

**SISTEM MONITORING PERAWATAN BERKALA
MESIN PEMBANGKIT LISTRIK**

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan
Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh :

FITRIA

NIRM : 0031511

LISNAWATI

NIRM : 0031547

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG**

2018

LEMBAR PENGESAHAN

**SISTEM MONITORING PERAWATAN BERKALA
MESIN PEMBANGKIT LISTRIK**

Oleh :

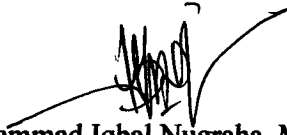
Fitria /NIRM : 0031511

Lisnawati /NIRM : 0031547

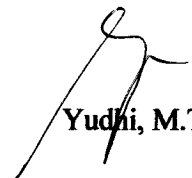
Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Menyetujui,

Pembimbing 1


Muhammad Iqbal Nugraha, M.Eng.

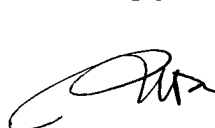
Pembimbing 2


Yudhi, M.T.


Penguji 1


Ocsifendi, M.T.

Penguji 2


Irwan, M.Sc.

Penguji 3


Surojo, M.T.

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa 1 : Fitria

NIRM : 0031511

Nama Mahasiswa 2 : Lisnawati

NIRM : 0031547

Dengan Judul : SISTEM MONITORING PERAWATAN BERKALA MESIN
PEMBANGKIT LISTRIK

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia diberikan sanksi yang berlaku.

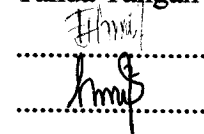
Sungailiat, 31 Juli 2018

Nama Mahasiswa

1. Fitria

2. Lisnawati

Tanda Tangan


.....
.....

ABSTRAK

Monitoring pada pembangkit listrik kebanyakan masih menggunakan cara konvensional yaitu dengan mengukur tegangan dan arus AC secara langsung. Hal tersebut membuat monitoring kurang efisien karna menghabiskan lebih banyak waktu dan tenaga. Tujuan dari Proyek Akhir ini adalah untuk merancang system monitoring agar lebih efisien dan memudahkan operator. Metodologi pembuatan alat ini adalah tegangan, arus, dan daya dibaca oleh sensor dan diproses oleh arduino untuk selanjutnya dikirimkan ke smartphone operator via wireless. Adapun pengujian dari alat ini dilakukan di Lab ELDA POLMAN BABEL dengan menggunakan generator 3 phase. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran manual dengan pengukuran oleh alat yang ditampilkan pada android.

Kata kunci : Monitoring, generator, android

ABSTRACT

Monitoring of the electricity generator usually use conventional methods by measuring the AC voltage and current directly. This makes the monitoring less efficient because it spend more time and energy. The goal of the final project is to design a monitoring system to make it more efficient and facilitate the operator. The methodology for making this system is voltage, current, and power read by sensor and processed by arduino and send them to smartphone via wireless. The testing is done at ELDA POLMAN BABEL laboratory using 3 phase generator. The testing is done by comparing the result between manual measurement and by the tools measurement shown in the android.

Keyword: Monitoring, generator, android

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas rahmat dan kasih karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Proyek Akhir ini dengan baik. Laporan Proyek Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan dan kewajiban mahasiswa untuk menyelesaikan kurikulum program pendidikan Diploma III di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Dalam pembuatan alat dan makalah Proyek Akhir ini penulis mencoba menerapkan ilmu yang telah didapatkan selama 3 tahun menuntut ilmu di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung serta pengalaman yang didapatkan selama melaksanakan Program Praktik Kerja Lapangan. Penulis mengakui bahwa selesainya Proyek Akhir ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak yang membantu dan memberi dukungan dalam membuat alat maupun dalam menyelesaikan laporan Proyek Akhir ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan kasih sayang, doa serta dukungan baik moril maupun materil.
2. Bapak Sugeng Ariyono, M.Eng, Ph.D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
3. Bapak M. Iqbal Nugraha, M.Eng., selaku pembimbing 1 yang telah memberikan waktu dan masukan serta solusi dalam penyelesaian Proyek Akhir ini.
4. Bapak Yudhi, M.T, selaku pembimbing 2 yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam pembuatan alat serta penulisan laporan Proyek Akhir ini.
5. Seluruh staf pengajar dan karyawan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Rekan-rekan mahasiswa tingkat akhir Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

7. Teman-teman yang telah ikut mendukung dan memberikan bantuan serta masukan dalam pembuatan Proyek Akhir ini.
8. Pihak-pihak lain yang telah memberikan bantuan secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa laporan Proyek Akhir ini masih terdapat banyak sekali kekurangan, untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam agar kedepannya penulis dapat lebih baik lagi. Demikian laporan ini dibuat semoga laporan ini dapat bermanfaat kedepannya dan menambah wawasan pembaca. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Sungailiat, 9 September 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Proyek Akhir.....	2
BAB II LANDASAN TEORI.....	3
2.1. Sistem <i>Monitoring</i>	3
2.2 Perawatan Berkala.....	3
2.3 Generator Sinkron	4
2.4 Kontruksi Generator Sinkron	5
2.4.1 <i>Rotor</i>	5
2.4.2 <i>Stator</i>	7
2.5 Prinsip Kerja Generator.....	7
2.6 Mesin Pembangkit Listrik	9
BAB III METODE PELAKSANAAN	10
3.1 Pengumpulan Data	11
3.2 Pembuatan Sistem Kontrol.....	11
3.3 <i>Assembly</i> Komponen	11
3.4 Pembuatan Program	11

3.5	Uji Coba	12
3.6	Analisis Data	12
3.7	Laporan	12
BAB IV PEMBAHASAN.....		13
4.1	Proses Perancangan Sistem Kontrol	13
4.2	Proses Pembahasan Komponen yang Digunakan.....	15
4.2.1	<i>DC Compound Wound Machine</i>	15
4.2.2	<i>3 Phase Synchronous Generator</i>	16
4.2.3	Modul Sensor PZEM-004T	16
4.2.4	Sensor <i>Rotary Encoder</i> FC-03	18
4.2.5	Arduino Mega 2560	18
4.2.6	LCD 20x4 dengan I2C	21
4.3	Pembuatan Alat	21
4.3.1	Pembuatan Rangkaian Penurun Tegangan 5v	21
4.3.2	Proses <i>Assembly</i> Komponen	23
4.4	Pemrograman Keseluruhan	25
4.5	Pengujian Alat	25
4.5.1	Cara Penggunaan Alat.....	25
4.5.2	Pengujian Sensor PZEM-004T	26
4.5.3	Pengujian Keseluruhan.....	29
BAB V PENUTUP.....		33
5.1	Kesimpulan	33
5.2	Saran.....	33

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
4. 1 Spesifikasi sensor PZEM-004T.....	17
4. 2 Konfigurasi pin PZEM-004T	17
4. 3 Spesifikasi Arduino Mega 2560.....	19
4. 4 Pengujian penurun tegangan 5v	23
4. 5 Hasil pengujian tegangan	27
4. 6 Hasil pengujian arus.....	28
4. 7 Hasil pengujian daya	28
4. 8 Daftar Pengujian	29
4. 9 Hasil pengujian 1.....	29
4. 10 Hasil pengujian 2.....	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2. 1 Skema diagram generator sinkron tiga <i>phase</i>	5
2. 2 Bentuk rotor kutub sepatu	6
2. 3 Bentuk rotor silinder	6
2. 4 Sistem pembangkit generator sinkron	8
2. 5 Skema kumparan tiga <i>phase</i>	9
3. 1 Flowchart metode pelaksanaan	10
3. 2 Pemrograman pada <i>software</i> IDE	12
4. 1 Blok diagram sistem kontrol	13
4. 2 Blok rangkaian elektrik	14
4. 3 Flowchart cara kerja alat monitoring	15
4. 4 Generator yang digunakan	16
4. 5 Bentuk fisik AC <i>digital multifunction meter</i> PZEM-004T <i>module</i>	17
4. 6 Sensor <i>rotary encoder</i> FC-03.....	18
4. 7 Bentuk fisik Arduiino Mega 2560	18
4. 8 <i>Software integrated development environment</i>	20
4. 9 LCD 20x4 dengan I ² C.....	21
4. 10 Skematik rangkaian penurun tegangan 5v	21
4. 11 Hasil pembuatan <i>hardware</i>	22
4. 12 Hasil pengujian penurun tegangan 5v	23
4. 13 Komponen yang telah di <i>assembly</i>	24
4. 14 Hasil akhir pembuatan alat.....	25
4. 15 Skematik alat.....	25
4. 16 Skematik rangkaian PZEM-004T	26
4. 17 Hasil pengujian tegangan	27
4. 18 Hasil pengujian arus.....	27
4. 19 Hasil pengujian daya.....	28
4. 20 Pengujian keseluruhan alat.....	31

4. 21 Hasil pengujian tegangan dan rpm.....	31
4. 22 Hasil pengujian arus.....	32
4. 23 Hasil pengujian cosphi	32
4. 24 Hasil pengujian daya.....	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2 : Program Keseluruhan

Lampiran 3 : Data Sheet

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Mesin pembangkit listrik adalah suatu alat yang dapat membangkitkan dan memproduksi tegangan listrik dengan cara mengubah suatu energi tertentu menjadi energi listrik. Bagian utama dari pembangkit listrik ini adalah generator, yakni mesin berputar yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Di dalam mesin pembangkit listrik ada banyak tahapan dalam melakukan perawatan berkala. Kegiatan perawatan dan pemeliharaan dilakukan secara rutin dalam jangka waktu tertentu untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan mesin pembangkit listrik tersebut mengalami kerusakan pada waktu digunakan[1].

Akan tetapi pada saat ini *monitoring* mesin untuk dilakukan perawatan berkala masih dilakukan secara manual seperti tegangan, arus, daya aktif, daya semu, daya reaktif, rpm, faktor daya, dan pemberitahuan jadwal untuk melakukan perawatan berkala pada mesin pembangkit listrik yang harus dilakukan dengan cara memasang alat-alat ukur listrik pada mesin pembangkit listrik tersebut dan melihat jadwal perawatan secara manual. Cara ini memiliki kekurangan, dimana operator harus langsung mengukur alat ukur mesin pembangkit listrik sehingga tidak efisien karena tidak dapat langsung diketahui hasilnya dan menggunakan waktu yang lama.

Oleh karena itu, perlu dibuat sesuatu yang dapat memonitor besaran listrik yang dihasilkan mesin pembangkit listrik tersebut. Selain itu, perlu juga pemberitahuan akan dilakukan perawatan berkala pada waktu tertentu.

Pada penelitian ini, penulis menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai pengontrol dalam perawatan berkala pada mesin pembangkit listrik dan menampilkan hasil pengukuran dari alat yang telah dibuat tersebut pada LCD untuk *memonitoring* perawatan berkala pada mesin pembangkit listrik tersebut.

Sehingga pada penelitian ini penulis ingin mengambil judul “Sistem Monitoring Perawatan Berkala Mesin Pembangkit Listrik”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah proyek akhir ini, maka permasalahan yang akan dibahas/diteliti pada judul Sistem *Monitoring* Perawatan Berkala Mesin Pembangkit Listrik adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana cara membuat rancangan sistem rangkaian sensor untuk mengukur tegangan, arus, daya aktif, daya semu, daya reaktif, rpm, dan jam kerja mesin pembangkit listrik tersebut.
- b. Bagaimana cara menghasilkan pengukuran yang sama dengan pengukuran manual dengan toleransi $\pm 5\%$.

1.3. Batasan Masalah

Dalam perancangan dan pembuatan proyek akhir ini yang berjudul Sistem *Monitoring* Perawatan Berkala Mesin Pembangkit Listrik terdapat batasan masalah antara lain :

1. Pengujian alat dilakukan menggunakan generator 3 *phase* dengan tegangan 220V.
2. Spesifikasi dan output yang dihasilkan generator tidak menjadi fokus kami.

1.4. Tujuan Proyek Akhir

Tujuan proyek akhir yang ingin dicapai dengan pembuatan proyek akhir dengan judul Sistem *Monitoring* Perawatan Berkala Mesin Pembangkit Listrik adalah sebagai berikut :

1. Mempermudah *operator* dalam *memonitoring* untuk penjadwalan perawatan berkala pada mesin pembangkit listrik itu sendiri.
2. Mendeteksi mesin pembangkit listrik tersebut bekerja pada fungsinya.
3. Mempermudah *operator* dalam *memonitoring* besaran listrik yang dihasilkan mesin pembangkit listrik tersebut.

BAB II

LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan dijelaskan tentang teori-teori yang digunakan dalam mengerjakan proyek akhir ini, antara lain sebagai berikut.

2.1 Sistem *Monitoring*

Monitoring didefinisikan sebagai siklus kegiatan yang mencakup pengumpulan, peninjauan ulang, pelaporan, dan tindakan atas informasi suatu proses yang sedang diimplementasi. Umumnya, *monitoring* digunakan dalam checking antara kinerja dan target yang telah ditentukan [2].

Monitoring ditinjau dari hubungan terhadap manajemen kinerja adalah proses terintegrasi untuk memastikan bahwa proses berjalan sesuai rencana (*on the track*). *Monitoring* dapat memberikan informasi keberlangsungan proses untuk menetapkan langkah menuju kearah perbaikan yang berkesinambungan. Pada pelaksanaannya, *monitoring* dilakukan ketika suatu proses sedang berlangsung. Level kajian sistem monitoring mengacu pada kegiatan perkegiatan dalam suatu bagian. Indikator yang menjadi acuan *monitoring* adalah *output* per proses / per kegiatan.

Umumnya, *output monitoring* berupa *progress report* proses. Output tersebut diukur secara deskriptif maupun non-deskriptif. *Output monitoring* bertujuan untuk mengetahui kesesuaian proses telah berjalan. *Output monitoring* berguna pada perbaikan mekanisme proses / kegiatan dimana monitoring dilakukan.

2.2 Perawatan Berkala

Perawatan berkala adalah perawatan yang dilakukan secara berkala. Tujuan dari perawatan berkala ialah dalam rangka mencegah terjadinya kerusakan dengan melakukan pengecekan, penggantian, overhaul pada sistem interval waktu yang ditentukan [3].

Jenis perawatan ini mulai dikenal sejak dimulainya era perang dunia kedua yaitu ketika dunia membutuhkan mekanisasi yang berlebihan pada semua jenis industri. Mengingat jenis mesin makin banyak dan kompleks, maka down time menjadi masalah sehingga industri membutuhkan cara untuk mencegah kerusakan. Dari sinilah timbul ide *overhaul* pada interval waktu yang tetap. Selain itu disebabkan oleh biaya perawatan aset yang makin meningkat terhadap produksi maka lahirlah sistem perencanaan dan kontrol perawatan (*maintenance planning and control system*). Sistem ini telah sangat mapan dalam praktek perawatan[3].

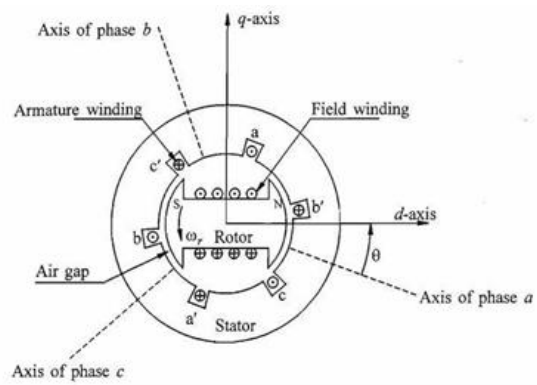
2.3 Generator Sinkron

Generator sinkron adalah mesin pembangkit listrik yang mengubah energi mekanik sebagai input menjadi energi listrik sebagai energi *output*. Tegangan output dari generator sinkron adalah tegangan bolak – balik, karena itu generator sinkron disebut juga generator AC. [4]

Menurut *Anderson P.M* (1982), generator sinkron dapat menghasilkan sumber energi, yaitu : tegangan bolak-balik, oleh karena itu generator sinkron disebut juga generator AC. Dikatakan generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan sinkron ini dihasilkan dari kecepatan putar rotor dengan kutub-kutub magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan putar pada stator.

Jika kumparan rotor yang berfungsi sebagai pembangkit kumparan medan magnet yang terletak di antara kutub magnet utara dan selatan diputar oleh tenaga air atau tenaga lainnya, maka pada kumparan rotor akan timbul medan magnet atau fluks putar. Fluks putar ini akan memotong kumparan stator, sehingga pada ujung-ujung kumparan stator timbul gaya gerak listrik karena berpengaruh induksi dari fluks putar tersebut. Gaya gerak listrik (ggl) yang timbul pada kumparan stator juga bersifat bolak-balik, atau berputar dengan kecepatan sinkron terhadap kecepatan putar rotor[4].

Berikut skema diagram generator 3 *phase* ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Skema diagram generator sinkron tiga *phase* [4]

Gambar 2.1 menunjukkan bahwa pada generator sinkron, kumparan jangkar disebut juga kumparan stator karena berada pada tempat yang tetap, sedangkan kumparan rotor bersama-sama dengan kutub magnet diputar oleh tenaga mekanik.

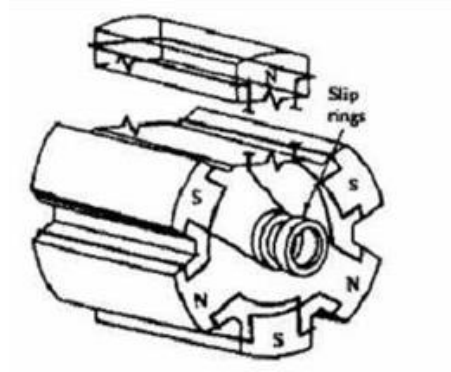
2.4 Konstruksi Generator Sinkron

Menurut *Kundur Prabha* (1993), konstruksi generator sinkron terdiri dari dua bagian utama, yaitu : stator dan rotor. Stator adalah bagian diam yang mengeluarkan tegangan bolak-balik dan rotor adalah bagian bergerak yang menghasilkan medan magnet yang menginduksikan ke stator[4].

2.4.1 Rotor

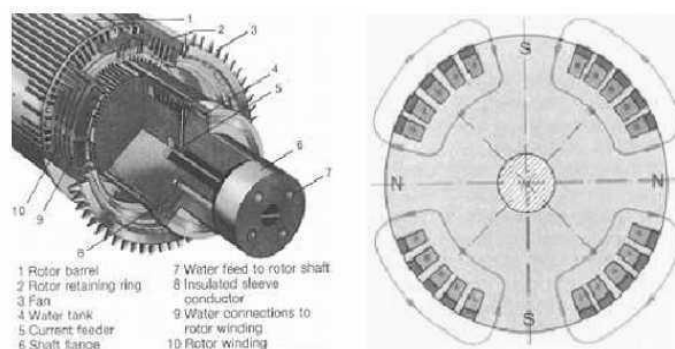
Pada generator sinkron, arus DC diterapkan pada lilitan rotor untuk menghasilkan medan magnet rotor. Rotor generator diputar oleh prime mover menghasilkan medan magnet berputar pada mesin. Medan magnet putar ini menginduksi tegangan tiga fasa pada kumparan stator generator. Rotor pada generator sinkron pada dasarnya adalah sebuah elektromagnet yang besar. Kutub medan magnet rotor dapat berupa *salient* (kutub sepatu) dan *non salient* (rotor silinder)[4].

Bentuk rotor kutub sepatu ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Bentuk rotor kutub sepatu [4]

Rotor silinder umumnya digunakan untuk rotor dua kutub dan empat kutub, sedangkan rotor kutub sepatu digunakan untuk rotor dengan empat atau lebih kutub. Pemilihan konstruksi rotor tergantung dari kecepatan putar primer mover, frekuensi dan rating daya generator. Generator dengan kecepatan 1500 rpm ke atas pada frekuensi 50 Hz dan rating daya sekitar 10MVA menggunakan rotor silinder. Sementara untuk daya dibawah 10 MVA dan kecepatan rendah maka digunakan rotor kutub sepatu. Bentuk rotor silinder dapat ditunjukkan pada Gambar 2.3[4].



- 1 Rotor barrel
- 2 Rotor retaining ring
- 3 Fan
- 4 Water tank
- 5 Current feeder
- 6 Shaft fan
- 7 Water feed to rotor shaft
- 8 Insulated sleeve conductor
- 9 Water connections to rotor winding
- 10 Rotor winding

Gambar 2.3 Bentuk rotor silinder [4]

2.4.2 Stator

Stator atau armatur adalah bagian generator yang berfungsi sebagai tempat untuk menerima induksi magnet dari rotor. Arus AC yang menuju ke beban disalurkan melalui armatur, komponen ini berbentuk sebuah rangka silinder dengan lilitan kawat konduktor yang sangat banyak. Armatur selalu diam, oleh karena itu komponen ini juga disebut dengan stator. Lilitan armatur generator dalam wye dan titik netral dihubungkan ke tanah.

Lilitan dalam wye dipilih karena :

1. Meningkatkan daya output
2. Menghindari tegangan harmonik, sehingga tegangan line tetap sinusoidal dalam kondisi beban apapun.

Dalam lilitan wye harmonik ketiga fasa saling meniadakan, sedangkan dalam lilitan delta tegangan harmonik ditambahkan.

Stator adalah bagian diam yang mengeluarkan tegangan bolak-balik pada generator sinkron yang terdiri dari : rangka stator, inti stator dan alur dan gigi stator, serta kumparan stator.

Rangka stator merupakan rumah (kerangka) yang menyangga inti jangkar generator. Inti stator terbuat dari laminasi-laminasi baja campuran atau besi magnetik khusus yang terpasang ke rangka stator. Alur (*slot*) dan gigi stator merupakan tempat meletakkan kumparan stator. Ada tiga bentuk alur stator yaitu terbuka, setengah terbuka dan tertutup[4].

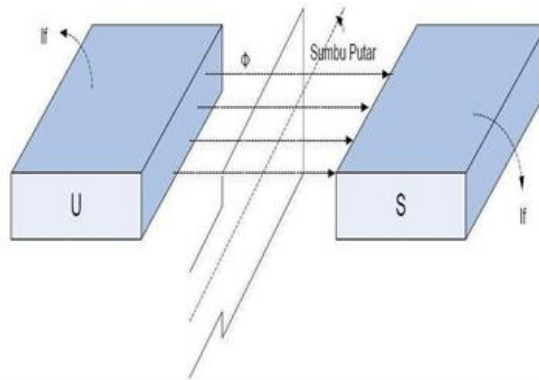
2.5 Prinsip Kerja Generator

Prinsip dasar generator arus bolak-balik menggunakan hukum Faraday yang menyatakan jika sebatang penghantar berada pada medan magnet yang berubah-ubah, maka pada penghantar tersebut akan terbentuk gaya gerak listrik. Prinsip kerja generator arus bolak-balik tiga fasa (*alternator*) pada dasarnya sama dengan generator arus bolak-balik satu fasa, akan tetapi pada generator tiga fasa memiliki tiga lilitan yang sama dan tiga tegangan outputnya berbeda fasa 120° pada masing-masing fasa.

Jika pada sekeliling penghantar terjadi perubahan medan magnet, maka pada penghantar tersebut akan dibangkitkan suatu gaya gerak listrik (GGL) yang sifatnya menentang perubahan medan tersebut. Untuk dapat terjadinya gaya gerak listrik (GGL) tersebut diperlukan dua kategori masukan, yaitu:

1. Masukan tenaga mekanis yang akan dihasilkan oleh penggerak mula (*prime mover*).
2. Arus masukan (I_f) yang berupa arus searah yang akan menghasilkan medan magnet yang dapat diatur dengan mudah.

Sistem pembangkit generator sinkron dapat ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Sistem pembangkit generator sinkron [4]

Dimana :

- | | | | |
|-------------|-------------------|--------|-------------------|
| I_f | : Arus medan | U – S | : Kutub generator |
| Sumbu Putar | : Poros generator | Φ | : Fluks medan |

Apabila rotor generator diputar pada kecepatan nominalnya, dimana putaran tersebut diperoleh dari putaran penggerak mulanya, maka garis-garis fluksi yang dihasilkan melalui kutub-kutub inti akan menghasilkan tegangan induksi pada kumparan jangkar stator sebesar.

$$E_a = C \cdot n \cdot \Phi \dots \dots \dots (1)$$

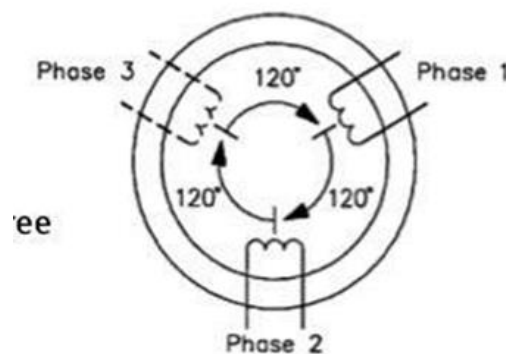
Dimana :

- | | |
|-------|---|
| E_a | : Tegangan induksi yang dibangkitkan pada jangkar generator |
| C | : Konstanta |

N : Kecepatan putar

Φ : Fluksi yang dihasilkan oleh arus penguat (arus medan)

Gambar 2.5 menunjukkan bahwa apabila generator digunakan untuk melayani beban, pada kumparan jangkar generator akan mengalir arus. Untuk generator 3 fasa, setiap belitan jangkar akan memiliki beda fasa sebesar 120 derajat. Skema kumparan tiga fasa ditunjukkan pada Gambar 2.5.



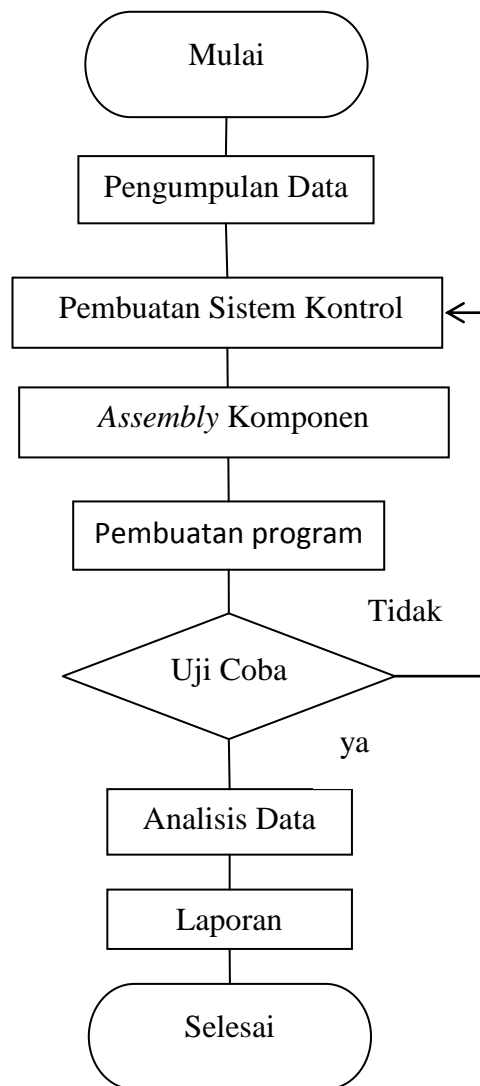
Gambar 2.5 Skema kumparan tiga fasa [4]

2.6 Mesin Pembangkit Listrik

Pembangkit listrik adalah suatu alat yang dapat membangkitkan dan memproduksi tegangan listrik dengan cara mengubah suatu energi tertentu menjadi energi listrik. Selain itu juga, pembangkit listrik bisa disebut juga dengan semua mesin yang mengubah tenaga gerak. Adapun jenis tenaga listrik yaitu PLTA, PLTU, PLTG, PLTN, PLTS, dan lainnya. Bagian utama dari pembangkit listrik ini adalah generator, yakni mesin berputar yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Mesin generator ini diaktifkan dengan menggunakan berbagai sumber energi yang sangat bermanfaat dalam suatu pembangkit listrik. [5].

BAB III METODE PELAKSANAAN

Metode pelaksanaan yang akan digunakan untuk memecahkan masalah dalam menyelesaikan proyek akhir ini dengan mengacu pada metode perancangan seperti pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 *Flowchart* metode pelaksanaan

3.1 Pengumpulan Data

Tahap pertama yang dilakukan yaitu pengumpulan data. Pengumpulan data ini berfungsi untuk mengetahui kebutuhan-kebutuhan teknologi tentang suatu jenis alat atau mencari kemungkinan-kemungkinan yang akan dibuat. Pada tahap studi pustaka ini akan dipelajari beberapa hal-hal yang berhubungan dengan proyek akhir ini, diantaranya:

1. Pengumpulan data secara primer, yaitu sebagai berikut:
 - a. Diskusi dengan pembimbing
 - b. Pengambilan data perawatan berkala mesin pembangkit listrik
2. Pengumpulan data secara sekunder, yaitu Dari referensi-referensi buku

3.2 Pembuatan Sistem Kontrol

Jika proses pengumpulan data telah selesai dilakukan, maka selanjutnya dibutuhkan pembuatan rancangan sistem kontrol dari alat yang akan dibuat sesuai dengan data yang telah dikumpulkan. Dalam pembuatan sistem kontrol terdapat blok-blok perancangan sistem kontrol yang digunakan dalam *memonitoring* perawatan berkala mesin pembangkit listrik.

3.3 Assembly Komponen

Setelah selesai melakukan pembuatan sistem kontrol pada alat proyek akhir ini, komponen-komponen yang sudah disiapkan, selanjutnya *diassembly* berdasarkan hasil pembuatan sistem kontrol yang telah dibuat. *Assembly* komponen ditempatkan pada *base plate* yang terbuat dari triplek dengan ukuran yang telah disesuaikan

3.4 Pembuatan program

Setelah alat proyek akhir selesai *diassembly*, maka program dibuat berdasarkan referensi dan datasheet komponen yang telah didapat dari internet, buku, ataupun jurnal. Dan untuk pembuatan program proyek akhir ini penulis menggunakan *Software Integrated Development Environment (IDE)*. Contoh

pemrograman pada *Software Integrated Development Environment (IDE)* dapat ditunjukkan pada Gambar 3.2.



```
File Edit Sketch Tools Help
program1
#define USE_ARDUINO_INTERRUPTS true
#define PROCESSING_VISUALIZER 1
#define SERIAL_PLOTTER 2
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_MLX90614.h>
#define MLX90614_I2CADDR 0x5A
#include <FalseSensorPlayground.h>
#include <LCD5110_Graph.h>
#include <DS3231.h>
//#define FULLUP true

DS3231 rtc(SDA, SCL);
LCD5110 myLCD(8,9,10,11,12);
Adafruit_MLX90614 mix = Adafruit_MLX90614(0x5A);

extern uint8_t SmallFont[];
extern unsigned char TinyFont[];
float tempC = 0;
unsigned long beatRecordedAtMs[4] = {0,0,0,0};

int pulsePin = A7;
int blinkPin = 13;
int fadePin = 5;
int fadeRate = 0;
```

Gambar 3.2. Pemrograman pada *Software IDE*

3.5 Uji Coba

Setelah itu, perlu melakukan uji coba pada alat yang telah dibuat. Apakah berhasil atau tidak alat yang telah dibuat. Dalam uji coba ada 2 pilihan yaitu berhasil atau tidak alat yang dibuat pada saat uji coba. Jika tidak berhasil, maka kembali ke tahap sebelumnya yaitu tahap perancangan dan pembuatan alat. Hal itu bertujuan agar mencari kesalahan pada alat tersebut. jika berhasil, maka dilanjutkan tahap berikutnya.

3.6 Analisis Data

Jika alat proyek akhir ini telah diuji coba dan masih mendapatkan kekurangan maka dilakukanlah analisis data untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan tuntutan agar alat proyek akhir ini bisa berfungsi dengan baik dan maksimal.

3.7 Laporan

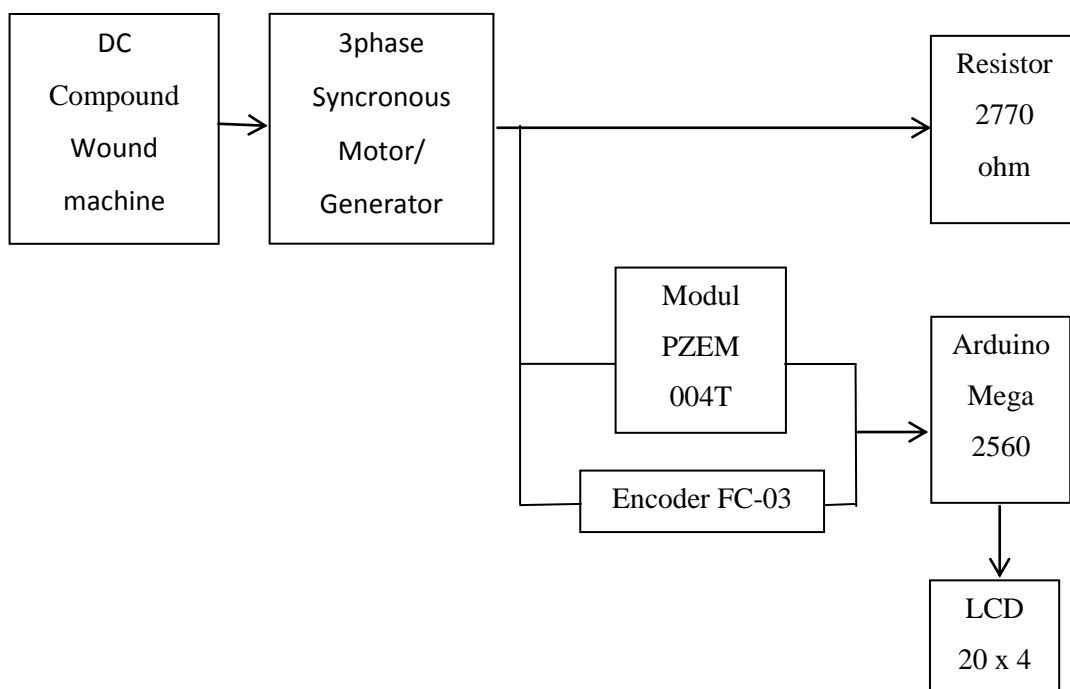
Dalam tahapan ini, dilakukan pembuatan laporan yang disusun berdasarkan hasil data yang sudah dilakukan. Laporan dibuat berdasarkan panduan tugas akhir yang sudah ditentukan. Setelah laporan selesai, maka pembuatan selesai.

BAB IV PEMBAHASAN

Bab ini berisi pembahasan tentang proses yang dilakukan dalam pembuatan alat, yang meliputi proses perancangan sistem kontrol, Pembuatan alat, Pemrograman keseluruhan, dan Pengujian alat.

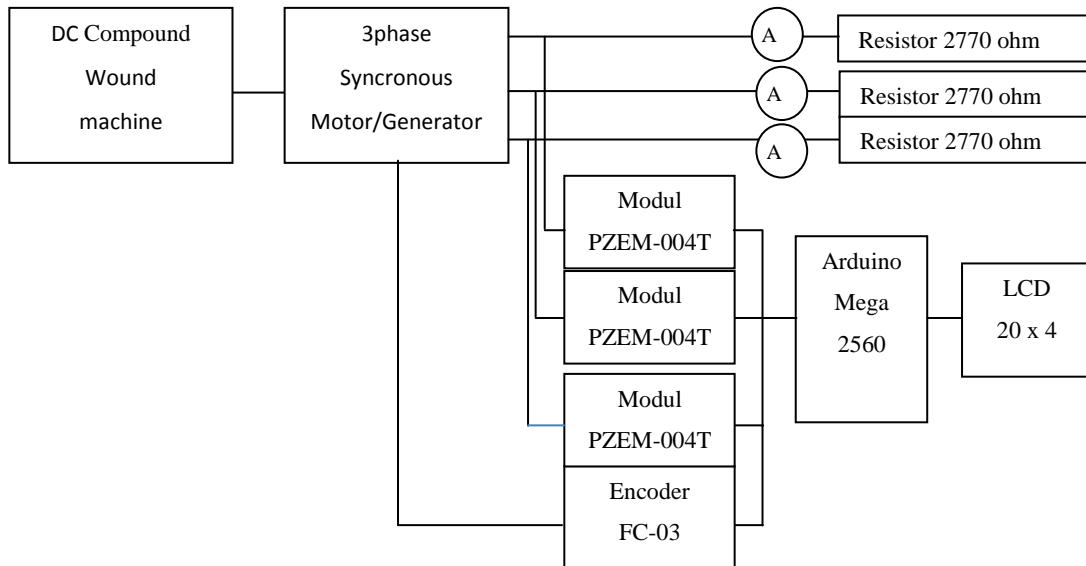
4.1. Proses Perancangan Sistem Kontrol

Perancangan sistem kontrol sangat menentukan hasil yang akan dicapai. Berikut adalah blok diagram sistem kontrol yang digunakan pada alat *monitoring* dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Blok diagram sistem kontrol

Berikut adalah blok rangkaian elektrik yang digunakan pada alat monitoring perawatan berkala mesin pembangkit listrik dapat dilihat pada Gambar 4.2.

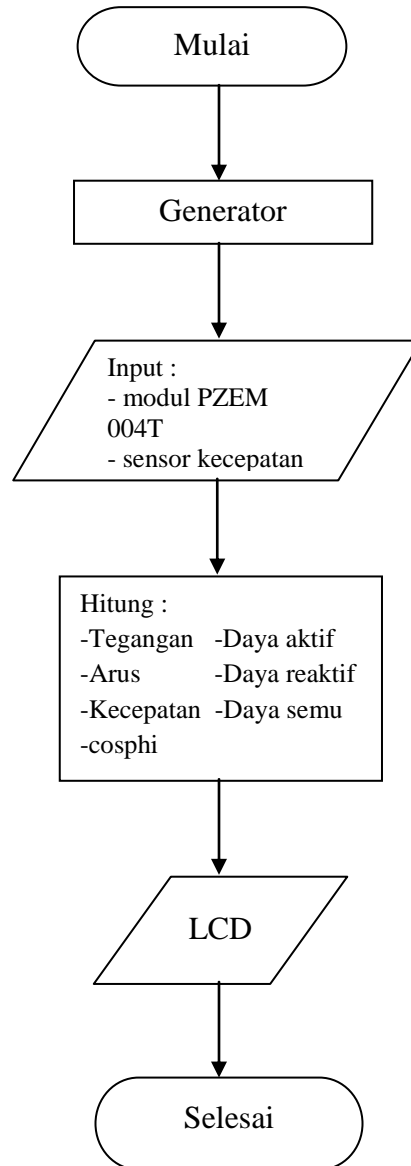


Gambar 4.2 Blok rangkaian elektrik

Dari gambar 4.2 dapat dijelaskan bahwa *3 phase synchronous motor/generator* digerakkan oleh *DC compound wound machine*. dimana generator tersebut dirangkai dengan rangkaian delta dan memiliki beban resistor 2770 ohm yang terpasang delta juga. Dari blok tersebut setiap sensor PZEM-004T dirangkai dan di sambungkan ke R, S, T dari rangkaian delta generator tersebut dan CT pada sensor PZEM-004T dipasang di setiap R, S, T sebelum beban resistor. Piringan untuk menghitung kecepatan generator dipasang di putaran pada generator.

Selanjutnya, ketiga sensor PZEM-004T dan sensor *rotary encoder fc-03* dikontrol oleh mikrokontroler arduino mega 2560 dan hasil pengukuran ditampilkan pada LCD 20 x 4.

Berikut ini adalah *flowchart* cara kerja alat *monitoring* yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 4.3. *Flowchart* cara kerja alat monitoring

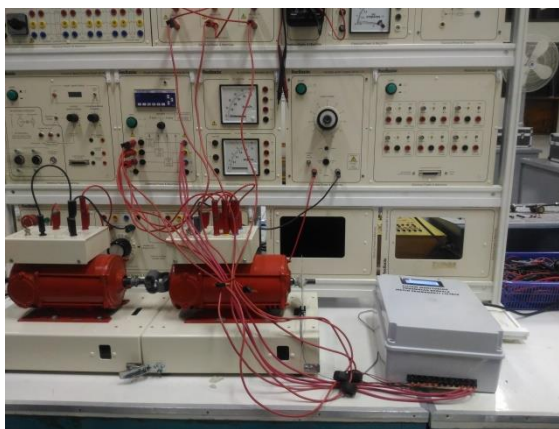
4.2 Pembahasan Komponen yang Digunakan

4.2.1 *DC Compound Wound Machine*

DC Compound Wound Machine adalah motor penggerak yang digunakan pada proyek akhir ini. Motor ini dapat menerima tegangan dc mulai dari 0-220V DC.

4.2.2 3 Phase Synchronous Generator

3 Phase Synchronous Generator adalah generator yang digunakan dan diukur pada pengujian ini. Pada generator ini dibutuhkan tegangan *field current* untuk memperkuat medan dan memperbesar tegangan yang dihasilkan. Tegangan *field current* yang dapat diterima oleh generator ini adalah 0-150VDC. Berikut gambar generator yang digunakan untuk proyek akhir dapat ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Generator yang digunakan

4.2.3 Modul Sensor PZEM-004T

Modul PZEM-004T adalah sebuah modul sensor multifungsi yang berfungsi untuk mengukur daya, tegangan, arus dan energi yang terdapat pada sebuah aliran listrik. Modul ini sudah dilengkapi sensor tegangan dan sensor arus (*CT*) yang sudah terintegrasi. Data sensor yang didapat selanjutnya dikirim ke *arduino board* melalui komunikasi serial di *pin RX TX*[6].

Modul ini dilengkapi dengan TTL serial antar muka komunikasi data melalui port serial dapat membaca dan set parameter yang relevan, tetapi jika ingin perangkat dengan USB atau RS232 (seperti komputer) untuk berkomunikasi, kemudian perlu dilengkapi dengan hardware papan TTL adapter yang berbeda (kebutuhan komunikasi USB dengan TTL ke USB adapter piring, kebutuhan komunikasi dengan TTL RS232 ke RS232 adapter plat)[6].

Dalam penggunaannya, alat ini khusus untuk penggunaan dalam ruangan dan beban yang terpasang tidak diperbolehkan melebihi daya yang sudah ditetapkan. Bentuk sensor PZEM-004T dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Bentuk fisik AC digital multifunction meter PZEM-004T module [7]

Adapun spesifikasi dan konfigurasi *pin* dari PZEM-004T dapat dilihat pada tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4.1 Spesifikasi sensor PZEM-004T [6]

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Tegangan Kerja	80 ~ 260VAC
2.	Arus Pengukuran	0 ~ 100A
3.	Daya	22kW
4.	Frekuensi	45 – 65Hz

Tabel 4.2 Konfigurasi pin PZEM-004T [6]

No.	Pin	Fungsi
1.	VCC	Pin ini berhubungan dngan tegangan 5 volt DC
2.	RX	Komunikasi Serial TTL ke Arduino(TX)
3.	TX	Komunikasi Serial TTL ke Arduino(RX)
4.	GND	Pin ini berhubungan dengan tegangan 0 volt (<i>Ground</i>)

4.2.4 Sensor *Rotary Encoder* FC-03

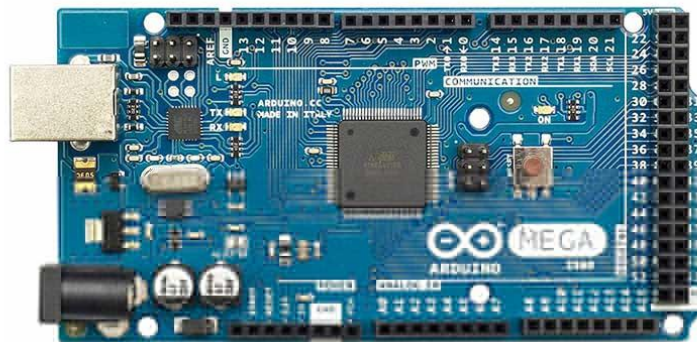
Sensor *rotary encoder* adalah jenis sensor posisi yang digunakan untuk menentukan posisi sudut dari poros berputar. *Rotary encoder* menghasilkan sinyal listrik, baik analog maupun digital, sesuai dengan gerakan rotasi. *Rotary encoder* yang digunakan ini adalah *rotary encoder* inkremental. Bentuk fisik dari sensor *rotary encoder* FC-03 dapat dilihat pada gambar 4.6[8].



Gambar 4.6 Sensor *Rotary Encoder* FC-03 [8]

4.2.5 *Arduino Mega 2560*

Arduino Mega 2560 adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis *Arduino* dengan menggunakan *chip* ATmega2560. Bentuk fisik dari *Arduino Mega 2560* dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Bentuk fisik *Arduino Mega 2560* [9]

Arduino Mega 2560 memiliki 54 pin digital *input/output*, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM, 16 pin sebagai *input analog*, dan 4 pin sebagai UART (*port serial hardware*), 16 MHz kristal *osilator*, koneksi USB,

jack power, *header ICSP*, dan tombol *reset*. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Cukup dengan menghubungkannya dengan adaptor AC-DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya. Arduino Mega 2560 memiliki spesifikasi dan beberapa pin dengan fungsi khusus, adapun spesifikasi lengkap dapat ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Spesifikasi Arduino Mega 2560 [9]

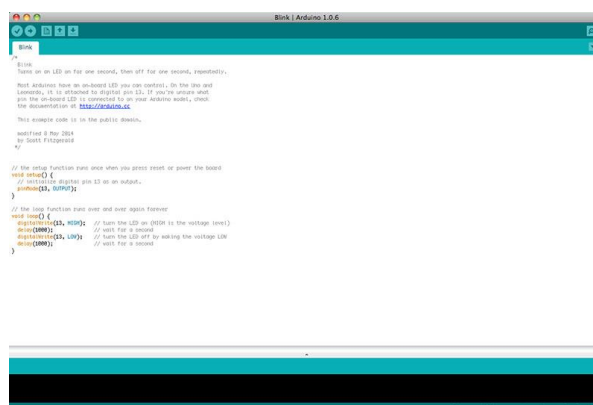
No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Chip mikrokontroler	ATmega2560
2.	Tegangan operasi	5V
3.	Tegangan <i>input</i> (yang disarankan)	7V - 12V
4.	Tegangan <i>input</i> (<i>limit</i>)	6V - 20V
5.	Digital I/O pin	54 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM <i>output</i>
6.	Analog <i>Input</i> pin	16 buah
7.	Arus DC per pin I/O	20 Ma
8.	Arus DC pin 3.3V	50 Ma
9.	Memori <i>Flash</i>	256 KB, 8 KB telah digunakan untuk <i>bootloader</i>
10.	SRAM	8 KB
11.	EEPROM	4 KB
12.	<i>Clock speed</i>	16 Mhz
13.	Dimensi	101.5 mm x 53.4 mm

Beberapa pin memiliki fungsi khusus :

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

- *External Interrupts*, yaitu pin 2 (untuk *interrupt* 0), pin 3 (*interrupt* 1), pin 18 (*interrupt* 5), pin 19 (*interrupt* 4), pin 20 (*interrupt* 3), dan pin 21 (*interrupt* 2). Dengan demikian Arduino Mega 2560 memiliki jumlah interrupt yang cukup melimpah : 6 buah. Gunakan fungsi *attachInterrupt()* untuk mengatur interrupt tersebut.
- *PWM*: Pin 2 hingga 13 dan 44 hingga 46, yang menyediakan output PWM 8-bit dengan menggunakan fungsi *analogWrite()*.
- *SPI* : Pin 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), dan 53 (SS) mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan *SPI Library*.
- *LED* : Pin 13. Pada pin 13 terhubung *built-in* led yang dikendalikan oleh digital pin no 13. *Set HIGH* untuk menyalakan *led*, *LOW* untuk memadamkan nya.
- *TWI* : Pin 20 (SDA) dan pin 21 (SCL) yang mendukung komunikasi TWI dengan menggunakan *Wire Library*.

Sedangkan untuk pemrograman *board* Arduino Mega 2560 dilakukan dengan menggunakan *software Integrated Development Environment (IDE)*. Cukup hubungkan Arduino dengan kabel USB ke PC atau *Mac/Linux*, jalankan *software Integrated Development Environment (IDE)*, dan langsung bisa mulai memrogram *chip ATmega2560*. *Software IDE* dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 *Software Integrated Development Environment (IDE)*[9]

4.2.6 LCD 20x4 dengan I²C

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah perangkat yang berfungsi sebagai media penampil dengan memanfaatkan kristal cair sebagai objek penampil utama. Bentuk fisik dari LCD yang digunakan dapat dilihat pada gambar 4.9[10].



Gambar 4.9 LCD 20x4 dengan I²C [10]

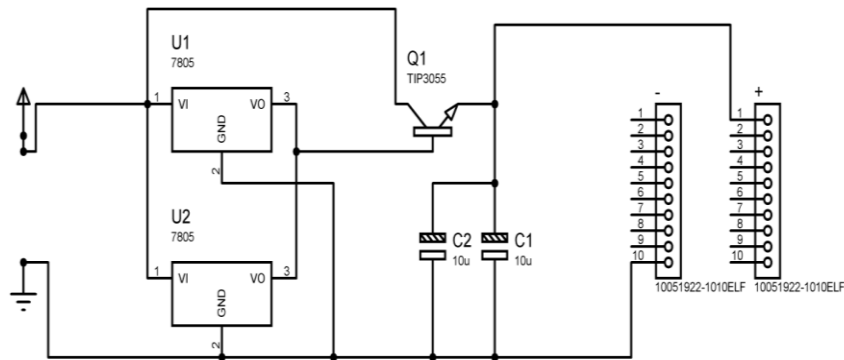
LCD yang digunakan adalah LCD berukuran 20x4 karakter dengan tambahan *chip module* I²C untuk mempermudah *programmer* nantinya dalam mengakses LCD tersebut. Sebab dengan digunakannya modul I²C akan lebih memperhemat penggunaan pin arduino yang akan digunakan. Dengan menggunakan modul I²C maka hanya diperlukan 4 buah pin arduino, yaitu pin SCL, pin SDA, pin VCC dan pin GND[10].

4.3 Pembuatan Alat

4.3.1 Pembuatan Rangkaian Penurun Tegangan 5V

Rangkaian penurun tegangan ini dibuat untuk sumber tegangan ke sensor-sensor dan lcd sebesar 5 Volt dikarenakan *power supply* yang ada memiliki tegangan lebih dari 5 Volt. Rangkaian ini dibuat menggunakan 2 *regulator* LM7805, 1 transistor TIP3055, dan 2 kapasitor 16V10uF. Untuk rangkaian penurun tegangan ini menggunakan transistor bertipe TIP3055 yang berfungsi untuk penguat arus karena arus yang dikeluarkan oleh regulator ini kurang besar sedangkan untuk menstabilkan tegangan menggunakan kapasitor.

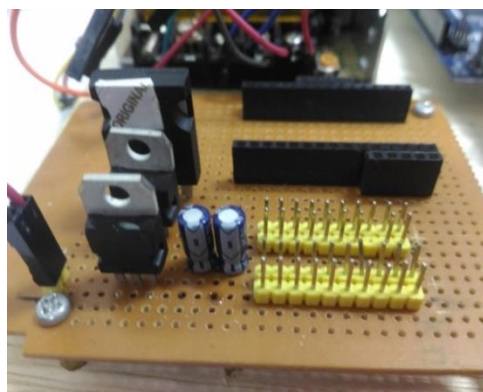
Berikut merupakan skematik rangkaian penurun tegangan 5v yang dibuat menggunakan aplikasi *ISIS Proteus*. Gambar skematik rangkaian dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Skematik rangkaian penurun tegangan 5v

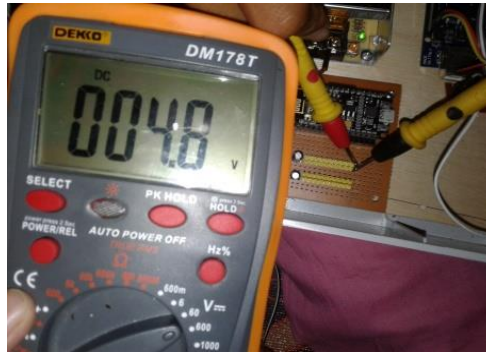
Berdasarkan skematik diatas dibuatlah rangkaian penurun tegangan dengan komponen-komponen yang telah tersedia yaitu PCB, *transistor*, *kapasitor*, *IC regulator*, dan *pin header*.

Berikut hasil pembuatan *hardware* penurun tegangan 5v yang dapat dilihat pada Gambar.4.11.



Gambar 4.11. Hasil pembuatan *hardware* penurun tegangan 5v

Setelah pembuatan hardware dari penurun tegangan 5v, maka dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah rangkaian penurun tegangan yang telah dibuat memberi *output* yang sesuai atau tidak. adapun hasil pengujian penurun tegangan 5v dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Hasil pengujian penurun tegangan 5v

Sebelum digunakan, penurun tegangan terlebih dahulu seperti pada gambar diatas dengan tegangan keluarannya seperti pada Tabel 4.4 menggunakan multimeter agar tegangan yang dikeluarkan mampu menyupply tegangan pada komponen-komponen yang digunakan.

Tabel 4.4 Pengujian penurun tegangan 5v

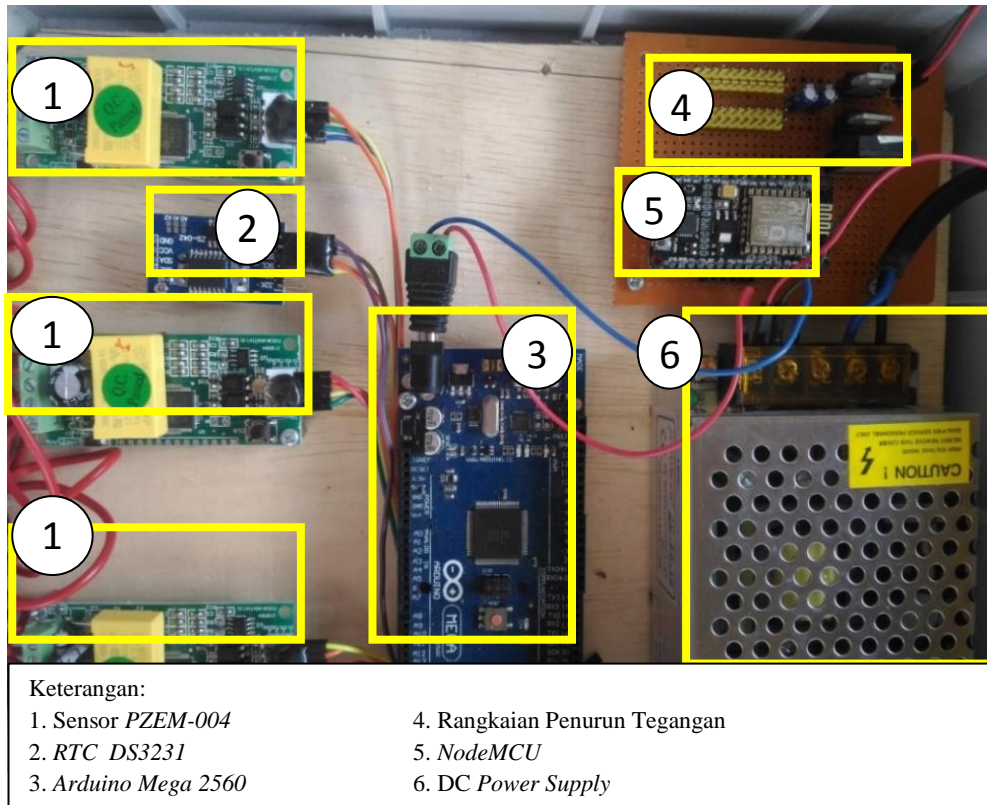
Percobaan	Output penurun tegangan 5v		Error (%)
	Nilai Seharusnya	Nilai Terbaca	
1	5	4.8	4.1
2	5	4.96	0.8

Dilihat dari hasil tabel pengujian diatas, dapat disimpulkan bahwa pembuatan rangkaian penurun tegangan 5v ini cukup bekerja dengan baik.

4.3.2 Proses Assembly Komponen

Komponen yang akan digunakan ditempatkan pada *base plate* yang terbuat dari triplek dengan ukuran yang telah disesuaikan dan dipasang menggunakan *spacer*, mur, dan baut. Komponen yang telah dipasang pada *base*

plate kemudian dimasukkan kedalam *box*. Komponen yang telah di *assembly* ditunjukkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Komponen yang telah di *assembly*

Berikut hasil akhir *box* panel bagian depan. Dimana Lcd 20x4 diletakkan pada posisi tengah atas dari penampang luar *box* panel dengan ukuran yang telah disesuaikan. Bagian atas *box* panel dilubangi yang berbentuk persegi panjang untuk penempatan terminal blok untuk penempatan CT sensor PZEM-004T dan kabel R, S, T keluaran dari sensor PZEM-004T yang siap dipasang ke generator. Untuk bagian bawah *box* panel dilubangi untuk colokan *power supply* DC 12v dan jalur kabel untuk sensor rotary encoder fc-03 digenerator sinkron 3 *phase*.

Adapun ditambah dekorasi penempelan stiker judul dari proyek akhir ini. Hasil akhir *box* panel dapat ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Hasil akhir pembuatan alat

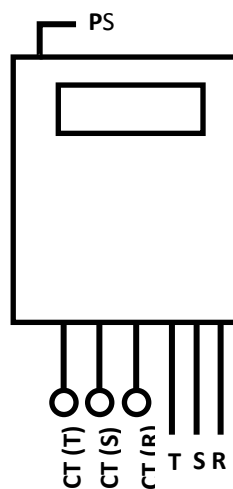
4.4 Pemrograman Keseluruhan

Pemrograman keseluruhan dilakukan dengan menggunakan *software Arduino Integrated Development Environment (IDE)*. Adapun program keseluruhan dapat dilihat pada lampiran.

4.5 Pengujian Alat

4.5.1 Cara Penggunaan Alat

Berikut merupakan skematik alat *monitoring* yang ditunjukkan pada gambar dibawah.



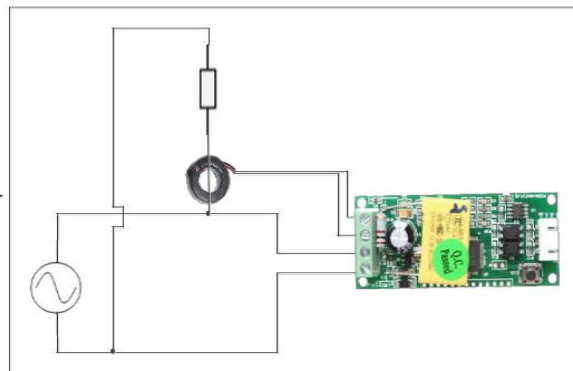
Gambar 4.15 Skematik alat

Berikut merupakan penjelasan dari skematik tersebut:

1. PS (Power Supply)
2. R, Kabel ini disambungkan parallel ke fasa R untuk diukur tegangannya.
3. S, Kabel ini disambungkan parallel ke fasa S untuk diukur tegangannya.
4. T, Kabel ini disambungkan parallel ke fasa T untuk diukur tegangannya.
5. CT (R), Kabel ini disambungkan seri terhadap beban R yang ingin diukur.
6. CT (S), Kabel ini disambungkan seri terhadap beban S yang ingin diukur.
7. CT (T), Kabel ini disambungkan seri terhadap beban T yang ingin diukur.

4.5.2 Pengujian Sensor PZEM-004T

Berikut rangkaian skematik dari modul sensor PZEM-004T yang dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.15 Skematik rangkaian PZEM-004T [15]

Pengujian terhadap modul sensor PZEM-004T dengan beban dan tegangan dari listrik PLN yang terdapat di rumah. Beban yang digunakan pun adalah peralatan elektronik yang biasa dipakai di rumah seperti kipas angin, laptop, rice cooker, handphone, dan peralatan elektronik lainnya.

Hasil pengujian terhadap sensor PZEM-004T ini ditampilkan di LCD yang akan dibandingkan nilainya dengan alat ukur *wattmeter*. Untuk pengujian ini penulis menggunakan beban *charger* laptop yang dicolokkan ke alat ukur *wattmeter*. Hasil pengujian dapat dilihat pada beberapa gambar pengujian sebagai berikut:

Hasil pengujian tegangan pada modul sensor PZEM-004T dapat ditunjukkan pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Hasil pengujian tegangan

Setelah melakukan pengujian tegangan pada Modul Sensor PZEM-004T, dapat dilihat hasil pengujian pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil pengujian tegangan

Percobaan	Output tegangan		<i>Error (%)</i>
	Hasil pengukuran	Hasil alat ukur	
1	227.3	224.2	1.38
2	225.1	224.2	0.4

Hasil tabel pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa keluaran output tegangan dari Sensor PZEM-004T ini masih dibawah toleransi 5%.

Hasil pengujian arus pada sensor PZEM-004T dapat ditunjukkan pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Hasil pengujian arus

Setelah melakukan pengujian arus dari Sensor PZEM-004T dapat dilihat hasil pengujian arus pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil pengujian arus

Percobaan	Output arus		Error (%)
	Hasil pengukuran	Hasil alat ukur	
1	0.26	0.271	4.05
2	0.27	0.271	0.36

Dilihat dari tabel diatas, dapat disimpulkan bahwa keluaran *output* tegangan dari Sensor PZEM-004T ini erornya masih dibawah 5%.

Hasil pengujian daya pada sensor PZEM-004T dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Hasil pengujian arus

Setelah melakukan pengujian daya pada Modul Sensor PZEM-004T dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil pengujian daya

Percobaan	Output daya		Error (%)
	Hasil pengukuran	Hasil alat ukur	
1	57.0	57.1	0.17

Dilihat dari tabel diatas, dapat disimpulkan bahwa keluaran *output* daya dari Sensor PZEM-004T ini erornya masih dibawah 5%.

4.5.3 Pengujian Keseluruhan

Penulis melakukan pengujian alat keseluruhan yang telah terpasang ke generator 3 *phase*.

Berikut tabel hasil pengukuran keseluruhan dari alat proyek akhir ini yang dilakukan pada generator 3 phase ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Daftar pengujian

Indikator	Pengujian 1	Pengujian 2
Tegangan input motor dc	120 VDC	100 VDC
Tegangan field current generator	100 VDC	120 VDC
Frekuensi	22.4 Hz	18.05 Hz

Hasil *output* keseluruhan dari pegujian 1 dari alat proyek akhir ini dapat ditunjukkan pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil pengujian 1

No	Generator	Alat ukur	LCD
1.	Tegangan R-S	220,2V	228,9V
2.	Tegangan S-T	220,9V	233,1V
3.	Tegangan R-T	220,9V	231,5V
4.	Arus IR	103,4mA	0.1A
5.	Arus IS	103,1mA	0.1A
6.	Arus IT	103,6mA	0.1A
7.	Daya Aktif (P)	62,8W	64,0W
8.	Daya Semu (S)	68,4VA	69,2VA
9.	Daya Reaktif (Q)	23,3VAR	26,4VAR
10.	Rpm	1192rpm	836rpm
11.	Cosphi R	0.80	0.93
12.	Cosphi S	0.84	0.91
13.	Cosphi T	0.92	0.93

Berdasarkan perbandingan hasil keseluruhan dari alat proyek akhir dan alat ukur dapat dianalisis bahwa hasil keseluruhan pengujian pada alat proyek akhir ini yang menggunakan generator sinkron 3 *phase* cukup baik dimana masih dibawah toleransi eror 5%, hanya tetapi untuk hasil pengujian rpm masih diatas toleransi eror sebesar 5%.

Untuk hasil *output* alat proyek akhir dari pengujian 2 dapat ditunjukkan pada tabel 4.10.

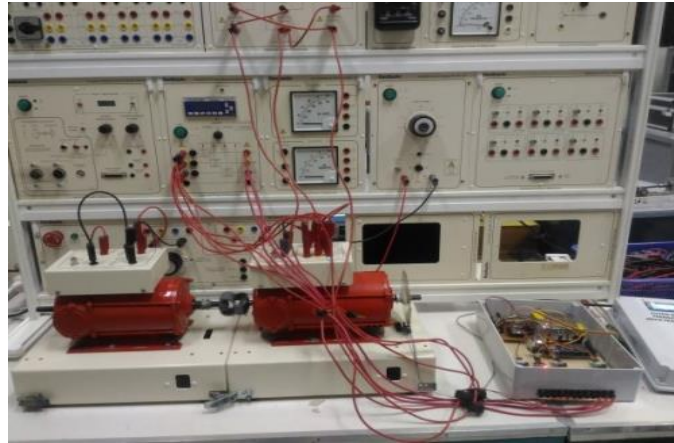
Tabel 4.10 Hasil pengujian 2.

No	Generator	Alat ukur	LCD
1.	Tegangan R-S	221.2V	229.1V
2.	Tegangan S-T	221.4V	228.4V
3.	Tegangan R-T	221.9V	250.7V
4.	Arus IR	103.4mA	0.1A
5.	Arus IS	103.1mA	0.1A
6.	Arus IT	103.6mA	0.1A
7.	Daya Aktif (P)	68.8W	71.0W
8.	Daya Semu (S)	76.4VA	78.4VA
9.	Daya Reaktif (Q)	30.3VAR	33.1VAR
10.	Rpm	1621rpm	1083rpm
11.	Cosphi R	0.80	0.93
12.	Cosphi S	0.84	0.91
13.	Cosphi T	0.92	0.93

Berdasarkan perbandingan hasil keseluruhan dari alat proyek akhir dan alat ukur dapat dianalisis bahwa hasil keseluruhan pengujian ke2 pada alat proyek akhir ini yang menggunakan generator sinkron 3 *phase* cukup baik dimana masih dibawah toleransi eror 5%, hanya tetapi untuk hasil pengujian rpm masih diatas toleransi eror sebesar 5%.

Berikut ini adalah gambar- gambar pengujian keseluruhan menggunakan generator sinkron 3 *phase*. Dimana alat proyek akhir telah dipasangkan di generator 3 *phase*.

Gambar pengujian keseluruhan alat proyek akhir ini dapat ditunjukkan pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Pegujian keseluruhan alat

Gambar hasil pengujian tegangan keseluruhan dan rpm pada alat proyek akhir ini dapat ditunjukkan pada Gambar 4.21.



Gambar 4.21 Hasil pengujian tegangan dan rpm

Gambar hasil pengujian arus keseluruhan dapat ditunjukkan pada Gambar 4.22.



Gambar 4.22 Hasil Pengujian Arus

Gambar hasil pengujian cosphi keseluruhan dapat ditunjukkan pada Gambar 4.23.



Gambar 4.23 Hasil pengujian cosphi

Gambar hasil pengujian daya keseluruhan dapat ditunjukkan pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24 Hasil pengujian daya

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa fungsi terhadap proyek akhir dengan judul “Sistem Monitoring Perawatan Berkala Mesin Pembangkit Listrik” ini maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengukuran tidak bisa dilakukan pada tegangan dengan frekuensi kurang dari 45Hz ataupun lebih dari 65Hz.
2. Pengukuran hanya bisa dilakukan pada tegangan dengan batas ukur 80V – 260V AC.
3. Selama pengujian alat terkadang hasil pengukuran yang didapat tidak stabil. Oleh karena itu, pengujian hanya bisa dilakukan pada generator yang sesuai dengan spesifikasi sensor.

5.2. Saran

Dari keseluruhan proyek akhir yang dikerjakan ini terdapat beberapa saran untuk kedepannya dalam pembuatan proyek akhir ini, antara lain :

1. Kontruksi harus dibentuk sekecil mungkin agar bisa dibawa atau diletakkan dimana saja. Maka dari itu harus seperti portable.
2. Batas ukur modul sensor PZEM-004T yang digunakan masih terlalu kecil, sehingga tidak dapat mengukur dengan tegangan dan frekuensi yang besar. Oleh karena itu, jika alat ini dikembangkan nantinya agar digunakan sensor dengan batas ukur yang lebih besar.
3. Dari hasil pengujian alat yang dilakukan masih terdapat *error* diatas toleransi 5%. Jadi diharapkan untuk kedepannya dilakukan pengembangan alat ini agar hasil pengukuran yang didapatkan jauh lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hendrik. 2011. *Analisis Perawatab (maintenance) Mesin pembangkit Listrik tenaga diesel (PLTD) pada PT. PLN (Persero) Cabang Rengat Wilayah Riau di Desa Kota Lama Kabupaten INHU.*
- [2] Khurotan, Ana. 2017. “Rancang Bangun Aplikasi Sistem Informasi Monitoring History Berkas di BDP Gapensi Provinsi Jawa Timur”. Undergraduate thesis, Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya.
- [3] Sistem Pemeliharaan Mesin PLTD [online], diakses pada 11 agustus 2018, Available: <https://dokumentasi.tips/documents/sistem-pemeliharaan-mesin-pltd.htm>.
- [4] Yudhistira, Ryan. 2015. “Analisis Sistem Eksitasi Generator Sinkron 3 Fasa GTG 1 di PLTGU unit sektor Pengendalian Pembangkit Keramasan. Other thesis, Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [5] Pengertian Pembangkit Listrik dan Jenisnya Lengkap [online], diakses pada 2 agustus 2018, Available: <https://awalilmu.blogspot.com/2015/04/pengertian-pembangkit-listrik-dan-jenisnya-lengkap.html>
- [6] PZEM004T [Online], diakses pada 13 Juli 2018 Available: <https://github.com/olehs/PZEM004T>
- [7] Fatoni Nur Habibi. 2017. *Alat monitoring pemakaian energi listrik berbasis android menggunakan module PZEM 004T.* Jurusan Teknik Elektro Universitas Widyagama Malang, Malang.

- [8] Robimek,2017, LM393 IR Speed Sensor Using[online], diakses pada 3 Agustus 2018,
Available: <http://make.Robimek.com/lm393-ir-speed-sensor-using/>
- [9]. Abdul Kadir, From Zero to a Pro Arduino (Panduan Mempelajari Aneka Proyek Berbasis Mikrikontroller), Yogyakarta: Penerbit Andi 2015.
- [10]. Khairul Imam, LCD dan I2C Module Untuk Arduino [Online], diakses pada 14 Mei 2018
Available: <https://khouruliman.wordpress.com/2016/06/07/lcd-dengan-i2c-module-untuk-arduino/>.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Fitria
Tempat & Tanggal Lahir : Baturusa, 4 September 1996
Alamat : Jl. Kalibening, Baturusa
Sungailiat, Kab. Bangka
No. HP : +62 853-8921-6167
Email : fitria1elkaa@gmail.com
Jenis kelamin : Perempuan



2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 1 Merawang	Lulus 2009
SMP Negeri 1 Merawang	Lulus 2012
SMA Negeri 1 Merawang	Lulus 2015
D III POLMAN NEGERI BABEL	Lulus 2018

3. Pengalaman Kerja

Praktik Kerja Lapangan di PT. Suryaraya Rubberindo Industries, Bogor	September 2017 s/d Januari 2018
---	------------------------------------

Sungailiat, 1 Agustus 2018

Fitria

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Lisnawati
Tempat & Tanggal Lahir : Pangkalpinang, 24 November 1997
Alamat : Desa Kelabat, Parittiga
Kab. Bangka Barat
No. HP : +62 821-8666-9779
Email : sitompulorhielisna@gmail.com
Jenis kelamin : Perempuan



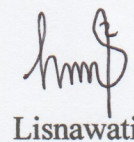
2. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 4 Parittiga	Lulus 2009
SMP Negeri 1 Jebus	Lulus 2012
SMA Negeri 1 Jebus	Lulus 2015
D III POLMAN NEGERI BABEL	Lulus 2018

3. Pengalaman Kerja

Praktik Kerja Lapangan di PT. Yokogawa Manufacturing Batam	Oktober 2017 s/d Januari 2018
---	----------------------------------

Sungailiat, 1 Agustus 2018



Lisnawati

LAMPIRAN

PROGRAM KESELURUHAN

```
#include <PZEM004T.h> // library sensor pzem 004t module
#include <SoftwareSerial.h> // library software serial
#include <Wire.h> //
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //library lcd dengan i2c
#include <DS3231.h> // library rtc ds3231

SoftwareSerial ArduinoSerial(11, 12); //rx, tx untuk nodeMCU esp8266
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4); // set the LCD address to 0x27 for a 16 chars
and 2 line display
PZEM004T pzem(&Serial1); //set pin sensor pzem 004T 1
PZEM004T pzem1(&Serial2); //set pin sensor pzem 004T 2
PZEM004T pzem2(&Serial3); // set pin sensor pzem 004T 3
IPAddress ip(192,168,1,1); //
DS3231 rtc(SDA, SCL); // set pin rtc

int encoder_pin = 3; // Set pin interrupt di pin digital 2
unsigned int rpm = 0; // membaca rpm
float velocity = 0;
volatile byte pulses = 0; // number of pulses
unsigned long timeold = 0;
unsigned int pulsesperturn = 8; //lubang yang digunakan pada kaset
const int wheel_diameter = 120; //diameter(mm)
static volatile unsigned long debounce = 0;
int b;

float v1, v2, v3, i1, i2, i3, p1, p2, p3;
float semu, reaktif, cosphi1, cosphi2, cosphi3, aktif, se2, da2, se2da2;
```

```
////////////////////////////////////////////////////////////////
```

```
void Get_v()  
{  
    v1 = pzem.voltage(ip);  
    v1 = v1-10;  
    if (v1 < 0.0) v1 = 0.0;  
    v2 = pzem1.voltage(ip);  
    v2 = v2-10;  
    if (v2 < 0.0) v2 = 0.0;  
    v3 = pzem2.voltage(ip);  
    v3 = v3-10;  
    if (v3 < 0.0) v3 = 0.0;  
}
```

```
void Get_i()  
{  
    i1 = pzem.current(ip);  
    if (i1 < 0.0) i1 = 0.0;  
  
    i2 = pzem1.current(ip);  
    if (i2 < 0.0) i2 = 0.0;  
  
    i3 = pzem2.current(ip);  
    if (i3 < 0.0) i3 = 0.0;  
}
```

```
void Get_p()  
{  
    Get_i();  
    Get_v();  
    p1 = pzem.power(ip);  
}
```

```

if (p1 < 0.0) p1 = 0.0;

p2 = pzem1.power(ip);
if (p2 < 0.0) p2 = 0.0;
p3 = pzem2.power(ip);
if (p3 < 0.0) p3 = 0.0;
//////////////////////kalibrasi nilai cosphi
cosphi1=p1/(v1*i1); //rumus cosphi 1
cosphi2=p2/(v2*i2); //rumus cosphi 2
cosphi3=p3/(v3*i3); //rumus cosphi 3
//////////////////////kalibrasi nilai daya
aktif = p1 + p2 + p3; //rumus daya aktif total
semu = (v1*i1) + (v2*i2) + (v3*i3); //rumus daya semu total
da2 = aktif * aktif;
se2 = semu * semu;
se2da2 = se2 - da2;
reaktif = sqrt(se2da2); //rumus untuk mendapatkan nilai daya reaktif
if (semu==0){cosphi1=0;cosphi2=0;cosphi3=0;
}
}
void Get_rpm()
{
if (millis()- timeold >= 1000)
{
noInterrupts();
rpm=(60*1000/pulsesperturn)/(millis()-timeold)*pulses;
rpm=rpm*3.10648148;
velocity= rpm *3.1416*wheel_diameter*60/1000000;
timeold=millis();
// Serial.print(millis()/1000);Serial.print(" ");
// Serial.print(rpm); Serial.print(" ");

```

```

// Serial.println(velocity,2);
  pulses = 0;
  interrupts();
}
}
////////////////////////////////////////menampilkan nilai dilcd
void tampil_v()
{
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("-RS:"+String(v1,1));
  lcd.print("V");
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("-ST:"+String(v2,1));
  lcd.print("V");
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("-TR:"+String(v3,1));
  lcd.print("V");
// lcd.clear();
}

void tampil_i()
{
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("-I1:"+String(i1,1));
  lcd.print("A");
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("-I2:"+String(i2,1));
  lcd.print("A");
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("-I3:"+String(i3,1));
  lcd.print("A");
}

```

```

// lcd.clear();
}
void tampil_w()
{
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("-P:"+String(aktif,1));
    lcd.print("W");
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("-S:"+String(semu,1));
    lcd.print("VA");
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("-Q:"+String(reaktif,1));
    lcd.print("VAR");
// lcd.clear();
}

void tampil_phi()
{
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("-CosPhi1 :"+String(cosphi1,2));
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("-CosPhi2 :"+String(cosphi2,2));
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("-CosPhi3 :"+String(cosphi3,2));
// lcd.clear();
}

void tampil_rpm()
{
    lcd.setCursor(15,1);
    lcd.print("RPM :");
}

```



```

    lcd.setCursor(15,2);
    lcd.print(rpm);
    // lcd.clear();
}

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    pinMode(encoder_pin, INPUT);
    pzem.setAddress(ip);
    pzem1.setAddress(ip);
    pzem2.setAddress(ip);
    b=0;
    attachInterrupt(1, counter, FALLING); // SET pin sebagai interrupt
    pulses = 0;
    rpm = 0;
    timeold = 0;
    Serial.print("Second");
    Serial.print(" RPM");
    Serial.print(" Pulses");
    Serial.println(" Velocity[Km/h]");

    lcd.init();
    lcd.backlight();
    lcd.begin(20,4);
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("////////////////////");
    lcd.setCursor(3,1);
    lcd.print(" PROYEK AKHIR ");
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print(" FITRIA & LISNAWATI ");

```

```
lcd.setCursor(0,3);  
lcd.print("////////////////////");  
delay (1000);  
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor(0,0);  
lcd.print("////////////////////");  
lcd.setCursor(7,1);  
lcd.print(" JUDUL ");  
lcd.setCursor(3,2);  
lcd.print(" PROYEK AKHIR : ");  
lcd.setCursor(0,3);  
lcd.print("////////////////////");  
delay (1000);  
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor(0,0);  
lcd.print(" SISTEM MONITORING");  
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print(" PERAWATAN BERKALA ");  
lcd.setCursor(1,2);  
lcd.print(" MESIN PEMBANGKIT ");  
lcd.setCursor(5,3);  
lcd.print(" LISTRIK ");  
delay (1000);  
lcd.clear();  
}
```

```
void loop()  
{  
  b++;
```

```
Get_rpm();
if(b<=5)
{
    Get_v();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("MONITORING TEGANGAN:");
    tampil_v();
    tampil_rpm();
    if(b==5){lcd.clear();}
}
if(b>5&&b<=10)
{
    Get_i();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("MONITORING ARUS:");
    tampil_i();
    tampil_rpm();
    if(b==10){lcd.clear();}
}

if(b>10&&b<=15)
{
    Get_p();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("MONITORING DAYA:");
    tampil_w();
    if(b==15){lcd.clear();}
}
if(b>15&&b<=20)
{
    Get_p();
```

```
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("MONITORING COSPHI:");
    tampil_phi();
    if(b==20){lcd.clear();}
}

if(b>21)
{
    b=0;
}
}

void counter()
{
    if( digitalRead(encoder_pin) && (micros()-debounce>500)
    && digitalRead (encoder_pin))
    {
        debounce =micros();
        pulses++;
    }
}
```

AC digital display Multifunction Meter

Product Type: PZEM-004(V3.0)

A. Function

1. Electrical parameter measurement function (voltage, current, active power, energy).
2. Overload alarm function (over power alarm threshold the power flash and the buzzer beeping to alarm).
3. Power alarm threshold preset function (can set power alarm threshold).
4. The reset function of energy key.
5. Store data when power off (store the accumulated energy before power off).
6. Bright red digital display function (display voltage, current, active power, energy).
7. Serial communication function (with TTL serial interface itself, can communicate with a variety of terminal through the pin board, read and set the parameters).

B. Front display and key

I. Display Interface

Display interface is formed by four bright red digital tubes, used to display the voltage, current, power, energy parameters.

II. Display Format

1. Power: Test Range: 0 ~ 22kW
Within 0 ~ 10kW, the display format is 0.000 ~ 9.999;
Within 10 ~ 22kW, the display format is 10.00 ~ 22.00.
2. Energy: Test Range: 0 ~ 9999kWh
Within 0 ~ 10kWh, the display format is 0.000 ~ 9.999;
Within 10 ~ 100kWh, the display format is 10.00 ~ 99.99;
Within 100 ~ 1000kWh, the display format is 100.0 ~ 999.9;
1000 ~ 9999kWh and above, the display format is 1000 ~ 9999.
3. Voltage: Test Range: 80 ~ 260VAC
Display Format is 110.0 ~ 220.0.
4. Current: Test Range: 0 ~ 100A
Display Format is 00.00 ~ 99.99.

III. Key

There is a key on the panel, it can be used to reset energy.

The method of reset energy: Long press the key for 5 seconds until the digital on energy display window flicker, then release the key. Short press the key again, then the energy data is cleared and quit the flickering state, now the reset operation is completed; if long press for 5 seconds again until no longer flicker, it means exit the reset state.

C. Wiring diagram

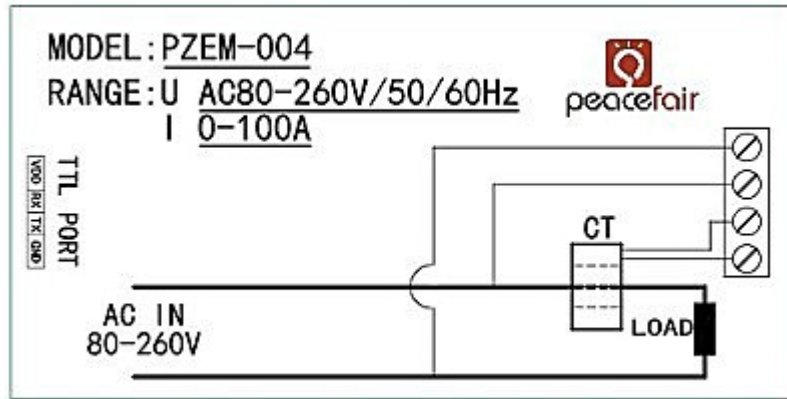


Figure 1 Wiring diagram

The wiring of this module is divided into two parts: the voltage and current test input terminal wiring and the serial communication wiring, as shown in Figure 1; according to the actual needs of the clients, with different TTL pin board to achieve communicate with different terminals.

D. Display Interface

The whole meter panel display window is formed by four windows, they are voltage, current, power and energy; the following are brief description of each parameter display:

1. Voltage Display

Measure and display the current power frequency grid voltage.

2. Current display

Measure and display the current load (appliances) current. There is supplementary instruction that the current test value is from the beginning of 10mA , but this module belongs to high power test equipment, if you care about the mA level current testing accuracy, it is not be recommended.

3. Energy display

Measure and display the current accumulative power consumption. There is supplementary instruction that the minimum unit of the energy metering is 0.001kWh,which means it begins to accumulate from 1Wh, relatively speaking, the resolution is rather high, for the low-power(within 100W)load test, you can observe the accumulative process rather intuitively.

4. Power display

Measure and display the current load power. There is supplementary instruction that the power test value is from the beginning of 0.001kW , which means it begins to test from 1W, but this module belongs to high power test equipment, if you have the requirement of the testing within 1W, it is not be recommended.

E. Serial communication

This module is equipped with TTL serial data communication interface, you can read and set the relevant parameters via the serial port; but if you want to communicate with a device which has USB or RS232 (such as computer), you need to be equipped with different TTL pin board (USB communication needs to be equipped with TTL to USB pin board; RS232 communication needs to be equipped with TTL to RS232 pin board), the specific connection type as shown in Figure 2. In the below table are the communication protocols of this module:

NO.	function	Head	Data1- Data5	Sum
1	voltage	B0	C0 A8 01 01 00 (Computer sends a request to read the voltage value)	1A

		A0	00 E6 02 00 00 (Meter reply the voltage value is 230.2V)	88
2	current	B1	C0 A8 01 01 00 (Computer sends a request to read the current value)	1B
		A1	00 11 20 00 00 (Meter reply the current value is 17.32A)	D2
3	Active power	B2	C0 A8 01 01 00 (Computer sends a request to read the active power value)	1C
		A2	08 98 00 00 00 (Meter reply the active power value is 2200w)	42
4	Read energy	B3	C0 A8 01 01 00 (Computer sends a request to read the energy value)	1D
		A3	01 86 9f 00 00 (Meter reply the energy value is 99999wh)	C9
5	Set the module address	B4	C0 A8 01 01 00 (Computer sends a request to set the address, the address is 192.168.1.1)	1E
		A4	00 00 00 00 00 (Meter reply the address was successfully set)	A4
6	Set the power alarm threshold	B5	C0 A8 01 01 14 (computer sends a request to set a power alarm threshold)	33
		A5	00 00 00 00 00 (Meter reply the power alarm threshold was successfully set)	A5

Illustration of the communication protocol example:

1. Set the communication address: 192.168.1.1

Send command: B4 C0 A8 01 01 00 1E

Reply data: A4 00 00 00 00 00 A4

Note: The above example illustrate that setting the communication address as 192.168.1.1 (the user can set their own address based on their preferences and needs), sending commands and replying data automatically are as shown above, the data are expressed in hexadecimal; the last byte of the sending and replying data are 1E and A4, belong to cumulative sum. At sending commands: B4 + C0 + A8 + 01 + 01 + 00 = 21E (use the hexadecimal addition), the cumulative sum data is 21E, take the last two bytes 1E to be used the cumulative sum data in sending commands; data in reply: A4 + 00 + 00 + 00 + 00 + 00 = A4 (use the hexadecimal addition),the cumulative sum data is A4,which is the cumulative sum data in reply.

The explanation of the cumulative sum is now finished, the following parameter examples are the same as this, there is no explanation any more.

2. Set the power alarm threshold:20 KW

Send command: B5 C0 A8 01 01 14 33

Reply data: A5 00 00 00 00 00 A5

Note: 14 in the sending command is the alarm value (14 is a hexadecimal data representation, which converted to decimal is 20). What you should note is the power alarm value of this module is based on KW units, which means the minimum alarm value is 1KW, the maximum value is 22KW.

3. Read the current voltage

Send command: B0 C0 A8 01 01 00 1A

Reply data: A0 00 E6 02 00 00 88

Note: Reply voltage data is D1D2D3 = 00 E6 02, 00 E6 represent the integer-bit of the voltage, 02 represent the decimal of the voltage, the decimal is one digit, converts 00 E6 to decimal is 230; converts 02 to decimal is 2, so the current voltage value is 230.2V.

4. Read the current current

Send command: B1 C0 A8 01 01 00 1B

Reply data: A1 00 11 20 00 00 D2

Note: Reply current data is D2D3 = 11 20, 11 represent the integer-bit of the current, 20 represent the decimal of the current, the current decimal is two digits, converts 11 to decimal is 17; converts 20 to decimal is 32, so the current current value is 17.32 A.

5. Read the current power

Send command: B2 C0 A8 01 01 00 1C

Reply data: A2 08 98 00 00 00 42

Note: Reply power data is D1D2 = 08 98, converts 08 98 to decimal is 2200, so the current voltage value is 2200W.

6. Read the energy

Send command: B3 C0 A8 01 01 00 1D

Reply data: A3 01 86 9F 00 00 C9

Note: Reply energy data is D1D2D3 = 01 86 9F, converts 01 86 9F to decimal is 99999, so the accumulated power is 99999Wh.

F. Illustration of the communication

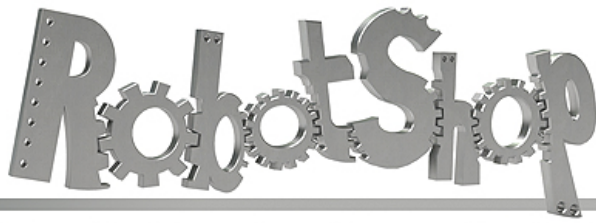
1. Connect hard wire according to the wiring diagram in figure 1 and 2.
2. After connect the wire, please choose the communication port, this module's upper computer software support communication port: COM2\COM3\COM4, you can check through device manager, if it is not the above communication port, you should amend it through port.

G. Precautions

1. This module is suitable for indoor, please do not use outdoor.
2. Applied load should not exceed the rated power.
3. Wiring order can't be wrong.

H. Specification parameters

1. Working voltage: 80 ~ 260VAC
2. Test voltage: 80 ~ 260VAC
3. Rated power: 100A/22000W
4. Operating frequency: 45-65Hz
5. Measurement accuracy: 1.0 grade



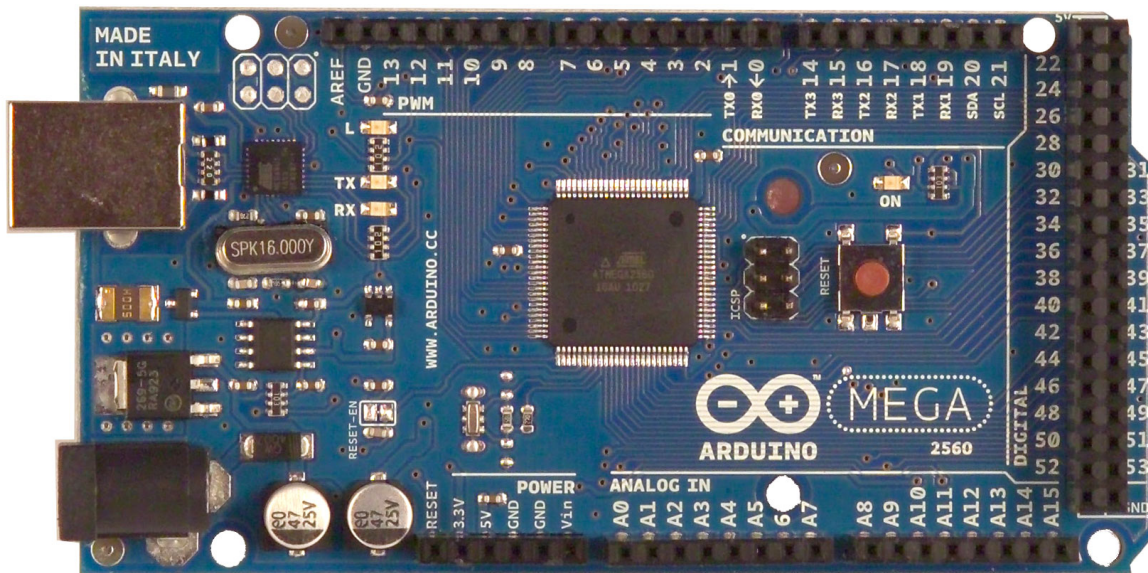
www.robotshop.com



La robotique à votre service! - Robotics at your service!



Arduino Mega 2560 Datasheet

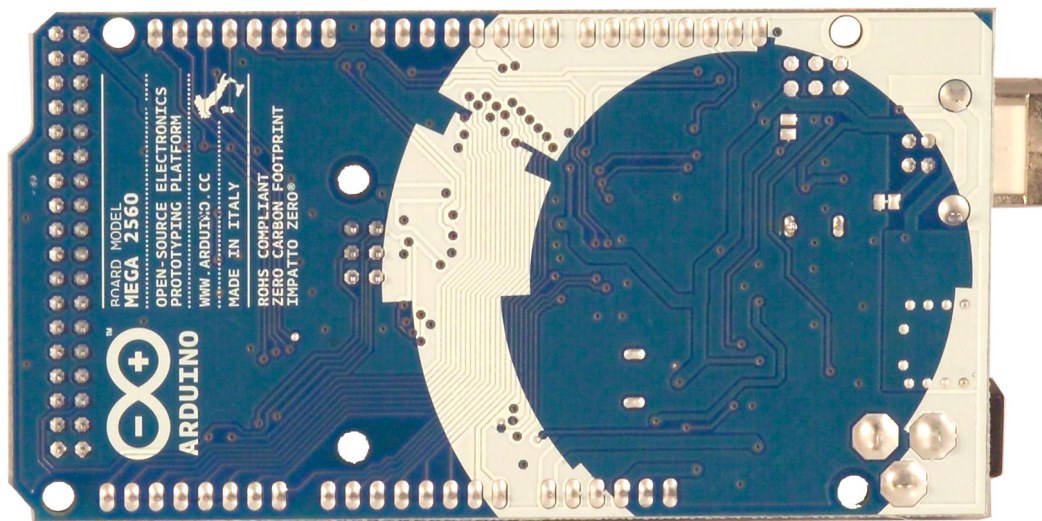




www.robotshop.com



La robotique à votre service! - Robotics at your service!



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](#)



www.robotshop.com



La robotique à votre service! - Robotics at your service!

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

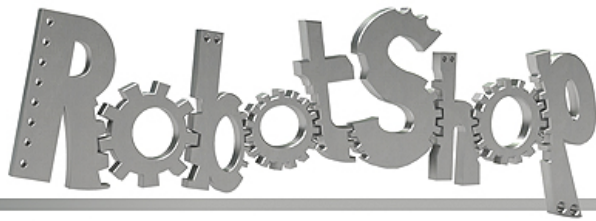
Power

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.



www.robotshop.com



La robotique à votre service! - Robotics at your service!

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



www.robotshop.com



La robotique à votre service! - Robotics at your service!

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



www.robotshop.com



La robotique à votre service! - Robotics at your service!

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

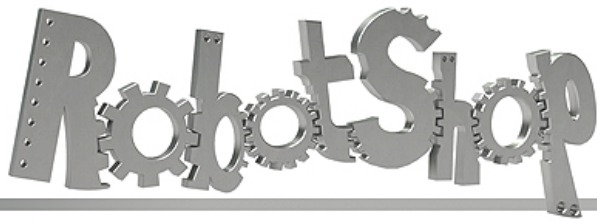
Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Mega2560 is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega2560 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload. This setup has other implications. When the Mega2560 is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Mega2560. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The 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



www.robotshop.com



La robotique à votre service! - Robotics at your service!

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).*