

**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

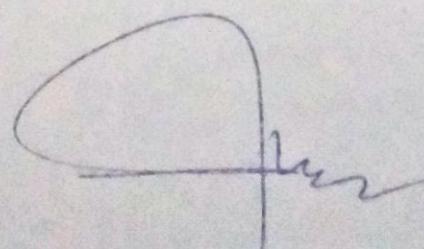
Dosen Penguji Tugas Akhir

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 penggerjaan 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

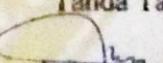
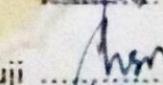
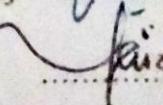
Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta

Pada tanggal 30 Juni 2016

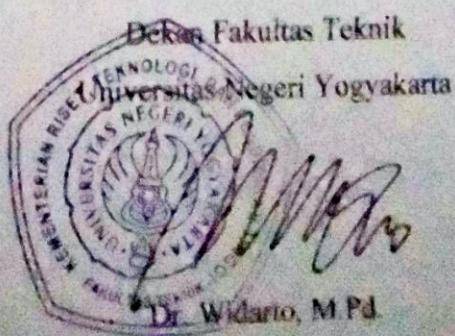
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat guna memperoleh

Gelar Ahli Madya Teknik Program Studi Teknik Elektro

Dewan Penguji

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



NIP. 19631230 198812 1 001

MOTTO :

**“ Gagal Karena Tidak Berusaha 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 akhir 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 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 kehadirat 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 akhir 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 mengfasilitasi 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 (LCD)</i>	23
6. Modul SD-Card	24
7. Regulator Control.....	25
8. Inventer	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 Pemadangan 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 menjadi 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 selalu 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 ditunjukan oleh kedua alat ini juga kurang akurat dan membutuhkan ilmu khusus untuk membacanya sehingga hal ini akan membingungkan konsumen dalam melihat hasil yang ditunjukan 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

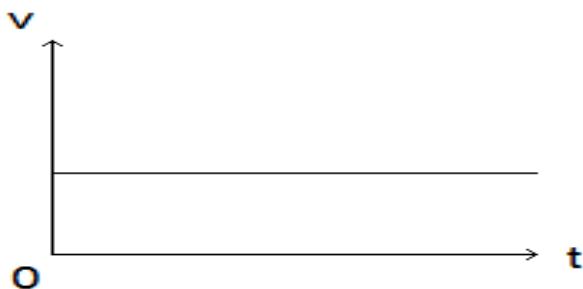
A. Alat Monitoring Tegangan, Arus, Daya dan Kecepatan *blade*

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. Keempat 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 medukung 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 berpotensial 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 ditunjukan pada Gambar 1.

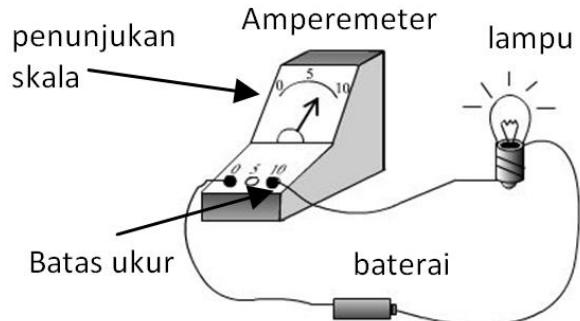


Gambar 1. Gelombang Tegangan DC

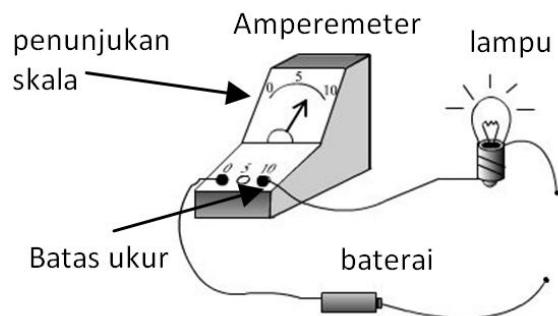
2. Arus Listrik

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:

Keterangan :

$$P = \text{Daya (Watt)}$$

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 :

Keterangan :

$$P = \text{Daya Dc (Watt)}$$

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 dinamanakan 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 :

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*, 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 ditunjukan 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

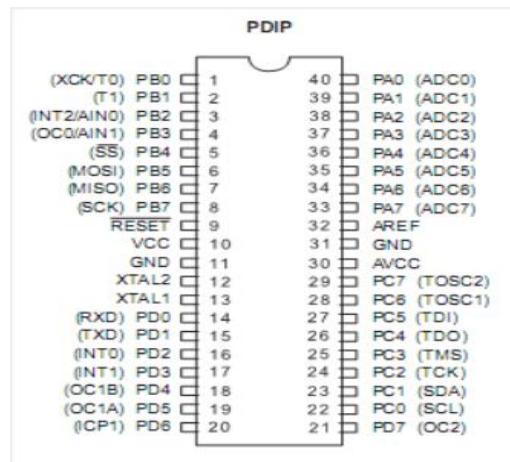
Mikrokontroler ATmega 16 ini merupakan jenis mikrokontroler dikeluarga AVR. Mikrokontroler ATmega 16 merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel. Secara garis besar mikrokontroler ATmega 16 terdiri dari :

- 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 :

- Empat kanal PWM dan antarmuka *komparator analog* 8 kanal, 10 bit ADC.
- Byte-oriented Two-wire Serial Interface.*
- 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 ditunjukan 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

POR	Fungsi Pin Port A
PA7	<i>Port I/O dan ADC input channel 7</i>
PA6	<i>Port I/O dan ADC input channel 6</i>
PA5	<i>Port I/O dan ADC input channel 5</i>
PA4	<i>Port I/O dan ADC input channel 4</i>
PA3	<i>Port I/O dan ADC input channel 3</i>
PA2	<i>Port I/O dan ADC input channel 2</i>
PA1	<i>Port I/O dan ADC input channel 1</i>
PA0	<i>Port I/O dan ADC input channel 0</i>

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

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

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 Port D
PD7	OC2 (Timer / Counter2 Output Compare Match Output)
PD6	ICP1 (Timer/Counter1 Input Capture Pin)
PD6	OC1B (Timer/Counter1 Output Compare B Match Output)
PD5	TD0 (<i>JTAG Test Data Out</i>)
PD3	INT1 (External Interrupt 1 Input)
PD2	INT0 (External Interrupt 0 Input)
PD1	TXD (USART Output Pin)

6) RESET

Digunakan untuk mereset mikrokontroler beserta programnya.

7) XTAL1 dan XTAL2

Digunakan untuk *input dan output oscillator*.

8) AVCC dan AREF

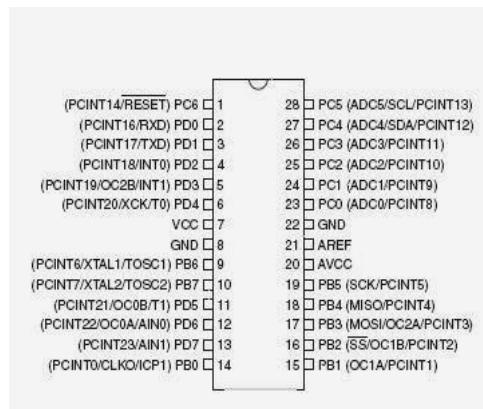
Merupakan *port* penyedia tegangan untuk *Port A* dan Konverter A/D dan Penyedia referensi analog untuk konverter A/D.

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 *portnya*. 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 ditunjukan 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 <i>Clock</i> 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 ditunjukan 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 ditunjukan pada Tabel 7.

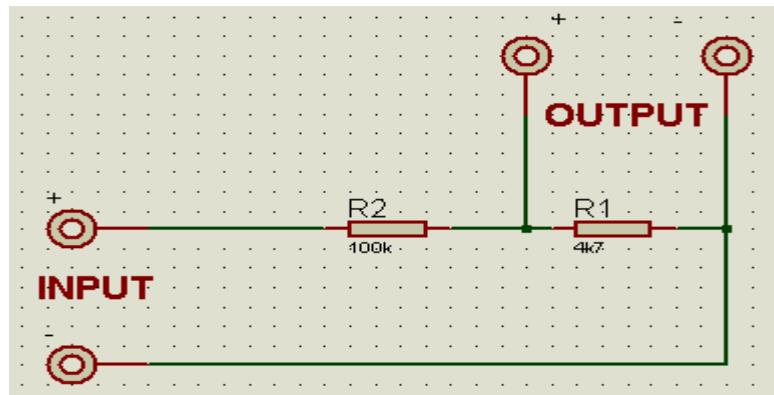
Tabel 7. Fungsi Pin I/O Port D pada ATmega 328

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

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 ditunjukan pada Gambar 8.



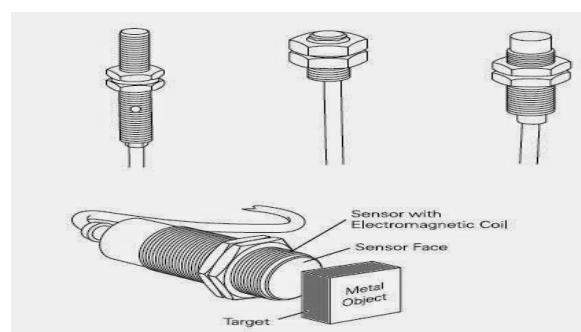
Gambar 8. Sensor *Proximity*

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 ditunjukan oleh Gambar 9.



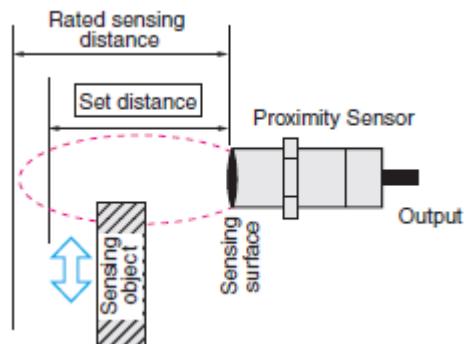
Gambar 9. Sensor *Proximity* Jenis Induktif

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 *horizontal* 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 ditunjukan 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 kostan 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. Batterai

Penyimpanan dalam hal ini menggunakan penyimpanan tegangan DC dan disimpan menggunakan baterai. Dengan menggunakan baterai diharapkan dapat menyimpan tegangan sementara dan dilanjutkan menuju inverter untuk di samakan tegangannya dan dilanjutkan ke sistem 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.



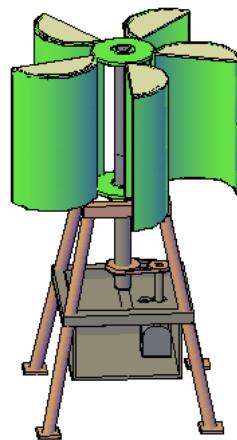
Gambar 13. Aki 20Ah

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 rotasinya 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 vertical. 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

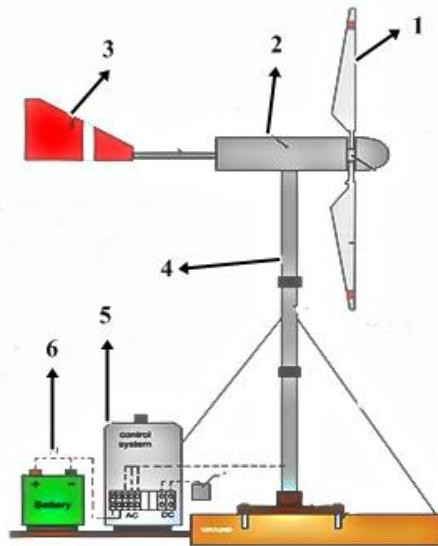
Sumber : (<http://indonesian.alibaba.com/wind-turbine-ew-600-generator-windmill-60084762039.html>)

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. Barikut ini adalah beberapa keunggulan dari kincir angin sumbu horizontal (KASH) yaitu :

- a) Tawernya 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 ditunjukan 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.

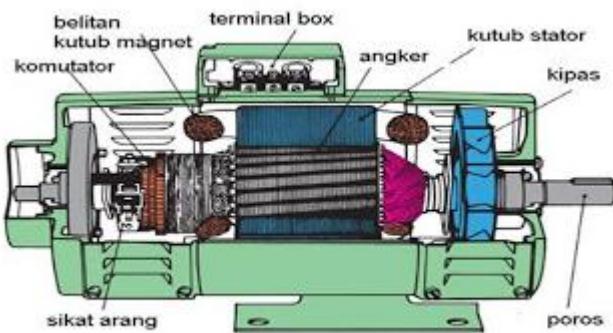
c) Prinsip Kerja Kincir angin

Prinsip kerjanya antara 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 menyababkan 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 dioleh oleh konverter dan disimpan dalam baterai. Pada unit konverter , listrik ini diserahkan dan dioleh sehingga keluaran outputnya sesuai dengan kebutuhan baterai. Pada unit baterai ini disimpan sementara sebelum disalurkan. Kegunaan baterai ini merupakan media penyimpan, 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 casis, serta bagian rotor. Berikut ini adalah gambar struktur dari generator dc ditunjukan 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 magnit yang dihasilkan kutub-kutub magnit, 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:

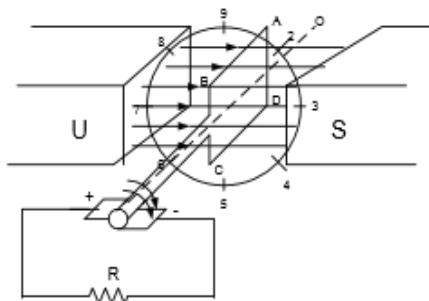
a. Komutator

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 penyearah 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.

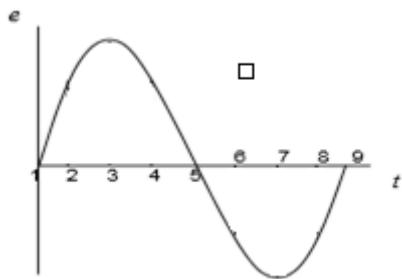
Dalam prinsipnya generator dc ini bekerja berdasarkan hukum faraday. Suatu generator arus searah bekerja berdasarkan prinsip induksi magnetis sesuai dengan Hukum Faraday. Bila ada sepotong penghantar dalam medan magnet yang berubah-ubah terhadap waktu, maka pada penghantar tersebut akan terbentuk GGL 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.html>)

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.



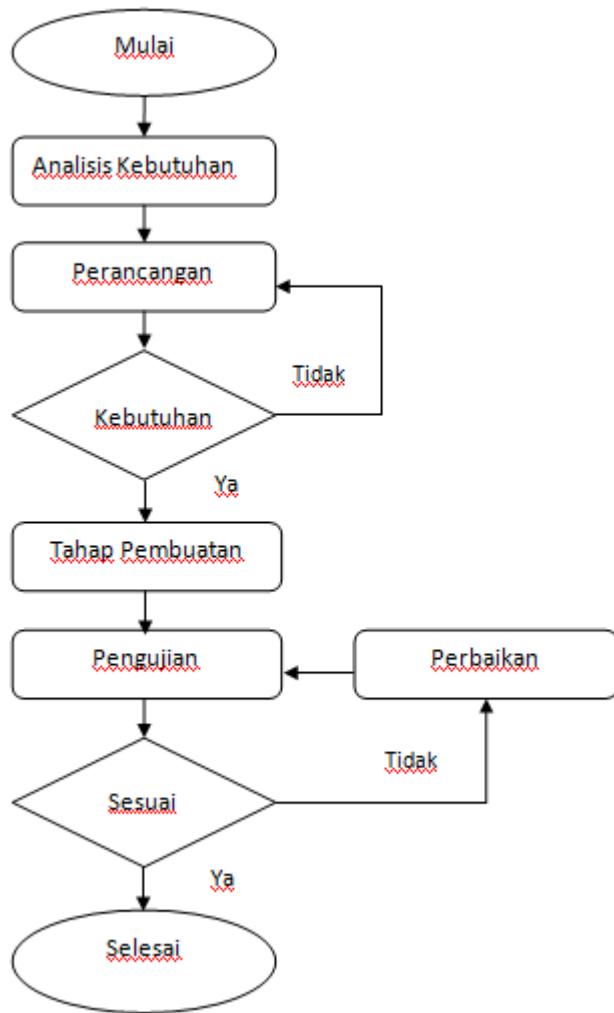
Gambar 19. Bentuk Gelombang AC dari Generator

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 menghubung 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 tegangan 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 ditunjukan 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
	Obeng+	3 mm	1	Buah
	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 Anemometer	1	Buah
14.	Tacho meter	I-max- Tacho meter Up to 10 000 Rpm	1	Buah
15.	Tang cicut	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

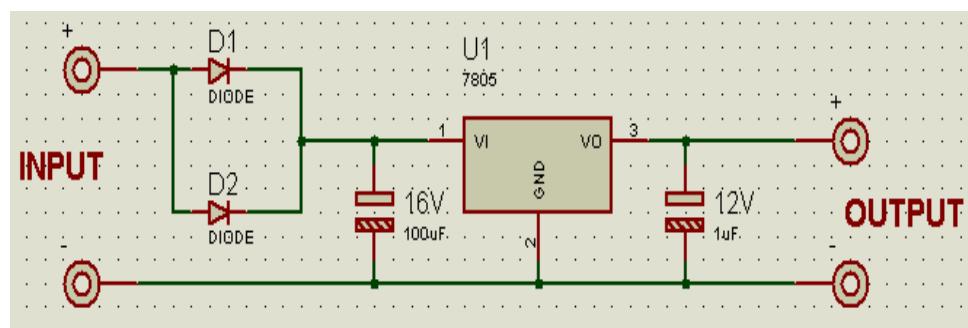
No	Nama bahan	Spesifikasi	Jumlah	Satuan
6.	Lampu Pijar	5 Watt	1	Buah
7.	Inverter	220V/300Watt	1	Unit
8.	Tenol	Merk Paragon	1	Gulung
9.	PCB	Pcb Fiber	1	Buah
10.	Kabel Nyaf	2.5mm	1	Gulung
11.	Kotak Kontak	Isi 1	1	Buah
12.	Heatsick	10x20 cm	1	Buah
13.	Mur Baut	3 mm	30	Buah
14.	Box	Ukuran 10x6x10	1	Buah
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

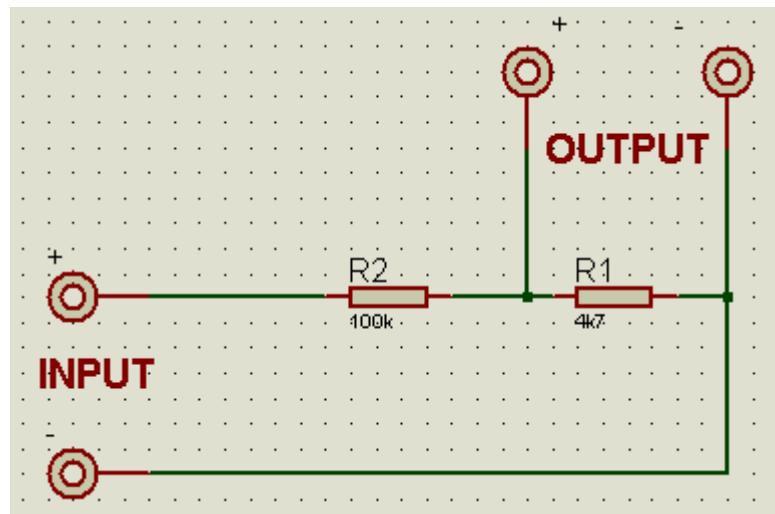
2. Perancangan Penggunaan Sensor dan Komponen

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 ditunjukan pada Gambar 22.

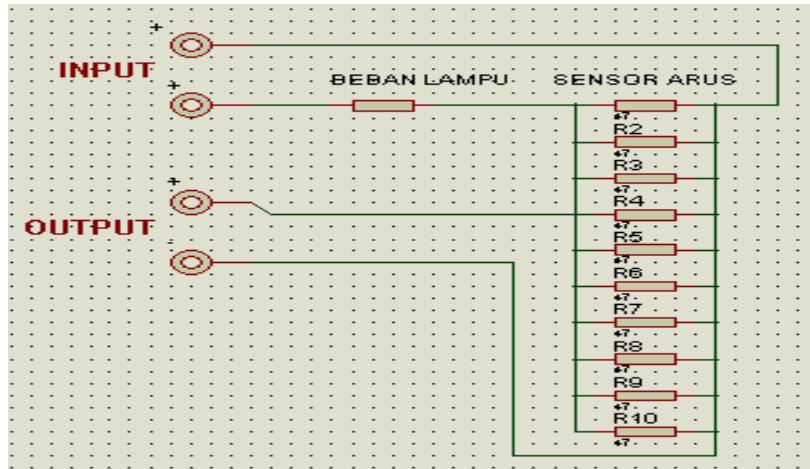


Gambar 22. Perencanaan Sensor Tegangan

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 pendekksi arus. Perancangan sensor arus dengan menggunakan resistor 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 pararel sejumlah 10 buah. Sehingga total hambatan semauanya adalah 0.47Ω . Mencari hambatan 0.47 ohm ini didapatkan dengan rumus pada persamaaan 10 :

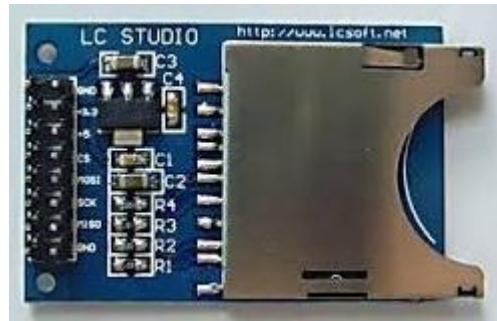
$$R = 5/10 \text{ A}$$

$$R = 0.5 \Omega$$

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 \pm 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 ditunjukkan pada Gambar 24 :



Gambar 24. Modul SD

d. Perencanaan Penggunaan Sensor Logam

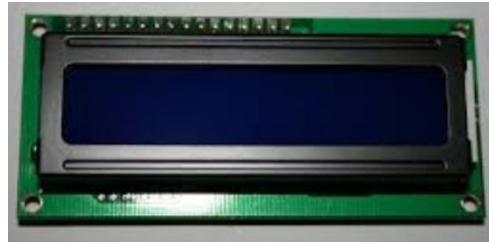
Penggunaan sensor logam pada alat monitoring data ini menggunakan sensor *proximity* atau sensor logam. Sensor *proximity* ini digunakan sebagai media input ke mikrokontroler. Berikut ini adalah bentuk sensor *proximity* yang digunakan ditunjukan pada Gambar 25 :



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 karakter dan 2 baris. Dengan menggunakan lcd 16x2 cukup untuk menampilkan data-data atau parameter yang diolah oleh mikrokontroler. Berikut ini adalah bentuk LCD 16x2 ditunjukan pada Gambar 26.



Gambar 26. Bentuk Fisik LCD 16x2

f. Perencanaan Penggunaan ATmega 16

Penggunaan ATmega 16 ini digunakan sebagai pengendalai 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 ditunjukan oleh Gambar 27.



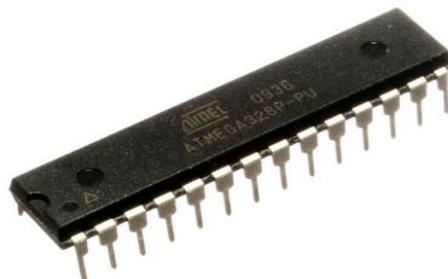
Gambar 27. Bentuk fisik Atmega 16

Sumber : (<http://www.electronicsbite.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 pengolah 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>)

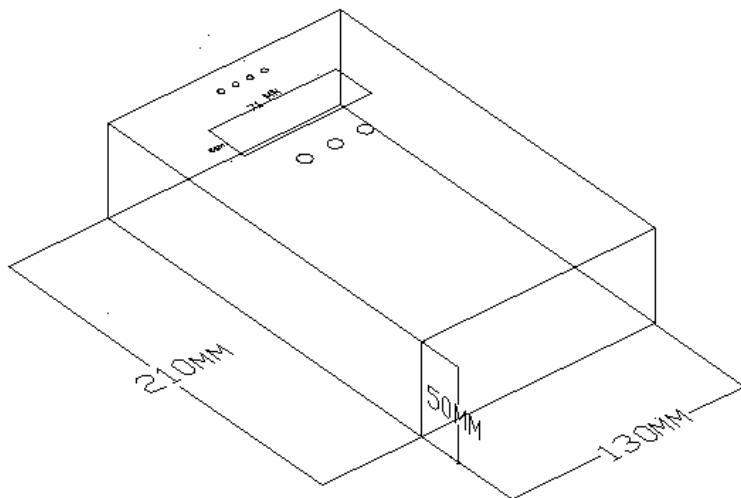
h. Penggambaran Skema Rangkaian Alat Monitoring Kualitas Daya

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

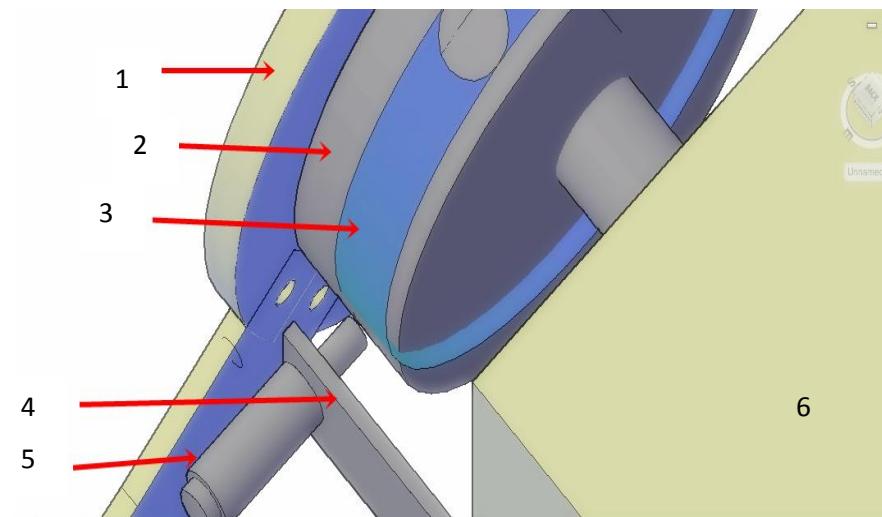
Spesifikasi :

- 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* ditunjukan 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 perancanaan 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 penyetrikaan, 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 ditunjukan 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 memasukan 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 ditunjukan 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 ditunjukan 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 ditunjukan 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 ditunjukan Gambar 35.



Gambar 35. Tampilan LCD Alat Monitoring

6. Proses Pemasangan Rangkaian Keseluruhan

Proses pemasangan rangkaian ini merupakan proses memasangkan rangkaian yang sudah diprogram sesuai yang ditunjukan pada Gambar 35 dan dimasukan ke box alat monitoring. Setelah 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 dibeberapa 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 monitoing 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 ditunjukan 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 :

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

Pengujian kalibrasi ini dilakukan untuk mengkalibrasi pengukuran antara alat monitoring dengan alat ukur yang lain 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 ditunjukan oleh Tabel 17 dan Tabel 18.

- c. Pengujian sistem penyimpanan daya

Pengujian sistem penyimpanan datai digunakan untuk mengetahui system 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 tegantung 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 (RPM)
	TachoMeter	Alat Monitoring	
	(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)
	Volt Meter (Volt)	Alat Monitoring (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

Tabel 16. Pengujian Kalibrasi dengan Beban 5 Buah Lampu (180 watt) di Alat Monitoring.

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

NO	Waktu		Kecepatan <i>Blade</i>	Tegangan
	Jam	Tanggal	(Rpm)	(Volt)
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

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 :

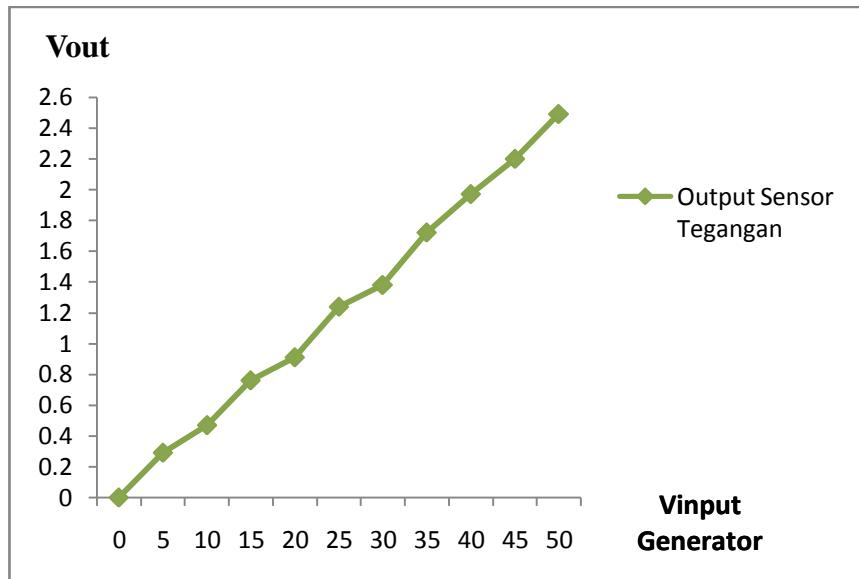
- a) Menghubungkan keluaran tegangan catudaya 0-50 Vdc ke *input* sensor tegangan di alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*.
- b) Melakukan pengukuran keluaran sensor tegangan dengan menggunakan volt meter.
- c) Melakukan pengukuran *input* masukan sensor tegangan dan keluaran tegangan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

Setelah dilakukan pengujian sensor tegangan, didapatkan hasil pengujian sensor tegangan yang ditunjukan 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 ditunjukan 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 dijelasakan sebagai berikut :

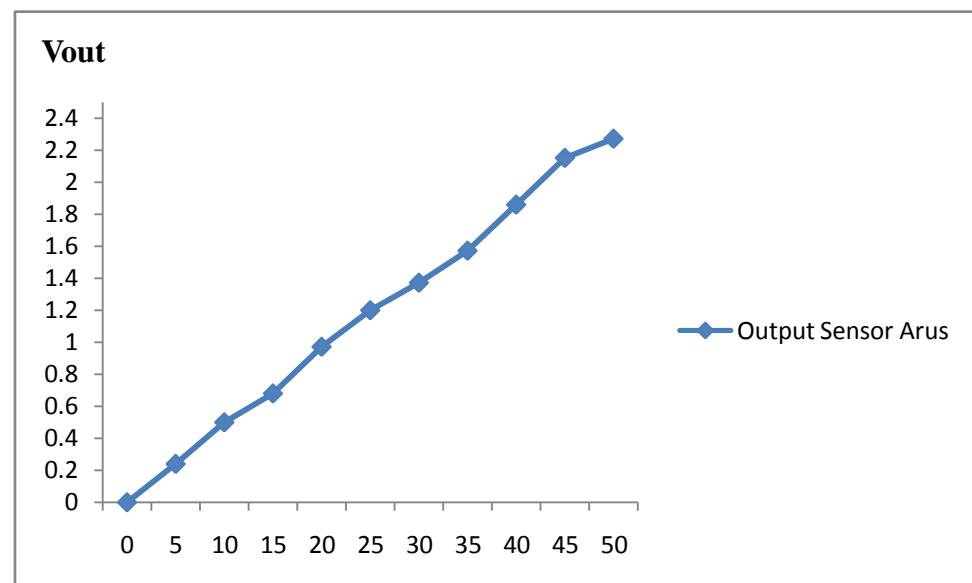
- Menghubungkan keluaran tegangan 0-50 Vdc pada catu daya ke *input* sensor arus pada alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*.
- Pemberian beban sebesar 10Ω .
- Melakukan pengukuran keluaran sensor tegangan dengan menggunakan volt meter.
- Mencatat hasil pengukuran pada tabel percobaan.

Setelah dilakukan pengujian sensor arus dengan menggunakan beban resistor 10Ω berikut ini adalah hasil pengujian sensor arus yang ditunjukan 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 ditunjukan 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 :

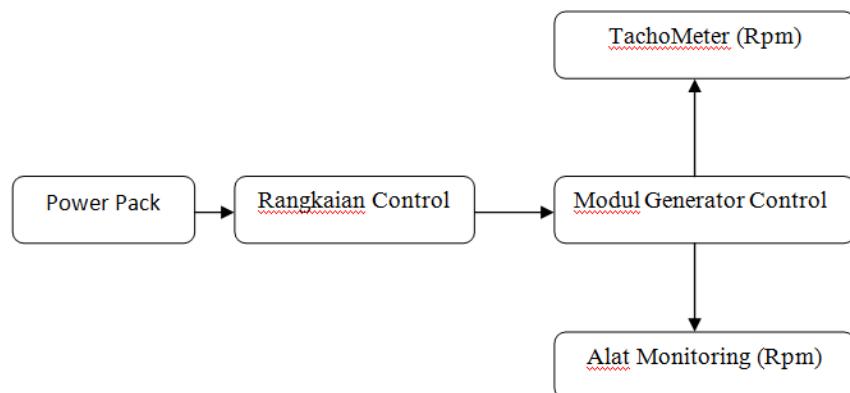
- a. Pengujian Kalibrasi Alat Monitoring Tegangan, Arus, Daya dan Kecepatan *Blade*

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 :

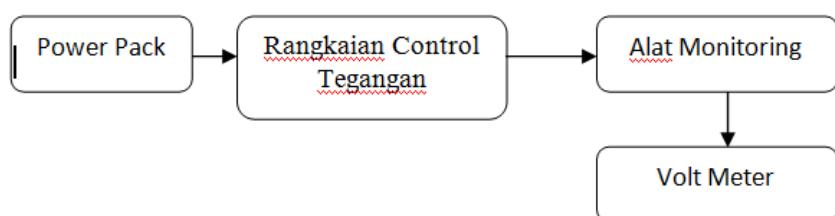
- 1) Menghubungkan catu daya/baterai 12 Vdc ke *input power* alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*.
- 2) Menghubungkan *output* catu daya/generator ke *input* alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade*.
- 3) Memasang volt meter, ampere meter dan watt meter digital 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.



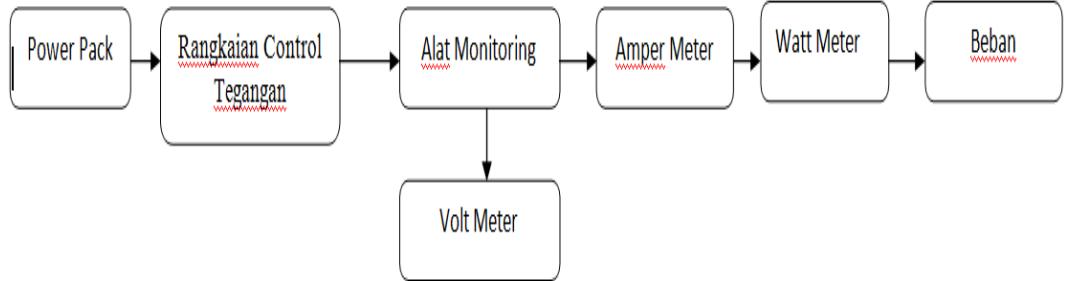
Gambar 39. Bagan Pengujian Kecepatan Generator



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

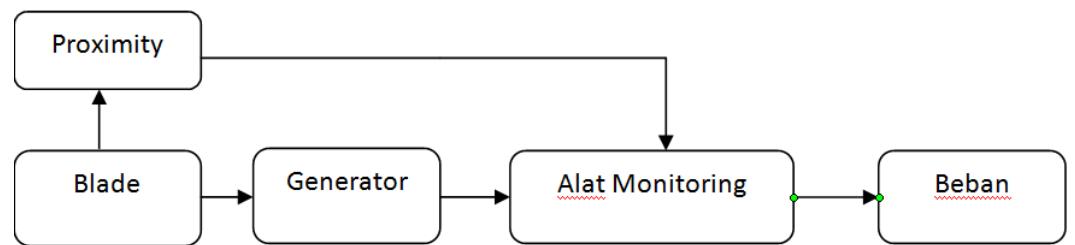
Setelah dilakukan pengujian sebanyak tiga kali didapatkan hasil pengujian pengukuran tegangan dan kecepatan *blade* yang ditunjukkan oleh Tabel 23 dan pengukuran berbeban yang ditunjukkan oleh Tabel 24.

- 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)	Percentase Selisih Pengukuran Pengukuran Alat Ukur $\times 100\%$
	TachoMeter	Alat Monitoring		
	(RPM)	(RPM)		
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)	Percentase $\frac{\text{Selisih Pengukuran}}{\text{Pengukuran Alat Ukur}} \times 100\%$
	Volt Meter	Alat Monitoring		
	(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			Percentase		
	Volt Meter	Amper Meter	Watt Meter	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)	Selisih Pengukuran Pengukuran Alat Ukur $\times 100\%$		
	Tegangan	Arus	Daya							Selisih Pengukuran Pengukuran Alat Ukur $\times 100\%$		
	(Volt)	(Ampere)	(Watt)							Tegangan (%)	Arus (%)	Daya (%)
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			Percentase		
	Volt Meter	Amper Meter	Watt Meter							Selisih Pengukuran	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 ditunjukan 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 dicarai.

$$I_{max} = V/R \dots \dots \dots (11)$$

$$R = V/I_{max}$$

$$\begin{aligned} R &= 50/5 \\ &= 10\Omega \end{aligned}$$

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 persentase 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 :

- Vref = Tegangan Referensi Pengukuran di Volt Meter
 Vpengukuran = 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 persentase kesalahan pengukuran yaitu :

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

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

Keterangan :

Iref = Arus Referensi Pengukuran di Ampere Meter

Ipengukuran = 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 :

$$\text{Presentase Kesalahan} = \frac{\text{Pref} - \text{Ppengukuran}}{\text{Pref}} \times 100\%$$

$$= 112 - 115.2 / 112 \times 100\%$$

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

$$= 2.4 \%$$

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. Bedasarkan 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.

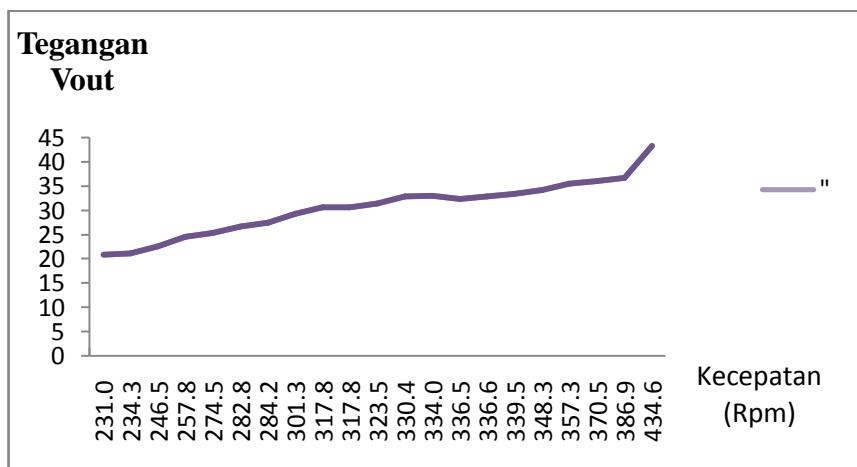
b) Pengujian Alat Monitoring pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin

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.

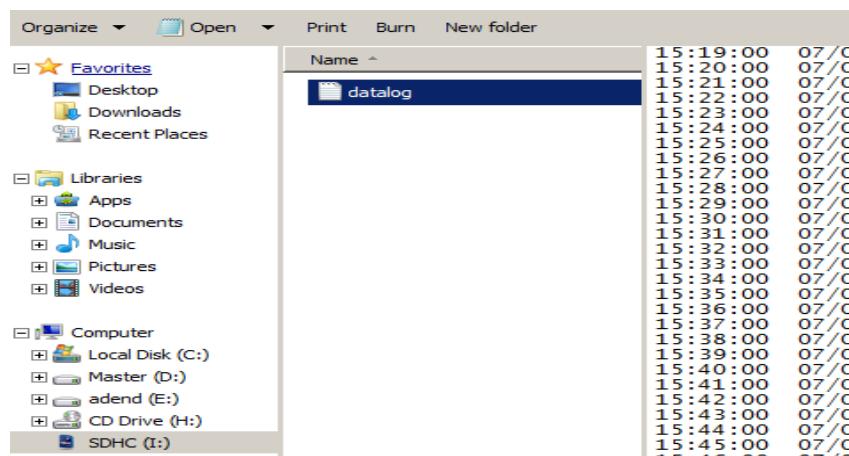


Gambar 49. Grafik Pengujian Kecepatan Generator terhadap Tegangan Keluaran Generator

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 tegantung pada besarnya kecepatan *blade*. Semakin cepatan 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 ditunjukan 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 ada 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 :

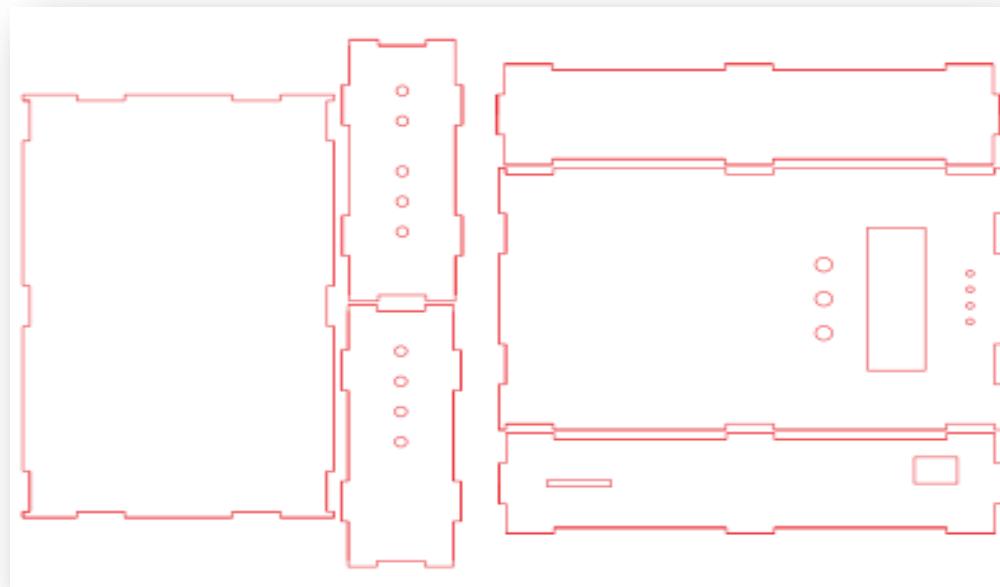
1. Alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan *blade* ini dapat dikembangkan dalam bentuk yang lebih sederhana pada desain box, multi guna dalam pengukuran parameter dan teliti dalam pengukurannya.
2. Perbaikan box dengan menggunakan bahan alumunium akan lebih layak untuk pemakaian dilingkungan 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

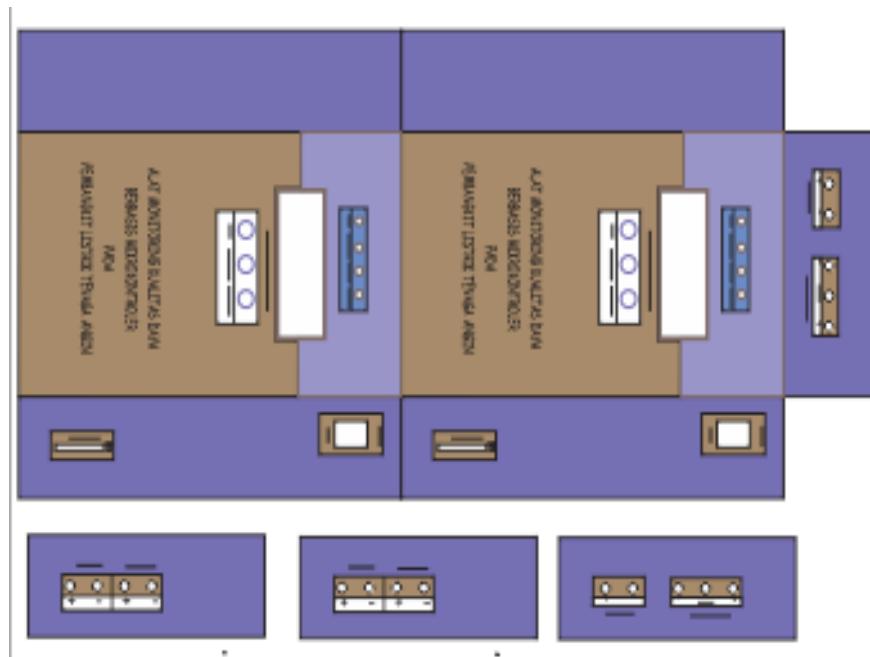
- Daryanto, Y. 2007. *Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik. Tenaga Bayu* Yogyakarta: Balai PPTAAG. DESDM
- Desriansyah, 2006, *Analisis Teknis Sudu Kincir Angin Tipe Sumbu Horizontal Dari Bahan Fibreglass*. Indralaya.
- Hertanto, Ary. (2008). *Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATMEGA8535*. 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-acs712/>
- 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.
- Suprapto. (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



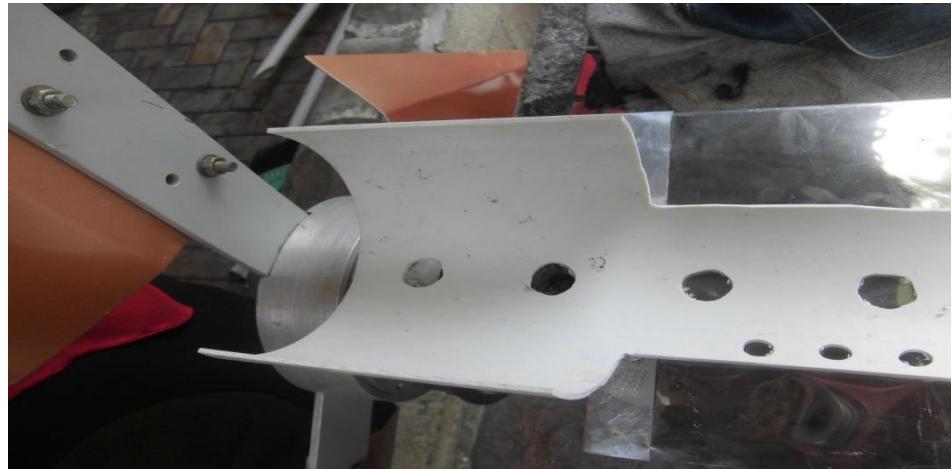
B. Desain Stiker Akrilik



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
  End Do
End Sub

```

```

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 " "

```

```

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
```

```
I2cubyte &HD0
```

```
I2cubyte 0
```

```
I2cstart
```

```
I2cubyte &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
```

```
I2cubyte &HD0
```

```
I2cubyte 0
```

```
I2cubyte 0
```

```
I2cubyte Menit
```

```
I2cubyte Jam
```

```
I2cubyte Hari
```

```
I2cubyte Tanggal
```

```
I2cubyte Bulan
```

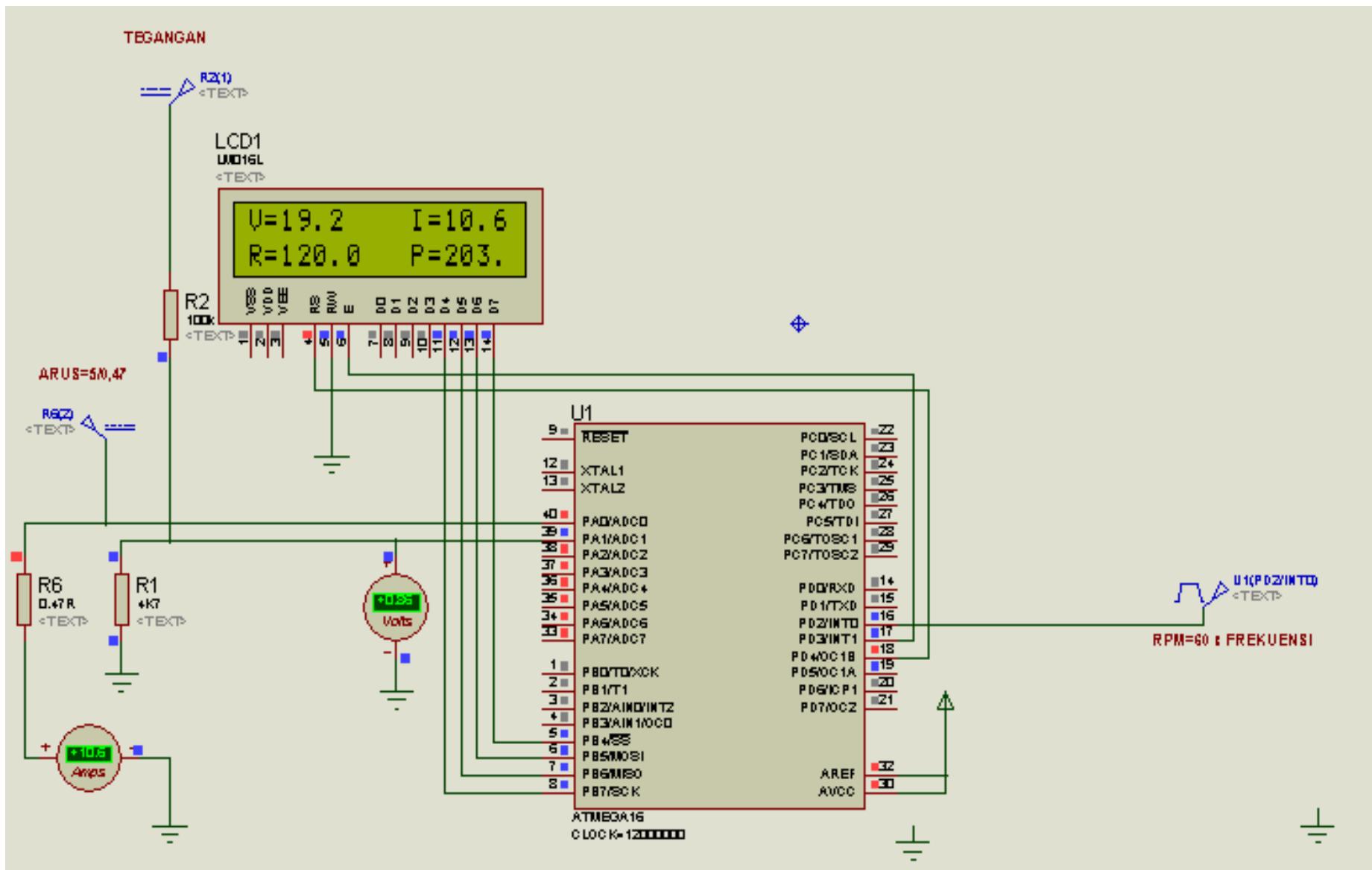
```
I2cubyte Tahun
```

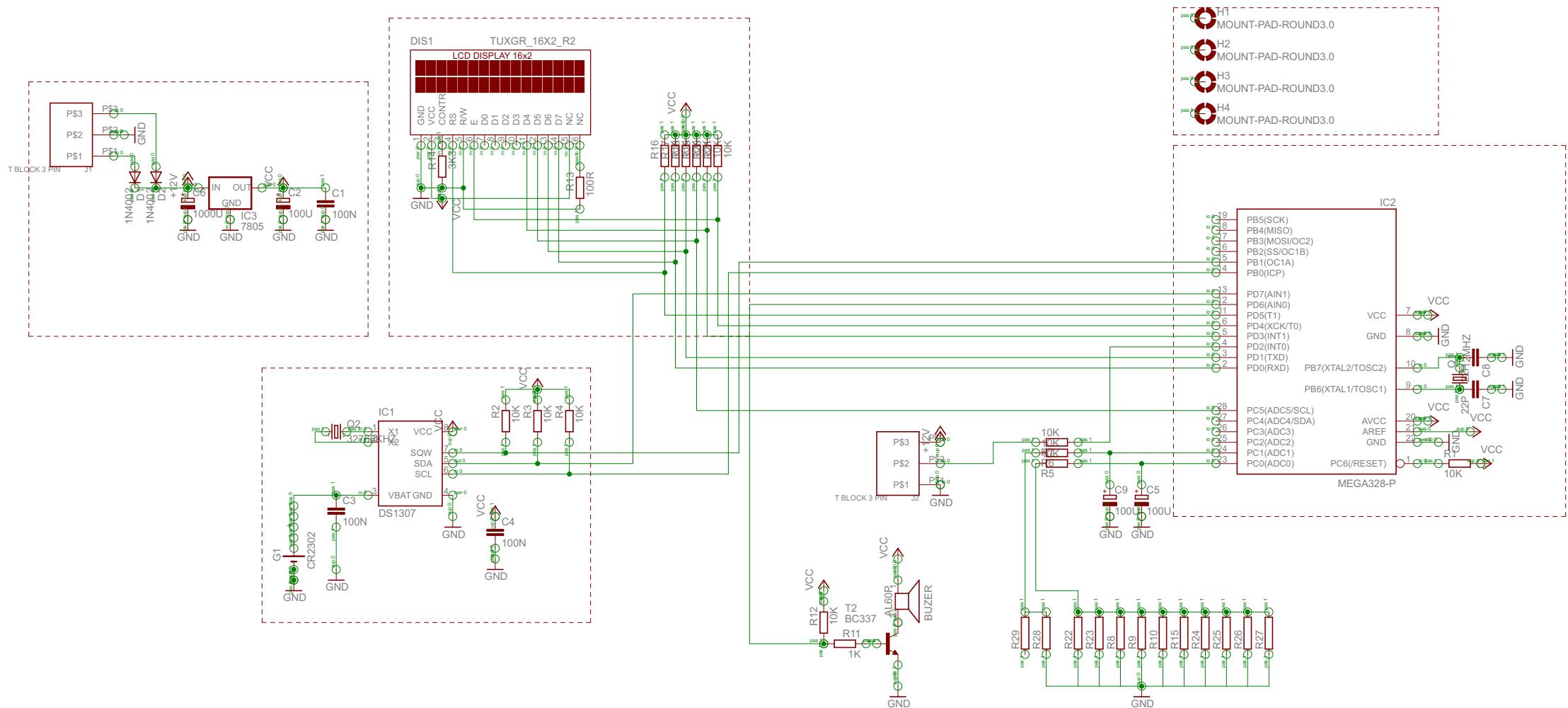
```
I2cubyte &H10
```

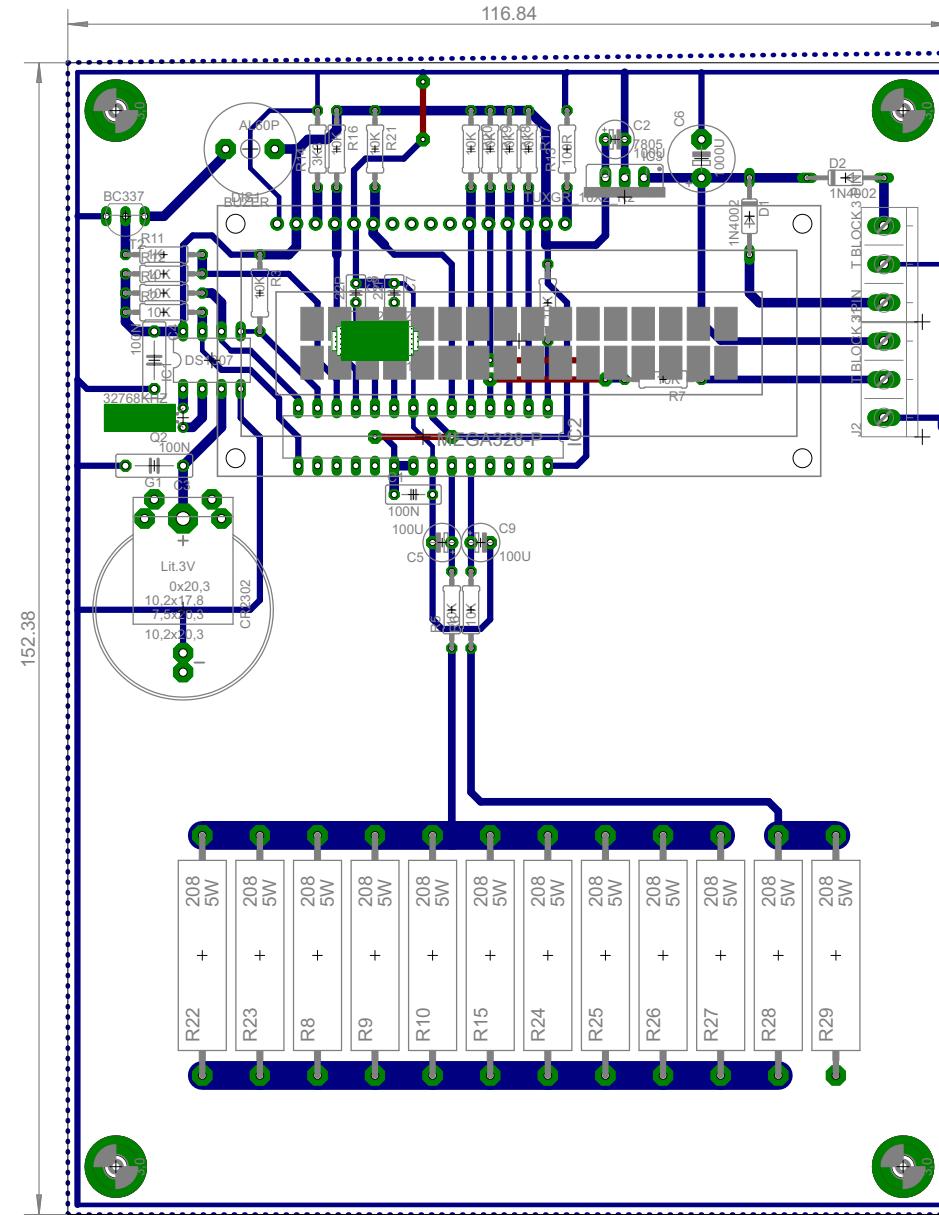
```
'control
```

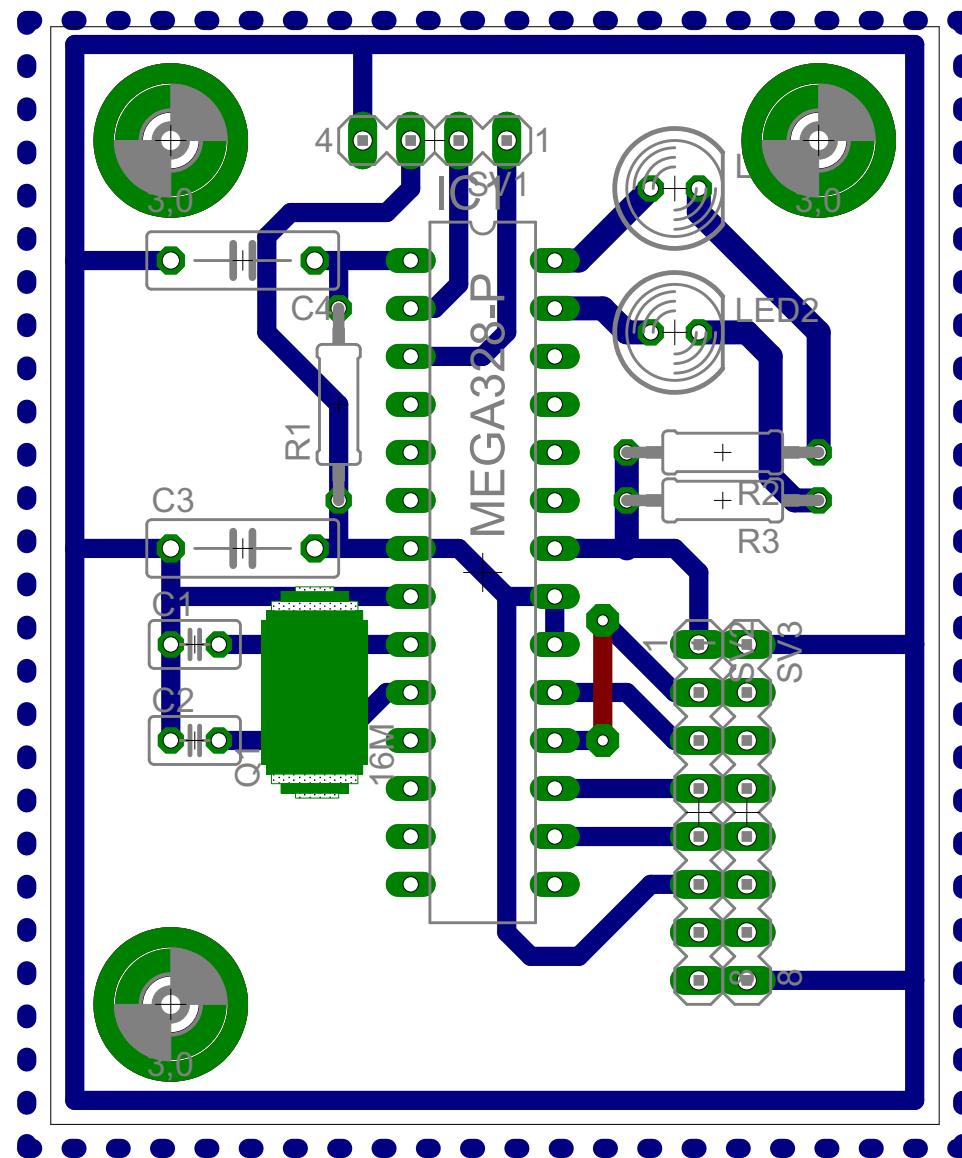
```
I2cstop
```

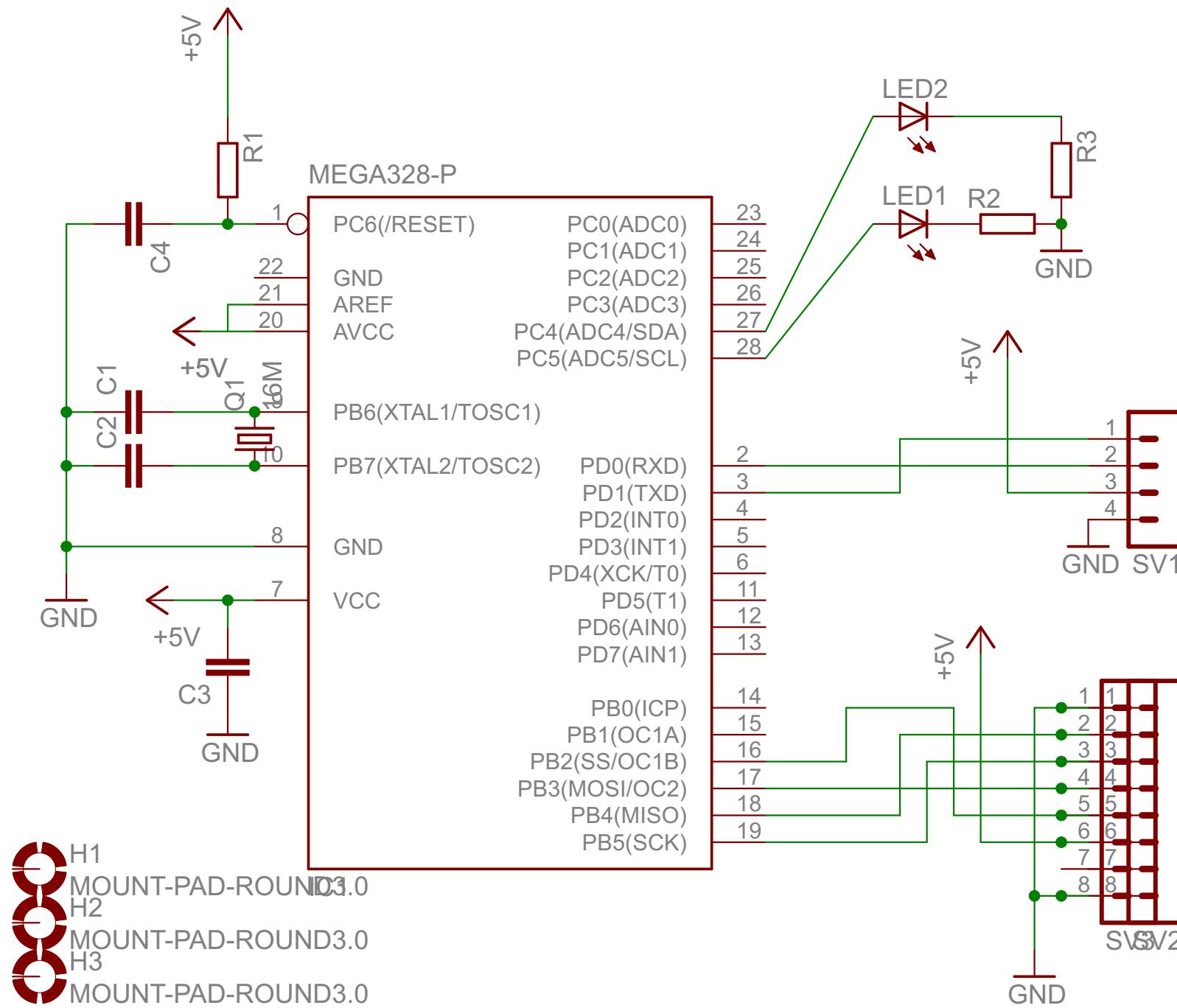
```
End Sub
```











Organize ▾ Open ▾ Print Burn New folder

datalog - Notepad

File Edit Format View Help

Time	Date	V	I	P	RPM
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