasil Perhitungan (A)	Hasil Pengukuran (A)	Error (%)
1	25	227	0,11	0,11	0,10	0
2	40	227	0,17	0,17	0,16	0
3	60	227	0,27	0,26	0,26	1
4	65	227	0,37	0,28	0,27	9
5	85	227	0,47	0,37	0,35	10
6	100	227	0,54	0,44	0,43	10
7	125	227	0,67	0,55	0,54	12
8	140	227	0,73	0,61	0,60	12
9	165	227	0,85	0,72	0,70	13
10	200	227	1,01	0,88	0,85	13

BAB V
PENUTUP

Setelah melakukan perancangan 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 dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Perancangan alat tugas akhir ini diperuntukkan untuk PLN yang diletakkan di rumah pelanggan sebagai ekstensi kWh meter, di PHB (Perangkat Hubung Bagi) Trafo Distribusi yang tersambung ke kabel JTR (jaringan tegangan rendah), dan di APD (Area Pengatur Distribusi) PLN.
2. Hasil yang didapat alat ini dapat dijadikan pedoman bagi PLN untuk melakukan tindakan mencegah gangguan drop tegangan sebelum pelanggan komplain sehingga nilai SAIFI menurun.
3. Nilai pengujian sensor yang diberikan oleh sensor tegangan pada pelanggan memiliki *error* mencapai 1,621244%. Sedangkan pada sensor arus pada pelanggan, error mencapai nilai 6,799049%. Nilai pengujian sensor yang diberikan oleh sensor tegangan pada PHB Trafo memiliki *error* mencapai 3,399928%.
4. Nilai durasi pengiriman data melalui PLC dipengaruhi oleh jarak. Kami mengujinya dengan berbagai jarak. Pada jarak 3 m, durasi tercepat mencapai 1,76 s. Pada jarak 7 m, durasi tercepat mencapai 1,09 s. Pada jarak 20 m, durasi tercepat mencapai 4,10 s. Pada jarak 23 m, durasi tercepat mencapai 4,09 s.
5. Modul SIM800L dapat menerima SMS dari modul SIM900 dengan jarak 7 m dengan durasi berkisar antara 2,00 s dan 2,7 s.
6. Tampilan *interface* pada komputer dapat menampilkan hasil monitoring berupa nilai tegangan pelanggan, arus pelanggan, dan tegangan PHB beserta statusnya dam grafik nilainya. *interface* juga menampilkan waktu pengiriman, tanggal

pengiriman, nomor kartu SIM, ID pelanggan, dan nomor tiang trafo. Kriteria status nilai tegangan pelanggan, arus pelanggan, dan tegangan PHB adalah 0 V = Padam. 1-197 V = Drop. 198-231 V = Normal. >198 V = Over. Kriteria tersebut berasal dari SPLN 1 : 1995 Tegangan-Tegangan Standar.

5.2 Saran

Dengan memperhatikan kelemahan dan kekurangan projek tugas akhir ini, maka diberikan beberapa saran yang sekiranya dapat dikembangkan pada masa depan demi kesempurnaan projek tugas akhir ini. Adapun beberapa saran tersebut yaitu :

1. Kontroler menggunakan mikrokontroler AVR yang mampu mengerjakan banyak inisialisasi, mampu diprogram secara fleksibel tergantung pada alat yang akan dikontrol, dalam hal ini, modul *Power Line Carrier* dan mampu menerima banyak data sekaligus.
2. Modul *Power Line Carrier* diberi periode tertentu dalam pengiriman data modul PLC PHB Trafo karena jika modul ini yang terpasang di rumah-rumah pelanggan mengirim data bersama-sama, gelombang kirim data-data tersebut akan saling bertabrakan sehingga data tidak akan terkirim ke penerima.
3. *Database* perlu ditambahkan tabel khusus yang berisi data tegangan dan arus saat terjadi drop. Tabel tersebut bernama Data Alarm. Tabel tersebut berfungsi sebagai tabel pendamping tabel utama *(database).* Data alarm tak hanya berisi data tegangan dan arus drop saja, melainkan juga waktu, tanggal, dan durasi drop tersebut. Jadi, petugas tak perlu mencari-cari data tegangan dan arus drop di *database.*

DAFTAR PUSTAKA

[1]. Anjar Ika Pristanti, "Sistem Monitoring Drop Tegangan pada Jaringan Tegangan Rendah menggunakan Media Modem GSM", ***Tugas Akhir***, Program Studi D III Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2013.

[2]. Suswanto, Daman, ***Sistem Distribusi Energi Listrik***, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Padang, 2009.

[3]. Suhadi, dkk., ***Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1 untuk SMK***, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta, 2008.

[4]. _____, ***Tegangan-Tegangan Standar SPLN 1 : 1995***, PT. PLN (Persero), Jakarta, 1988

[5]. Denny Firmasyah Z, "Makalah Keandalan Sistem Tenaga Listrik", ***Makalah***, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung, 2014.

[6]. Andrianto, Heri, dan Darmawan, Aan, ***Arduino Belajar Cepat dan Pemrogaman***, Penerbit Informatika, Yogyakarta, 2016.

[7]. _____, ***Pengenalan Visual Studio 2013***, Jubilee Enterprise, Jakarta, 2015.

[8]. Kadir, Abdul, ***Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino,*** Penerbit Andi, Yogyakarta, 2012

[9]. _____, ***Pin Mapping Arduino Mega 2560***, https://www.arduino.cc/en/Hacking/PinMapping2560, 8 Juni 2017.

[10]. _____, ***16 x 2 Character LCD***, *Datasheet*, Visay, 2002.

[11]. Yanuar Mukhammad, "Sistem Monitoring Arus dan Tegangan pada Inverter Pengisian Aki Mobil Listrik Menggunakan Webserver", ***Tugas Akhir***, Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2013.

[12]. Tety Yuniarty, "Realisasi Modulator Power Line Carrier dengan Modulasi FSK untuk Komunikasi Data", ***Tugas Akhir***, Program Studi D III Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Bandung, 2012.

[13]. _____, ***KQ-130F***, *Datasheet*, http://www.kq100.com/?/nrzs/47|81/251.html , 25 Mei 2017.
[14]. Syahwil, Muhammad, ***Panduan Mudah Simulasi & Praktek Mikrokontroler Arduino***, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2014.
[15]. Aris Rasidi, "Sistem Keamanan Password pada Brankas dengan Kunci Otomatis berbasis GSM", ***Tugas Akhir***, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Komputer Indonesia, 2014.
[16]. Syaviri, Ananda Putri, dkk., "POWER SUPPLY", ***Laporan***. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Malang, 2013.
[17]. _____, ***LM2596 SIMPLE SWITCHER Power Converter 150-kHz 3-A Step-Down Voltage Regulator***, *Datasheet*, Texas Instrument, 2016.

LAMPIRAN A

A.1 *Listing* Program Arduino IDE pada Arduino Mega

A.1.1 Program Uji Pengukur Tegangan Sisi Pelanggan

A.1.1.1 Program Uji Pin *Board* Arduino

```
//Program Logika 1
void setup() {
pinMode(A0,OUTPUT);
pinMode(A1,OUTPUT);
pinMode(A2,OUTPUT);
pinMode(A3,OUTPUT);
pinMode(A4,OUTPUT);
pinMode(A5,OUTPUT);
pinMode(A6,OUTPUT);
pinMode(A7,OUTPUT);
pinMode(A8,OUTPUT);
pinMode(A9,OUTPUT);
pinMode(A10,OUTPUT);
pinMode(A11,OUTPUT);
pinMode(A12,OUTPUT);
pinMode(A13,OUTPUT);
pinMode(A14,OUTPUT);
pinMode(A15,OUTPUT);
pinMode(0,OUTPUT);
pinMode(1,OUTPUT);
pinMode(2,OUTPUT);
pinMode(3,OUTPUT);
pinMode(4,OUTPUT);
pinMode(5,OUTPUT);
pinMode(6,OUTPUT);
pinMode(7,OUTPUT);
pinMode(14,OUTPUT);
pinMode(15,OUTPUT);
pinMode(16,OUTPUT);
pinMode(17,OUTPUT);
pinMode(18,OUTPUT);
pinMode(19,OUTPUT);
pinMode(20,OUTPUT);
pinMode(21,OUTPUT);
```

```
pinMode(22,OUTPUT);
pinMode(23,OUTPUT);
pinMode(24,OUTPUT);
pinMode(25,OUTPUT);
pinMode(26,OUTPUT);
pinMode(27,OUTPUT);
pinMode(28,OUTPUT);
pinMode(29,OUTPUT);
pinMode(30,OUTPUT);
pinMode(31,OUTPUT);
pinMode(32,OUTPUT);
pinMode(33,OUTPUT);
pinMode(34,OUTPUT);
pinMode(35,OUTPUT);
pinMode(36,OUTPUT);
pinMode(37,OUTPUT);
pinMode(38,OUTPUT);
pinMode(39,OUTPUT);
pinMode(40,OUTPUT);
pinMode(41,OUTPUT);
pinMode(42,OUTPUT);
pinMode(43,OUTPUT);
pinMode(44,OUTPUT);
pinMode(45,OUTPUT);
pinMode(46,OUTPUT);
pinMode(47,OUTPUT);
pinMode(48,OUTPUT);
pinMode(49,OUTPUT);
pinMode(50,OUTPUT);
pinMode(51,OUTPUT);
pinMode(52,OUTPUT);
pinMode(53,OUTPUT);
}
void loop() {
digitalWrite(A0,HIGH);
digitalWrite(A1,HIGH);
digitalWrite(A2,HIGH);
digitalWrite(A3,HIGH);
```

```
digitalWrite(A4,HIGH);
digitalWrite(A5,HIGH);
digitalWrite(A6,HIGH);
digitalWrite(A7,HIGH);
digitalWrite(A8,HIGH);
digitalWrite(A9,HIGH);
digitalWrite(A10,HIGH);
digitalWrite(A11,HIGH);
digitalWrite(A12,HIGH);
digitalWrite(A13,HIGH);
digitalWrite(A14,HIGH);
digitalWrite(A15,HIGH);
digitalWrite(0,HIGH);
digitalWrite(1,HIGH);
digitalWrite(2,HIGH);
digitalWrite(3,HIGH);
digitalWrite(4,HIGH);
digitalWrite(5,HIGH);
digitalWrite(6,HIGH);
digitalWrite(7,HIGH);
digitalWrite(14,HIGH);
digitalWrite(15,HIGH);
digitalWrite(16,HIGH);
digitalWrite(17,HIGH);
digitalWrite(18,HIGH);
digitalWrite(19,HIGH);
digitalWrite(20,HIGH);
digitalWrite(21,HIGH);
digitalWrite(22,HIGH);
digitalWrite(23,HIGH);
digitalWrite(24,HIGH);
digitalWrite(25,HIGH);
digitalWrite(26,HIGH);
digitalWrite(27,HIGH);
digitalWrite(28,HIGH);
digitalWrite(29,HIGH);
digitalWrite(30,HIGH);
digitalWrite(32,HIGH);
digitalWrite(33,HIGH);
```

```
digitalWrite(34,HIGH);
digitalWrite(35,HIGH);
digitalWrite(36,HIGH);
digitalWrite(37,HIGH);
digitalWrite(38,HIGH);
digitalWrite(39,HIGH);
digitalWrite(40,HIGH);
digitalWrite(41,HIGH);
digitalWrite(42,HIGH);
digitalWrite(43,HIGH);
digitalWrite(44,HIGH);
digitalWrite(45,HIGH);
digitalWrite(46,HIGH);
digitalWrite(47,HIGH);
digitalWrite(48,HIGH);
digitalWrite(49,HIGH);
digitalWrite(50,HIGH);
digitalWrite(51,HIGH);
digitalWrite(52,HIGH);
digitalWrite(53,HIGH);

}
//Program Logika 0
void setup() {
pinMode(A0,OUTPUT);
pinMode(A1,OUTPUT);
pinMode(A2,OUTPUT);
pinMode(A3,OUTPUT);
pinMode(A4,OUTPUT);
pinMode(A5,OUTPUT);
pinMode(A6,OUTPUT);
pinMode(A7,OUTPUT);
pinMode(A8,OUTPUT);
pinMode(A9,OUTPUT);
pinMode(A10,OUTPUT);
pinMode(A11,OUTPUT);
pinMode(A12,OUTPUT);
pinMode(A13,OUTPUT);
pinMode(A14,OUTPUT);
```

```
pinMode(A15,OUTPUT);
pinMode(0,OUTPUT);
pinMode(1,OUTPUT);
pinMode(2,OUTPUT);
pinMode(3,OUTPUT);
pinMode(4,OUTPUT);
pinMode(5,OUTPUT);
pinMode(6,OUTPUT);
pinMode(7,OUTPUT);
pinMode(14,OUTPUT);
pinMode(15,OUTPUT);
pinMode(16,OUTPUT);
pinMode(17,OUTPUT);
pinMode(18,OUTPUT);
pinMode(19,OUTPUT);
pinMode(20,OUTPUT);
pinMode(21,OUTPUT);
pinMode(22,OUTPUT);
pinMode(23,OUTPUT);
pinMode(24,OUTPUT);
pinMode(25,OUTPUT);
pinMode(26,OUTPUT);
pinMode(27,OUTPUT);
pinMode(28,OUTPUT);
pinMode(29,OUTPUT);
pinMode(30,OUTPUT);
pinMode(31,OUTPUT);
pinMode(32,OUTPUT);
pinMode(33,OUTPUT);
pinMode(34,OUTPUT);
pinMode(35,OUTPUT);
pinMode(36,OUTPUT);
pinMode(37,OUTPUT);
pinMode(38,OUTPUT);
pinMode(39,OUTPUT);
pinMode(40,OUTPUT);
pinMode(41,OUTPUT);
pinMode(42,OUTPUT);
pinMode(43,OUTPUT);
```

```
pinMode(44,OUTPUT);
pinMode(45,OUTPUT);
pinMode(46,OUTPUT);
pinMode(47,OUTPUT);
pinMode(48,OUTPUT);
pinMode(49,OUTPUT);
pinMode(50,OUTPUT);
pinMode(51,OUTPUT);
pinMode(52,OUTPUT);
pinMode(53,OUTPUT);
}
void loop() {
digitalWrite(A0,LOW);
digitalWrite(A1,LOW);
digitalWrite(A2,LOW);
digitalWrite(A3,LOW);
digitalWrite(A4,LOW);
digitalWrite(A5,LOW);
digitalWrite(A6,LOW);
digitalWrite(A7,LOW);
digitalWrite(A8,LOW);
digitalWrite(A9,LOW);
digitalWrite(A10,LOW);
digitalWrite(A11,LOW);
digitalWrite(A12,LOW);
digitalWrite(A13,LOW);
digitalWrite(A14,LOW);
digitalWrite(A15,LOW);
digitalWrite(0,LOW);
digitalWrite(1,LOW);
digitalWrite(2,LOW);
digitalWrite(3,LOW);
digitalWrite(4,LOW);
digitalWrite(5,LOW);
digitalWrite(6,LOW);
digitalWrite(7,LOW);
digitalWrite(14,LOW);
digitalWrite(15,LOW);
digitalWrite(16,LOW);
```

```
digitalWrite(17,LOW);
digitalWrite(18,LOW);
digitalWrite(19,LOW);
digitalWrite(20,LOW);
digitalWrite(21,LOW);
digitalWrite(22,LOW);
digitalWrite(23,LOW);
digitalWrite(24,LOW);
digitalWrite(25,LOW);
digitalWrite(26,LOW);
digitalWrite(27,LOW);
digitalWrite(28,LOW);
digitalWrite(29,LOW);
digitalWrite(30,LOW);
digitalWrite(32,LOW);
digitalWrite(33,LOW);
digitalWrite(34,LOW);
digitalWrite(35,LOW);
digitalWrite(36,LOW);
digitalWrite(37,LOW);
digitalWrite(38,LOW);
digitalWrite(39,LOW);
digitalWrite(40,LOW);
digitalWrite(41,LOW);
digitalWrite(42,LOW);
digitalWrite(43,LOW);
digitalWrite(44,LOW);
digitalWrite(45,LOW);
digitalWrite(46,LOW);
digitalWrite(47,LOW);
digitalWrite(48,LOW);
digitalWrite(49,LOW);
digitalWrite(50,LOW);
digitalWrite(51,LOW);
digitalWrite(52,LOW);
digitalWrite(53,LOW);
}
```

A.1.1.2 Program Uji LCD Pengukur Tegangan pada Pelanggan

```
#include<LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(53, 51, 49, 47, 45, 43);
void setup() {
lcd.begin(16,2);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print(“PLC Gateway”);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(“SEPTIAN ALIF”);
}
void loop() {
}
```

A.1.1.3 Program Uji Modul *Real Time Clock* (RTC)

```
#include <Wire.h>
#include <Time.h>
#include <DS1307RTC.h>
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12,11,5,4,3,2);

void setup() {
  lcd.begin(16,2);
  while (!Serial);
  delay(200);
}

void loop() {
  tmElements_t tm;
  if (RTC.read(tm)) {
    lcd.clear();
    lcd.print("Date: ");
    printkurangdarinol(tm.Day);
    lcd.print("-");
    printkurangdarinol(tm.Month);
    lcd.print("-");
    lcd.print(tmYearToCalendar(tm.Year));

    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Time:  ");
```

```
    printkurangdarinol(tm.Hour);
    lcd.print(":");
    printkurangdarinol(tm.Minute);
    lcd.print(":");
    printkurangdarinol(tm.Second);
  } else {
    if (RTC.chipPresent()) {
      lcd.print("DS1307 Terhenti!");
    } else {
      lcd.print("  DS1307 Error!");
    }
    delay(9000);
  }
  delay(1000);
}
void printkurangdarinol(int nomor) {
  if (nomor >= 0 && nomor < 10) {
    lcd.write('0');
  }
  lcd.print(nomor);
}
}
```

A.1.1.4 Program Uji *Power Line Carrier* Pengirim *(Slave)*

```
#include <SoftwareSerial.h>
unsigned long int data=0 ;
SoftwareSerial kirim (18,19); //tx rx

void setup()
{
kirim.begin (9600);
//Serial1.begin(9600);
Serial.begin(9600);

}

void loop()
{
```

```
kirim.print(data);
Serial.println(data);
//kirim ke port serial
data=data+1;
delay(500); // waktu tunda untuk menyiapkan pembacaan berikutnya
}
```

A.1.1.5 Program Utama

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

#define pin_arus1 A1
#define pin_tegangan1 A0

byte second = 0;
byte minute = 0;
byte hour = 0;
byte weekday = 0;
byte monthday = 0;
byte month = 0;
int year = 0;
RTC_Millis rtc;
const int DS1307 = 0x68; // Alamat pin RTC pada arduino

int pin_relay1 =4;
int pin_relay2 =5;
double arus1;
int tegangan1;
bool yes,up;
bool flag1,flag2;
String data_masuk;
String dt[10];
int i;
boolean parsing=false;

LiquidCrystal lcd(53, 51, 49, 47, 45, 43);

void setup(){
```

```
Serial3.begin(9600);
Wire.begin();
tulis_rtc();
 lcd.begin(16,2);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);lcd.print ("PLC - GATEWAY");
  lcd.setCursor(0,1);lcd.print ("   ITS 2017  ");
  delay(2000);
  lcd.clear();
}

void loop() {
double n_arus=arus(A1);
int n_tegangan=tegangan(A0);
time_read();
Serial3.print("*");
Serial3.print(n_arus);
Serial3.print(";");
Serial3.print(n_tegangan);
Serial3.println(";#");

lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("V:");
lcd.print(n_tegangan);
lcd.print(" V ");
lcd.print("I:");
lcd.print(n_arus);
lcd.print(" A ");

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(karakter(hour));
lcd.print(":");
lcd.print(karakter(minute));
lcd.print(":");
lcd.print(karakter(second));
delay(200);
}
double arus(int pin) {
  int rVal = 0; //variable penampung nilai adc
```

```
  int sampleDuration = 100;    // durasi pengambilan data 100ms
  int sampleCount = 0;         // variable untuk menghitung jumlah
sampling
  unsigned long rSquaredSum = 0; //
  int rZero = 511;    // kondisi nilai ADC saat tanpa beban
  uint32_t startTime = millis();
  while((millis()-startTime) < sampleDuration)
  {
    rVal = analogRead(pin) - rZero; // mengambil nilai ADC realtime
dikurang dengan nilai adc tanpa beban
    rSquaredSum += rVal * rVal; //setiap data dijumlahkan dan
dikuadratkan
    sampleCount++; // sebagai indikator untuk menentukan jumlah data
yang diambil selama 100ms
  }

  double voltRMS = 5.0 * sqrt(rSquaredSum / sampleCount) / 1024.0;
//mencari nilai rata
  double ampsRMS = voltRMS * 18.5; // dikalikan dengan konstanta
  ampsRMS=ampsRMS-0.53;
  if (ampsRMS<0){ampsRMS=0;}
  return ampsRMS;
}


int tegangan(int pin){
int rVal = 0;
int sampleDuration = 100;
int sampleCount = 0;
unsigned long rSquaredSum = 0;
int rZero = 511;
uint32_t startTime = millis();
while((millis()-startTime) < sampleDuration)
{
rVal = analogRead(pin) - rZero;
rSquaredSum += rVal * rVal;
sampleCount++;
}
```

```
  double voltRMS =  400*sqrt(rSquaredSum / sampleCount) / 1024.0;
  double ampsRMS = voltRMS * 6.5;
  if (ampsRMS<20){ampsRMS=0;}
  return ampsRMS;
}
void tulis_rtc(){
  Wire.beginTransmission(DS1307);
  Wire.write(byte(0));
  Wire.write(decToBcd(0));//decToBcd(second));
  Wire.write(decToBcd(37));//decToBcd(minute));
  Wire.write(decToBcd(14));//decToBcd(hour));
  Wire.write(decToBcd(3));//decToBcd(weekday));
  Wire.write(decToBcd(13));//decToBcd(monthday));
  Wire.write(decToBcd(7));//decToBcd(month));
  Wire.write(decToBcd(17));//decToBcd(year));
  Wire.write(byte(0));
  Wire.endTransmission();
}
void time_read(){ //membaca rtc
  Wire.beginTransmission(DS1307);
  Wire.write(byte(0));
  Wire.endTransmission();
  Wire.requestFrom(DS1307, 7);
  second = bcdToDec(Wire.read());
  minute = bcdToDec(Wire.read());
  hour = bcdToDec(Wire.read());
  weekday = bcdToDec(Wire.read());
  monthday = bcdToDec(Wire.read());
  month = bcdToDec(Wire.read());
  year = bcdToDec(Wire.read());
   Wire.write(byte(0));
  Wire.endTransmission();
}
```

A.1.2 Program Uji Pengukur Tegangan Sisi PHB Trafo

A.1.2.1 Program Uji Pin *Board* Arduino

```
//Program Logika 1
void setup() {
pinMode(A0,OUTPUT);
pinMode(A1,OUTPUT);
pinMode(A2,OUTPUT);
pinMode(A3,OUTPUT);
pinMode(A4,OUTPUT);
pinMode(A5,OUTPUT);
pinMode(A6,OUTPUT);
pinMode(A7,OUTPUT);
pinMode(A8,OUTPUT);
pinMode(A9,OUTPUT);
pinMode(A10,OUTPUT);
pinMode(A11,OUTPUT);
pinMode(A12,OUTPUT);
pinMode(A13,OUTPUT);
pinMode(A14,OUTPUT);
pinMode(A15,OUTPUT);
pinMode(0,OUTPUT);
pinMode(1,OUTPUT);
pinMode(2,OUTPUT);
pinMode(3,OUTPUT);
pinMode(4,OUTPUT);
pinMode(5,OUTPUT);
pinMode(6,OUTPUT);
pinMode(7,OUTPUT);
pinMode(14,OUTPUT);
pinMode(15,OUTPUT);
pinMode(16,OUTPUT);
pinMode(17,OUTPUT);
pinMode(18,OUTPUT);
pinMode(19,OUTPUT);
pinMode(20,OUTPUT);
pinMode(21,OUTPUT);
pinMode(22,OUTPUT);
pinMode(23,OUTPUT);
pinMode(24,OUTPUT);
```

```
pinMode(25,OUTPUT);
pinMode(26,OUTPUT);
pinMode(27,OUTPUT);
pinMode(28,OUTPUT);
pinMode(29,OUTPUT);
pinMode(30,OUTPUT);
pinMode(31,OUTPUT);
pinMode(32,OUTPUT);
pinMode(33,OUTPUT);
pinMode(34,OUTPUT);
pinMode(35,OUTPUT);
pinMode(36,OUTPUT);
pinMode(37,OUTPUT);
pinMode(38,OUTPUT);
pinMode(39,OUTPUT);
pinMode(40,OUTPUT);
pinMode(41,OUTPUT);
pinMode(42,OUTPUT);
pinMode(43,OUTPUT);
pinMode(44,OUTPUT);
pinMode(45,OUTPUT);
pinMode(46,OUTPUT);
pinMode(47,OUTPUT);
pinMode(48,OUTPUT);
pinMode(49,OUTPUT);
pinMode(50,OUTPUT);
pinMode(51,OUTPUT);
pinMode(52,OUTPUT);
pinMode(53,OUTPUT);
}
void loop() {
digitalWrite(A0,HIGH);
digitalWrite(A1,HIGH);
digitalWrite(A2,HIGH);
digitalWrite(A3,HIGH);
digitalWrite(A4,HIGH);
digitalWrite(A5,HIGH);
digitalWrite(A6,HIGH);
digitalWrite(A7,HIGH);
```

```
digitalWrite(A8,HIGH);
digitalWrite(A9,HIGH);
digitalWrite(A10,HIGH);
digitalWrite(A11,HIGH);
digitalWrite(A12,HIGH);
digitalWrite(A13,HIGH);
digitalWrite(A14,HIGH);
digitalWrite(A15,HIGH);
digitalWrite(0,HIGH);
digitalWrite(1,HIGH);
digitalWrite(2,HIGH);
digitalWrite(3,HIGH);
digitalWrite(4,HIGH);
digitalWrite(5,HIGH);
digitalWrite(6,HIGH);
digitalWrite(7,HIGH);
digitalWrite(14,HIGH);
digitalWrite(15,HIGH);
digitalWrite(16,HIGH);
digitalWrite(17,HIGH);
digitalWrite(18,HIGH);
digitalWrite(19,HIGH);
digitalWrite(20,HIGH);
digitalWrite(21,HIGH);
digitalWrite(22,HIGH);
digitalWrite(23,HIGH);
digitalWrite(24,HIGH);
digitalWrite(25,HIGH);
digitalWrite(26,HIGH);
digitalWrite(27,HIGH);
digitalWrite(28,HIGH);
digitalWrite(29,HIGH);
digitalWrite(30,HIGH);
digitalWrite(32,HIGH);
digitalWrite(33,HIGH);
digitalWrite(34,HIGH);
digitalWrite(35,HIGH);
digitalWrite(36,HIGH);
digitalWrite(37,HIGH);
```

```
digitalWrite(38,HIGH);
digitalWrite(39,HIGH);
digitalWrite(40,HIGH);
digitalWrite(41,HIGH);
digitalWrite(42,HIGH);
digitalWrite(43,HIGH);
digitalWrite(44,HIGH);
digitalWrite(45,HIGH);
digitalWrite(46,HIGH);
digitalWrite(47,HIGH);
digitalWrite(48,HIGH);
digitalWrite(49,HIGH);
digitalWrite(50,HIGH);
digitalWrite(51,HIGH);
digitalWrite(52,HIGH);
digitalWrite(53,HIGH);

}
//Program Logika 0
void setup() {
pinMode(A0,OUTPUT);
pinMode(A1,OUTPUT);
pinMode(A2,OUTPUT);
pinMode(A3,OUTPUT);
pinMode(A4,OUTPUT);
pinMode(A5,OUTPUT);
pinMode(A6,OUTPUT);
pinMode(A7,OUTPUT);
pinMode(A8,OUTPUT);
pinMode(A9,OUTPUT);
pinMode(A10,OUTPUT);
pinMode(A11,OUTPUT);
pinMode(A12,OUTPUT);
pinMode(A13,OUTPUT);
pinMode(A14,OUTPUT);
pinMode(A15,OUTPUT);
pinMode(0,OUTPUT);
pinMode(1,OUTPUT);
pinMode(2,OUTPUT);
```

```
pinMode(3,OUTPUT);
pinMode(4,OUTPUT);
pinMode(5,OUTPUT);
pinMode(6,OUTPUT);
pinMode(7,OUTPUT);
pinMode(14,OUTPUT);
pinMode(15,OUTPUT);
pinMode(16,OUTPUT);
pinMode(17,OUTPUT);
pinMode(18,OUTPUT);
pinMode(19,OUTPUT);
pinMode(20,OUTPUT);
pinMode(21,OUTPUT);
pinMode(22,OUTPUT);
pinMode(23,OUTPUT);
pinMode(24,OUTPUT);
pinMode(25,OUTPUT);
pinMode(26,OUTPUT);
pinMode(27,OUTPUT);
pinMode(28,OUTPUT);
pinMode(29,OUTPUT);
pinMode(30,OUTPUT);
pinMode(31,OUTPUT);
pinMode(32,OUTPUT);
pinMode(33,OUTPUT);
pinMode(34,OUTPUT);
pinMode(35,OUTPUT);
pinMode(36,OUTPUT);
pinMode(37,OUTPUT);
pinMode(38,OUTPUT);
pinMode(39,OUTPUT);
pinMode(40,OUTPUT);
pinMode(41,OUTPUT);
pinMode(42,OUTPUT);
pinMode(43,OUTPUT);
pinMode(44,OUTPUT);
pinMode(45,OUTPUT);
pinMode(46,OUTPUT);
pinMode(47,OUTPUT);
```

```
pinMode(48,OUTPUT);
pinMode(49,OUTPUT);
pinMode(50,OUTPUT);
pinMode(51,OUTPUT);
pinMode(52,OUTPUT);
pinMode(53,OUTPUT);
}
void loop() {
digitalWrite(A0,LOW);
digitalWrite(A1,LOW);
digitalWrite(A2,LOW);
digitalWrite(A3,LOW);
digitalWrite(A4,LOW);
digitalWrite(A5,LOW);
digitalWrite(A6,LOW);
digitalWrite(A7,LOW);
digitalWrite(A8,LOW);
digitalWrite(A9,LOW);
digitalWrite(A10,LOW);
digitalWrite(A11,LOW);
digitalWrite(A12,LOW);
digitalWrite(A13,LOW);
digitalWrite(A14,LOW);
digitalWrite(A15,LOW);
digitalWrite(0,LOW);
digitalWrite(1,LOW);
digitalWrite(2,LOW);
digitalWrite(3,LOW);
digitalWrite(4,LOW);
digitalWrite(5,LOW);
digitalWrite(6,LOW);
digitalWrite(7,LOW);
digitalWrite(14,LOW);
digitalWrite(15,LOW);
digitalWrite(16,LOW);
digitalWrite(17,LOW);
digitalWrite(18,LOW);
digitalWrite(19,LOW);
```

```
digitalWrite(20,LOW);
digitalWrite(21,LOW);
digitalWrite(22,LOW);
digitalWrite(23,LOW);
digitalWrite(24,LOW);
digitalWrite(25,LOW);
digitalWrite(26,LOW);
digitalWrite(27,LOW);
digitalWrite(28,LOW);
digitalWrite(29,LOW);
digitalWrite(30,LOW);
digitalWrite(32,LOW);
digitalWrite(33,LOW);
digitalWrite(34,LOW);
digitalWrite(35,LOW);
digitalWrite(36,LOW);
digitalWrite(37,LOW);
digitalWrite(38,LOW);
digitalWrite(39,LOW);
digitalWrite(40,LOW);
digitalWrite(41,LOW);
digitalWrite(42,LOW);
digitalWrite(43,LOW);
digitalWrite(44,LOW);
digitalWrite(45,LOW);
digitalWrite(46,LOW);
digitalWrite(47,LOW);
digitalWrite(48,LOW);
digitalWrite(49,LOW);
digitalWrite(50,LOW);
digitalWrite(51,LOW);
digitalWrite(52,LOW);
digitalWrite(53,LOW);
}
```

A.1.2.2 Program Uji LCD Pengukur Tegangan pada PHB

```
#include<LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(37, 35, 33, 31, 29, 27);
void setup() {
lcd.begin(16,2);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print(“PLC Gateway”);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(“KUKUH ANARTYO”);
}
void loop() {
}
```

A.1.2.3 Program Uji Modul *Real Time Clock* (RTC)

```
#include <Wire.h>
#include <Time.h>
#include <DS1307RTC.h>
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12,11,5,4,3,2);

void setup() {
  lcd.begin(16,2);
  while (!Serial);
  delay(200);
}

void loop() {
  tmElements_t tm;
  if (RTC.read(tm)) {
    lcd.clear();
    lcd.print("Date: ");
    printkurangdarinol(tm.Day);
    lcd.print("-");
    printkurangdarinol(tm.Month);
    lcd.print("-");
    lcd.print(tmYearToCalendar(tm.Year));

    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Time:  ");
```

```
    printkurangdarinol(tm.Hour);
    lcd.print(":");
    printkurangdarinol(tm.Minute);
    lcd.print(":");
    printkurangdarinol(tm.Second);
   } else {
    if (RTC.chipPresent()) {
     lcd.print("DS1307 Terhenti!");
    } else {
     lcd.print("  DS1307 Error!");
    }
    delay(9000);
   }
  delay(1000);
}
void printkurangdarinol(int nomor) {
  if (nomor >= 0 && nomor < 10) {
    lcd.write('0');
  }
  lcd.print(nomor);
}
}
```

A.1.2.4 Program Uji *Power Line Carrier* Penerima *(Master)*

```
int i;
void setup() {
  Serial.begin (9600);
  Serial1.begin (9600);
  }

void loop() {
    if (Serial1.available())
    {
      i=Serial1.read();
      Serial.println(i);
    }
    delay(500);
}
```

A.1.2.5 Program Uji Modul SIM900

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial SIM900A(7,8);
void setup()
{
  SIM900A.begin(9600);   // Setting the baud rate of GSM Module
  Serial.begin(9600);    // Setting the baud rate of Serial Monitor
(Arduino)
  Serial.println ("SIM900A Ready");
  delay(100);
  Serial.println (" Ketik 's' untuk Mengirim SMS dan 'r' untuk Membaca
SMS masuk");
}
void loop()
{
  if (Serial.available()>0)
   switch(Serial.read())
  {
    case 's':
      SendMessage();
      break;
    //case 'r':
      //RecieveMessage();
      //break;
  }

 if (SIM900A.available()>0)
   Serial.write(SIM900A.read());
}
 void SendMessage()
{
  Serial.println ("SIM900A Mengirim SMS");
  SIM900A.println("AT+CMGF=1");    //Sets the GSM Module in Text
Mode
  delay(1000);  // Delay of 1000 milli seconds or 1 second
  Serial.println ("Set SMS Number");
  SIM900A.println("AT+CMGS=\"+628159516604\"\r"); // Replace
with your mobile number
  delay(1000);
```

```
  Serial.println ("Set SMS Content");
  SIM900A.println("Teks kirim SMS");// The SMS text you want to
send
  delay(100);
  Serial.println ("Finish");
  SIM900A.println((char)26);// ASCII code of CTRL+Z
  delay(1000);
  Serial.println (" ->SMS Selesai dikirim");
```

A.1.2.6 Program Utama

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include "SIM900.h"
#include "sms.h"
#include <Wire.h>
#include "RTClib.h"
#define sp_tegangan 198
#define jumlahnomor 1
#define periodik 3


String data_masuk;
SMSGSM sms;
int numdata;
boolean started=false;
char sms_position;
char phone_number[20];
char sms_text1[200];
String sms_text;
double arus;
int tegangan;

String dt[10];
int i;
boolean parsing=false;
char* myphone[jumlahnomor]={"+6281329235868"};
bool mode=false;
LiquidCrystal lcd(37, 35, 33, 31, 29, 27);
byte second = 0;
byte minute = 0;
```

```
byte hour = 0;
byte weekday = 0;
byte monthday = 0;
byte month = 0;
int year = 0;
RTC_Millis rtc;
const int DS1307 = 0x68; // Alamat pin RTC pada arduino
bool sudah_sms=false;
int last_minute =0;
int count_minute =0;
bool tampilan;
void setup(){
Serial.begin(9600);
Serial3.begin(9600);
Wire.begin();

Serial.println("GSM Shield testing.");
lcd.begin(16,2);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);lcd.print ("PLC PHB TRAFO");
lcd.setCursor(0,1);lcd.print ("MASTER GATEWAY  ");
delay(3000);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);lcd.print ("GSM CHECKING....");


tulis_rtc();

if (gsm.begin(9600))
{
      lcd.clear();
      Serial.println("\nstatus=READY");
      started=true;
      lcd.setCursor(0,0);lcd.print ("GSM OK");
      delay(3000);

}
else
{
```

```
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0,0);lcd.print ("GSM ERROR ");
        delay(3000);
        Serial.println("\nstatus=IDLE");

}
      lcd.clear();
}

void loop() {
 if (Serial3.available()>1){ // jika serial 3 menerima data
  data_masuk=Serial3.readStringUntil('\n'); //menerima data dari client
dan ditunggu sampai data komplit dengan tanda enter
  parsingData(data_masuk);
 }

time_read();
int sen_teg = read_tegangan(A0); // baca tegangan PHB

if (minute!=last_minute){last_minute=minute;count_minute++;} //
menghitung durasi setiap periode

if (count_minute >= periodik ){
  String protokol = "511422918308,AE001,"+String(tegangan)+"," +
String(arus)+
","+String(sen_teg)+","+String(karakter(hour))+","+String(karakter(min
ute))+","+String(karakter(second))+","+
  String(monthday)+"," + String(month)+ ","+String(year)+","; // format
sms
  sendsms(protokol);
  count_minute=0;
}

lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("I:");
lcd.print(arus);
lcd.print("|V:");
lcd.print(tegangan);
lcd.print(" |");
```

```
lcd.print(count_minute);
lcd.print("   ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(karakter(hour));
lcd.print(":");
lcd.print(karakter(minute));
lcd.print(":");
lcd.print(karakter(second));
lcd.print(" VR:");
lcd.print(sen_teg);
lcd.print(" V ");
}
void parsingData(String dataIn){
int j=0;
dt[j]="";
for(i=1;i<dataIn.length();i++){
//pengecekan tiap karakter dengan karakter (#) dan (,)
if ((dataIn[i] == '#') || (dataIn[i] == ';'))
{
//increment variabel j, digunakan untuk merubah index array
penampung
j++;
dt[j]="";       //inisialisasi variabel array dt[j]
}
else
{
//proses tampung data saat pengecekan karakter selesai.
dt[j] = dt[j] + dataIn[i];
}
}

arus=dt[0].toFloat();
tegangan=dt[1].toInt();

}
int read_tegangan(int pin){
 int rVal = 0;
  int sampleDuration = 100;
  int sampleCount = 0;
```

```
 unsigned long rSquaredSum = 0;
 int rZero = 511;
 uint32_t startTime = millis();
 while((millis()-startTime) < sampleDuration)
 {
  rVal = analogRead(pin) - rZero;
  rSquaredSum += rVal * rVal;
  sampleCount++;
 }

 double voltRMS =  400* sqrt(rSquaredSum / sampleCount) / 1024.0;
 double ampsRMS = voltRMS * 9.5;
 ampsRMS=ampsRMS;
 if (ampsRMS<20){ampsRMS=0;}
 return ampsRMS;
}
void cek_sms_masuk(){
  sms_position = sms.IsSMSPresent(SMS_UNREAD);
 if (sms_position)
     {
       Serial.print("SMS postion:");
       Serial.println(sms_position, DEC);
       sms.GetSMS(sms_position, phone_number, sms_text1, 100);
       Serial.println(phone_number);
       Serial.println(sms_text1);
       sms_text=String(sms_text1);
       Serial.println(sms_text);
       if (sms_position>1){
         for (int i=1;i<=sms_position;i++)
         {
           sms.DeleteSMS(i);
           delay(2000);
         }
       }
       else
       {
         sms.DeleteSMS(sms_position);
       }
```

```
    }
}
void tulis_rtc(){
  Wire.beginTransmission(DS1307);
  Wire.write(byte(0));
  Wire.write(decToBcd(0));//decToBcd(second));
  Wire.write(decToBcd(38));//decToBcd(minute));
  Wire.write(decToBcd(14));//decToBcd(hour));
  Wire.write(decToBcd(3));//decToBcd(weekday));
  Wire.write(decToBcd(13));//decToBcd(monthday));
  Wire.write(decToBcd(7));//decToBcd(month));
  Wire.write(decToBcd(17));//decToBcd(year));
  Wire.write(byte(0));
  Wire.endTransmission();
}
void time_read(){ //membaca rtc
  Wire.beginTransmission(DS1307);
  Wire.write(byte(0));
  Wire.endTransmission();
  Wire.requestFrom(DS1307, 7);
  second = bcdToDec(Wire.read());
  minute = bcdToDec(Wire.read());
  hour = bcdToDec(Wire.read());
  weekday = bcdToDec(Wire.read());
  monthday = bcdToDec(Wire.read());
  month = bcdToDec(Wire.read());
  year = bcdToDec(Wire.read());
   Wire.write(byte(0));
  Wire.endTransmission();
}

String karakter(int jumlahbilangan){
  String stringdata = String(jumlahbilangan);
  if (jumlahbilangan < 10){
    stringdata = "0" + stringdata;
  }

  return stringdata;
}
```

```
byte decToBcd(byte val) {
  return ((val/10*16) + (val%10));
}
byte bcdToDec(byte val) {
  return ((val/16*10) + (val%16));
}
```

A.1.3 Program Uji Penerima SMS pada APD PLN

```
include "SIM900.h"
#include "sms.h"
#include <Wire.h>
#include "RTClib.h"

String data_masuk;
SMSGSM sms;
int numdata;
boolean started=false;
char sms_position;
char phone_number[20]; // array for the phone number string
char sms_text[100];
double arus;
int tegangan;

String dt[12];
int i;
boolean parsing=false;
String
id_pelanggan="0",id_phb="0",teg_c="0",arus_c="0",teg_p="0",jam="0
",menit="0",detik="0",tanggal="0",bulan="0",tahun="0";

void setup(){
Serial.begin(9600);
pinMode(13,OUTPUT);
if (gsm.begin(9600))
   {
      digitalWrite(13,HIGH);

   }
```

```
   else
    {
     digitalWrite(13,HIGH);
     delay(200);
     digitalWrite(13,LOW);
     int a=0;
     while(a==0){}
    }
}

void loop() {
      sms_position=sms.IsSMSPresent(SMS_UNREAD);
      if (sms_position)
      {
         //Serial.print("SMS postion:");
         //Serial.println(sms_position,DEC);
         digitalWrite(13,LOW);
         delay(100);
         digitalWrite(13,HIGH);
         delay(100);
         sms.GetSMS(sms_position, phone_number, sms_text, 100);
         parsingData(sms_text);
         sendd();
         if (sms_position>1){
         for (int i=1;i<=sms_position;i++)
         {
         sms.DeleteSMS(i);
         delay(2000);
         }
         }
         else
         {
          sms.DeleteSMS(sms_position);
         }
       }


}
```

```
void sendd(){
        //int a = random(1,200);
        Serial.print(id_pelanggan);
        Serial.print(",");
        Serial.print(id_phb);
        Serial.print(",");
        Serial.print(teg_c);
        Serial.print(",");
        Serial.print(arus_c);
        Serial.print(",");
        Serial.print(teg_p);
        Serial.print(",");
        Serial.print(jam);
        Serial.print(",");
        Serial.print(menit);
        Serial.print(",");
        Serial.print(detik);
        Serial.print(",");
        Serial.print(tanggal);
        Serial.print(",");
        Serial.print(bulan);
        Serial.print(",");
        Serial.print(tahun);
        Serial.print(",");
        Serial.print(phone_number);
        Serial.println(",");
}
void parsingData(String dataIn){
int j=0;
dt[j]="";
for(i=1;i<dataIn.length();i++){
//pengecekan tiap karakter dengan karakter (#) dan (,)
if ((dataIn[i] == '#') || (dataIn[i] == ','))
{
//increment variabel j, digunakan untuk merubah index array
penampung
j++;
dt[j]="";       //inisialisasi variabel array dt[j]
}
```

```
else
{
//proses tampung data saat pengecekan karakter selesai.
dt[j] = dt[j] + dataIn[i];
}
}
id_pelanggan=dt[0];
id_phb=dt[1];
teg_c=dt[2];
arus_c=dt[3];
teg_p=dt[4];
jam=dt[5];
menit=dt[6];
detik=dt[7];
tanggal=dt[8];
bulan=dt[9];
tahun=dt[10];
}
```

A.2 *Listing* Program Microsoft Visual Studio 2013

A.2.1 *Listing* Program *Login*

```
Public Class login

    Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button1.Click
        If tb_username.Text = "admin" And tb_password.Text = "admin" Then
            monitoring.Show()
            Me.Hide()

        Else
            MessageBox.Show("Username dan Password Anda Tidak Valid..!!!", "Konfirmasi")
        End If

    End Sub

    Private Sub login_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles MyBase.Load
```

```
    End Sub
End Class
```

A.2.2 *Listing* Program *Monitoring*

```
Imports ZedGraph

Public Class monitoring
    Dim respound As String
    Dim koneksi As Boolean
    Dim strcom As String
    Dim power As Integer
    Dim current As Integer
    Dim voltage As Integer
    Dim line As String
    Dim power_solarcell As Single
    Dim koneksi_data_base As Boolean

    Dim currentgraph As GraphPane
    Dim listcurrent_voltage_client As RollingPointPairList
    Dim listcurrent_voltahe_server As RollingPointPairList
    Dim listcurrent_current_client As RollingPointPairList

    Dim tegangan_c As String = "0"
    Dim arus_c As String = "0"
    Dim tegangan_p As String = "0"

    Dim starting_time As Double = 100
    Dim currentgraph_line As LineItem


    Public Sub konekserial(Com As String)

        Try
            With Me.serial_main
                .PortName = Com
                .BaudRate = 9660
                .ReadBufferSize = 500
                .Parity = IO.Ports.Parity.None
                .DataBits = 8
                .StopBits = 1
```

```
            .Handshake = IO.Ports.Handshake.None
        End With


        serial_main.Open()

        'indikator konek
        System.Threading.Thread.Sleep("100")
        pic_connection.Visible = False
        pic_connection_on.Visible = True
        txt_connection.Text = "CONNECTED"
        koneksi_data_base = True

        Me.Show()
        Connection.Hide()
        Timer1.Enabled = True

        'mulai write db


        'mulai auto save db

    Catch ex As Exception
        MessageBox.Show("Serial Not Ready")
        Timer1.Enabled = False
        pic_connection.Visible = True
        pic_connection_on.Visible = False
        Connection.Show()
        txt_connection.Text = "DISCONNECTED"
    End Try
End Sub


Public Sub konekserial_pause(Com As String)

    Try
        With Me.serial_main
            .PortName = Com
            .BaudRate = 9660
            .ReadBufferSize = 500
            .Parity = IO.Ports.Parity.None
```

```
            .DataBits = 8
            .StopBits = 1
            .Handshake = IO.Ports.Handshake.None
        End With
        serial_main.Open()
        'indikator konek
        System.Threading.Thread.Sleep("100")
        pic_connection.Visible = False
        pic_connection_on.Visible = True
        txt_connection.Text = "CONNECTED"
        Me.Show()
        'mulai write db
        'mulai auto save db

    Catch ex As Exception
        pic_connection.Visible = True
        pic_connection_on.Visible = False
        txt_connection.Text = "DISCONNECTED"
    End Try
End Sub

Private Sub monitoring_Load(sender As Object, e As EventArgs)
Handles MyBase.Load
    currentgraph = ZedGraphControl1.GraphPane
    currentgraph.Title.Text = "Graph Monitoring"
    currentgraph.XAxis.Title.Text = "Timing (Secon)"
    currentgraph.Y2Axis.Title.Text = "Value "

    listcurrent_current_client = New RollingPointPairList(300)
    listcurrent_voltage_client = New RollingPointPairList(300)
    listcurrent_voltahe_server = New RollingPointPairList(300)

    currentgraph.AddCurve("Volt Client", listcurrent_voltage_client,
Color.Blue, SymbolType.None)
    currentgraph.AddCurve("Current Client", listcurrent_current_client,
Color.Red, SymbolType.None)
    currentgraph.AddCurve("Voltage PHB", listcurrent_voltahe_server,
Color.Yellow, SymbolType.None)
    cektxt(dirText)
    readtxt1(dirText)
    DB_adapter.koneksi()
```

```
    End Sub

    Private Sub monitoring_KeyDown(sender As Object, e As
KeyEventArgs) Handles MyBase.KeyDown
        If e.KeyCode = Keys.Escape Then
            Application.Exit()
        End If
    End Sub

    Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button2.Click
        Connection.Show()
    End Sub

    Private Sub serial_main_DataReceived(sender As Object, e As
IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs) Handles serial_main.DataReceived
        If serial_main.IsOpen Then
            Try
                respound = serial_main.ReadLine
                Me.Invoke(New EventHandler(AddressOf DoUpdate))
            Catch ex As Exception

            End Try
        End If
    End Sub


    Public Sub DoUpdate(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.EventArgs)
        ' Read the stream to a string and write the string to the console.
        Dim delimiter As Char = ","c
        Dim substringss() As String = respound.Split(delimiter)
        Dim substrings(12) As String
        Dim id_pelanggan As String
        Dim id_tiang As String

        Dim tanggal As String
        Dim bulan As String
        Dim tahun As String
        Dim menit As String
```

```
Dim jam As String
Dim detik As String
Dim no_pengirim As String
Try
    For count = 0 To substringss.Length - 1
        substrings(count) = substringss(count)
    Next

    id_pelanggan = substrings(0)
    id_tiang = substrings(1)
    tegangan_c = substrings(2)
    arus_c = substrings(3)
    tegangan_p = substrings(4)

    Dim narus_c As Single = Convert.ToSingle(arus_c)
    Dim ntegangan_c As Integer = Val(tegangan_c)
    Dim ntegangan_phb As Integer = Val(tegangan_p)


    If narus_c <= 0 Then
        lbl_statusarus.Text = "PADAM"
    ElseIf narus_c > 0 And narus_c <= 5 Then
        lbl_statusarus.Text = "NORMAL"
    ElseIf narus_c > 5 Then
        lbl_statusarus.Text = "OVER"
    End If

    If ntegangan_c <= 0 Then
        lbl_statustegangan.Text = "PADAM"
    ElseIf ntegangan_c > 0 And ntegangan_c <= 197 Then
        lbl_statustegangan.Text = "DROP"
    ElseIf ntegangan_c > 197 And ntegangan_c <= 231 Then
        lbl_statustegangan.Text = "NORMAL"
    ElseIf ntegangan_c > 231 Then
        lbl_statustegangan.Text = "OVER"
    End If

    If ntegangan_phb <= 0 Then
        lbl_statusteganganphb.Text = "PADAM"
    ElseIf ntegangan_phb > 0 And ntegangan_phb <= 197 Then
        lbl_statusteganganphb.Text = "DROP"
```

```
        ElseIf ntegangan_phb > 197 And ntegangan_phb <= 231 Then
            lbl_statusteganganphb.Text = "NORMAL"
        ElseIf ntegangan_phb > 231 Then
            lbl_statusteganganphb.Text = "OVER"

        End If


        jam = substrings(5)
        menit = substrings(6)
        detik = substrings(7)
        tanggal = substrings(8)
        bulan = substrings(9)
        tahun = substrings(10)
        no_pengirim = substrings(11)

        lbl_pelanggan.Text = id_pelanggan
        lbl_notiang.Text = id_tiang
        lbl_voltage_c.Text = tegangan_c
        lbl_current_c.Text = arus_c
        lbl_voltage_p.Text = tegangan_p
        lbl_time.Text = jam.ToString() + ":" + menit.ToString() + ":" +
detik.ToString()
        lbl_date.Text = tanggal.ToString() + "/" + bulan.ToString() + "/" +
tahun.ToString()
        lbl_nopengirim.Text = no_pengirim
        simpan()

    Catch ex As Exception

    End Try


End Sub

Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs)
    simpan()


End Sub
```

```
    Private Sub monitoring_FormClosed(sender As Object, e As
FormClosedEventArgs) Handles MyBase.FormClosed

        If serial_main.IsOpen Then
            serial_main.Close()
        End If

        Application.Exit()
    End Sub

    Private Sub Timer1_Tick(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Timer1.Tick
        If Not serial_main.IsOpen Then
            pic_connection.Visible = True
            pic_connection_on.Visible = False
            txt_connection.Text = "DISCONNECTED"
            koneksi_data_base = False
            Try
                readtxt_pause(dirText)
            Catch ex As Exception

            End Try

        Else

        End If
    End Sub

    Private Sub monitoring_FormClosing(sender As Object, e As
FormClosingEventArgs) Handles MyBase.FormClosing
        If serial_main.IsOpen Then
            serial_main.Close()
        End If
        Application.Exit()
    End Sub

    Private Sub Timer2_Tick(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Timer2.Tick
        lbl_timer.Text = TimeOfDay.ToString("h:mm:ss tt")
    End Sub
    Sub simpan()
```

```
        ' If koneksi_data_base = True Then
        DB_adapter.insert_nilai(lbl_nopengirim.Text, lbl_pelanggan.Text,
lbl_notiang.Text, lbl_voltage_c.Text,
                        lbl_current_c.Text, lbl_voltage_p.Text, lbl_time.Text,
lbl_date.Text)
        ' End If
    End Sub
    Private Sub Button3_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button3.Click
        Form1.Show()
    End Sub

    Private Sub tim_database_Tick(sender As Object, e As EventArgs)
Handles tim_database.Tick
        If koneksi_data_base = True Then


        End If
    End Sub

    Private Sub Timer3_Tick(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Timer3.Tick

        Dim xScale As Scale

        Dim waktu As Double = (Environment.TickCount - starting_time) /
1000.0
        listcurrent_current_client.Add(waktu, Val(arus_c))
        listcurrent_voltage_client.Add(waktu, Val(tegangan_c))
        listcurrent_voltahe_server.Add(waktu, Val(tegangan_p))
        xScale = ZedGraphControl1.GraphPane.XAxis.Scale
        If (waktu > xScale.Max - xScale.MajorStep) Then
            xScale.Max = waktu + xScale.MajorStep
            xScale.Min = xScale.Max - 10
        End If

        ZedGraphControl1.AxisChange()
        ZedGraphControl1.Invalidate()


    End Sub
```

```
    Private Sub Label11_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Label11.Click

    End Sub

    Private Sub lbl_pelanggan_Click(sender As Object, e As EventArgs)
Handles lbl_pelanggan.Click

    End Sub

    Private Sub Label14_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Label14.Click

    End Sub
End Class
```

A.2.3 *Listing* Program Grafik Nilai Tegangan dan Arus

```
Imports ZedGraph
Public Class graphic
    Dim currentgraph As GraphPane
    Dim listcurrent As RollingPointPairList
    Dim currentgraph_line As LineItem
    Dim starting_time As Double = 100
    Dim nilai As Integer
    Dim data_parsing_mainform As Integer
    Private Sub graphic_Load(sender As Object, e As EventArgs)
Handles MyBase.Load
        starting_time = Environment.TickCount
        currentgraph = ZedGraphControl1.GraphPane
        currentgraph.Title.Text = "Watt Monitoring"
        currentgraph.XAxis.Title.Text = "Timing (Secon)"
        currentgraph.Y2Axis.Title.Text = "Power Value (Watt)"
        listcurrent = New RollingPointPairList(120)
        currentgraph_line = currentgraph.AddCurve("Power", listcurrent,
Color.Blue, SymbolType.None)
        Timer1.Enabled = True
    End Sub
    Public Sub data_parsing(ByVal data_kirim As String)
        Try
```

```
            data_parsing_mainform = data_kirim
        Catch ex As Exception

        End Try

    End Sub

    Private Sub Timer1_Tick_1(sender As Object, e As EventArgs)
Handles Timer1.Tick
        Dim xScale As Scale
        Dim kurvaSuhu As LineItem =
ZedGraphControl1.GraphPane.CurveList(0)
        Dim list As IPointListEdit
        Dim waktu As Double = (Environment.TickCount - starting_time) /
1000.0
        list = kurvaSuhu.Points
        'nilai = nilai + 1

        'list.Add(waktu, nilai)
        If data_parsing_mainform <> 0 Then
            list.Add(waktu, data_parsing_mainform)
        End If
        xScale = ZedGraphControl1.GraphPane.XAxis.Scale
        If (waktu > xScale.Max - xScale.MajorStep) Then
            xScale.Max = waktu + xScale.MajorStep
            xScale.Min = xScale.Max - 10
        End If

        ' Pastikan Y axis di scale ulang untuk mengakomodir data aktual
        ZedGraphControl1.AxisChange()
        ' Redraw paksa
        ZedGraphControl1.Invalidate()
    End Sub

    Private Sub ZedGraphControl1_Load(sender As Object, e As
EventArgs) Handles ZedGraphControl1.Load

    End Sub
End Class
```

A.2.4 *Listing* Program Koneksi COM

```
Imports System
Imports System.ComponentModel
Imports System.Threading
Imports System.IO.Ports
Public Class Connection
   Dim myPort As Array
   Delegate Sub SetTextCallback(ByVal [text] As String)
   Private Sub Timer1_Tick(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Timer1.Tick

   End Sub

   Private Sub Connection_Load(sender As Object, e As EventArgs)
Handles MyBase.Load
      Me.TopMost = True
      myPort = IO.Ports.SerialPort.GetPortNames() 'Get all com ports
available
      myPort = IO.Ports.SerialPort.GetPortNames() 'Get all com ports
available
      cmb_com.Items.Clear()
      cmb_com.Text = ""
      For i = 0 To UBound(myPort)
         cmb_com.Items.Add(myPort(i))
         cmb_com.Text = myPort(i)   'Set cmbPort text to the first COM
port detected
      Next
   End Sub

   Private Sub btn_savesettingcom_Click(sender As Object, e As
EventArgs) Handles btn_savesettingcom.Click
      If cmb_com.Text <> "" Then
         If System.IO.File.Exists(dirText) = True Then

            Dim objWriter As New System.IO.StreamWriter(dirText)
            Dim dataObj As String


            dataObj = cmb_com.Text + ";"
```

```
            objWriter.WriteLine(dataObj)
            objWriter.Close()
            MessageBox.Show("Text written to file")
            Me.Hide()

        Else

            MessageBox.Show("File Does Not Exist")
            System.IO.File.Create(dirText)
        End If
    Else
        MessageBox.Show("Hubungkan Kabel Serial Terlebih Dahulu",
"Convirmation")
    End If
    'read setting com
    readtxt1(dirText)

    Me.DialogResult = System.Windows.Forms.DialogResult.OK
    Me.Close()
  End Sub

  Private Sub GroupBox5_Enter(sender As Object, e As EventArgs)
Handles GroupBox5.Enter

  End Sub

  Private Sub btn_cancelsettingform_Click(sender As Object, e As
EventArgs) Handles btn_cancelsettingform.Click
    Me.Hide()

  End Sub
End Class
```

A.2.5 *Listing* Program Form *Database*

```
Public Class Form1
  Dim data_solar As DataTable
  Sub update_database()
    Dim ds As DataTable = DB_adapter.get_data().Tables(0)
    data_solar = ds
```

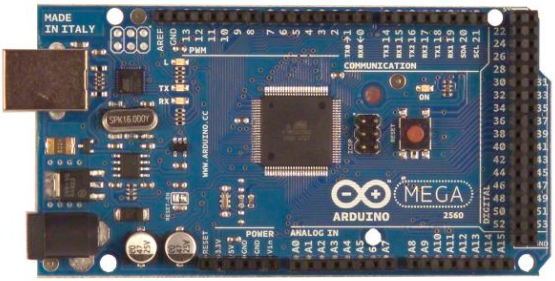
```
        DataGridView1.DataSource = ds
    End Sub
    Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles
MyBase.Load
        update_database()
    End Sub

    Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs)
Handles Button1.Click
        DB_adapter.deletedata()
    End Sub

    Private Sub Timer1_Tick(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Timer1.Tick
        Try
            update_database()
            lbl_data_base.Text = "Connect"
        Catch ex As Exception
            lbl_data_base.Text = "Error"
        End Try


    End Sub
End Class
```

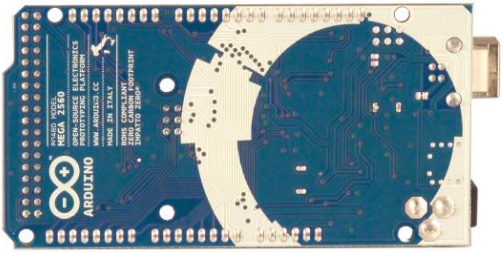
LAMPIRAN B

B.1 *Datasheet* Arduino Mega 2560

ARDUINO

Arduino Mega 2560 Datasheet





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.

Schematic & Reference Design

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

Power

The Arduino Mega 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 using the SPI library. The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Uno, 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 or Diecimila.

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 is it 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.

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 Mega2560'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. For SPI communication, use the SPI library.

Programming

The Arduino Mega 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.

Automatic (Software) Reset

Rather then 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 Mega2560 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 Mega2560 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 Mega2560 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 Mega2560 is designed to be compatible with most shields designed for the Uno, 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 Mega2560 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).*

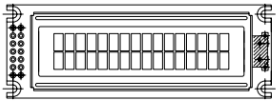
B.2 *Datasheet Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2

VISHAY

LCD-016N002D

Vishay

16 x 2 Character LCD



FEATURES

- Type: Character
- Display format: 16 x 2 characters
- Built-in controller: KS 0066 (or equivalent)
- Duty cycle: 1/16
- 5 x 8 dots includes cursor
- + 5 V power supply
- LED can be driven by pin 1, pin 2, or A and K
- Optional: Smaller character size (2.95 mm x 4.35 mm)
- Compliant to RoHS directive 2002/95/EC

Pb-free RoHS COMPLIANT

MECHANICAL DATA

ITEM	STANDARD VALUE	UNIT
Module Dimension	85.0 x 30.0	mm
Viewing Area	66.0 x 16.0	
Dot Size	0.55 x 0.65	
Dot Pitch	0.60 x 0.70	
Mounting Hole	81.0 x 24.0	
Character Size	2.96 x 5.56	

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

ITEM	SYMBOL	STANDARD VALUE			UNIT
		MIN.	TYP.	MAX.	
Power Supply	V_{DD} to V_{SS}	- 0.3	-	7.0	V
Input Voltage	V_I	- 0.3	-	V_{DD}	

Note

- V_{SS} = 0 V, V_{DD} = 5.0 V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

ITEM	SYMBOL	CONDITION	STANDARD VALUE			UNIT
			MIN.	TYP.	MAX.	
Input Voltage	V_{DD}	V_{DD} = + 5 V	4.7	5.0	5.3	V
Supply Current	I_{DD}	V_{DD} = + 5 V	-	1.2	1.5	mA
Recommended LC Driving Voltage for Normal Temperature Version Module	V_{DD} to V_0	- 20 °C	-	-	5.2	V
		0 °C	-	-	4.2	
		25 °C	-	3.8	-	
		50 °C	3.5	-	-	
		70 °C	3.2	-	-	
LED Forward Voltage	V_F	25 °C	-	4.2	4.6	V
LED Forward Current - Array	I_F	25 °C	-	100	-	mA
LED Forward Current - Edge			-	20	40	
EL Power Supply Current	I_{EL}	V_{EL} = 110 V_{AC}, 400 Hz	-	-	5.0	mA

OPTIONS

PROCESS COLOR						BACKLIGHT			
TN	STN Gray	STN Yellow	STN Blue	FSTN B&W	STN Color	None	LED	EL	CCFL
x	x	x	x			x	x	x	

For detailed information, please see the "Product Numbering System" document.

DISPLAY CHARACTER ADDRESS CODE

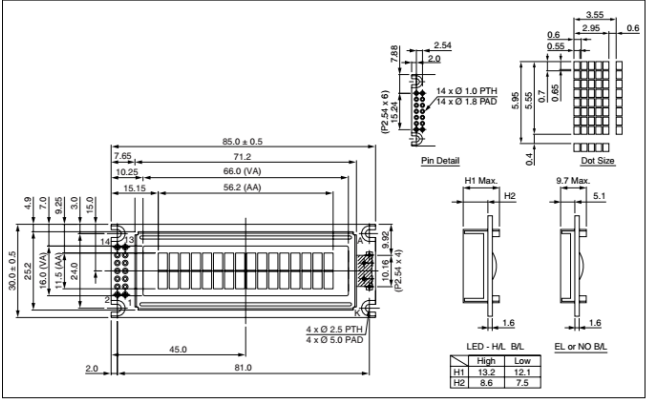
Display Position

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DD RAM Address	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
DD RAM Address	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F

INTERFACE PIN FUNCTION

PIN NO.	SYMBOL	FUNCTION
1	V_{DD}	Power supply (+ 5 V)
2	V_{SS}	Ground
3	V_0	Contrast adjustment
4	RS	H/L register select signal
5	R/$\overline{W}$	H/L read/write signal
6	E	H → L enable signal
7	DB0	H/L data bus line
8	DB1	H/L data bus line
9	DB2	H/L data bus line
10	DB3	H/L data bus line
11	DB4	H/L data bus line
12	DB5	H/L data bus line
13	DB6	H/L data bus line
14	DB7	H/L data bus line

DIMENSIONS in millimeters

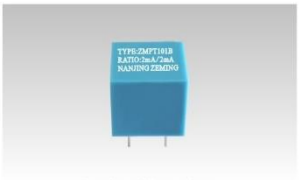


B.3 *Datasheet* Sensor Tegangan AC ZMPT101B

ZMPT101B VOLTAGE TRANSFORMER

Applications

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



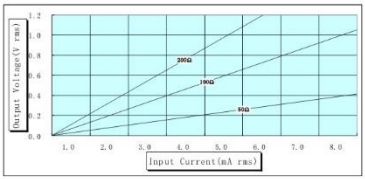
Product Illustration

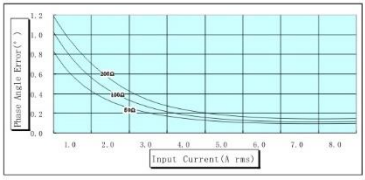
Electrical Specification	
Primary Current	2mA
Secondary Current	2mA
Turns Ratio	1000:1000
Phase Angle Error	≤20'(50Ω)
Current Range	0 ~ 3mA
Linearity	0.1%
Accuracy Class	0.2
Rated Burden	≤200 Ω
Frequency Range	50 ~ 60Hz
Dielectric Level	3000VAC/min
DC Resistance at 20℃	110 Ω

Mechanical Specification	
Cup	PBT
Encapsulant	Epoxy
Terminals	Pin φ0.80mm
Tolerance	±0.2 mm
Approx.Weight	13g
Case	Carton

Environment Specification	
Storage Temperature	-40℃ ~ +130℃
Insulation Resistance	>100 MΩ

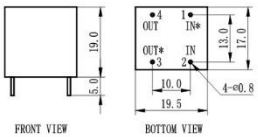
Output Characteristic





Dimensions(mm)

Same Polarity *



Label

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

B.4 *Datasheet* Sensor Arus ACS-712 5A

ACS712

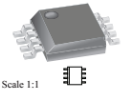
Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Features and Benefits

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5 µs output rise time in response to step input current
- 80 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at T_A = 25°C
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 1.2 mΩ internal conductor resistance
- 2.1 kVRMS minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage

TÜV America
Certificate Number:
UBV 06 05 54214 010

Package: 8 Lead SOIC (suffix LC)



Approximate Scale 1:1

Description

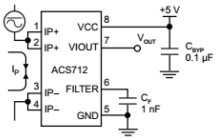
The Allegro™ ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switch-mode power supplies, and overcurrent fault protection. The device is not intended for automotive applications.

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

The output of the device has a positive slope (>$V_{IOUT(Q)}$) when an increasing current flows through the primary copper conduction path (from pins 1 and 2, to pins 3 and 4), which is the path used for current sampling. The internal resistance of this conductive path is 1.2 mΩ typical, providing low power loss. The thickness of the copper conductor allows survival of

Continued on the next page…

Typical Application



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

Description (continued)

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

The ACS712 is provided in a small, surface mount SOIC8 package. The leadframe is plated with 100% matte tin, which is compatible with standard lead (Pb) free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free, except for flip-chip high-temperature Pb-based solder balls, currently exempt from RoHS. The device is fully calibrated prior to shipment from the factory.

Selection Guide

Part Number	Packing*	T_A (°C)	Optimized Range, I_P (A)	Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	–40 to 85	±5	185
ACS712ELCTR-20A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	–40 to 85	±20	100
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	–40 to 85	±30	66

*Contact Allegro for additional packing options.

Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V_{CC}		8	V
Reverse Supply Voltage	V_{RCC}		–0.1	V
Output Voltage	V_{IOUT}		8	V
Reverse Output Voltage	V_{RIOUT}		–0.1	V
Output Current Source	$I_{IOUT(Source)}$		3	mA
Output Current Sink	$I_{IOUT(Sink)}$		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I_P	1 pulse, 100 ms	100	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T_A	Range E	–40 to 85	ºC
Maximum Junction Temperature	T_J(max)		165	ºC
Storage Temperature	T_{stg}		–65 to 170	ºC

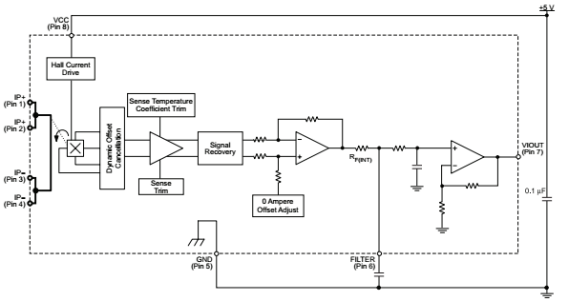
Isolation Characteristics

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Unit
Dielectric Strength Test Voltage*	V_{ISO}	Agency type-tested for 60 seconds per UL standard 60950-1, 1st Edition	2100	VAC
Working Voltage for Basic Isolation	V_{WFSI}	For basic (single) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	354	VDC or V_{pk}
Working Voltage for Reinforced Isolation	V_{WFRI}	For reinforced (double) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	184	VDC or V_{pk}

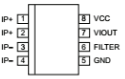
* Allegro does not conduct 60-second testing. It is done only during the UL certification process.

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

Functional Block Diagram



Pin-out Diagram



Terminal List Table

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

COMMON OPERATING CHARACTERISTICS[1] over full range of T_A, C_F = 1 nF, and V_{CC} = 5 V, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
ELECTRICAL CHARACTERISTICS						
Supply Voltage	V_{CC}		4.5	5.0	5.5	V
Supply Current	I_{CC}	V_{CC} = 5.0 V, output open	–	10	13	mA
Output Capacitance Load	C_{LOAD}	VIOUT to GND	–	–	10	nF
Output Resistive Load	R_{LOAD}	VIOUT to GND	4.7	–	–	kΩ
Primary Conductor Resistance	$R_{PRIMARY}$	T_A = 25°C	–	1.2	–	mΩ
Rise Time	t_r	I_P = I_P(max), T_A = 25°C, C_{OUT} = open	–	3.5	–	µs
Frequency Bandwidth	f	–3 dB, T_A = 25°C; I_P is 10 A peak-to-peak	–	80	–	kHz
Nonlinearity	E_{LIN}	Over full range of I_P	–	1.5	–	%
Symmetry	E_{SYM}	Over full range of I_P	98	100	102	%
Zero Current Output Voltage	$V_{IOUT(Q)}$	Bidirectional; I_P = 0 A, T_A = 25°C	–	V_{CC} × 0.5	–	V
Power-On Time	t_{PO}	Output reaches 90% of steady-state level, T_J = 25°C, 20 A present on leadframe	–	35	–	µs
Magnetic Coupling[2]			–	12	–	G/A
Internal Filter Resistance[3]	$R_{F(INT)}$			1.7		kΩ

[1]Device may be operated at higher primary current levels, I_P, and ambient, T_A, and internal leadframe temperatures, T_A, provided that the Maximum Junction Temperature, T_J(max), is not exceeded.
[2]1G = 0.1 mT.
[3]$R_{F(INT)}$ forms an RC circuit via the FILTER pin.

COMMON THERMAL CHARACTERISTICS[1]

			Min.	Typ.	Max.	Units
Operating Internal Leadframe Temperature	T_A	E range	–40	–	85	°C
					Value	Units
Junction-to-Lead Thermal Resistance[2]	$R_{\theta JL}$	Mounted on the Allegro ASEK 712 evaluation board			5	°C/W
Junction-to-Ambient Thermal Resistance	$R_{\theta JA}$	Mounted on the Allegro 85-0322 evaluation board, includes the power consumed by the board			23	°C/W

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

x05B PERFORMANCE CHARACTERISTICS[1] T_A = –40°C to 85°C, C_F = 1 nF, and V_{CC} = 5 V, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_P		–5	–	5	A
Sensitivity	Sens	Over full range of I_P, T_A = 25°C	180	185	190	mV/A
Noise	$V_{NOISE(PP)}$	Peak-to-peak, T_A = 25°C, 185 mV/A programmed Sensitivity, C_F = 47 nF, C_{OUT} = open, 2 kHz bandwidth	–	21	–	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta V_{OUT(Q)}$	T_A = –40°C to 25°C	–	–0.26	–	mV/°C
		T_A = 25°C to 150°C	–	–0.08	–	mV/°C
Sensitivity Slope	ΔSens	T_A = –40°C to 25°C	–	0.054	–	mV/A/°C
		T_A = 25°C to 150°C	–	–0.008	–	mV/A/°C
Total Output Error[2]	E_{TOT}	I_P = ±5 A, T_A = 25°C	–	±1.5	–	%

[1]Device may be operated at higher primary current levels, I_P, and ambient temperatures, T_A, provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(max)}$, is not exceeded.

[2]Percentage of I_P, with I_P = 5 A. Output filtered.

x20A PERFORMANCE CHARACTERISTICS[1] T_A = –40°C to 85°C, C_F = 1 nF, and V_{CC} = 5 V, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_P		–20	–	20	A
Sensitivity	Sens	Over full range of I_P, T_A = 25°C	96	100	104	mV/A
Noise	$V_{NOISE(PP)}$	Peak-to-peak, T_A = 25°C, 100 mV/A programmed Sensitivity, C_F = 47 nF, C_{OUT} = open, 2 kHz bandwidth	–	11	–	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta V_{OUT(Q)}$	T_A = –40°C to 25°C	–	–0.34	–	mV/°C
		T_A = 25°C to 150°C	–	–0.07	–	mV/°C
Sensitivity Slope	ΔSens	T_A = –40°C to 25°C	–	0.017	–	mV/A/°C
		T_A = 25°C to 150°C	–	–0.004	–	mV/A/°C
Total Output Error[2]	E_{TOT}	I_P = ±20 A, T_A = 25°C	–	±1.5	–	%

[1]Device may be operated at higher primary current levels, I_P, and ambient temperatures, T_A, provided that the Maximum Junction Temperature, T_J(max), is not exceeded.

[2]Percentage of I_P, with I_P = 20 A. Output filtered.

x30A PERFORMANCE CHARACTERISTICS[1] T_A = –40°C to 85°C, C_F = 1 nF, and V_{CC} = 5 V, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_P		–30	–	30	A
Sensitivity	Sens	Over full range of I_P, T_A = 25°C	63	66	69	mV/A
Noise	$V_{NOISE(PP)}$	Peak-to-peak, T_A = 25°C, 66 mV/A programmed Sensitivity, C_F = 47 nF, C_{OUT} = open, 2 kHz bandwidth	–	7	–	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta V_{OUT(Q)}$	T_A = –40°C to 25°C	–	–0.35	–	mV/°C
		T_A = 25°C to 150°C	–	–0.08	–	mV/°C
Sensitivity Slope	ΔSens	T_A = –40°C to 25°C	–	0.007	–	mV/A/°C
		T_A = 25°C to 150°C	–	–0.002	–	mV/A/°C
Total Output Error[2]	E_{TOT}	I_P = ±30 A, T_A = 25°C	–	±1.5	–	%

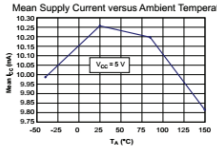
[1]Device may be operated at higher primary current levels, I_P, and ambient temperatures, T_A, provided that the Maximum Junction Temperature, T_J(max), is not exceeded.

[2]Percentage of I_P, with I_P = 30 A. Output filtered.

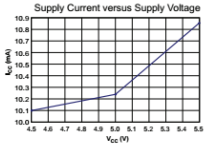
Characteristic Performance

I_P = 5 A, unless otherwise specified

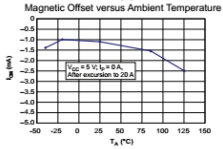
Mean Supply Current versus Ambient Temperature



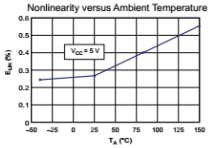
Supply Current versus Supply Voltage



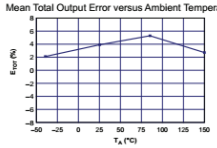
Magnetic Offset versus Ambient Temperature



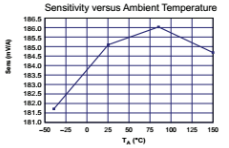
Nonlinearity versus Ambient Temperature



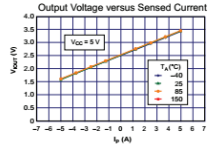
Mean Total Output Error versus Ambient Temperature



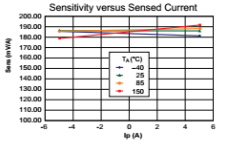
Sensitivity versus Ambient Temperature



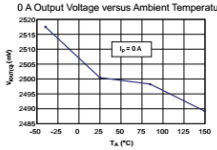
Output Voltage versus Sensed Current



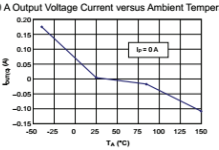
Sensitivity versus Sensed Current



0 A Output Voltage versus Ambient Temperature



0 A Output Voltage Current versus Ambient Temperature



B.5 *Datasheet Power Line Carrier* (PLC) KQ330

First, KQ-130F + series of performance:

1. Integrated KQ-330F + module and the external circuit of the carrier board, without the need for other coupling components, direct connection 220V AC power use. (See below) 1, 2 feet 220V AC power without direction (1 feet , 2 feet spacing 2X0.1 inches), the size of the line is 53 × 38 × 22 mm (L × D × H) 2 feet , 3 feet pitch 1.1 inches, the rest of the distance between the feet of 0.1 inches.

2. Operating frequency 120 ~ 135KHZ, interface baud rate 9600bps. The actual baud rate is 100bps.

3. One frame continuous transmission maximum length ≤ 252 bytes, one frame continuous transmission length from 1 to 252 defined by the user, the module will not send redundant data

4. Receiving sensitivity ≤ 1mV

5. Out-of-band rejection ≥ 60 dB

6. Bandwidth ≤ 10 KHZ

7. Insulation resistance 500V ≥ 500MΩ

8. Power supply: DC + 5V Imax ≤ 20mA ; reception: ≤ 12mA

DC + 12V 12V when sent about 300mA, depending on the load may not exceed the maximum 450mA

9. frequency withstand voltage: the AC to GND between 3000V 1min test no breakdown, no leakage current.

10. Anti-lightning: TVS tube protection board , from the PCB board wiring materials to the selection of components are in accordance with the wide temperature, high pressure, high pressure impact design.

11. Operating temperature: -25℃ ~ 70℃ Humidity ≤ 90%

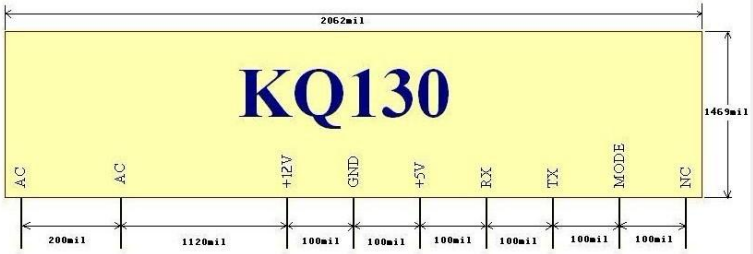
Current Location: Home | Products | KQ-130 Series Power Carrier Communication Module

I have a large number of companies have developed and produced KQ series carrier module more than 12 years, in this regard a lot of experience and good technical support! For the greater service for the user, especially in the KQ-100F on the basis of the successful use, according to the requirements of customers newly developed KQ-130F + carrier module. KQ-130F + is based on the KQ-130F increased by 4 times the transmission power, transmission distance farther, can guarantee a long time to send 12V power supply.

KQ-130F + was developed by our company on the basis of the chip carrier , produced single 9 - pin small high performance data transceiver module carrier zero crossing. Is designed specifically for the 220V AC, strong interference, strong attenuation, long-range requirements of the environment, reliable transmission of data and specially designed and developed cost-effective carrier module. KQ-130F + carrier module **includes carrier-driven, coupling, filtering, lightning protection** and many other complex peripheral circuits. Users only need to provide **5V power supply , 12V power supply , two signal lines** (TX, RX) connected to the microcontroller, **through the module's two AC terminals directly connected 220V** (regardless of line, zero line), through the power carrier like 485 communication The transparent way to send and receive data. The KQ-130F + carrier module is suitable for meter reading, street lighting, smart home, fire, building control and other applications where data is needed to transmit data. **Transmission distance of up to 2Km .**

All the components used by our company are all in the domestic manufacturers or foreign agents bulk order or custom, the user has been using more than 12 years, to fully guarantee the quality. Many units using our modules have passed the testing of the Chinese Academy of Electric Power, access to network permits. Some units even get the CE certification.

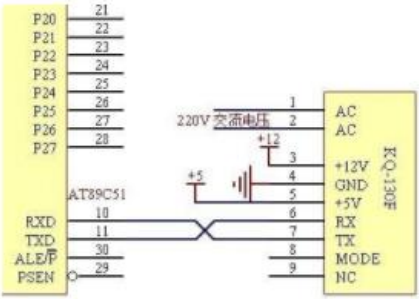
My company's KQ-130F series of zero-crossing carrier data transceiver module is truly based on zero modulation and demodulation of the carrier module. Anti-interference ability, transmission distance is far superior to many of the so-called zero-crossing module.



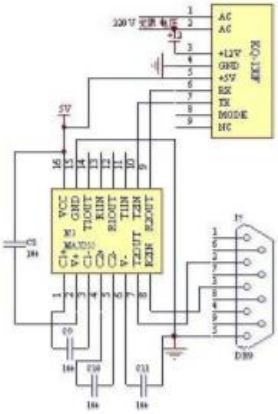
1P - AC : 220V AC voltage of the FireWire (or zero line)
2P - AC : 220V AC voltage of the zero line (or FireWire)
3P - + 12V : + 12V power supply (300mA) no current when receiving, 15V is the highest voltage sent.
4P - GND : Digital circuit ground
5P - + 5V : + 5V power supply 12mA , the minimum operating voltage to 3.3V but not recommended
6P - RX : TTL level, carrier data entry, then the microcontroller TXD
7P - TX : TTL level, carrier data out, then the microcontroller RXD
8P - MODE : mode selection, floating or 5V is high, ground is low
9P - NC / RST : Reset pin (active low) Used during frequent switching mode. Without this feature, the pin should be left floating

KQ-130F + power carrier data transceiver module Picture:

KQ-130F power carrier data transceiver module and the microcontroller connection diagram:



KQ-130F power carrier data transceiver module and the computer 9-pin RS232 port connection diagram:



KQ-100F transmission distance than KQ-100E, KQ-100K much more, is my company in the KQ-100E, KQ-100K module based on the optimization and optimization of the latest products, transmission distance is also greatly improved.

B.6 *Datasheet Real Time Clock* (RTC) DS3231

DS3231 **Extremely Accurate I²C-Integrated RTC/TCXO/Crystal**

General Description

The DS3231 is a low-cost, extremely accurate I²C real-time clock (RTC) with an integrated temperature-compensated crystal oscillator (TCXO) and crystal. The device incorporates a battery input, and maintains accurate timekeeping when main power to the device is interrupted. The integration of the crystal resonator enhances the long-term accuracy of the device as well as reduces the piece-part count in a manufacturing line. The DS3231 is available in commercial and industrial temperature ranges, and is offered in a 16-pin, 300-mil SO package.

The RTC maintains 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 clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with an AM/PM indicator. Two programmable time-of-day alarms and a programmable square-wave output are provided. Address and data are transferred serially through an I²C bidirectional bus.

A precision temperature-compensated voltage reference and comparator circuit monitors the status of V_{CC} to detect power failures, to provide a reset output, and to automatically switch to the backup supply when necessary. Additionally, the $\overline{RST}$ pin is monitored as a pushbutton input for generating a µP reset.

Benefits and Features

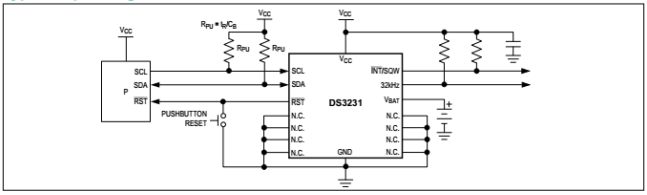
- Highly Accurate RTC Completely Manages All Timekeeping Functions
  - Real-Time Clock Counts Seconds, Minutes, Hours, Date of the Month, Month, Day of the Week, and Year, with Leap-Year Compensation Valid Up to 2100
  - Accuracy ±2ppm from 0°C to +40°C
  - Accuracy ±3.5ppm from -40°C to +85°C
  - Digital Temp Sensor Output: ±3°C Accuracy
  - Register for Aging Trim
  - $\overline{RST}$ Output/Pushbutton Reset Debounce Input
  - Two Time-of-Day Alarms
  - Programmable Square-Wave Output Signal
- Simple Serial Interface Connects to Most Microcontrollers
  - Fast (400kHz) I²C Interface
- Battery-Backup Input for Continuous Timekeeping
  - Low Power Operation Extends Battery-Backup Run Time
  - 3.3V Operation
- Operating Temperature Ranges: Commercial (0°C to +70°C) and Industrial (-40°C to +85°C)
- Underwriters Laboratories® (UL) Recognized

Applications

- Servers
- Telematics
- Utility Power Meters
- GPS

Ordering Information and Pin Configuration appear at end of data sheet.

Typical Operating Circuit



Underwriters Laboratories is a registered certification mark of Underwriters Laboratories Inc.

19-5170; Rev 10; 3/15

maxim integrated

Absolute Maximum Ratings

Voltage Range on Any Pin Relative to Ground ....-0.3V to +6.0V
Junction-to-Ambient Thermal Resistance (θ_{JA}) (Note 1)73°C/W
Junction-to-Case Thermal Resistance (θ_{JC}) (Note 1) ....23°C/W
Operating Temperature Range
DS3231S .....0°C to +70°C
DS3231SN.....-40°C to +85°C
Junction Temperature.....+125°C
Storage Temperature Range..... -40°C to +85°C
Lead Temperature (soldering, 10s) .....+260°C
Soldering Temperature (reflow, 2 times max) .....+260°C
(see the *Handling, PCB Layout, and Assembly* section)

Note 1: Package thermal resistances were obtained using the method described in JEDEC specification JESD51-7, using a four-layer board. For detailed information on package thermal considerations, refer to www.maximintegrated.com/thermal-tutorial.

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 absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Recommended Operating Conditions

(T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Notes 2, 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V_{CC}		2.3	3.3	5.5	V
	V_{BAT}		2.3	3.0	5.5	V
Logic 1 Input SDA, SCL	V_{IH}		0.7 x V_{CC}		V_{CC} + 0.3	V
Logic 0 Input SDA, SCL	V_{IL}		-0.3		0.3 x V_{CC}	V

Electrical Characteristics

(V_{CC} = 2.3V to 5.5V, V_{CC} = Active Supply (see Table 1), T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Typical values are at V_{CC} = 3.3V, V_{BAT} = 3.0V, and T_A = +25°C, unless otherwise noted.) (Notes 2, 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Active Supply Current	I_{CCA}	(Notes 4, 5)	V_{CC} = 3.63V			200	µA
			V_{CC} = 5.5V			300	
Standby Supply Current	I_{CCS}	I²C bus inactive, 32kHz output on, SQW output off (Note 5)	V_{CC} = 3.63V			110	µA
			V_{CC} = 5.5V			170	
Temperature Conversion Current	$I_{CCSCONV}$	I²C bus inactive, 32kHz output on, SQW output off	V_{CC} = 3.63V			575	µA
			V_{CC} = 5.5V			650	
Power-Fail Voltage	V_{PF}			2.45	2.575	2.70	V
Logic 0 Output, 32kHz, $\overline{INT}$/SQW, SDA	V_{OL}	I_{OL} = 3mA				0.4	V
Logic 0 Output, $\overline{RST}$	V_{OL}	I_{OL} = 1mA				0.4	V
Output Leakage Current 32kHz, $\overline{INT}$/SQW, SDA	I_{LO}	Output high impedance		-1	0	+1	µA
Input Leakage SCL	I_{LI}			-1		+1	µA
$\overline{RST}$ Pin I/O Leakage	I_{OL}	$\overline{RST}$ high impedance (Note 6)		-200		+10	µA
V_{BAT} Leakage Current (V_{CC} Active)	I_{BATLKG}				25	100	nA

Electrical Characteristics (continued)

(V_{CC} = 2.3V to 5.5V, V_{CC} = Active Supply (see Table 1), T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Typical values are at V_{CC} = 3.3V, V_{BAT} = 3.0V, and T_A = +25°C, unless otherwise noted.) (Notes 2, 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Frequency	f_{OUT}	V_{CC} = 3.3V or V_{BAT} = 3.3V			32.768		kHz
Frequency Stability vs. Temperature (Commercial)	$\Delta f/f_{OUT}$	V_{CC} = 3.3V or V_{BAT} = 3.3V, aging offset = 00h	0°C to +40°C			±2	ppm
			>40°C to +70°C			±3.5	
Frequency Stability vs. Temperature (Industrial)	$\Delta f/f_{OUT}$	V_{CC} = 3.3V or V_{BAT} = 3.3V, aging offset = 00h	-40°C to <0°C			±3.5	ppm
			0°C to +40°C			±2	
			>40°C to +85°C			±3.5	
Frequency Stability vs. Voltage	$\Delta f/V$				1		ppm/V
Trim Register Frequency Sensitivity per LSB	Δf/LSB	Specified at:	-40°C		0.7		ppm
			+25°C		0.1		
			+70°C		0.4		
			+85°C		0.8		
Temperature Accuracy	Temp	V_{CC} = 3.3V or V_{BAT} = 3.3V		-3		+3	°C
Crystal Aging	$\Delta f/f_O$	After reflow, not production tested	First year		±1.0		ppm
			0–10 years		±5.0		

Electrical Characteristics

(V_{CC} = 0V, V_{BAT} = 2.3V to 5.5V, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Active Battery Current	I_{BATA}	$\overline{EOSC}$ = 0, BBSQW = 0, SCL = 400kHz (Note 5)	V_{BAT} = 3.63V			70	µA
			V_{BAT} = 5.5V			150	
Timekeeping Battery Current	I_{BATT}	$\overline{EOSC}$ = 0, BBSQW = 0, EN32kHz = 1, SCL = SDA = 0V or SCL = SDA = V_{BAT} (Note 5)	V_{BAT} = 3.63V		0.84	3.0	µA
			V_{BAT} = 5.5V		1.0	3.5	
Temperature Conversion Current	I_{BATTC}	$\overline{EOSC}$ = 0, BBSQW = 0, SCL = SDA = 0V or SCL = SDA = V_{BAT}	V_{BAT} = 3.63V			575	µA
			V_{BAT} = 5.5V			650	
Data-Retention Current	I_{BATTDR}	$\overline{EOSC}$ = 1, SCL = SDA = 0V, +25°C				100	nA

AC Electrical Characteristics

(V_{CC} = $V_{CC(MIN)}$ to $V_{CC(MAX)}$ or V_{BAT} = $V_{BAT(MIN)}$ to $V_{BAT(MAX)}$, V_{BAT} > V_{CC}, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SCL Clock Frequency	f_{SCL}	Fast mode	100		400	kHz
		Standard mode	0		100	
Bus Free Time Between STOP and START Conditions	t_{BUF}	Fast mode	1.3			µs
		Standard mode	4.7			
Hold Time (Repeated) START Condition (Note 7)	$t_{HD:STA}$	Fast mode	0.6			µs
		Standard mode	4.0			
Low Period of SCL Clock	t_{LOW}	Fast mode	1.3			µs
		Standard mode	4.7			
High Period of SCL Clock	t_{HIGH}	Fast mode	0.6			µs
		Standard mode	4.0			
Data Hold Time (Notes 8, 9)	$t_{HD:DAT}$	Fast mode	0		0.9	µs
		Standard mode	0		0.9	
Data Setup Time (Note 10)	$t_{SU:DAT}$	Fast mode	100			ns
		Standard mode	250			
START Setup Time	$t_{SU:STA}$	Fast mode	0.6			µs
		Standard mode	4.7			
Rise Time of Both SDA and SCL Signals (Note 11)	t_R	Fast mode	20 + 0.1C_B		300	ns
		Standard mode			1000	
Fall Time of Both SDA and SCL Signals (Note 11)	t_F	Fast mode	20 + 0.1C_B		300	ns
		Standard mode			300	
Setup Time for STOP Condition	$t_{SU:STO}$	Fast mode	0.6			µs
		Standard mode	4.7			
Capacitive Load for Each Bus Line	C_B	(Note 11)			400	pF
Capacitance for SDA, SCL	$C_{I/O}$			10		pF
Pulse Width of Spikes That Must Be Suppressed by the Input Filter	t_{SP}			30		ns
Pushbutton Debounce	PB_{DB}			250		ms
Reset Active Time	t_{RST}			250		ms
Oscillator Stop Flag (OSF) Delay	t_{OSF}	(Note 12)		100		ms
Temperature Conversion Time	t_{CONV}			125	200	ms

Power-Switch Characteristics

(T_A = T_{MIN} to T_{MAX})

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{CC} Fall Time; $V_{PF(MAX)}$ to $V_{PF(MIN)}$	t_{VCCF}		300			µs
V_{CC} Rise Time; $V_{PF(MIN)}$ to $V_{PF(MAX)}$	t_{VCCR}		0			µs
Recovery at Power-Up	t_{REC}	(Note 13)		250	300	ms

B.7 *Datasheet* Modul SIM900

TinySine

G50EFC56E3197F

GSM/GPRS Shield

Datasheet

Tinysine Electronics @ 2014
Version 1.0

INTRODUCTION

The GPRS/GSM Shield provides you a way to use the GSM cell phone network to receive data from a remote location. The shield allows you to achieve this via any of the three methods:

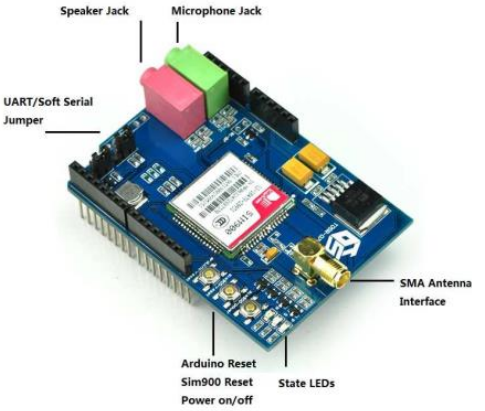
- Short Message Service
- Audio
- GPRS Service

The GPRS Shield is compatible with all boards which have the same form factor (and pinout) as a standard Arduino Board. The GPRS Shield is configured and controlled via its UART using simple AT commands. Based on the SIM900 module from SIMCOM, the GPRS Shield is like a cell phone. Besides the communications features, the GPRS Shield has 12 GPIOs, 2 PWMs and an ADC.

SPECIFICATIONS

- Quad-Band 850 / 900/ 1800 / 1900 MHz - would work on GSM networks in all countries across the world.
- GPRS multi-slot class 10/8
- GPRS mobile station class B
- Compliant to GSM phase 2/2+
- Class 4 (2W@850/900MHz)
- Class 1 (1W@1800/1900MHz)
- Control via commands (GSM 07.07, 07.05 and SIMCOM enhanced AT Commands)
- Short message service
- Free serial port selection
- RTC supported with Super Cap
- Power on/off and reset function supported by Arduino interface

Overview



The indicator LEDs

The GSM Shield has three indicator LEDs for the GSM Shield power, SIM900 power and net status.

GSM Shield power(P):

This LED is used to indicate the power status of the GSM Shield.If the external power supply is connected to the arduino board ,then the GSM Shield will get power,this LED will light on.

SIM900 power(S):

This LED is used to indicate the power status of the SIM900.After the SIM900 is power on,the status LED will light on.

Net Status(N):

This LED is used to indicate the net status.The LED will blink slowly or quickly according to different states.

Status	Description
Off	SIM900 is not running
64ms On/800ms Off	SIM900 not registered the network
64ms On/3000ms Off	SIM900 registered to the network
64ms On/300ms Off	GPRS communication is established

The buttons

There are 3 buttons on the GSM shield board.

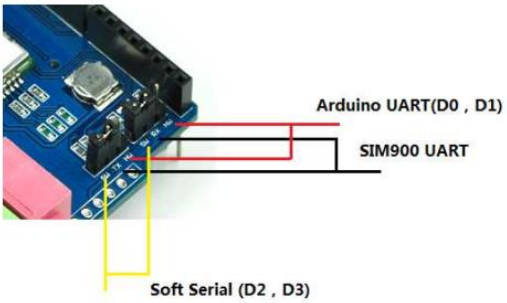
SIM900 Power Button:
Stack the GSM shield on your arduino main board. The GSM shield will running automatically when you power up your arduino main board. If you want turn on/off the SIM900 module manually. Just press the the sim900 power button one second.

SIM900 Reset Button
Reset the SIM900 module.

Arduino Reset Button:
Reset the Arduino main board. Same function as the Reset Button which on the arduino main board.

Note: Our test sketch will control D8 pin to turn on the SIM900 when the arduino board is powered up.

Setting Jumper



If you want use UART send AT commands. Set the jumper to HW position. If you use soft serial. Set to SW position.
Our test sketch use soft serial. So we keep it on SW position normally.

If you are using MEGA2560. Just need to connect the middle pins of RX and TX jumpers to RX1 TX1 on Arduino Mega 2560. And change the code setting.

B.8 *Datasheet* Modul SIM800L

1. Introduction

This document describes SIM800L hardware interface in great detail.
This document can help user to quickly understand SIM800L interface specifications, electrical and mechanical details. With the help of this document and other SIM800L application notes, user guide, users can use SIM800L to design various applications quickly.

2. SIM800L Overview

SIM800L is a quad-band GSM/GPRS module, that works on frequencies GSM850MHz, EGSM900MHz, DCS1800MHz and PCS1900MHz. SIM800L features GPRS multi-slot class 12/ class 10 (optional) and supports the GPRS coding schemes CS-1, CS-2, CS-3 and CS-4.

With a tiny configuration of 15.8*17.8*2.4mm, SIM800L can meet almost all the space requirements in user applications, such as smart phone, PDA and other mobile devices.

SIM800L has 88pin pads of LGA packaging, and provides all hardware interfaces between the module and customers' boards.

- Support 5*5*2 keypads
- One full modem serial port, user can configure two serial ports
- One USB, the USB interfaces can debug, download software
- Audio channel which includes two microphone input; a receiver output and a speaker output
- Programmable general purpose input and output.
- A SIM card interface
- Support FM
- Support one PWM

SIM800L is designed with power saving technique so that the current consumption is as low as 0.7mA in sleep mode.

2.1. SIM800L Key Features

Table 1: SIM800L key features

Feature	Implementation
Power supply	3.4V ~4.4V
Power saving	typical power consumption in sleep mode is 0.7mA (AT+CFUN=0)
Frequency bands	• Quad-band: GSM 850, EGSM 900, DCS 1800, PCS 1900. SIM800L can search the 4 frequency bands automatically. The frequency bands can also be set by AT command "AT+CBAND". For details, please refer to document [1]. • Compliant to GSM Phase 2/2+
Transmitting power	• Class 4 (2W) at GSM 850 and EGSM 900 • Class 1 (1W) at DCS 1800 and PCS 1900
GPRS connectivity	• GPRS multi-slot class 12 (default) • GPRS multi-slot class 1~12 (option)
Temperature range	• Normal operation: -40°C ~ +85°C

SIMCOM CONFIDENTIAL FILE

	• Storage temperature -45℃ ~ +90℃
Data GPRS	• GPRS data downlink transfer: max. 85.6 kbps • GPRS data uplink transfer: max. 85.6 kbps • Coding scheme: CS-1, CS-2, CS-3 and CS-4 • PAP protocol for PPP connect • Integrate the TCP/IP protocol. • Support Packet Broadcast Control Channel (PBCCH) • CSD transmission rates: 2.4，4.8，9.6，14.4 kbps
CSD	• Support CSD transmission
USSD	• Unstructured Supplementary Services Data (USSD) support
SMS	• MT, MO, CB, Text and PDU mode • SMS storage: SIM card
SIM interface	Support SIM card: 1.8V, 3V
External antenna	Antenna pad
Audio features	Speech codec modes: • Half Rate (ETS 06.20) • Full Rate (ETS 06.10) • Enhanced Full Rate (ETS 06.50 / 06.60 / 06.80) • Adaptive multi rate (AMR) • Echo Cancellation • Noise Suppression
Serial port and debug port	Serial port: • Full modem interface with status and control lines, unbalanced, asynchronous. • 1200bps to 115200bps. • Can be used for AT commands or data stream. • Support RTS/CTS hardware handshake and software ON/OFF flow control. • Multiplex ability according to GSM 07.10 Multiplexer Protocol. • Autobauding supports baud rate from 1200 bps to 57600bps. • upgrading firmware Debug port: • USB_DM and USB_DP • Can be used for debugging and upgrading firmware.
Phonebook management	Support phonebook types: SM, FD, LD, RC, ON, MC.
SIM application toolkit	GSM 11.14 Release 99
Real time clock	Support RTC
Timing functions	Use AT command set
Physical characteristics	Size:15.8*17.8*2.4mm Weight:1.35g
Firmware upgrade	Main serial port or USB port.

Table 2: Coding schemes and maximum net data rates over air interface

Coding scheme	1 timeslot	2 timeslot	4 timeslot
CS-1	9.05kbps	18.1kbps	36.2kbps
CS-2	13.4kbps	26.8kbps	53.6kbps
CS-3	15.6kbps	31.2kbps	62.4kbps
CS-4	21.4kbps	42.8kbps	85.6kbps

2.2. Operating Mode

The table below summarizes the various operating modes of SIM800L.

Table 3: Overview of operating modes

Mode	Function	
Normal operation	GSM/GPRS SLEEP	Module will automatically go into sleep mode if the conditions of sleep mode are enabling and there is no on air and no hardware interrupt (such as GPIO interrupt or data on serial port). In this case, the current consumption of module will reduce to the minimal level. In sleep mode, the module can still receive paging message and SMS.
	GSM IDLE	Software is active. Module is registered to the GSM network, and the module is ready to communicate.
	GSM TALK	Connection between two subscribers is in progress. In this case, the power consumption depends on network settings such as DTX off/on, FR/EFR/HR, hopping sequences, antenna.
	GPRS STANDBY	Module is ready for GPRS data transfer, but no data is currently sent or received. In this case, power consumption depends on network settings and GPRS configuration.
	GPRS DATA	There is GPRS data transfer (PPP or TCP or UDP) in progress. In this case, power consumption is related with network settings (e.g. power control level); uplink/downlink data rates and GPRS configuration (e.g. used multi-slot settings).
Power down	Normal power down by sending AT command "AT+CPOWD=1" or using the PWRKEY. The power management unit shuts down the power supply for the baseband part of the module, and only the power supply for the RTC is remained. Software is not active. The serial port is not accessible. Power supply (connected to VBAT) remains applied.	
Minimum functionality mode	AT command "AT+CFUN" can be used to set the module to a minimum functionality mode without removing the power supply. In this mode, the RF part of the module will not work or the SIM card will not be accessible, or both RF part and SIM card will be closed, and the serial port is still accessible. The power consumption in this mode is lower than normal mode.	

B.9 *Datasheet Buck Converter* LM2596

TEXAS INSTRUMENTS

LM2596

SNVS124D – NOVEMBER 1999 – REVISED MAY 2016

LM2596 SIMPLE SWITCHER® Power Converter 150-kHz 3-A Step-Down Voltage Regulator

1 Features

- 3.3-V, 5-V, 12-V, and Adjustable Output Versions
- Adjustable Version Output Voltage Range: 1.2-V to 37-V ± 4% Maximum Over Line and Load Conditions
- Available in TO-220 and TO-263 Packages
- 3-A Output Load Current
- Input Voltage Range Up to 40 V
- Requires Only 4 External Components
- Excellent Line and Load Regulation Specifications
- 150-kHz Fixed-Frequency Internal Oscillator
- TTL Shutdown Capability
- Low Power Standby Mode, I_Q, Typically 80 μA
- High Efficiency
- Uses Readily Available Standard Inductors
- Thermal Shutdown and Current-Limit Protection
- Create a Custom Design Using the LM2596 with the WEBENCH Power Designer

2 Applications

- Simple High-Efficiency Step-Down (Buck) Regulator
- On-Card Switching Regulators
- Positive to Negative Converter

3 Description

The LM2596 series of regulators are monolithic integrated circuits that provide all the active functions for a step-down (buck) switching regulator, capable of driving a 3-A load with excellent line and load regulation. These devices are available in fixed output voltages of 3.3 V, 5 V, 12 V, and an adjustable output version.

Requiring a minimum number of external components, these regulators are simple to use and include internal frequency compensation, and a fixed-frequency oscillator.

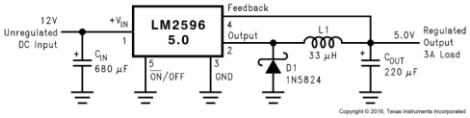
The LM2596 series operates at a switching frequency of 150 kHz, thus allowing smaller sized filter components than what would be required with lower frequency switching regulators. Available in a standard 7-pin TO-220 package with several different lead bend options, and a 7-pin TO-263 surface mount package.

Device Information(1)

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM2596	TO-220 (7)	14.986 mm × 10.16 mm
	TO-263 (7)	10.10 mm × 8.89 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

Typical Application



(Fixed Output Voltage Versions)

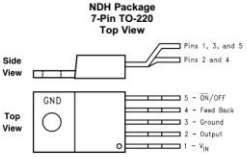
An IMPORTANT NOTICE at the end of this data sheet addresses availability, warranty, changes, use in safety-critical applications, intellectual property matters and other important disclaimers. PRODUCTION DATA.

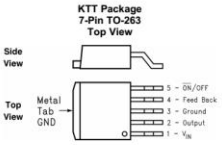
5 Description (continued)

A standard series of inductors are available from several different manufacturers optimized for use with the LM2596 series. This feature greatly simplifies the design of switch-mode power supplies.

Other features include a ±4% tolerance on output voltage under specified input voltage and output load conditions, and ±15% on the oscillator frequency. External shutdown is included, featuring typically 80 μA standby current. Self-protection features include a two stage frequency reducing current limit for the output switch and an overtemperature shutdown for complete protection under fault conditions.

6 Pin Configuration and Functions





Pin Functions

PIN		I/O	DESCRIPTION
NO.	NAME		
1	V_{IN}	I	This is the positive input supply for the IC switching regulator. A suitable input bypass capacitor must be present at this pin to minimize voltage transients and to supply the switching currents required by the regulator.
2	Output	O	Internal switch. The voltage at this pin switches between approximately ($+V_{IN} - V_{SAT}$) and approximately −0.5 V, with a duty cycle of V_{OUT} / V_{IN}. To minimize coupling to sensitive circuitry, the PCB copper area connected to this pin must be kept to a minimum.
3	Ground	—	Circuit ground.
4	Feedback	I	Senses the regulated output voltage to complete the feedback loop.
5	$\overline{ON}$/OFF	I	Allows the switching regulator circuit to be shut down using logic signals thus dropping the total input supply current to approximately 80 μA. Pulling this pin below a threshold voltage of approximately 1.3 V turns the regulator on, and pulling this pin above 1.3 V (up to a maximum of 25 V) shuts the regulator down. If this shutdown feature is not required, the $\overline{ON}$/OFF pin can be wired to the ground pin or it can be left open. In either case, the regulator will be in the ON condition.

Copyright © 1999–2016, Texas Instruments Incorporated

7 Specifications

7.1 Absolute Maximum Ratings

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)(1)(2)

			MIN	MAX	UNIT
Maximum supply voltage (V_{IN})				45	V
$\overline{SD}$/SS pin input voltage(3)				6	V
Delay pin voltage(3)				1.5	V
Flag pin voltage			–0.3	45	V
Feedback pin voltage			–0.3	25	V
Output voltage to ground, steady-state				–1	V
Power dissipation			Internally limited		
Lead temperature	KTW package	Vapor phase (60 s)		215	°C
		Infrared (10 s)		245	
	NDZ package, soldering (10 s)			260	
Maximum junction temperature				150	°C
Storage temperature, T_{stg}			–65	150	°C

(1) Stresses beyond those listed under *Absolute Maximum Ratings* may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, which do not imply functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under *Recommended Operating Conditions*. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.
(2) If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the Texas Instruments Sales Office/ Distributors for availability and specifications.
(3) Voltage internally clamped. If clamp voltage is exceeded, limit current to a maximum of 1 mA.

7.2 ESD Ratings

			VALUE	UNIT
$V_{(ESD)}$	Electrostatic discharge	Human-body model (HBM), per ANSI/ESDA/JEDEC JS-001(1)	±2000	V

(1) JEDEC document JEP155 states that 500-V HBM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.

7.3 Operating Conditions

	MIN	MAX	UNIT
Supply voltage	4.5	40	V
Temperature	–40	125	°C

7.4 Thermal Information

THERMAL METRIC(1)			LM2596		UNIT
			KTW (TO-263)	NDZ (TO-220)	
			7 PINS	7 PINS	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-ambient thermal resistance(2)(3)	See(4)	—	50	°C/W
		See(5)	50	—	
		See(6)	30	—	
		See(7)	20	—	
$R_{\theta JC(top)}$	Junction-to-case (top) thermal resistance		2	2	°C/W

(1) For more information about traditional and new thermal metrics, see the *Semiconductor and IC Package Thermal Metrics* application report, SPRA953.
(2) The package thermal impedance is calculated in accordance to JESD 51-7.
(3) Thermal Resistances were simulated on a 4-layer, JEDEC board.
(4) Junction to ambient thermal resistance (no external heat sink) for the package mounted TO-220 package mounted vertically, with the leads soldered to a printed circuit board with (1 oz.) copper area of approximately 1 in^2.
(5) Junction to ambient thermal resistance with the TO-263 package tab soldered to a single sided printed circuit board with 0.5 in^2 of 1-oz copper area.
(6) Junction to ambient thermal resistance with the TO-263 package tab soldered to a single sided printed circuit board with 2.5 in^2 of 1-oz copper area.
(7) Junction to ambient thermal resistance with the TO-263 package tab soldered to a double sided printed circuit board with 3 in^2 of 1-oz copper area on the LM2596S side of the board, and approximately 16 in^2 of copper on the other side of the PCB.

Copyright © 1999–2016, Texas Instruments Incorporated

7.5 Electrical Characteristics – 3.3-V Version

Specifications are for T_J = 25°C (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN(1)	TYP(2)	MAX(1)	UNIT
SYSTEM PARAMETERS(3) (see Figure 35 for test circuit)							
V_{OUT}	Output voltage	4.75 V ≤ V_{IN} ≤ 40 V, 0.2 A ≤ I_{LOAD} ≤ 3 A	T_J = 25°C	3.168	3.3	3.432	V
			–40°C ≤ T_J ≤ 125°C	3.135		3.465	
η	Efficiency	V_{IN} = 12 V, I_{LOAD} = 3 A			73%		

(1) All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are specified via correlation using standard Statistical Quality Control (SQC) methods. All limits are used to calculate Average Outgoing Quality Level (AOQL).
(2) Typical numbers are at 25°C and represent the most likely norm.
(3) External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors can affect switching regulator system performance. When the LM2596 is used as shown in Figure 35, system performance is shown in the test conditions column.

7.6 Electrical Characteristics – 5-V Version

Specifications are for T_J = 25°C (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN(1)	TYP(2)	MAX(1)	UNIT
SYSTEM PARAMETERS(3) (see Figure 35 for test circuit)							
V_{OUT}	Output voltage	7 V ≤ V_{IN} ≤ 40 V, 0.2 A ≤ I_{LOAD} ≤ 3 A	T_J = 25°C	4.8	5	5.2	V
			–40°C ≤ T_J ≤ 125°C	4.75		5.25	
η	Efficiency	V_{IN} = 12 V, I_{LOAD} = 3 A			80%		

(1) All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are specified via correlation using standard Statistical Quality Control (SQC) methods. All limits are used to calculate Average Outgoing Quality Level (AOQL).
(2) Typical numbers are at 25°C and represent the most likely norm.
(3) External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors can affect switching regulator system performance. When the LM2596 is used as shown in Figure 35, system performance is shown in the test conditions column.

7.7 Electrical Characteristics – 12-V Version

Specifications are for T_J = 25°C (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN(1)	TYP(2)	MAX(1)	UNIT
SYSTEM PARAMETERS(3) (see Figure 35 for test circuit)							
V_{OUT}	Output voltage	15 V ≤ V_{IN} ≤ 40 V, 0.2 A ≤ I_{LOAD} ≤ 3 A	T_J = 25°C	11.52	12	12.48	V
			–40°C ≤ T_J ≤ 125°C	11.4		12.6	
η	Efficiency	V_{IN} = 25 V, I_{LOAD} = 3 A			90%		

(1) All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are specified via correlation using standard Statistical Quality Control (SQC) methods. All limits are used to calculate Average Outgoing Quality Level (AOQL).
(2) Typical numbers are at 25°C and represent the most likely norm.
(3) External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors can affect switching regulator system performance. When the LM2596 is used as shown in Figure 35, system performance is shown in the test conditions column.

7.8 Electrical Characteristics – Adjustable Voltage Version

Specifications are for T_J = 25°C (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN(1)	TYP(2)	MAX(1)	UNIT
SYSTEM PARAMETERS(3) (see Figure 35 for test circuit)							
V_{FB}	Feedback voltage	4.5 V ≤ V_{IN} ≤ 40 V, 0.2 A ≤ I_{LOAD} ≤ 3 A			1.23		V
		V_{OUT} programmed for 3 V (see Figure 35 for test circuit)	T_J = 25°C	1.193		1.267	
			–40°C ≤ T_J ≤ 125°C	1.18		1.28	
η	Efficiency	V_{IN} = 12 V, V_{OUT} = 3 V, I_{LOAD} = 3 A			73%		

(1) All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are specified via correlation using standard Statistical Quality Control (SQC) methods. All limits are used to calculate Average Outgoing Quality Level (AOQL).
(2) Typical numbers are at 25°C and represent the most likely norm.
(3) External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors can affect switching regulator system performance. When the LM2596 is used as shown in Figure 35, system performance is shown in the test conditions column.

Copyright © 1999–2016, Texas Instruments Incorporated

7.9 Electrical Characteristics – All Output Voltage Versions

Specifications are for T_J = 25°C, I_{LOAD} = 500 mA, V_{IN} = 12 V for the 3.3-V, 5-V, and adjustable version, and V_{IN} = 24 V for the 12-V version (unless otherwise noted).

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN(1)	TYP(2)	MAX(1)	UNIT
DEVICE PARAMETERS							
I_b	Feedback bias current	Adjustable version only, V_{FB} = 1.3 V	T_J = 25°C		10	50	nA
			–40°C ≤ T_J ≤ 125°C			100	
f_O	Oscillator frequency(3)	T_J = 25°C		127	150	173	kHz
		–40°C ≤ T_J ≤ 125°C		110		173	
V_{SAT}	Saturation voltage(4) (5)	I_{OUT} = 3 A	T_J = 25°C		1.16	1.4	V
			–40°C ≤ T_J ≤ 125°C			1.5	
DC	Max duty cycle (ON)(5)				100%		
	Min duty cycle (OFF)(6)				0%		
I_{CL}	Current limit(4) (5)	Peak current	T_J = 25°C	3.6	4.5	6.9	A
			–40°C ≤ T_J ≤ 125°C	3.4		7.5	
I_L	Output leakage current(4) (6)	Output = 0 V, V_{IN} = 40 V				50	µA
		Output = –1 V			2	30	mA
I_Q	Operating quiescent current(6)	See (6)			5	10	mA
I_{STBY}	Current standby quiescent	$\overline{ON}$/OFF pin = 5 V (OFF)(7)	T_J = 25°C		80	200	µA
			–40°C ≤ T_J ≤ 125°C			250	µA
SHUTDOWN/SOFT-START CONTROL (see Figure 35 for test circuit)							
V_{IH}	$\overline{ON}$/OFF pin logic input threshold voltage	Low (regulator ON)	T_J = 25°C		1.3		V
			–40°C ≤ T_J ≤ 125°C			0.6	
V_{IL}		High (regulator OFF)	T_J = 25°C		1.3		V
			–40°C ≤ T_J ≤ 125°C	2			
I_H	$\overline{ON}$/OFF pin input current	V_{LOGIC} = 2.5 V (regulator OFF)			5	15	µA
I_L		V_{LOGIC} = 0.5 V (regulator ON)			0.02	5	µA

(1) All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are specified via correlation using standard Statistical Quality Control (SQC) methods. All limits are used to calculate Average Outgoing Quality Level (AOQL).
(2) Typical numbers are at 25°C and represent the most likely norm.
(3) The switching frequency is reduced when the second stage current limit is activated. The amount of reduction is determined by the severity of current overload.
(4) No diode, inductor, or capacitor connected to output pin.
(5) Feedback pin removed from output and connected to 0 V to force the output transistor switch ON.
(6) Feedback pin removed from output and connected to 12 V for the 3.3-V, 5-V, and the adjustable versions, and 15 V for the 12-V version, to force the output transistor switch OFF.
(7) V_{IN} = 40 V.

Copyright © 1999–2016, Texas Instruments Incorporated

B.10 *Datasheet* IC LM7805

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR®

August 2012

LM78XX/LM78XXA
3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

Features

- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

General Description

The LM78XX series of three terminal positive regulators are available in the TO-220 package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

Ordering Information

Product Number	Output Voltage Tolerance	Package	Operating Temperature
LM7805CT	±4%	TO-220 (Single Gauge)	-40°C to +125°C
LM7806CT			
LM7808CT			
LM7809CT			
LM7810CT			
LM7812CT			
LM7815CT			
LM7818CT			
LM7824CT			
LM7805ACT	±2%		0°C to +125°C
LM7806ACT			
LM7808ACT			
LM7809ACT			
LM7810ACT			
LM7812ACT			
LM7815ACT			
LM7818ACT			
LM7824ACT			

© 2012 Fairchild Semiconductor Corporation

Electrical Characteristics (LM7805)

Refer to the test circuits. -40°C < T_J < 125°C, I_O = 500mA, V_I = 10V, C_I = 0.1µF, unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
V_O	Output Voltage	T_J = +25°C		4.8	5.0	5.2	V
		5mA ≤ I_O ≤ 1A, P_O ≤ 15W, V_I = 7V to 20V		4.75	5.0	5.25	
Regline	Line Regulation(1)	T_J = +25°C	V_O = 7V to 25V	–	4.0	100	mV
			V_I = 8V to 12V	–	1.6	50.0	
Regload	Load Regulation(1)	T_J = +25°C	I_O = 5mA to 1.5A	–	9.0	100	mV
			I_O = 250mA to 750mA	–	4.0	50.0	
I_Q	Quiescent Current	T_J = +25°C		–	5.0	8.0	mA
ΔI_Q	Quiescent Current Change	I_O = 5mA to 1A		–	0.03	0.5	mA
		V_I = 7V to 25V		–	0.3	1.3	
$\Delta V_O/\Delta T$	Output Voltage Drift(2)	I_O = 5mA		–	-0.8	–	mV/°C
V_N	Output Noise Voltage	f = 10Hz to 100kHz, T_A = +25°C		–	42.0	–	µV/V_O
RR	Ripple Rejection(2)	f = 120Hz, V_O = 8V to 18V		62.0	73.0	–	dB
V_{DROP}	Dropout Voltage	I_O = 1A, T_J = +25°C		–	2.0	–	V
r_O	Output Resistance(2)	f = 1kHz		–	15.0	–	mΩ
I_{SC}	Short Circuit Current	V_I = 35V, T_A = +25°C		–	230	–	mA
I_{PK}	Peak Current(2)	T_J = +25°C		–	2.2	–	A

Notes:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.
2. These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

B.11 *Datasheet* IC LM7809

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR®

August 2012

LM78XX/LM78XXA
3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

Features

- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

General Description

The LM78XX series of three terminal positive regulators are available in the TO-220 package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

Ordering Information

Product Number	Output Voltage Tolerance	Package	Operating Temperature
LM7805CT	±4%	TO-220 (Single Gauge)	-40°C to +125°C
LM7806CT			
LM7808CT			
LM7809CT			
LM7810CT			
LM7812CT			
LM7815CT			
LM7818CT			
LM7824CT			
LM7805ACT	±2%		0°C to +125°C
LM7806ACT			
LM7808ACT			
LM7809ACT			
LM7810ACT			
LM7812ACT			
LM7815ACT			
LM7818ACT			
LM7824ACT			

© 2012 Fairchild Semiconductor Corporation

Electrical Characteristics (LM7809) (Continued)

Refer to the test circuits. -40°C < T_J < 125°C, I_O = 500mA, V_I = 15V, C_I = 0.33µF, C_O = 0.1µF, unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
V_O	Output Voltage	T_J = +25°C		8.65	9.0	9.35	V
		5mA ≤ I_O ≤ 1A, P_O ≤ 15W, V_I = 11.5V to 24V		8.6	9.0	9.4	
Regline	Line Regulation[7]	T_J = +25°C	V_I = 11.5V to 25V	–	6.0	180	mV
			V_I = 12V to 17V	–	2.0	90.0	
Regload	Load Regulation[7]	T_J = +25°C	I_O = 5mA to 1.5A	–	12.0	180	mV
			I_O = 250mA to 750mA	–	4.0	90.0	
I_Q	Quiescent Current	T_J = +25°C		–	5.0	8.0	mA
ΔI_Q	Quiescent Current Change	I_O = 5mA to 1A		–	–	0.5	mA
		V_I = 11.5V to 26V		–	–	1.3	
$\Delta V_O/\Delta T$	Output Voltage Drift[8]	I_O = 5mA		–	-1.0	–	mV/°C
V_N	Output Noise Voltage	f = 10Hz to 100kHz, T_A = +25°C		–	58.0	–	µV/V_O
RR	Ripple Rejection[8]	f = 120Hz, V_O = 13V to 23V		56.0	71.0	–	dB
V_{DROP}	Dropout Voltage	I_O = 1A, T_J = +25°C		–	2.0	–	V
r_O	Output Resistance[8]	f = 1kHz		–	17.0	–	mΩ
I_{SC}	Short Circuit Current	V_I = 35V, T_A = +25°C		–	250	–	mA
I_{PK}	Peak Current[8]	T_J = +25°C		–	2.2	–	A

Notes:

7. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.
8. These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

B.12 *Datasheet Switching Power Supply* 5V/2A

5V 2A (2000mA) switching power supply - UL Listed -

ID: 276

Description

Need a lot of 5V power? This switching supply gives a clean regulated 5V output at up to 2000mA. 110 or 240 input, so it works in any country. The plugs are "US 2-prong" style so you may need a plug adapter, but you can pick one up at any hardware store for a $1 or so.

This cable terminates with a 'standard' 5.5mm OD, 2.1mm ID positive tip connector and with match with our **2.1mm extension cord**, **female terminal block adapter**, **breadboard-friendly DC jack**, etc.

This adapter is great for use with **YBox/Propeller projects**, **Chumby Hacker boards** (using a **2.1mm to 1.7mm adapter**), **RGB LED pixels** or **addressable LED strip**, etc. Its not good for powering an Arduino thru the DC jack as it requires at least 7.5V - check out our 9V adapter instead!

This particular adapter is very nice, much better than the 'PSP charger' we got before, with better stability and less drooping at high currents. It's even UL listed!

Technical Details

RoHS

- 73mm x 43mm x 27mm (2.9in x 1.6in x 1.1in)
- Cable Length: 1.83/72in (5')
- Cable Diameter: 3.5mm (0.125in)

- Plug type: 5.5mm OD / 2.1mm ID 'coaxial' DC plug
- Input: 110V-220V AC
- Output: ~5V DC up to 2A

B.13 *Datasheet Switching Power Supply* 12V/2A

12V AC-DC Switching Regulated Power Supply

Specifications

AC Input

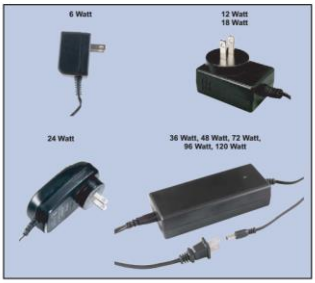
Voltage Range: 90 – 264 VAC
Input Frequency: 47 – 63 Hz
Inrush Current:
6W, 12W, 18W, 24W, 96W, and 120W Types: 30A Max
36W, 48W, and 72W Types: 15A Max

DC Output

Voltage Range: 11.4V – 12.6V
Current Range: 0.1A – 10A

Reliability

Insulation Resistance: 50MΩ Min (Input to Output, DC 500V)
MTBF: 50000 Hours (**20000 Hours for 2A device ONLY**)



Plug Types

Ordering Information

	NTE Type No.	DC Output Amps	DC Output Wattage	Plug Type
	57–12D–500–1	500mA	6	2.1mm x 5.5mm Jack
	57–12D–500–2	500mA	6	2.5mm x 5.5mm Jack
	57–12D–500–3	500mA	6	1.35mm ID x 3.5mm OD Plug
	57–12D–500–4	500mA	6	2.1mm ID x 5.5mm OD Plug
	57–12D–500–5	500mA	6	2.5mm ID x 5.5mm OD Plug
	57–12D–1000–1	1A	12	2.1mm x 5.5mm Jack
	57–12D–1000–2	1A	12	2.5mm x 5.5mm Jack
	57–12D–1000–3	1A	12	1.35mm ID x 3.5mm OD Plug
	57–12D–1000–4	1A	12	2.1mm ID x 5.5mm OD Plug
	57–12D–1000–5	1A	12	2.5mm ID x 5.5mm OD Plug
	57–12D–1500–1	1.5A	18	2.1mm x 5.5mm Jack
	57–12D–1500–2	1.5A	18	2.5mm x 5.5mm Jack
	57–12D–1500–4	1.5A	18	2.1mm ID x 5.5mm OD Plug
	57–12D–1500–5	1.5A	18	2.5mm ID x 5.5mm OD Plug
	57–12D–2000–4	2A	24	2.1mm ID x 5.5mm OD Plug
	57–12D–2000–5	2A	24	2.5mm ID x 5.5mm OD Plug
NEW	57–12D–3000–4	3A	36	2.1mm ID x 5.5mm OD Plug
NEW	57–12D–4000–4	4A	48	2.1mm ID x 5.5mm OD Plug
NEW	57–12D–6000–4	6A	72	2.1mm ID x 5.5mm OD Plug
NEW	57–12D–8000–4	8A	96	2.1mm ID x 5.5mm OD Plug
NEW	57–12D–10000–4	10A	120	2.1mm ID x 5.5mm OD Plug

Need Power Jacks to go with your power supply? You can find them on Page 9.

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

RIWAYAT HIDUP PENULIS

Nama	: Septian Alif Farhansyah
TTL	: Surabaya, 13 September 1996
Jenis Kelamin	: Pria
Agama	: Islam
Alamat	: Jl. Wisma Permai Tengah VI/HH-9, Mulyorejo, Surabaya
Telp/HP	: 031-5937474 / 08159516604
E-mail	: septianaf439@gmail.com
Hobi	: Bersepeda, berenang

RIWAYAT PENDIDIKAN

2000-2002	: TK Sambirobyong, Kec. Pagu, Kab. Kediri
2002-2004	: SDN Banjaran II, Kota Kediri
2004-2008	: SD Muhammadiyah 4 Surabaya
2008-2011	: SMP Negeri 39 Surabaya
2011-2014	: SMA Negeri 5 Surabaya
2014-2017	: Bidang Studi Teknik Listrik, Program Studi D3 Teknik Elektro, PLN ITS

PENGALAMAN KERJA

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

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

RIWAYAT HIDUP PENULIS

Nama	: Kukuh Anartyo Wijoseno
TTL	: Blora, 26 April 1996
Jenis Kelamin	: Pria
Agama	: Islam
Alamat	: Jl. Randublatung, Tambakromo Lorong 3F, Kec. Cepu, Kab Blora, Jawa Tengah, 58315
Telp/HP	: 085866422915
E-mail	: kukuhaino@gmail.com
Hobi	: Survival

RIWAYAT PENDIDIKAN

2002-2008	: SD Negeri 3 Cepu
2008-2011	: SMP Negeri 3 Cepu
2011-2014	: SMA Negeri 1 Cepu
2014-2017	: Bidang Studi Teknik Listrik, Program Studi D3 Teknik Elektro, PLN ITS

PENGALAMAN KERJA

- Kerja Praktek PT. PLN (Persero) Area Surabaya Utara.
- Pemilik lapak “Aino Shop” di www.tokopedia.com/aino-original

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