

**ALAT MONITORING TEGANGAN, ARUS, DAYA DAN KECEPATAN
BLADE BERBASIS MIKROKONTROLER PADA PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA ANGIN**

PROYEK AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta untuk Memenuhi
Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh
Gelar Ahli Madya



Disusun Oleh :
Arif Budiman
Nim : 13506134019

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2016**

PERSETUJUAN

PROYEK AKHIR

Dengan judul

**ALAT MONITORING TEGANGAN, ARUS, DAYA DAN KECEPATAN
BLADE BERBASIS MIKROKONTROLER PADA PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA ANGIN**

Dipersiapkan dan disusun oleh :

ARIF BUDIMAN
NIM : 13506134019

Telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk diujikan di depan

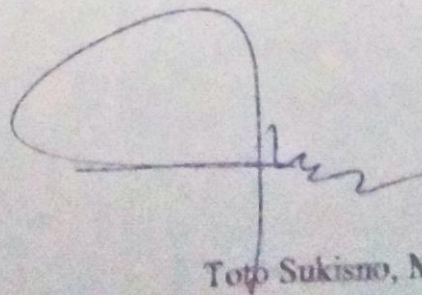
Dosen Penguji Tugas Akhir

Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta

Guna memperoleh gelar Ahli Madya

Yogyakarta, 8 Juni 2016

Dosen Pembimbing Proyek Akhir



Toto Sukisno, M.pd

19740828 200112 1 005

PERNYATAAN

Yang bertandatangan dibawah ini :

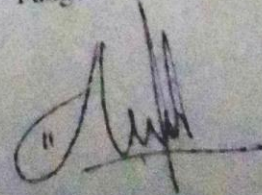
Nama : Arif Budiman
NIM : 13506134019
Jurusan : Pendidikan Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Judul Proyek Akhir :

ALAT MONITORING TEGANGAN, ARUS, DAYA DAN KECEPATAN BLADE BERBASIS MIKROKONTROLER PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN

Menyatakan bahwa Proyek Akhir ini benar-benar merupakan karya sendiri dalam ide maupun desain kecuali pengerjaan diluar bidang Teknik Elektro. Karya ini saya buat sebagai salah satu syarat guna mendapatkan gelar Ahli Madya di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Sepanjang pengetahuan saya, tidak ada karya atau pendapat orang lain yang ditulis atau diterbitkan kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan tata tulis yang lazim.

Yogyakarta, 9 Juni 2016

Yang Menyatakan



Arif Budiman

NIM. 13506134019

PENGESAHAN

PROYEK AKHIR

Dengan judul

**ALAT MONITORING TEGANGAN, ARUS, DAYA DAN KECEPATAN
BLADE BERBASIS MIKROKONTROLER PADA PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA ANGIN**

Disusun oleh :

Arif Budiman
NIM.13506134019

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji Tugas Akhir

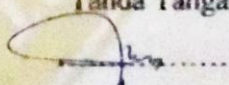
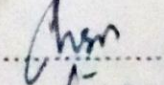
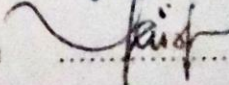
Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta

Pada tanggal 30 Juni 2016

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat guna memperoleh

Gelar Ahli Madya Teknik Program Studi Teknik Elektro

Dewan Peguji

| Nama | Jabatan | Tanda Tangan | Tanggal |
|--|--------------------|---|----------|
| 1. Toto Sukisno, M.Pd. | Ketua Penguji |  | 22-07-16 |
| 2. Herlambang Sigit Pramono, S.T., M.Cs. | Sekretaris Penguji |  | 22-07-16 |
| 3. Rustam Asnawi, ST., MT., Ph.D. | Penguji Utama |  | 22-07-16 |

Yogyakarta, Juli 2016

Dekan Fakultas Teknik


Universitas Negeri Yogyakarta

Dr. Widarto, M.Pd.

NIP. 19631230 198812 1 001

MOTTO :

*" Gagal Karena Tidak Berusa dan Menyerah Sebelum Bekerja
Itu Bukan Saya "*

PERSEMBAHAN

Laporan Proyek Akhir ini dengan segala kerendahan hati, kupersembahkan kepada :

1. Kedua orangtuaku yang tetap memberikan support kasih sayang, perhatian, semangat dan selalu mendoakan untuk keberhasilan anak-anaknya.
2. Kakak saya Johan Wahyudi yang telah memeberikan semangat dan bantuan materi untuk menyelesaikan Proyek Akhir ini.
3. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro D3 angkatan 2013 yang telah memberikan bantuan dan semangat.
4. Dosen-Dosen FT UNY yang telah memberikan ilmu pengantar dalam penyelesaian Proyek Akhir ini.

**ALAT MONITORING TEGANGAN, ARUS, DAYA DAN KECEPATAN
BLADE BERBASIS MIKROKONTROLER PADA PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA ANGIN**

Arif Budiman

13506134019

ABSTRAK

Tujuan dari pembuatan proyek akhir ini adalah untuk mengetahui tahapan pembuatan dan unjuk kerja dari alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* ini diharapkan dapat mempermudah konsumen dalam mengetahui parameter-parameter yang dihasilkan oleh kincir angin secara mudah, jelas dan tepat.

Alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* dirancang khusus sesuai dengan kebutuhan pada pembangkit listrik tenaga angin yaitu dengan pengukuran parameter tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*. Alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* dilengkapi dengan *Auto Saving System* (ASS). *Auto Saving System* (ASS) merupakan sistem dimana alat ini mampu menyimpan parameter-parameter tegangan, arus, daya dan kecepatan generator dalam *chip memory* dalam satuan menit.

Hasil dari pembuatan proyek ahir ini dihasilkan alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin yang khusus digunakan untuk mengetahui kinerja dari Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Berdasarkan hasil pengujian alat monitoring ini mampu mengukur tegangan maksimal sebesar 50 Volt dan mengukur arus sebesar 5 Ampere. Alat monitoring ini mampu mengukur kecepatan generator 0-1000 rpm. Alat Monitoring ini mempunyai tingkat kesalahan dalam dalam pengukuran tegangan sebesar 0.17%, pengukuran kecepatan *blade* generator sebesar 1.27%, pengukuran arus sebesar 3% dan pengukuran daya sebesar 1.05%. Alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* dibekali dengan lcd yang digunakan menampilkan data parameter lebih jelas sehingga mudah dipahami.

Kata Kunci : Alat Monitoring Kualitas Daya, Pembangkit Listrik Tenaga Angin

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha ESA yang telah melimpahkan rahmat, nikmat dan anugerah-Nya sehingga dapat melaksanakan dan menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “Alat Monitoring Tegangan, Arus, Daya dan Kecepatan *Blade* Berbasis Mikrokontroler pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin” dengan baik. terselesaikannya proyek ahir beserta laporannya tidaklah lepas dari bantuan-bantuan pihak lain. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Toto Sukisno, M.Pd selaku Dosen Pembimbing dalam pembuatan Proyek Akhir.
2. Bapak Rustam Asnawi, Ph.D selaku Dosen penasehat akademik yang selalu membimbing dan memberikan nasehatnya.
3. Bapak Drs. Nyoman Astra selaku Kordinator Proyek Akhir D3 Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Bapak Moh. Khairudin, Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro D3 Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
5. Bapak Drs. Toto Heru Tri Maryadi, M.Pd selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
6. Para Dosen, Teknisi dan Staf Jurusan Pendidikan Teknik Elektro yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan.
7. Kedua Orang Tua penulis atas dukungan baik moril maupun materil selama pelaksanaan proyek akhir.
8. Bapak Mashuri yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan pengalaman dan bantuaanya.
9. Teman-Teman Tim Pengembang Instalasi Listrik (TPIL) yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan.
10. Teman-teman kelas B angkatan 2013 yang senantiasa memberikan semangat dan keceriaan.

11. TIM KKI 2014 yang sudah memberikan pengalaman dalam pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Angin
12. PLTH Abimayu Pandansimo yang sudah memfasilitasi dalam melakukan pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Angin
13. Ganis Asri Jelita selaku teman spesial yang selalu setia menemani, memberikan motivasi, dukungan, dan semangat.
14. Semua pihak yang terkait yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah banyak memberikan bantuan baik moril maupun materiil.

Penulis berharap semoga laporan proyek akhir ini dapat bermanfaat bagi diri sendiri dan semua pihak. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang.

Yogyakarta, 26 Mei 2016

Hormat saya,

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

| | |
|----------------------------------|------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PERSETUJUAN | ii |
| HALAMAN PERNYATAAN | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iv |
| MOTTO | v |
| PERSEMBAHAN | vi |
| ABSTRAK..... | vii |
| KATA PENGANTAR..... | vii |
| DAFTAR ISI | x |
| DAFTAR GAMBAR..... | xii |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| A. Latar Belakang Masalah | 1 |
| B. Identifikasi Masalah | 3 |
| C. Batasan Masalah..... | 3 |
| D. Rumusan Masalah | 3 |
| E. Tujuan..... | 3 |
| F. Manfaat..... | 4 |
| G. Keaslian Gagasan | 4 |

BAB II PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

A. Pengantar Alat Monitoring Kualita daya

| | |
|--------------------------|---|
| 1. Tegangan | 6 |
| 2. Arus | 7 |
| 3. Daya | 8 |
| 4. Kecepatan Rotasi..... | 9 |

B. Komponen Utama dan Pendukung

| | |
|--|----|
| 1. Mikrokontroler | 10 |
| 2. Sensor Tegangan | 19 |
| 3. Sensor Arus | 19 |
| 4. Sensor <i>Proximity</i> | 20 |
| 5. <i>Liquid Cristal Display</i> (LCD) | 23 |
| 6. Modul SD-Card | 24 |
| 7. Regulator Control..... | 25 |
| 8. Inverter | 26 |
| 9. Baterai..... | 26 |
| 10. Kincir Angin..... | 27 |
| 11. Generator DC | 32 |

BAB III KONSEP RANCANGAN

A. Analisis Kebutuhan

| | |
|--|----|
| | 38 |
|--|----|

B. Tahap Perancangan

| | |
|--|----|
| 1. Perancangan Catu Daya | 41 |
| 2. Perancangan Penggunaan Sensor | 41 |
| 3. Perancangan Mekanik..... | 43 |

C. Tahap Pembuatan

| | |
|--------------------------------------|----|
| 1. Penyetakan Gambar Rangkaian | 45 |
| 2. Pelarutan Pcb..... | 45 |
| 3. Proses Pengeboran Pcb | 46 |

| | |
|--|-------------|
| 4. Proses Pemasangan dan Penyolderan Komponen..... | 46 |
| 5. Proses Pemrograman | 47 |
| 6. Proses pemasangan Box Rangkaian | 47 |
| D. Tahap Perancangan Pengujian | |
| 1. Pengujian Komponen | 49 |
| 2. Pengujian Unjuk Kerja Alat | 50 |
| BAB IV PROSES PENGUJIAN, HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| A. Pengujian | |
| 1. Pengujian Komponen | 59 |
| 2. Pengujian Unjuk Kerja Alat | 62 |
| B. Pembahasan Pengujian Kerja Alat Monitoring Data | |
| 1. Pembahasan Pengujian Komponen | 74 |
| 2. Pembahasan Unjuk Kerja Alat | 76 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | |
| A. Kesimpulan | 84 |
| B. Keterbatasan Alat | 85 |
| C. Saran | 85 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | xvii |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1. Gelombang Tegangan DC..... | 6 |
| Gambar 2. Loop Tertutup..... | 7 |
| Gambar 3. Loop Terbuka | 7 |
| Gambar 4. Bentuk Fisik Sistem Minimum | 11 |
| Gambar 5. Susunan Pin pada ATmega 16 | 12 |
| Gambar 6. Port-Port Mikrokontroler ATmega 328 | 15 |
| Gambar 7. Skema Rangkaian Sensor Tegangan..... | 18 |
| Gambar 8. Sensor <i>Proximity</i> | 19 |
| Gambar 9. Sensor <i>Proximity</i> Jenis Induktif | 19 |
| Gambar 10. Daerah kerja sensor <i>Proximity</i> | 20 |
| Gambar 11. Bentuk Fisik LCD 16x2 | 22 |
| Gambar 12. Modul SD-Card | 22 |
| Gambar 13. Aki 20Ah..... | 24 |
| Gambar 14. Kincir Angin <i>Vertical</i> | 25 |
| Gambar 15. Kincir Angin <i>Horizontal</i> | 26 |
| Gambar 16. Komponen-komponen Kincir Angin | 28 |
| Gambar 17. Struktur Generator Dc..... | 30 |
| Gambar 18. GGL Induksi..... | 32 |
| Gambar 19. Bentuk Gelombang AC dari Generator..... | 32 |
| Gambar 20. Diagram Alir Pembuatan dan Pengujian Alat | 34 |
| Gambar 21. Perancangan Catu Daya | 38 |
| Gambar 22. Perencanaan Sensor Tegangan | 39 |
| Gambar 23. Perancangan Sensor Arus..... | 39 |
| Gambar 24. Modul SD | 40 |
| Gambar 25. Sensor <i>Proximity</i> | 41 |
| Gambar 26. Bentuk Fisik LCD 16x2 | 41 |
| Gambar 27. Bentuk Fisik ATmega 16 | 42 |

| | |
|--|----|
| Gambar 28. Bentuk Fisik ATmega 328 | 42 |
| Gambar 29. Desain Box Alat Monitoring | 43 |
| Gambar 30. Penempatan Sensor <i>Proximity</i> | 44 |
| Gambar 31. Proses Penyetrikaan Gambar Rangkaian di Papan Pcb | 45 |
| Gambar 32. Proses Pelarutan Pcb | 46 |
| Gambar 33. Proses Pengeboran Pcb | 47 |
| Gambar 34. Proses Penyolderan dan Pemasangan Komponen di Pcb | 47 |
| Gambar 35. Tampilan LCD Alat Monitoring | 48 |
| Gambar 36. Bentuk Fisik Alat Monitoring | 48 |
| Gambar 37. Hasil Pengujian Sensor Tegangan | 61 |
| Gambar 38. Hasil Pengujian Sensor Arus | 62 |
| Gambar 39. Bagan Pengujian Kecepatan Generator | 64 |
| Gambar 40. Bagan Pengujian Tegangan Tanpa Beban | 64 |
| Gambar 41. Bagan Pengujian Berbeban | 65 |
| Gambar 42. Bagan Pengujian Tegangan, Arus, Daya dan Kecepatan <i>Blade</i> pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin | 66 |
| Gambar 43. Pengujian Sensor Arus | 75 |
| Gambar 44. Pengujian Kalibrasi Alat Monitoring | 77 |
| Gambar 45. Pengujian Kalibrasi untuk Pengukuran Tegangan | 78 |
| Gambar 46. Pengujian Kalibrasi untuk Pengukuran Arus | 79 |
| Gambar 47. Pengujian Kalibrasi pengukuran daya dengan Watt Meter | 80 |
| Gambar 48. Penempatan Sensor <i>Proximity</i> di Pembangkit Listrik Tenaga Angin | 82 |
| Gambar 49. Grafik Pengujian Kecepatan Generator terhadap Tegangan Keluaran Generator. | 82 |
| Gambar 50. File Penyimpanan Data di Alat Monitoring | 83 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 1. Fungsi Pin I/O Port A pada ATmega 16 | 14 |
| Tabel 2. Fungsi Pin I/O Port B pada ATmega 16..... | 15 |
| Tabel 3. Fungsi Pin I/O Port C pada ATmega 16..... | 15 |
| Tabel 4. Fungsi Pin I/O Port D pada ATmega 16 | 15 |
| Tabel 5. Fungsi Pin I/O Port B pada ATmega 328..... | 17 |
| Tabel 6. Fungsi Pin I/O Port C pada ATmega 328..... | 18 |
| Tabel 7. Fungsi Pin I/O Port D pada ATmega 328..... | 18 |
| Tabel 8. Keterangan dan fungsi port pada modul SD-Card | 25 |
| Tabel 9. Daftar Peralatan..... | 40 |
| Tabel 10. Bahan-Bahan yang Digunakan..... | 40 |
| Tabel 11. Pengujian Sesor Tegangan..... | 46 |
| Tabel 12. Pengujian Sensor Arus | 46 |
| Tabel 13. Pengujian Kalibrasi untuk Pengukuran Kecepatan <i>Blade</i> di Alat Monitoring | 48 |
| Tabel 14. Pengujian Kalibrasi untuk Pengukuran Tegangan di Alat Monitoring | 49 |
| Tabel 15. Pengujian Kalibrasi dengan beban 4 Buah Lampu (144 watt) di Alat Monitoring | 50 |
| Tabel 16. Pengujian Kalibrasi dengan Beban 5 Buah Lampu (180 watt) di Alat Monitoring. | 51 |
| Tabel 17. Pengujian Kecepatan <i>Blade</i> dan Tegangan di Pembangkit Listrik Tenaga Angin | 52 |
| Tabel 18. Pengujian dengan Beban lampu 3 buah (108 watt) di Pembangkit Listrik Tenaga Angin | 53 |
| Tabel 19. Pengujian Sistem Penyimpanan Data di Pembangkit Listrik Tenaga Angin | 54 |
| Tabel 20. Pengujian Sensor Tegangan..... | 56 |

| | |
|--|----|
| Tabel 21. Pengujian Sensor Arus | 58 |
| Tabel 22. Pengujian Kalibrasi untuk Pengukuran Kecepatan <i>Blade</i> di Alat Monitoring..... | 65 |
| Tabel 23. Pengujian Kalibrasi untuk Pengukuran Tegangan Tanpa Beban di Alat Monitoring | 66 |
| Tabel 24. Pengujian Kalibrasi dengan Beban 5 Buah Lampu DC (180 watt) di Alat Monitoring | 67 |
| Tabel 25. Pengujian Kalibrasi dengan Beban 4 Buah Lampu DC (144 watt) di Alat Monitoring. | 58 |
| Tabel 26. Pengujian Kecepatan <i>Blade</i> dan Tegangan di Pembangkit Listrik Tenaga Angin | 65 |
| Tabel 27. Pengujian dengan Beban Lampu Dc 3 Buah (108 watt) di Pembangkit Listrik Tenaga Angin | 66 |
| Tabel 28. Pengujian Sistem Penyimpanan Data di Pembangkit Listrik Tenaga Angin | 67 |

BAB I

PENDAHUUAN

A. Latar Belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Angin saat ini sudah mulai dikembangkan diberbagai tempat di Indonesia. Khususnya pada daerah tepian pantai dan daerah puncak gunung yang mempunyai potensi angin yang cukup besar. Sebagai contoh pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Pantai Baru merupakan inovasi terbaru untuk memanfaatkan energi yang dihasilkan dari alam dan dikonversikan mejadi energi listrik untuk pemakaian sehari-hari. Pemanfaatan energi angin menjadi energi listrik tentunya membutuhkan beberapa peralatan yang mendukung agar terciptanya energi listrik yang maksimal. Peralatan-peralatan pendukung ini masih belum dikembangkan pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin.

Pembangkit Listrik Tenaga Angin akan bekerja berdasarkan kekuatan angin yang ada. Kondisi angin ini tidak selau tetap, terkadang sangat kuat dan terkadang juga lemah. Kondisi angin ini akan mempengaruhi tingkat kekuatan dari Pembangkit Listrik Tenaga Angin dalam menghasilkan energi listrik. Kondisi yang berubah-ubah ini akan mempersulit untuk mengetahui parameter-parameter yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Parameter-parameter yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Angin ini diantaranya adalah tegangan, arus dan daya untuk kemudian diolah dan disimpan pada baterai penyimpanan. Parameter-parameter selalu berubah-ubah dikarenakan kondisi angin yang berubah-ubah atau tidak tetap.

Alat monitoring tegangan dan arus di pembangkit listrik tenaga angin pada saat ini masih konvensional. Artinya kondisi alat monitoring parameter masih berupa volt meter, watt meter dan ampere meter analog. Volt meter, ampere meter dan watt meter analog yang terdapat di pasaran pada saat ini juga masih tergolong mahal dan kurang praktis dalam

pemasangan. Hasil yang ditunjukkan oleh kedua alat ini juga kurang akurat dan membutuhkan ilmu khusus untuk membacanya sehingga hal ini akan membingungkan konsumen dalam melihat hasil yang ditunjukkan oleh alat monitoring yang analog tersebut.

Berdasarkan hal-hal tersebut penulis merancang alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* berbasis mikrokontroler di Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* berbasis mikrokontroler dikembangkan menjadi alat yang murah, ekonomis, akurat dan praktis. Alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* ini dirancang menyesuaikan dengan perkembangan teknologi saat ini yaitu pengembangan teknologi berbasis mikrokontroler. Alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* berbasis mikrokontroler merupakan alat monitoring parameter yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Parameter-parameter ini meliputi tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*. Parameter ini harus dimonitoring dikarenakan parameter-parameter ini merupakan hal-hal yang berkaitan dalam pembangkitan energi listrik untuk itu parameter ini sangat penting untuk diketahui sehingga dengan alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* berbasis mikrokontroler ini dapat mempermudah konsumen dalam mengetahui parameter-parameter dari Pembangkit Listrik Tenaga Angin.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut identifikasi masalah yang ada adalah sebagai berikut :

1. Kondisi alat monitoring tegangan, arus, daya saat ini masih dalam bentuk analog.
2. Perlunya alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* berbasis mikrokontroler yang multiguna pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, perlu adanya pembatasan masalah sehingga ruang lingkup permasalahan lebih jelas. Proyek ahir ini penulis membatasi masalah dalam monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* berupa tegangan, arus , daya terpakai dan kecepatan *blade* pada pembangkit listrik tenaga angin.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan pembahasan data-data diatas, dapat dirumuskan masalah yang ada, diantaranya sebagai berikut :

1. Bagaimana tahap perancangan dan pembuatan alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* berbasis mikrokontroler di Pembangkit Listrik Tenaga Angin?
2. Bagaimana unjuk kerja dari alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* berbasis mikrokontroler di Pembangkit Listrik Tenaga Angin?

E. Tujuan

Berdasarkan penjabaran rumusan masalah di atas, maka tujuan perancangan pembangkit listrik tenaga angin adalah:

1. Mengetahui tahap perancangan alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* berbasis mikrokontroler berbasis mikrokontroler di Pembangkit Listrik Tenaga Angin?
2. Mengetahui unjuk kerja dari alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* berbasis mikrokontroler di Pembangkit Listrik Tenaga Angin?

F. Manfaat

1. Bagi Mahasiswa :
 - a. Mahasiswa mendapatkan pengalaman dalam pembuatan alat berupa alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* berbasis mikrokontroler pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin.
 - b. Mahasiswa mampu berfikir kreatif dan kritis dalam pengembangan alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* berbasis mikrokontroler pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin.
2. Bagi Institusi :
 - a. Dapat mendorong institusi untuk ikut serta dalam pengembangan alat Monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* berbasis mikrokontroler.
 - b. Dapat menjadi referensi dalam pengembangan kreatifitas mahasiswa dalam perkuliahan.

G. Keaslian Gagasan

Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Pantai Baru sudah banyak dikembangkan dan dikelola. Akan tetapi masalah-masalah muncul dari pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin. permasalahan terdapat pada alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* berbasis mikrokontroler yang masih menggunakan alat ukur analog. Untuk itu untuk penulis merancang alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* berbasis mikrokontroler yang multiguna di Pembangkit Listrik Tenaga Angin.

BAB II

PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

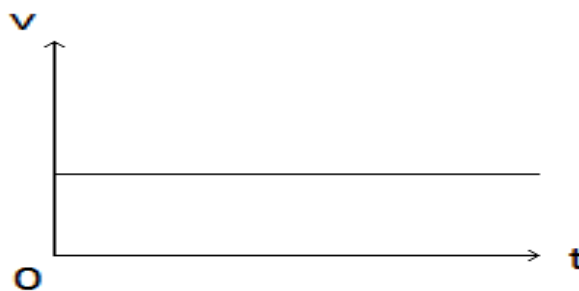
A. Alat Monitoring Tegangan, Arus, Daya dan Kecepatan *Blade*

Alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* merupakan alat yang digunakan untuk memonitoring parameter yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Parameter tersebut adalah tegangan, arus, daya terpakai dan kecepatan *blade*. Parameter tersebut perlu dimonitoring dikarenakan parameter tegangan, arus dan daya merupakan parameter yang penting dan dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Selain itu untuk menunjang kinerja untuk mengetahui tingkat kinerja generator pada pembangkit listrik tenaga angin digunakan parameter kecepatan *blade*. Pengembangan alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* dirancang untuk memonitoring parameter berupa tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* pada pembangkit listrik tenaga angin. Ke-empat parameter tersebut ditampilkan pada satu layar lcd. Sehingga parameter yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga angin lebih jelas, akurat dan mudah dipahami. Oleh karena itu alat monitoring data dirancang dengan menggunakan perkembangan teknologi dalam bentuk mikrokontroler. Jenis mikrokontroler sudah terjual banyak dipasaran. Fitur-fitur dalam mikrokontroler juga sudah mendukung untuk pembuatan dan pengembangan program dalam perancangan alat monitoring data. Alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* juga dilengkapi dengan sistem penyimpanan data otomatis. Sistem penyimpanan data otomatis merupakan sistem yang digunakan untuk menyimpan parameter-parameter yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga angin. Sistem penyimpanan data ini difungsikan untuk menyimpan dan merekam parameter yang diolah/ditampilkan oleh mikrokontroler yang merupakan hasil dari kinerja pembangkit listrik tenaga angin secara 24 jam. Sistem penyimpanan data secara otomatis dapat mempermudah dalam mengetahui parameter dan kinerja dari pembangkit listrik tenaga angin selama 24 jam. Konsumen tidak harus mengamati kinerja dari pembangkit listrik

tenaga angin secara terus menerus. Sistem penyimpanan data akan mempermudah konsumen dalam melihat kembali parameter yang disimpan pada *chip memory*. Penggunaan memori ini diharapkan dapat menampung banyak data dalam beberapa hari. Semakin besar memori yang digunakan maka semakin besar data yang akan disimpan. Parameter-parameter pada alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* ini akan dibahas sebagai berikut :

1. Tegangan

Tegangan yang diukur pada alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* adalah tegangan DC. Tegangan searah adalah arus listrik yang mengalir pada suatu hantaran yang tegangannya berpotensi tetap dan tidak berubah-ubah. Tegangan DC arus listrik ini bergerak dari kutub yang selalu sama, yaitu dari kutub positif ke kutub negatif dan polaritas arus ini selalu tetap. Tegangan dc ini dihasilkan dari generator searah. Tegangan dc sumber arus ini biasanya ditandai adanya kutub positif dan kutub negatif. Berikut ini adalah contoh gambar gelombang tegangan dc ditunjukkan pada Gambar 1.

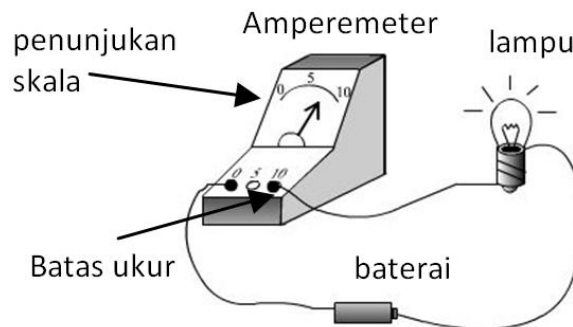


Gambar 1. Gelombang Tegangan DC

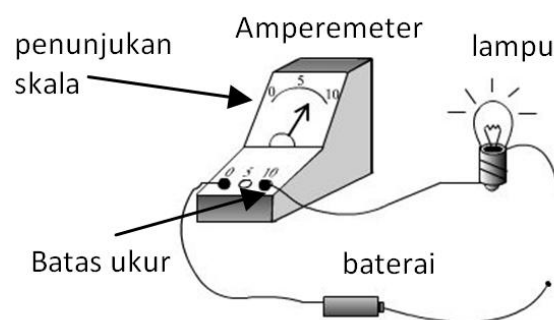
2. Arus Listrik

Arus Listrik merupakan sebuah muatan yang bergerak atau mengalir dalam satuan waktu. Muatan-muatan yang bergerak ini akan menghasilkan arus listrik, sebaliknya jika muatannya berhenti maka tidak akan ada arus yang dihasilkan atau menghilang. Muatan ini bergerak jika ada pengaruh energi dari luar yang mempengaruhinya. Oleh karena itu arus listrik ini akan ada jika pada rangkaian kondisi *loop* tertutup atau

rangkaian tertutup. *Loop* tertutup ditunjukkan pada Gambar 2. Sebaliknya jika dalam keadaan *loop* terbuka atau rangkaian terbuka maka tidak akan arus yang mengalir. *Loop* terbuka ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2. *Loop* Tertutup



Gambar 3. *Loop* Terbuka

Gambar 2 merupakan gambar *loop* tertutup, hal ini dikarenakan dari sumber baterai yang terhubung dengan ampere meter terdapat beban berupa lampu, sehingga lampu akan menyala dan arus akan mengalir dikarenakan terdapat beban pada rangkaian tersebut. Sebaliknya pada *loop* terbuka arus tidak akan mengalir dikarenakan rangkaian tidak terhubung dengan beban seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

3. Daya

Daya listrik dc merupakan bagian dari besarnya beda potensial, kuat arus, hambatan dan waktu. Satuan daya adalah joule/sekon atau volt \times ampere atau lebih umum disebut watt, karena watt merupakan satuan

Sistem Internasional. Oleh karena itu daya dapat dirumuskan dengan rumus yang ditunjukkan pada persamaan 1:

$$P = W/t \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

P = Daya (Watt)

W = Usaha (Joule)

T = Waktu (Sekon)

Berdasarkan persamaan (1) dapat disimpulkan bahwa daya ini terdapat pada tegangan searah atau bolak-balik. Akan tetapi dari perbedaan tersebut daya pada tegangan dc berbeda dengan tegangan ac. Oleh karena itu rumus yang digunakan untuk menentukan daya pada tegangan DC ditunjukkan pada persamaan 2, persamaan 3 dan persamaan 4 sebagai berikut :

$$P = I^2 \cdot R \dots\dots\dots(2)$$

$$P = V^2 / R \dots\dots\dots(3)$$

$$P = V \cdot I \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

P = Daya Dc (Watt)

I = Arus (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

R = Hambatan (Ohm)

Ketiga rumus tersebut merupakan rumus untuk menentukan daya dc yang terpakai dalam suatu beban. Daya dc ini timbul jika terdapat arus yang mengalir pada *loop* tertutup.

4. Kecepatan Rotasi

Kecepatan merupakan besarnya jarak tempuh suatu benda per satuan waktu tertentu. Pengukuran kecepatan di Alat Monitoring Data merupakan kecepatan yang suatu putaran. Jarak yang digunakan pada hal ini merupakan jumlah putaran dalam satuan waktu. Banyaknya putaran dalam satuan waktu ini sering disebut dengan Rotasi Per Menit (RPM). Satuan Rotasi Per Menit (RPM) digunakan mengukur atau menyatakan

banyaknya sebuah putaran pada motor, kecepatan generator, kecepatan piston motor, kecepatan roda atau suatu hal yang berputar dalam satuan waktu. Alat pengukur kecepatan ini disebut tachometer. Disetiap objek yang mau diukur dengan tachometer harus terdapat sensor untuk menghubungkan input data dari objek yang akan diukur dengan sensor yang terdapat pada alat pengukur. Untuk itu diperlukan piranti tambahan pada objek yang akan diukur yang dinamakan pulsa input. Pulsa input berbeda-beda tergantung dengan alat yang digunakan untuk mengukur objek tersebut. Berdasarkan pengertian diatas untuk mendapatkan hasil kecepatan dalam pengukuran dapat dirumuskan pada persamaan 5 dan persamaan 6 sebagai berikut :

$$\text{RPM} = f \times a \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{RPM} = f \times 60/N \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

A = Nilai skala yang terdiri dari *mantisa dan exponent*

RPM = Kecepatan putaran (RPM)

F = Frekuensi pulsa (Hz)

N = Jumlah pulsa dalam satu putaran

Jumlah pulsa dalam satu putaran (N) merupakan banyaknya sensor pada objek yang akan terdeteksi oleh alat yang akan diukur. Dengan demikian jumlah sensor ini akan mempengaruhi kecepatan pada suatu objek yang akan diukur.

B. Komponen Utama dan Pendukung

1. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta mampu mengendalikan alat dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus. Prinsip kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data. Berikut ini adalah keunggulan dari sistem mikrokontroler yaitu :

- a) Sistem elektronik menjadi lebih ringkas.
- b) Rancang bangun sistem elektronik dapat dilakukan lebih cepat karena sebagian besar sistem merupakan perangkat lunak yang mudah dimodifikasi.
- c) Gangguan yang terjadi lebih mudah ditelusuri karena sistemnya yang kompak.

Perancangan sebuah sistem berbasis mikrokontroler, memerlukan perangkat keras dan perangkat lunak, yaitu sistem minimum mikrokontroler, software pemrograman dan *kompile*r, serta *downloader*. Sistem minimum adalah sebuah rangkaian mikrokontroler yang sudah dapat digunakan untuk menjalankan sebuah aplikasi. Sebuah IC mikrokontroler tidak akan berarti bila hanya berdiri sendiri. Sistem minimum mikrokontroler memiliki prinsip dasar yang sama dan terdiri dari 4 bagian, yaitu:

- a) Prosesor yaitu mikrokontroler itu sendiri.
- b) Rangkaian *reset* agar mikrokontroler dapat menjalankan program mulai dari awal.
- c) Rangkaian *clock* yang digunakan untuk memberi detak pada CPU.
- d) Rangkaian catu daya yang digunakan untuk memberi sumberdaya.

Jadi sistem minimum merupakan sebuah kesatuan dari beberapa komponen dan alat yang dijadikan satu menjadi suatu sistem yang dapat mengerjakan perintah tertentu. Bentuk fisik sebuah sistem minimum ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Bentuk Fisik Sistem Minimum

Perkembangan sismin dan mikrokontroler sudah banyak dikembangkan, berikut ini adalah beberapa jenis mikrokontroler yang sudah banyak dikembangkan adalah :

a) Mikrokontroler Atmega 16

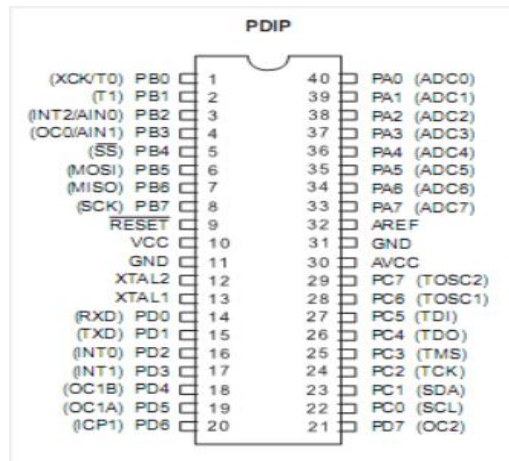
Mikrokontroler ATmega 16 ini merupakan jenis mikrokontroler dikeluarga AVR. Mikrokontroler ATmega 16 merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel. Secara garis besar mikrokontroler ATmega 16 terdiri dari :

- 1) Arsitektur RISC dengan *throughput* mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16 Mhz.
- 2) Memiliki kapasitas *flash* memori 16Kbyte, EEPROM 512 Byte, dan SRAM 1Kbyte
- 3) Saluran I/O 32 buah, yaitu *Port A*, *Port B*, *Port C*, dan *Port D*.
- 4) CPU yang terdiri dari 32 buah register.
- 5) User interupsi internal dan eksternal.
- 6) *Port* antarmuka SPI dan *Port* USART sebagai komunikasi serial.
- 7) Fitur *Peripheral*.
- 8) Dua buah 8-bit *timer/counter* dengan *prescaler* terpisah dan *mode compare*.
- 9) Satu buah 16-bit *timer/counter* dengan *prescaler* terpisah, *mode compare*, dan *mode capture*.

10) *Real time counter* dengan *osilator* tersendiri :

- a) Empat kanal PWM dan antarmuka *komparator analog* 8 kanal, 10 bit ADC.
- b) *Byte-oriented Two-wire Serial Interface*.
- c) *Watchdog timer* dengan *osilator* internal.

Ditinjau dari tegangan operasi, mikrokontroler ATmega 16 ini merupakan teknologi hemat energi yaitu mampu bekerja pada tegangan 2.7-5.5 Vdc. Mikrokontroler ATmega 16 mempunyai konfigurasi pin mikrokontroler ATmega 16 dengan kemasan 40-pin yang ditunjukkan pada Gambar 5. ATmega 16 memiliki 8 pin untuk masing-masing Gerbang A (*Port A*), Gerbang B (*Port B*), Gerbang C (*Port C*), dan Gerbang D (*Port D*).



Gambar 5. Susunan Pin pada ATmega 16

Sumber : (<http://anujjamwal.blogspot.co.id/2010/12/spi-on-atmega16.html>)

Konfigurasi 4 buah *port* pada mikrokontroler ATmega 16 yaitu *Port A* , *Port B*, *Port C* dan *Port D* mempunyai fungsi yang berbeda-beda diantaranya sebagai berikut :

- 1) VCC (*Power Supply*) dan GND (*Ground*)

VCC merukan pin sumber tegangan masukan. VCC pada mikrokontroler ATmega 16 terdapat pin nomer 10 dan untuk GND terdapat pada pin nomer 31.

2) Port A (PA0-PA7)

Port A merupakan port yang berfungsi sebagai input atau output tergantung dengan kebutuhan penggunaan. Berikut ini fungsi-fungsi pin pada port A ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Fungsi Pin I/O Port A pada ATmega 16

| PORT | Fungsi Pin Port A |
|------|----------------------------------|
| PA7 | Port I/O dan ADC input channel 7 |
| PA6 | Port I/O dan ADC input channel 6 |
| PA5 | Port I/O dan ADC input channel 5 |
| PA4 | Port I/O dan ADC input channel 4 |
| PA3 | Port I/O dan ADC input channel 3 |
| PA2 | Port I/O dan ADC input channel 2 |
| PA1 | Port I/O dan ADC input channel 1 |
| PA0 | Port I/O dan ADC input channel 0 |

3) Port B (PB0-PB7)

Port B adalah port I/O 8-bit yang bersifat dua arah atau *bidirectional*. Berikut ini fungsi kaki I/O pin pada port B ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Fungsi Pin I/O Port B ATmega 16

| PORT | Fungsi Pin Port B |
|------|--|
| PB7 | SCK (SPI Bus Serial Clock) |
| PB6 | MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output) |
| PB6 | MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input) |
| PB5 | SS (SPI Slave Select Input) |
| PB3 | AIN1 (Analog Comparator Negative Input) OCO (Timer/Counter/Output Compare Match Output) |
| PB2 | AIN0 (Analog Comparator Positive Input) INT2 (External Interrupt 2 Input) |
| PB1 | T1 (Timer/Counter1 External Counter Input) |
| PB0 | T0 (Timer/Counter External Counter Input) XCK (USART External Clock Input/Output) |

4) Port C (PC0-PC7)

Port C merupakan port I/O 8-bit dua arah dan mempunyai beberapa fungsi khusus. Berikut ini adalah fungsi pin pada port C yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Fungsi Pin I/O *Port C* pada ATmega 16

| PORT | Fungsi Pin Port C |
|------|---|
| PC7 | TOSC2 (<i>Timer Oscillator Pin 2</i>) |
| PC6 | TOSC1 (<i>Timer Oscillator Pin 1</i>) |
| PC6 | TD1 (<i>JTAG Test Data In</i>) |
| PC5 | TD0 (<i>JTAG Test Data Out</i>) |
| PC3 | TMS (<i>JTAG Test Mode Select</i>) |
| PC2 | TCK (<i>JTAG Test Clock</i>) |
| PC1 | SDA (<i>Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line</i>) |
| PC0 | SCL (<i>Two-wire Serial Bus Clock Line</i>) |

5) Port D (PD0-PD7)

Port D merupakan *port* I/O 8-bit dua arah atau bidirectional. Berikut ini fungsi Pin I/O pada *port D* ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Fungsi Pin I/O *Port D* pada ATmega 16

| PORT | Fungsi Pin <i>Port D</i> |
|------|--|
| PD7 | OC2 (<i>Timer / Counter2 Output Compare Match Output</i>) |
| PD6 | ICP1 (<i>Timer/Counter1 Input Capture Pin</i>) |
| PD6 | OCIB (<i>Timer/Counter1 Output Compare B Match Output</i>) |
| PD5 | TD0 (<i>JTAG Test Data Out</i>) |
| PD3 | INT1 (<i>External Interrupt 1 Input</i>) |
| PD2 | INT0 (<i>External Interrupt 0 Input</i>) |
| PD1 | TXD (<i>USART Output Pin</i>) |

6) RESET

Digunakan untuk mereset mikrokontroler beserta programnya.

7) XTAL1 dan XTAL2

Digunakan untuk *input dan output oscillator*.

8) AVCC dan AREF

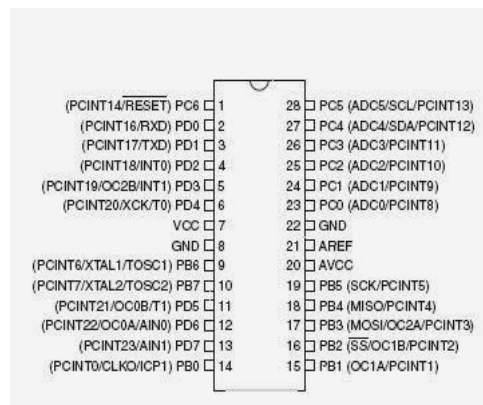
Merupakan *port* penyedia tegangan untuk *Port A* dan Konverter A/D dan Penyedia referensi analog untuk konverter A/D.

b) Mikrokontroler ATmega 328

Mikrokontroler Atmega 328 merupakan mikrokontroler yang terdapat pada arduino. Mikrokontroler ATmega 328 ini mempunyai *port* I/O lebih sedikit dan bentuk fisik pada ATmega 328 relatif lebih kecil dibanding dengan ATmega 16. Berikut ini fungsi-fungsi pada ATmega 328 adalah :

- 1) Mempunyai fitur EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 1KB sebagai tempat penyimpanan data semi permanen.
- 2) Memiliki fitur SRAM (*Static Random Access Memory*) sebesar 2KB.
- 3) Memiliki pin I/O digital sebanyak 23 pin.
- 4) Memiliki 32 x 8-bit register serba guna.
- 5) Dilengkapi dengan clock 16 MHz kecepatan mencapai 16 MIPS.
- 6) Memiliki 32 KB *Flash memory*.
- 7) Mempunyai 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus *clock*.

ATmega 328 mempunyai pin-pin khusus pada setiap *port*nya. ATmega 328 memiliki 3 *port* diantaranya adalah *PORT B*, *PORT C*, *PORT D*. *Port B*, *C*, *D* pada ATmega 328 dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. *Port-Port* Mikrokontroler ATmega 328

Port-port ATmega 328 juga mempunyai fungsi khusus dalam proses pengolahan data. Diantaranya adalah sebagai berikut :

1) *PORT B*

Port B merupakan *port* data 8 bit yang digunakan sebagai *port* input/output. Disamping itu *Port B* memiliki fungsi khusus pada *port B* yang ditunjukkan pada Tabel 8. Berikut ini adalah penjelasannya :

Tabel 5. Fungsi Pin I/O Port B pada ATmega 328

| PORT B | Fungsi Port B |
|---------|--|
| Port B0 | Timer Counter input |
| Port B1 | Output PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>). |
| Port B2 | Jalur komunikasi SPI. Output PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>). |
| Port B3 | PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>) Output PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>). Jalur pemograman serial (ISP). |
| Port B4 | Jalur komunikasi SPI Jalur pemograman serial (ISP). |
| Port B5 | Jalur komunikasi SPI Jalur pemograman serial (ISP). |
| Port B6 | Sumber <i>Clock</i> utama Mikrokontroler |
| Port B7 | Sumber Clock Utama Mikrokontroler |

2) *Port C*

Port C merupakan jalur data 7 bit yang berfungsi sebagai *input/output* digital. Disamping itu *port C* mempunyai fungsi khusus seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 6. Fungsi Pin I/O Port C pada ATmega 328

| PORT C | Fungsi Port C |
|---------|--|
| Port C0 | ADC0 <i>channel</i> dengan resolusi 10 bit |
| Port C1 | ADC1 <i>channel</i> dengan resolusi 10 bit |
| Port C2 | ADC2 <i>channel</i> dengan resolusi 10 bit |
| Port C3 | ADC3 <i>channel</i> dengan resolusi 10 bit |
| Port C4 | ADC4 <i>channel</i> dengan resolusi 10 bit |
| Port C5 | ADC5 <i>channel</i> dengan resolusi 10 bit |
| Port C6 | Reset |

3) Port D

Port D merupakan jalur data 8 bit yang mempunyai fungsi khusus untuk proses pengolahan data. Berikut ini adalah fungsi khusus pada ATmega 328 ditunjukkan pada Tabel 7.

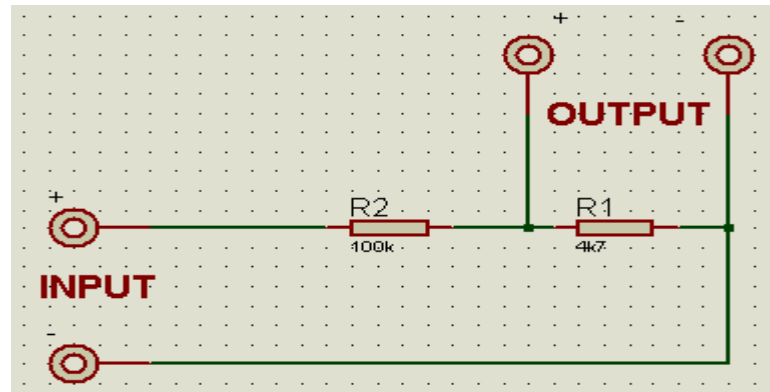
Tabel 7. Fungsi Pin I/O Port D pada ATmega 328

| PORT D | Fungsi Port D |
|----------------|---|
| <i>Port D0</i> | <i>Port menerima data serial.</i> |
| <i>Port D1</i> | <i>Port mengirimkan data serial</i> |
| <i>Port D2</i> | <i>Port interupsi hardware</i> |
| <i>Port D3</i> | <i>Port interupsi hardware</i> |
| <i>Port D4</i> | <i>Port sumber clock external untuk USART Port input counter external untuk timer 1 dan timer 0</i> |
| <i>Port D5</i> | <i>Port input counter external untuk timer 1 dan timer 0</i> |
| <i>Port D6</i> | <i>Port input untuk analog comparator.</i> |
| <i>Port D7</i> | <i>Port input untuk analog comparator.</i> |

2. Sensor Tegangan

Sensor tegangan yaitu sensor yang digunakan untuk mendeteksi tegangan yang akan diukur. Sensor tegangan berfungsi sebagai sensor pembanding antara tegangan yang diukur dengan tegangan tegangan maksimal yang diijinkan untuk diolah pada mikrokontroler. Komponen yang digunakan pada sensor tegangan yaitu menggunakan resistor. Resistor pada sensor tegangan digunakan sebagai alat/media untuk membagi tegangan. Penggunaan resistor pada sensor tegangan akan menghasilkan tegangan keluaran dan tegangan ini yang akan diolah sebagai input ke mikrokontroler. Sensor tegangan menggunakan hukum perbandingan input tegangan yang diukur dan output keluaran dari pembagi tegangan sebagai masukan data ke mikrokontroler. Tegangan maksimal pada mikrokontroler yang diijinkan adalah 5 Vdc, maka keluaran tegangan pada sensor tegangan harus maksimal 5 Vdc. Oleh karena itu nilai tegangan maksimal yang dihasilkan oleh sensor tegangan adalah 5 volt. Perancangan sensor tegangan yang akan digunakan harus

sesuai dengan kebutuhan, oleh karena itu dibutuhkan perencanaan dalam pembuatan sensor tegangan ini. Berikut ini adalah rangkaian sensor tegangan yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Skema Rangkaian Sensor Tegangan

3. Sensor Arus

Sensor arus merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi besarnya arus yang mengalir. Metode yang digunakan pada sensor arus ini sama dengan metode pembagi tegangan pada sensor tegangan. Komponen yang digunakan pada sensor arus menggunakan resistor. Sistem kerja sensor arus terdiri satu buah resistor tetap dan satu buah resistor variable atau beban. Kedua buah resistor dirangkai secara seri sehingga akan menghasilkan tegangan keluaran. Tegangan keluaran ini yang akan dikonversi oleh mikrokontroler. Keluaran tegangan ini harus sama dengan tegangan maksimal yang diijinkan pada mikrokontroler. Penggunaan resistor variabel ini dapat menentukan arus dan kapasitas resistor yang akan digunakan dalam perancangan sensor arus. Perancangan sensor arus ini menggunakan hukum ohm sesuai pada persamaan 7 sebagai berikut :

$$I = V/R \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan :

I = Arus (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

R = Hambatan (Ohm)

Penggunaan rumus hukum ohm dengan menentukan besarnya arus yang akan diukur dengan cara menentukan besarnya resistor tetap dan perencanaan beban maksimal yang dapat diukur.

4. Sensor *Proximity* (Sensor Logam)

Sensor *Proximity* yaitu sensor digunakan untuk mendeteksi suatu benda berdasarkan jarak obyek terhadap sensor. Sistem kerja sensor *proximity* adalah mendeteksi obyek benda dengan jarak yang cukup dekat. Alat ini dapat bekerja berkisar antara 1mm–5mm dengan objek yang digunakan. Sensor *proximity* ini mempunyai tegangan kerja antara 3.4-36 Vdc yang ditunjukkan pada Gambar 8.



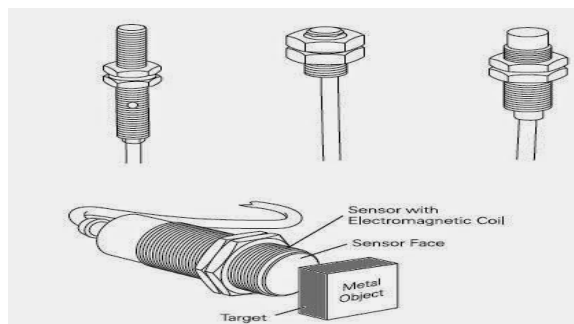
Gambar 8. Sensor *Proximity*

Sumber : (http://www.nskelectronics.com/inductive_proximity_sensor.html)

Sensor Proximity ini terdapat 2 macam yaitu :

a) *Proximity Inductive*

Proximity Inductive berfungsi untuk mendeteksi obyek besi/metal/ logam seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 9.



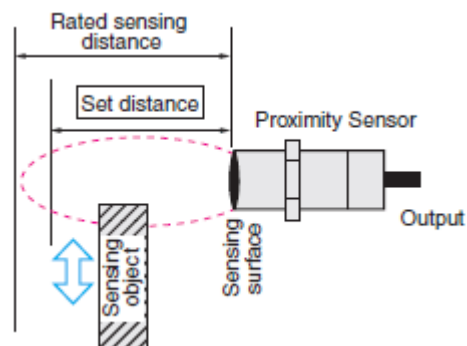
Gambar 9. Sensor *Proximity* Jenis Induktif

Sensor *proximity* akan bekerja secara fungsinya jika mendeteksi adanya besi/logam/metal di area sensingnya, maka kondisi output sensor akan berubah nilainya sesuai dengan karakteristik dari sensor yang digunakan.

b) *Proximity Capacitive*

Proximity Capacitive akan mendeteksi semua obyek yang ada dalam jarak sensingnya baik metal maupun non-metal. Prinsip kerja dari *proximity capacitive* adalah dengan cara mengukur perubahan kapasitansi medan listrik sebuah kapasitor yang disebabkan oleh sebuah objek yang mendekatinya. *Capacitive proximity* ini biasanya digunakan pada bumper mobil atau bagian mobil yang lainnya. Manfaat sederhananya adalah untuk memudahkan mobil parkir, karena sensor ini akan bekerja apabila mendekteksi benda-benda pada jarak tertentu sehingga mobil tidak akan menabrak benda tersebut.

Prinsip kerja sensor *proximity* ini bekerja berdasarkan jarak suatu objek. Oleh karena itu sensor ini akan bekerja berdasarkan jarak deteksi. Jarak deteksi ini merupakan jarak dari posisi terbaca dan tidak terbacanya sensor untuk operasi kerja, ketika objek benda digerakkan dengan cara tertentu. Dengan mengatur jarak dari permukaan sensor memungkinkan penggunaan sensor lebih stabil dalam operasi kerjanya, termasuk pengaruh suhu dan tegangan. Berikut ini Gambar 10 yaitu pengaturan jarak antara sensor *proximity* dengan objek yang dideteksi.



Gambar 10. Daerah Kerja Sensor *Proximity*

Sumber : (<http://electric-mechanic.blogspot.co.id/2012/09/proximity-switch.html>)

Sensor *Proximity* dapat diklasifikasikan juga sebagai saklar NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*), tetapi berdasarkan jarak ke objek. Keluaran data pada sensor ini hanya berbentuk 1 dan 0 atau ada tegangan dan tanpa tegangan/netral. Oleh karena itu sensor ini sering juga disebut sensor *switching* atau pensaklaran.

5. *Liquid Cristal Display* (LCD)

Liquid Cristal Display (LCD) yaitu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf atau angka. *Liquid Cristal Display* (LCD) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*.

Material *Liquid Cristal Display* (LCD) adalah sebuah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan *indium oksida* dalam bentuk tampilan *seven-segment* dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari *segmen*. Lapisan *sandwich* memiliki *polarizer* cahaya *vertikal* depan dan *polarizer* cahaya *horisontal* belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan. Lcd yang digunakan pada alat monitoring data ini menggunakan lcd 16x2. Lcd 16x2 merupakan lcd yang terdiri dari 2 baris dan 16 karakter. Bentuk fisik cd 16x2 ini dapat dilihat pada Gambar 11.



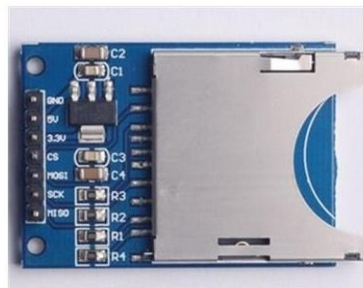
Gambar 11. Bentuk Fisik LCD 16x2

Sumber : (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LCD_display_16x2.jpg)

Kontroler LCD (*Liquid Cristal Display*) ini juga sudah dilengkapi dengan modul program LCD (*Liquid Cristal Display*) yang terdapat pada mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter pada LCD.

6. Modul SD

Modul SD Card adalah sebuah modul yang berfungsi untuk membaca dan menulis data ke/dari SD Card. Modul ini memiliki *interfacing* menggunakan komunikasi SPI. Tegangan kerja dari modul ini dapat menggunakan level tegangan 3.3 V DC atau 5V DC, yang dapat digunakan salah satunya. Bentuk fisik dari Modul SD ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Modul SD-Card

Modul ini digunakan untuk membuat piranti-piranti yang membutuhkan suatu penyimpanan bersifat *non-volatile* (data akan tetap tersimpan walaupun tidak mendapatkan supply tegangan) dengan kapasitas besar, hingga mencapai *Gigabyte*. Berikut ini adalah beberapa fungsi dari pin pada sd card ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Keterangan dan Fungsi *Port* pada Modul SD-Card

| Pin | Nama | Fungsi | Keterangan |
|-----|-------|--------|---|
| 1 | GND | Input | Referensi <i>Ground</i> |
| 2 | +3.3V | Input | Tegangan <i>reverensi</i> |
| 3 | +5 V | Input | Terhubung ke Sumber Tegangan +5 VDC |
| 4 | CSSD | | <i>Chip Select</i> , diberi logika 0 untuk mengakses SD Card, diberi logika 1 jika tidak mengakses SD Card. |
| 5 | MOSI | Input | Jalur data masuk ke SD Card |
| 6 | SCK | Input | Jalur clock dari mikrokontroler untuk mengakses SD Card |
| 7 | MISO | Output | Jalur data keluar dari SD Card |
| 8 | GND | Input | Referensi <i>Ground</i> |

Keterangan diatas bahwa modul sd card ini digunakan sebagai piranti untuk menghubungkan data dari sumber data ke sd card atau mengambil data dari sd card ke suatu program atau oleh data. Disamping itu alat monitoring data ini akan dapat berfungsi dengan baik jika dibutuhkan piranti-piranti pendukung dalam suatu sistem pada pembangkit listrik tenaga angin.

7. Regulator Control

Regulator control merupakan alat yang digunakan untuk mengatur tegangan dc yang dikeluarkan oleh generator kemudian diolah dan disimpan pada tempat penyimpanan (baterai). Rangkaian ini mengatur keluaran tegangan dari rangkaian regulator control selalu konstan walaupun input tegangan dari keluaran generator tidak konstan. Hal ini dimaksudkan untuk mempermudah ke proses pemakaian beban dan media penyimpanan. Rangkaian tersebut menggunakan ic LM-2576-Adj, dengan menggunakan ic ini kita dapat mengatur tegangan keluaran yang diinginkan. Hal ini diperkuat dengan adanya IC TIP 3055 yang digunakan untuk menjaga arus yang mengalir dan menguatkan arus yang masuk. Dari rangkaian ini besarnya tegangan keluaran dapat diatur melalui trimpot 10K dengan cara diputar sesuai dengan kebutuhan tegangan yang diinginkan. Tujuan

tegangan ini distabilkan dikarenakan untuk menjaga keamanan alat yang akan digunakan sesudah rangkaian regulator ini.

8. Inverter

Inverter merupakan rangkaian elektronika daya yang digunakan untuk mengkonversikan tegangan searah (DC) ke suatu tegangan bolak-balik (AC). Ada beberapa topologi inverter yang ada sekarang ini, dari yang hanya menghasilkan tegangan keluaran kotak bolak-balik (*push-pull inverter*) sampai yang sudah bisa menghasilkan tegangan sinus murni (tanpa *harmonisa*). Teknik kendali yang digunakan agar inverter mampu menghasilkan sinyal sinusoidal, yang paling sederhana adalah dengan cara mengatur keterlambatan sudut penyalaan inverter di tiap lengannya. Cara yang paling umum digunakan adalah dengan modulasi lebar pulsa (PWM). Sinyal kontrol penyaklaran di dapat dengan cara membandingkan sinyal referensi (*sinusoidal*) dengan sinyal *carrier* (digunakan sinyal segitiga). Dengan cara ini frekuensi dan tegangan fundamental mempunyai frekuensi yang sama dengan sinyal referensi *sinusoidal*. Dengan rangkaian ini tegangan dc diubah menjadi tegangan ac dengan ic 4047 dan kemudian distepup kan ke 220V dengan trafo.

9. Baterai

Penyimpanan dalam hal ini menggunakan penyimpanan tegangan DC dan disimpan menggunakan baterai. Dengan menggunakan baterrai diharapkan dapat menyimpan tegangan sementara dan dilanjutkan menuju inverter untuk di samakan tegangannya dan dilanjutkan ke sisstem pembebanan. Pada penyimpanan ini menggunakan Aki dengan input tegangan 12-16 Vdc dengan kemampuan 20Ah. Berikut ini adalah gambar kondisi fisik aki 20Ah ditunjukkan pada Gambar 13.



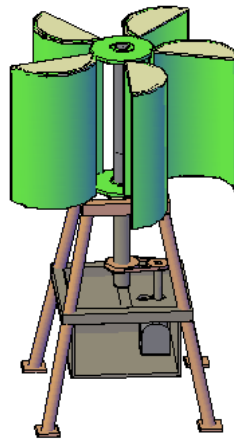
Gambar 13. Aki 20Ah

10. Kincir Angin

Kincir angin adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengubah energi angin menjadi energi gerak (kinetik). Energi kinetik ini digunakan untuk menggerakkan generator yang terpasang pada kincir angin. Dari generator ini yang telah terhubung pada kincir angin, akan ikut berputar sehingga dari putaran pada generator ini akan timbul medan-medan listrik disekitar rotor dan stator sehingga akan menghasilkan energi listrik. pada umumnya kincir angin ini dibedakan menjadi 2 yaitu :

a) Kincir angin Vertikal

Turbin angin vertikal yaitu turbin angin yang memiliki poros/sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus. Kelebihan utama susunan ini adalah turbin tidak harus diarahkan ke angin agar menjadi efektif. Kelebihan ini sangat berguna di tempat-tempat yang arah anginnya sangat bervariasi dengan kondisi angin dari berbagai arah. Kincir angin vertikal bisa ditempatkan di dekat tanah, jadi menara tidak perlu menyokongnya dan lebih mudah diakses untuk keperluan perawatan. Tapi ini menyebabkan sejumlah desain menghasilkan tenaga putaran yang berdenyut. Kincir angin tipe horizontal ini dapat dilihat pada contoh Gambar 14 berikut ini :



Gambar 14. Kincir Angin Vertikal

Desain kincir angin vertikal ini terlihat lebih unik dan menarik. Tujuannya dengan menggunakan desain ini diharapkan desain *blade* dapat menangkap angin secara maksimal. Penerapan kincir angin tipe vertikal sering digunakan pada daerah-daerah perkotaan yang kondisi anginnya tidak kuat. Dengan memanfaatkan *blade* jenis ini angin yang ditangkap dapat dimaksimalkan dan diolah dengan maksimal untuk memutar generator. Oleh karena itu jenis kincir angin tipe horizontal ini cocok digunakan pada daerah perkotaan dan pemukiman penduduk dimana kondisi ketersediaan angin tidak sekuat di daerah pesisir.

b) Kincir angin Horizontal

Turbin angin sumbu horizontal merupakan turbin angin yang sumbu rotasi rotornya tegak lurus terhadap permukaan tanah. Jika dilihat dari efisiensi turbin, turbin angin sumbu horizontal lebih efektif dalam mengekstrak energi angin dibanding dengan turbin angin sumbu vertikal. Energi angin yang didapatkan berasal dari alam, dalam hal ini kincir angin menggunakan tipe horizontal. Maksudnya horizontal karena sumbu putar ini terletak sejajar dengan permukaan tanah dan sumbu putar rotor yang searah dengan arah angin.

Turbin angin sumbu horizontal dapat dilihat pada Gambar 15 berikut ini.



Gambar 15. Kincir Angin Horizontal

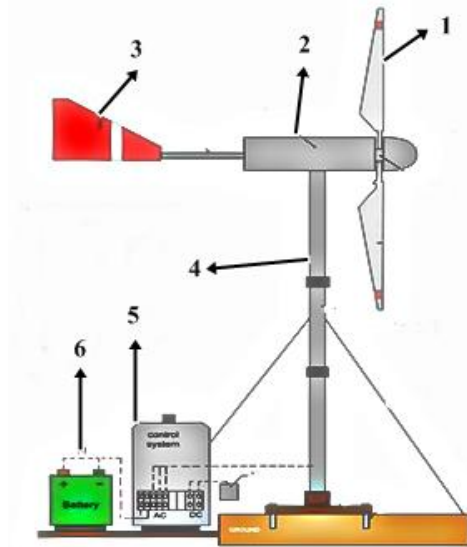
Sumber : (<http://indonesian.alibaba.com/wind-turbine-ew-600-generator-windmill-60084762039.html>)

Kincir angin ini dirancang untuk berputar ketika angin melewati atau berlawanan dengan *blade* kincir angin. Sebagai pengendali untuk menemukan arah angin yang besar, dibagian belakang dari kincir ini terdapat semacam sirip seperti sirip ikan yang lebar dan tipis, hal ini dirancang pada *blade* untuk menentukan arah angin yang paling besar dimana ketika terdapat angin besar dapat mengarahkan *blade* kincir angin ke arah angin yang terbesar, sehingga diharapkan putaran pada *blade* dapat maksimal. Dengan penambahan tiang menara yang lebih tinggi hal ini menambah kincir angin mendapat suplai angin secara maksimal. Berikut ini adalah beberapa keunggulan dari kincir angin sumbu horizontal (KASH) yaitu :

- a) Tower-nya yang tinggi memungkinkan untuk mendapatkan angin dengan kekuatan yang lebih besar dan stabil.
- b) Efisiensi lebih tinggi, karena *blade* selalu bergerak tegak lurus terhadap arah angin, menerima daya sepanjang putaran.
- c) Penggunaan ini cocok untuk perindustrian dan perorangan pada pesisir pantai dan daerah pegunungan.

Kedua jenis turbin kincir angin atau jenis *blade* pada kincir angin merupakan alat yang mempunyai kegunaan sama. Akan tetapi penggunaan dan efisiensi dari kincir angin yang berbeda. Tetapi pada

dasarnya kincir angin ini memiliki komponen-komponen pendukung dan utama yang sama. Berikut ini adalah gambar dan peralatan-peralatan yang ada pada kincir angin ditunjukkan pada Gambar 16 :



Gambar 16. Komponen-komponen Kincir Angin

- a) *Blade*
- b) Box Generator
- c) Sirip
- d) Tiang penyangga
- e) Converter / Inverter
- f) Baterai

Berdasarkan gambar diatas dan komponen-komponen pada kincir angin merupakan satu-kesatuan yang dinamakan pembangkit listrik dengan menggunakan kincir angin. Pada gambar diatas *blade* yang digunakan menggunakan *blade* tipe horizontal.

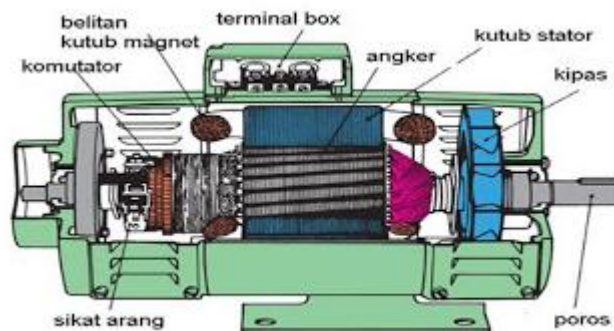
c) Prinsip Kerja Kincir angin

Prinsip kerjanya anatara kincir angin jenis vertikal sama dengan kincir angin tipe horizontal. Yang membedakan hanya pada *blade* yang digunakan untuk menangkap arah angin. Kincir angin horizontal dapat menangkap angin dari segala penjuru karena kincir angin ini tegak lurus dengan dengan penyangga. Berbeda pada kincir

angin vertikal, kincir angin ini dirancang untuk memaksimalkan putaran dengan memusatkan pada satu arah angin. Dengan menggunakan sirip kincir hal ini ditujukan untuk memaksimalkan dan mengarahkan bagian *blade* dengan datangnya arah angin. Sirip pada kincir angin ini dapat mencari dimana arah angin yang paling besar, sehingga putaran pada *blade* dapat maksimal. Pada jenis ini kincir angin dapat berputar 360° sehingga dapat memaksimalkan dalam mencari arah angin sesuai dengan kebutuhan. Dari putaran *blade* kincir angin *blade* ini akan memutar generator yang telah tercouple/tersambung pada generator. dengan berputarnya *blade* kincir angin maka rotor pada generator akan ikut berputar. Dengan perputaran rotor ini menyebabkan terjadinya medan-medan listrik pada generator. oleh karena itu akan tercipta listrik dari generator. Listrik ini keluar dari generator dan dihubungkan ke komponen selanjutnya dengan menggunakan kabel. Listrik keluaran generator ini diolah oleh konverter dan disimpan dalam baterai. Pada unit konverter, listrik ini diserahkan dan diolah sehingga keluaran outputnya sesuai dengan kebutuhan baterai. Pada unit baterai ini disimpan sementara sebelum disalurkan. Kegunaan baterai ini merupakan media penyimpanan, hal ini menggunakan baterai dikarenakan tegangan yang dihasilkan oleh generator tidak stabil. Karena angin merupakan energi yang tak bisa diduga dan ketersediaannya tidak tetap maka untuk mengantisipasi kekurangan tegangan digunakan konverter sebagai penyetabil dan baterai sebagai media penyimpanan. Pada baterai ini listrik akan diteruskan ke inverter untuk diolah menjadi listrik konsumen dan dapat dipakai untuk pemakaian sehari-hari. Pada unit inverter ini listrik dinaikan ke 220Vac dan dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari seperti penerangan, pengairan dan lain-lain. Proses ini akan berlanjut terus menerus sehingga akan terus menghasilkan listrik selama *blade* ini masih berputar.

11. Generator DC

Generator merupakan alat mesin listrik dinamis yang digunakan untuk mengubah energi (gerak) mekanis menjadi energi listrik. Generator DC menghasilkan arus DC/ arus searah. Generator DC dibuat dengan menggunakan magnet permanent dengan 4-kutub rotor, regulator tegangan, proteksi terhadap beban lebih, starter eksitasi, penyearah, bearing dan rumah generator atau casing, serta bagian rotor. Berikut ini adalah gambar struktur dari generator dc ditunjukkan pada Gambar 17 :



Gambar 17. Struktur Generator Dc

Sumber : (<http://dunia-listrik.blogspot.co.id/2009/01/generator-dc.html>)

Gambar generator dc diatas terdapat beberapa bagian dan komponen yang harus diperhatikan. Berikut ini adalah bagian penyusun dari generator dc yaitu :

a) Stator

Stator adalah bagian mesin DC yang diam. Bagian stator terdiri dari:

1) Rangka/body generator

Rangka generator digunakan mengalirnya fluks magnet yang di hasilkan kutub-kutub magnet, karena itu badan generator dibuat dari bahan *ferromagnetic*. Selain itu dapat digunakan sebagai tempat penyangga rotor dan tempat untuk meletakkan bagian dalam generator.

2) Sikat arang

Fungsi dari sikat adalah untuk jembatan bagi aliran arus dari lilitan jangkar dengan beban. Disamping itu sikat memegang peranan penting untuk terjadinya komutasi. Agar gesekan antara komutator-komutator dan sikat tidak mengakibatkan ausnya komutator, maka sikat lebih lunak dari pada komutator. Sikat terbuat dari karbon, grafit, logam grafit, atau campuran karbon-grafit, yang dilengkapi dengan pegas penekan dan kotak sikat. Besarnya tekanan pegas dapat diatur sesuai dengan keinginan. Permukaan sikat ditekan ke permukaan segmen komutator untuk menyalurkan arus listrik. Karbon yang ada diusahakan memiliki konduktivitas yang tinggi untuk mengurangi rugi-rugi listrik, dan koefisien gesekan yang rendah untuk mengurangi keausan.

3) Bearing

Bearing ini merupakan alat yang digunakan untuk menahan kondisi rotor dalam berputar. Bearing ini merupakan bagian penahan yang berputar dan terletak dibagian antara stator dan rotor.

b) Rotor

Rotor yaitu bagian mesin DC yang berputar. Bagian rotor terdiri dari:

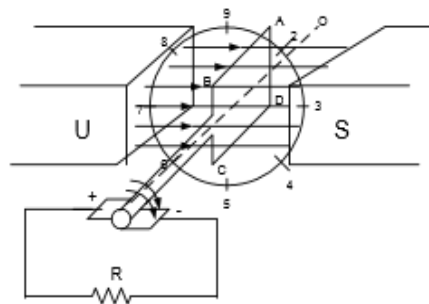
a. Komutator

Sebagaimana diketahui komutator berfungsi sebagai penyearah mekanik, yaitu untuk mengumpulkan arus listrik induksi dari konduktor jangkar dan mengkonversikannya menjadi arus searah melalui sikat yang disebut komutasi. Agar menghasilkan penyearahan yang lebih baik maka komutator yang digunakan hendaknya dalam jumlah yang besar.

b. Belitan rotor/jangkar

Jangkar generator dc berbentuk silinder yang di beri alur-alur pada permukaannya untuk tempat melilitkan kumparan-kumparan tempat terbentuknya ggl induksi. Jangkar di buat dari bahan ferromagnetik, dengan maksud agar lilitan jangkar terletak dalam daerah yang induksi magnitnya besar, supaya ggl induksi yang terbentuk dapat bertambah besar.

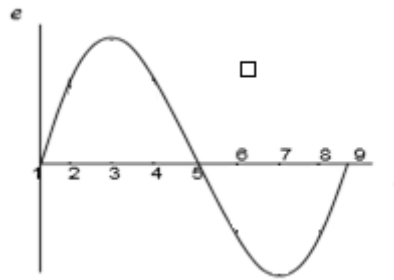
Dalam prinsipnya generator dc ini bekerja berdasarkan hukum faraday. Suatu generator arus searah bekerja berdasarkan prinsip induksi magnetis sesuai dengan Hukum Faraday. Bila ada sepotong penghantar dalam medan magnet yang berubah-ubah terhadap waktu, maka pada penghantar tersebut akan terbentuk GGL induksi. Demikian pula sebaliknya bila sepotong penghantar digerak-gerakkan dalam medan magnet, dalam penghantar tersebut juga terbentuk GGL induksi. Suatu penghantar yang diputar dalam medan magnet dapat dilihat pada Gambar 18 berikut ini :



Gambar 18. GGL Induksi

Sumber: (<http://catatansebelumwisuda.blogspot.co.id/2013/05/prinsip-kerja-generator-dc>)

Medan magnetnya dihasilkan oleh kumparan medan sedangkan untuk menghasilkan efek perubahan fluksi maka belitan penghantar diputar oleh *prime mover*. Bentuk tegangan yang dihasilkan sebelum disearahkan dapat terlihat pada Gambar 19.



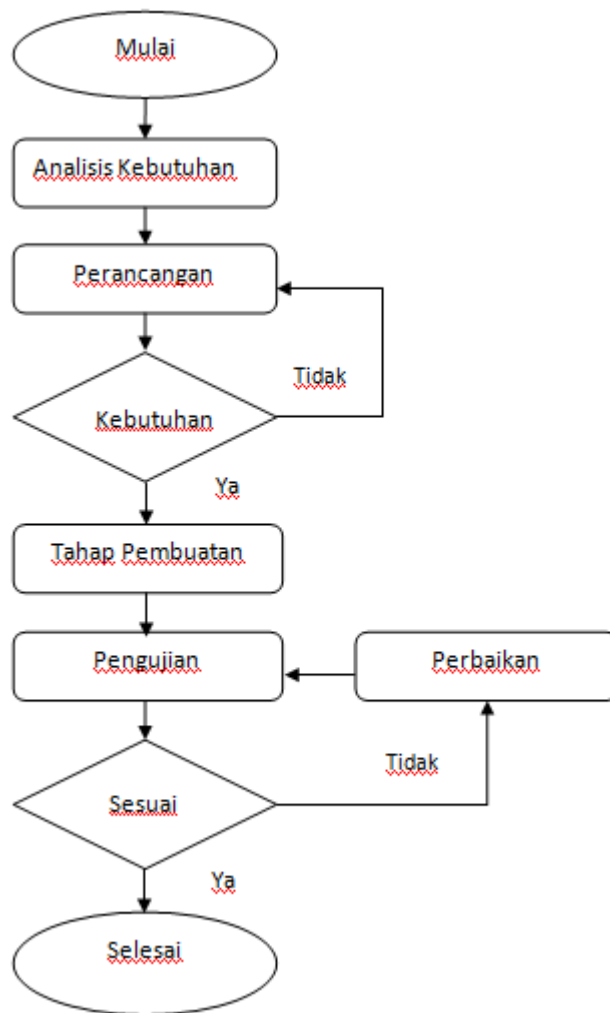
Gambar 19. Bentuk Gelombang AC dari Generator

Apabila terminal-terminal dari generator dihubungkan ke beban maka akan terbentuk atau mengalir arus. Karena tegangan induksi adalah bolak-balik maka arus induksinya juga bolak-balik. Tegangan bolak-balik inilah yang akan disearahkan dengan komutator. Persamaan tegangan bolak-balik yang dihasilkan dalam hal ini dapat diturunkan dari hukum Faraday. Emf yang dihasilkan berupa siklus sinusoidal tegangan bolak-balik. Dengan cincin komutasi yang segmen-segmennya terhubung dengan ujung konduktor jangkar, menyebabkan perubahan pada tegangan keluarannya menjadi tegangan yang searah. Proses ini dinamakan proses komutasi. Proses komutator berfungsi sebagai saklar, yaitu untuk menghubungkan singkatkan kumparan jangkar. Komutator berupa cincin belah yang dipasang pada ujung kumparan jangkar. Bila kumparan jangkar berputar, maka cincin belah ikut berputar. Karena kumparan berada dalam medan magnet, akan timbul tegangna bolak balik sinusoidal. Bila kumparan telah berputar setengah putaran, sikat akan menutup celah cincin sehingga tegangan menjadi nol. Karena cincin berputar terus, maka celah akan terbuka lagi dan timbul tegangan lagi. Bila perioda tegangan sama dengan perioda perputaran cincin, tegangan yang timbul adalah tegangan arus searah gelombang penuh.

BAB III

KONSEP PERANCANGAN

Proses perancangan dalam pembuatan alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* pembangkit listrik tenaga angin ini melalui beberapa tahapan. Tahapan-tahapan tersebut dapat dirumuskan dalam bentuk diagram alir yang ditunjukkan Gambar 20.



Gambar 20. Diagram Alir Pembuatan dan Pengujian Alat

Berdasarkan diagram alir tersebut dapat dimulai dari analisis kebutuhan barang, perancangan, proses pembuatan dan pengujian. Dalam proses analisis kebutuhan ini hal yang pertama dilakukan dalam memenuhi kebutuhan alat

yang akan digunakan sampai dengan tahap pengujian dan finishing dari alat monitoring data tersebut.

A. Analisis Kebutuhan

Alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* pada pembangkit listrik tenaga angin ini merupakan alat yang dirancang untuk memonitoring kinerja pembangkit listrik tenaga angin. Saat ini yang belum banyak pengembangan dan belum adanya alat yang dijual dipasaran dalam kaitannya monitoring pembangkit listrik tenaga angin, oleh karena itu tujuan pembuatan alat ini diharapkan dapat menjadi pengembangan teknologi yang murah dan handal dalam kaitannya mengetahui parameter-parameter pada pembangkit listrik tenaga angin. Alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* ini digunakan untuk mempermudah konsumen/pengguna dalam mengetahui kondisi pembangkit listrik tenaga angin disetiap detik selama 24 jam. Alat ini merupakan alat yang multiguna dan ekonomis dikarenakan alat ini mampu bekerja pada *range* tegangan dan arus yang besar, sehingga alat ini mampu ditempatkan pada jenis kincir angin yang berkapasitas besar. Data-data yang diolah dapat berupa tegangan, arus, daya dan kecepatan generator pada pembangkit listrik tenaga angin. Sehingga konsumen/pengguna tidak perlu memonitoring pada tempat dan waktu saat itu juga untuk mengetahui kondisi dari pembangkit listrik tenaga angin tersebut. Alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* dilengkapi dengan sistem penyimpanan data otomatis atau *auto saving system* yang akan memudahkan konsumen untuk mengetahui kinerja dari pembangkit listrik tenaga angin tersebut dalam 24 jam yang disimpan dalam satu *chip* memory.

Proses pembuatan alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* ini membutuhkan peralatan-peralatan dan sarana bahan untuk menunjang dalam pembuatan alat monitoring data. Beberapa peralatan yang dibutuhkan dalam pembuatan alat monitoring data ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Daftar Peralatan

| No | Nama Alat | Spesifikasi | Jumlah | Satuan |
|-----|-------------------|--|--------|--------|
| 1. | Borlistrik | Bortangan | 1 | Buah |
| 2. | Matabor | 0.8mm | 1 | Buah |
| | | 1 mm | 1 | Buah |
| | | 3 mm | 1 | Buah |
| | | 5 mm | 1 | Buah |
| 3. | Obeng+ | 3 mm | 1 | Buah |
| 4. | Obeng- | 3 mm | 1 | Buah |
| 5. | <i>Multimeter</i> | Digital | 1 | Buah |
| 6. | Pengupas Kabel | 1mm | 1 | Buah |
| 7. | Pisau cutter | - | 1 | Buah |
| 8. | Penggaris | 60cm | 1 | Buah |
| 9. | Tang Potong | 8 Inci | 1 | Buah |
| 10. | Solder | 40 watt | 1 | Buah |
| 11. | Kikir | Pipih | 1 | Buah |
| 12. | Gergaji besi | - | 1 | Buah |
| 13. | Anemo meter | KANOMAX 6006-OG Anemomaster | 1 | Buah |
| 14. | Tacho meter | I-max- Tacho meter Up to 10 000 Rpm | 1 | Buah |
| 15. | Tang cucut | 8 Inchi | 1 | Buah |
| 16. | Tang Kombinasi | 8 Inchi | 1 | Buah |

Dari alat-alat yang dibutuhkan diatas berikut ini adalah daftar kebutuhan bahan yang dibutuhkan untuk menunjang kinerja alat ditunjukan pada Tabel 10 :

Tabel 10. Bahan-Bahan yang Digunakan

| No | Nama bahan | Spesifikasi | Jumlah | Satuan |
|----|-----------------|---------------|--------|--------|
| 1. | <i>Blade</i> | Aluminium | 1 | Buah |
| 2. | Tiang penyangga | Besi | 1 | Buah |
| 3. | Generator DC | 500W. 3500rpm | 1 | Buah |
| 4. | Baterai | 20 Ah | 1 | Buah |
| 5. | Lampu LED | 10 Watt | 2 | Buah |

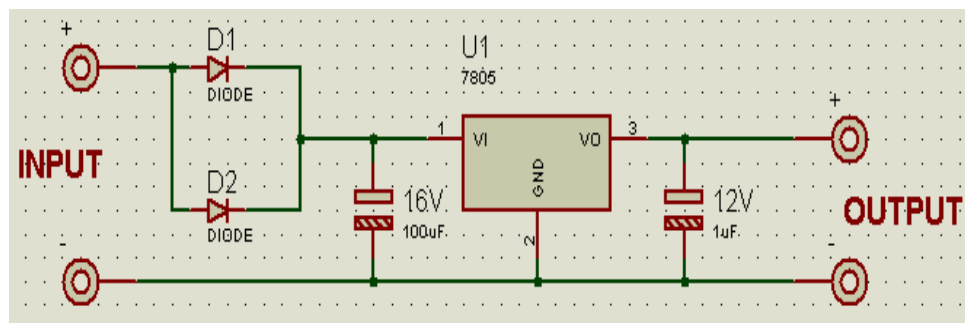
| No | Nama bahan | Spesifikasi | Jumlah | Satuan |
|-----|--------------|--------------------------|--------|--------|
| 6. | Lampu Pijar | 5 Watt | 1 | Buah |
| 7. | Inverter | 220V/300Watt | 1 | Unit |
| 8. | Tenol | Merk Paragon | 1 | Gulung |
| 9. | PCB | Pcb Fiber | 1 | Buah |
| 10. | Kabel Nyaf | 2.5mm | 1 | Gulung |
| 11. | Kotak Kontak | Isi 1 | 1 | Buah |
| 12. | Heatsick | 10x20 cm | 1 | Buah |
| 13. | Mur Baut | 3 mm | 30 | Buah |
| 14. | Box | Ukuran 10x6x10 | 1 | Buah |
| 15. | Colokan | Steker | 1 | Buah |
| 16. | Led | 5mm, 12 V | 5 | Buah |
| 17. | Spacer | 1.5 cm | 20 | Buah |
| 18. | Lem G | - | 1 | Buah |
| 19. | Resistor | 15w/100Ohm | 4 | Buah |
| 20. | Lampu | 35w/12V | 10 | Buah |
| 21. | Kotak Kontak | 220V | 1 | Buah |
| 22. | Kabel Nya | 1.5 mm ² | 10 m | Buah |
| 23. | Fiting | Broco, putih | 1 | Buah |
| 24. | Akrilik | 30x40cm | 1 | Buah |
| 25. | Box Platik | Tebal : 2 mm | 1 | Buah |
| 26. | Papan Kayu | Tebal : 1cm | 1 | Buah |
| 27. | Atmega 16 | Type AtMega 16a | 1 | Buah |
| 28. | Modul Sd | Tipe:Logic ICs | 1 | Buah |
| 29. | LCD 16x2 | Warna Putih STN, BLUB | 1 | Buah |
| 30. | IC 1307 | TIPE TIP/8 | 1 | Buah |
| 31. | Resistor | 100K, Watt | 1 | Buah |
| | | 4K7, 2 Watt | 1 | Buah |
| | | 47Ohm, 5 watt | 10 | Buah |

B. Tahap Perancangan

Tahap perancangan merupakan tahapan untuk merancang rangkaian yang dibutuhkan dalam pembuatan alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*. Proses perancangan dan pembuatan alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* ini melalui beberapa tahap. Tahap-tahap perancangan dan pembuatan meliputi perancangan penggunaan catu daya dan perancangan penggunaan sensor dan perancangan box pelindung.

1. Perancangan Catu Daya

Catu daya adalah rangkaian yang digunakan untuk mensuplai tegangan ke alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*. Prinsip kerja catu daya yang digunakan adalah menurunkan tegangan dari 12 Vdc menjadi 5 Vdc sesuai dengan kebutuhan mikrokontroler. Perancangan catu daya ini menggunakan rangkaian regulator dengan menggunakan transistor 7805. Perancangan rangkaian regulator ini dapat dilihat seperti Gambar 21 dibawah ini :



Gambar 21. Perancangan Catu Daya

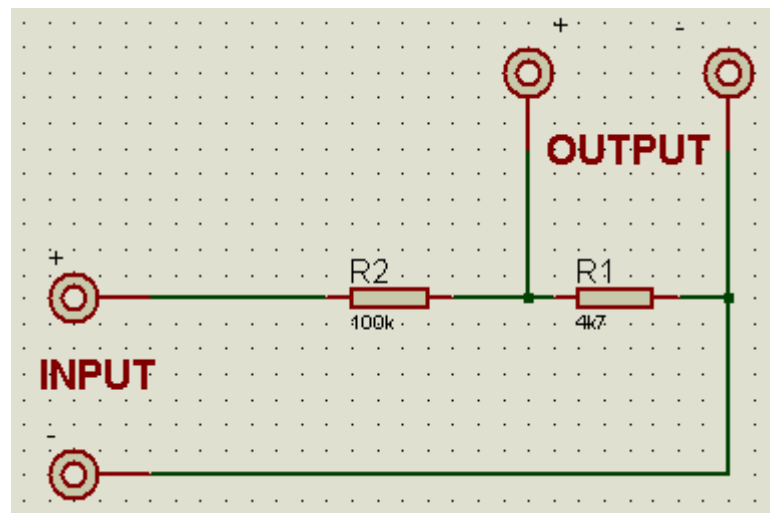
2. Perancangan Penggunaan Sensor dan Komponen

Perancangan penggunaan sensor ini meliputi perancangan penggunaan sensor arus, tegangan dan *proximity*.

a. Perencanaan Sensor Tegangan

Sensor tegangan pada alat monitoring data berfungsi sebagai input data tegangan. Sensor ini berfungsi menurunkan tegangan, dari tegangan yang diukur menjadi tegangan yang diijinkan pada

mikrokontroler. Berikut ini adalah rangkaian sensor tegangan yang ditunjukkan pada Gambar 22.

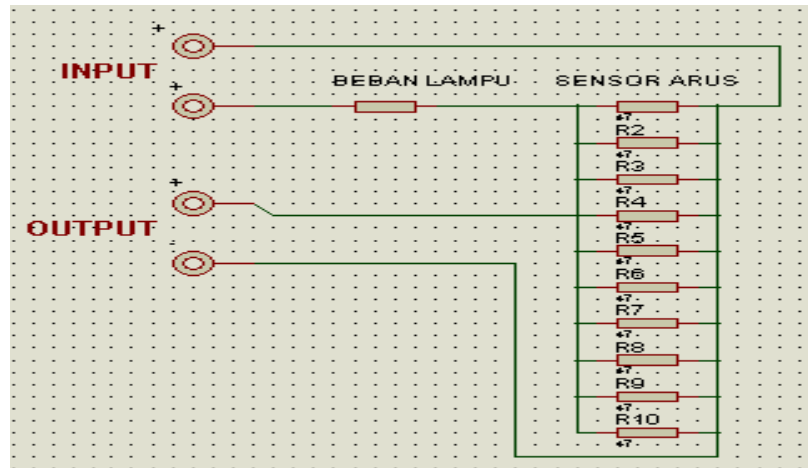


Gambar 22. Perencanaan Sensor Tegangan

Sensor tegangan diatas menggunakan dua buah resistor yaitu 100K,5W dan 4K7,5W. Resistor 100K dan 4K7 dapat menghasilkan tegangan maksimal sebesar 5 Vdc pada input tegangan 100 Vdc. Jika *input* sensor tegangan maksimal, maka *output* dari sensor tegangan harus maksimal 5 Vdc. Range tegangan 0-5 Vdc ini yang digunakan sebagai inputan ADC dan dikonversi mikrokontroler ATmega 16.

b. Perancangan Sensor Arus

Perancangan pemilihan sensor arus menggunakan komponen resistor sebagai sensor pendeteksi arus. Perancangan sensor arus dengan menggunakan resistror dapat dilihat pada Gambar 23 :



Gambar 23. Perancangan Sensor Arus

Berdasarkan Gambar 23 perancangan sensor arus komponen yang digunakan menggunakan resistor 47Ω yang disusun secara paralel sejumlah 10 buah. Sehingga total hambatan semauanya adalah 0.47Ω . Mencari hambatan 0.47 ohm ini didapatkan dengan rumus pada persamaaan 10 :

$$R = V/I \dots \dots \dots (10)$$

$$R = 5/10 \text{ A}$$

$$R = 0.5 \Omega$$

Penentuan kapasitas ini merupakan sesuai dengan kebutuhan, hal ini dikarenakan kemampuan generator dalam mensuplai arus maksimal sebesar 5 ampere pada beban penuh. Oleh karena itu alat monitoring data ini dirancang pada beban maksimal ± 5 ampere.

c. Perencanaan Penggunaan Modul SD Card

Modul SD Card ini digunakan untuk menyimpan data berupa tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*. Berikut ini adalah gambar modul sd yang akan digunakan ditunjukan pada Gambar 24 :



Gambar 24. Modul SD

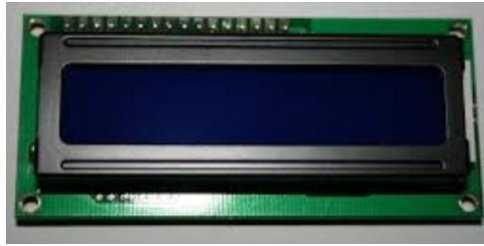
d. Perencanaan Penggunaan Sensor Logam

Penggunaan sensor logam pada alat monitoring data ini menggunakan sensor *proximity* atau sensor logam. Sensor *proximity* ini digunakan sebagai media input ke mikrokontroler. Berikut ini adalah bentuk sensor *proximity* yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 25 :

Gambar 25. Sensor *Proximity*

e. Perencanaan Penggunaan LCD 16x2

Penggunaan LCD 16x2 ini digunakan untuk menampilkan data yang sudah didapatkan dan diolah pada mikrokontroler. LCD ini digunakan sebagai penampil data secara visual berdasarkan pengukuran dari sensor-sensor tersebut. Lcd 16x2 ini merupakan lcd yang mempunyai 16 kareakter dan 2 baris. Dengan menggunakan lcd 16x2 cukup untuk menampilkan data-data atau parameter yang diolah oleh mikrokontroler. Berikut ini adalah bentuk LCD 16x2 ditunjukkan pada Gambar 26.



Gambar 26. Bentuk Fisik LCD 16x2

f. Perencanaan Penggunaan ATmega 16

Penggunaan ATmega 16 ini digunakan sebagai pengendali alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*. ATmega 16 ini mempunyai pin yaitu sebanyak 40 buah. Disamping itu ruang penyimpanan pada ATmega 16 juga banyak sebesar 16 Kb dan ATmega 16 sudah memiliki fitur ADC dan fitur *Counter*. ATmega ini yang nantinya akan dikendalikan dengan bentuk program. Program yang digunakan menggunakan *bascomavr*, dengan program ini ATmega akan dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Bentuk fisik ATmega 16 ditunjukkan oleh Gambar 27.



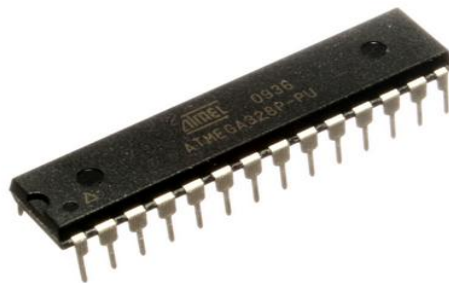
Gambar 27. Bentuk fisik Atmega 16

Sumber : (<http://www.electronicbite.com/Atmega-16-id-540995.html>)

g. Perencanaan Penggunaan ATmega 328

Penggunaan Atmega 328 pada proses pembuatan alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* digunakan untuk pengolahan data saat penyimpanan. Penggunaan ATmega 328 hal ini dikarenakan

untuk mempermudah penyimpanan pada modul sd card, dikarenakan penyimpanan data pada ATmega 328 lebih besar yaitu sebesar 32 bit. Sistem penyimpanan dengan menggunakan ATmega 328 akan dikendalikan dengan program, program yang digunakan yaitu dengan program arduino. Oleh karena itu dengan pemberian program ini ATmega 328 dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Bentuk fisik dari ATmega 328 ini ditunjukkan pada Gambar 28.



Gambar 28. Bentuk fisik Atmega 328

Sumber : (<https://en.wikipedia.org/wiki/ATmega328>)

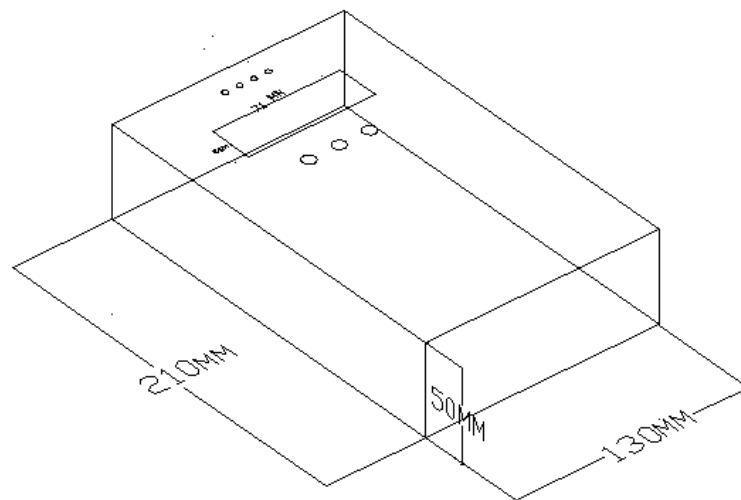
h. Penggambaran Skema Rangkaian Alat Monitoring Kualitas Daya

Skema rangkaian alat monitoring kualitas daya yaitu melakukan perancangan penggambaran rangkaian untuk pembuatan layout pcb. Perancangan gambar skema rangkaian alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* ini menggunakan aplikasi *eagle* yang ditunjukkan pada Gambar 30.

3. Perencanaan Mekanik

a. Perencanaan desain box

Perencanaan mekanik ini digunakan untuk merencanakan desain box yang akan digunakan di alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*. Desain box ini dirancang sebagai yang ditunjukkan pada Gambar 30.



Gambar 29. Desain Box Alat Monitoring

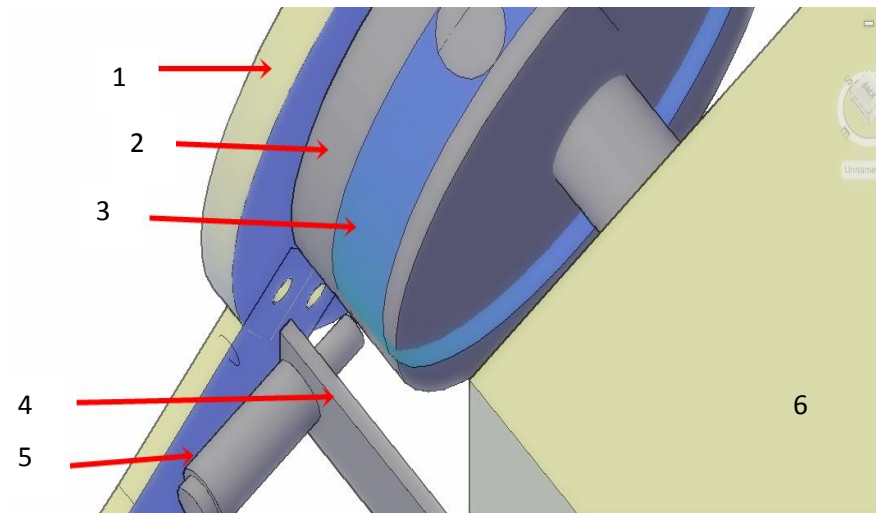
Spesifikasi :

- 1) Menggunakan bahan akrilik dengan tebal 3mm²
- 2) Mempunyai panjang : 21 cm dan lebar 13 cm tinggi 5 cm
- 3) Warna putih

Perancangan mekanik box pada alat monitoring data ini akan ditambah dengan desain stiker yang diharapkan dapat menambah daya tarik konsumen terhadap alat monitoring data.

b. Perencanaan Tata Letak Sensor *Proximity*

Perencanaan mekanik pada penempatan sensor *proximity* ini diletakkan pada *blade* pembangkit listrik tenaga angin. Sensor ini diletakkan dengan jarak 2-5mm antara permukaan sensor dengan permukaan *blade*. Untuk penempatan sensor ini akan menggunakan plat dengan diameter 2mm sebagai penopang sensor agar sensor tidak mudah jatuh. Untuk lebih memastikan penopang ini kuat maka plat ini akan dibaut dengan box pembangkit listrik tenaga angin untuk memperkuat penopang sensor *proximity*. Untuk lebih jelasnya berikut ini adalah desain pemasangan sensor *proximity* ditunjukkan pada Gambar 31.



Gambar 30. Penempatan Sensor *Proximity*

Keterangan :

- 1) *Blade* pembangkit listrik tenaga angin
- 2) Besi penyangga
- 3) Isolasi penutup
- 4) Tempat sensor
- 5) Sensor *proximity*
- 6) Rumah generator

C. Tahap Pembuatan

Tujuan tahap pembuatan digunakan untuk merealisasikan alat monitoring setelah dilakukan perancangan alat monitoring tersebut. Tahap pembuatan ini meliputi :

1. Penyetakan gambar rangkaian

Penyetakan gambar rangkaian ini digunakan untuk mencetak jalur rangkaian/skema rangkaian ke papan pcb. Penyetakan rangkaian ini dimulai dengan penyetakan gambar *layout* rangkaian pada kertas *glossy*. Penggunaan kertas *glossy* dikarenakan ketika *layout* rangkaian nanti diletakkan ke papan pcb dan dilakukan penyetrakan, tinta gambar *layout* ini akan menempel sempurna di papan pcb. Setelah dilakukan penyetakan

pada kertas *glossy*, selanjutnya dilakukan penyetrikaan kertas *glossy* di papan pcb yang akan digunakan. Penyetrikaan ini dilakukan kurang lebih 20 menit. Proses penyetrikaan ini ditunjukkan pada Gambar 31.



Gambar 31. Proses Penyetrikaan Gambar Rangkaian di Papan Pcb

Setelah 20 menit kemudian papan pcb tersebut didiamkan agar sedikit dingin dan direndam ke dalam air sekitar 15 menit agar kertas yang menempel di pcb tadi terlepas. Kemudian bersihkan papan pcb dari kertas yang menempel tersebut agar tidak ada sisa kertas pada papan pcb yang akan mengganggu jalur pada gambar rangkaian tersebut.

2. Proses Pelarutan Pcb

Setelah dilakukan proses perendaman selama 15 menit, selanjutnya dilakukan pelarutan pcb. Sebelum dilarutkan pastikan pcb bersih dari kertas *glossy*. Pelarutan pcb ini dilakukan dengan cara memasukkan papan pcb yang sudah disetrika tadi ke cairan *ferric chloride*. Cairan *ferric chloride* ini merupakan cairan yang digunakan untuk melarutkan pcb. Bahan pembuatan cairan ini berbentuk bubuk dan kemudian diberi tambahan air, agar bubuk tersebut larut dalam air tersebut. Proses penyampuran ini yaitu satu bungkus *ferric chloride* dicampur dengan air 600ml. Semakin banyak *ferric chloride* maka pelarutan akan semakin cepat. Proses pelarutan ini dilakukan dengan cara menggoyang-goyangkan

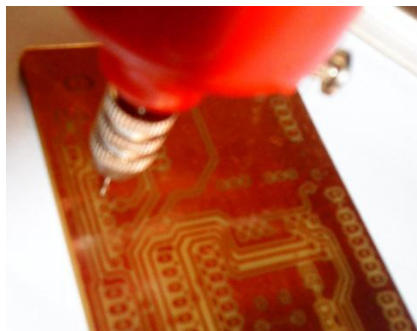
papan pcb ketika berada di cairan *ferric chloride* tersebut. Proses ini harus terus di goyang-goyangkan agar tembaga pada papan pcb dapat larut. Proses menggoyang-goyangkan papan pcb ini terus sekitar 20 menit, maka lama kelamaan pcb tersebut akan larut dan akan terlihat jalur rangkaian sesuai yang ditunjukkan pada Gambar 32.



Gambar 32. Proses Pelarutan Pcb

3. Proses pengeboran

Proses pengeboran ini merupakan proses pelubangan jalur pcb yang akan digunakan untuk memasukan kaki-kaki komponen. Pengeboran ini menggunakan mata bor ukuran 3mm dan 2mm. Proses pengeboran ini dilakukan di Bengkel Mekanik seperti yang ditunjukkan Gambar 33.



Gambar 33. Proses Pengeboran Pcb

4. Proses Pemasangan dan Penyolderan Komponen

Proses pemasangan dan penyolderan komponen ini merupakan proses memasang dan menyolder kaki-kaki komponen yang akan

dipasang di papan pcb. Proses penyolderan ini menggunakan solder dan tenol. Proses pemasangan komponen ini meliputi komponen-komponen kecil terlebih dahulu dilanjutkan pemasangan komponen-komponen besar seperti lcd dan sensor arus. Proses penyolderan ditunjukkan seperti Gambar 35.



Gambar 34. Proses Penyolderan dan Pemasangan Komponen di Pcb

5. Proses Pemrograman

Setelah dilakukan pemasangan dan penyolderan komponen selanjutnya dilakukan proses pemrograman. Proses pemrograman ini dilakukan langsung dengan menggunakan aplikasi *Bascom Avr*. Proses pemrograman ini dilakukan sekitar 7 hari. Berikut ini adalah gambar lcd setelah dilakukan pemrograman ditunjukkan Gambar 35.



Gambar 35. Tampilan LCD Alat Monitoring

6. Proses Pemasangan Rangkaian Keseluruhan

Proses pemasangan rangkain ini merupakan proses memasang rangkaian yang sudah diprogram sesuai yang ditunjukan pada Gambar 35 dan dimasukan ke box alat monitoring. Seltelah dilakukan pemasangan didapatkan hasil seperti yang ditunjukan pada Gambar 36.



Gambar 36. Bentuk Fisik Alat Monitoring

D. Tahap Perancangan Pengujian

Tujuan perancangan pengujian digunakan untuk mengetahui tingkat kecocokan dan kesesuaian uji kelayakan alat yang dibandingkan dengan alat pengukur visual yang ada. Dengan membandingkan data visual yang diukur pada alat monitoring data ini dengan alat ukur sesuai dengan parameter-parameter yang akan di bandingkan. Untuk itu untuk lebih memaksimalkan dan mendapatkan data yang akuran diperlukan pengukuran *dengan system one by one* untuk mendapatkan hasil yang sesuai. Pada pengujian alat monitoring data ini meliputi pengukuran tegangan, daya, arus dan kecepatan rotor generator. Berikut ini adalah langkah-langkah pengujian komponen pada alat monitoring data :

1. Memeriksa kelengkapan komponen yang digunakan dalam unit sistem pembangkit listrik tegangan angin.
2. Memeriksa kinerja komponen yang digunakan dalam unit sistem pembangkit listrik tenaga angin.
3. Melakukan pengukuran pada setiap komponen pada unit pembangkit listrik tenaga angin.

Langkah-langkah pengujian tersebut dilakukan untuk pengujian di beberapa proses. Diantaranya dapat dilakukan di beberapa pengujian, diantaranya adalah :

1. Pengujian Setiap Komponen

Sebelum melakukan pengujian keseluruhan tentang kondisi alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* tentunya kelengkapan sensor pada alat monitoring data harus dapat bekerja dengan baik. Untuk itu diperlukan pengujian untuk mengetahui kondisi tersebut. Berikut ini adalah tabel pengujian sensor tegangan dan kecepatan *blade* di alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* pada sistem pembangkit listrik tenaga angin ditunjukkan pada Tabel 11,12,

Tabel 11. Pengujian Sesor Tegangan

| No | Sensor tegangan | |
|-----|-----------------|---------------|
| | Input (volt) | Output (volt) |
| 1. | 50 Volt | |
| 2. | 45 Volt | |
| 3. | 40 Volt | |
| 4. | 35 Volt | |
| 5. | 30 Volt | |
| 6. | 25 Volt | |
| 7. | 20 Volt | |
| 8. | 15 Volt | |
| 9. | 10 Volt | |
| 10. | 5 Volt | |
| 11. | 0 Volt | |

Tabel 12. Pengujian Sensor Arus

| No | Input | Beban | Output |
|-----|-----------------|-----------------------|-----------------|
| | Tegangan (volt) | Hambatan (Ω) | Tegangan (volt) |
| 1. | 50 Volt | 10 Ω | |
| 2. | 45 Volt | 10 Ω | |
| 3. | 40 Volt | 10 Ω | |
| 4. | 35 Volt | 10 Ω | |
| 5. | 30 Volt | 10 Ω | |
| 6. | 25 Volt | 10 Ω | |
| 7. | 20 Volt | 10 Ω | |
| 8. | 15 Volt | 10 Ω | |
| 9. | 10 Volt | 10 Ω | |
| 10. | 5 Volt | 10 Ω | |
| 11. | 0 Volt | 10 Ω | |

2. Pengujian Unjuk Kerja Alat

Pengujian unjuk kerja alat digunakan untuk menguji unjuk kerja dari alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*. Proses ini digunakan untuk mengetahui tingkat kesesuaian pengukuran tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* di alat monitoring. Proses pengujian alat dilakukan dalam 2 proses pengujian yaitu :

a. Pengujian kalibrasi alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*

Pengujian kalibrasi ini dilakukan untuk mengkalibrasi pengukuran antara alat monitoring dengan alat ukur yang laian seperti volt meter, ampere meter, watt meter dan tachometer. Pengujian ini meliputi pengujian tegangan, arus, daya dan kecepatan rotor generator. Proses pengujian ini menggunakan beban lampu 4 buah dan 5 buah. Pengujian kalibrasi ini menggunakan bantuan modul *powerpack* dan modul generator kontrol untuk mengetahui unjuk kerja dari alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*. Tabel pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 13, Tabel 14, Tabel 15, Tabel 16.

- b. Pengujian alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin.

Pengujian ini dilakukan di Pantai Pandansimo pada pembangkit listrik tenaga angin. Pengujian ini menggunakan beban lampu 108 Watt. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya tegangan saat berbeban, arus yang mengalir dan daya beban. Tabel pengujian ini ditunjukkan oleh Tabel 17 dan Tabel 18.

- c. Pengujian sistem penyimpanan daya

Pengujian sistem penyimpanan data digunakan untuk mengetahui sistem penyimpanan di alat monitoring data. Sistem penyimpanan ini akan menyimpan data setiap satu menit sekali. Data yang disimpan adalah parameter tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*. Data tersebut disimpan dalam SD-Card dalam format *.txt. system akan tetap menyimpan data tergantung besar penyimpanan SD-Card tersebut. Tabel pengujian penyimpanan data dapat dilihat pada Tabel 19.

Tabel 13. Pengujian Kalibrasi untuk Pengukuran Kecepatan *Blade* di Alat Monitoring

| No | Kecepatan Generator | | Selisih |
|-----|---------------------|-----------------|---------|
| | TachoMeter | Alat Monitoring | |
| | (RPM) | (RPM) | (RPM) |
| 1. | | | |
| 2. | | | |
| 3. | | | |
| 4. | | | |
| 5. | | | |
| 6. | | | |
| 7. | | | |
| 8. | | | |
| 9. | | | |
| 10. | | | |
| 11. | | | |
| 12. | | | |
| 13. | | | |
| 14. | | | |
| 15. | | | |
| 16. | | | |
| 17. | | | |
| 18. | | | |
| 19. | | | |
| 20. | | | |
| 21. | | | |

Tabel 14. Pengujian Kalibrasi untuk Pengukuran Tegangan di Alat Monitoring

| No | Kecepatan Generator | | Selisih |
|-----|---------------------|-----------------|---------|
| | Volt Meter | Alat Monitoring | |
| | (Volt) | (Volt) | (Volt) |
| 1. | | | |
| 2. | | | |
| 3. | | | |
| 4. | | | |
| 5. | | | |
| 6. | | | |
| 7. | | | |
| 8. | | | |
| 9. | | | |
| 10. | | | |
| 11. | | | |

Tabel 15. Pengujian Kalibrasi dengan beban 4 Buah Lampu (144 watt) di Alat Monitoring

[illegible]

Tabel 17. Pengujian Kecepatan *Blade* dan Tegangan di Pembangkit Listrik Tenaga Angin

| NO | Waktu | | Kecepatan <i>Blade</i> (Rpm) | Tegangan (Volt) |
|-----|-------|---------|---------------------------------|--------------------|
| | Jam | Tanggal | | |
| 1. | | | | |
| 2. | | | | |
| 3. | | | | |
| 4. | | | | |
| 5. | | | | |
| 6. | | | | |
| 7. | | | | |
| 8. | | | | |
| 9. | | | | |
| 10. | | | | |
| 11. | | | | |
| 12. | | | | |
| 13. | | | | |
| 14. | | | | |
| 15. | | | | |
| 16. | | | | |
| 17. | | | | |
| 18. | | | | |
| 19. | | | | |
| 20. | | | | |
| 21. | | | | |

Tabel 18. Pengujian dengan Beban lampu 3 buah (108 watt) di Pembangkit Listrik Tenaga Angin

[illegible]

Tabel 19. Pengujian Sistem Penyimpanan Data di Pembangkit Listrik Tenaga Angin

| NO | Waktu | | Data Alat Monitoring Data | | | |
|-----|-------|---------|---------------------------|----------|------|------|
| | Jam | Tanggal | Kecepatan <i>Blade</i> | Tegangan | Arus | Daya |
| | | | Rpm | Volt | Arus | Watt |
| 1. | | | | | | |
| 2. | | | | | | |
| 3. | | | | | | |
| 4. | | | | | | |
| 5. | | | | | | |
| 6. | | | | | | |
| 7. | | | | | | |
| 8. | | | | | | |
| 9. | | | | | | |
| 10. | | | | | | |

BAB IV

PENGUJIAN, HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian

Pengujian alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* merupakan proses yang dilakukan untuk mengetahui kemampuan dan unjuk kerja dari kondisi alat. Selain itu pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kesesuaian alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* dalam pengukuran parameter-parameter pada pembangkit listrik tenaga angin. Pengujian alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* meliputi pengujian uji komponen dan pengujian ujuk kerja.

1. Pengujian Komponen

Pengujian yang dilakukan di pengujian komponen ini dilakukan untuk mengetahui fungsi dari setiap sensor yang digunakan sebagai *input* dari alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* . Berikut ini adalah tahapan dan alat bahan yang digunakan :

a. Alat dan bahan

- 1) Sumber Tegangan DC 0-50 Vdc
- 2) Volt Meter
- 3) Tacho Meter
- 4) Watt Meter
- 5) Ampere Meter
- 6) Rheostat
- 7) Loading Resistor
- 8) Kabel Jumper

b. Langkah Pengujian

- 1) Penggunaan APD.
- 2) Menghubungkan sumber catu daya 0-12 Vdc ke Power alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*
- 3) Menghubungkan *input* sensor tegangan ke catu daya 0-50 Vdc.
- 4) Melakukan pengukuran dan mencatat hasil pengukuran.

c. Proses Pengujian

Proses pengujian meliputi melihat, mengamati, menguji dan memeriksa kinerja disetiap komponen sensor tegangan, sensor arus dan sensor *proximity*. Adapun proses pengujian dilakukan sebagai berikut :

1) Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian sensor tegangan ditujukan untuk mengetahui kinerja dari sensor tegangan. Tatacara pengujian sensor tegangan dapat dijelaskan dibawah ini :

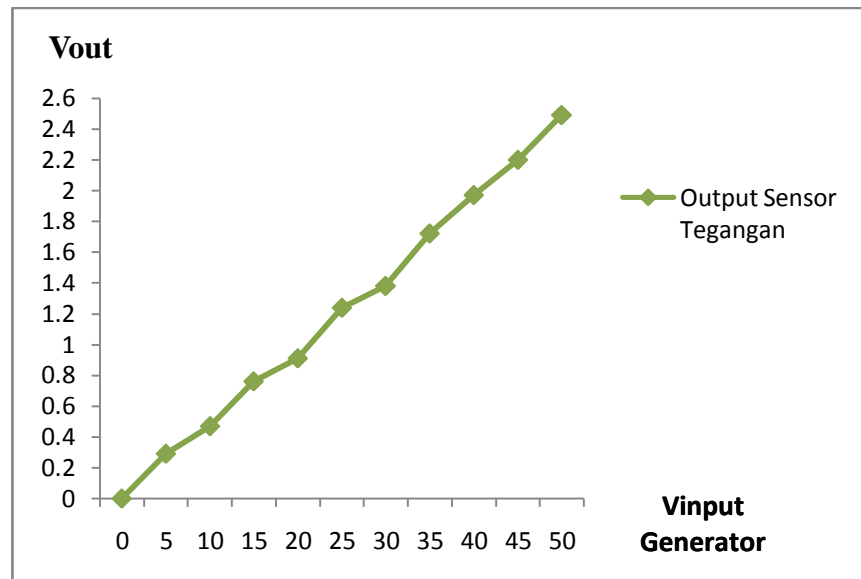
- a) Menghubungkan keluaran tegangan catudaya 0-50 Vdc ke *input* sensor tegangan di alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*.
- b) Melakukan pengukuran keluaran sensor tegangan dengan menggunakan volt meter.
- c) Melakukan pengukuran *input* masukan sensor tegangan dan keluaran tegangan di sensor tegangan.
- d) Mencatat hasil pengukuran pada tabel pengamatan.

Setelah dilakukan pengujian sensor tegangan, didapatkan hasil pengujian sensor tegangan yang ditunjukkan pada Tabel 20 berikut ini :

Tabel 20. Pengujian Sensor Tegangan

| No | Sensor Tegangan | |
|-----|---------------------|----------------------|
| | <i>Input</i> (Volt) | <i>Output</i> (Volt) |
| 1. | 0 | 0 |
| 2. | 5 | 0.29 |
| 3. | 10 | 0.47 |
| 4. | 15 | 0.76 |
| 5. | 20 | 0.91 |
| 6. | 25 | 1.24 |
| 7. | 30 | 1.38 |
| 8. | 35 | 1.72 |
| 9. | 40 | 1.97 |
| 10. | 45 | 2.20 |
| 11. | 50 | 2.49 |

Berdasarkan hasil pengujian sensor tegangan diatas didapatkan grafik pengujian yang ditunjukkan oleh Gambar 37.



Gambar 37. Hasil Pengujian Sensor Tegangan

2) Pengujian Sensor Arus

Pengujian sensor arus digunakan untuk mengetahui kinerja dari sensor arus tersebut. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur tegangan yang dihasilkan pada sensor arus dengan penggunaan beban tertentu atau beban variabel. Cara/proses pengujian sensor arus ini dijelaskan sebagai berikut :

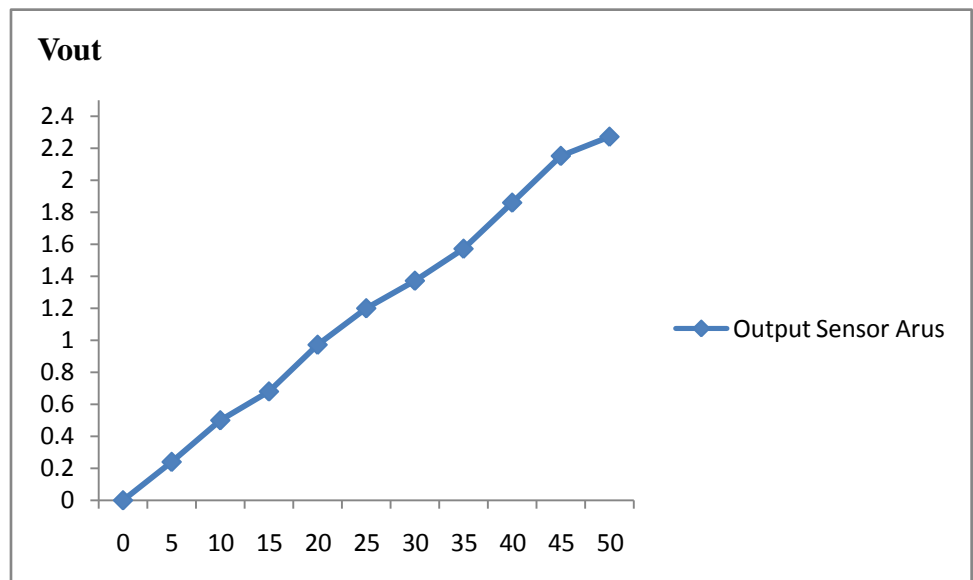
- Menghubungkan keluaran tegangan 0-50 Vdc pada catu daya ke *input* sensor arus pada alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*.
- Pemberian beban sebesar 10Ω .
- Melakukan pengukuran keluaran sensor tegangan dengan menggunakan volt meter.
- Mencatat hasil pengukuran pada tabel percobaan.

Setelah dilakukan pengujian sensor arus dengan menggunakan beban resistor 10Ω berikut ini adalah hasil pengujian sensor arus yang ditunjukkan pada Tabel 21 berikut ini :

Tabel 21. Pengujian Sensor Arus

| No | <i>Input</i> | Beban | <i>Output</i> |
|-----|-----------------|-----------------------|-----------------|
| | Tegangan (Volt) | Hambatan (Ω) | Tegangan (Volt) |
| 1. | 0 | 10 Ω | 0 |
| 2. | 5 | 10 Ω | 0.24 |
| 3. | 10 | 10 Ω | 0.5 |
| 4. | 15 | 10 Ω | 0.68 |
| 5. | 20 | 10 Ω | 0.97 |
| 6. | 25 | 10 Ω | 1.2 |
| 7. | 30 | 10 Ω | 1.37 |
| 8. | 35 | 10 Ω | 1.57 |
| 9. | 40 | 10 Ω | 1.86 |
| 10. | 45 | 10 Ω | 2.15 |
| 11. | 50 | 10 Ω | 2.27 |

Berdasarkan hasil pengujian sensor arus diatas, didapatkan grafik pengujian yang ditunjukkan Gambar 38 sebagai berikut.



Gambar 38. Hasil Pengujian Sensor Arus

2. Pengujian Unjuk Kerja Alat Monitoring Tegangan, Arus, Daya dan Kecepatan *blade*

Pengujian unjuk kerja alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* bertujuan mengetahui kinerja alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* dalam melakukan pengukuran tegangan,

arus, daya, kecepatan putaran *blade* dan sistem penyimpanan data. Pengujian dilakukan secara dua kali yaitu pengujian kalibrasi di Lab Mesin Listrik dan Pengujian yang kedua di Pantai Baru, Bantul, Yogyakarta. Pengujian ini meliputi pengujian berbeban, tanpa beban dan pengujian sistem penyimpanan data sebagai berikut :

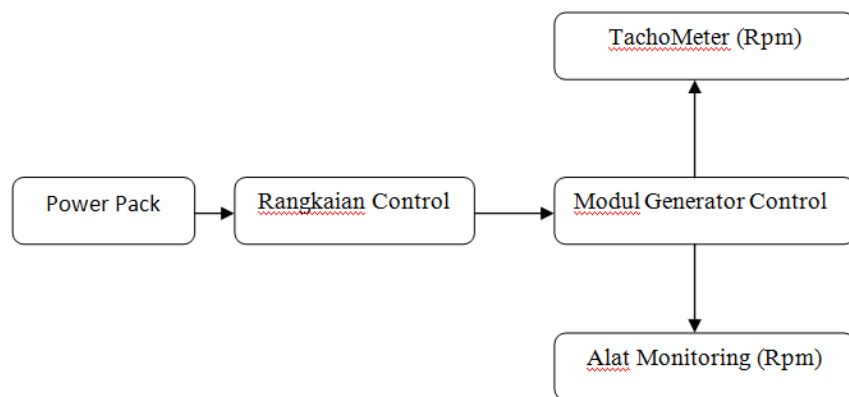
a. Pengujian Kalibrasi Alat Monitoring Tegangan, Arus, Daya dan Kecepatan *Blade*

Pengujian kalibrasi yaitu pengujian yang dilakukan untuk mengkalibrasi alat monitoring dengan alat ukur yang lain sesuai dengan pengukuran yang dilakukan. Pengujian kalibrasi ini meliputi pengujian berbeban dan tanpa beban. Pengujian tanpa beban dan berbeban ini merupakan pengujian pada alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* tanpa penggunaan beban dan menggunakan beban dengan bantuan modul *powerpack* dan modul *generator control*. Berikut ini adalah langkah-langkah pengujiannya :

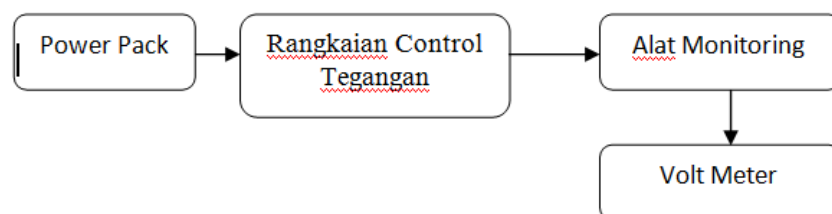
- 1) Menghubungkan catu daya/baterai 12 Vdc ke *input power* alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*.
- 2) Menghubungkan *output* catu daya/generator ke *input* alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*.
- 3) Memasang volt meter, ampere meter dan watt meter digital di *output* alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*.
- 4) Memasang beban lampu 108, 144, 180 watt, 36vdc di *output* alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*.
- 5) Memasang *input proximity* dan menghubungkan *proximity* ke rotor generator.
- 6) Memasang Sd-Card di alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*.
- 7) Melakukan pengamatan tegangan dengan volt meter digital, ampere meter dan watt meter sebagai alat pembanding.
- 8) Melakukan pengukuran dengan tachometer sebagai media pembanding kecepatan putaran *blade*.

- 9) Mengamati hasil pengukuran parameter yang ditampilkan pada LCD dengan hasil pengukuran ampere meter, watt meter dan tachometer.
- 10) Mencatat hasil pengujian sesuai dengan pengukuran dan penampilan pada alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*.

Pengujian pertama dilakukan yaitu pengujian kalibrasi dengan menggunakan modul *powerpack* dan modul generator kontrol. Pengujian kalibrasi alat monitoring ini dilakukan pengujian alat tanpa menggunakan beban. Pengujian ini dilakukan pengujian pengukuran kecepatan rotor generator dan pengujian tegangan tanpa menggunakan beban. Proses perangkaian rangkaian dalam pengujian kecepatan generator tanpa beban dapat dilihat pada Gambar 39 dan pengujian tegangan tanpa beban ditunjukkan pada Gambar 40.



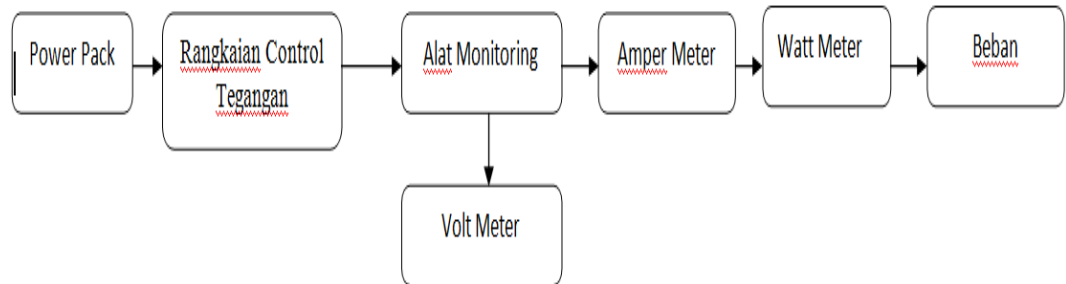
Gambar 39. Bagan Pengujian Kecepatan Generator



Gambar 40. Bagan Pengujian Tegangan Tanpa Beban

Pengujian Kalibrasi kedua yaitu pengujian berbeban, pengujian ini menggunakan beban berupa lampu. Beban Lampu yang digunakan

adalah Lampu DC 144 Watt dan 180 Watt. Skema rangkaian pengujian menggunakan beban ditunjukkan pada Gambar 41 berikut ini.



Gambar 41. Bagan Pengujian Berbeban

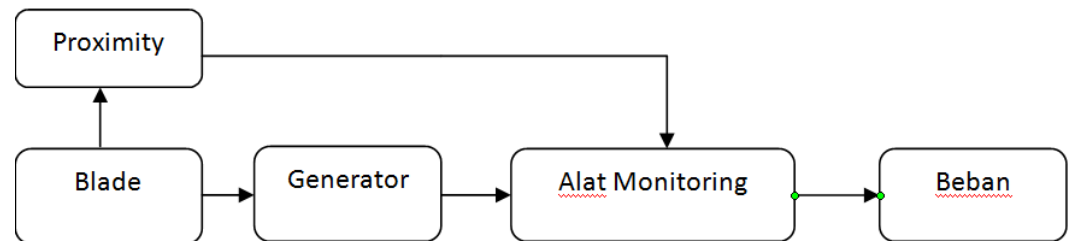
Setelah dilakukan pengujian sebanyak tiga kali didapatkan hasil pengujian pengukuran tegangan dan kecepatan *blade* yang ditunjukkan oleh Tabel 23 dan pengukuran berbeban yang ditunjukkan oleh Tabel 24.

b. Pengujian Alat Monitoring Tanpa Beban dan Berbeban pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Pengujian alat monitoring pada pembangkit listrik tenaga angin meliputi pengujian tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* pada pembangkit listrik tenaga angin. Setelah dilakukan pengujian kalibrasi maka pengujian ini langsung diaplikasikan pada pembangkit listrik tenaga angin. Berikut ini langkah pengujian alat monitoring pada pembangkit listrik tenaga angin.

- 1) Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan.
- 2) Menghubungkan catu daya alat monitoring dengan baterai 12Vdc.
- 3) Menghubungkan *input* alat monitoring dengan keluaran generator pada pembangkit listrik tenaga angin.
- 4) Memasang beban lampu dc 108 watt.
- 5) Merangkai rangkaian pengujian sesuai dengan bagan pengujian.
- 6) Memasang *input proximity* dan menghubungkan *proximity* ke rotor generator.
- 7) Memasang Sd-Card di alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*.

Pengujian ini meliputi pengujian tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* pada pembangkit listrik tenaga angin. Berikut ini adalah bagan pengujian tegangan dan kecepatan *blade* ditunjukkan pada Gambar 42.



Gambar 42. Bagan Pengujian Tegangan, Arus, Daya dan Kecepatan *Blade* pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Setelah dilakukan pengujian didapatkan hasil pengujian pengukuran yang ditunjukkan oleh Tabel 27.

c. Pengujian Sistem Penyimpanan Data

Pengujian sistem penyimpanan data merupakan pengujian digunakan untuk mengetahui unjuk kerja sistem penyimpanan data di alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* pada pembangkit listrik tenaga angin. Setelah dilakukan pengujian didapatkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 28.

Tabel 22. Pengujian Kalibrasi untuk Pengukuran Kecepatan *Blade* di Alat Monitoring

| No | Kecepatan Generator | | Selisih (RPM) | Persentase |
|-----|---------------------|-----------------|------------------|--|
| | TachoMeter | Alat Monitoring | | Selisih Pengukuran |
| | (RPM) | (RPM) | | $\frac{\text{Pengukuran Alat Ukur}}{\text{Pengukuran Alat Ukur}} \times 100\%$ |
| 1. | 0 Rpm | 0 Rpm | 0 Rpm | 0.00 % |
| 2. | 50 Rpm | 52.2 Rpm | 2.2 Rpm | 4.40 % |
| 3. | 100 Rpm | 104.6 Rpm | 4.6 Rpm | 4.60 % |
| 4. | 150 Rpm | 156.3 Rpm | 6.3 Rpm | 4.20 % |
| 5. | 200 Rpm | 205.3 Rpm | 5.3 Rpm | 2.65 % |
| 6. | 250 Rpm | 255.6 Rpm | 5.6 Rpm | 2.24 % |
| 7. | 300 Rpm | 303.2 Rpm | 3.2 Rpm | 1.06 % |
| 8. | 350 Rpm | 352.3 Rpm | 2.3 Rpm | 0.60 % |
| 9. | 400 Rpm | 402.7 Rpm | 2.7 Rpm | 0.67 % |
| 10. | 450 Rpm | 451.2 Rpm | 1.2 Rpm | 0.26 % |
| 11. | 500 Rpm | 502.8 Rpm | 2.8 Rpm | 0.56 % |
| 12. | 550 Rpm | 551.1 Rpm | 1.1 Rpm | 0.20 % |
| 13. | 600 Rpm | 602.4 Rpm | 2.4 Rpm | 0.40 % |
| 14. | 650 Rpm | 647.9 Rpm | 2.1 Rpm | 0.32 % |
| 15. | 700 Rpm | 697.5 Rpm | 2.5 Rpm | 0.35 % |
| 16. | 750 Rpm | 746.2 Rpm | 3.8 Rpm | 0.50 % |
| 17. | 800 Rpm | 797.9 Rpm | 2.1 Rpm | 0.26 % |
| 18. | 850 Rpm | 846.7 Rpm | 3.3 Rpm | 0.38 % |
| 19. | 900 Rpm | 895.4 Rpm | 4.6 Rpm | 0.51 % |
| 20. | 950 Rpm | 943.8 Rpm | 6.2 Rpm | 0.65 % |
| 21. | 1000 Rpm | 992.4 Rpm | 7.6 Rpm | 0.76 % |

Tabel 23. Pengujian Kalibrasi untuk Pengukuran Tegangan Tanpa Beban di Alat Monitoring

| No | Kecepatan Generator | | Selisih (Volt) | Persentase |
|-----|---------------------|-----------------|-------------------|--|
| | Volt Meter | Alat Monitoring | | $\frac{\text{Selisih Pengukuran}}{\text{Pengukuran Alat Ukur}} \times 100\%$ |
| | (Volt) | (Volt) | | |
| 1. | 0.00 | 0 | 0 Volt | 0.00 % |
| 2. | 5.19 | 5.2 | 0.01 Volt | 0.19 % |
| 3. | 10.11 | 10.1 | 0.01 Volt | 0.09 % |
| 4. | 15.41 | 15.4 | 0.01 Volt | 0.06 % |
| 5. | 20.12 | 20.1 | 0.02 Volt | 0.09 % |
| 6. | 25.63 | 25.6 | 0.03 Volt | 0.11 % |
| 7. | 30.62 | 30.6 | 0.02 Volt | 0.06 % |
| 8. | 35.23 | 35.2 | 0.03 Volt | 0.08 % |
| 9. | 40.32 | 40.3 | 0.02 Volt | 0.04 % |
| 10. | 45.28 | 45.2 | 0.08 Volt | 0.17 % |
| 11. | 50.27 | 50.2 | 0.07 Volt | 0.13 % |

Tabel 24. Pengujian Kalibrasi dengan Beban 5 Buah Lampu DC (180 watt) di Alat Monitoring

| NO | Pengukuran Alat Ukur | | | Alat Monitoring | | | Selisih Pengukuran | | | Persentase | | |
|-----|----------------------|-------------|------------|-----------------|------|------|--------------------|------|------|--|------|------|
| | Volt Meter | Amper Meter | Watt Meter | Tegangan | Arus | Daya | Tegangan | Arus | Daya | Selisih Pengukuran Pengukuran Alat Ukur x100% | | |
| | Tegangan | Arus | Daya | | | | | | | Tegangan | Arus | Daya |
| | (Volt) | (Ampere) | (Watt) | | | | | | | (%) | (%) | (%) |
| 1. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2. | 5.28 | 0.29 | 1.6 | 5.2 | 0.3 | 1.6 | 0.08 | 0.01 | 0.0 | 1.51 | 3.8 | 00 |
| 3. | 10.34 | 0.81 | 8.4 | 10.3 | 0.8 | 8.6 | 0.04 | 0.01 | 0.2 | 0.38 | 1.2 | 2.3 |
| 4. | 15.23 | 0.92 | 16 | 15.2 | 0.9 | 16.2 | 0.03 | 0.02 | 0.2 | 0.19 | 2.1 | 1.2 |
| 5. | 20.17 | 1.16 | 22 | 20.1 | 1.2 | 22.4 | 0.07 | 0.04 | 0.4 | 0.34 | 4.2 | 1.8 |
| 6. | 25.23 | 1.24 | 30 | 25.2 | 1.3 | 30.5 | 0.03 | 0.06 | 0.5 | 0.11 | 4.4 | 1.6 |
| 7. | 30.79 | 1.36 | 40 | 30.8 | 1.4 | 40.5 | 0.01 | 0.04 | 0.5 | 0.03 | 2.9 | 1.2 |
| 8. | 35.61 | 1.45 | 50 | 35.6 | 1.4 | 50.4 | 0.01 | 0.05 | 0.4 | 0.02 | 3.4 | 0.8 |
| 9. | 40.46 | 1.67 | 64 | 40.4 | 1.6 | 64.6 | 0.06 | 0.07 | 0.6 | 0.14 | 4.1 | 0.9 |
| 10. | 45.34 | 1.75 | 78 | 45.3 | 1.8 | 78.6 | 0.04 | 0.05 | 0.6 | 0.08 | 2.8 | 0.7 |
| 11. | 50.45 | 1.82 | 90 | 50.4 | 1.9 | 91.0 | 0.05 | 0.08 | 1.0 | 0.09 | 4.2 | 1.1 |

Tabel 25. Pengujian Kalibrasi dengan Beban 4 Buah Lampu DC (144 watt) di Alat Monitoring.

| NO | Pengukuran Alat Ukur | | | Alat Monitoring | | | Selisih Pengukuran | | | Persentase | | |
|-----|----------------------|-------------|------------|-----------------|----------|--------|--------------------|----------|--------|--|------|------|
| | Volt Meter | Amper Meter | Watt Meter | | | | | | | $\frac{\text{Selisih Pengukuran}}{\text{Pengukuran Alat Ukur}} \times 100\%$ | | |
| | Tegangan | Arus | Daya | Tegangan | Arus | Daya | Tegangan | Arus | Daya | Tegangan | Arus | Daya |
| | (Volt) | (Ampere) | (Watt) | (Volt) | (Ampere) | (Watt) | (Volt) | (Ampere) | (Watt) | (%) | (%) | (%) |
| 1. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2. | 5.23 | 0.29 | 2 | 5.2 | 0.3 | 2.0 | 0.03 | 0.01 | 0 | 0.38 | 3.8 | 0.00 |
| 3. | 10.73 | 0.52 | 6 | 10.8 | 0.5 | 6.2 | 0.07 | 0.02 | 0.2 | 0.37 | 3.9 | 3.33 |
| 4. | 15.15 | 0.82 | 12 | 15.1 | 0.8 | 12.5 | 0.05 | 0.02 | 0.5 | 0.33 | 2.4 | 4.16 |
| 5. | 20.52 | 1.06 | 21 | 20.5 | 1.1 | 21.8 | 0.02 | 0.04 | 0.8 | 0.09 | 3.7 | 3.80 |
| 6. | 25.51 | 1.31 | 34 | 25.5 | 1.3 | 34.6 | 0.01 | 0.01 | 0.6 | 0.03 | 0.7 | 1.76 |
| 7. | 30.43 | 1.52 | 46 | 30.4 | 1.5 | 46.8 | 0.03 | 0.02 | 0.8 | 0.09 | 1.3 | 1.73 |
| 8. | 35.24 | 1.75 | 60 | 35.2 | 1.7 | 60.2 | 0.04 | 0.05 | 0.2 | 0.11 | 2.8 | 0.33 |
| 9. | 40.56 | 1.84 | 74 | 40.6 | 1.9 | 76.1 | 0.04 | 0.06 | 2.1 | 0.09 | 3.2 | 2.83 |
| 10. | 45.57 | 2.02 | 92 | 45.6 | 2.1 | 94.4 | 0.03 | 0.08 | 2.4 | 0.06 | 3.9 | 2.61 |
| 11. | 50.42 | 2.21 | 112 | 50.4 | 2.3 | 115.2 | 0.02 | 0.09 | 3.2 | 0.03 | 4.0 | 2.81 |

Tabel 26. Pengujian Kecepatan *Blade* dan Tegangan di Pembangkit Listrik Tenaga Angin

| NO | Waktu | | Kecepatan <i>Blade</i> | Tegangan |
|-----|-------|----------|------------------------|----------|
| | Jam | Tanggal | (Rpm) | (Volt) |
| 1. | 15.00 | 7/6/2016 | 231.0 | 20.9 |
| 2. | 15.01 | 7/6/2016 | 234.3 | 21.1 |
| 3. | 15.02 | 7/6/2016 | 246.5 | 22.6 |
| 4. | 15.03 | 7/6/2016 | 282.8 | 26.7 |
| 5. | 15.04 | 7/6/2016 | 274.5 | 25.4 |
| 6. | 15.05 | 7/6/2016 | 317.8 | 30.6 |
| 7. | 15.06 | 7/6/2016 | 323.5 | 31.4 |
| 8. | 15.07 | 7/6/2016 | 339.5 | 33.4 |
| 9. | 15.08 | 7/6/2016 | 330.3 | 32.9 |
| 10. | 15.09 | 7/6/2016 | 348.3 | 34.2 |
| 11. | 15.10 | 7/6/2016 | 357.3 | 35.5 |
| 12. | 15.11 | 7/6/2016 | 370.5 | 36.0 |
| 13. | 15.12 | 7/6/2016 | 301.3 | 29.3 |
| 14. | 15.13 | 7/6/2016 | 317.8 | 30.6 |
| 15. | 15.14 | 7/6/2016 | 336.5 | 32.4 |
| 16. | 15.15 | 7/6/2016 | 257.8 | 26.7 |
| 17. | 15.16 | 7/6/2016 | 284.2 | 27.4 |
| 18. | 15.17 | 7/6/2016 | 336.6 | 33.5 |
| 19. | 15.18 | 7/6/2016 | 334.0 | 33.0 |
| 20. | 15.19 | 7/6/2016 | 386.9 | 36.7 |
| 21. | 15.20 | 7/6/2016 | 434.6 | 43.4 |

Table 27. Pengujian dengan Beban Lampu Dc 3 Buah (108 watt) di Pembangkit Listrik Tenaga Angin

| NO | Waktu | | Putaran Generator (Rpm) | Alat Monitoring | | |
|-----|-------|----------|----------------------------|--------------------|------------------|----------------|
| | Jam | Tanggal | | Tegangan (Volt) | Arus (Ampere) | Daya (Watt) |
| 1. | 15.00 | 6/6/2016 | 258.7 | 21.4 V | 1.8 A | 38.4 |
| 2. | 15.01 | 6/6/2016 | 282.3 | 23.6 V | 2.4 A | 56.7 |
| 3. | 15.02 | 6/6/2016 | 274.7 | 23.0 V | 1.8 A | 41.6 |
| 4. | 15.03 | 6/6/2016 | 308.8 | 25.5 V | 2.0 A | 56.4 |
| 5. | 15.04 | 6/6/2016 | 305.2 | 25.3 V | 2.0 A | 55.6 |
| 6. | 15.05 | 6/6/2016 | 273.1 | 22.1 V | 1.5 A | 33.4 |
| 7. | 15.06 | 6/6/2016 | 285.7 | 24.1 V | 1.7 A | 41.4 |
| 8. | 15.07 | 6/6/2016 | 299.5 | 25.5 V | 2.0 A | 56.1 |
| 9. | 15.08 | 6/6/2016 | 267.0 | 22.5 V | 1.6 A | 36.4 |
| 10. | 15.09 | 6/6/2016 | 249.9 | 20.5 V | 1.4 A | 29.4 |
| 11. | 15.10 | 6/6/2016 | 326.0 | 28.6 V | 2.0 A | 65.8 |
| 12. | 15.11 | 6/6/2016 | 274.7 | 23.0 V | 1.8 A | 41.8 |
| 13. | 15.12 | 6/6/2016 | 224.5 | 18.3 V | 1.4 A | 25.8 |
| 14. | 15.13 | 6/6/2016 | 202.7 | 16.7 V | 1.1 A | 18.4 |
| 15. | 15.14 | 6/6/2016 | 228.2 | 18.9 V | 1.4 A | 26.8 |
| 16. | 15.15 | 6/6/2016 | 258.3 | 21.4 V | 1.8 A | 38.8 |
| 17. | 15.16 | 6/6/2016 | 299.9 | 25.6 V | 2.0 A | 53.6 |
| 18. | 15.17 | 6/6/2016 | 298.7 | 24.9 V | 2.0 A | 50.2 |
| 19. | 15.18 | 6/6/2016 | 258.9 | 21.4 V | 1.8 A | 39.8 |
| 20. | 15.19 | 6/6/2016 | 247.0 | 20.9 V | 1.3 A | 25.5 |
| 21. | 15.20 | 6/6/2016 | 207.1 | 16.8 V | 1.0 A | 17.8 |

Tabel 28. Pengujian Sistem Penyimpanan Data di Pembangkit Listrik Tenaga Angin

| NO | Waktu | | Data Alat Monitoring | | | |
|-----|----------|------------|----------------------|------------------|----------------|---------------------------------|
| | Jam | Tanggal | Tegangan (Volt) | Arus (Ampere) | Daya (Watt) | Kecepatan <i>Blade</i> (RPM) |
| 1. | 16:01:00 | 03/06/2016 | 17.6V | 1.1A | 20.3W | 208.8 RPM |
| 2. | 16:02:00 | 03/06/2016 | 25.5V | 2.0 A | 51.6 W | 299.5 RPM |
| 3. | 16:03:00 | 03/06/2016 | 25.3V | 2.0 A | 51.6 W | 305.2 RPM |
| 4. | 16:04:00 | 03/06/2016 | 22.2 V | 1.4 A | 31.3 W | 273.1 RPM |
| 5. | 16:05:00 | 03/06/2016 | 24.1 V | 1.7 A | 41.5 W | 285.7 RPM |
| 6. | 16:06:00 | 03/06/2016 | 24.9 V | 2.0 A | 50.5 W | 298.7 RPM |
| 7. | 16:07:00 | 03/06/2016 | 26.7 V | 0.0 A | 0.0 W | 292.5 RPM |
| 8. | 16:08:00 | 03/06/2016 | 33.4 V | 0.0 A | 0.0 W | 339.0 RPM |
| 9. | 16:09:00 | 03/06/2016 | 31.1 V | 0.0 A | 0.0 W | 313.7 RPM |
| 10. | 16:10:00 | 03/06/2016 | 22.6 V | 0.0 A | 0.0 W | 246.5 RPM |

B. Pembahasan Pengujian Kerja Alat Monitoring Tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*

1. Pembahasan Uji Komponen

Pengujian komponen alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* meliputi pengujian sensor tegangan, sensor arus. Pengujian komponen diperlukan untuk mengetahui kinerja masing-masing komponen/sensor yang terpasang di alat monitoring kualitas daya. Pengujian uji komponen meliputi pengujian kinerja sensor berdasarkan tegangan keluaran yang dihasilkan oleh masing-masing sensor. Pengujian uji komponen dilakukan dengan menggunakan multimeter/volt meter untuk mengetahui kinerja dari masing-masing sensor. Pembahasan dari uji komponen tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

a) Sensor Tegangan

Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan cara mengukur tegangan *input* sensor tegangan dan tegangan *output* yang dihasilkan sensor tegangan. Pengujian sensor tegangan ini menggunakan alat yang bernama volt meter. Berdasarkan tabel pengujian sensor tegangan bahwa sensor tegangan bekerja sesuai dengan fungsinya. Fungsi sensor tegangan adalah membaca *input* tegangan maksimal dan menurunkan tegangan *input* maksimal menjadi tegangan adc yaitu maksimal harus 5vdc. Berdasarkan pengujian yang ditunjukkan Tabel 20 bahwa pengujian dengan *input* tegangan 50 Vdc sensor tegangan menghasilkan *output* 2.49 Vdc, berbeda dengan *input* tegangan 25 Vdc maka tegangan yang dihasilkan sensor adalah 1.24 Vdc. Data tersebut membuktikan bahwa sensor tegangan ini bekerja dengan baik karena dengan pemberian tegangan *input* 50 Vdc maka sensor tegangan ini menurunkan tegangan sebesar 2.49 Vdc. Tegangan 2.49 Vdc ini akan diolah oleh mikokontroler dan dihitung dengan perbandingan 1 : 20.

b) Sensor Arus

Pengujian sensor arus dilakukan dengan pengukuran tegangan yang dihasilkan oleh sensor arus dengan menggunakan volt meter. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur tegangan yang terdapat pada *output* sensor arus yang terdapat pada rangkaian seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 43.



Gambar 43. Pengujian Sensor Arus

Pengujian sensor arus menggunakan beban berupa resistor. Beban resistor yang digunakan adalah 10Ω . Beban 10Ω diperoleh dengan perhitungan hukum ohm untuk mengetahui kemampuan arus maksimal sensor arus. Kemampuan sensor arus ini adalah 5 Ampere. Maka dengan metode perhitungan hukum ohm seperti ditunjukkan pada persamaan 11 nilai resistor ini dapat dicari.

$$\begin{aligned} I_{\max} &= V / R \dots\dots\dots(11) \\ R &= V / I_{\max} \\ R &= 50 / 5 \\ &= 10\Omega \end{aligned}$$

Berdasarkan pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 21, *input* sensor arus di tegangan 50 Vdc dengan beban 10Ω sensor arus menghasilkan tegangan 2.27 Vdc dan jika nilai tegangan *input* diturunkan menjadi 25 Vdc maka nilai *output* sensor menjadi 1.21.

Jadi dalam pengujian ini ketika tegangan *input* semakin kecil, maka *output* yang dihasilkan oleh sensor arus juga kecil, sebaliknya jika *input* tegangan sensor arus semakin besar maka *output* sensor arus semakin besar. Tetapi nilai *output* sensor arus ini tidak boleh lebih dari 5 Vdc. Maka dapat disimpulkan sensor arus bekerja sesuai fungsinya. Karena fungsi dari sensor arus akan mendeteksi tegangan yang mengalir pada resistor di sensor arus ketika terpasang beban dan besar tegangan ini adalah kurang dari 5 Vdc. Besarnya tegangan yang dihasilkan ini akan menyesuaikan dengan beban yang terpasang, dikarenakan pemasangan beban pada sensor arus dirangkai secara seri dengan sensor arus. Sehingga ketika beban terpasang sensor arus ini akan menghasilkan tegangan.

2. Pembahasan Unjuk Kerja Alat

Pengujian unjuk kerja dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja dari alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*. Unjuk kerja alat ini meliputi pengukuran tegangan, arus, daya, kecepatan *blade* generator dan sistem penyimpanan. Proses pengujian unjuk kerja yaitu membandingkan tegangan yang terukur pada alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* dengan alat ukur sesuai dengan parameter-parameter yang digunakan. Berikut ini adalah pembahasan pengujian :

a) Pengujian Kalibrasi Alat Monitoring

Pengujian kalibrasi ini dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja alat monitoring dalam melakukan pengukuran tegangan dan kecepatan *blade* sesuai yang ditunjukkan oleh Gambar 44.



Gambar 44. Pengujian Kalibrasi Alat Monitoring

Unjuk kerja dari alat monitoring ini adalah kesesuaian pengukuran tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*. Pengujian ini dibandingkan dengan menggunakan alat ukur yaitu *TachoMeter*. Berdasarkan pengujian kalibrasi pengukuran kecepatan rotor generator bahwa pengujian kecepatan dilakukan dengan kecepatan 0-1000 rpm. Pengujian ini mempunyai selisih paling besar yaitu 7.6 Rpm pada kecepatan 1000 Rpm. Sehingga didapatkan presentase kesalahan pengukuran dan rata-rata tingkat kesalahan pengukuran dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 \text{Presentase Kesalahan} &= \text{Kec.ref} - \text{Kec.pengukuran} / \text{Kec.ref} \times 100\% \\
 &= 1000 - 992.4 / 1000 \times 100\% \\
 &= 7.6 / 1000 \times 100 \% \\
 &= 0.76 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rata- rata Kesalahan} &= \text{Jumlah Persentase Kesalahan} / \text{Jumlah data Pengukuran} \\
 &= 26.77 / 21 \\
 &= 1.27 \%
 \end{aligned}$$

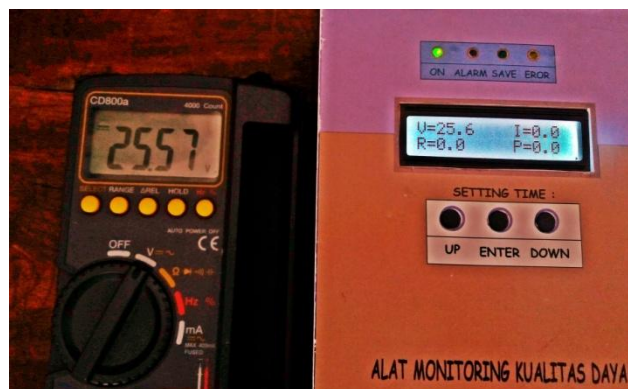
Keterangan :

Kec.ref = Kecepatan Pengukuran di Tachometer

Kec.pengukuran = Kecepatan Pengukuran di Alat Monitoring

Selisih ini terjadi dikarenakan kecepatan *blade* yang begitu cepat dan sensor *proximity* kurang peka dan cepat dalam mengirimkan *inputan* ke mikrokontroler sehingga data yang dikirimkan terlambat sehingga data yang dikonversi oleh mikrokontroler terlambat, hal ini juga dikarenakan kabel yang digunakan untuk menghubungkan sensor *proximity* dengan alat monitoring mempunyai panjang 6 meter sehingga pengiriman *input counter* memerlukan waktu lebih. Sehingga berdasarkan selisih tersebut didapatkan tingkat kesalahan yaitu

Pengujian yang kedua yaitu pengujian kalibrasi tegangan di alat monitoring seperti yang ditunjukkan pada Gambar 45.



Gambar 45. Pengujian Kalibrasi untuk Pengukuran Tegangan

Alat pembanding yang digunakan yaitu volt meter digital. Berdasarkan pengujian kalibrasi tegangan pada Tabel 23 didapatkan selisih pengukuran tegangan paling besar sebesar 0.08 volt pada tegangan 45.28 volt di volt meter dan 45.2 volt di alat monitoring. Berdasarkan selisih pada Tabel 23 tersebut didapatkan presentase kesalahan pengukuran dan rata-rata kesalahan pengukuran :

$$\begin{aligned}
 \text{Presentase Kesalahan} &= V_{\text{ref}} - V_{\text{pengukuran}} / V_{\text{ref}} \times 100\% \\
 &= 45.28 - 45.2 / 45.28 \times 100\% \\
 &= 0.08 / 45.28 \times 100\% \\
 &= 0.17 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rata- rata Kesalahan} &= \text{Jumlah Persentase Kesalahan} / \text{Jumlah data Pengukuran} \\
 &= 1.02 / 11 \\
 &= 0.092 \%
 \end{aligned}$$

Keterangan :

V_{ref} = Tegangan Referensi Pengukuran di Volt Meter

$V_{pengukuran}$ = Tegangan pengukuran di Alat Monitoring

Pengujian yang ketiga yaitu pengujian arus di alat monitoring. Pengujian ini digunakan alat pembanding yaitu ampere meter sesuai yang ditunjukkan Gambar 46.



Gambar 46. Pengujian Kalibrasi untuk Pengukuran Arus

Berdasarkan pengujian arus yang ditunjukkan Tabel 25, pengukuran arus dengan menggunakan beban lampu dc 4 buah mempunyai selisih pengukuran sebesar 0.09 ampere pada pengukuran 2.21 ampere di ampere meter dan 2.3 ampere di alat monitoring. Sehingga presentase kesalahan pengukuran yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Presentase Kesalahan} &= I_{ref} - I_{pengukuran} / I_{ref} \times 100\% \\ &= 2.21 - 2.3 / 2.21 \times 100\% \\ &= 0.09 / 2.21 \times 100\% \\ &= 4\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata- rata Kesalahan} &= \text{Jumlah Persentase Kesalahan} / \text{Jumlah data Pengukuran} \\ &= 33.1 / 11 \\ &= 3\% \end{aligned}$$

Keterangan :

I_{ref} = Arus Referensi Pengukuran di Ampere Meter

$I_{pengukuran}$ = Arus Pengukuran di Alat Monitoring

Tingkat kesalahan ini disebabkan oleh ketidak sesuaian sensor arus dalam menghasilkan tegangan keluaran untuk *input* ke mikrokontroler. Pembagi tegangan dengan menggunakan resistor mempunyai drop tegangan ketika diberikan beban dalam *loop* tertutup, sehingga nilai tegangan yang dihasilkan oleh sensor arus mengalami perbedaan sesuai dengan perhitungan, sehingga ketika sensor arus diberi tegangan yang besar dan beban, maka *output* tegangan yang dihasilkan oleh sensor arus berubah-ubah. Sehingga ketika diukur dengan ampere meter dan alat monitoring mengalami perbedaan.

Pengujian yang keempat yaitu pengujian kalibrasi pengukuran daya. Alat pembanding yang digunakan yaitu watt meter sesuai yang ditunjukkan pada Gambar 47.



Gambar 47. Pengujian Kalibrasi pengukuran daya dengan Watt Meter

Berdasarkan hasil pengujian yang terdapat pada Tabel 25 bahwa selisih pengukuran didapatkan 3.2 watt pada pengukuran 112 watt dengan watt meter dan 115.2 watt dengan alat monitoring. Berdasarkan pengukuran tersebut didapatkan tingkat kesalahan :

$$\begin{aligned} \text{Presentase Kesalahan} &= P_{ref} - P_{pengukuran} / P_{ref} \times 100\% \\ &= 112 - 115.2 / 112 \times 100\% \end{aligned}$$

$$= 3.2 / 112 \times 100\%$$

$$= 2.4 \%$$

Rata- rata Kesalahan = Jumlah Persentase Kesalahan / Jumlah data Pengukuran

$$= 11.6 / 11$$

$$= 1.05 \%$$

Keterangan :

Pref = Daya Referensi Pengukuran di Watt Meter

Ppengukuran = Daya Pengukuran di Alat Monitoring

Tingkat kesalahan ini dikarenakan pengukuran daya ini merupakan perkalian dari tegangan dan arus, sehingga perbedaan ini tergantung dari pengukuran arus dan tegangan. Berdasarkan pengujian sensor arus tersebut kurang sesuai dalam membagi tegangan sehingga daya yang dikonversi juga akan sesuai dengan arus yang tampilan tersebut, sehingga akan mengalami perbedaan pembacaan dengan watt meter.

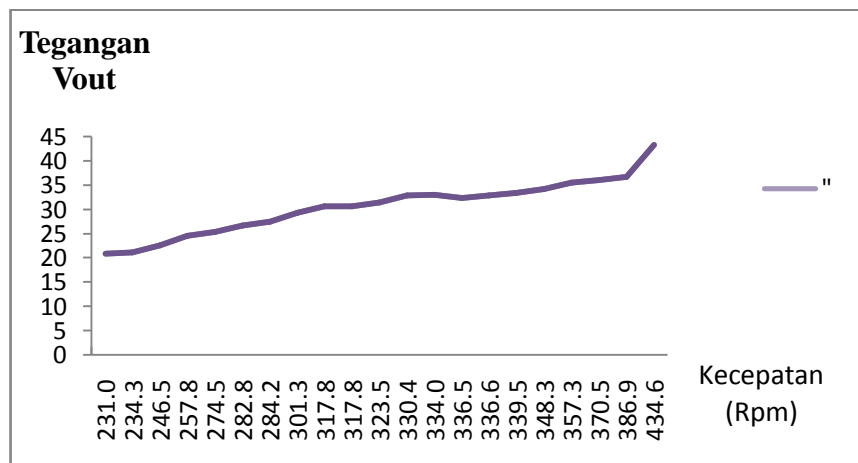
b) Pengujian Alat Monitoring pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Pengujian kalibrasi alat monitoring yang telah dilakukan di Lab Mesin Listrik, diuji lagi sesuai dengan fungsinya pada pembangkit listrik tenaga angin. pengujian ini dilakukan di Pantai Pandansimo selama 8 kali. Pengujian ini meliputi pengujian pengukuran tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* pada pembangkit listrik tenaga angin. peralatan yang digunakan untuk melakukan pengukuran pada alat monitoring yaitu sensor *proximity*. Sensor ini ditempatkan di rumah generator yang digunakan untuk mengukur kecepatan *blade* seperti yang ditunjukan oleh Gambar 48.



Gambar 48. Penempatan Sensor *Proximity* di Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 26, didapatkan gambar grafik pengujian sesuai yang ditunjukkan pada Gambar 50.

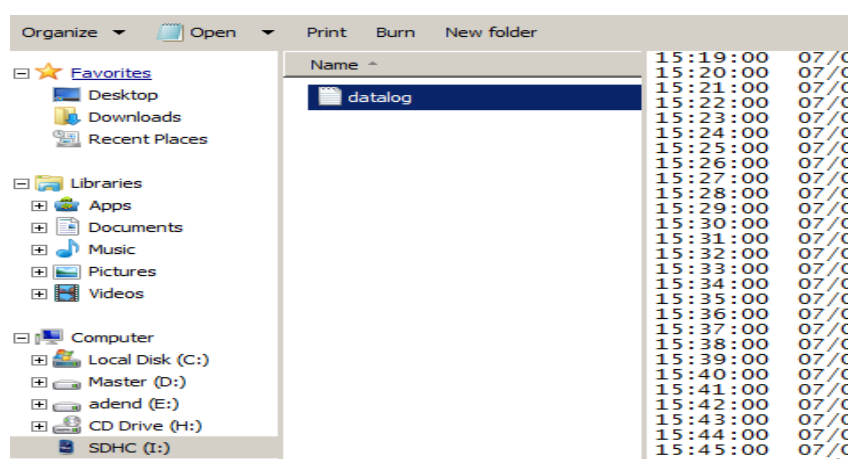


Gambar 49. Grafik Pengujian Kecepatan Generator terhadap Tegangan Keluaran Generator

Grafik tersebut diatas menunjukkan besarnya tegangan yang dihasilkan oleh generator yaitu pada kecepatan 231 rpm menghasilkan tegangan 20.9 Vdc dan dengan kecepatan 434.6 rpm menghasilkan tegangan 43.4 Vdc. Hal ini besarnya tegangan tergantung pada besarnya kecepatan *blade*. Semakin cepat putaran *blade* maka tegangan yang dihasilkan juga semakin cepat, begitu pula sebaliknya semakin lambat putaran *blade* maka semakin kecil juga tegangan yang dihasilkan.

c) Pengujian Sistem Penyimpanan di Alat Monitoring

Berdasarkan pengujian sistem penyimpanan data di alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* bekerja sesuai fungsinya dengan baik, proses penyimpanan ini berlangsung setiap satu menit sekali dan menyimpan data berupa tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* generator. Yang disimpan di Sd-Card dalam file name datalog seperti yang ditunjukkan pada Gambar 50.



Gambar 50. File Penyimpanan Data di Alat Monitoring

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari perancangan dan unjuk kerja alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* dirancang dengan beberapa tahapan yaitu tahap perancangan dan pemilihan sensor meliputi perancangan dan pemilihan ATmega 16, ATmega 328, Sensor Tegangan, Sensor Arus, Modul Sd-Card, LCD dan Sd-Card, tahap desain skema rangkaian, tahap pemasangan dan perangkaian komponen pada skema rangkaian.
2. Alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* terdiri dari beberapa komponen sensor sebagai pembaca antara lain Sensor Tegangan, Sensor Arus dan Sensor *Proximity*. Komponen-komponen tersebut telah diuji dan komponen tersebut dalam kondisi baik dan mampu berfungsi secara teknis sebagaimana mestinya.
3. Unjuk kerja dari alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* ini meliputi pengukuran tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* dan mempunyai tingkat kesalahan pengukuran tegangan sebesar 0.17%, pengukuran arus sebesar 3%, pengukuran daya sebesar 1.05% dan pembacaan kecepatan *blade* sebesar 1.27%.
4. Alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* dilengkapi dengan sistem penyimpanan data meliputi parameter tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* dengan waktu penyimpanan per 1 menit.

B. Keterbatasan Alat

Berdasarkan hasil pengujian terdapat beberapa kekurangan maupun keterbatasan sebagai berikut :

1. Perancangan box pada alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* menggunakan bahan yang sederhana yaitu akrilik, sehingga belum layak untuk pemakaian dilingkungan luar.
2. Alat ini belum mampu mengikuti perubahan adc dibawah 1 detik.
3. Pembacaan kecepatan diatas 1500 rpm pada sensor *proximity* kurang peka, sehingga hasil yang didapatkan berubah-ubah.

C. Saran

Saran yang diberikan untuk pengujian yang berhubungan dengan proyek ahir ini adalah :

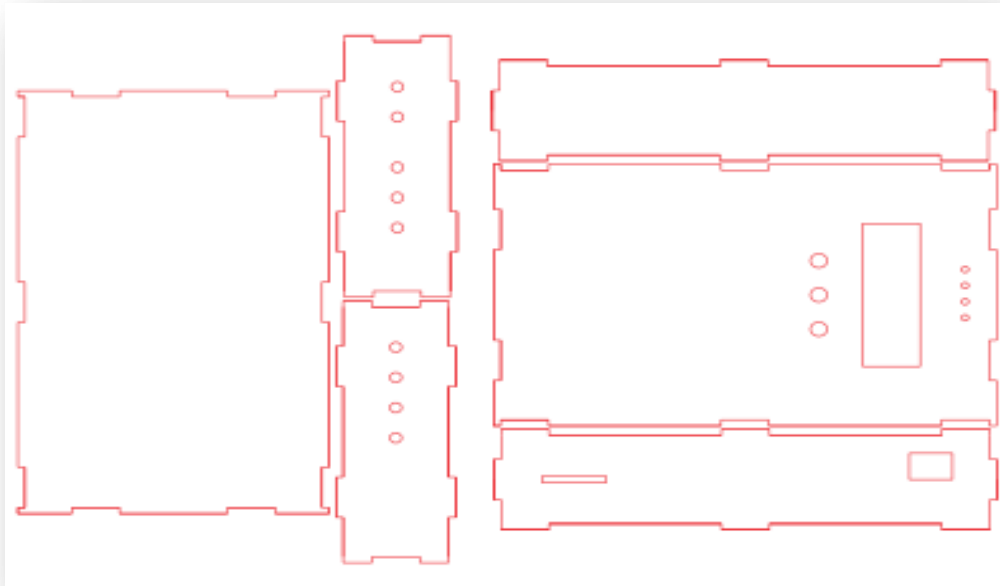
1. Alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* ini dapat dikembangkan dalam bentuk yang lebih sederhana pada desain box, multi guna dalam pengukuran parameter dan teliti dalam pengukurannya.
2. Perbaikan box dengan menggunakan bahan alumunium akan lebih layak untuk pemakaian dilingkungan luar.
3. Penambahan parameter lain seperti proteksi arus lebih, kecepatan lebih, dan parameter suhu generator dan kecepatan angin sehingga alat ini dapat layak untuk dipasarkan.

DAFTAR PUSTAKA

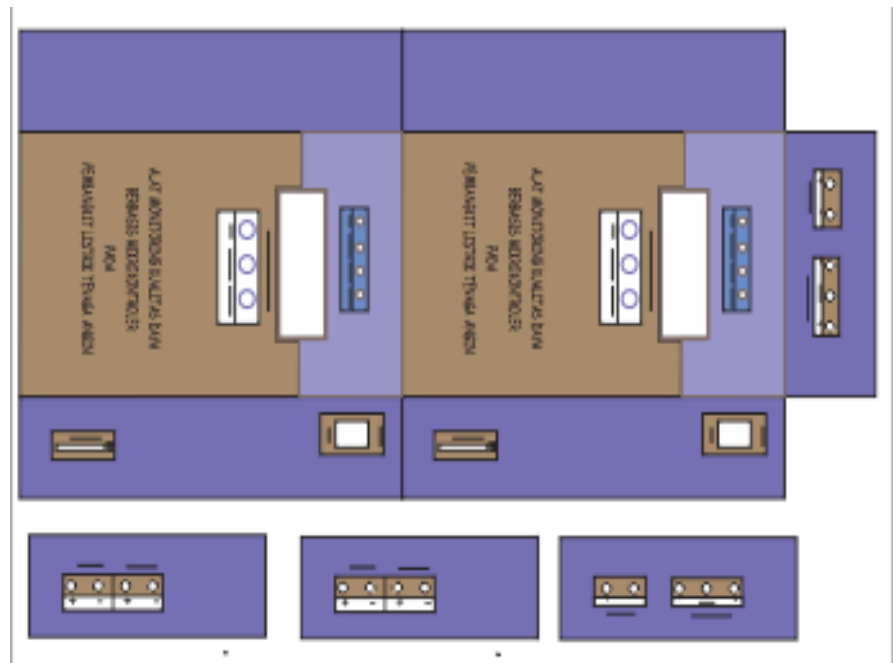
- Daryanto, Y. 2007. *Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik. Tenaga Bayu* Yogyakarta: Balai PPTAAG. DESDM
- Desriansyah, 2006, *Analisis Teknis Sudu Kincir Angin Tipe Sumbu Horizontal Dari Bahan Fibreglass*. Indralaya.
- Hertanto, Ary. (2008). *Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATMEGA8535*. Yogyakarta : ANDI YOGYAKARTA
- Instrument, Buaya. (2014). *Menggunakan sensor ACS712*. Diakses pada tanggal 15 Maret 2016 dari <http://blog.buaya-instrument.com/menggunakan-sensor-arus-allegro-ac712/>
- Jatmiko, Budi. (2004). *Listrik Dinamis*. Jakarta : Departemen Pendidikan
- Kingsley, Charles. (1992). *Mesin-mesin listrik edisi keempat*. Jakarta : Erlangga.
- Marsudi, Djiteng. (2004). *Pembangkit energi listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Merliana. (2012). *Listrik Dinamis hukum Ohm* . Diakses pada tanggal 2 Februari 2016 dari <https://merlina900301.wordpress.com/ipa-3/listrik-dinamis/hukum-ohm/>
- Prilia, Berya. (2015). *Makalah Kincir Angin*. Diakses pada tanggal 2 Februari 2016, dari <https://www.academia.edu/7246445/makalah-kincir-angin>.
- Pudjanarsa, Astu dan Nursuhud. (2006). *Mesin Konversi Energi*. Jakarta : Erlangga.
- Rhomadoni, 2009, *Desain Pembangkit Tenaga Listrik Hybrid Untuk Sistem Penerangan Di Tambak*. Jakarta.
- Suprpto. (2012). *Aplikasi dan Pemrograman Mikrokontroler AVR*. Yogyakarta : UNY Press.
- Suseno, Michael. (2002). *Turbin Angin*. Diakses pada tanggal 2 Februari 2016 dari, <http://michael-suseno.blogspot.co.id/2011/09/turbin-angin.html>.

LAMPIRAN

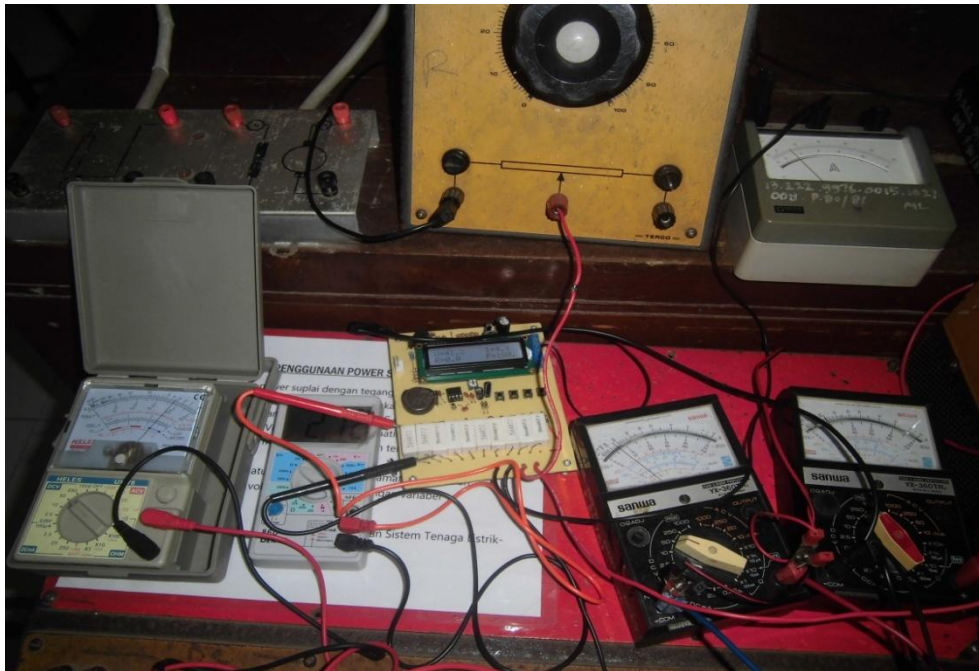
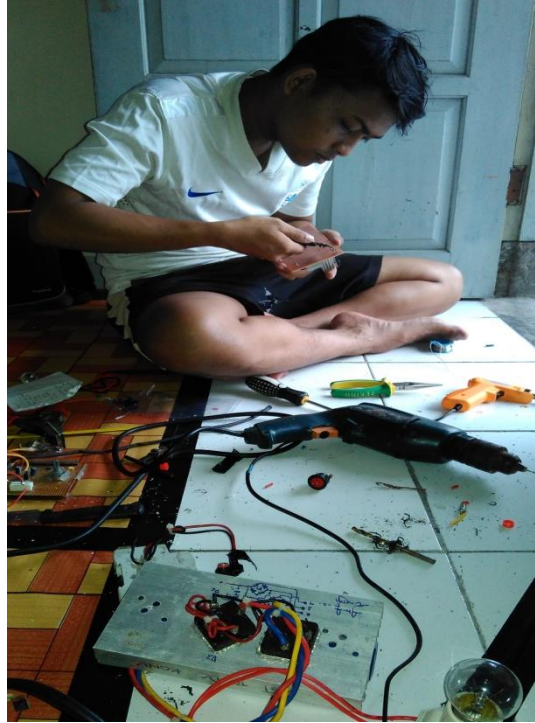
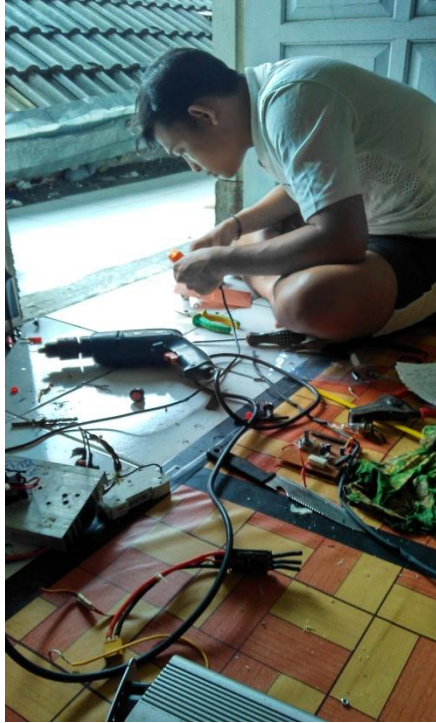
A. Desain Cutting Akrilik 3mm



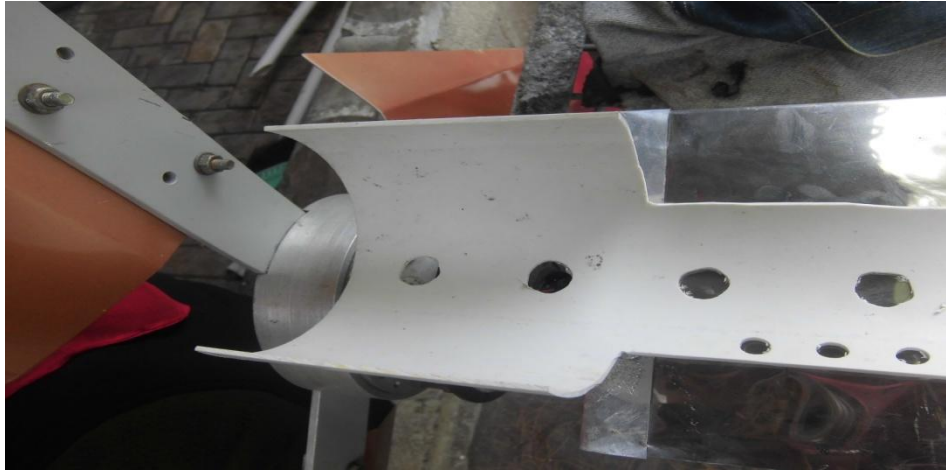
B. Desain Stiker Akrilik



C. Proses Pengerjaan dan Pengujian









D. Program Atmega dengan Bascom

```
$regfile = "m16adef.dat"
$crystal = 12000000
$baud = 9600
Config Lcd = 16 * 2
Config Lcdpin = Pin , Db4 = Portb.7 , Db5 = Portb.6 , Db6 = Portb.5 , Db7 = Portb.4 , E =
Portd.3 , Rs = Portd.4
Cursor Off Noblink
Config Scl = Portc.1
Config Sda = Portc.2
Config Adc = Single , Prescaler = Auto
Start Adc

Config Timer1 = Timer , Prescale = 256
Timer0 = 0

Config Portd.2 = Input
Portd.2 = 1

On Int0 Sensor
Enable Int0
Config Int0 = Falling

Enable Timer1
On Timer1 Count

Enable Interrupts
Const Konstan = 2812500

Buzer Alias Portd.5
Sqw Alias Pinc.0
Up Alias Pina.2
Menu Alias Pina.3
Down Alias Pina.4

Config Portd.5 = Output
Config Portc.0 = Input
Config Porta.2 = Input
Config Porta.3 = Input
Config Porta.4 = Input
Config Porta.5 = Input

Porta = &HFF

Config Porta.6 = Input
Config Porta.7 = Input
Porta.6 = 0
Porta.7 = 0
'-----
```

```

Declare Sub Baca_rtc
Declare Sub Tulis_rtc
Declare Sub Beep
Declare Sub Tampil_display
Declare Sub Banding_jadwal
Declare Sub Tampil_hari
Declare Sub Tunggu_menu_1
Declare Sub Tunggu_up_1
Declare Sub Tunggu_down_1
Declare Sub Set_jam
Declare Sub Set_jadwal
Declare Sub Set_tanggal
Declare Sub Enam
Declare Sub Empat
Declare Sub Lima

Buzer = 1
Waitms 250
Buzer = 0
Cls
Dim Jam As Byte , Menit As Byte , Detik As Byte
Dim Hari As Byte , Tanggal As Byte , Bulan As Byte , Tahun As Byte
Dim Tegangan As Single , Arus As Single , V As Word , I As Word
Dim Hasil As Single
Dim T As Long , P As Single
Do
    For V = 0 To 50
        Waitms 5
        If Menu = 0 Then
            Call Tunggu_menu_1
            Call Set_jam
            Call Set_tanggal
        End If
    Next
    V = Getadc(6)
    I = Getadc(7)

    Tegangan = V / 1023
    Tegangan = Tegangan * 100
    Arus = I / 1023
    Arus = Arus * 8.64
    If Tegangan > 55 Then
        Buzer = 1
    Else
        Buzer = 0
    End If
    If Arus > 5 Then
        Buzer = 1
    Else
        Buzer = 0
    End If

```

```

Upperline
Lcd "V="
Lcd Fusing(tegangan , "#.#")
Lcd "  "
Locate 1 , 11
Lcd ; "I="
Lcd Fusing(arus , "#.#")
Lcd "  "
Lowerline
Lcd "R="
Lcd Fusing(hasil , "#.#")
Lcd "  "
Locate 2 , 10
Lcd " P="
P = Arus * Tegangan
Lcd Fusing(p , "#.#")
Lcd "  "

Call Baca_rtc
If Detik = 00 Then
    Print Bcd(jam) ; ":" ; Bcd(menit) ; ":" ; Bcd(detik) ; " ";
    Print Bcd(tanggal) ; "/" ; Bcd(bulan) ; "/20" ; Bcd(tahun) ;

    Print "  V=";
    Print Fusing(tegangan , "#.#");
    Print "V  ";

    Print "I=";
    Print Fusing(arus , "#.#");
    Print "A  ";

    Print "P=";
    Print Fusing(p , "#.#");
    Print "W  ";

    Print "RPM=";
    Print Fusing(hasil , "#.#");
    Print "RPM  ";
    Wait 2
End If
Loop

Sub Tampil_display
Upperline
Call Tampil_hari
If Sqw = 0 Then
    Lcd " , " ; Bcd(jam) ; " " ; Bcd(menit) ; " " ; Bcd(detik) ; " "
Else

```

```
    Lcd "," ; Bcd(jam) ; ":" ; Bcd(menit) ; ":" ; Bcd(detik) ; " "
```

```
End If
```

```
Lowerline
```

```
Lcd Bcd(tanggal) ; "/" ; Bcd(bulan) ; "/20" ; Bcd(tahun)
```

```
End Sub
```

```
'-----
```

```
Sub Tampil_hari
```

```
Select Case Hari
```

```
    Case 1 : Lcd "MINGGU"
```

```
    Case 2 : Lcd "SENIN"
```

```
    Case 3 : Lcd "SELASA"
```

```
    Case 4 : Lcd "RABU"
```

```
    Case 5 : Lcd "KAMIS"
```

```
    Case 6 : Lcd "JUM'AT"
```

```
    Case 7 : Lcd "SABTU"
```

```
End Select
```

```
End Sub
```

```
'-----
```

```
Sub Tunggu_down_1
```

```
Call Beep
```

```
Do
```

```
    Waitms 10
```

```
Loop Until Down = 1
```

```
End Sub
```

```
'-----
```

```
Sub Tunggu_menu_1
```

```
Call Beep
```

```
Do
```

```
    Waitms 10
```

```
Loop Until Menu = 1
```

```
End Sub
```

```
'-----
```

```
Sub Tunggu_up_1
```

```
Call Beep
```

```
Do
```

```
    Waitms 10
```

```
Loop Until Up = 1
```

```
End Sub
```

```
'-----
```

```
Sub Enam
```

```
    Lcd " "
```

```
End Sub
```

```
Sub Lima
```

```
    Lcd " "
```

```
End Sub
```

```
Sub Empat
```

```
    Lcd " "
```

```
End Sub
```

```
'-----
```

```
Sub Set_jam
```

```
Cls
```

```

Call Baca_rtc
Upperline
Lcd "SET JAM"
'set hari
Do
If Up = 0 Then
    Call Tunggu_up_1
    Incr Hari
End If

If Down = 0 Then
    Call Tunggu_down_1
    Decr Hari
End If

While Hari = 0
    Hari = 7
Wend
While Hari = 8
    Hari = 1
Wend
Lowerline
If Sqw = 0 Then
    Select Case Hari
        Case 1 : Call Enam
        Case 2 : Call Lima
        Case 3 : Call Enam
        Case 4 : Call Empat
        Case 5 : Call Lima
        Case 6 : Call Enam
        Case 7 : Call Lima
    End Select
Else
    Call Tampil_hari
End If
Lcd "," ; Bcd(jam) ; ":" ; Bcd(menit) ; ":" ; Bcd(detik) ; " "
'-----

If Menu = 0 Then
Call Tunggu_menu_1
Exit Do
End If
Loop
'set jam
Do
Jam = Makedec(jam)
If Up = 0 Then
    Call Tunggu_up_1
    Incr Jam
End If

```

```

If Down = 0 Then
    Call Tunggu_down_1
    Decr Jam
End If

While Jam = &HFF
    Jam = 23
Wend
While Jam = 24
    Jam = 0
Wend
Jam = Makebcd(jam)
Lowerline
Call Tampil_hari
Lcd ", "
If Sqw = 0 Then
    Lcd " "
Else
    Lcd Bcd(jam)
End If
Lcd ":" ; Bcd(menit) ; ":" ; Bcd(detik) ; " "
If Menu = 0 Then
    Call Tunggu_menu_1
    Exit Do
End If
Loop
'set menit
Do
    Menit = Makedec(menit)
    If Up = 0 Then
        Call Tunggu_up_1
        Incr Menit
    End If

    If Down = 0 Then
        Call Tunggu_down_1
        Decr Menit
    End If

    While Menit = &HFF
        Menit = 59
    Wend
    While Menit = 60
        Menit = 0
    Wend
    Menit = Makebcd(menit)
    Lowerline
    Call Tampil_hari
    Lcd ", " ; Bcd(jam) ; ":"
    If Sqw = 0 Then
        Lcd " "
    End If

```

```

Else
    Lcd Bcd(menit)
End If
Lcd ":" ; Bcd(detik) ; " "
If Menu = 0 Then
    Call Tunggu_menu_1
Exit Do
End If
Loop
'set detik
Do
    Detik = Makedec(detik)
    If Up = 0 Then
        Call Tunggu_up_1
        Incr Detik
    End If

    If Down = 0 Then
        Call Tunggu_down_1
        Decr Detik
    End If

    While Detik = &HFF
        Detik = 59
    Wend
    While Detik = 60
        Detik = 0
    Wend
    Detik = Makebcd(detik)
    Lowerline
    Call Tampil_hari
    Lcd "," ; Bcd(jam) ; ":" ; Bcd(menit) ; ":"
    If Sqw = 0 Then
        Lcd " " ; " "
    Else
        Lcd Bcd(detik)
    End If
    Lcd " "
    If Menu = 0 Then
        Call Tunggu_menu_1
    Exit Do
    End If
Loop
Call Tulis_rtc
Cls
End Sub
'-----
Sub Set_tanggal
Cls
Call Baca_rtc
Upperline

```



```

Lcd "SET TANGGAL"
'set tanggal
Do
    Tanggal = Makedec(tanggal)
    If Up = 0 Then
        Call Tunggu_up_1
        Incr Tanggal
    End If

    If Down = 0 Then
        Call Tunggu_down_1
        Decr Tanggal
    End If

    While Tanggal = 0
        Tanggal = 31
    Wend
    While Tanggal = 32
        Tanggal = 1
    Wend
    Tanggal = Makebcd(tanggal)
    Lowerline
    If Sqw = 0 Then
        Lcd " "
    Else
        Lcd Bcd(tanggal)
    End If
    Lcd "/" ; Bcd(bulan) ; "/20" ; Bcd(tahun)
    If Menu = 0 Then
        Call Tunggu_menu_1
        Exit Do
    End If
Loop

'set bulan
Do
    Bulan = Makedec(bulan)
    If Up = 0 Then
        Call Tunggu_up_1
        Incr Bulan
    End If

    If Down = 0 Then
        Call Tunggu_down_1
        Decr Bulan
    End If

    While Bulan = 0
        Bulan = 12
    Wend
    While Bulan = 13

```

```

        Bulan = 1
    Wend
    Bulan = Makebcd(bulan)
    Lowerline
    Lcd Bcd(tanggal) ; "/"
    If Sqw = 0 Then
        Lcd " "
    Else
        Lcd Bcd(bulan) ;
    End If
    Lcd "/"20" ; Bcd(tahun)
    If Menu = 0 Then
        Call Tunggu_menu_1
        Exit Do
    End If
Loop

'set tahun
Do
    Tahun = Makedec(tahun)
    If Up = 0 Then
        Call Tunggu_up_1
        Incr Tahun
    End If

    If Down = 0 Then
        Call Tunggu_down_1
        Decr Tahun
    End If

    While Tahun = &HFF
        Tahun = 99
    Wend
    While Tahun = 100
        Tahun = 0
    Wend
    Tahun = Makebcd(tahun)
    Lowerline
    Lcd Bcd(tanggal) ; "/" ; Bcd(bulan) ; "/"
    If Sqw = 0 Then
        Lcd " "
    Else
        Lcd "20" ; Bcd(tahun)
    End If
    If Menu = 0 Then
        Call Tunggu_menu_1
        Exit Do
    End If
Loop
Call Tulis_rtc
Cls

```

End Sub

Sub Beep

Buzer = 1

Waitms 150

Buzer = 0

End Sub

'-----

Count:

Timer1 = 0

T = T + &HFFFF

If T > 140625 Then Hasil = 0

Return

Sensor:

T = Timer1 + T

Timer1 = 0

Hasil = Konstan / T

T = 0

Return

'-----

Sub Baca_rtc

I2cstart

I2cwbyte &HD0

I2cwbyte 0

I2cstart

I2cwbyte &HD1

I2crbyte Detik , Ack

I2crbyte Menit , Ack

I2crbyte Jam , Ack

I2crbyte Hari , Ack

I2crbyte Tanggal , Ack

I2crbyte Bulan , Ack

I2crbyte Tahun , Nack

I2cstop

End Sub

'-----

Sub Tulis_rtc

I2cstart

I2cwbyte &HD0

I2cwbyte 0

I2cwbyte 0

I2cwbyte Menit

I2cwbyte Jam

I2cwbyte Hari

I2cwbyte Tanggal

I2cwbyte Bulan

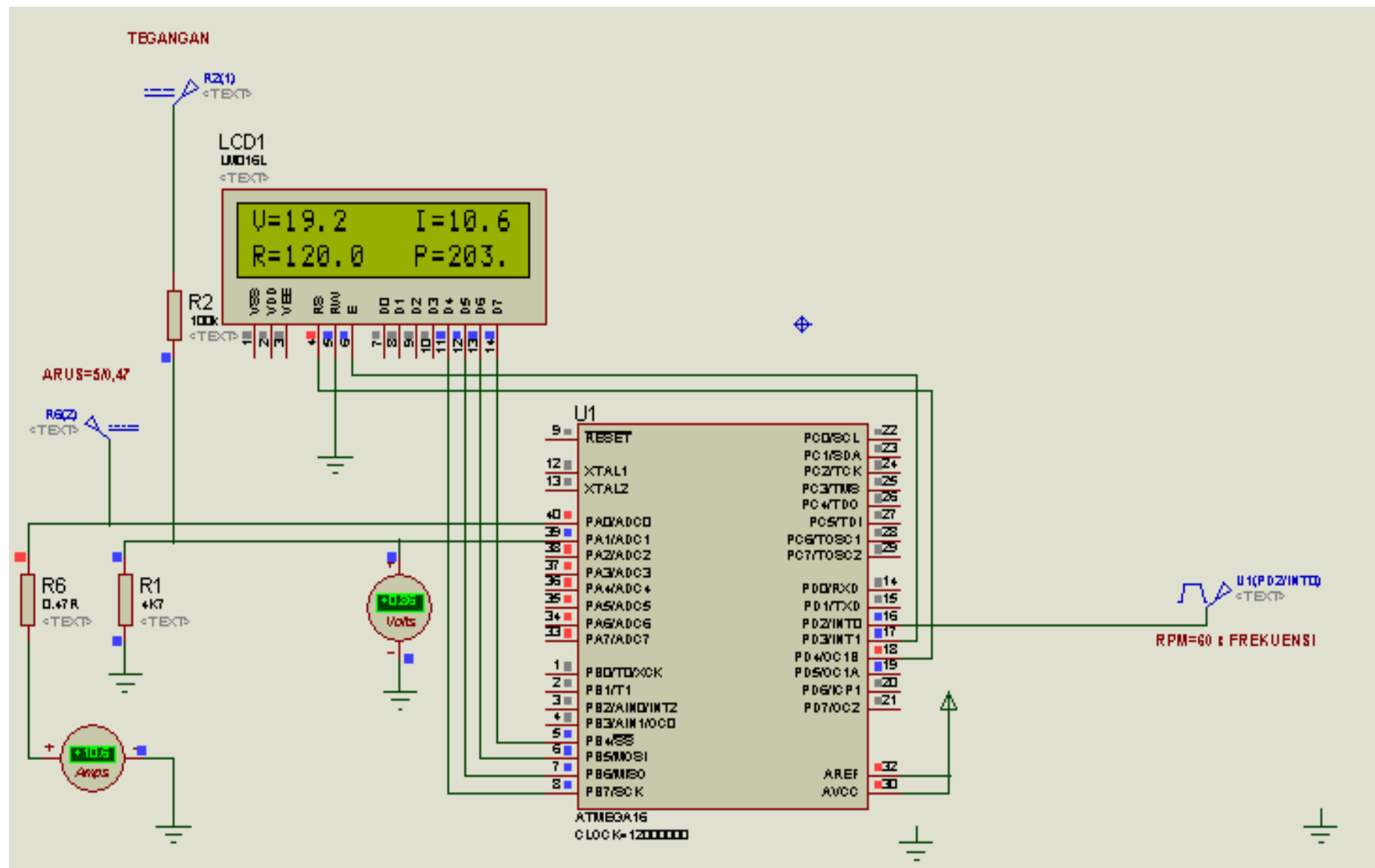
I2cwbyte Tahun

I2cwbyte &H10

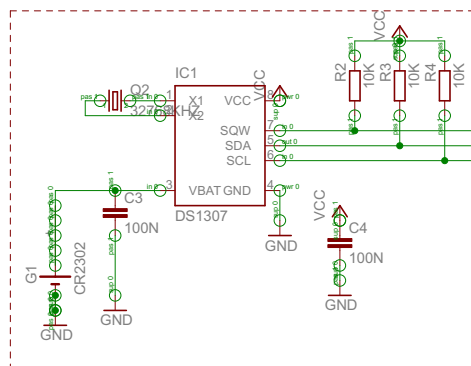
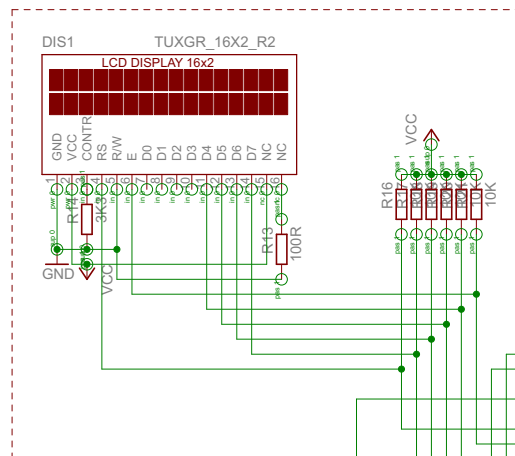
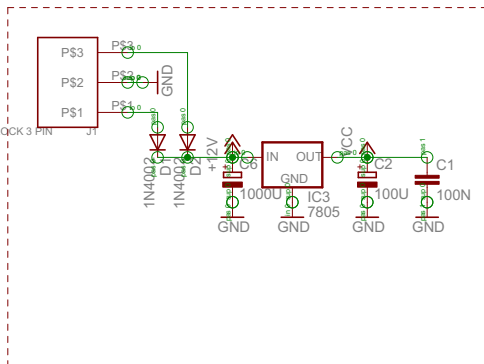
'control

I2cstop

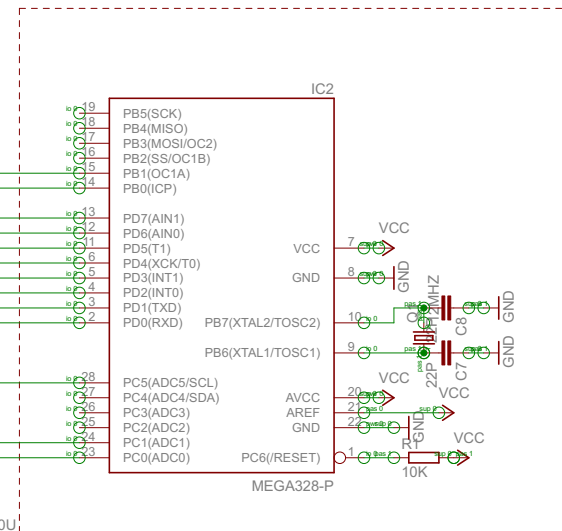
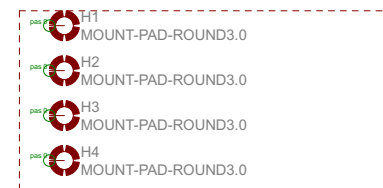
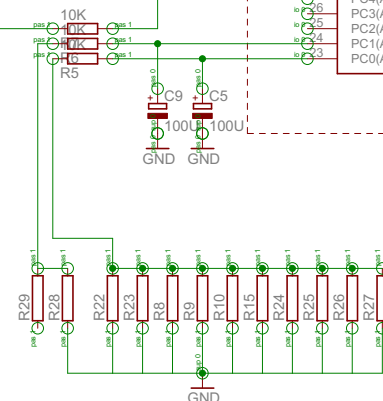
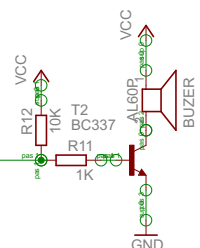
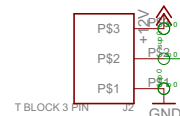
End Sub

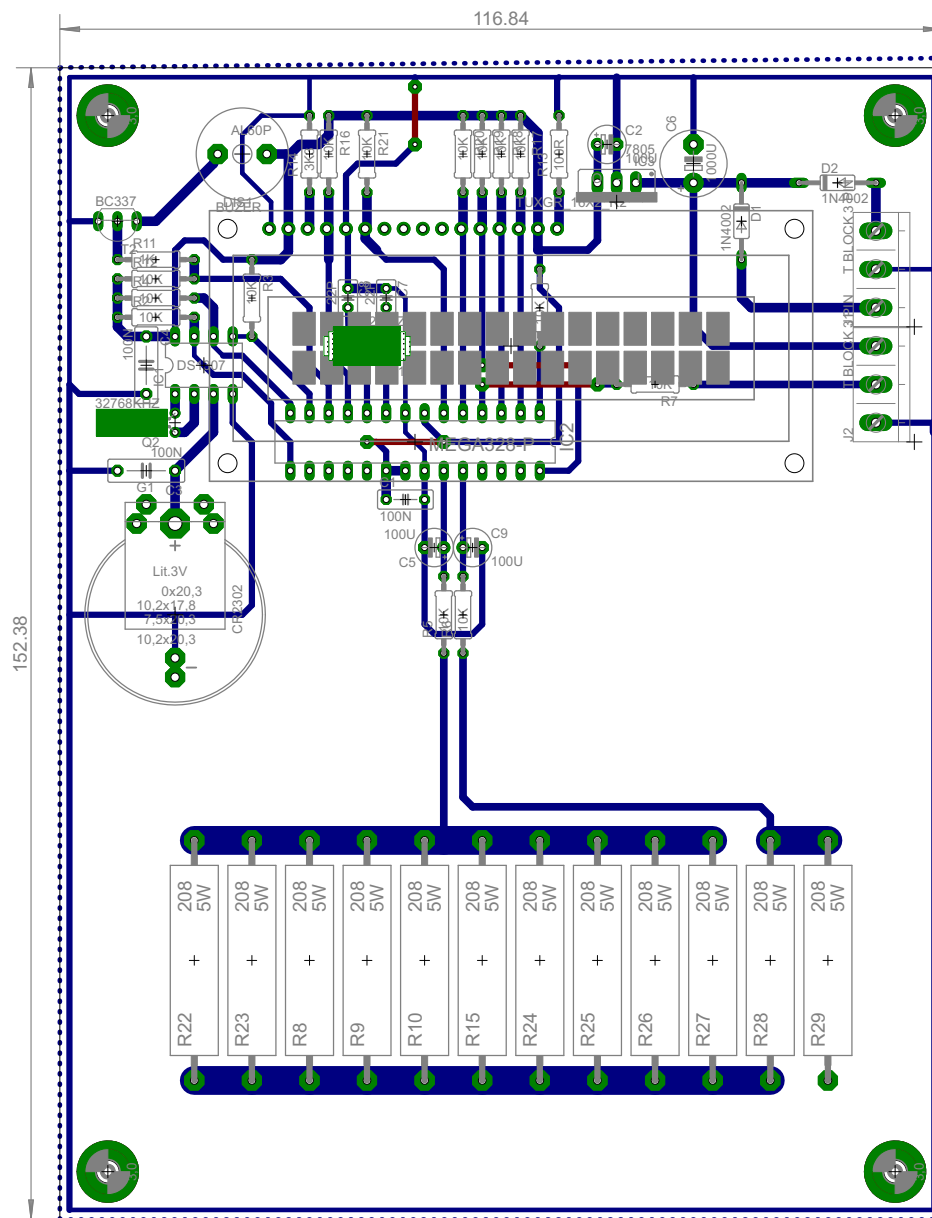


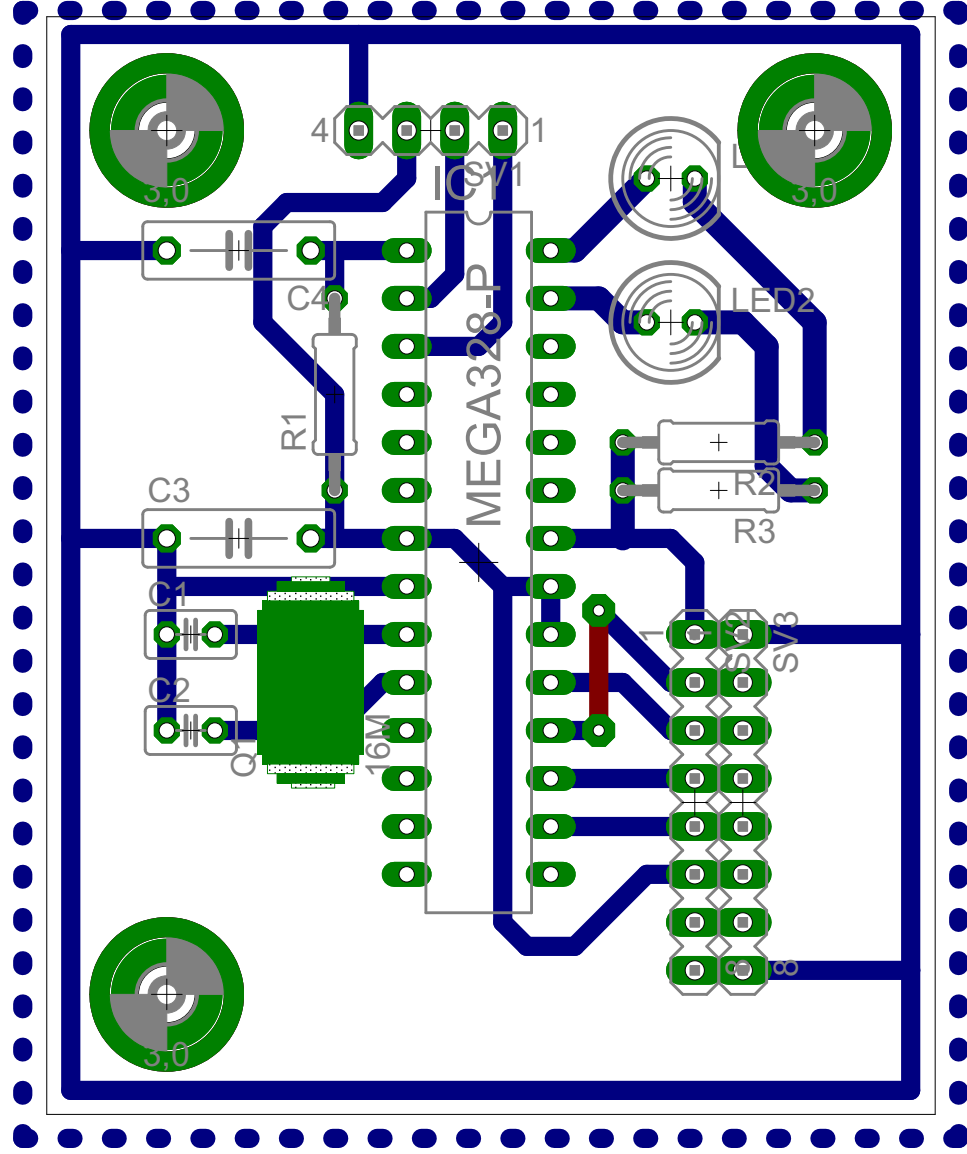
T BLOCK 3 PIN

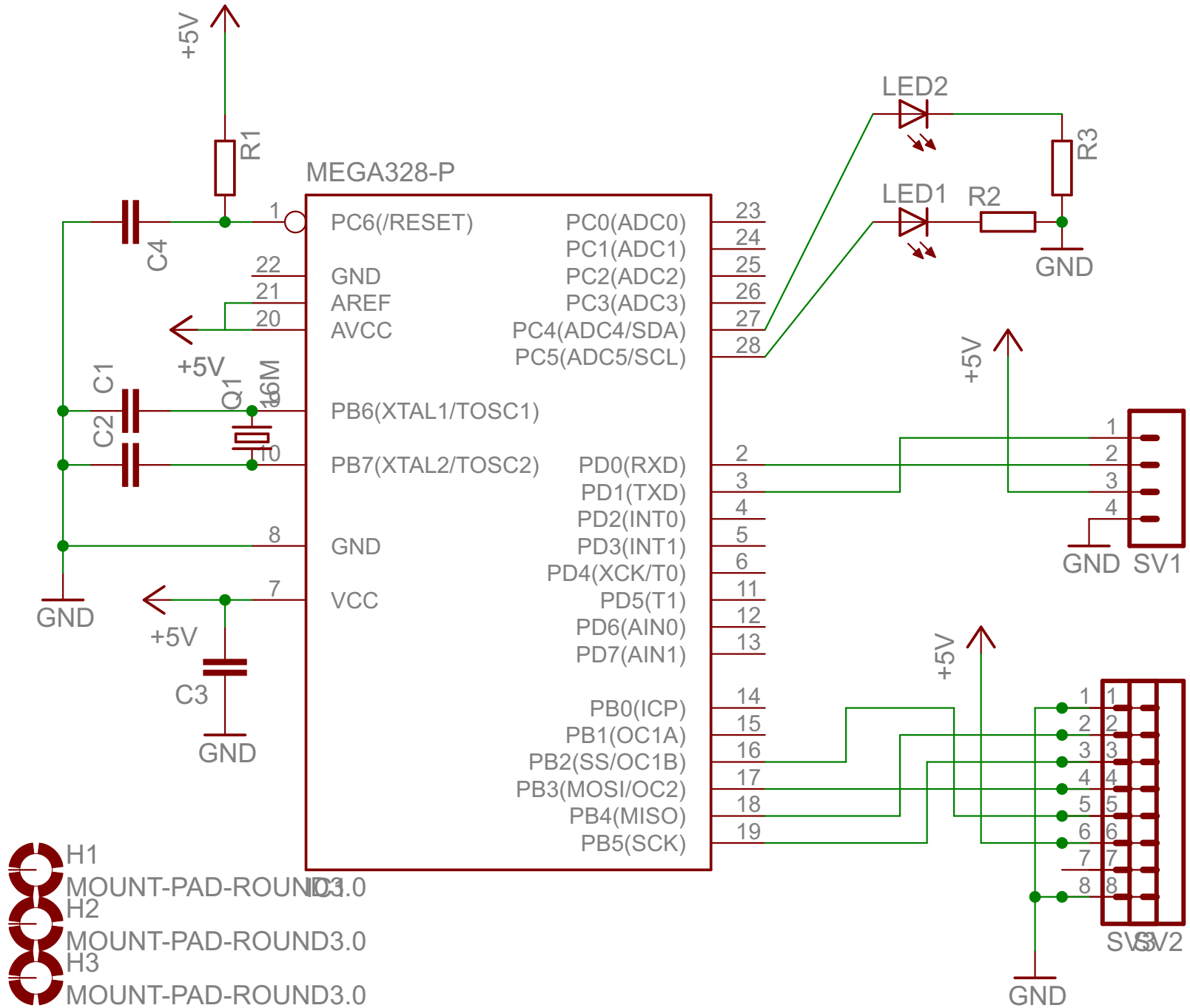


T BLOCK 3 PIN









Organize ▾ Open ▾ Print Burn New folder

dataalog - Notepad

File Edit Format View Help

| | | | | | |
|----------|------------|---------|--------|---------|---------------|
| 15:19:00 | 07/06/2016 | V=0.0V | I=0.0A | P=0.0W | RPM=6334.5RPM |
| 15:20:00 | 07/06/2016 | V=0.0V | I=0.0A | P=0.0W | RPM=215.6RPM |
| 15:21:00 | 07/06/2016 | V=27.4V | I=0.0A | P=0.0W | RPM=284.2RPM |
| 15:22:00 | 07/06/2016 | V=21.2V | I=1.1A | P=23.5W | RPM=240.1RPM |
| 15:23:00 | 07/06/2016 | V=30.3V | I=0.0A | P=0.0W | RPM=304.6RPM |
| 15:24:00 | 07/06/2016 | V=30.8V | I=1.5A | P=47.6W | RPM=353.8RPM |
| 15:25:00 | 07/06/2016 | V=20.5V | I=1.3A | P=27.0W | RPM=249.9RPM |
| 15:26:00 | 07/06/2016 | V=25.9V | I=1.2A | P=30.0W | RPM=298.6RPM |
| 15:27:00 | 07/06/2016 | V=21.8V | I=1.2A | P=26.9W | RPM=259.3RPM |
| 15:28:00 | 07/06/2016 | V=16.9V | I=1.1A | P=18.4W | RPM=204.3RPM |
| 15:29:00 | 07/06/2016 | V=25.8V | I=0.9A | P=22.9W | RPM=300.0RPM |
| 15:30:00 | 07/06/2016 | V=19.3V | I=0.9A | P=17.6W | RPM=231.3RPM |
| 15:31:00 | 07/06/2016 | V=24.6V | I=1.0A | P=23.5W | RPM=293.7RPM |
| 15:32:00 | 07/06/2016 | V=5.1V | I=0.0A | P=0.0W | RPM=63.7RPM |
| 15:33:00 | 07/06/2016 | V=21.0V | I=1.3A | P=27.3W | RPM=256.0RPM |
| 15:34:00 | 07/06/2016 | V=28.5V | I=1.4A | P=40.0W | RPM=326.2RPM |
| 15:35:00 | 07/06/2016 | V=31.9V | I=0.0A | P=0.0W | RPM=315.2RPM |
| 15:36:00 | 07/06/2016 | V=31.4V | I=0.0A | P=0.0W | RPM=323.5RPM |
| 15:37:00 | 07/06/2016 | V=32.1V | I=0.0A | P=0.0W | RPM=345.2RPM |
| 15:38:00 | 07/06/2016 | V=25.4V | I=0.0A | P=0.0W | RPM=274.2RPM |
| 15:39:00 | 07/06/2016 | V=17.1V | I=1.0A | P=16.7W | RPM=218.5RPM |
| 15:40:00 | 07/06/2016 | V=16.8V | I=1.0A | P=16.4W | RPM=207.9RPM |
| 15:41:00 | 07/06/2016 | V=15.9V | I=0.9A | P=14.0W | RPM=191.7RPM |
| 15:42:00 | 07/06/2016 | V=14.7V | I=0.0A | P=0.0W | RPM=187.0RPM |
| 15:43:00 | 07/06/2016 | V=26.7V | I=0.0A | P=0.0W | RPM=257.8RPM |
| 15:44:00 | 07/06/2016 | V=21.1V | I=0.0A | P=0.0W | RPM=234.3RPM |
| 15:45:00 | 07/06/2016 | V=34.1V | I=0.0A | P=0.0W | RPM=365.1RPM |
| 15:46:00 | 07/06/2016 | V=25.3V | I=0.0A | P=0.0W | RPM=267.3RPM |
| 15:47:00 | 07/06/2016 | V=26.1V | I=2.1A | P=53.6W | RPM=299.0RPM |
| 15:48:00 | 07/06/2016 | V=20.0V | I=1.0A | P=20.0W | RPM=236.9RPM |
| 15:49:00 | 07/06/2016 | V=23.0V | I=1.8A | P=40.6W | RPM=274.7RPM |
| 15:50:00 | 07/06/2016 | V=23.7V | I=2.0A | P=47.3W | RPM=282.3RPM |
| 15:51:00 | 07/06/2016 | V=29.0V | I=2.0A | P=56.5W | RPM=342.9RPM |
| 15:52:00 | 07/06/2016 | V=24.6V | I=2.1A | P=51.1W | RPM=305.9RPM |
| 15:53:00 | 07/06/2016 | V=20.9V | I=1.2A | P=25.4W | RPM=247.0RPM |
| 15:54:00 | 07/06/2016 | V=18.9V | I=1.4A | P=27.0W | RPM=221.5RPM |
| 15:55:00 | 07/06/2016 | V=24.4V | I=1.0A | P=23.8W | RPM=258.7RPM |

Favorites

- Desktop
- Downloads
- Recent Places

Libraries

- Apps
- Documents
- Music
- Pictures
- Videos

Computer

- Local Disk (C:)
- Master (D:)
- adend (E:)
- CD Drive (H:)

Network

- AD-PC
- ARDIYANTI-PC