

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN DATA LOGGER
UNTUK KECEPATAN ANGIN DAN RADIASI MATAHARI
MENGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA**

SKRIPSI



Disusun Oleh :

**DANA SURYADI
NIM. 09.12.911**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2012**

RESEARCH AND DEVELOPMENT AND MANAGEMENT
INFORMATION SYSTEMS AND HIGHLY INTEGRATED SYSTEMS
ASPECTS OF INFORMATION MANAGEMENT

1991-1992

1991-1992
RESEARCH AND
DEVELOPMENT

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN
ANN ARBOR, MICHIGAN 48106-1000
INTERNATIONAL INFORMATION CENTER
AND THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARY
1992

LEMBAR PERSETUJUAN

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN DATA LOGGER UNTUK KECEPATAN ANGIN DAN RADIASI MATAHARI MENGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA

SKRIPSI

Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektronika Strata Satu (S-1)

Disusun Oleh :
Dana Suryadi
NIM. 09.12.911

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1


Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP.Y.1018800189

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP. Y. 1018800189


Dr. Eng. Aryunto Soetedjo, ST. MT
NIP. Y. 1030800417

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2012

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dana Suryadi
NIM : 09.12.911
Program Studi : Teknik Elektro – S1
Konsentrasi : Teknik Elektronika

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi yang saya buat adalah hasil karya sendiri, tidak merupakan plagiasi dari karya orang lain. Dalam Skripsi ini tidak memuat karya orang lain, kecuali dicantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, dan apabila di kemudian hari ada pelanggaran atas surat pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksinya.

Malang, 06 Juli 2012

Yang membuat Pernyataan,



Dana Suryadi
NIM. 09.12.911



PERENCANAAN DAN PEMBUATAN DATA LOGGER UNTUK KECEPATAN ANGIN DAN RADIASI MATAHARI MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA

Dana Suryadi
09.12.911

Email: eat227@yahoo.co.id

Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Elektronika
Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Raya Karanglo Km 2 Malang

Abstrak

Alat pencatat kecepatan angin dan radiasai matahari adalah alat yang dapat membantu seperti aktifitas olah raga paralayang, membantu BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika), dan bagi para peneliti yang ingin membuat tenaga listrik yang memanfaatkan kecepatan angin dan panas matahari.

Mikrokontroler selain memiliki berbagai macam manfaat, juga memiliki kekurangan dalam hal kurangnya kapasitas memori data. Salah satu media yang dapat digunakan sabagai memori tambahan adalah Multimedia Card (MMC) atau *Secure Digital* (SD Card). Maka dari itu perlu dibangun suatu sistem antarmuka yang dapat menghubungkan mikrokontroler dengan MMC/SD Card sehingga dapat digunakan sebagai suatu media penyimpanan data.

Sistem ini dirancang dengan menggunakan mikrokontroler, rangkaian antarmuka antara mikrokontroler dan MMC/SD Card serta menggunakan LCD untuk monitoring waktu pengambilan data. Pada pengujian fungsi dasar sistem, dilakukan penulisan data ke MMC/SD Card dalam bentuk file dengan format .hex serta pembacaan data dari MMC/SD Card ke komputer melalui *Card Reader* sehingga data *logger* ini bersifat *portable*. Sedangkan pada pengujian aplikasi sistem ini diaplikasikan sebagai data logger kecepatan angin dan radiasi matahari. Data dari Anemometer dan Sel surya ditampilkan di LCD dan di simpan ke dalam MMC/SD Card tiap 10 detik sekali sesuai dengan pengaturan dan data dikirim berdasarkan waktu dan tanggal yang diperoleh dari komponen RTC (*Real Time Clock*).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang telah dibuat dapat bekerja dengan error rata-rata 3.45% untuk radiasi matahari dan error rata-rata 4.46% untuk kecepatan angin. Sistem ini juga bisa diaplikasikan ke dalam aplikasi data *logger* lainnya.

Kata Kunci: mikrokontroler, LCD, RTC, MMC/SD Card

Abstract

wind speed recording devices and solar radiation is a tool that can help such asparagliding sports activities, helping BMKG (the Meteorology, Climatology and Geophysics), and for researchers who want to harness the power of wind speed and solar heat.

Microcontrollers in addition to having a wide range of benefits, it also has shortcomings in terms of lack of memory capacity data. One of the media that can be used as an additional memory is Multimedia Card (MMC) or Secure Digital (SD Card). Therefore necessary to develop an interface system that can connect the microcontroller with MMC/SD Card so it can be used as a data storage medium.

The system is designed using a microcontroller, a series of interfaces between the microcontroller and MMC/SD Card and use the LCD for monitoring the data retrieval time. On testing the basic functions of the system, is done by writing data to MMC/SD Card in the form of file format .hex, and by reading data from the MMC/SD Card into the computer via a data logger Card Reader so it will be portable. While the testing of the application of this system is applied as a data logger wind speed and solar radiation. Data from the Anemometer and Solar cells are displayed in the LCD and stored into the MMC/SD Card once every 10 seconds according to the settings and data are sent based on the time and date obtained from the components of the RTC (Real Time Clock).

The test results show that the system has been created to work with an average error 3.45% for solar radiation and the average error 4.46% for wind speed. This system can also be applied to a data logger applications others.

Keyword: *Microcontrollers, LCD, RTC, MMC/SD Card*

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas Kasih dan Setia-Nya, telah memberikan kesehatan, kekuatan, kesabaran, bimbingan dan perlindungan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul:

”PERANCANGAN DAN PEMBUATAN DATA LOGGER UNTUK KECEPATAN ANGIN DAN RADIASI MATAHARI MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA”

Pembuatan skripsi ini disusun guna memenuhi syarat akhir kelulusan pendidikan jenjang Strata I di Institut Teknologi Nasional Malang. Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan baik moril maupun materiil, saran dan dorongan semangat dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT. Selaku rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. Sidik Noertjahjono, MT. Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.
3. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT. Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
4. Bapak Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST. MT. Selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
5. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT. Selaku Dosen Pembimbing I.
6. Bapak Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST. MT. Selaku Dosen Pembimbing II.
7. Orang tuaku bapak, ibu(+) dan saudaraku tercinta, terima kasih atas doa, kasih sayang, perhatian, serta dukungan baik materi maupun non-materi yang tak ternilai yang telah diberikan.
8. Dan semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak yang perlu disempurnakan. Oleh sebab itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Akhir kata, penulis mohon maaf kepada semua pihak bilamana selama penyusunan skripsi ini penyusun membuat kesalahan secara tidak sengaja dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, 05 April 2012

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Persetujuan	ii
Surat Pernyataan Orisinalitas.....	iii
Abstrak.....	iv
Abstract	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	vii
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar	xii
Daftar Lampiran.....	xv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metode Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Data Logger.....	5
2.2 Matahari	5
2.2.1 Energi Matahari	6
2.2.2 Klasifikasi Energi Matahari.....	6
2.2.3 Radiasi Matahari.....	7
2.3 Sel Surya	8
2.4 Pembagi Tegangan.....	11
2.5 Angin	12
2.6 Weather Meters (<i>Anemometer, Wind Vane, and Rain Gauge</i>)	14
2.7 Mikrokontroler ATmega16	15
2.7.1 Spesifikasi Mikrokontroler ATmega16	16
2.7.2 Fungsi Pin Mikrokontroler ATmega16	19

2.7.3	Arsitektur Mikrokontroler ATmega16	21
2.7.4	Peta Memori Mikrokontroler ATmega16.....	22
2.7.4.1	Memori Program	22
2.7.4.2	Memori Data (SRAM)	23
2.7.4.3	Memori Data EEPROM	24
2.7.5	Analog to Digital Converter	24
2.7.6	Rangkaian Osilator	25
2.7.7	Rangkaian Reset	25
2.8	RTC (<i>Real Time Clock</i>).....	26
2.9	I ² C (<i>Inter Integrated Circuit</i>).....	28
2.10	LCD 2x16 (<i>M1632</i>).....	29
2.11	MMC/Secure Digital Card (SD Card).....	32
2.12	Mode Serial Peripheral Interface (SPI).....	36
2.13	EMS (<i>Embedded Module Series</i>) SD/MMC/FRAM	39

BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1	Perencanaan Sistem.....	41
3.2	Perencanaan Dan Pembuatan Perangkat Keras.....	43
3.2.1	Perencanaan Rangkaian Sel Surya	43
3.2.2	Perencanaan Pengkondisi Sinyal (Pembagi Tegangan).....	44
3.2.3	Perencanaan Rangkaian Anemometer	44
3.2.4	Perencanaan <i>Interface</i> Mikrokontroler.....	45
3.2.5	Perencanaan Rangkaian <i>Osilator</i>	46
3.2.6	Perencanaan Rangkaian <i>Reset</i>	47
3.2.7	Perencanaan RTC (<i>Real Time Clock</i>)	48
3.2.8	Perencanaan LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>) M1632	50
3.2.9	Perencanaan <i>Interface</i> Modul EMS.....	51
3.3	Perencanaan dan Pembuatan PCB	53
3.3.1	Perencanaan Tata Letak Komponen	53
3.3.2	Perencanaan Jalut Pengawatan (<i>Etching</i>)	53
3.3.3	Pengeboran PCB	55
3.3.4	Pelapisan Timah PCB	55
3.4	Perencanaan dan Pembuatan Perangkat Lunak	56
3.4.1	Perencanaan Software	56

3.4.2 Flow Chart	58
3.5 Perencanaan dan Pembuatan Mekanik	59

BAB IV PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Spesifikasi Alat	62
4.2 Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal (pembagi Tegangan)	64
4.2.1 Tujuan Pengujian	64
4.2.2 Peralatan Pengujian	64
4.2.3 Prosedur Pengujian	64
4.2.4 Hasil Pengujian dan Analisa	65
4.3 Pengujian Minimum Sistem Mikrokontroler ATmega16	66
4.3.1 Tujuan Pengujian	66
4.3.2 Peralatan Pengujian	66
4.3.3 Prosedur Pengujian	67
4.3.4 Program Pengujian Minimum Sistem	67
4.3.5 Hasil Pengujian dan Analisa	68
4.4 Pengujian ADC <i>Internal</i> ATmega16	68
4.4.1 Tujuan Pengujian	68
4.4.2 Peralatan Pengujian	68
4.4.3 Prosedur pengujian	69
4.4.4 Hasil Pengujian dan Analisa	69
4.5 Pengujian <i>Interface</i> Modul LCD	71
4.5.1 Tujuan Pengujian	71
4.5.2 Peralatan Pengujian	71
4.5.3 Prosedur Pengujian	71
4.5.4 Hasil pengujian dan Analisa	72
4.6 Pengujian <i>Interface</i> RTC	73
4.6.1 Tujuan Pengujian	73
4.6.2 Peralatan Pengujian	73
4.6.3 Prosedur Pengujian	73
4.6.4 Hasil Pengujian dan Analisa	74
4.7 Pengujian <i>Interface</i> Modul EMS untuk MMC/SD Card	75
4.7.1 Tujuan Pengujian	75
4.7.2 Peralatan Pengujian	75

4.7.3	Prosedur Pengujian	75
4.7.4	Hasil Pengujian dan Analisa	75
4.8	Pengujian Alat	77
4.8.1	Pengujian <i>Interface</i> Sel Surya	77
4.8.1.1	Tujuan Pengujian	77
4.8.1.2	Peralatan Pengujian	77
4.8.1.3	Prosedur Pengujian	77
4.8.1.4	Hasil pengujian	78
4.8.1.5	Analisa	82
4.8.2	Pengujian <i>Interface</i> Anemometer	83
4.8.2.1	Tujuan Pengujian	83
4.8.2.2	Peralatan Pengujian	83
4.8.2.3	Prosedur Pengujian	83
4.8.2.4	Hasil Pengujian	84
4.8.2.5	Analisa	87
4.8.3	Pengujian Data Keseluruhan yang Tersimpan di MMC/SD Card	87
4.8.3.1	Tujuan Pengujian	87
4.8.3.2	Peralatan Pengujian	87
4.8.3.3	Prosedur Pengujian	87
4.8.3.4	Hasil Pengujian dan Analisa	88
4.9	Disipasi Daya Alat	89

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	90
5.2	Saran.....	90

Daftar Pustaka

Lampiran

Biodata Penulis

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Fungsi Alternatif <i>Port A</i>	19
Tabel 2.2 Fungsi Alternatif <i>Port B</i>	20
Tabel 2.3 Fungsi Alternatif <i>Port C</i>	20
Tabel 2.4 Fungsi Alternatif <i>Port D</i>	21
Tabel 2.5 Pin-pin LCD dan Fungsinya	31
Tabel 2.6 Konfigurasi Pin SD Card dengan SPI Mode	37
Tabel 2.7 Konfigurasi Pin MMC dengan SPI Mode	37
Tabel 2.8 Command Frame SD Card	39
Tabel 2.9 Penjelasan Konfigurasi Pin EMS (<i>Embedded Module Series</i>) SD/MMC/FRAM.....	40
Tabel 3.1 Konfigurasi <i>Port</i>	45
Tabel 3.2 Konfigurasi <i>Port</i> LCD dengan MCU	49
Tabel 3.3 Konfigurasi <i>Port</i> RTC dengan MCU	51
Tabel 3.4 Konfigurasi <i>Port</i> SD Card dengan MCU	52
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sel Surya	65
Tabel 4.2 Hasil Pengujian ADC	69
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Rangkaian RTC.....	74
Tabel 4.4 Penjelasan Hasil Data yang Tersimpan di MMC/SD Card	76
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Sel Surya Terkena Sinar Matahari	78
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Alat yang dibandingkan dengan Alat Solar Power Meter (<i>TM-750</i>)	80
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Alat pada Alam Bebas	84
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Alat yang dibandingkan dengan Alat Lutron (<i>AM-407</i>)	85
Tabel 4.9 Hasil Pengukuran Konsumsi Arus pada masing-masing Blok.....	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagian Sel Surya.....	8
Gambar 2.2 Struktur Lapisan Tipis Sel Surya	9
Gambar 2.3 Spektrum Radiasi Sinar Matahari	10
Gambar 2.4 Transisi Penyinaran Sel Surya	10
Gambar 2.5 Bagian Detail Sel Surya	11
Gambar 2.6 Bagian Detail Sel Surya	11
Gambar 2.7 Bagian Detail Sel Surya	14
Gambar 2.8 Konfigurasi Pin Anemometer	15
Gambar 2.9 Blok Diagram Fungsional Atmega16	18
Gambar 2.10 Konfigurasi Pin ATmega16.....	19
Gambar 2.11 Arsitektur Mikrokontroler ATmega16.....	22
Gambar 2.12 Peta Memori ATmega16	23
Gambar 2.13 Peta Memori Data ATmega16.....	23
Gambar 2.14 Rangkaian Osilator	25
Gambar 2.15 Rangkaian <i>Power On Reset</i>	26
Gambar 2.16 konfigurasi pin <i>Real Time Clock</i> (RTC) DS 1307.....	27
Gambar 2.17 Konfigurasi Pin LCD M1632	30
Gambar 2.18 Bentuk Fisik LCD M1632	32
Gambar 2.19 Timing Diagram Perintah READ	33
Gambar 2.20 Timing Diagram Perintah WRITE.....	34
Gambar 2.21 Bentuk dan Pin Pada MMC/SD Card	36
Gambar 2.22 Satu Master Satu Slave	38
Gambar 2.23 Satu Master, Beberapa Slave	38
Gambar 2.24 Timing diagram SPI	38
Gambar 2.25 Bentuk Fisik, EMS (Embedded Module Series) SD/MMC/FRAM.....	40
Gambar 3.1 Diagram Blok Keseluruhan Sistem	41
Gambar 3.2 Rangkaian <i>Interface</i> Sel Surya dengan MCU	43
Gambar 3.3 Rangkaian Pembagi Tegangan.....	44
Gambar 3.4 Rangkaian <i>Interface</i> Anemometer dengan MCU	45
Gambar 3.5 <i>Interface</i> MCU	45
Gambar 3.6 Rangkaian <i>Interface Osilator</i> dengan MCU.....	47

Gambar 3.7 Rangkaian <i>Interface Reset</i> dengan MCU	48
Gambar 3.8 Rangkaian <i>Interface RTC</i> dengan MCU	49
Gambar 3.9 Rangkaian <i>Interface LCD</i> dengan MCU	51
Gambar 3.10 <i>Interface EMS</i> dengan MCU	52
Gambar 3.11 Tata Letak Komponen	53
Gambar 3.12 Jalur pengawatan.....	54
Gambar 3.13 Penyolderan Pada Kaki Komponen.....	56
Gambar 3.14 Tampilan Utama Bascom AVR.....	57
Gambar 3.15 Tampilan <i>Ponyprog2000</i>	57
Gambar 3.16 Flowchart Sistem Data Logger Kecepatan Angin dan Radiasi Matahari	58
Gambar 3.17 Mekanik.....	59
Gambar 3.18 Boks Tampak Atas.....	60
Gambar 3.19 Boks Tampak Sisi Kanan.....	60
Gambar 3.20 Boks Tampak Sisi Kiri.....	61
Gambar 4.1 Alat Keseluruhan	63
Gambar 4.2 Diagram Blok Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal	64
Gambar 4.3 Hasil Pengukuran Pembagi Tegangan	65
Gambar 4.4 Diagram Blok Pengujian Minimum Sistem	67
Gambar 4.5 Nyala LED Pada Mikrokontroler	68
Gambar 4.6 Diagram Blok Pengujian ADC	69
Gambar 4.7 (a) Hasil Pengukuran Vin ADC (b) Hasil pengukuran ADC pada LCD.....	70
Gambar 4.8 Diagram Blok Pengujian Interface Modul LCD	72
Gambar 4.9 Tampilan Hasil Pengujian LCD	72
Gambar 4.10 Diagram Blok Pengujian Rangkaian RTC.....	73
Gambar 4.11 Hasil Pengujian Rangkaian RTC pada LCD	74
Gambar 4.12 Diagram Blok Pengujian Interface Modul EMS untuk MMC/SD Card.....	75
Gambar 4.13 Tampilan Data dari MMC/SD Card Menggunakan Program Hyperterminal	76
Gambar 4.14 Diagram Blok Pengujian Sel Surya	78
Gambar 4.15 Hasil Pengukuran Terkena Sinar Matahari	79
Gambar 4.16 Diagram Blok Pengujian Sel Surya Keseluruhan.....	80

Gambar 4.17 (a) Hasil Pengukuran Solar Power Meter	
(b) Hasil Pengukuran Alat Pada LCD	81
Gambar 4.18 Diagram Blok Pengujian Anemometer.....	84
Gambar 4.19 (a) Hasil Pengukuran Lutron	
(b) Hasil Pengukuran Alat pada LCD.....	87
Gambar 4.20 Diagram Blok Pengujian Hasil Data yang Tersimpan didalam MMC/SD Card.....	88
Gambar 4.21 Hasil dari Pembacaan MMC/SD Card Dengan Program Delphi	89

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Berita Acara Skripsi
- Lampiran 2. Formulir Perbaikan Skripsi
- Lampiran 3. Formulir Bimbingan Skripsi
- Lampiran 4. Skema Rangkaian Elektronik
- Lampiran 5. Listing Program.
- Lampiran 6. Datasheet

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Teknologi sebagai hasil peradaban manusia yang semakin maju, dirasakan sangat membantu dan mempermudah manusia dalam memenuhi kebutuhan di zaman modern seperti saat ini. Walaupun terkadang teknologi yang berkembang dengan sangat cepat membawa dampak positif bagi manusia dan mempermudah masalah yang akan dihadapi. Berbagai macam penemuan menambah berbagai aspek kehidupan manusia mulai dari transportasi, telekomunikasi dan Informasi, komputer, kedokteran, pertanian sampai dengan dunia industri. Kemajuan tersebut salah satunya dapat dilihat dengan banyaknya piranti-piranti elektronik yang dapat membantu atau mempermudah suatu pekerjaan yang dilakukan oleh manusia menjadi lebih praktis, ekonomis, dan efisien tanpa memandang jarak dan waktu. Antara lain banyak sekali bermunculan alat telekomunikasi (hp) dengan dilengkapi fasilitas *bluetooth*, kamera, music/mp3, MMC/SD-CARD atau MICRO-SD, dan lain-lain. Dan untuk MMC/SD-CARD itu sendiri sangat diperlukan bagi hp tersebut di karenakan MMC/SD-CARD tersebut berfungsi sebagai penyimpan data berupa foto, lagu/mp3, video/3gp, dan lain-lain. Dalam bidang elektronika itu sendiri MMC/SD-CARD juga sangat diperlukan untuk menyimpan sebuah data *logger* berupa kecepatan angin, radiasi matahari, dan lain-lain. Adapun data *logger* itu sendiri ialah sebuah perangkat elektronik yang mencatat data dari waktu ke waktu atau dalam kaitannya dengan lokasi baik dengan melalui *built in instrument* atau *sensor* atau melalui instrumen dan sensor eksternal. Memakai Data *logger* dengan media penyimpanan MMC/SD-CARD itu lebih menguntungkan dikarenakan dapat menyimpan data lebih banyak kapasitasnya dari pada EEPROM dan juga lebih praktis. Jika sebuah data *logger* hanya menggunakan EEPROM saja akan rugi di karenakan data yang terdapat pada EEPROM hanya dapat di tampilkan langsung ke output berupa LCD, oleh karena itu data *logger* harus dilengkapi atau diberi MMC/SD-CARD agar penyimpanan datanya lebih banyak dan data dapat di bawa kemana-mana. Data *logger* yang sudah tersimpan pada MMC/SD-CARD dapat di lihat atau di tampilkan pada komputer tidak perlu lagi kita menjalankan alat data *logger* tersebut cukup

hanya dengan menghubungkan MMC/SD-CARD dengan *Card Reader* yang sudah dibuat dan disambungkan pada komputer, sehingga data logger ini bersifat *portable*.

Data *logger* sangat diperlukan oleh para peneliti atau ilmuwan yang sedang melakukan *research* berupa pengambilan data dan data tersebut akan di bandingkan satu dengan yang lain. Oleh karena itu peneliti perlu membutuhkan sebuah data *logger* yang dapat menyimpan banyak data dan dapat menampilkan data tersebut.

Hal ini yang melandasi penulis untuk mengangkat judul “**Perencanaan dan Pembuatan Data Logger untuk Kecepatan Angin dan Radiasi Matahari Menggunakan Mikrokontroler ATmega**” sebagai Skripsi/Tugas Akhir.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas dapat diperoleh permasalahan yang timbul diantaranya yaitu:

1. Bagaimana cara untuk pengambilan data berupa kecepatan angin, dan radiasi matahari.
2. Bagaimana cara data kecepatan angin dan radiasi matahari dapat dibaca oleh MCU.
3. Bagaimana cara untuk penyimpanan data dari MCU ke MMC/SD CARD.

1.3. Tujuan

Dalam merencanakan pembuatan skripsi ini kami mempunyai tujuan:

1. Membuat sebuah sistem yang bisa mendeteksi serta memonitoring kecepatan angin dan radiasi matahari yang datanya dapat direkam menggunakan sistem data *logger*, kemudian dapat dibuka dan dianalisa melalui komputer.
2. Membantu suatu pekerjaan orang seperti para peneliti yang sedang *research*.

1.4. Batasan Masalah

Agar dalam pembuatan skripsi ini tidak mengalami kesulitan dan tidak menyimpang jauh dari tujuan yang diinginkan, maka dalam pembahasan ini penulis memberikan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Anemometer (kecepatan angin) tidak dibahas secara detail.
2. Sel Surya hanya mendeteksi cahaya matahari yang dikonversi menjadi data (untuk radiasi matahari).
3. Tidak membahas program pada PC dan *Card Reader*.
4. Kapasitas yang masuk ke MMC/SD Card per blok 512byte.
5. Tidak membahas angin dan cahaya matahari secara detail maupun dalam proses pengambilan data.

1.5. Metode Penelitian

Adapun metode-metode yang diambil untuk pemecahan masalah meliputi :

1. Studi literatur
Mempelajari teori-teori yang terkait melalui literatur yang telah ada, yang berhubungan dengan pembahasan masalah.
2. Perencanaan dan pembuatan alat
Membuat digram blok rangkaian yang sesuai dengan rencana kerja, yang kemudian direalisasikan dengan masalah perencanaan dan pembuatan berdasarkan diagram blok rangkaian yang telah disusun.
3. Studi analisa alat
Dimaksudkan untuk melakukan analisa dan pengujian alat yang telah dirancang apakah sesuai antara fungsi dengan kerja yang diharapkan.
4. Pengambilan kesimpulan
Dilakukan setelah mendapatkan hasil dari perancangan dan pengujian alat. Jika hasil yang diperoleh telah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan saat dilakukan perancangan, berarti alat tersebut telah dianggap selesai dan sesuai dengan harapan.

5. Penyusunan buku laporan

Bertujuan untuk menyusun data laporan yang berpedoman pada alat yang telah selesai dibuat beserta kesimpulan dan cara kerja alat.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dan memahami pembahasan penulisan skripsi ini, maka sistematika penulisan disusun sebagai berikut:

BAB I : Pendahuluan

Berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : Landasan Teori

Membahas tentang berbagai macam teori yang mendukung dalam perancangan alat ini yang meliputi: Mikrokontroler ATmega16, Sel Surya, MMC/SD-CARD, LCD, RTC.

BAB III : Perancangan dan Pembuatan Alat

Membahas tentang “**Perencanaan dan Pembuatan Data Logger untuk Kecepatan Angin dan Radiasi Matahari Menggunakan Mikrokontroler ATmega**”. Hal ini meliputi perancangan arsitektur hardware dan software.

BAB IV : Pengujian dan Analisa

Mencakup pembahasan tentang proses pengujian alat yang terdiri dari peralatan yang digunakan, langkah kerja dan analisa hasil pengujian.

BAB V : Penutup

Penulis menarik kesimpulan dari apa yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya dan mengemukakan saran-saran yang mungkin akan bermanfaat bagi laporan akhir ini.

BAB II

LANDASAN TEORI

Landasan teori sangat membantu untuk dapat memahami suatu sistem. Landasan teori juga dapat digunakan sebagai acuan di dalam merencanakan suatu sistem. Dengan pertimbangan hal-hal tersebut, maka landasan teori merupakan bagian yang harus dipahami untuk pembahasan lebih lanjut.

2.1. Data Logger

Sebuah data *logger* (perekam data) adalah pencatat data dari waktu ke waktu atau dalam kaitannya dengan lokasi baik dengan *built in instrument sensor* atau melalui instrumen dan sensor eksternal.

Salah satu manfaat utama menggunakan data *logger* adalah kemampuan untuk secara otomatis mengumpulkan penyimpanan data. Setelah aktivasi, data *logger* biasanya ditempatkan dan dijaga untuk mengukur dan mencatat informasi selama periode pemantauan. Hal ini memungkinkan untuk pengambilan data yang akurat tentang kondisi lingkungan yang dipantau, seperti kecepatan angin dan radiasi matahari.

2.2. Matahari^[12]

Matahari disebut juga dengan kata Surya yaitu bintang yang terdekat dengan Bumi dengan jarak sekitar 149.680.000 kilometer (93.026.724 mil). Matahari adalah suatu bola gas yang pijar dan ternyata tidak berbentuk bulat betul. Matahari mempunyai khatulistiwa dan kutub karena gerak rotasinya. Garis tengah ekuatorialnya 864.000 mil, sedangkan garis tengah antar kutubnya 43 mil lebih pendek. Matahari merupakan anggota Tata Surya yang paling besar, karena 98% massa tata surya terkumpul pada matahari.

Di samping sebagai pusat peredaran, matahari juga merupakan pusat sumber tenaga di lingkungan tata surya. Matahari terdiri dari inti dan tiga lapisan kulit, masing – masing fotosfer, kromosfer dan korona. Untuk terus bersinar, matahari, yang terdiri dari gas panas menukar zat hidrogen dengan zat helium melalui reaksi fusi nuklir pada kadar 600 juta ton, dengan itu kehilangan empat juta ton massa setiap saat.

Matahari dipercayai terbentuk pada 4,6 miliar tahun lalu. Kepadatan massa matahari adalah 1,41 berbanding massa air. Jumlah tenaga matahari yang sampai ke permukaan Bumi yang dikenali sebagai konstan surya menyamai 1.370 watt per meter persegi setiap saat.

Untuk memanfaatkan potensi energi surya tersebut, ada 2 (dua) macam teknologi yang sudah diterapkan, yaitu teknologi energi surya thermal dan energi surya fotovoltaik. Energi surya thermal pada umumnya digunakan untuk memasak (kompor surya), mengeringkan hasil pertanian (perkebunan, perikanan, kehutanan, tanaman pangan) dan memanaskan air. Energi surya fotovoltaik digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik, pompa air, televisi, telekomunikasi, dan lemari pendingin di Puskesmas dengan kapasitas total ± 6 MW.

2.2.1. Energi Matahari^[12]

Energi matahari sudah dimanfaatkan dibanyak belahan dunia dan jika dieksplotasi dengan tepat, energi ini berpotensi mampu menyediakan kebutuhan konsumsi energi dunia saat ini dalam waktu yang lebih lama. Matahari dapat digunakan secara langsung untuk memproduksi listrik atau untuk memanaskan bahkan untuk mendinginkan. Potensi masa depan energi surya hanya dibatasi oleh keinginan kita untuk memanfaatkannya.

2.2.2 Klasifikasi Energi Matahari^[12]

Solar Energi Panel dari NASA (*National Aeronautic and Space Administration*) tahun 1997 mengklasifikasikan penggunaan energi matahari ke dalam dua sistem koleksi yaitu sistem koleksi alamiah dan sistem koleksi teknologi. Dari pengklasifikasian diatas untuk koleksi alamiah yaitu air, angin, bahan bakar organik dan perbedaan temperatur lautan sedangkan untuk koleksi teknologi terdapat dua aplikasi utama dari energi matahari yaitu produksi listrik (*fotovoltaik*) dan produksi panas thermal.

Fotovoltaik digunakan untuk mengkonversikan intensitas radiasi matahari menjadi energi listrik. Energi panas dihasilkan juga dari radiasi matahari dan dapat dikumpulkan atau dipusatkan dengan pengumpul (kolektor). Energi panas ini biasanya digunakan untuk kolektor matahari, pompa- pompa pemanas dan lain - lain.

Didalam laporan ini membahas pembuatan alat ukur yang menggunakan sel surya yang dikonversi mejadi data alat ukur untuk radiasi matahari.

2.2.3. Radiasi Matahari^[12]

Radiasi Matahari adalah pancaran energi yang berasal dari proses thermonuklir yang terjadi di Matahari. Energi radiasi Matahari berbentuk sinar dan gelombang elektromagnetik. Spektrum radiasi Matahari sendiri terdiri dari dua yaitu, sinar bergelombang pendek dan sinar bergelombang panjang. Sinar yang termasuk gelombang pendek adalah sinar x, sinar gamma, sinar *ultraviolet*, sedangkan sinar gelombang panjang adalah sinar infra merah.

Ada tiga macam cara radiasi matahari/surya sampai ke permukaan bumi yaitu :

1. Radiasi langsung (*Beam/Direct Radiation*).

Adalah radiasi yang mencapai bumi tanpa perubahan arah atau radiasi yang diterima oleh bumi dalam arah sejajar sinar datang.

2. Radiasi hambur (*Diffuse Radiation*).

Adalah radiasi yang mengalami perubahan akibat pemantulan dan penghamburan.

3. Radiasi total (*Global Radiation*).

Adalah penjumlahan radiasi langsung dan radiasi hambur. Misalnya data untuk suatu permukaan miring yang menghadap tanah tertutup salju serta menerima komponen radiasi karena pemantulan harus dirinci dulu kondisi saljunya yaitu sifat pantulannya (*Reflektansi*). Karena itu radiasi total pada suatu permukaan bidang miring biasanya dihitung.

Besarnya energi yang dapat diperoleh dari radiasi surya adalah perkalian intensitas radiasi yang diterima dengan luasan dengan persamaan:

$$E = I_r \times A \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

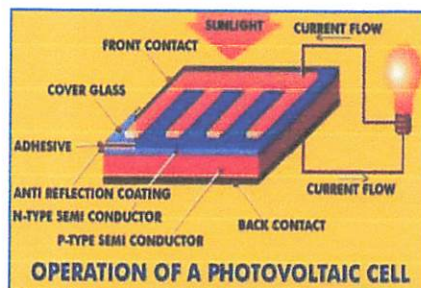
I_r = Intensitas radiasi matahari (W/m^2)

A = Luas permukaan (m^2)

2.3. Sel Surya^[5]

Sel surya atau *sel photovoltaic*, adalah sebuah alat semikonduktor yang terdiri dari sebuah wilayah-besar dioda p-n junction, yang menghasilkan energi listrik jika terkena cahaya matahari. Pengubahan ini disebut efek *photovoltaic*. Bidang riset berhubungan dengan sel surya dikenal sebagai photovoltaics. Sel surya memiliki banyak aplikasi, diantaranya digunakan bila tidak ada ketersediaan listrik seperti wilayah terpencil, satelit pengorbit bumi, kalkulator, pompa air dan lain sebagainya. Sel surya yang dimaksud dalam tugas akhir atau skripsi ini diaplikasikan untuk mendeteksi radiasi matahari dengan cara mengkonversi data menjadi alat ukur radiasi matahari. Pemasangan sel surya sangatlah mudah karena berupa modul atau panel surya yang dapat dipasang di atas atap gedung yang terhubung dengan inverter ke grid listrik dalam sebuah pengaturan net metering. Sel surya merupakan komponen vital yang umumnya terbuat dari bahan semikonduktor.

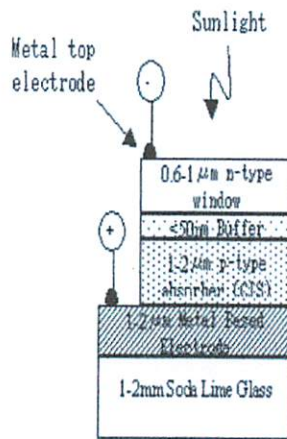
Multicrystalline silikon adalah bahan yang paling banyak dipakai dalam industri sel surya. *Multicrystalline* dan *monocrystalline silikon* menghasilkan efisiensi yang relatif lebih tinggi daripada *amorphous silikon*. Sedangkan *amorphous silikon* dipakai karena biaya yang relatif lebih rendah. Selain dari bahan non-organik diatas dipakai pula molekul-molekul organik walaupun masih dalam tahap penelitian. Sebagai salah satu ukuran performansi sel surya adalah efisiensi. Yaitu prosentasi perubahan energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Efisiensi dari sel surya yang sekarang diproduksi sangat bervariasi. *Monocrystalline silikon* mempunyai efisiensi 12~15 %, *multicrystalline silikon* mempunyai efisiensi 10~13 % dan *amorphous silikon* mempunyai efisiensi 6~9%.



Gambar 2.1. Bagian Sel Surya^[5]

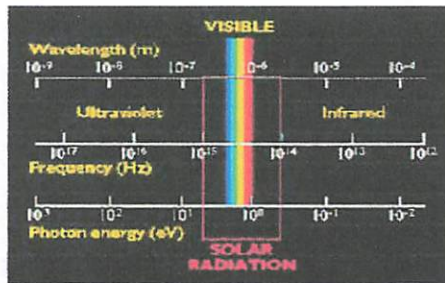
Sel surya pertama memanfaatkan *p-n junction silikon*, yang menjadi cara kerja mendasar pada sel surya jenis apapun. Silikon jenis p (*p-type*) disambung dengan silikon jenis n (*n-type*) menghasilkan sambungan p-n. *p-type* ini maksudnya silikon dengan

kelebihan muatan positif (*surplus hole*) dan *n-type* merupakan material silikon berkelebihan muatan negatif (*surplus electron*). Adanya sambungan p-n ini memungkinkan kedua muatan positif (*hole*) maupun negative (*electron*) dapat berpindah dan mengalir kearah yang berlawanan. Jika kedua ujung sambungan p-n ini dihubungkan dengan sebuah rangkaian listrik, maka *electron* dan *hole* dapat mengalir ke rangkaian. Yang menggerakkan *electron* dan *hole* tersebut menuju rangkaian listrik adalah sinar matahari (*photon*). Gambar berikut merupakan struktur komponen dasar sel surya pada umumnya. Secara sederhana sel surya terdiri dari persambungan bahan semikonduktor bertipe p dan n (*p-n junction semiconductor*), jika tertimpa sinar matahari akan terjadi aliran elektron (aliran arus listrik). Sedangkan struktur dari sel surya adalah seperti ditunjukkan dalam gambar (2.2).



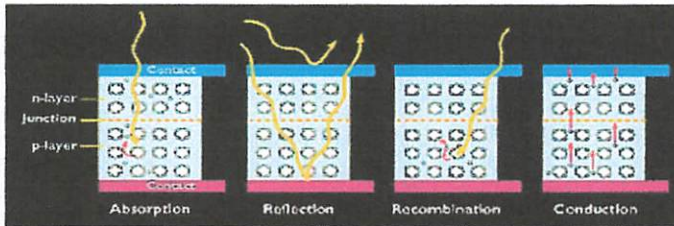
Gambar 2.2. Struktur Lapisan Tipis Sel Surya^[5]

Bagian utama perubah energi sinar matahari menjadi listrik adalah *absorber* (penyerap), meskipun demikian masing-masing lapisan juga sangat berpengaruh terhadap efisiensi dari sel surya. Sinar matahari terdiri dari bermacam-macam jenis gelombang elektromagnetik yang secara *spectrum* dapat dilihat pada gambar 2.3. Sehingga *absorber* tersebut diharapkan dapat menyerap sebanyak mungkin *solar radiation* yang berasal dari cahaya matahari.



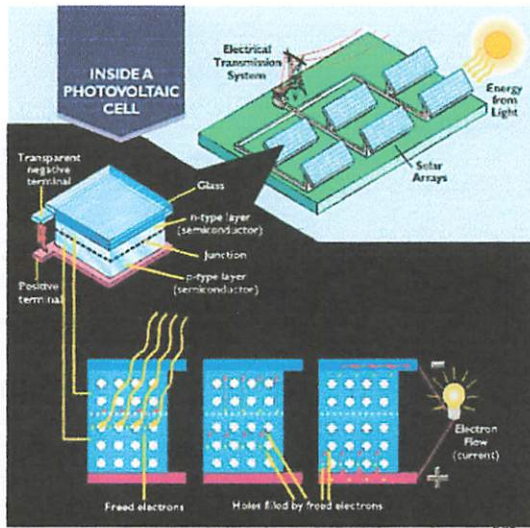
Gambar 2.3. Spektrum Radiasi Sinar Matahari^[5]

Sinar matahari yang terdiri dari photon-photon, jika menimpa permukaan bahan sel surya (*absorber*), akan diserap, dipantulkan, atau dilewatkan begitu saja (pada gambar 2.4), dan hanya foton dengan level energi tertentu yang akan membebaskan elektron dari ikatan atomnya, sehingga mengalir arus listrik. Level energi tersebut disebut energi *band-gap* yang didefinisikan sebagai sejumlah energi yang dibutuhkan untuk mengeluarkan elektron dari ikatan kovalennya sehingga terjadilah aliran arus listrik. Untuk membebaskan elektron dari ikatan kovalennya, energi foton (hc/v) harus sedikit lebih besar atau diatas dari pada energi *band-gap*. Jika energi foton terlalu besar dari pada energi band-gap, maka extra energi tersebut akan dirubah dalam bentuk panas pada sel surya. Karenanya sangatlah penting pada sel surya untuk mengatur bahan yang dipergunakan, yaitu dengan memodifikasi struktur molekul dari semikonduktor yang digunakan.



Gambar 2.4. Transisi Penyinaran Sel Surya^[5]

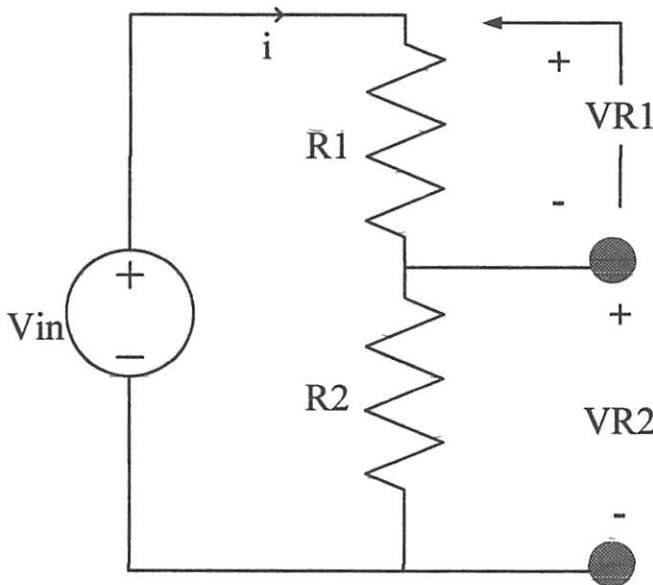
Agar efisiensi dari sel surya bisa tinggi maka foton yang berasal dari sinar matahari harus bisa diserap sebanyak banyaknya, kemudian memperkecil refleksi dan rekombinasi serta memperbesar konduktivitas dari bahannya.



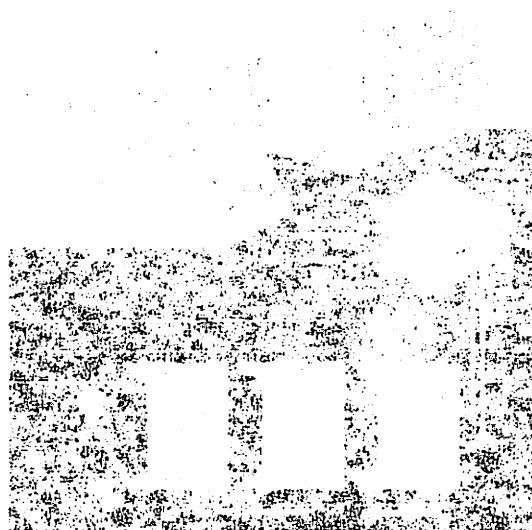
Gambar 2.5. Bagian Detail Sel Surya^[5]

2.4. Pembagi Tegangan

Rangkaian pembagi tegangan biasanya digunakan untuk membuat suatu tegangan referensi dari sumber tegangan yang lebih besar, titik tegangan referensi pada sensor untuk memberikan bias pada rangkaian penguat atau untuk member bias pada komponen aktif. Rangkaian pembagi tegangan dapat dibuat dengan 2 buah resistor, contoh dasar rangkaian pembagi tegangan dengan VR2 dari tegangan sumber V_{in} menggunakan resistor pembagi tegangan $R1$ dan $R2$ seperti pada gambar berikut:



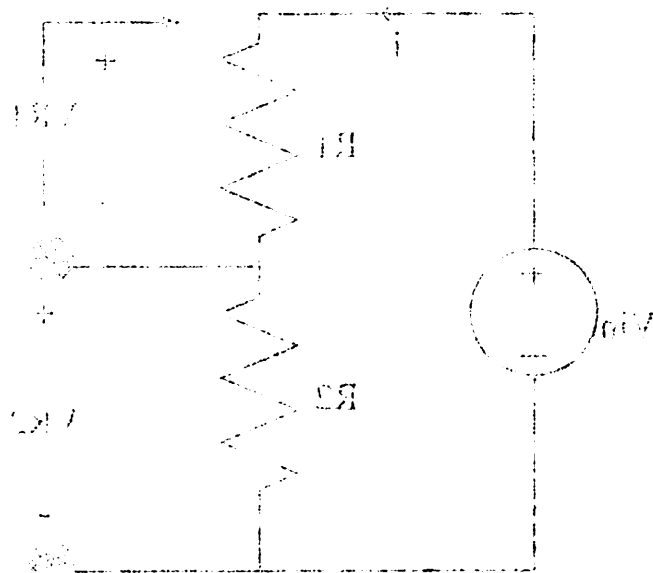
Gambar 2.6. Rangkaian Pembagi Tegangan^[2]



Gambar 1.2. Rangkaian Derivatif

2.2. Rangkaian Tegangan

Rangkaian pembagi tegangan biasanya digunakan untuk memisah-misah tegangan tertentu dari sumber tegangan yang lebih besar. Jika tegangan referensi pada kedua output tidak diperlukan bisa saja dilakukan pembagi untuk memisah-misah pada komponen aktif. Rangkaian pembagi tegangan dapat dibuat dengan 2 buah resistor control loop rangkaian pembagi tegangan dengan V_{R1} dan tegangan sumber V_{in} menggunakan resistor pembagi tegangan $R1$ dan $R2$ seperti pada gambar berikut.



Gambar 2.1. Rangkaian Pembagi Tegangan

Berdasarkan hukum Ohm:

$$V = I \times R$$

Jika dilihat rangkaian pada gambar diatas nilai tegangan input (V_{in}) sudah ditetapkan, kemudian untuk mencari nilai arus yaitu:

$$I = V_{in} / R$$

Karena pada gambar diatas terdapat R_1 dan R_2 yang terhubung seri, maka nilai

$R = R_1 + R_2$, sehingga :

$$I = V_{in} / (R_1 + R_2)$$

Dengan demikian, nilai V_{R1} dapat dipenuhi dengan persamaan:

$$V_{R1} = I \times R_1$$

$$V_{R1} = [V_{in} / (R_1 + R_2)] \times R_1$$

$$V_{R1} = [R_1 / (R_1 + R_2)] \times V_{in}$$

Dengan proses yang sama maka nilai V_{R2} didapat persamaan sebagai berikut:

$$V_{R2} = [R_2 / (R_1 + R_2)] \times V_{in} \dots \dots \dots (2.2)$$

2.5. Angin

Angin yaitu udara yang bergerak yang diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara (tekanan tinggi ke tekanan rendah) di sekitarnya. Angin merupakan udara yang bergerak dari tekanan tinggi ke tekanan rendah atau dari suhu udara yang rendah ke suhu udara yang tinggi.

Sifat Angin Apabila dipanaskan, udara memuai. Udara yang telah memuai menjadi lebih ringan sehingga naik. Apabila hal ini terjadi, tekanan udara turun kerana udaranya berkurang. Udara dingin disekitarnya mengalir ke tempat yang bertekanan rendah tadi. Udara menyusut menjadi lebih berat dan turun ke tanah. Diatas tanah udara menjadi panas lagi dan naik kembali. Aliran naiknya udara panas dan turunnya udara dingin ini dinamakan konveksi.

Alat-alat untuk mengukur angin antara lain:

1. Anemometer, adalah alat yang mengukur kecepatan angin.
2. Wind vane, adalah alat untuk mengetahui arah angin.
3. Windsock, adalah alat untuk mengetahui arah angin dan memperkirakan besar kecepatan angin. Yang biasanya banyak ditemukan di bandara-bandara.

Didalam laporan ini membahas pembuatan data *logger* untuk kecepatan angin yang menggunakan Anemometer.

Faktor Terjadinya Angin

Angin terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara atau perbedaan suhu udara pada suatu daerah atau wilayah. Hal ini berkaitan dengan besarnya energi panas matahari yang di terima oleh permukaan bumi. Pada suatu wilayah, daerah yang menerima energi panas matahari lebih besar akan mempunyai suhu udara yang lebih panas dan tekanan udara yang cenderung lebih rendah. Perbedaan suhu dan tekanan udara akan terjadi antara daerah yang menerima energi panas lebih besar dengan daerah lain yang lebih sedikit menerima energi panas, yang berakibat akan terjadi aliran udara pada wilayah tersebut.

Faktor terjadinya angin, yaitu:

1. Gradien Barometris

Bilangan yang menunjukkan perbedaan tekanan udara dari 2 *isobar* yang jaraknya 111 km. Makin besar *gradien* barometrisnya, makin cepat tiupan angin.

2. Letak Tempat

Kecepatan angin di dekat *khatulistiwa* lebih cepat dari yang jauh dari garis khatulistiwa.

3. Tinggi Tempat

Semakin tinggi tempat, semakin kencang pula angin yang bertiup, hal ini disebabkan oleh pengaruh gaya gesekan yang menghambat laju udara. Di permukaan bumi, gunung, pohon, dan topografi yang tidak rata lainnya memberikan gaya gesekan yang besar. Semakin tinggi suatu tempat, gaya gesekan ini semakin kecil.

4. Waktu

Di siang hari angin bergerak lebih cepat dari pada di malam hari.

2.6. Weather Meters (*Anemometer, Wind Vane, and Rain Gauge*)

Alat ini terdiri dari sebuah baling-baling angin, mangkok anemometer dan ember (tempat) untuk alat ukur curah hujan, yang dihubungkan ke rangkaian (*hardware*). Sensor ini tidak mengandung elektronika aktif didalamnya, tetapi menggunakan *switch* magnet untuk mengambil pengukuran. Untuk menghasilkan suatu keluaran (*output*) harus diberi tegangan *pull up*.

Didalam laporan ini diambil Anemometer untuk pembuatan data *logger* kecepatan angin.

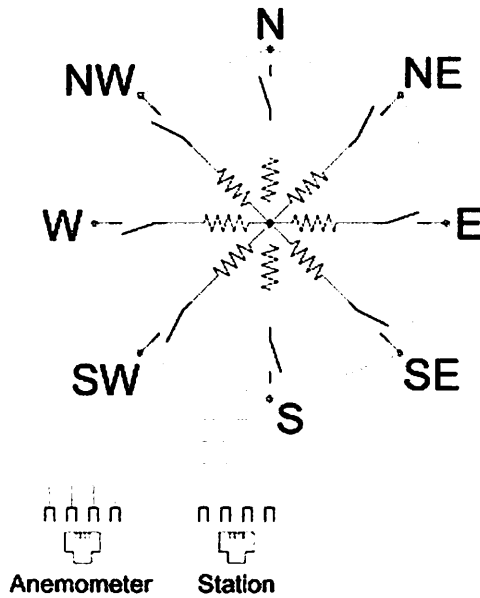
Anemometer

Anemometer dengan tipe mangkok yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin melalui penutupan suatu kontak, didalamnya ada magnet pemutar yang berfungsi untuk mengaktifkan *switch*. Anemometer berupa *logic digital* yang akan aktif/ON sekali setiap detik jika mendeteksi kecepatan angin 2.4 km/h. bentuk Anemometer dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7. Bentuk Fisik Anemometer^[6]

Anemometer dihubungkan melalui kabel RJ11 yang dibagi oleh anemometer dan baling-baling angin (pins 2 dan 3) seperti pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Konfigurasi Pin Anemometer^[6]

2.7. Mikrokontroler ATmega16

Mikrokontroler adalah salah satu dari bagian dasar dari suatu sistem komputer. Meskipun mempunyai bentuk yang jauh lebih kecil dari suatu komputer pribadi dan komputer mainframe, mikrokontroler dibangun dari elemen-elemen dasar yang sama. Secara sederhana, komputer akan menghasilkan keluaran spesifik berdasarkan masukan yang diterima dan program yang dikerjakan. Seperti umumnya komputer, mikrokontroler adalah alat yang mengerjakan instruksi-instruksi yang diberikan kepadanya. Artinya, bagian terpenting dan utama dari suatu sistem terkomputerisasi adalah program itu sendiri yang dibuat oleh seorang programmer. Program ini menginstruksikan komputer untuk melakukan jalinan yang panjang dari aksi-aksi sederhana untuk melakukan tugas yang lebih kompleks. Mikrokontroler adalah suatu chip dengan kepadatan yang sangat tinggi, dimana semua bagian yang diperlukan untuk suatu kontroler sudah dikemas dalam satu keping, biasanya terdiri dari CPU (*Central Processing Unit*), RAM (*Random Access Memory*), EEPROM/EPROM/PROM/ROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*), I/O (*input / output*), Timer/Counter, dan internal memori. Rata-rata mikrokontroler memiliki instruksi manipulasi bit, akses ke I/O secara langsung dan mudah, dan proses interupsi yang cepat dan efisien. Mikrokontroler sekarang ini sudah banyak dapat kita temui dalam berbagai peralatan elektronik, misalnya peralatan yang

terdapat di rumah, seperti telepon digital, microwave oven, televisi, dan masih banyak lagi. Mikrokontroler juga dapat kita gunakan untuk berbagai aplikasi misalnya untuk pengendalian suatu alat, otomasi dalam industri dan lain-lain. Keuntungan menggunakan mikrokontroler adalah harganya murah, dapat diprogram berulang kali, dan dapat diprogram sesuai dengan keinginan kita.

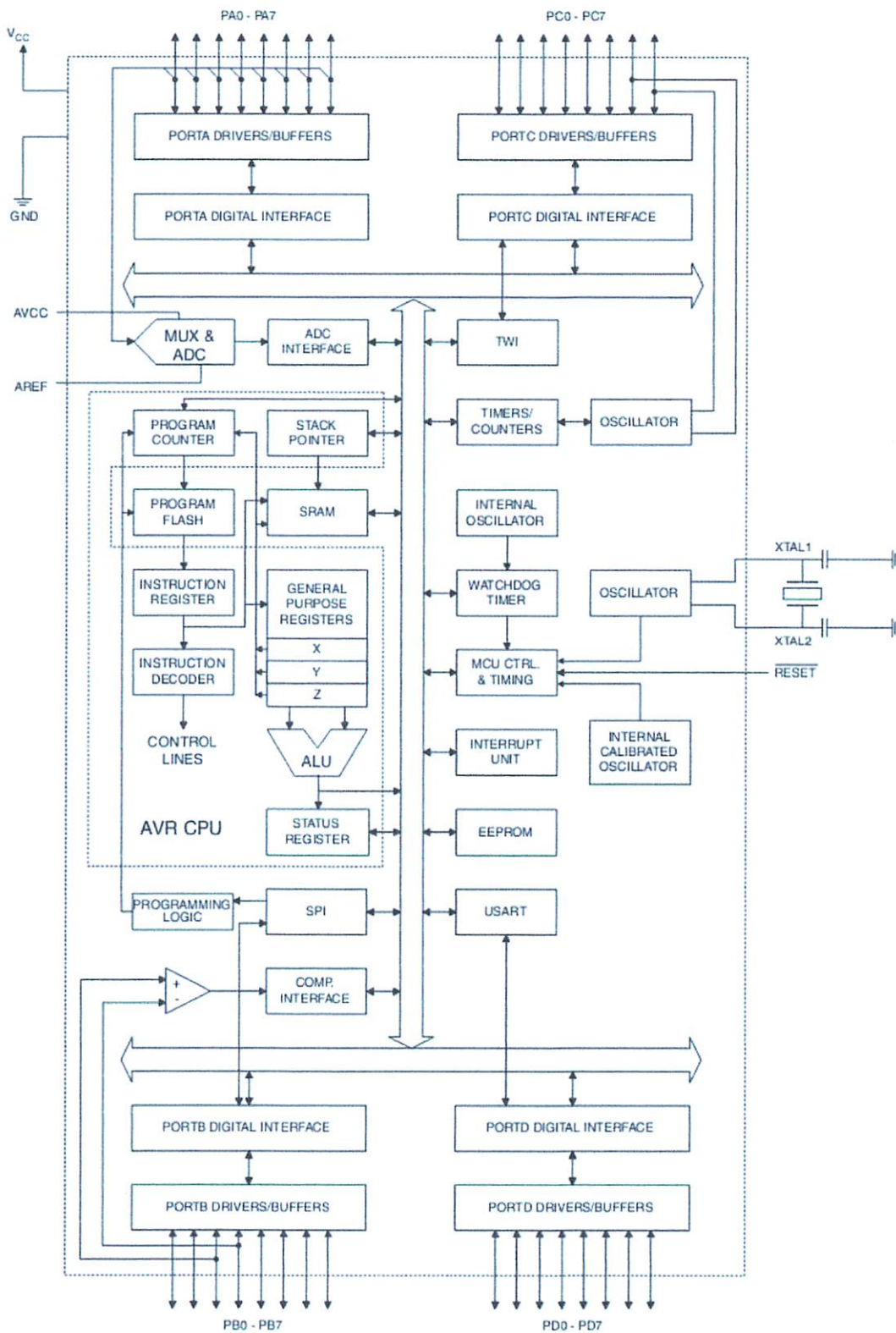
2.7.1. Spesifikasi Mikrokontroler ATmega16

Mikrokontroler AVR (*Advance Virtual RISC*) adalah mikrokontroler RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) 8 bit berdasarkan arsitektur Harvard, yang dibuat oleh Atmel pada tahun 1996. AVR memiliki keunggulan dibandingkan dengan mikrokontroler lain, keunggulan AVR yaitu AVR memiliki kecepatan eksekusi program yang lebih cepat, karena sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 siklus clock, lebih cepat dibandingkan MCS51 yang membutuhkan 12 siklus clock untuk mengeksekusi 1 instruksi. Mikrokontroler ATmega16 memiliki fitur yang lengkap (ADC internal, EEPROM internal, Timer/Counter, Watchdog Timer, PWM, Port I/O, komunikasi serial, Komparator, I2C,dll).

Berikut ini merupakan beberapa spesifikasi ATmega16:

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 Port I/O sebanyak 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D.
4. CPU yang terdiri atas 32 buah register.
5. User interupsi internal dan eksternal.
6. Port USART sebagai komunikasi serial.
7. Konsumsi daya rendah (DC 5V).
8. Fitur peripheral, yang terdiri dari:
 - a. Tiga buah Timer/Counter dengan perbandingan.
 - 2 (dua) buah Timer/Counter 8 bit dengan Prescaler terpisah dan Mode Compare.

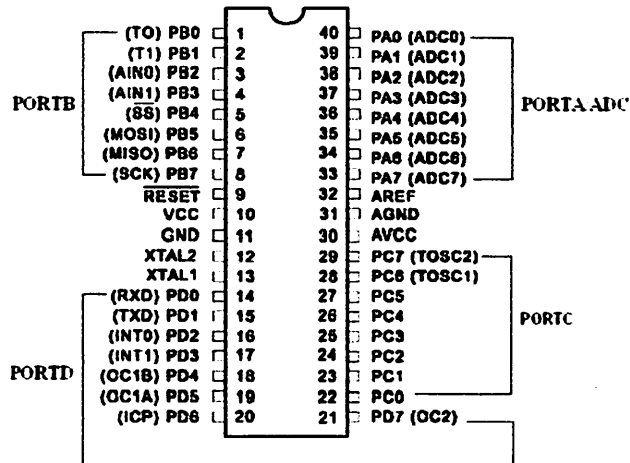
- 1 (satu) buah Timer/Counter 16 bit dengan Prescaler terpisah, Mode Compare, dan Mode Capture.
- b. Real Time Counter dengan osilator tersendiri.
- c. 4 channel PWM.
- d. 8 channel, 10-bit ADC:
 - 8 Single-ended Channel.
 - 7 Differential Channel hanya pada kemasan TQFP.
 - 2 Differential Channel dengan Programmable Gain 1x, 10x, atau 200x.
- e. Byte-oriented Two-wire Serial Interface.
- f. Antarmuka SPI.
- g. Watchdog Timer dengan osilator internal.
- h. On-chip Analog Comparator.



Gambar 2.9. Blok Diagram Fungsional Atmega16^[1]

2.7.2. Fungsi Pin Mikrokontroler ATmega16

IC mikrokontroler dikemas dalam bentuk yang berbeda. Namun pada dasarnya fungsi kaki yang ada pada IC memiliki persamaan. Berikut merupakan gambar IC dan penjelasan pin Atmega16.



Gambar 2.10. Konfigurasi Pin ATmega16^[1]

Berikut adalah penjelasan fungsi tiap kaki.

1. VCC

Power supply

2. GND

Ground

3. Port A (PA7 s/d PA0)

Merupakan input analog untuk ADC, jika tidak digunakan port A dapat berfungsi sebagai 8-bit dua arah (full duplex) bi-directional I/O port, kaki port sudah tersedia resistor Pull-up internal (dipilih untuk masing-masing bit).

Fungsi alternatif *port* A antara lain:

Tabel 2.1. Fungsi alternatif *port* A^[1]

PA0	<i>Input</i> ADC PA0
PA1	<i>Input</i> ADC PA1
PA2	<i>Input</i> ADC PA2
PA3	<i>Input</i> ADC PA3
PA4	<i>Input</i> ADC PA4
PA5	<i>Input</i> ADC PA5
PA6	<i>Input</i> ADC PA6
PA7	<i>Input</i> ADC PA7

4. Port B (PB7 s/d PB0)

Port B merupakan port I/O 8-bit bi-directional. Pin-pin pada port ini dapat diberi resistor pull-up internal secara individual.

Port B juga mempunyai fungsi alternatif antara lain:

Tabel 2.2. Fungsi Alternatif port B^[1]

PB7	SCK (SPI Bus Serial Clock)
PB6	MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output)
PB5	MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input)
PB4	SS (SPI Slave Select Input)
PB3	AIN1 (Analog Comparator Negative Input), OC0 (Timer/Counter0 Output Compare Match Output)
PB2	AIN0 (Analog Comparator Positive Input), INT2 (External Interrupt 2 Input)
PB1	T1 (Timer/Counter1 External Counter Input)
PB0	T0 (Timer/Counter0 External Counter Input), XCK (USART External Clock Input/Output)

5. Port C (PC7 s/d PC0)

Port C merupakan I/O 8 bit dua arah dengan resistor pull up internal. Port ini mampu menyediakan arus hingga 20mA sehingga dapat langsung menggerakkan LED dari mikrokontroler ini. Dua bit dari port C ini (PC7..PC6) dapat digunakan sebagai osilator dari Timer/Counter2. Port ini akan tristate apabila reset diaktifkan.

Port C mempunyai fungsi alternatif lain seperti berikut:

Tabel 2.3. Fungsi Alternatif Port C^[1]

PC7	TOSC2 (Timer Oscillator Pin 2)
PC6	TOSC1 (Timer Oscillator Pin 1)
PC5	TDI (JTAG Test Data In)
PC4	TDO (JTAG Test Data Out)
PC3	TMS (JTAG Test Mode Select)
PC2	TCK (JTAG Test Clock)
PC1	SDA (Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line)
PC0	SCL (Two-wire Serial Bus Clock Line)

6. Port D (PD7 s/d PD0)

Port D merupakan I/O 8 bit dua arah dengan resistor pull up internal . Port ini mampu menyediakan arus hingga 20mA sehingga dapat langsung

mengerakkan LED dari mikrokontroller ini. *Port* ini akan tristate apabila reset diaktifkan.

Port D ini juga digunakan sebagai register fungsi khusus:

Tabel 2.4. Fungsi Alternatif *port D*^[1]

PD7	OC2 (Timer/Counter2 Output Compare Match Output)
PD6	PD4 OC1B (Timer/Counter1 Output Compare B Match Output)
PD5	OC1A (Timer/Counter1 Output Compare A Match Output)
PD4	OC1B (Timer/Counter1 Output Compare B Match Output)
PD3	INT1 (External Interrupt 1 Input)
PD2	INT0 (External Interrupt 0 Input)
PD1	TXD (USART Output Pin)
PD0	RXD (USART Input Pin)

7. RESET

RESET merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler.

8. XTAL1 dan XTAL2

XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan clock eksternal

9. AVCC

AVCC merupakan pin masukan tegangan untuk ADC.

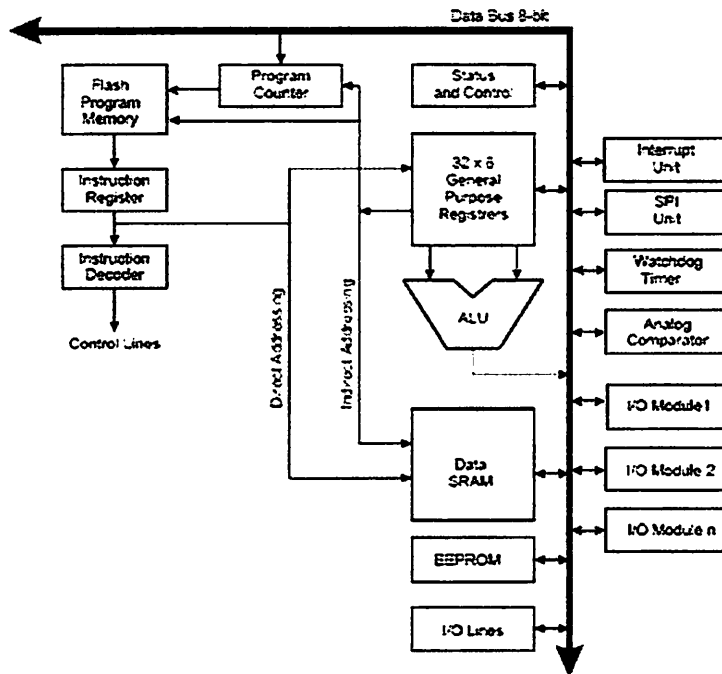
10. AREF

AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC.

2.7.3. Arsitektur Mikrokontroler ATmega16

ATmega16 menggunakan arsitektur Harvard dengan memisahkan antara memori dan bus untuk program dan data untuk memaksimalkan kemampuan dan kecepatan. Instruksi dalam memori program dieksekusi dengan pipelining single level dimana ketika satu instruksi dieksekusi, instruksi berikutnya diambil dari memori program. Konsep ini mengakibatkan instruksi dieksekusi setiap siklus clock. CPU terdiri dari 32x8bit general purpose register yang dapat diakses dengan cepat dalam satu siklus clock, yang mengakibatkan operasi Arithmetic Logic Unit (ALU) dapat dilakukan dalam satu siklus. Pada operasi ALU, dua operand berasal dari register, kemudian operasi dieksekusi dan hasilnya disimpan kembali pada register dalam satu siklus clock. Operasi aritmetik dan logika pada ALU akan mengubah bit-bit yang terdapat pada Status Register (SREG). Arsitektur

Mikrokontroler ATmega16 dapat dilihat pada Gambar 2.11 yang terdapat di bawah ini.

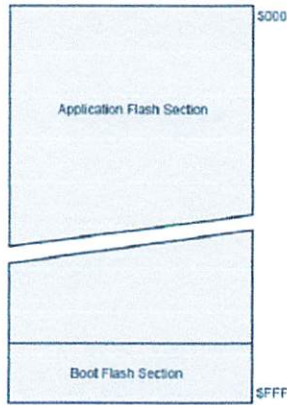


Gambar 2.11. Arsitektur Mikrokontroler ATmega16^[1]

2.7.4. Peta Memori ATmega16

2.7.4.1. Memori Program

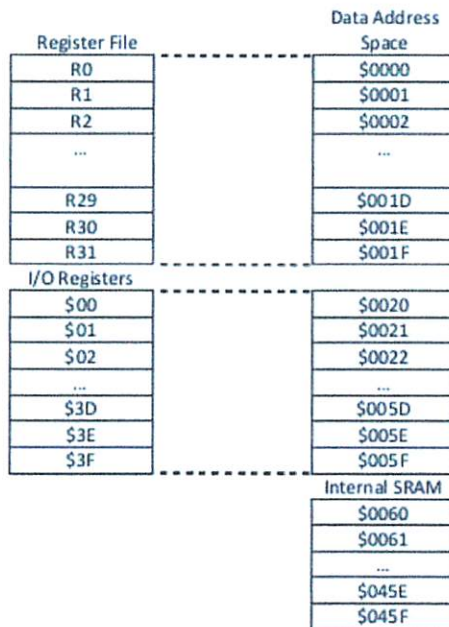
Arsitektur ATmega16 mempunyai dua memori utama, yaitu memori data dan memori program. Selain itu, ATmega16 memiliki memori EEPROM untuk menyimpan data. ATmega16 memiliki 16K byte On-chip In-System Reprogrammable Flash Memory untuk menyimpan program. Instruksi ATmega16 semuanya memiliki format 16 atau 32bit, maka memori flash diatur dalam 8K x 16bit. Memori flash dibagi kedalam dua bagian, yaitu bagian program boot dan aplikasi seperti terlihat pada Gambar 2.12. Bootloader adalah program kecil yang bekerja pada saat sistem dimulai yang dapat memasukkan seluruh program aplikasi ke dalam memori prosesor.



Gambar 2.12. Peta Memori ATmega16^[1]

2.7.4.2. Memori Data (SRAM)

Memori data AVR ATmega16 terbagi menjadi 3 bagian, yaitu 32 register umum, 64 buah register I/O dan 1 Kbyte SRAM internal. General purpose register menempati alamat data terbawah, yaitu \$00 sampai \$1F. Sedangkan memori I/O menempati 64 alamat berikutnya mulai dari \$20 hingga \$5F. Memori I/O merupakan register yang khusus digunakan untuk mengatur fungsi terhadap berbagai fitur mikrokontroler seperti kontrol register, timer/counter, fungsi-fungsi I/O, dan sebagainya. 1024 alamat berikutnya mulai dari \$60 hingga \$45F digunakan untuk SRAM internal.



Gambar 2.13. Peta Memori Data ATmega16^[1]

2.7.4.3. Memori Data EEPROM

ATMega16 terdiri dari 512 byte memori data EEPROM 8 bit, data dapat ditulis/dibaca dari memori ini, ketika catu daya dimatikan, data terakhir yang ditulis pada memori EEPROM masih tersimpan pada memori ini, atau dengan kata lain memori EEPROM bersifat nonvolatile. Alamat EEPROM mulai dari \$000 sampai \$1FF.

2.7.5. Analog To Digital Converter

AVR ATMega16 merupakan tipe AVR yang telah dilengkapi dengan 8 saluran ADC internal dengan resolusi 10 bit. Dalam mode operasinya, ADC dapat dikonfigurasi, baik single ended input maupun differential input. Selain itu, ADC ATMega16 memiliki konfigurasi pewaktuan, tegangan referensi, mode operasi, dan kemampuan filter derau (noise) yang amat fleksibel sehingga dapat dengan mudah disesuaikan dengan kebutuhan dari ADC itu sendiri. ADC pada ATMega16 memiliki fitur-fitur antara lain :

1. Resolusi mencapai 10-bit
2. Akurasi mencapai ± 2 LSB
3. Waktu konversi 13-260 μ s
4. 8 saluran ADC dapat digunakan secara bergantian
5. Jangkauan tegangan input ADC bernilai dari 0 hingga VCC
6. Disediakan 2,56V tegangan referensi internal ADC
7. Mode konversi kontinyu atau mode konversi tunggal
8. Interupsi ADC complete
9. Sleep Mode Noise canceler

Sinyal input dari pin ADC akan dipilih oleh multiplexer untuk diproses oleh ADC. ADC mempunyai rangkaian untuk mengambil sampel dan hold tegangan input ADC sehingga tetap konstan selama proses konversi. Adc mempunyai catu daya yang terpisah yaitu pin AVCC-AGND. Operasi ADC membutuhkan tegangan referensi Vref dan clock. ADC mengonversi tegangan input analog menjadi bilangan digital selebar 10-bit. Sinyal input ADC tidak boleh melebihi tegangan referensi. Nilai digital

sinyal input ADC untuk resolusi 10-bit (1024) adalah:

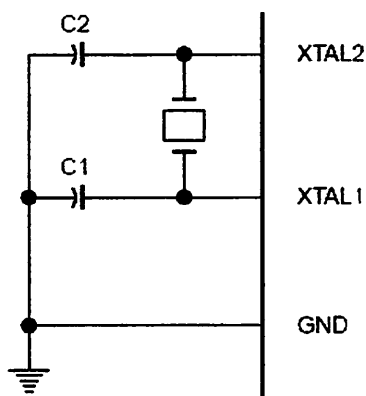
$$\text{Kode digital} = (V_{\text{input}} / V_{\text{ref}}) \times 1024 \dots \dots \dots (2.3)$$

Untuk resolusi 8-bit (256):

$$\text{Kode digital} = (V_{\text{input}} / V_{\text{ref}}) \times 256 \dots \dots \dots (2.4)$$

2.7.6. Rangkaian Osilator

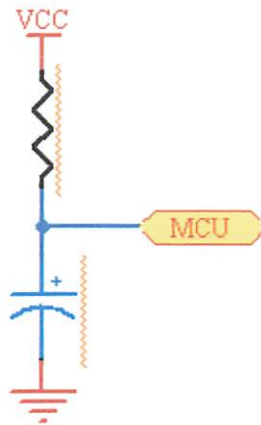
Rangkaian osilator merupakan suatu rangkaian yang berfungsi sebagai pembangkit pulsa *clock* pada Atmega16, yang merupakan jantung pada mikrokontroler Atmega16. Pin XTAL1 dan XTAL2 disediakan untuk disambungkan dengan jaringan resonan untuk membentuk sebuah osilator. Atmega16 dirancang untuk *running* pada frekuensi 0 MHz sampai 16 MHz. Rangkaian osilator dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14. Rangkaian Osilator^[1]

2.7.7. Rangkaian Reset

Rangkaian power on reset diperlukan untuk mereset mikrokontroler secara otomatis setiap catu daya dinyalakan. Ketika catu daya diaktifkan, rangkaian power on reset menahan logika tinggi pin RST dengan jangka waktu yang ditentukan oleh lamanya pengisian muatan C. Rangkaian *reset* terdiri dari resistor dan kapasitor yang dihubungkan seperti dalam Gambar 2.15.



Gambar 2.15. Rangkaian *Power On Reset*^[1]

2.8. RTC (*Real Time Clock*)

Real Time Clock berhubungan dengan waktu mulai dari detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan dan tahun. Tetapi IC RTC ini juga bisa dipakai untuk menyimpan data di dalam internal RAM RTC ini, di mana data tersebut tidak bisa hilang meskipun *supply* diputus, hal ini karena di dalam IC RTC tersebut ada *battery*-nya yang selalu hidup untuk menjalankan clock-nya jadi waktu (*clock*) tetap berjalan meskipun supply dimatikan.

IC RTC ini masih mempunyai kelebihan bisa dipakai sebagai timer atau alarm. Untuk hitungan detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan dan tahun dengan tahun kabisat yang valid sampai 2100 karena berlaku sampai 2100. *Mode* yang dipilih juga bisa 12 atau 24 jam.

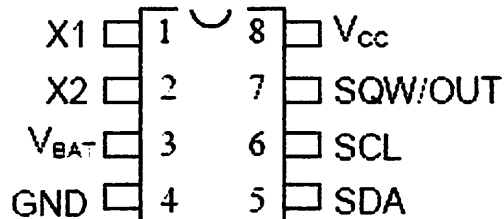
RTC 1307 menggunakan teknik I^2C yaitu memakai 2 jalur untuk keperluan transfer data secara seri.

Adapun karakteristik dari RTC DS1307 antara lain:

1. Perhitungan RTC mulai dari detik, menit, jam, tanggal, bulan, hari dalam seminggu dan tahun,
2. RAM internal sebesar 56 byte,
3. Antarmuka serial I^2C
4. Sinyal keluaran dalam bentuk gelombang kotak terprogram,
5. Konsumsi daya kurang dari 500 nA menggunakan mode baterai cadangan dengan operasional osilator.

Konfigurasi Pin RTC

Untuk lebih jelas mengenai fungsi dan kegunaan dari IC ini terlebih dahulu akan dijelaskan fungsi dari tiap-tiap pin pada IC keluarga DS1307, di mana diketahui bahwa IC DS1307 memiliki 8 pin atau kaki, seperti pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16. konfigurasi pin *Real Time Clock* (RTC) DS 1307^[7]

Adapun fungsi-fungsi pin RTC DS 1307 sebagai berikut:

1. Vcc dan Ground

Merupakan pin-pin catu daya, Vcc dihubungkan dengan catu daya +5V, dan dihubungkan pada ground.

2. Vbat

Input baterai untuk sumber energi yang standart adalah 3V. Dalam beroperasi tegangan baterai harus berada diantara 2V dan 3V.

3. SCL

Digunakan untuk mensinkronkan pergerakan atau perubahan data dalam serial interface.

4. SDA

Adalah pin SCL mengeluarkan sinyal data

5. SWQ / OUT

Pin SQW dapat mengeluarkan sinyal salah satu dari 13 *taps* yang disediakan oleh 15 tingkat pembagi *internal* dari RTC.

6. X1 dan X2

Terhubung dengan kaki kristal 32768kHz

2.9. I²C (*Inter Integrated Circuit*)

I²C (*Inter Integrated Circuit*) dikembangkan oleh *Philips Semiconductor* sejak tahun 1992 dengan konsep dasar komunikasi 2 arah antar IC dan / atau antar sistem secara *serial* menggunakan 2 kabel.

Fitur utama I²C bus adalah sebagai berikut :

1. Hanya melibatkan dua kabel yaitu *serial data line* (selanjutnya disebut SDA) dan *serial clock line* (selanjutnya disebut SCL).
2. Setiap IC yang terhubung dalam I²C memiliki alamat yang unik yang dapat diakses secara *software* dengan *master/slave protocol* yang sederhana, dan mampu mengakomodasikan *multi master*.
3. I²C merupakan serial bus dengan orientasi data 8 bit (byte), komunikasi 2 arah, dengan kecepatan transfer data sampai 100Kbit/s pada mode standart dan 3,4 Mbit/s pada mode kecepatan tinggi.
4. Jumlah IC yang dapat dihubungkan pada I²C bus hanya dibatasi oleh beban kapasitansi pada bus yaitu maksimum 400pF.

Keuntungan I²C

Keuntungan menggunakan I²C yaitu:

1. Meminimalkan jalur hubungan antar IC.
2. Menghemat luasan PCB yang dibutuhkan.
3. Membuat sistem yang didesain berorientasi *software* (mudah diekspan dan di-*upgrade*).
4. Membuat sistem yang didesain menjadi standart, sehingga dapat dihubungkan dengan sistem lain yang juga menggunakan I²C bus.

2.10. LCD 2x16 (M1632)

Liquid Crystal Display atau LCD adalah sebuah indikator yang berupa tampilan layar yang dapat memudahkan kita dalam memasukkan input pada mikrokontroler. LCD terdiri atas tumpukan tipis atau sel dari dua lembar kaca dengan pinggiran tertutup rapat. Antara dua lembar tersebut diberi bahan kristal cair (*liquid crystal*) yang tembus cahaya. Permukaan luar masing-masing keping kaca mempunyai lapisan tembus cahaya seperti oksida timah (*tin oxide*) dan oksida indium (*indium oxide*).

Kristal cair adalah bahan yang akan mengalir seperti sebuah cairan tetapi struktur molekulnya seperti benda padat. Pada LCD terdapat suatu unit penghamburan cahaya, yang mana terdapat suatu proses *neumatic liquid crystal*. Pada proses tersebut permukaan penghantar indium oksida yang tembus pandang sehingga saat cahaya datang dan melewatinya struktur kristal cair akan kelihatan bersih. Jika diberikan tegangan pada permukaan penghantar, susunan molekul terganggu yang menyebabkan perbedaan penyebaran pada daerah yang terbentuk.

LCD adalah sebuah display dot matrix yang difungsikan untuk menampilkan tulisan berupa angka atau huruf sesuai dengan yang diinginkan (sesuai dengan program yang digunakan untuk mengontrolnya). Pada tugas akhir/skrpsi ini penulis menggunakan LCD dot matrix dengan karakter 2 x 16, sehingga kaki-kakinya berjumlah 16 pin.

LCD sebagaimana output yang dapat menampilkan tulisan sehingga lebih mudah dimengerti, dibanding jika menggunakan LED saja. Dalam modul ini menggunakan LCD character untuk menampilkan tulisan atau character saja.

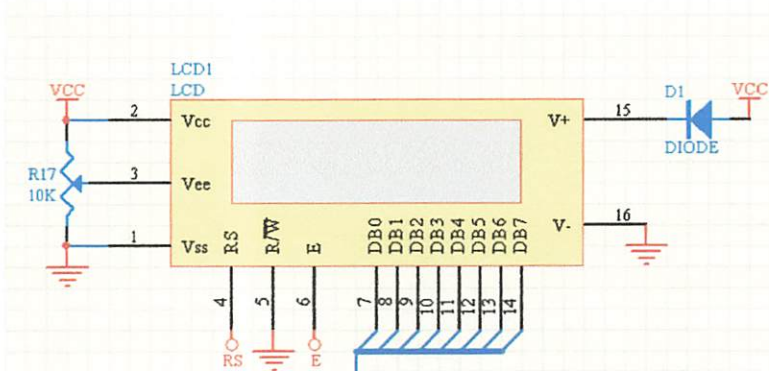
Tampilan LCD terdiri dari dua bagian, yakni bagian panel LCD yang terdiri dari banyak “titik”. Dan sebuah mikrokontroler berfungsi mengatur ‘titik-titik’ LCD tadi menjadi huruf atau angka yang terbaca.

Huruf atau angka yang akan ditampilkan dikirim ke LCD dalam bentuk kode ASCII, kode ASCII ini diterima dan diolah oleh mikrokontroler di dalam LCD menjadi ‘titik-titik’ LCD yang terbaca sebagai huruf atau angka. Dengan demikian tugas mikrokontroler pemakai tampilan LCD hanyalah mengirimkan kode-kode ASCII untuk ditampilkan.

Karakteristik dari LCD dot-matriks adalah sebagai berikut:

1. 16X2 karakter dengan 5X7 dot matriks + kursor
2. ROM generator karakter dengan 8 tipe karakter (untuk program write)
3. 80X8 bit RAM data display
4. Dapat diinterfacekan dengan 4 atau 8 bit MPU
5. RAM data dan RAM generator karakter dapat dibaca dari MPU
6. +5V single power supply
7. Power-on reset
8. Range temperature operasi 0-60°C

LCD disini dapat menampilkan karakter yang ada pada ROM generator karakter, yang sudah berisi 192 jenis karakter, dengan cara memberikan kode karakter untuk tiap-tiap karakter yang diinginkan pada bus data dengan menggunakan sinyal kontrol. LCD 1632 yang digunakan adalah LCD produksi Seiko Instrument (M1632), kelebihan dari LCD M1632 ini antara lain adalah mampu dioperasikan dalam mode 4 bit, dalam arti pengolahan data dari dan ke LCD dapat dilewatkan lewat data dengan lebar 4 bit saja. Ini cukup membantu menghemat port *microcontroller* yang dipakai.



Gambar 2.17. Konfigurasi Pin LCD M1632^[4]

Penjelasan pin-out pada LCD M1632 adalah sebagai berikut :

1. VSS (pin 1) dan VCC (pin 2) adalah pin untuk power supply.
2. VEE (pin 3), adalah pin untuk drive LCD, yaitu untuk mengatur intensitas tampilan pada LCD.
3. RS (pin 4), adalah pin untuk pemilihan mode input data. Apabila RS diberi logic 0, maka data berupa data control dan bila RS diberi logic 1, maka data adalah data untuk ditampilkan di LCD.

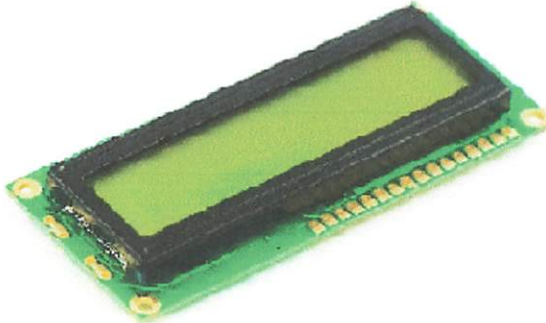
4. R/W (pin 5), pin ini merupakan pin untuk pemilihan proses pada LCD. Bila pin R/W berlogic 1, maka proses read (baca) data, kebalikannya bila pin R/W berlogic 0, proses write (tuliskan) data.
5. E (pin 6), adalah pin enable untuk LCD. LCD akan enable bila pin ini berlogika *high*, kebalikannya bila pin ini berlogika 0, LCD akan *disable*.
6. DB0-DB7 (pin 7 – pin 14), adalah pin untuk input/output data.
7. V+ BL (pin 15) dan V-BL (pin 16) adalah pin untuk supply lampu back light.

Fungsi masing-masing pin dari LCD Dot Matriks ini dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 2.5. Pin-Pin LCD dan Fungsinya^[4]

Nama sinyal	Jumlah terminal	I/O	Tujuan	Fungsi
DB0-DB7	8	I/O	MPU	4 bit data bus lower tristate dua arah, dapat dibaca atau ditulisi terhadap MPU melalui data tersebut. DB7 juga sebagai busy flag.
E	1	INPUT	MPU	Sinyal penanda operasi read/write
R/W	1	INPUT	MPU	0: Write 1: Read
RS	1	INPUT	MPU	Sinyal seleksi register Register instruksi (write) Busy flag dan address Counter (read) Data register (write dan read)
VLC	1	-	Power Supply	Power supply untuk mendrive LCD guna pengaturan contrast
VDD	1	-	Power Supply	+5V
VSS	1	-	Power Supply	Ground
V+BL	1	-	Power Supply	4-4,2 V 50-200mA
V-BL	1	-	Power Supply	0V (GND)

Adapun bentuk fisik dari LCD 2x16 bisa dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.18. Bentuk Fisik LCD M1632^[4]

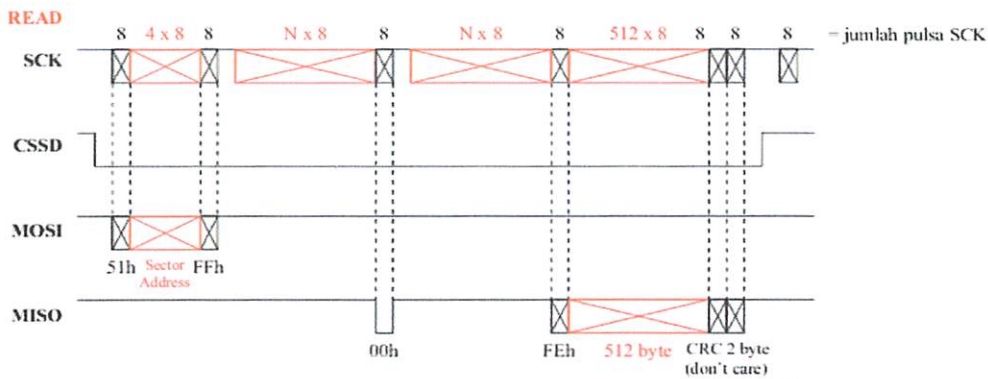
2.11. MMC/Secure Digital Card (SD Card)^[8]

Multimedia Card (MMC) / *Secure Digital* (SD Card) seringkali digunakan sebagai sarana penyimpanan data pada Personal Digital Assistant (PDA), kamera digital, dan telepon seluler (ponsel). Beberapa perintah dasar untuk SD Card juga dapat digunakan untuk MMC sehingga kita dapat menggunakan SD atau MMC. Format data pada SD maupun MMC umumnya menggunakan format FAT. FAT12 digunakan untuk kapasitas 16MB ke bawah. FAT16 digunakan untuk kapasitas 32 MB hingga 2GB. FAT32 digunakan untuk kapasitas di atas 2GB (SDHC). Ada 2 bagian yang akan dijelaskan secara singkat pada AN ini, yaitu:

1. Protokol komunikasi SD card secara SPI.
2. Format data FAT16.

SD card terbagi atas sektor-sektor dan tiap satu sektornya berisi 512 byte. Secara default, proses baca atau tulis selalu melibatkan satu sektor (512 byte). Secara default juga, nilai byte CRC bersifat *don't care* sehingga nilainya sembarang / dapat diabaikan (tidak dihitung).

Gambar Timing Diagram untuk Perintah READ diperlihatkan pada Gambar 2.19 berikut ini:



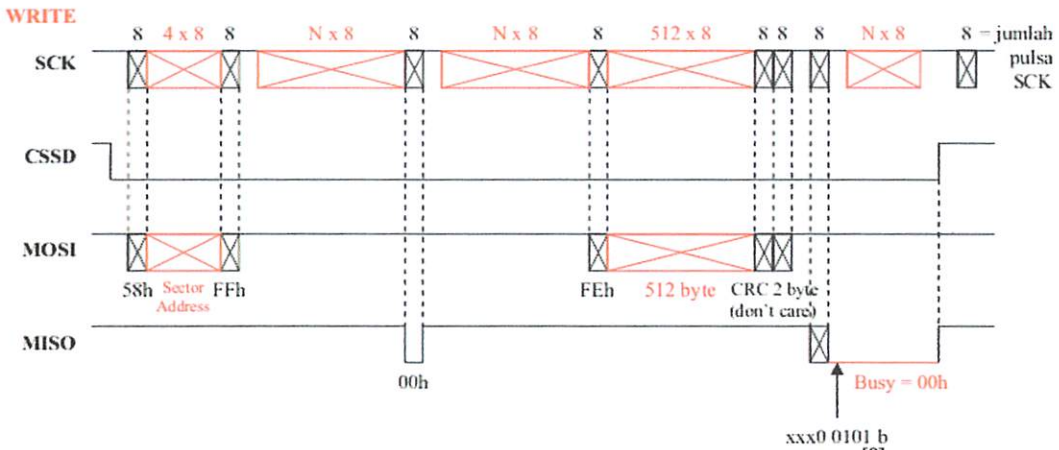
Gambar 2.19. Timing Diagram Perintah READ^[8]

1. Pada AN SD Card & FRAM – AVR dan AN SD Card & FRAM – MCS-51, ditambahkan pengiriman 1 byte FFh atau 8 pulsa clock sebelum mengirimkan perintah ini.
2. Pengiriman perintah ini diawali dengan mengubah logika CSSD menjadi Low untuk mulai mengakses SD card. Pada dokumen Ulrich Radig memang tidak disebutkan berapa lama jarak antara perubahan logika CSSD dengan pengiriman clock berikutnya. Namun pada AN SD Card & FRAM – AVR dan AN SD Card & FRAM – MCS-51, diletakkan jeda selama 5 μ s sebelum mulai mengirimkan clock berikutnya.
3. Data pertama yang dikirim adalah 51h, diikuti dengan pengiriman 4 byte alamat sektor SD card yang dimulai dari MSB, dan diakhiri dengan pengiriman CRC bernilai FFh.
4. Selama CSSD masih berlogika Low, dilakukan pemeriksaan terhadap MISO untuk mengetahui apakah perintah ini sudah diterima oleh SD card. Hal ini dilakukan dengan membaca data dari MISO hingga bernilai 00h. Pada AN SD Card & FRAM – AVR dan AN SD Card & FRAM – MCS-51, pemeriksaan ini dibatasi hanya 9 kali pembacaan.
5. Setelah menerima 00h, dilakukan pemeriksaan terhadap MISO lagi untuk menunggu Start Byte yang bernilai FEh. Pada AN SD Card & FRAM – AVR dan AN SD Card & FRAM – MCS-51, pemeriksaan ini dibatasi hingga 9 x 250 kali pembacaan.
6. Penerimaan Start Byte diikuti dengan penerimaan 512 byte data dan 2 byte CRC.

7. Setelah menerima 2 byte CRC, diletakkan jeda selama 5µs sebelum mengembalikan CSSD ke logika High (pada AN SD Card & FRAM – AVR dan AN SD Card & FRAM – MCS-51).
8. Setelah CSSD berlogika High, dilakukan pengiriman 1 byte data FFh atau 8 pulsa clock. Pada AN SD Card & FRAM – AVR dan AN SD Card & FRAM – MCS-51, hal ini tidak dilakukan. Sebagai gantinya, sebelum perintah INIT, READ, atau WRITE, ditambahkan pengiriman 1 byte FFh atau 8 pulsa clock.

Pada AN SD Card & FRAM – AVR dan AN SD Card & FRAM – MCS-51, jika SD card tidak mengirimkan 00h, maka proses pengiriman perintah READ bagian pertama (hingga penerimaan 00h) akan diulangi dari awal. Proses pengulangan ini akan dibatasi sebanyak 250 kali.

Gambar Timing Diagram untuk Perintah WRITE diperlihatkan pada Gambar 2.20 berikut ini:



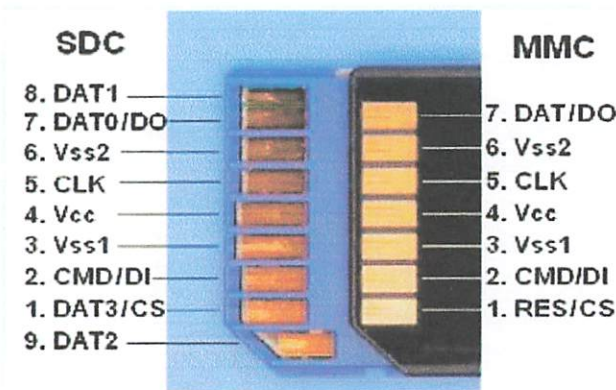
Gambar 2.20. Timing Diagram Perintah WRITE^[8]

1. Pada AN SD Card & FRAM – AVR dan AN SD Card & FRAM – MCS-51, ditambahkan pengiriman 1 byte FFh atau 8 pulsa clock sebelum mengirimkan perintah ini.
2. Pengiriman perintah ini diawali dengan mengubah logika CSSD menjadi Low untuk mulai mengakses SD card. Pada dokumen Ulrich Radig memang tidak disebutkan berapa lama jarak antara perubahan logika CSSD dengan pengiriman clock berikutnya. Namun pada AN SD Card & FRAM – AVR dan AN SD Card & FRAM

- MCS-51, diletakkan jeda selama 5 μ s sebelum mulai mengirimkan clock berikutnya.
- 3. Data pertama yang dikirim adalah 58h, diikuti dengan pengiriman 4 byte alamat sektor SD card yang dimulai dari MSB, dan diakhiri dengan pengiriman CRC bernilai FFh.
- 4. Selama CSSD masih berlogika Low, dilakukan pemeriksaan terhadap MISO untuk mengetahui apakah perintah ini sudah diterima oleh SD card. Hal ini dilakukan dengan membaca data dari MISO hingga bernilai 00h. Pada AN SD Card & FRAM – AVR dan AN SD Card & FRAM – MCS-51, pemeriksaan ini dibatasi hanya 9 kali pembacaan.
- 5. Setelah menerima 00h, dilakukan pengiriman beberapa pulsa clock terlebih dahulu. Pada AN SD Card & FRAM – AVR dan AN SD Card & FRAM – MCS-51 jumlah clock yang dikirimkan adalah 72 pulsa clock atau 9 byte FFh.
- 6. Lalu dilanjutkan dengan pengiriman Start Byte (FEh), diikuti dengan 512 byte data yang akan dituliskan, dan diakhiri dengan pengiriman 2 byte CRC (dapat menggunakan nilai FFh semua).
- 7. Meski pada dokumen Ulrich Radig dinyatakan bahwa pembacaan MISO berikutnya akan menghasilkan nilai xxx00101b (x = don't care), namun pada AN SD Card & FRAM – AVR dan AN SD Card & FRAM – MCS-51, pemeriksaan dibatasi hingga 9 x 250 kali pembacaan.
- 8. Pada dokumen Ulrich Radig dinyatakan bahwa setelah pengiriman 1 byte xxx00101b, MISO akan bernilai 00h (Busy). Pada AN SD Card & FRAM – AVR dan AN SD Card & FRAM – MCS-51, program akan memeriksa hingga MISO bernilai 00h. Pemeriksaan ini dibatasi hingga 250 kali pembacaan. Lalu program akan memeriksa hingga MISO tidak bernilai 00h lagi. Pemeriksaan ini juga dibatasi hingga 250 kali pembacaan.
- 9. Setelah MISO tidak bernilai 00h lagi, CSSD dikembalikan ke logika High.
- 10. Setelah CSSD berlogika High, dilakukan pengiriman 1 byte data FFh atau 8 pulsa clock. Pada AN SD Card & FRAM – AVR dan AN SD Card & FRAM – MCS-51, hal ini tidak dilakukan. Sebagai gantinya, sebelum perintah INIT, READ, atau WRITE, ditambahkan pengiriman 1 byte FFh atau 8 pulsa clock.

Pada AN SD Card & FRAM – AVR dan AN SD Card & FRAM – MCS-51, jika SD card tidak mengirimkan 00h, maka proses pengiriman perintah WRITE bagian pertama (hingga penerimaan 00h) akan diulangi dari awal. Proses pengulangan ini akan dibatasi sebanyak 250 kali.

Jadi merupakan suatu modul untuk mempermudah antarmuka antara MMC atau SD Card dan mikrokontroler dengan tegangan kerja +5 VDC. MMC/SD Card dapat digunakan sebagai memori yang dapat diganti dengan mudah sehingga memudahkan dalam ekspansi ke kapasitas memori yang lebih besar. Tersedia Ferroelectric Nonvolatile RAM (FRAM) yang dapat digunakan sebagai buffer sementara dalam mengakses MMC/SD Card dan sebagai tempat penyimpanan data lain. Modul ini dapat digunakan antara lain sebagai penyimpan data kecepatan angin, radiasi matahari, dan pada sistem absensi, sistem antrian, atau aplikasi data logging lainnya. Gambar MMC/ SD Card diperlihatkan pada Gambar 2.21 berikut ini:



Gambar 2.21. Bentuk dan Pin Pada MMC/SD Card^[8]

2.12. Mode Serial Peripheral Interface (SPI)

SD Card dapat diakses dengan menggunakan dua mode komunikasi data yakni protokol komunikasi SD Card dan *Serial Peripheral Interface* (SPI). Konfigurasi pin yang digunakan kedua buah komunikasi ini berbeda. Tabel 2.10 menunjukkan fungsi dari masing-masing pin untuk tiap komunikasi.

Tabel 2.6. Konfigurasi Pin SD Card dengan SPI Mode^[8]

SD Card						
Pin No.	SD Mode			SPI Mode		
	Name	Type	Description	Name	Type	Description
1	CD/DAT	I/O/PP	Card Detect/Data Line [Bit 3]	CS	I	Chip Select (active low)
2	CMD	PP	Command/Response	DI/MOSI	I	Data In/Master Out Slave In
3	Gnd1/Vss1	S	Ground	GND/VSS	S	Ground
4	Vdd	S	Power (2.7V to 3.6V DC)	VDD	S	Power (2.7V to 3.6V DC)
5	CLK	I	Clock	SCLK	I	Clock
6	Gnd2/Vss2	S	Ground	Gnd2/Vss2	S	Ground
7	DAT0	I/O/PP	Data Line [Bit 0]	DO/MISO	O/PP	Data Out/Master In Slave Out
8	DAT1	I/O/PP	Data Line [Bit 1]	RSV		Reserved
9	DAT2	I/O/PP	Data Line [Bit 2]	RSV		Reserved

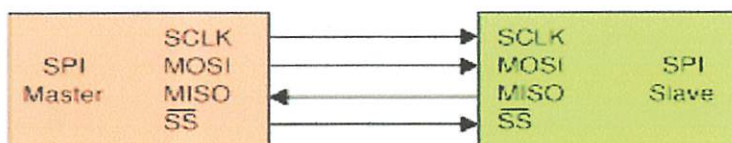
Sedangkan untuk MMC dapat diakses dengan menggunakan dua mode komunikasi data yakni protokol komunikasi MMC dan Serial Peripheral Interface (SPI). Konfigurasi pin yang digunakan kedua buah komunikasi ini berbeda. Tabel 2.11 menunjukkan fungsi dari masing-masing pin untuk tiap komunikasi.

Tabel 2.7. Konfigurasi Pin MMC dengan SPI Mode^[8]

MMC	MMC Mode		SPI Mode	
No Pin	Nama	Keterangan	Nama	Keterangan
1	Res	Reset	CS	Chip select
2	CMD	Command/response	DI	Data in
3	VSS1	Supply voltage ground	VSS1	Supply voltage ground
4	VDD	Supply voltage	VDD	Supply voltage
5	CLK	Clock	SCLK	Clock
6	VSS2	Supply voltage ground	VSS2	Supply voltage ground
7	DAT	Data line	DO	Data out

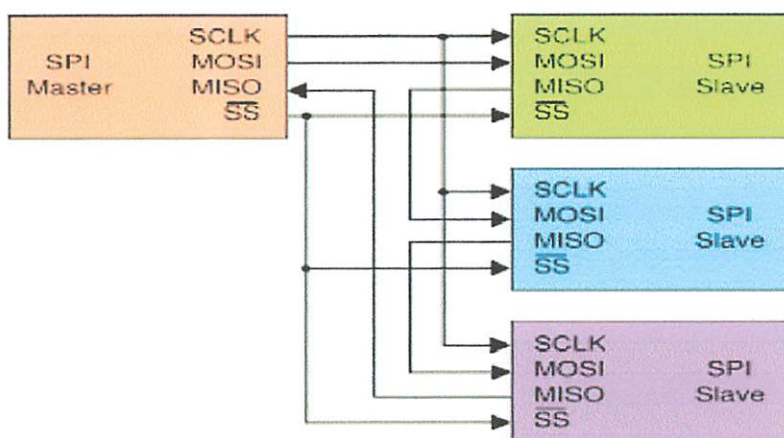
Mode SPI adalah protokol komunikasi sekunder yang ada dalam MMC/SD Card. SPI merupakan komunikasi *serial synchronous full duplex* yang dipatenkan oleh Motorola. Perangkat yang berkomunikasi menggunakan SPI dibedakan menjadi dua yakni master dan slave. SPI menggunakan empat buah jalur yakni SCLK, MOSI (Data In), MISO (Data Out), dan SS (CS). SCLK merupakan jalur clock yang berasal dari master. Clock pada SCLK digunakan sebagai acuan dalam pengiriman data. MOSI merupakan jalur data dari master menuju ke slave. MISO adalah jalur data dari slave menuju ke master. SS berfungsi sebagai jalur aktivasi slave. Slave akan aktif apabila SS berlogika rendah (low). Susunan jalur pada SPI Ada 2 macam mode SPI yaitu:

1. Satu master, satu slave



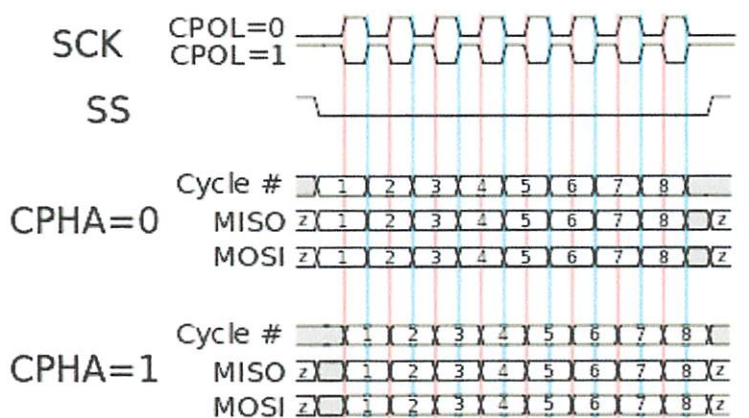
Gambar 2.22. Satu Master Satu Slave^[8]

2. Satu master, beberapa slave



Gambar 2.23. Satu Master, Beberapa Slave^[8]

Komunikasi dimulai pada saat jalur SS berlogika low. Perpindahan data dimulai pada saat clock pada jalur SCLK dibangkitkan. Perpindahan data yang terjadi adalah perpindahan data dari master menuju ke slave pada jalur MOSI dan dari slave menuju ke master pada jalur MISO. Perpindahan data akan terus berjalan secara serial hingga jalur SS berlogika high.



Gambar 2.24. Timing diagram SPI^[8]

SD Card berfungsi sebagai slave ketika mode SPI diaktifkan. Mode SPI diaktifkan dengan memberikan logika low pada pin CS. Panjang paket perintah (command frame) dari master ke SD Card sebesar enam byte. Semua komunikasi antara master dan SD card diatur oleh master yang umumnya berupa mikrokontroler atau mikroprosesor. Byte CRC bersifat opsional dalam mode SPI, tapi harus diisi untuk membentuk paket perintah enam byte. Tabel 2.12 menunjukkan tabel command frame. Setiap perintah di dalam komunikasi SPI diekpresikan dalam bentuk CMD<x>, dengan <x> adalah nomor indeks perintah yang bernilai 0 sampai 63. Kode biner setiap perintah merupakan nilai biner dari nomer indeks perintah. Sebagai contoh, kode biner untuk CMD0 adalah '000000' dan kode biner untuk CMD39 adalah '100111'. Ketika satu paket perintah dikirimkan ke SD Card, maka akan ada respon (R1, R2, atau R3) yang dikirim balik ke master. Jenis respon yang dikirimkan oleh SD Card tergantung dari perintah yang diterima SD Card.

Tabel 2.8. Command frame SD card^[8]

Byte 1			Bytes 2—5			Byte 6	
7	6	5	31		0	7	0
0	1	Command	Command Argument			CRC	
							1

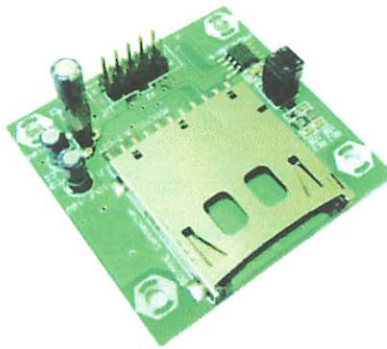
2.13. EMS (Embedded Module Series) SD/MMC/FRAM^[9]

EMS SD/MMC/FRAM merupakan suatu modul untuk mempermudah antarmuka antara SD Card/MMC dan mikrokontroler dengan tegangan kerja +5 VDC. SD Card/ MMC dapat digunakan sebagai memori yang dapat diganti dengan mudah sehingga memudahkan dalam ekspansi ke kapasitas memori yang lebih besar. Tersedia Ferroelectric Nonvolatile RAM (FRAM) yang dapat digunakan sebagai buffer sementara dalam mengakses SD Card/MMC atau sebagai tempat penyimpanan data lain. Modul ini dapat digunakan antara lain sebagai penyimpanan data pada alat ukur kecepatan angin, radiasi matahari dan aplikasi data logging lainnya.

Spesifikasi Hardware:

1. Tegangan supply +5 VDC.
2. Tersedia regulator 3,3V DC untuk catu daya SD card / MMC.
3. Jenis kartu yang didukung: SD Card / MMC.
4. Antarmuka SD Card / MMC dengan mikrokontroler secara SPI.

5. Tersedia 2 KByte *Ferroelectric Nonvolatile* RAM (FM24C16).
6. Antarmuka FRAM dengan mikrokontroler secara Two-Wire Interface.
7. Tersedia contoh aplikasi untuk DT-51™ Low Cost Series dan DT-AVR Low Cost Series dalam bahasa BASIC untuk MCS-51^R (BASCOM-8051^C) dan bahasa C untuk AVR^R (CodeVisionAVR^C).
8. Kompatibel dengan DT-51™ Low Cost Series dan DTAVR Low Cost Series. Mendukung DT-51™ Minimum System (MinSys) ver 3.0, DT-51™ PetraFuz, dan lain-lain.



Gambar 2.25. Bentuk Fisik, EMS (*Embedded Module Series*) SD/MMC/FRAM ^[9]

Tabel 2.9. Penjelasan dari Konfigurasi Pin EMS (*Embedded Module Series*)^[9]

Pin	Nama	Fungsi pada Modul	Keterangan
1	GND	Input	Referensi Ground
2	+5 V	Input	Terhubung ke Sumber Tegangan +5 VDC
3	SCL	Input	Serial Clock untuk akses FRAM
4	SDA	Input/Output	Serial Data untuk transaksi data dari/ke FRAM
5	CD	Output	Card Detect, berlogika 0 jika ada kartu yang dimasukkan, berlogika 1 jika tidak ada kartu
6	WP	Output	Write Protect, berlogika 0 jika saklar pada SD Card tidak berada pada posisi dikunci, berlogika 1 jika SD Card dalam posisi dikunci
7	CSSD	Input	Chip Select, diberi logika 0 untuk mengakses SD Card, diberi logika 1 jika tidak mengakses SD Card
8	MOSI	Input	Jalur data masuk ke SD Card
9	MISO	Output	Jalur data keluar dari SD Card
10	SCK	Input	Jalur clock dari mikrokontroler untuk mengakses SD Card

BAB III

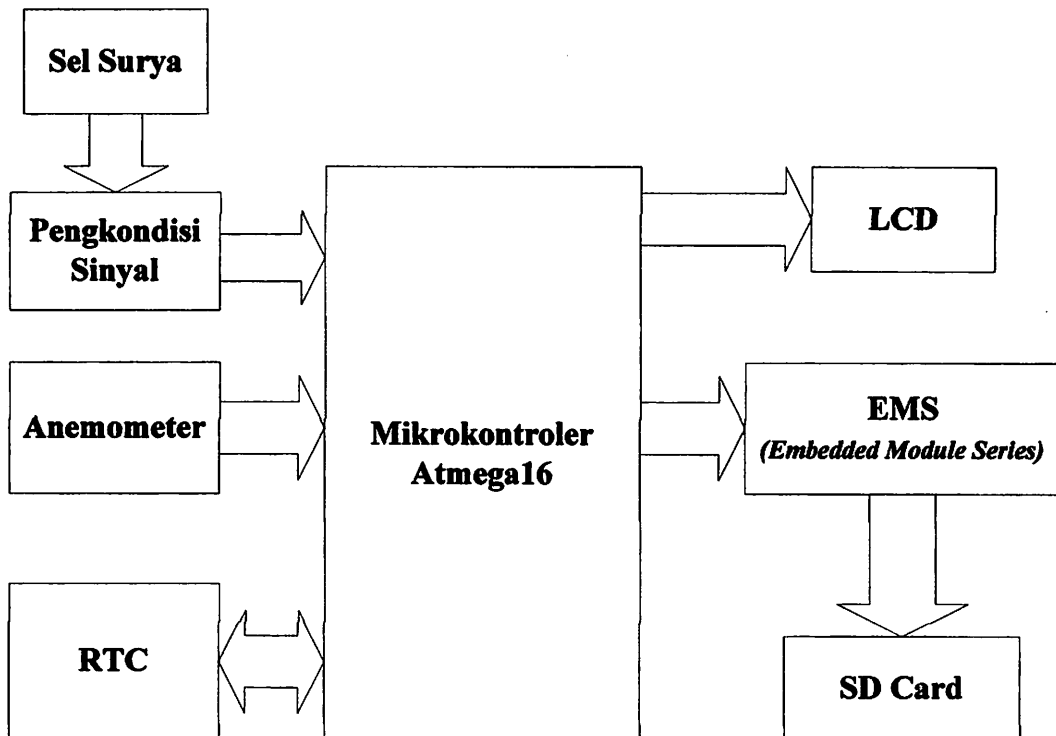
PERENCANAAN DAN PEMBUATAN

Pada bab ini membahas mengenai perencanaan sistem, prinsip kerja sistem, perencanaan perangkat keras (*hardware*), perencanaan perangkat lunak (*software*), dan perencanaan (*mekanik*).

Masing-masing bagian tersebut disusun dengan pemilihan beberapa jenis komponen dengan fungsi sesuai dengan perencanaan, sehingga akan dihasilkan suatu bentuk bagian dengan fungsi sesuai dengan perencanaan yang dilakukan di awal.

3.1. Perencanaan Sistem

Diagram blok sistem merupakan salah satu bagian terpenting dalam perencanaan dan pembuatan alat ini, karena dari diagram blok dapat diketahui prinsip kerja keseluruhan rangkaian. Tujuan lain diagram blok ini adalah memudahkan proses perencanaan dan pembuatan pada masing-masing bagian, sehingga akan terbentuk suatu sistem yang sesuai dengan perencanaan sebelumnya.



Gambar 3.1. Diagram Blok Keseluruhan Sistem

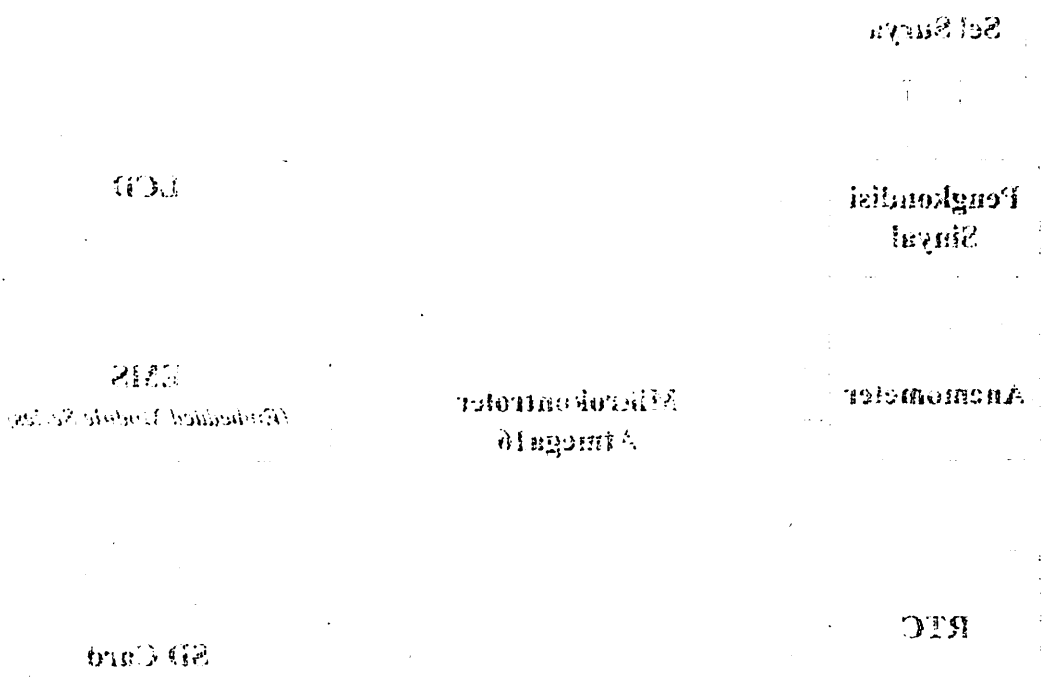
BAH III
PERENCANAAN DAN PEMBENTARAN

Pada bab ini membahas mengenai perencanaan sistem prinsip kerja sistem perencanaan perangkat keras (Hardware), perencanaan perangkat lunak (software), dan perencanaan (network).

Masing-masing bagian tersebut disusun dengan peninjauan beberapa jenis komponen dengan fungsi sesuai dengan perencanaannya, sehingga akan dihasilkan suatu bentuk bagian dengan fungsi sesuai dengan perencanaan yang dilakukan di awal.

3.1. Perencanaan Sistem

Diagram blok sistem merupakan salah satu bagian terpenting dalam perencanaan dan pembuatan alat ini, karena dari diagram blok dapat diketahui prinsip kerja keseluruhan rangkaian. Tujuan lain diagram blok ini adalah memudahkan proses perencanaan dan pembuatan pada masing-masing bagian, sehingga akan terbentuk suatu sistem yang sesuai dengan perencanaan sebelumnya.



Gambar 3.1. Diagram Blok Keseluruhan Sistem

Berdasarkan diagram blok pada Gambar 3.1 dapat dijelaskan secara umum mengenai bagian-bagian yang menyusun keseluruhan sistem dari alat ini antara lain:

1. Sel surya adalah sensor untuk mendeteksi intensitas cahaya (radiasi matahari) yang dikonversi menjadi data alat ukur untuk radiasi matahari.
2. Pengkondisi sinyal menggunakan pembagi tegangan untuk menurunkan tegangan *output* dari sel surya.
3. Anemometer (*Weather Meters*) adalah modul untuk mendeteksi kecepatan angin.
4. RTC (DS1307) adalah IC *serial Real Time Clock*, alamat dan data ditransmisikan melalui 2 jalur untuk keperluan transfer data secara seri I²C. Di dalam komponen ini terdapat sistem pewaktu yang terus bekerja sepanjang masa selama baterai RTC belum habis. Didalam RTC terdapat data detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, dan tahun.
5. Mikrokontroler sebagai pusat pengontrol dari semua rangkaian, mikrokontroler yang dipakai adalah mikrokontroler ATmega16, merupakan mikrokontroler keluarga AVR yang mempunyai kapasitas flash memori 16KB. AVR (*Alf and Vegard's Risc Processor*) merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Mempunyai Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu *Port A*, *Port B*, *Port C* dan *Port D* dan mempunyai Port ADC 8 *channel* 10 bit.
6. LCD (*Liquid Crystal Display*) digunakan untuk menampilkan perintah yang sedang dilaksanakan dan mempermudah dalam proses pembacaan langkah yang sedang dilaksanakan. Misalnya adalah perintah untuk mensetting data detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, dan tahun.
7. EMS (*Embedded Module Series*) SD/MMC/FRAM adalah modul untuk *interface* dari mikrokontroler ke MMC/SD Card.
8. MMC/SD Card berfungsi sebagai penyimpan data.

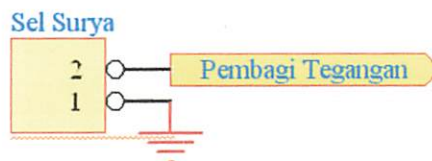
Prinsip Kerja Alat:

Prinsip kerja dari diagram blok di atas ialah pembacaan RTC yaitu data jam, menit, tanggal, bulan, dan tahun yang ditampilkan di LCD dan bisa disetting melalui keypad untuk memulai pengambilan data. Kemudian pembacaan input dari Anemometer (*Weather Meters*) untuk mendeteksi kecepatan angin dan Sel surya untuk mendeteksi sinar matahari masuk ke MCU ATmega16 kemudian data yang diambil oleh Anemometer dan Sel surya ditampilkan ke LCD. Dari data yang masuk ke MCU ATmega16 secara otomatis tersimpan ke dalam MMC/SD Card dalam bentuk format .hex. Setelah data tersimpan ke dalam SD Card dapat dilihat atau ditampilkan pada komputer tidak perlu lagi kita menjalankan alat data *logger* tersebut cukup hanya dengan menghubungkan MMC/SD Card dengan *Card Reader* yang sudah dibuat dan disambungkan pada komputer, sehingga data *logger* ini bersifat *portable*.

3.2. Perencanaan dan Pembuatan Perangkat Keras

3.2.1. Perencanaan Rangkaian Sel Surya

Sel surya berfungsi untuk menerima sinar matahari yang dikonversi menjadi data alat ukur radiasi matahari. Rangkaian sel surya dihubungkan langsung ke mikrokontroler melalui pembagi tegangan pada *port* PA0 (ADC0). Adapun rangkaian sel surya dapat ditunjukkan sebagai berikut:



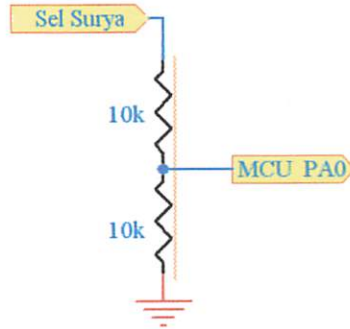
Gambar 3.2. Rangkaian *Interface* Sel Surya dengan MCU

Sel surya yang digunakan dalam rangkaian diatas mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

1. Ukuran : Panjang 7cm, Lebar 5,5cm
2. V (volt) : 10V
3. I (arus) : 30MA

3.2.2. Perencanaan Pengkondisi Sinyal (Pembagi Tegangan)

Pembagi tegangan dengan resistor dikarenakan untuk menurunkan tegangan dari sel surya. Tegangan keluaran dari sel surya maksimal 10 Volt sedangkan tegangan yang diterima oleh mikrokontroler maksimal 5 Volt.



Gambar 3.3. Rangkaian Pembagi Tegangan

Maka dibuatkan rangkaian pembagi tegangan. Maka dengan persamaan 2.2 akan didapat V_{out} .

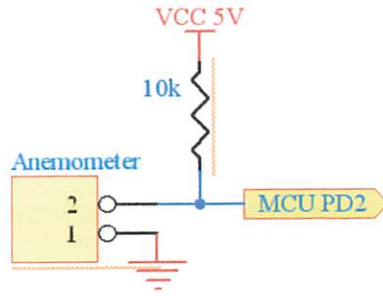
$$V_{R1} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{out}$$

Sebagai contoh jika *output* dari sel surya 10V maka:

$$V_{R1} = \frac{10K}{10K + 10K} 10V = 5V_{olt}$$

3.2.3. Perencanaan Rangkaian Anemometer

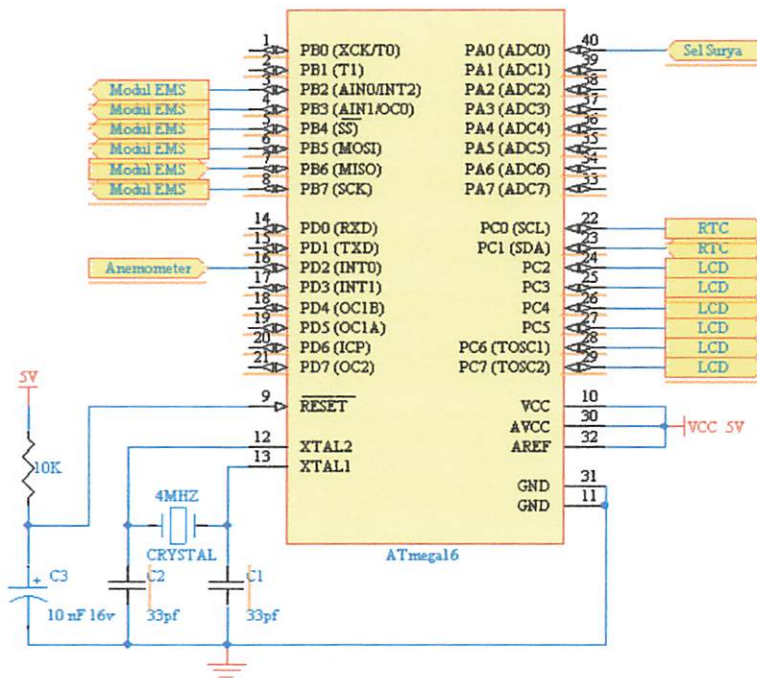
Anemometer berfungsi untuk menangkap angin. Rangkaian Anemometer dihubungkan langsung ke mikrokontroler pada port PD2 (INT0). Modul Weather meter (*Anemometer*) berupa *logic digital* yang akan aktif/ON sekali setiap detik jika mendeteksi kecepatan angin 2.4 km/h untuk menghasilkan suatu keluaran (*output*) harus diberi tegangan *pull up* dengan tegangan 5Volt dan Resistor 10K. Adapun rangkaian *interface* Anemometer dengan MCU dapat ditunjukkan sebagai berikut:



Gambar 3.4. Rangkaian *Interface* Anemometer dengan MCU

3.2.4. Perencanaan *Interface* Mikrokontroler

Rangkaian mikrokontroler Atmega16 dan perangkat yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. *Interface* MCU

Tabel 3.1. Konfigurasi *Port*

No	Port Pin	Keterangan / Fungsi
1	PA0	Sel Surya
2	PB2 - PB7	EMS (<i>Embedded Module Series</i>)
3	PC0 – PC1	RTC (<i>Real Time Clock</i>)
4	PC2 – PC7	LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)
5	PD2 – PD3	Anemometer

Mikrokontroler Atmega16 merupakan IC mikrokontroler yang sudah dilengkapi dengan *ROM (internal)*. Sistem memori pada Atmega16 terbagi menjadi dua yaitu memori program dan memori data. Untuk memori data menggunakan *RAM internal* sebesar 521 *byte*, sedangkan untuk memori program menggunakan *ROM internal* yaitu *EPROM* sebesar 16K*byte*.

3.2.5. Perencanaan Rangkaian Osilator

Mikrokontroler ATmega 16 membutuhkan sinyal *clock* untuk berpindah dari satu kondisi ke kondisi yang lain, sebab dalam perancangan perangkat lunaknya berpindah dari satu state ke state yang lain dieksekusi bila ada *clock*.

Rangkaian ini terdiri dari dua buah kapasitor dan sebuah kristal, dengan data sebagai berikut :

1. Nilai C = 20 pF samPai 40 pF untuk kristal.
2. Kristal = 0 MHz sampai 16 MHz.

Perencanaan *clock* ini menggunakan kristal 4Mhz, dua buah capasitor 33pF yang terhubung dengan kaki dari kristal dan rangkaian ini dihubungkan ke kaki 12 (XTAL2) dan kaki 13 (XTAL1) pada mikrokontroler. Kristal yang dipakai sebesar 4 MHz untuk menghitung waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan sebuah *instruksi*, dengan cara mencari jumlah siklus mesin (C) dari *instruksi*:

$$T_{instruksi} = \frac{C \cdot 12}{\text{frekuensi kristal}} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan:

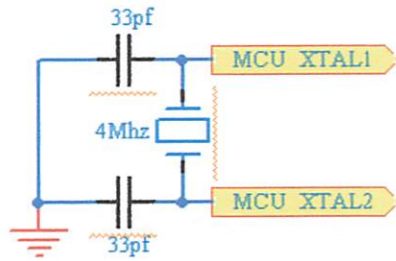
- C : Siklus mesin
- 12 : (1) siklus periode

Sehingga untuk frekuensi kristal 4 MHz dalam satu kali *instruksi* atau 1 cycle:

$$T_{instruksi} = \frac{C \cdot 12}{\text{frekuensi kristal}}$$

$$= \frac{1 \cdot 12}{4\text{MHz}} = 3\mu\text{s}$$

Dalam perencanaan alat ini *clock* digunakan sebagai pemicunya. Rangkaian *clock* seperti gambar 3.6.



Gambar 3.6. Rangkaian *Interface Osilator* dengan MCU

3.2.6. Perencanaan Rangkaian *Reset*

Rangkaian *reset* ini diperlukan agar ATmega16 dapat direset secara otomatis pada saat pertama kali power diaktifkan, atau disebut *power-on reset*. Saat catu daya dinyalakan rangkaian *reset* akan menahan logika tinggi pada pin RST selama sekurangnya dua siklus mesin (*24 periode osilator*) Karena kristal yang digunakan mempunyai frekuensi sebesar 4Mhz maka satu periode membutuhkan waktu:

$$T = \frac{1}{\text{frekuensi XTAL}} = \frac{1}{4} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$= 0.25\mu\text{s}$$

Sehingga waktu minimal logika tinggi yang dibutuhkan untuk mereset mikrokontroler adalah :

$$T_{\text{reset (min)}} = T \times \text{Periode yang dibutuhkan}$$

$$= 0.25\mu\text{s} \times 24$$

$$= 6\mu\text{s}$$

Dari sini dapat disimpulkan bahwa mikrokontroler membutuhkan waktu minimal 6μs untuk mereset, waktu minimal inilah yang dijadikan pedoman untuk menentukan nilai R dan C. Nilai C telah ditetapkan sebesar 10 nF, Maka berdasarkan Persamaan (3.3), nilai R adalah sebagai berikut:

$$t = R \cdot C \frac{\left(\log \frac{5}{3,5}\right)}{\log e}, \text{ sehingga:}$$

$$t = 0,357.R.C \dots\dots\dots(3.3)$$

$$6 \times 10^{-6} = 0,357 \times R \times 10 \times 10^{-9}$$

$$R = \frac{6.10^{-6}}{0,0357.10.10^{-9}}$$

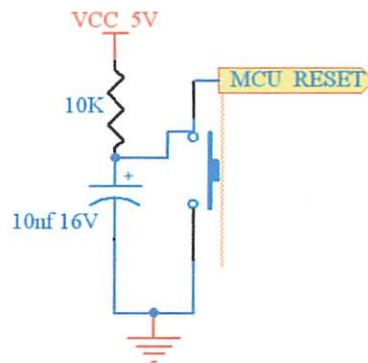
$$R = 1680,672 \Omega$$

Jadi dengan nilai komponen $C = 10 \text{ nF}$ nilai resistor yang dapat memenuhi syarat untuk mereset mikrokontroler harus di atas $1680,672 \Omega$. Pada perancangan ini dipilih nilai resistor $10 \text{ k}\Omega$, sehingga waktu logika tinggi untuk mereset lebih besar dari $6\mu\text{s}$ yaitu:

$$t = 0,357.R.C$$

$$t = 0,357 \times 10 \times 10^3 \Omega \times 10 \times 10^{-9} \text{F}$$

$$= 35,7\mu\text{s}$$

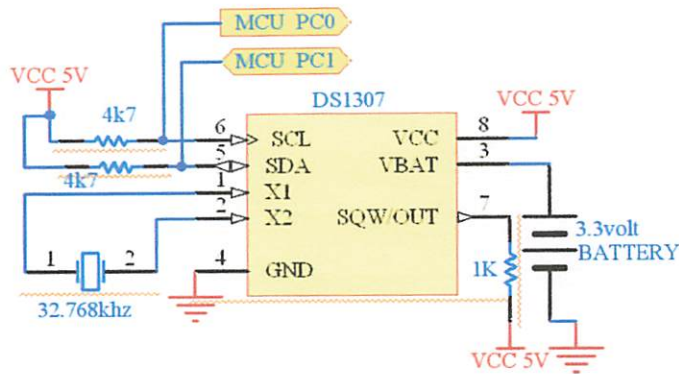


Gambar 3.7. Rangkaian *Interface Reset* dengan MCU

3.2.7. Perencanaan Rangkaian RTC (*Real Time Clock*)

Pewaktu yang digunakan dalam sistem ini adalah IC RTC (*Real Time Clock*). RTC DS1307 berfungsi untuk merekam dan memberikan informasi waktu lengkap mulai informasi detik, menit, jam, tanggal, bulan hingga tahun. Catu daya utama yang diberikan sebesar 5 Volt. IC ini memerlukan Xtal *eksternal* sebesar 32,768 KHz. V_{bat} dihubungkan dengan catu daya baterai sebesar 3 V.

Rangkaian RTC dapat di lihat pada gambar 3.8. *Serial Clock* (SCL) di hubungkan ke PC0 dan *Serial Data* (SDA) di hubungkan ke PC1 mikrokontroler.



Gambar 3.8. Rangkaian *Interface* RTC dengan MCU

Tabel 3.2. Konfigurasi *Port* RTC dengan MCU

RTC	MCU
Pin 6 → (SCL)	PC0 → (SCL)
Pin 5 → (SDA)	PC1 → (SDA)

Kedua pin yang digunakan sebagai jalur komunikasi, yaitu SCL dan SDA harus dihubungkan dengan resistor *pull up* untuk memastikan kondisi logika. Hal ini disebabkan karena kedua pin tersebut juga bersifat *open drain*.

Berdasarkan *datasheet* diketahui bahwa I_{IHmaks} bernilai $1\mu A$ dan V_{IHmin} bernilai 2,2 V. V_{cc} yang digunakan RTC sebesar 5 V. Analisis perhitungan resistor *pull up* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 V_a &= V_{cc} - (I_{IHmaks}) (R_{pu}) \dots\dots\dots(3.4) \\
 2,2 &= 5 - (1\mu A) (R_{pu}) \\
 (1\mu A) (R_{pu}) &= 5 - 2,2 \\
 R_{pu} &= 2,8 M\Omega
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk sisi mikrokontroler, berdasarkan *datasheet* diketahui bahwa I_{IHmaks} bernilai $1\mu A$ dan V_{IHmin} bernilai 4 V. V_{cc} yang digunakan mikrokontroler sebesar 5 V. Analisis perhitungan resistor *pull up* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 V_a &= V_{cc} - (I_{IHmaks}) (R_{pu}) \\
 4 &= 5 - (1\mu A) (R_{pu}) \\
 (1\mu A) (R_{pu}) &= 5 - 4 \\
 R_{pu} &= 1 M\Omega
 \end{aligned}$$

Nilai resistor *pull up* 2,8 MΩ merupakan nilai maksimal untuk sisi RTC dan 1 MΩ merupakan nilai maksimal untuk sisi mikrokontroler. Dalam perancangan ini digunakan resistor *pull up* bernilai 4,7 kΩ karena lebih kecil dari 2,8 MΩ dan 1 MΩ dan umum digunakan dalam komunikasi I²C. Analisis perhitungan penggunaan resistor *pull up* bernilai 4,7 kΩ adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_a &= V_{cc} - I.R \dots\dots\dots(3.5) \\ V_a &= 5 - (1\mu A)(4,7k\Omega) \\ V_a &= 5 - 0.0047 \\ V_a &= 4,9953 \text{ V} \end{aligned}$$

Dengan nilai resistor 4,7 kΩ didapatkan tegangan yang terbaca RTC sebesar 4,9953 V pada saat logika *high*. Nilai ini masih lebih besar daripada tegangan minimum yang dianggap logika *high* oleh RTC yaitu 2,2 V.

3.2.8. Perencanaan Rangkaian LCD (*Liquid Crystal Display*) M1632

LCD diperlukan untuk menampilkan nilai karakter *input* yang akan diproses dan data karakter *output* dari hasil pengukuran supaya hasil proses dan pengukuran bisa dipahami. Bagian utama dari rangkaian ini adalah penampil karakter LCD 16x2 baris. RS (*Register Select*) pin 4 dan *Enabel* pin 6 yang merupakan kontrol dari LCD dihubungkan ke *port* PC7 (RS) dan PC6 (E) pada mikrokontroler. Untuk pengiriman data (*data bus*) pada pin 11-14 (DB4-DB7) dihubungkan ke *port* PC5-PC2 mikrokontroler jadi pengiriman data memakai 4 bit. Untuk Vcc dihubungkan ke tegangan dan Vee dihubungkan ke resistor 1K2. Untuk kaki 5 (R/W) dihubungkan pada *ground* sehingga mode penampilan Kristal cair selalu dalam kondisi tulis.

Pada lembaran *datasheet* modul LCD M1632 disebutkan bahwa :

Power supply LCD meliputi :

$$\begin{aligned} V_{ss} &= 0 \\ V_{cc} &= 5V \pm \% (2mA) \end{aligned}$$

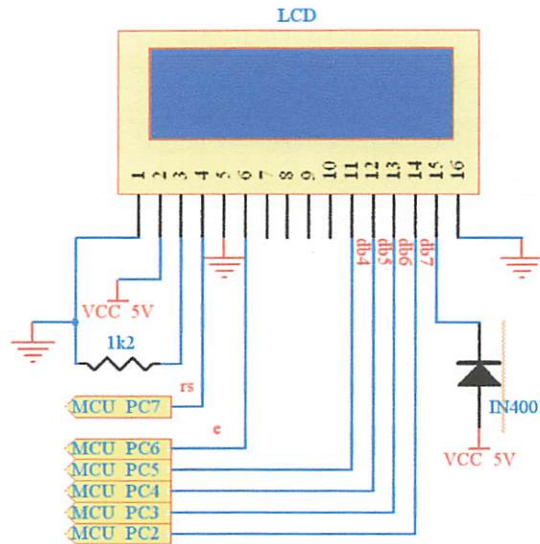
Power supply back light :

$$\begin{aligned} V + BL &= 4 \text{ sampai } 4,2V (50 \text{ sampai } 200mA) \\ V - BL &= 0V (GND) \end{aligned}$$

Pada input V + BL dipasang sebuah dioda IN4001 (bahan silicon dengan $V_d = 0,65V$ sampai $0,7V$), tujuannya adalah didapatkan tegangan V + BL sebesar 4 sampai 4,2V dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V_{cc} &= V_d + (V + BL) \dots\dots\dots (3.6) \\
 5 &= 0,7 + (V + BL) \\
 (V + BL) &= 5 - 0,7 = 4,3\text{Volt.}
 \end{aligned}$$

Dipilih dioda IN4001 karena arus maksimum yang biasa dilewatkan oleh dioda ini sebesar 1A. Berikut ini adalah rangkaian lengkap LCD yang digunakan pada perancangan:



Gambar 3.9. Rangkaian *Interface* LCD dengan MCU

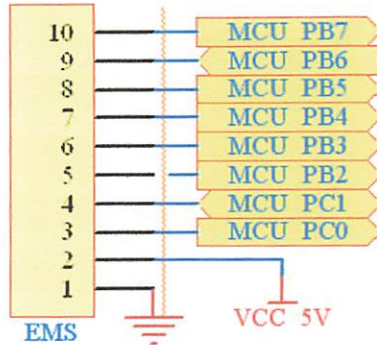
Tabel 3.3. Konfigurasi *Port* LCD dengan MCU

LCD	MCU
Pin 4 → RS (<i>Register Select</i>)	<i>Port</i> PC7
Pin 6 → <i>Enabel</i>	<i>Port</i> PC6
Pin 11-14 → DB4-DB7	<i>Port</i> PC5-PC2

3.2.9. Perencanaan *Interface* Modul EMS

EMS (*Embedded Module Series*) SD/MMC/FRAM adalah Rangkaian modul MMC/SD Card merupakan suatu modul untuk mempermudah antarmuka antara MMC/SD Card dan mikrokontroler dengan tegangan kerja +5 VDC. MMC/SD Card dapat digunakan sebagai memori yang dapat diganti dengan mudah sehingga

memudahkan dalam ekspansi ke kapasitas memori yang lebih besar. Tersedia *Ferroelectric Nonvolatile RAM (FRAM)* yang dapat digunakan sebagai *buffer* sementara dalam mengakses MMC/SD Card atau sebagai tempat penyimpan data lain. Modul ini dapat digunakan antara lain sebagai penyimpan data kecepatan angin, radiasi matahari atau aplikasi data *logging* lainnya.



Gambar 3.10. *Interface* EMS dengan MCU

Tabel 3.4. Konfigurasi *port* EMS dengan MCU

EMS	MCU
Pin 1 → GND	Pin 11 → (Ground)
Pin 2 → +5V	Pin 10 → (VCC)
Pin 3 → SCL	Pin 22 → PC0 (SCL)
Pin 4 → SDA	Pin 23 → PC1 (SDA)
Pin 5 → CD	Pin 3 → PB2 (AIN0)
Pin 6 → WP	Pin 4 → PB3 (AIN1)
Pin 7 → CSSD	Pin 5 → PB4 (SS)
Pin 8 → MOSI	Pin 6 → PB5 (MOSI)
Pin 9 → MISO	Pin 7 → PB6 (MISO)
Pin 10 → SCK	Pin 8 → PB7 (SCK)

Untuk konfigurasi dari masing-masing pin MMC/SD Card yang dipakai adalah sebagai berikut:

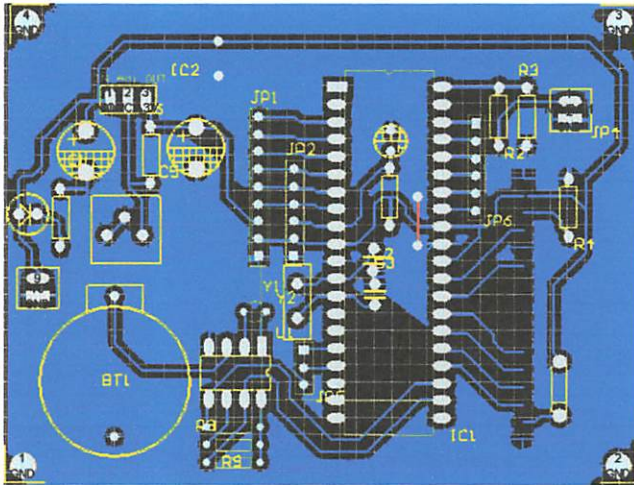
1. Pin 1 : Untuk mengaktifkan MMC/SD card pin ini harus mendapat Vcc (*enable*). Pin ini sebagai kontrol master (mikrokontroler) kepada MMC/SD card sebagai *slave*.
2. Pin2 : Merupakan jalur masuk command, data, atau sinyal dari peripheral lain (*master*) kepada MMC/SD card.
3. Pin 3 : Jalur *ground*.

4. Pin 4 : Supply 3.3 volt.
5. Pin 5 : Merupakan serial *clock* yang sumbernya berasal dari *master* atau *clock Eksternal*.
6. Pin 6 : Jalur *ground*.
7. Pin 7 : Merupakan tempat/jalur *output* dari data yang berasal dari MMC/SD Card.

3.3. Perencanaan dan Pembuatan PCB

3.3.1. Perencanaan Tata Letak Komponen

Penempatan masing-masing komponen disesuaikan dengan rangkaian perblok dan alur dari sinyal. Untuk inputan diletakkan disebelah kiri dan outputan disebelah kanan. Untuk komponen yang memiliki hubungan jalur rangkaian diletakkan berdekatan agar mempermudah penjaluran *Printed Circuit Board* (PCB). Posisi dan jarak penempatan dari masing-masing komponen diatur agar mempermudah pembacaan tipe dan nilai dari komponen tersebut disamping itu juga dipertimbangkan faktor dari tata letak komponen.



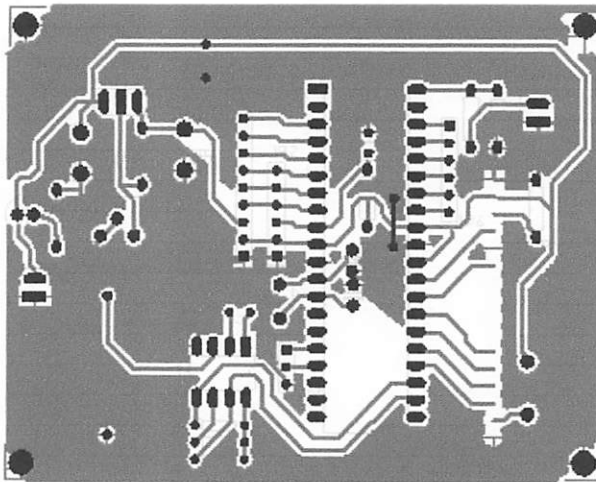
Gambar 3.11. Tata Letak Komponen

3.3.2. Perencanaan Jalur Pengawatan (*Etching*)

Setelah komponen ditata rapi pada *Printed Circuit Board* (PCB) maka mulai dibuat jalur pengawatannya. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan jalur pengawatan antara lain:

1. Buat jalur pengawatan sependek-pendeknya.
2. Hindari *track* yang membentuk sudut lancip.
3. Perhitungkan lebar *track* yang dibuat agar pada proses *etching* tidak mengelupas atau menempel.
4. Buat jalur *grounding* dan jalur catu daya lebih besar.
5. Perhatikan sisi estetika agar *layout* PCB yang dibuat terlihat rapi.
6. Pisahkan terminal masukan dengan terminal keluaran.
7. Buat keterangan atau kode-kode untuk mempermudah dalam pemasangan komponen atau kabel.
8. Periksa dengan teliti untuk memastikan kebenaran sambungan atau jalur pengawatan.

Dari gambar PCB yang sudah jadi lalu kita sablon ke PCB. Pertama kita print dengan kertas yang tipis dan dibasahi dengan minyak agar terlihat transparent atau kita juga dapat menggunakan kertas kalkir. Setelah itu kita mal ke screen dan diberi cairan ulano dalam ruangan gelap, dari *screen* yang diberi ulano kita sinari dengan ultra violet dengan lama ± 3 menit, setelah itu kita potong PCB sesuai ukuran dan baru kita sablon. PCB yang sudah disablon tadi dilarutkan dalam campuran cairan HCL, air, dan H_2O_2 sampai kelihatan tembaga yang kena sablon/cat tadi terkelupas, setelah selesai PCB dibersihkan dengan cairan M3/tiner kemudian dibilas dengan air sabun.



Gambar 3.12. Jalur pengawatan

3.3.3. Pengeboran PCB

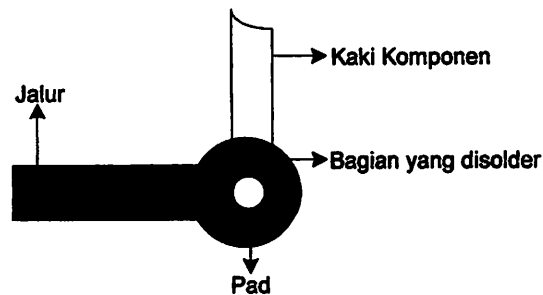
Setelah PCB di *etching*, maka selanjutnya dilakukan pengeboran pada kaki-kaki komponen pada PCB. Pengeboran dilakukan dengan menggunakan bor khusus PCB. Untuk komponen yang kecil seperti resistor, kapasitor, dan transistor kaki-kaki kecil dibor dengan menggunakan mata bor sebesar 0.8-1mm. Untuk kaki komponen yang agak besar seperti dioda dan *header* dibor dengan menggunakan mata bor 1mm. Untuk kaki komponen relay dibor dengan menggunakan mata bor 2mm. Jika semua pad untuk kaki komponen pada PCB telah dibor, maka dilakukan proses selanjutnya, yakni pemasangan komponen yang selanjutnya dilakukan pelapisan timah.

3.3.4. Pelapisan Timah PCB

Setelah proses pengeboran selesai maka dilanjutkan dengan pelapisan pada jalur PCB. Penyusun menggunakan lapisan perak nitrat untuk melapisi jalur PCB karena lebih mudah dan praktis. Pelapisan diperlukan untuk mencegah korosi pada jalur PCB dan juga memudahkan pada saat penyolderan pemasangan PCB.

Urutan pemasangan komponen dilakukan berdasarkan dimensi komponen, semakin besar dimensinya maka semakin akhir dipasang. Jika hal tersebut dibalik akan terjadi kesulitan pemasangan karena celah pemasangan komponen dengan dimensi yang kecil akan semakin sempit karena terhalang oleh komponen dengan dimensi besar yang telah dipasang lebih dulu. Yang pertama dilakukan adalah pemasangan komponen dengan dimensi kecil. Pemasangan komponen aktif dapat dilakukan dengan menggunakan solder dengan panas yang lebih rendah karena komponen aktif cenderung rentan terhadap suhu terlalu tinggi. Selain itu panas solder (besar daya solder) harus disesuaikan dengan dimensi komponen yang akan disolder, semakin besar dimensi komponen maka semakin besar daya solder yang digunakan. Misal, untuk resistor $\frac{1}{2}$ Watt, dioda IN4001 atau transistor C945 cukup dengan solder berdaya 30-40 Watt. Sedangkan untuk komponen dengan dimensi besar seperti kapasitor elektrolit (*Elco*) dengan nilai diatas 4700 uF/50V atau transistor dengan dimensi seperti TIP 3055 bisa dengan solder dengan daya antara 60 – 80 Watt. Penyesuaian panas solder dengan komponen yang akan disolder dilakukan untuk menghindari

resiko kerusakan pada komponen aktif akibat panas yang berlebihan pada saat penyolderan komponen.



Gambar 3.13. Penyolderan Pada Kaki Komponen

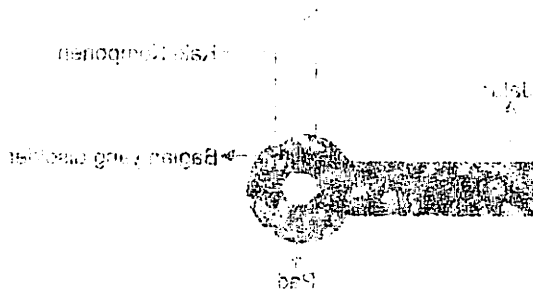
3.4. Perencanaan dan Pembuatan Perangkat Lunak

3.4.1. Perencanaan *Software*

Bahasa BASCOM adalah salah satu bahasa pemrograman tingkat tinggi selain Fortran, JAVA, dsb. Bahasa tingkat tinggi adalah bahasa yang menggunakan logika manusia dalam pembuatannya. Lain halnya dengan bahasa tingkat rendah, seperti assembly yang menggunakan logika mesin. Dalam BASCOM terdapat sintaks untuk melakukan perhitungan termasuk perhitungan trigonometri, antara lain melakukan perhitungan cosinus, sinus, tangent, dsb.

Pemrograman perangkat lunak pendukung mikrokontroler Atmega16 yang digunakan adalah BASCOM AVR. Mulai dari penulisan sumber program yang menggunakan bahasa basic, sampai compiling program ke .hex. Selanjutnya untuk mendownload file .hex ke flash memori Atmega16 digunakan *software PonyProg2000*. Tampilan software BASCOM AVR dan PonyProg2000 masing-masing ditunjukkan oleh gambar 3.14 dan gambar 3.15.

kecil karena pada komponen kecil lebih banyak yang terdistribusi pada saat pengalihan komponen



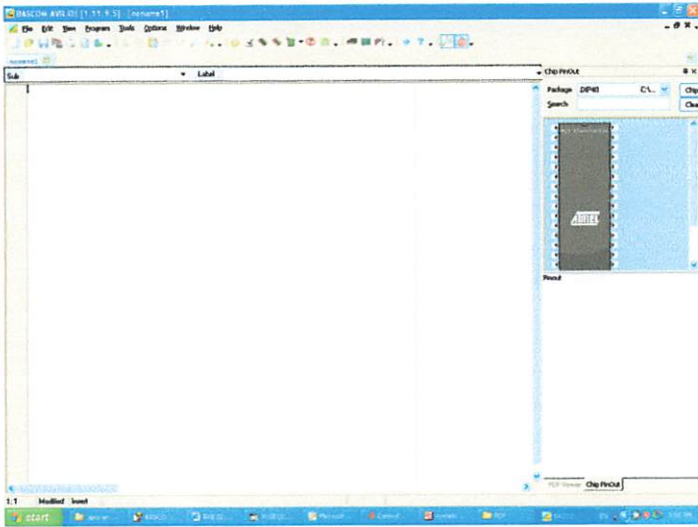
Gambar 3.13. Pengalihan Pada Kaki Komponen

3.4. Perencanaan dan Pembuatan Prinsipal Layout

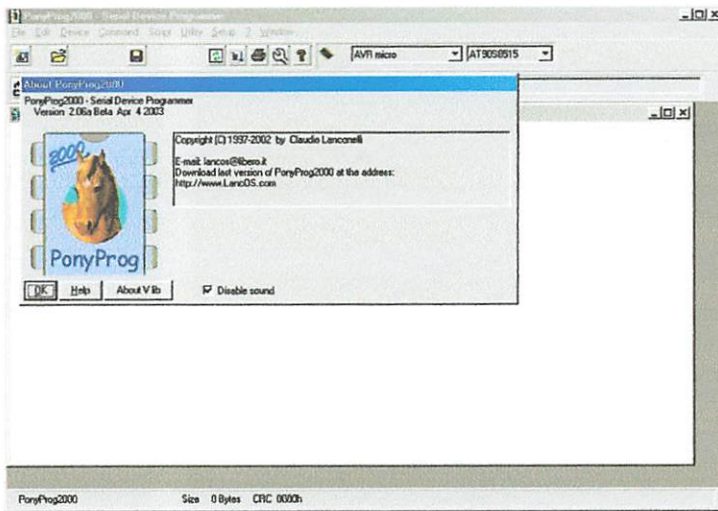
3.4.1. Perencanaan 3D/2D

Salah satu aspek yang harus diperhatikan dalam proses perancangan adalah bagaimana cara perancangan yang akan digunakan. Ada dua cara perancangan yang dapat digunakan, yaitu perancangan 2D dan perancangan 3D. Perancangan 2D adalah perancangan yang menggunakan gambar teknik. Perancangan 3D adalah perancangan yang menggunakan gambar teknik 3D. Perancangan 3D lebih baik daripada perancangan 2D karena dapat memberikan gambaran yang lebih nyata tentang bentuk dan ukuran objek yang akan dibuat. Selain itu, perancangan 3D juga dapat membantu dalam proses pembuatan prototipe dan mengurangi biaya produksi.

Perencanaan 3D/2D adalah salah satu aspek yang harus diperhatikan dalam proses perancangan. Ada dua cara perancangan yang dapat digunakan, yaitu perancangan 2D dan perancangan 3D. Perancangan 2D adalah perancangan yang menggunakan gambar teknik. Perancangan 3D adalah perancangan yang menggunakan gambar teknik 3D. Perancangan 3D lebih baik daripada perancangan 2D karena dapat memberikan gambaran yang lebih nyata tentang bentuk dan ukuran objek yang akan dibuat. Selain itu, perancangan 3D juga dapat membantu dalam proses pembuatan prototipe dan mengurangi biaya produksi.



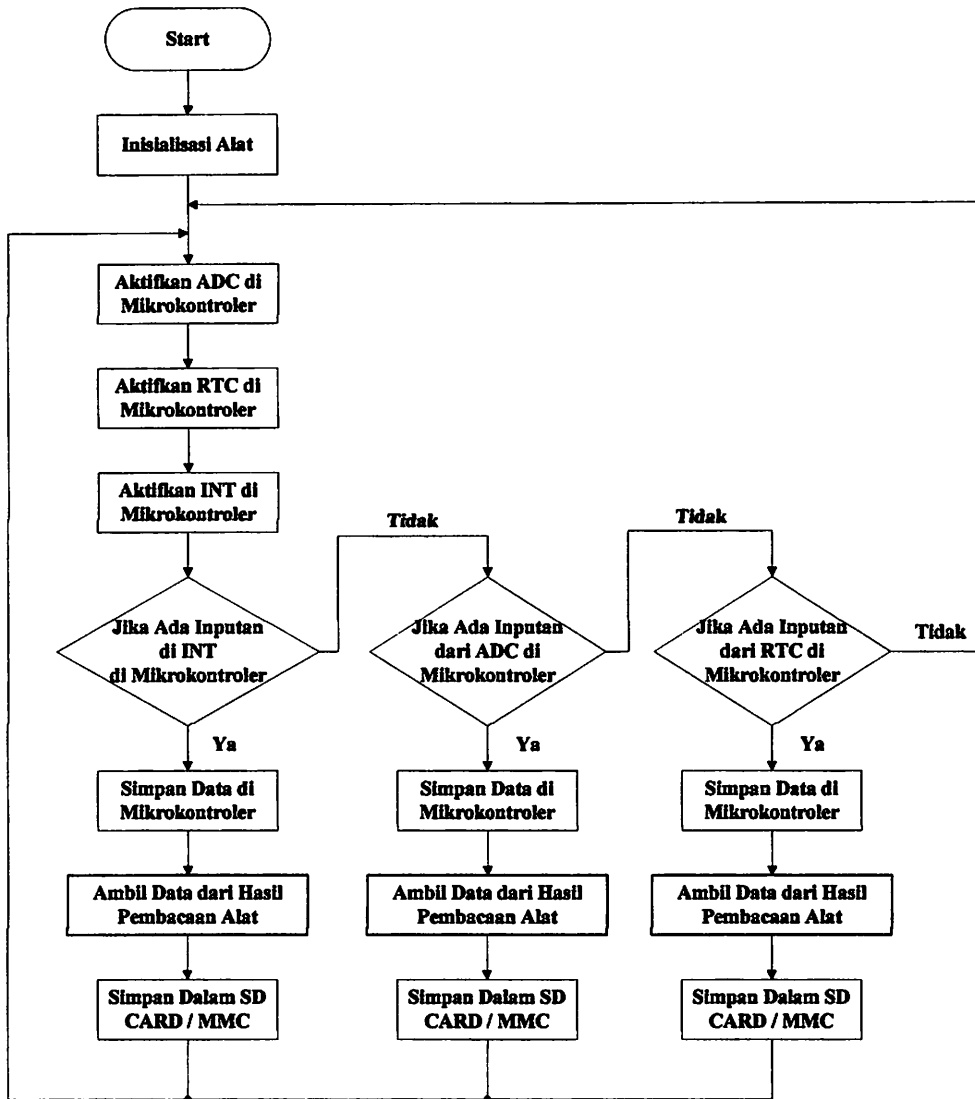
Gambar 3.14. Tampilan Utama Bascom AVR^[11]



Gambar 3.15. Tampilan Ponyprog2000^[11]

3.4.2. Flow Chart

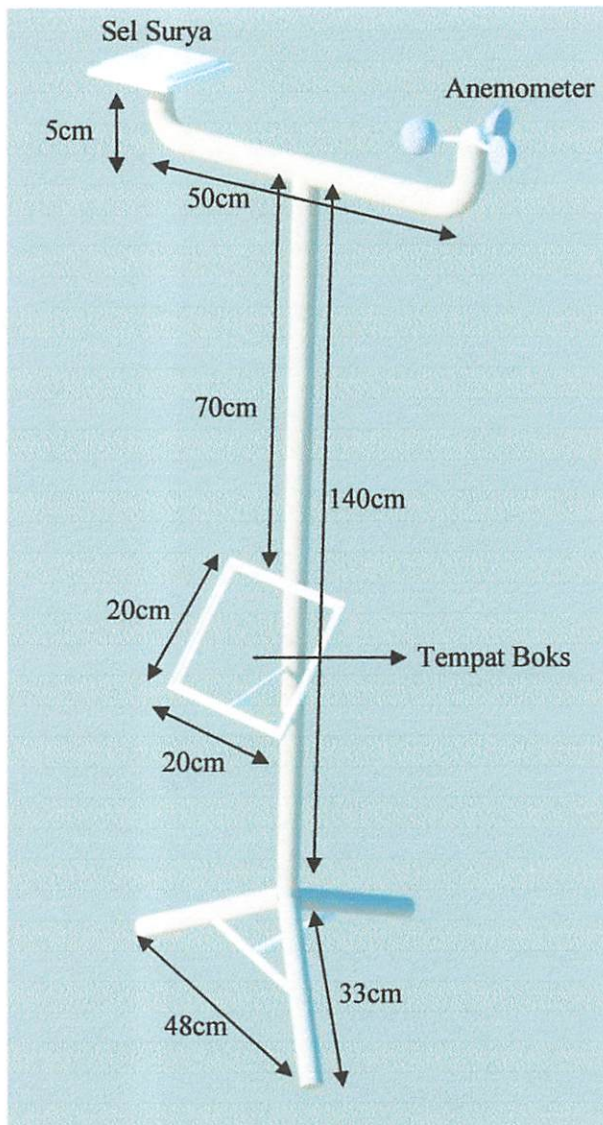
Cara kerja dari perangkat lunak (*software*) secara umum di tunjukkan dalam gambar 3.16.



Gambar 3.16. Flowchart Sistem Data Logger Kecepatan Angin dan Radiasi Matahari

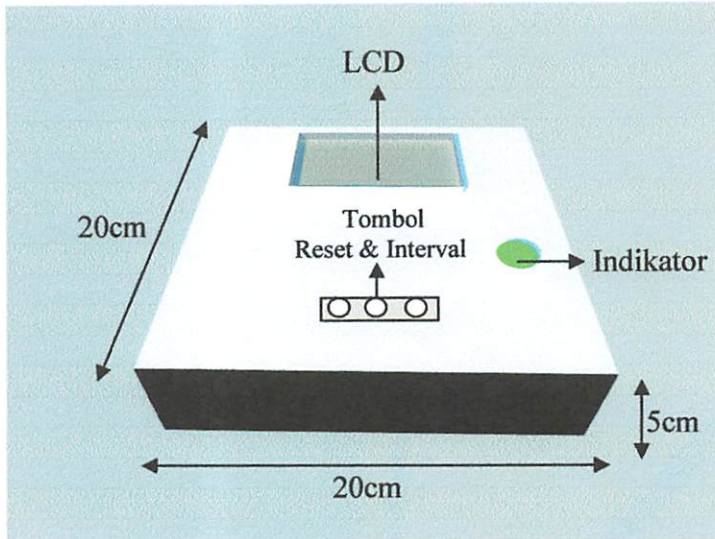
3.5. Perencanaan dan Pembuatan Mekanik

Pada alat ini bahan dasar mekanik menggunakan pipa besi dengan diameter 1 inci / 32 mm dan pipa PVC (Poly Vinyl Chloride) dengan diameter $\frac{3}{4}$ inci / 26 mm, jenis L dengan diameter 1 inci / 32 mm, jenis T dengan diameter 1 inci / 32 mm. Didesain dan dibuat semaksimal mungkin untuk menempatkan Sel Surya, Anemometer, dan Boks Rangkaian. Adapun gambar mekanik dapat dilihat dibawah ini:

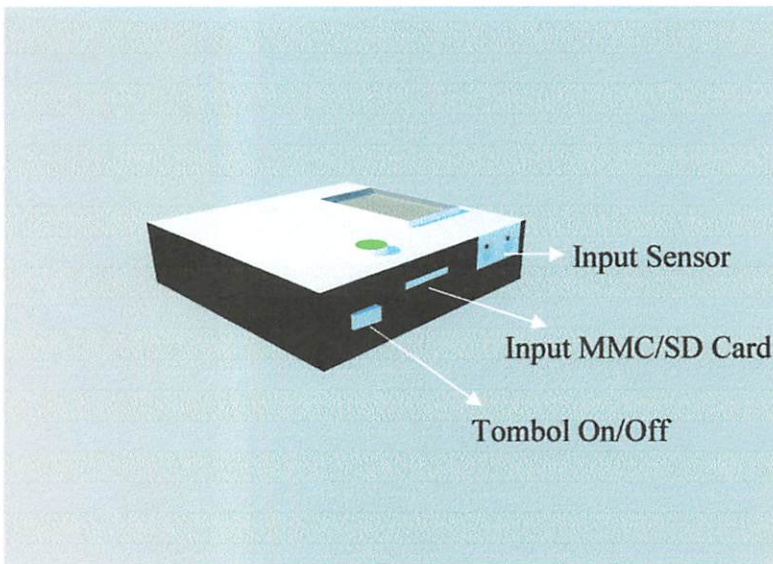


Gambar 3.17. Mekanik

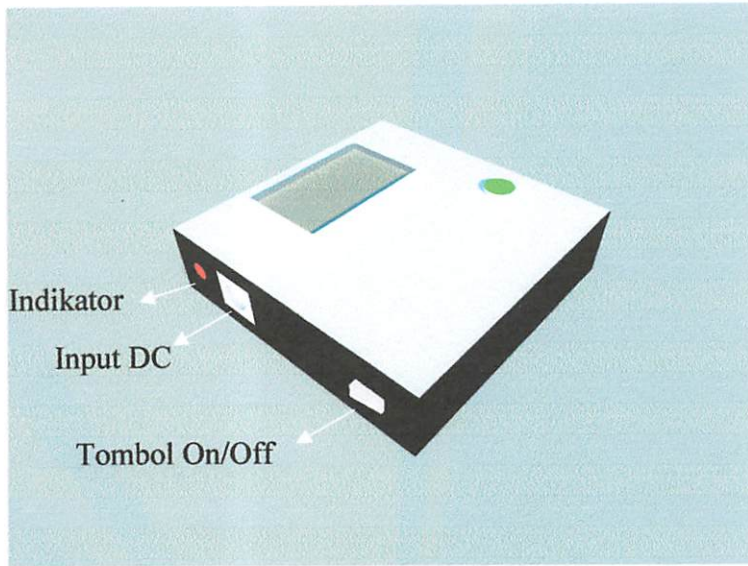
Sedangkan untuk desain boks menggunakan kaca mika dengan panjang 20cm, lebar 20cm, dan tinggi 5cm. Didesain semaksimal mungkin untuk menempatkan rangkaian dari alat yang dibuat. Adapun gambar boks dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 3.18. Boks Tampak Atas



Gambar 3.19. Boks Tampak Sisi Kanan



Gambar 3.20. Boks Tampak Sisi Kiri

BAB IV

PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Tujuan pengujian alat ini adalah untuk menentukan apakah alat yang telah dibuat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perencanaan. Pengujian dilakukan dengan cara menguji rangkaian setiap blok secara terpisah. Pengujian setiap blok ini dilakukan untuk mempermudah analisis apabila alat ini tidak bekerja sesuai dengan perencanaan.

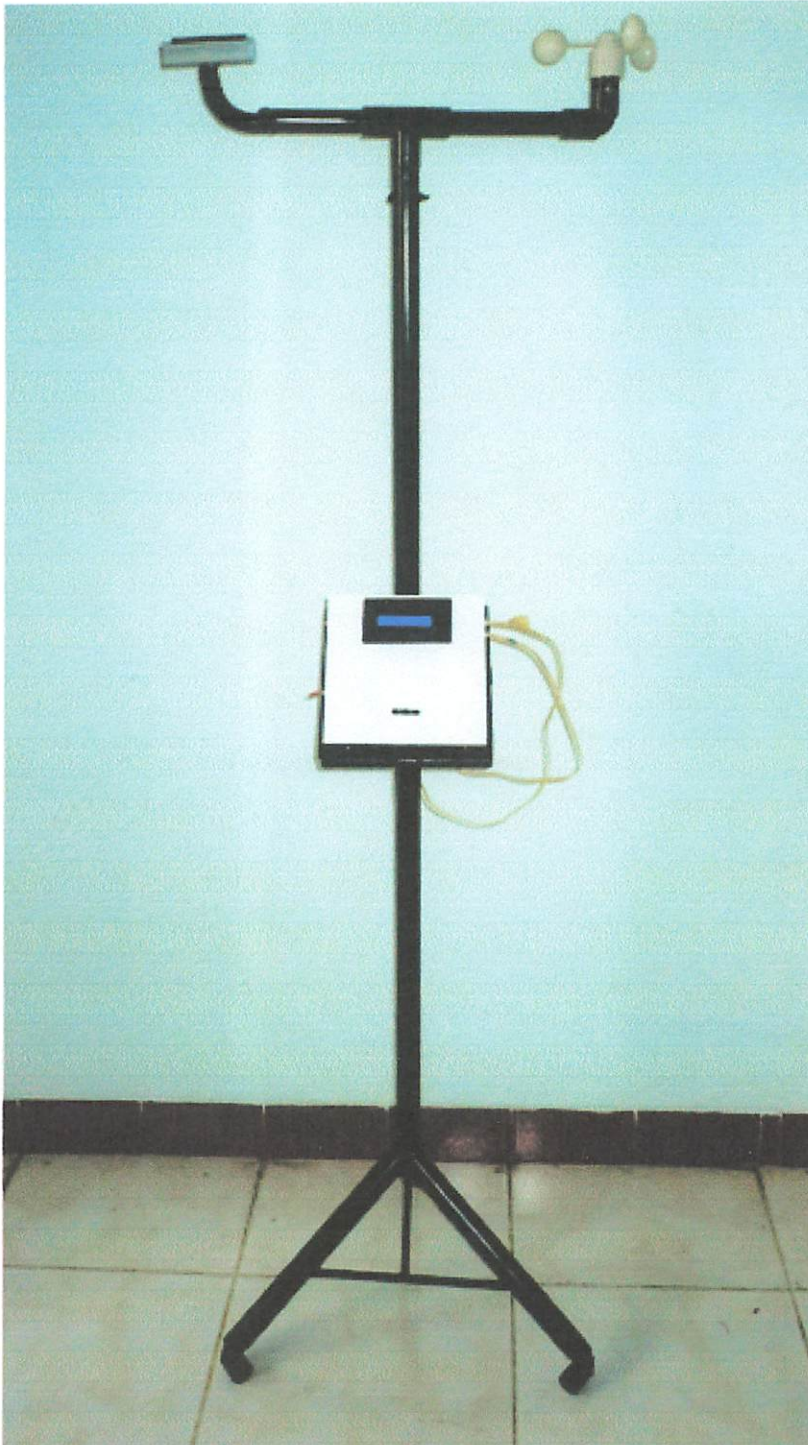
4.1. Spesifikasi Alat

Alat ini memiliki beberapa spesifikasi berdasarkan studi literatur dari rumusan masalah yang ada. Dalam perancangan dan pembuatan alat pengukur kecepatan angin dan radiasi matahari ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. *Portabel* (dapat dibawa kemana-mana).
2. Hasil pengukuran dari alat ini adalah kecepatan angin dalam satuan Km/h dan untuk radiasi matahari W/m^2 .
3. Catu daya yang digunakan adalah baterai.
4. Hasil pengukuran ditampilkan dalam LCD 16x2.
5. Hasil pengukuran disimpan dalam data *logger*.

Dalam pelaksanaan pengujian dilakukan dengan dua cara yaitu secara perangkat keras dan perangkat lunak. Secara perangkat keras dilakukan melalui pemeriksaan sambungan pengawatan dan pengukuran dengan alat ukur. Sedangkan pengujian perangkat lunak, pengujian dilakukan melalui pembuatan *software* dan hasilnya diamati dengan bantuan alat peraga atau melalui alat ukur. Pengujian ini dibagi menjadi:

1. Pengujian minimum sistem.
2. Pengujian *display* LCD.
3. Pengujian *display* RTC.
4. Pengujian *interface* MMC/SD Card.
5. Pengujian pengkondisi sinyal.
6. Pengujian ADC.
7. Pengujian alat.



Gambar 4.1. Alat Keseluruhan

4.2. Pengujian Rangkaian Pongkondisi Sinyal (Pembagi Tegangan)

4.2.1. Tujuan Pengujian

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis ketepatan rangkaian pengkondisi sinyal sel surya dalam merespon perubahan V_{out} .

4.2.2. Peralatan Pengujian

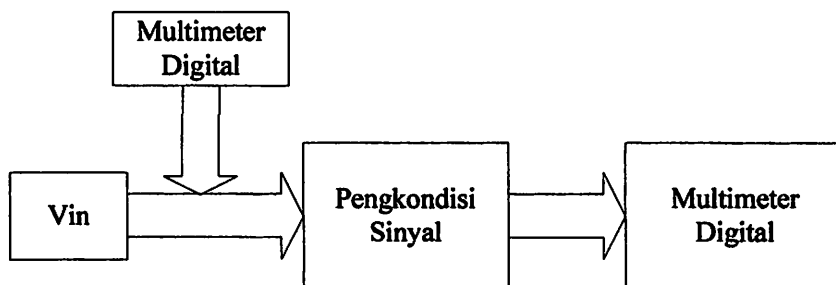
Peralatan pengujian yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Sumber tegangan DC variabel 0 – 10 Volt.
2. Rangkaian pengkondisi sinyal.
3. Sel surya.
4. Multimeter digital.
5. *Projectboard*.

4.2.3. Prosedur Pengujian

Langkah-langkah dalam pengujian rangkaian ini adalah menyusun rangkaian pengujian sesuai dengan diagram blok pengujian.

1. Diagram blok pengujian pengkondisi sinyal ditunjukkan dalam gambar 4.2.
2. Memberikan catu daya pada rangkaian pengujian.
3. Mengukur keluaran pengkondisi sinyal dengan multimeter.
4. Mengamati dan mencatat data yang terukur pada multimeter.



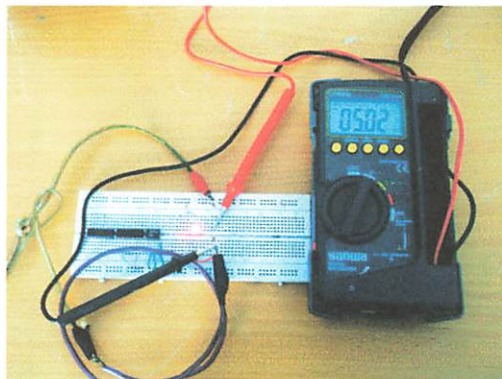
Gambar 4.2. Diagram Blok Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

4.2.4. Hasil Pengujian dan Analisa

Hasil pengujian rangkaian pengkondisi sinyal sel surya ditunjukkan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sel Surya

Vin (Volt)	Vout		%error
	Pengukuran Alat	Teori	
1	0.502	0.5	0.39
2	1.010	1	0.99
3	1.504	1.5	0.26
4	2.012	2	0.59
5	2.507	2.5	0.27
6	3.010	3	0.33
7	3.509	3.5	0.25
8	04.03	4	0.74
9	04.52	4.5	0.44
10	05.02	5	0.39
Jumlah persentase dari pengukuran			4.65
Persentase rata-rata kesalahan			0.465



Gambar 4.3. Hasil Pengukuran Pembagi Tegangan

Analisis dilakukan dengan menghitung persentase kesalahan hasil pengukuran dengan hasil perhitungan menggunakan Persamaan (2.2). Berdasarkan Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa persentase kesalahan terbesar adalah 0.99%. Sedangkan kesalahan rata-rata pada pengujian ini adalah 0.465%. Dengan kesalahan rata-rata kurang dari 1%, maka rangkaian pengkondisi sinyal sel surya dapat dikatakan bekerja dengan baik sesuai dengan aplikasi yang direncanakan.

Analisis untuk Vin sebesar 10 Volt Berdasarkan perhitungan Vout diketahui:

$$\begin{aligned} V_{out} &= \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{in} \\ &= \frac{10K}{10K + 10K} 10 = 5V \end{aligned}$$

Sedangkan untuk mendapatkan nilai persentase pada Vin 10 Volt dilakukan perhitungan sebagai berikut:

%Kesalahan (*error*):

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Pengukuran Alat} - \text{Teori}}{\text{Pengukuran Alat}} \times 100\% \dots \dots \dots (4.1) \\ &= \frac{05,02 - 5}{05,02} 100\% \\ &= 0,39\% \end{aligned}$$

%Kesalahan (*error*) rata-rata:

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Jumlah Kesalahan Error}(\%)}{\text{Jumlah Banyaknya Pengujian}} \dots \dots \dots (4.2) \\ &= \frac{4,65(\%)}{10} \\ &= 0,465\% \end{aligned}$$

4.3. Pengujian Minimum Sistem ATmega16

4.3.1. Tujuan Pengujian

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja mikrokontroler. Apakah input dan output mikrokontroler sudah sesuai dengan program yang dibuat. Pada bagian ini memanfaatkan nyala LED (*Light Emitting Diode*) yang dihubungkan dengan *port C*.

4.3.2. Peralatan Pengujian

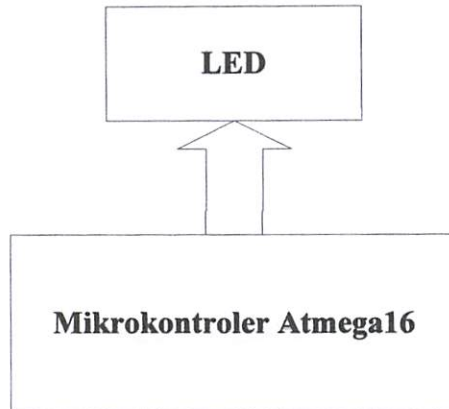
Peralatan pengujian yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Catu daya +5 Volt.
2. Minimum sistem mikrokontroler ATmega16.
3. *Projectboard*.
4. Led.

4.3.3. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menyusun rangkaian pengujian sesuai dengan diagram blok pengujian.
2. Diagram blok pengujian minimum sistem ditunjukkan dalam gambar 4.4.
3. Memberikan catu daya pada rangkaian pengujian.
4. Membuat program untuk menyalakan led.



Gambar 4.4. Diagram Blok Pengujian Minimum Sistem

4.3.4. Program Pengujian Minimum Sistem

'inisial penggunaan mikrokontroler ATmega16

\$regfile = "m16def.dat"

'inisial penggunaan crystal = 4000000

\$crystal = 4000000

'deklarasi variabel

Dim Data1 As Byte

'konfigurasi variabel

Config Portc = Output

'rutin utama

Do

 Data1 = 0

 PortC = Data1

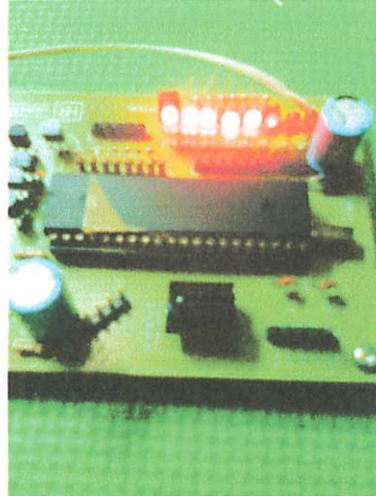
Loop

End

'akhir program'

4.3.5. Hasil pengujian dan Analisa

Berdasarkan program di atas maka nyala LED akan menunjukkan *range* nilai data adalah 0-255 atau dalam heksa 00-FF. Pada gambar 4.5 tampak nyala LED sudah sesuai dengan program, sehingga mikrokontroler sudah dapat beroperasi dengan baik.



Gambar 4.5. Nyala LED Pada Mikrokontroler

4.4. Pengujian ADC *Internal* ATmega16

4.7.1. Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian ADC dan penampil LCD adalah untuk mengetahui perubahan keluaran ADC saat tegangan masukan berubah dan membaca keluaran ADC pada penampil LCD.

4.7.2. Peralatan Pengujian

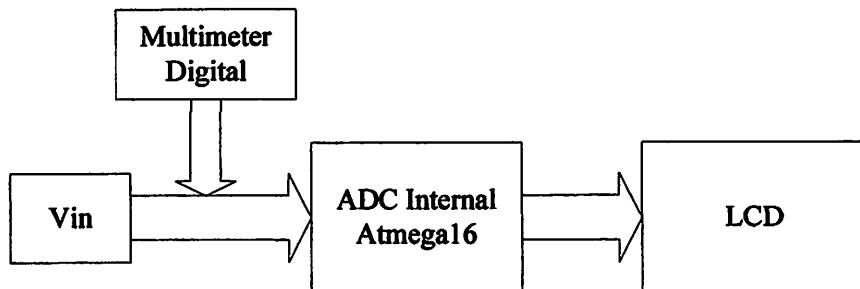
Peralatan pengujian yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Sumber tegangan DC variabel 0 – 5 Volt.
2. Catu daya +5 Volt.
3. Minimum sistem mikrokontroler ATmega16.
4. LCD 16×2.
5. *Projectboard*.
6. Multimeter digital.

4.4.1. Prosedur Pengujian

Langkah-langkah dalam pengujian rangkaian ini adalah:

1. Menyusun rangkaian pengujian sesuai dengan diagram blok pengujian.
2. Diagram blok pengujian ADC ditunjukkan dalam gambar 4.6.
3. Memberikan catu daya pada rangkaian pengujian.
4. Membuat program pengujian pada mikrokontroler.
5. Menjalankan *software* uji coba.
6. Mengamati dan mencatat data yang terukur pada LCD.



Gambar 4.6. Diagram Blok Pengujian ADC

4.4.2. Hasil Pengujian dan Analisa

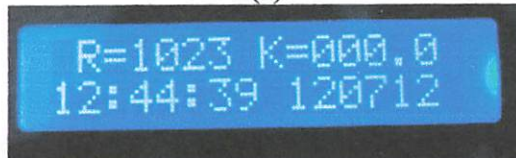
Dari hasil pengujian ADC sebagaimana prosedur pengujian diatas, tegangan referensi sebesar 5 Volt dengan resolusi yang digunakan 10bit. Dengan demikian didapat data hasil pengujian sebagaimana ditunjukkan dalam tabel 4.2 dibawah ini:

Tabel 4.2. Hasil Pengujian ADC

Vin (Volt)	Keluaran ADC		%error
	Pengukuran Alat	Teori	
1	204	204.8	0.39
2	409	409.6	0.14
3	614	614.4	0.06
4	819	819.2	0.02
5	1023	1024	0.09
Jumlah persentase dari pengukuran			0.7
Persentase rata-rata kesalahan			0.14



(a)



(b)

Gambar 4.7. (a) Hasil Pengukuran V in ADC
(b) Hasil Pengukuran ADC pada LCD

Analisis dilakukan dengan menghitung persentase kesalahan hasil pengukuran dengan hasil perhitungan menggunakan Persamaan (2.3). Berdasarkan Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa persentase kesalahan terbesar adalah 0.39%. Sedangkan kesalahan rata-rata pada pengujian ini adalah 0.14%. Dengan kesalahan rata-rata kurang dari 1%, maka ADC dapat dikatakan bekerja dengan baik sesuai dengan aplikasi yang direncanakan.

Analisis untuk V_{in} sebesar 5 Volt Berdasarkan perhitungan keluaran ADC diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Data ADC} &= \frac{V_{in}}{V_{ref}} \times 1024 \\ &= \frac{5}{5} \times 1024 \\ &= 1024 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk mendapatkan nilai persentase menggunakan persamaan (4.1) pada V_{in} 5 Volt dilakukan perhitungan sebagai berikut:

%Kesalahan (*error*):

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Teori} - \text{Pengukuran Alat}}{\text{Teori}} \times 100\% \\ &= \frac{1024 - 1023}{1024} \times 100\% \\ &= 0,09\% \end{aligned}$$

%Kesalahan (*error*) rata-rata menggunakan persamaan (4.2) dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Jumlah Kesalahan Error (\%)}}{\text{Jumlah Banyaknya Pengujian}} \\ &= \frac{0,7(\%)}{5} \\ &= 0,14\% \end{aligned}$$

4.5. Pengujian *Interface* Modul LCD

4.5.1. Tujuan Pengujian

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis *port* C mikrokontroler dapat mengirim data ke LCD sesuai dengan program yang dibuat dan untuk mengetahui keberhasilan LCD dalam menampilkan data karakter.

4.5.2. Peralatan Pengujian

Peralatan pengujian yang diperlukan adalah sebagai berikut:

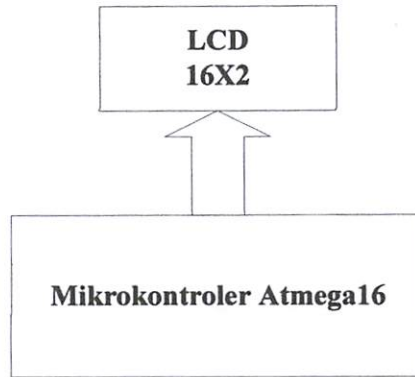
1. Catu daya +5 Volt.
2. Rangkaian *display* LCD.
3. Minimum sistem mikrokontroler ATmega16.
4. *Projectboard*.

4.5.3. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menyusun rangkaian pengujian sesuai dengan diagram blok pengujian.
2. Diagram blok pengujian *interface* modul LCD ditunjukkan dalam gambar 4.8.
3. Memberikan catu daya pada rangkaian pengujian.

4. Membuat program untuk menampilkan data karakter huruf "Dana Suryadi" pada baris pertama dan karakter angka " NIM:0912911" pada baris kedua pada LCD.
5. Mengamati data karakter yang ditampilkan pada LCD.



Gambar 4.8. Diagram Blok Pengujian *Interface* Modul LCD

4.5.4. Hasil Pengujian dan Analisa

Dalam pengujian ini, LCD dapat menampilkan tulisan "Dana Suryadi" pada baris pertama dan data dari "NIM: 0912911" pada baris kedua. Tampilan hasil pengujian modul LCD ditunjukkan dalam Gambar 4.9. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa rangkaian LCD dan perangkat lunak yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik.



Gambar 4.9. Tampilan Hasil Pengujian LCD

Setelah melakukan proses pengujian maka dapat dianalisa bahwa rangkaian LCD dapat menampilkan karakter yang dimasukkan melalui program, serta LCD dapat melakukan proses *write* dengan baik. LCD dapat berfungsi sebagai unit penampil bila tombol kontrol pada LCD diaktifkan dengan memberikan logika *high* atau *low*.

4.6. Pengujian *Interface* RTC

4.6.1. Tujuan Pengujian

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis keberhasilan RTC dalam membaca dan mengirim data pada mikrokontroler.

4.6.2. Peralatan Pengujian

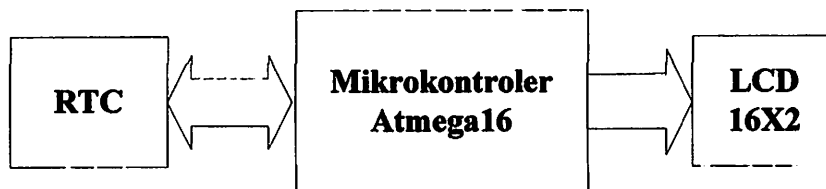
Peralatan pengujian yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Catu daya +5 Volt.
2. Minimum sistem mikrokontroler ATmega16.
3. Rangkaian RTC DS1307.
4. LCD 16×2.
5. Jam Digital.
6. *Projectboard*.

4.6.3. Prosedur Pengujian

Langkah-langkah dalam pengujian rangkaian ini adalah:

1. Menyusun rangkaian pengujian sesuai dengan diagram blok pengujian.
2. Diagram blok pengujian rangkaian RTC ditunjukkan dalam gambar 4.10.
3. Memberikan catu daya pada rangkaian pengujian.
4. Membuat program pengujian pada mikrokontroler.
5. Menjalankan *software* uji coba.
6. Mengamati informasi waktu yang ditampilkan pada LCD dan membandingkan dengan informasi waktu pada jam tangan digital.



Gambar 4.10. Diagram Blok Pengujian Rangkaian RTC

4.6.4. Hasil Pengujian dan Analisa

Dari hasil pengujian menunjukkan informasi waktu dari RTC yang ditampilkan pada LCD sesuai dengan informasi waktu pada jam tangan digital, sehingga dapat disimpulkan bahwa rangkaian RTC dapat bekerja sesuai dengan perancangan. Hasil pengujian rangkaian RTC ditunjukkan dalam Gambar 4.11. Tabel hasil pengujian rangkaian RTC ditunjukkan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Rangkaian RTC

Data ke:	Penunjukan Data Jam pada Alat	Penunjukan Data Jam Digital	%error
1	02:30:39	02:30:39	0 detik
2	02:31:15	02:31:15	0 detik
3	02:32:45	02:32:45	0 detik
4	02:33:07	02:33:07	0 detik
5	02:34:56	02:34:56	0 detik
6	02:35:09	02:35:09	0 detik
7	02:36:17	02:36:17	0 detik
8	02:37:39	02:37:39	0 detik
9	02:38:20	02:38:20	0 detik
10	02:39:02	02:39:02	0 detik



Gambar 4.11. Hasil Pengujian Rangkaian RTC pada LCD

Berdasarkan dari hasil pengujian dari minimum sistem yang telah dibuat maka dapat dianalisa bahwa dari masing-masing bit dalam tiap *port* dapat digunakan dengan memberikan logika *high* maupun *low* dalam mengaktifkan perangkat tambahan seperti led maupun mentransfer data ke LCD serta mengambil data dari RTC berupa sinyal *clock* yang dapat diprogram sebagai pewaktuan dapat dilakukan dengan baik.

4.7. Pengujian *Interface* Modul EMS untuk MMC/SD Card

4.7.1. Tujuan Pengujian

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis keberhasilan mikrokontroler dalam membaca dan mengirim data pada MMC/SD Card.

4.7.2. Peralatan Pengujian

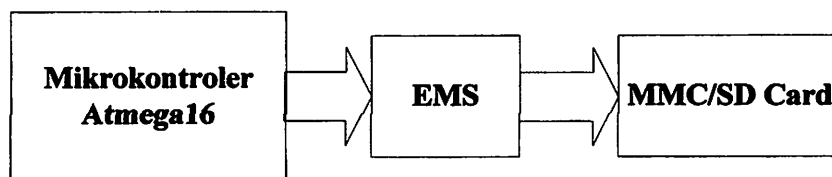
Peralatan pengujian yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Catu daya +5 Volt.
2. Minimum sistem mikrokontroler ATmega16.
3. Modul EMS (*Embedded Module Series*) SD/MMC/FRAM
4. MMC/SD Card.
5. LCD 16×2.
6. *Projectboard*.

4.7.3. Prosedur Pengujian

Langkah-langkah dalam pengujian rangkaian ini adalah:

1. Menyusun rangkaian pengujian sesuai dengan diagram blok pengujian.
2. Diagram blok pengujian *interface* MMC/SD Card ditunjukkan dalam gambar 4.12.
3. Memberikan catu daya pada rangkaian pengujian.
4. Membuat program pengujian pada mikrokontroler.
5. Menjalankan *software* uji coba.

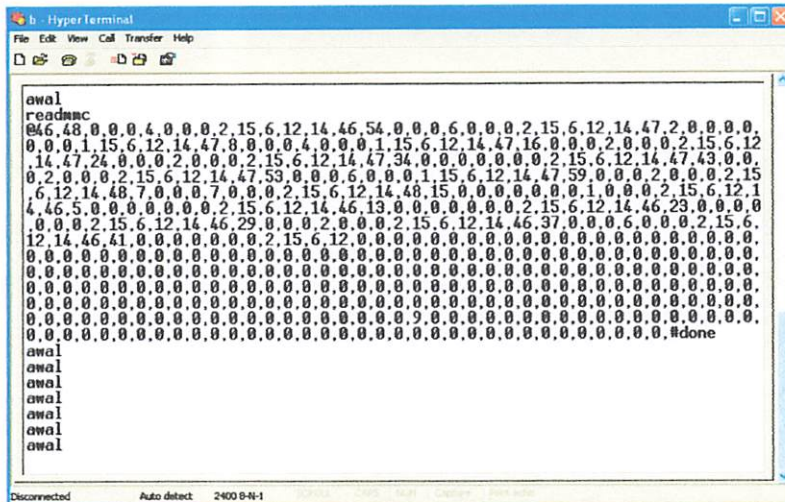


Gambar 4.12. Diagram Blok Pengujian *Interface* Modul EMS untuk MMC/SD Card

4.7.4. Hasil Pengujian dan Analisa

Pengujian MMC/SD Card dapat dilakukan dengan mengisi data ke dalam MMC/SD Card, Jadi fungsi dari MMC/SD Card ini menjaga agar data yang ada di

dalamnya tidak hilang apabila terjadi pemutusan sumber tegangan. Hasil pengujian ditampilkan dengan program Hyperterminal untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar 4.13. Sedangkan untuk penjelasan isi dalam program Hyperterminal 15,6,12,14,46,54,0,0,0,6,0,0,2 dapat dilihat dalam tabel 4.4.



Gambar 4.13. Tampilan Data dari MMC/SD Card Menggunakan Program Hyperterminal

Tabel 4.4. Penjelasan Hasil Data yang Tersimpan di MMC/SD Card

Heksa	Penjelasan
15	Tipe Kode untuk Tanggal
6	Tipe Kode untuk Bulan
12	Tipe Kode untuk Tahun
14	Tipe Kode untuk Jam
46	Tipe Kode untuk Menit
54	Tipe Kode untuk Detik
0,0,0,6	Tipe kode untuk kecepatan angin (anemometer)
0,0,0,2	Tipe kode untuk radiasi matahari (sel surya)

Untuk mengambil data dari MMC/SD Card melalui SPI masalah utama yang dihadapi adalah kesesuaian data sebenarnya dengan yang kita ambil. Tetapi setelah melakukan beberapa percobaan didapatkan bahwa 100 % data dari MMC/SD Card dapat diambil dengan sempurna oleh mikrokontroler. Jika suatu ketika ada kesalahan dalam pembacaan data pada MMC/SD Card ini murni dikarenakan kurang tepatnya alamat yang kita masukkan dengan alamat yang kita inginkan. Selisih satu blok saja sudah menyebabkan *error* yang cukup besar. Mengenai kecepatan *transfer* antara

MMC/SD Card dengan mikrokontroler yang dipakai dalam alat ini yaitu: 2400 *Bit Per Second*.

4.8. Pengujian Alat

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis apakah sistem yang telah dibuat mampu bekerja sesuai dengan perencanaan baik perencanaan perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*) dan mengetahui persentase rata-rata kesalahan pengukuran dari alat tersebut.

4.8.1. Pengujian *Interface* Sel Surya

4.8.1.1. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sel surya dapat bekerja atau tidak untuk mengkonversi data sebagai alat ukur radiasi matahari.

4.8.1.2. Peralatan Pengujian

Peralatan pengujian yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Catu daya +5 Volt.
2. Rangkaian sel surya.
3. Solar power meter (*TM-750*).
4. Minimum sistem mikrokontroler ATmega16.
5. Modul EMS.
6. MMC/SD Card.
7. LCD 16×2.
8. *Projectboard*.
9. Multimeter digital.

4.8.1.3. Prosedur Pengujian

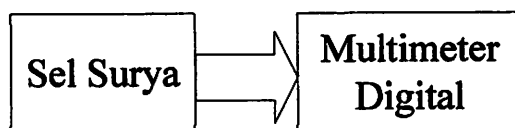
Langkah-langkah dalam pengujian rangkaian ini adalah:

1. Menyusun rangkaian pengujian sesuai dengan diagram blok pengujian.
2. Memberikan catu daya pada rangkaian pengujian.

3. Membuat program pengujian pada mikrokontroler.
4. Mengamati dan mencatat data yang terukur pada LCD.
5. Melihat data yang tersimpan di MMC/SD Card di laptop/PC.

4.8.1.4. Hasil Pengujian

Pertama kali yang harus dilakukan yaitu menguji sel surya apakah dapat bekerja atau tidak bekerja.



Gambar 4.14. Diagram Blok Pengujian Sel Surya

Berikut ini adalah data hasil pengujian sel surya, dimana pengujian dilakukan satu hari dengan mewakili kondisi sinar matahari disiang hari pada tanggal 05 juni 2012 antara jam 08.00 sampai jam 16.00 diambil setiap 30 menit. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sel surya berfungsi atau tidak. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan sumber cahaya matahari terhadap area sel surya. Data hasil pengujian adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5. Hasil Pengujian Sel Surya Terkena Sinar Matahari

T (Menit) (10.00-14.00)	Tegangan Terukur (Volt)
08.00	09.34
08.30	09.67
09.00	10.30
09.30	09.78
10.00	10.29
10.30	10.26
11.00	09.76
11.30	09.92
12.00	09.84
12.30	10.32
13.00	10.30
13.30	10.29
14.00	10.31
14.30	09.89

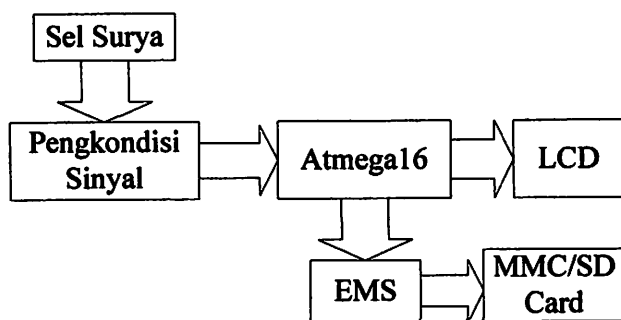
15.00	10.20
15.00	10.12
15.00	09.50
15.30	09.60
16.00	09.37



Gambar 4.15. Hasil Pengukuran Terkena Sinar Matahari

Perubahan posisi atau kemiringan sel surya saat dilakukan pengujian akan berpengaruh terhadap daya serap cahaya. Nilai tegangan akan berubah ketika ada perubahan intensitas cahaya matahari. Dengan demikian, menempatkan area sel surya terkena cahaya bertujuan untuk mengetahui sel surya berfungsi atau tidak berfungsi. Berdasarkan hasil pengujian diatas yang dilakukan per satu menit selama waktu 10 menit, tegangan yang didapat sesuai dengan karakteristik tegangan keluaran= 10 V. Tegangan kerja normal dari tegangan 08.29 V sampai dengan 10.32 V, maka dapat diketahui fungsi sel surya sudah berfungsi dengan baik.

Setelah diketahui sel surya dapat bekerja dengan baik, selanjutnya sel surya dikonversi menjadi alat ukur untuk mengetahui radiasi matahari dengan cara membandingkan dengan alat ukur yang sudah ada yaitu solar power meter (*TM-750*). Maka selanjutnya merangkai rangkaian seperti gambar 4.16.



Gambar 4.16. Diagram Blok Pengujian Sel Surya Keseluruhan

Berikut ini adalah tabel hasil pengujian alat, pengukur radiasi matahari yang dibandingkan dengan alat ukur solar power meter (*TM-750*). Alat ukur pembanding pembacaannya 0 - 4000 W/m².

Tabel 4.6. Hasil Pengujian Alat yang dibandingkan dengan Alat Solar Power Meter (*TM-750*)

T (Menit) 19-06-2012	Radiasi Matahari (w/m ²)		%error
	Pengukuran Alat	Pengukuran solar power meter	
10.00			
1	659	678	2.80
1	659	677	2.65
1	659	678	2.80
1	659	677	2.65
1	659	678	2.80
11.00			
1	755	767	1.56
1	756	767	1.43
1	755	766	1.43
1	755	765	1.30
1	755	765	1.30
12.00			
1	945	960	1.56
1	946	961	1.56
1	945	962	1.76
1	945	961	1.66
1	946	961	1.56
13.00			
1	944	1004	5.97
1	945	1002	5.68
1	945	998	5.31
1	945	1002	5.68
1	944	1004	5.97

14.00			
1	938	975	3.79
1	938	975	3.79
1	938	976	3.89
1	938	976	3.89
1	938	976	3.89
15.00			
1	934	960	2.70
1	934	959	2.60
1	934	960	2.70
1	934	959	2.60
1	934	960	2.70
16.00			
1	750	800	6.25
1	748	798	6.26
1	748	798	6.26
1	750	799	6.23
1	750	800	6.25
Jumlah persentase dari pengukuran			121.05
Persentase rata-rata kesalahan pembacaan			3.45



(a)



(b)

Gambar 4.17. (a) Hasil Pengukuran Solar Power Meter (TM-750)
(b) Hasil Pengukuran Alat Pada LCD

Berikut perhitungannya:

%Kesalahan (*error*) menggunakan persamaan (4.1) dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Solar Power Meter} - \text{Pengukuran Alat}}{\text{Solar Power Meter}} \times 100\% \\
 &= \frac{678 - 659}{678} 100\% \\
 &= 2,80\%
 \end{aligned}$$

%Kesalahan (*error*) rata-rata menggunakan persamaan (4.2) dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Jumlah Kesalahan Error (\%)}}{\text{Jumlah Banyaknya Pengujian}} \\
 &= \frac{121,05 (\%)}{35} \\
 &= 3,45\%
 \end{aligned}$$

4.8.1.5. Analisa

Jika sel surya mendapatkan sinar matahari pada terik cuaca tinggi, maka tegangan yang didapat akan besar dan cepat diterima. Sebaliknya, jika cuaca mendung atau sel surya kurang mendapatkan sinar matahari, maka tegangan yang didapat akan menurun dan lambat. Secara keseluruhan alat yang dibuat ini memiliki tingkat kesalahan pembacaan rata-rata sebesar 3.45% dengan kesalahan pembacaan terbesar sebesar 6.26%. Besarnya persentase rata-rata kesalahan pembacaan ini salah satunya disebabkan oleh faktor cuaca, sedangkan untuk rumus diprogramnya yaitu:

$$(\text{ADC} - \text{ADC}_{\min}) \frac{\text{Power}_{\text{mak}} - \text{Power}_{\min}}{\text{ADC}_{\text{mak}} - \text{ADC}_{\min}} + \text{Power}_{\min} \dots\dots\dots(4.3)$$

Keterangan:

- ADC nilai keluaran dari ADC internal ATmega16
- Power nilai keluaran dari alat pembanding Solar Power Meter

4.8.2. Pengujian *Interface* Anemometer

4.8.2.1. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui anemometer dapat bekerja atau tidak untuk mengkonversi data sebagai alat ukur radiasi matahari.

4.8.2.2. Peralatan Pengujian

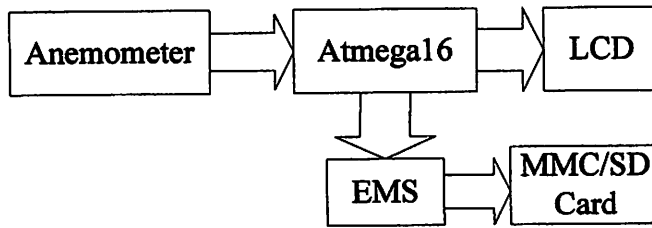
Peralatan pengujian yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Catu daya +5 Volt.
2. Rangkaian Anemometer.
3. Lutron (*AM-4202*).
4. Minimum sistem mikrokontroler ATmega16.
5. Modul EMS.
6. MMC/SD Card.
7. LCD 16×2.
8. *Projectboard*.
9. Multimeter digital.

4.8.2.3. Prosedur Pengujian

Langkah-langkah dalam pengujian rangkaian ini adalah:

1. Menyusun rangkaian pengujian sesuai dengan diagram blok pengujian.
2. Diagram blok pengujian Anemometer ditunjukkan dalam gambar 4.18.
3. Memberikan catu daya pada rangkaian pengujian.
4. Membuat program pengujian pada mikrokontroler.
5. Menjalankan *software* uji coba.
6. Mengamati dan mencatat data yang terukur pada LCD.
7. Melihat data yang tersimpan di MMC/SD Card di laptop/PC.



Gambar 4.18. Diagram Blok Pengujian Anemometer

4.8.2.4. Hasil Pengujian

Pengujian terdiri dari pengujian hardware dan software, pengujian dengan memberikan sumber angin tetap, dan pengujian dengan memberikan sumber angin bebas (alam). Modul Weather meter (*Anemometer*) berupa *logic digital* yang akan aktif/ON sekali setiap detik jika mendeteksi kecepatan angin 2.4 km/h. Hasil di alam bebas angin dapat dilihat dalam tabel 4.7 berikut ini:

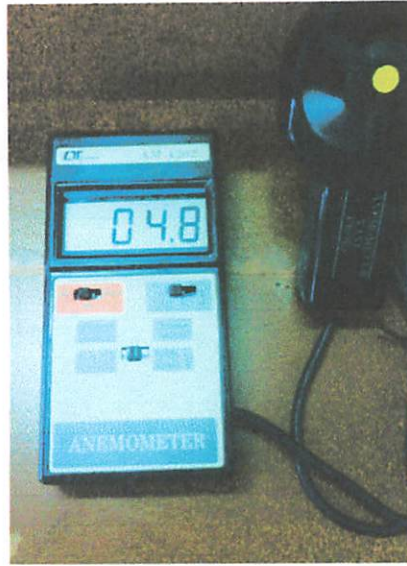
Tabel 4.7. Hasil Pengujian Alat pada Alam Bebas

18-06-2012 Data ke:	Kecepatan Angin (Km/h)
1	2.4
2	4.8
3	7.2
4	4.8
5	7.2
6	4.8
7	4.8
8	7.2
9	4.8
10	2.4
11	6.2
12	4.8

Sedangkan untuk pengujian dengan memberi angin melalui alat kipas angin yang dibandingkan dengan alat yang sudah ada yaitu lutron (*AM-4202*). Alat ukur pembanding pembacaannya 1.4 - 108.0 K/h. Kipas angin yang diarahkan ke baling-baling mekanik alat yang dibuat dan baling-baling mekanik pembanding dengan besar kecepatan kipas angin dan jarak yang sama dapat dilihat dalam tabel 4.8 berikut ini:

Tabel 4.8. Hasil Pengujian Alat yang dibandingkan dengan Alat Lutron (AM-4202)

%error	Kecepatan Angin (Km/h)		T (menit) 26-06-2012 09.00-11.00
	Pengukuran alat	Pengukuran lutron	
			09.00
0	4.8	4.8	1
6.25	4.5	4.8	1
5.08	5.6	5.9	1
2.77	7.0	7.2	1
2.77	7.0	7.2	1
2.77	7.0	7.2	1
2.77	7.0	7.2	1
6.66	5.6	6.0	1
3.44	5.6	5.8	1
			10.00
3.44	5.6	5.8	1
5.08	5.6	5.9	1
5.00	5.8	6.0	1
10.41	8.6	9.6	1
			11.00
3.57	8.1	8.4	1
12.5	5.6	6.4	1
0	2.4	2.4	1
4.16	4.6	4.8	1
0	2.4	2.4	1
4.76	8.0	8.4	1
89.34	Jumlah persentase dari pengukuran		
4.46	Persentase rata-rata kesalahan pembacaan		



(a)



(b)

Gambar 4.19. (a) Hasil Pengukuran Lutron (AM-4202)
(b) Hasil Pengukuran Alat pada LCD

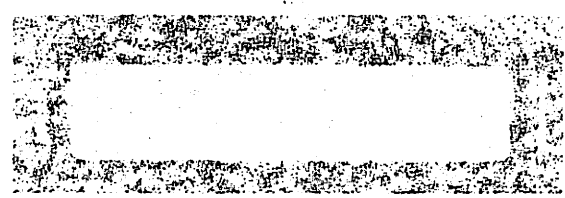
Berikut perhitungannya:

%Kesalahan (*error*) menggunakan persamaan (4.1) dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Pengukuran Alat - Lutron (AM - 4202)}}{\text{Lutron (AM - 4202)}} \times 100\% \\
 &= \frac{4,8 - 4,5}{4,8} 100\% \\
 &= 6,25\%
 \end{aligned}$$

%Kesalahan (*error*) rata-rata menggunakan persamaan (4.2) dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Jumlah Kesalahan Error (\%)}}{\text{Jumlah Banyaknya Pengujian}} \\
 &= \frac{89,34 (\%)}{20} \\
 &= 4,46\%
 \end{aligned}$$



(b)

(a) Hasil Pengukuran Awal pada (1)
 (b) Hasil Pengukuran Akhir pada (1)
 (c) Hasil Pengukuran Awal pada (2)

Hasil perhitungan

Hasil perhitungan (untuk menentukan parameter (1)) dilakukan perhitungan sebagai

berikut:

$$= \frac{(1000 - 1000) \times 100}{(1000 - 1000) \times 100} = \frac{0}{0} = 0$$

Hasil perhitungan (untuk menentukan parameter (2)) dilakukan perhitungan sebagai

berikut:

$$= \frac{(1000 - 1000) \times 100}{(1000 - 1000) \times 100} = \frac{0}{0} = 0$$

4.8.2.5. Analisa

Pengujian kecepatan Angin, hasil dari *hardware* menunjukkan bahwa sinyal pulsa keluaran dari *magnet switch* sebanding dengan kecepatan angin yang diberikan. Berdasarkan pengujian *hardware* dan *software* yang telah dilakukan diketahui bahwa sistem dapat bekerja dan bisa digunakan untuk mengukur kecepatan angin. Secara keseluruhan alat yang dibuat ini memiliki tingkat kesalahan pembacaan rata-rata sebesar 4.46% dengan kesalahan pembacaan terbesar sebesar 12.5%. Besarnya persentase rata-rata kesalahan pembacaan ini salah satunya disebabkan oleh faktor cuaca, sedangkan untuk rumus diprogramnya yaitu:

$$Kc = Kec \times 2.4 \dots\dots\dots (4.4)$$

Keterangan:

- Kc : Kecepatan
- Kec : Bernilai 1 sekali putaran
- 2.4 : Nilai sekali putaran dari modul weather meter

4.8.3. Pengujian Data Keseluruhan yang Tersimpan di MMC/SD Card

4.8.3.1. Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah data tersimpan di MMC/SD Card dan dapat dilihat di laptop atau melalui PC.

4.8.3.2. Peralatan Pengujian

Peralatan pengujian yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. MMC/SD Card.
2. *Card Reader* yang sudah dibuat.
3. Laptop/PC.

4.8.3.3. Prosedur Pengujian

Langkah-langkah dalam pengujian rangkaian ini adalah:

1. Menyusun alat pengujian sesuai dengan diagram blok pengujian.
2. Diagram blok pengujian MMC/SD Card ditunjukkan dalam gambar 4.20.

3. Membuat program pengujian pada laptop/PC.
4. Menjalankan *software* uji coba.
5. Melihat data yang tersimpan di MMC/SD Card di laptop/PC.



Gambar 4.20. Diagram Blok Pengujian Hasil Data yang Tersimpan didalam MMC/SD Card

4.8.3.4. Hasil Pengujian dan Analisa

Pengujian ini dilakukan dengan menyambungkan MMC/SD Card dengan laptop/PC melalui *Card Reader* yang sudah dibuat agar dapat dilihat data yang tersimpan, Jadi fungsi dari MMC/SD Card ini untuk menyimpan data. Hasil pengujian ditampilkan dengan program Delphi untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar 4.21. Mengenai kecepatan *transfer* antara MMC/SD card dengan laptop/PC dalam alat ini yaitu: 2400 *Bit Per Second*.

Waktu	Kecepatan Angin (KM/H)	Radiasi Matahari(W/m2)
2012-06-24 12:04:10	0	18
2012-06-24 12:04:20	4.8	18
2012-06-24 12:04:30	0	17
2012-06-24 12:04:38	4.8	138
2012-06-24 12:04:48	0	159
2012-06-24 12:04:58	4.8	164
2012-06-24 12:05:08	0	162
2012-06-24 12:05:18	0	52
2012-06-24 00:00:00	0	0
2012-06-24 18:07:38	2.4	1
2012-06-24 18:07:41	7.2	0
2012-06-24 18:07:45	12	0
2012-06-24 18:07:49	0	0
2012-06-24 18:07:55	31.2	0
2012-06-24 18:07:58	7.2	0
2012-06-24 18:08:04	16.8	0
2012-06-24 18:08:08	16.8	0

Gambar 4.21. Hasil dari Pembacaan MMC/SD Card Dengan Program Delphi

4.9. Disipasi Daya Alat

Karena bentuk alat ini *portable* dan menggunakan baterai sebagai sumber tegangan, tentunya konsumsi daya dari alat ini perlu diperhatikan. Tabel 4.9 menunjukkan hasil pengukuran konsumsi arus pada masing-masing bagian (blok).

Tabel 4.9. Hasil Pengukuran Konsumsi Arus pada masing-masing Blok

No.	Blok Rangkaian	Konsumsi Arus (i)
1	Modul EMS	4,4mA
2	RTC	0,5mA
3	Mikrokontroler	10mA
4	LCD	125mA
Konsumsi total (i total)		139,9mA

Berdasarkan tabel 4.9 jumlah arus keseluruhan rangkaian adalah 139,9 mA, dengan menggunakan sumber tegangan (V) sebesar 5 Volt maka diperoleh disipasi daya keseluruhan rangkaian sebesar:

$$\begin{aligned}
 P_{total} &= i_{total} \times V \dots\dots\dots(4.5) \\
 &= 139,9\text{mA} \times 5\text{V} \\
 &= 699,5\text{mW}
 \end{aligned}$$

Jadi disipasi daya keseluruhan pada alat ini sebesar 699,5mW. Alat pada tugas akhir ini menggunakan baterai 11 Volt dengan arus yang dihasilkan sebesar 800mAh. Sehingga baterai tersebut memiliki daya sebesar:

$$\begin{aligned}
 P_{baterai} &= i_{baterai} \times V \dots\dots\dots(4.6) \\
 &= 800\text{mAh} \times 11\text{V} \\
 &= 8800\text{mWh}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat disimpulkan bahwa umur pemakaian baterai pada alat ini adalah selama 12.5 jam. berikut perhitungannya:

$$\begin{aligned}
 \text{Umur Baterai} &= \frac{8800\text{mWh}}{699,5\text{mW}} \\
 &= 12,5\text{h}
 \end{aligned}$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Setelah melakukan perencanaan dan pembuatan sistem kemudian dilakukan pengujian dan analisa, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Anemometer dapat mengkonversi data kecepatan angin dengan keakuratan pembacaan waktu pengambilan data 0 - 40.0 Km/h dengan rata-rata error 4.46%.
2. Sel surya dapat mengkonversi sinar matahari menjadi besaran tegangan dengan keakuratan pembacaan waktu pengambilan data 0 - 1000 W/m² dengan rata-rata error 3.45%.
3. Pengambilan data pada SD Card hanya dapat dilakukan per blok (512 bit) pada setiap periode pengambilan data.
4. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik. Mikrokontroler dapat membuat file dan membaca file yang terdapat pada SD Card. Sistem ini juga bisa diaplikasikan ke dalam aplikasi data *logger* lainnya.
5. File yang tersimpan didalam SD Card berupa file dengan format *.hex*. Penyimpanan 10 detik sekali sesuai dengan pengaturan.

5.2. SARAN

Dari pengalaman yang diperoleh selama penyelesaian skripsi ini ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengembangan alat ini dikemudian hari. Meskipun alat ini sudah dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan sistem yang direncanakan masih ada hal-hal yang perlu ditingkatkan baik dari sisi *hardware* maupun *software*-nya, adapun saran yang kami berikan:

1. Kapasitas MMC/SD Card dipergunakan semua.
2. Pembuatan mekanik alat diperkecil sehingga mudah untuk dibawa.
3. Sumber tegangan (baterai) sebaiknya memakai yang bagus dan tahan lama.

Lampiran-Lampiran

1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900



PT. BNI (PESERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**


Nama : **Dana Suryadi**
Nim : **09.12.911**
Jurusan : **Teknik Elektro**
Konsentrasi : **Teknik Elektronika S-1**
Masa Bimbingan : **Semester Genap 2011-2012**
Judul : **PERENCANAAN DAN PEMBUATAN DATA
LOGGER UNTUK KECEPATAN ANGIN DAN
RADIASI MATAHARI MENGGUNAKAN
MIKROKONTROLER ATMEGA**

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Program Strata Satu (S-1)

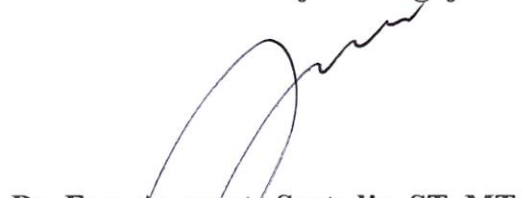
Pada Hari : Kamis
Tanggal : 02 Agustus 2012
Dengan Nilai : 87 (A) ✓

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Ketua Majelis Penguji



Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP.Y.1018800189

Sekretaris Majelis Penguji



Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST. MT
NIP.Y.1030800417

ANGGOTA PENGUJI

Dosen Penguji I


Irmalia Suryani Faradisa, ST. MT
NIP.P.1030000365

Dosen Penguji II


M. Ibrahim Ashari, ST. MT
NIP.P.1030100358



FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Jenjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Elektronika, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

Nama : **Dana Suryadi**
Nim : **09.12.911**
Jurusan : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : **Teknik Elektronika**
Masa Bimbingan : **Semester Genap 2011-2012**
Judul Skripsi : **PERENCANAAN DAN PEMBUATAN DATA LOGGER
UNTUK KECEPATAN ANGIN DAN RADIASI
MATAHARI MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER
ATMEGA**

No	Penguji	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	Penguji I	02 Agustus 2012	Perbaikan laporan Bab III: • Perencanaan dan pembuatan harus urut sesuai diagram blok • Gambar rangkaian untuk interface cuma keterangan saja	
2	Penguji II	02 Agustus 2012	Perbaikan laporan Bab IV: • Diagram blok pengujian	

Disetujui:

Penguji I

Irmalia Suryani Faradisa, ST. MT
NIP.P.1030000365

Penguji II

M. Ibrahim Ashari, ST. MT
NIP.P.1030100358

Mengetahui:

Dosen Pembimbing I

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP.Y.1018800189

Dosen Pembimbing II

Dr. Eng. Aryunto Soetedjo, ST. MT
NIP.Y.1030800417



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Dana Suryadi
NIM : 09.12.911
Masa Bimbingan : Semester Genap 2011-2012
Judul : Perencanaan dan Pembuatan Data Logger untuk Kecepatan Angin dan Radiasi Matahari Menggunakan Mikrokontroler ATmega

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	30 Maret 2012	Konsultasi untuk mengenai waktu dan tempat untuk bimbingan	
2	21 April 2012	Memperlihatkan alat yang sudah dibuat, untuk mengetahui sampai dimana pembuatannya	
3	7 Juni 2012	Memperlihatkan hasil keseluruhan alat yang sudah dibuat dan di demokan atau di jalankan untuk mengetahui apakah alat dapat bekerja	
4	10 Juni 2012	Konsultasi setelah alat di demokan dan berhasil sesuai perencanaan maka bisa bimbingan untuk laporan	
5	18 Juni 2012	Bimbingan laporan Bab I-Bab V, perbaikan cover untuk garis bawah dari nama pembimbing harus kecil, perbaikan abstrak, perbaikan kesimpulan	
6	21 Juni 2012	Bimbingan laporan yang dirangkum untuk seminar hasil	
7	10 Juli 2012	Bimbingan untuk maju kompre	
8	12 Juli 2012	Bimbingan laporan Bab I – Bab V, Perbaikan tata tulis, penulisan tabel dan gambar spasi 1 jika panjang, untuk didalam tabel spasi 1	
9	19 Juli 2012	Bimbingan untuk laporan, penambahan untuk pengujian data logger masuk di Bab IV, penempatan lembar persembahan	

Malang, 2012
Dosen Pembimbing I

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP. Y. 1018800189



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Dana Suryadi
NIM : 09.12.911
Masa Bimbingan : Semester Genap 2011-2012
Judul : Perencanaan dan Pembuatan Data Logger untuk Kecepatan Angin dan Radiasi Matahari Menggunakan Mikrokontroler ATmega

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	20 Maret 2012	Bimbingan mengenai pembuatan alat, langkah-langkah atau tahapan yang mau dikerjakan	
2	25 Maret 2012	Bimbingan untuk masalah judul, Intensitas Cahaya menjadi Radiasi matahari karena yang diukur radiasi dari matahari	
3	1 April 2012	Bimbingan untuk pembuatan laporan atau teori apa saja yang dimasukkan kedalam laporan	
4	10 April 2012	Bimbingan untuk laporan, Bab I dan Bab II peraikan penulisan gambar dan tabel harus ditengan	
5	20 April 2012	Bimbingan laporan untuk Bab III dalam perencanaan Hardware apa saja yang dimasukkan kedalam laporan	
6	25 April 2012	Bimbingan untuk masalah judul, ATMEGA8535 menjadi ATMEGA karena pemakaian mikrokontroler menggunakan ATMEGA16	
7	05 Juni 2012	Bimbingan untuk alat, memperlihatkan alat yang sudah dibuat	
8	15 Juni 2012	Bimbingan untuk seminar hasil, semua laporan dari Bab I- Bab V di rangkum	
9	04 Juli 2012	Bimbingan laporan dari Bab I-Bab V, perbaikan Bab II untuk penulisan teori diambil dari mana sesuaikan dengan daftar pustaka	
10	06 Juli 2012	Bimbingan untuk maju kompre, dilaporan ditambah surat pernyataan orisinalitas dan menambahkan photo untuk Bab IV.	

Malang, 2012
Dosen Pembimbing II

Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST. MT
NIP. 1030800417

LISTING PROGRAM

```
$regfile = "m16def.dat"
$crystal = 4000000

##### Inisialisasi LCD #####
Config Lcdpin = Pin , Db4 = Portc.5 , Db5 = Portc.4 , Db6 = Portc.3 , Db7 = Portc.2 ,Rs
           = Portc.7 , E = Portc.6
Config Lcd = 16 * 2
Config Lcdbus = 4

##### Inisialisasi I2C Bus RTC #####
Const Addressw = 208
Const Addressr = 209
Config Sda = Portc.1
Config Scl = Portc.0

##### Inisialisasi SPI / MMC #####
Const Msbl = 0
Const Msbh = 1
'Config Spi = Soft , Din = Pinb.6 , Dout = Portb.5 , Ss = Portb.4 , Clock = Portb.7
           'Portb.4
Config Spi = Soft , Din = Pinb.6 , Dout = Portb.5 , Ss = Portb.4 , Clock = Portb.7
Config Portb.4 = Output
Config Portb.5 = Output
Config Pinb.6 = Input
Config Portb.7 = Output
Config Pind.4 = Input
Config Pind.5 = Input
Config Pind.6 = Input
Set Portb.6
Set Portd.4
Set Portd.5
Set Portd.6

##### Inisialisasi ADC #####
Config Adc = Single , Prescaler = Auto

#####Inisialisasi INT angin#####
Config Int0 = Falling
On Int0 Encoder1           'Nosave

##### Declarations Sub Program utk MMC #####
Declare Sub Minit
Declare Sub Mstatus
Declare Sub Mwrite(byval Bout As Byte , Byval Addr As Long )

##### Declarations Sub Program utk RTC #####
Declare Sub Awal_rtc
Declare Sub Baca_rtc
```

```
Declare Sub Write_rtc(byval Adres As Byte , Byval Value As Byte)
Declare Sub Read_rtc(byval Adres As Byte , Value As Byte)
```

```
Declare Sub Baca_adc
```

```
'Aliases
```

```
Cs Alias Portb.4
```

```
Clk Alias Portb.7
```

```
Miso Alias Pinb.6 'inp
```

```
Mosi Alias Portb.5
```

```
Card Alias Pinb.2
```

```
Tmb1 Alias Pind.4
```

```
Tmb2 Alias Pind.5
```

```
Tmb3 Alias Pind.6
```

```
'Card Detect , Berlogika 0 Jika Ada Kartu Yang Dimasukkan
```

```
'variable
```

```
Dim Indat(512) As Byte , Posdat As Byte 'Memory buffer for temp storage.
```

```
Dim Keys As String * 1
```

```
Dim Dat As Byte , Inter1 As Byte , Inter2 As Byte , Inter3 As Byte
```

```
Dim I As Word , Resp As Byte , Resp2 As Byte
```

```
Dim Addr As Long , Addrbuff As Long
```

```
Dim Wkt(6)as Byte , Det As Byte , Det1 As Byte
```

```
Dim L1 As String * 16 , L2 As String * 16 , Sx As String * 5
```

```
Dim Adc1 As Word , Kec As Long , Kc As Long , Tm As Byte
```

```
Dim No_log As Byte , N_awal As Byte , N_tmp As Byte , N_put As Byte
```

```
L1 = " R=0000 K=0000 "
```

```
L2 = "00:00:00 000000 "
```

```
Cls : Cursor Off
```

```
Locate 1 , 3 : Lcd "SELAMAT DATANG"
```

```
Wait 1
```

```
Cls
```

```
Do
```

```
Locate 1 , 1 : Lcd "cek MMC"
```

```
Waitms 500
```

```
Loop Until Card = 0
```

```
Cls : Lcd "mmc inisialisasi"
```

```
Locate 2 , 1 : Lcd "Tunggu 40det&rst"
```

```
Minit
```

```
Lcd "...."
```

```
'Call Minit
```

```
'Waitms 500
```

```
Cls : Locate 1 , 1 : Lcd "mmc ada"
```

```
'Call Awal_rtc
```

```
Waitms 900
```

'===== program utama =====

For I = 1 To 512

 Indat(i) = 0

Next I

'Mwrite &H00 , &H00000000

Cls : Locate 1 , 1 : Lcd "R" : Locate 1 , 2 : Lcd L1

Locate 2 , 1 : Lcd L2

Enable Int0

Enable Interrupts

Det = 0 : Kec = 0 : No_log = 0 : Inter3 = 10 : Inter2 = 10 : N_put = 0

Do

 If Tmb1 = 0 Then

 Do : Loop Until Tmb1 = 1

 Cls : Locate 1 , 1 : Lcd "Interval:"

 Inter1 = 0

 Do

 If Tmb2 = 0 Then

 Do : Loop Until Tmb2 = 1

 Incr Inter1 : If Inter1 > 6 Then : Inter1 = 1 : End If

 Inter2 = Inter1 * 10

 Locate 1 , 10 : Lcd Inter2 ; "Detik"

 End If

 Loop Until Tmb1 = 0

 Do : Loop Until Tmb1 = 1

 Locate 1 , 1 : Lcd L1

 Locate 2 , 1 : Lcd L2

 End If

 Call Read_rtc(0 , Det1)

 If Det <> Det1 Then

 Disable Interrupts

 Det = Det1

 Call Baca_rtc

 Call Baca_adc

 Locate 2 , 1 : Lcd Bcd(wkt(6)) ; ":" ; Bcd(wkt(5)) ; ":" ; Bcd(wkt(4)) ; " " ;
 Bcd(wkt(1)) ; Bcd(wkt(2)) ; Bcd(wkt(3))

 Locate 1 , 1 : Lcd L1

 Sx = Str(adc1) : Sx = Format(sx , "0000")

 Locate 1 , 4 : Lcd Sx

 Sx = Str(kc) : Sx = Format(sx , "000.0")

 Locate 1 , 11 : Lcd Sx

 Decr Inter3

 If Inter3 = 0 Then

 N_awal = No_log * 14 : Incr N_awal

 For I = 1 To 3 : Indat(n_awal) = Makedec(wkt(i)) : Incr N_awal : Next I

 Indat(n_awal) = Makedec(wkt(6)) : Incr N_awal

```

Indat(n_awal) = Makedec(wkt(5)) : Incr N_awal
N_tmp = Kec \ 1000 : Indat(n_awal) = N_tmp : Incr N_awal
Kec = Kec Mod 1000 : N_tmp = Kec \ 100 : Indat(n_awal) = N_tmp : Incr N_awal
N_tmp = Kec Mod 10 : Indat(n_awal) = N_tmp : Incr N_awal
Kec = 0
N_tmp = Adc1 \ 1000 : Indat(n_awal) = N_tmp : Incr N_awal
Adc1 = Adc1 Mod 1000 : N_tmp = Adc1 \ 100 : Indat(n_awal) = N_tmp : Incr
    N_awal
Adc1 = Adc1 Mod 100 : N_tmp = Adc1 \ 10 : Indat(n_awal) = N_tmp : Incr
    N_awal
N_tmp = Adc1 Mod 10 : Indat(n_awal) = N_tmp : Incr N_awal
Incr N_put
If N_put = 2 Then

```

```

    Mwrite &H00 , &H00000000

```

```

    Cls : Lcd " save" : Wait 1
    N_put = 0
End If

```

```

Inter3 = Inter2
Incr No_log
If No_log = 36 Then : No_log = 0 : End If
End If

```

```

Kec = 0
Enable Interrupts

```

```

End If
'Waitms 250

```

```

Loop

```

```

**** PROGRAM UNTUK MMC ****

```

```

*** INITIALIZATION OF MMC ***

```

```

Sub Minit

```

```

Set Cs
Dat = &HFF
For I = 1 To 10
    Shiftout Mosi , Clk , Dat , Msbl
Next I
Resp = 255
Reset Cs

```

```

    Dat = &H40

```

```

Waitms 2
    Shiftout Mosi , Clk , Dat , Msbl

```

```

Waitms 2
    Addr = &H00000000
    Shiftout Mosi , Clk , Addr , Msbl
    Dat = &H95
    Shiftout Mosi , Clk , Dat , Msbl
    While Resp <> &H01

```

```
Shiftin Miso , Clk , Resp , Msbl  
Wend
```

```
Set Cs  
Waitms 50  
Reset Cs  
Dat = &HFF
```

```
While Resp <> &H00
```

```
Set Cs
```

```
Shiftout Mosi , Clk , Dat , Msbl  
Shiftin Miso , Clk , Resp , Msbl
```

```
Reset Cs  
Dat = &H41  
Shiftout Mosi , Clk , Dat , Msbl  
Addr = 0  
Shiftout Mosi , Clk , Addr , Msbl  
Dat = &HFF  
Shiftout Mosi , Clk , Dat , Msbl  
Shiftout Mosi , Clk , Dat , Msbl  
Shiftin Miso , Clk , Resp , Msbl
```

```
Wend
```

```
Cls : Lcd "-.*-"
```

```
Dat = &HFF
```

```
Set Cs
```

```
End Sub
```

```
***** Get Mmc Status *****
```

```
Sub Mstatus
```

```
Set Cs  
Shiftout Mosi , Clk , Dat , Msbl  
Shiftin Miso , Clk , Resp , Msbl  
Reset Cs  
Shiftout Mosi , Clk , Dat , Msbl  
Addr = 0  
Shiftout Mosi , Clk , Addr , Msbl  
Dat = &HFF  
Shiftout Mosi , Clk , Dat , Msbl  
Shiftout Mosi , Clk , Dat , Msbl  
Shiftin Miso , Clk , Resp2 , Msbl  
Set Cs
```

```
End Sub
```

```
***** simpan MMC *****
```

```
Sub Mwrite(byval Bout As Byte , Byval Addr As Long)
```

```
Set Cs
```

```
Dat = &HFF
```

```
Shiftout Mosi , Clk , Dat , Msbl
Shiftin Miso , Clk , Resp , Msbl
Dat = &H58
Shiftout Mosi , Clk , Dat , Msbl
Shiftout Mosi , Clk , Addr , Msbl
Shiftout Mosi , Clk , Dat , Msbl
Shiftout Mosi , Clk , Dat , Msbl
Shiftin Miso , Clk , Resp , Msbl
While Resp <> 0
    Shiftin Miso , Clk , Resp , Msbl
Wend
```

```
Dat = &HFE
Shiftout Mosi , Clk , Dat , Msbl
```

```
For I = 1 To 512
    Shiftout Mosi , Clk , Indat(i) , Msbl
Next I
```

```
Dat = &HFF
Shiftout Mosi , Clk , Dat , Msbl
Shiftout Mosi , Clk , Dat , Msbl
Shiftin Miso , Clk , Resp , Msbl
```

```
'Y = Resp And &H0F
```

```
Shiftin Miso , Clk , Resp , Msbl
While Resp = 0
    Shiftin Miso , Clk , Resp , Msbl
Wend
```

```
Set Cs
Mstatus
```

```
End Sub
```

```
'-----
'Subroutine I2C akses tulis ke RTC
'-----
```

```
Sub Write_rtc(byval Adres As Byte , Byval Value As Byte)
```

```
    I2cstart           'start condition
    I2cwbyte Addressw  'slave address
    I2cwbyte Adres     'adress of RTC
    I2cwbyte Value     'value to write
    I2cstop            'stop condition
    Waitms 10          'wait for 10 milliseconds
    Return
```

```
End Sub
```

```
'-----
'Subroutine I2C akses baca RTC
'-----
```

```
Sub Read_rtc(byval Adres As Byte , Value As Byte)
```

```

I2cstart           'generate start
I2cbyte Addressw  'slave address
I2cbyte Adres     'address of RTC
I2cstart          'repeated start
I2cbyte Addressr  'slave address (read)
I2crbyte Value , Nack
I2cstop

Return            'generate stop
End Sub

' Det = Makebcd(0)
'Call Write_rtc(0 , Det)
'Det = Makebcd(53)
'Call Write_rtc(1 , Det)
'Det = Makebcd(3)
'Call Write_rtc(2 , Det)
'Det = Makebcd(1)
'Call Write_rtc(4 , Det)
'Det = Makebcd(6)
'Call Write_rtc(5 , Det)
'Det = Makebcd(12)
'Call Write_rtc(6 , Det)

Return
End Sub

Sub Baca_rtc
  Call Read_rtc(0 , Wkt(4))      'detik
  Call Read_rtc(1 , Wkt(5))     'menit
  Call Read_rtc(2 , Wkt(6))     'jam
  Call Read_rtc(4 , Wkt(1))     'hari
  Call Read_rtc(5 , Wkt(2))     'bln
  Call Read_rtc(6 , Wkt(3))     'thn

Return
End Sub

Sub Baca_adc
  Start Adc
  Adc1 = Getadc(0)
  Stop Adc

Return
End Sub

***** kec *****

Encoder1:
  Incr Kec

Return

End           'end program

```

Features

- High-performance, Low-power Atmel® AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
 - 16 Kbytes of In-System Self-programmable Flash program memory
 - 512 Bytes EEPROM
 - 1 Kbyte Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
 - 2.7V - 5.5V for ATmega16L
 - 4.5V - 5.5V for ATmega16
- Speed Grades
 - 0 - 8 MHz for ATmega16L
 - 0 - 16 MHz for ATmega16
- Power Consumption @ 1 MHz, 3V, and 25°C for ATmega16L
 - Active: 1.1 mA
 - Idle Mode: 0.35 mA
 - Power-down Mode: < 1 µA



8-bit AVR® Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash

ATmega16
ATmega16L

Rev. 2466T-AVR-07/10



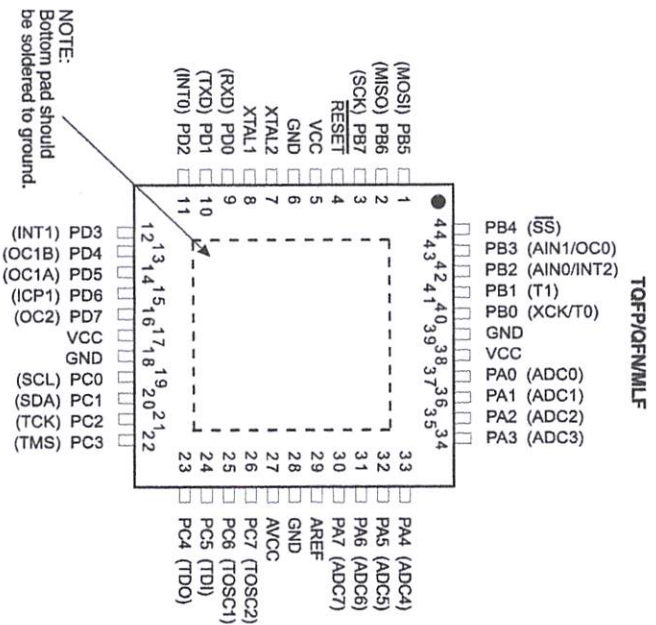
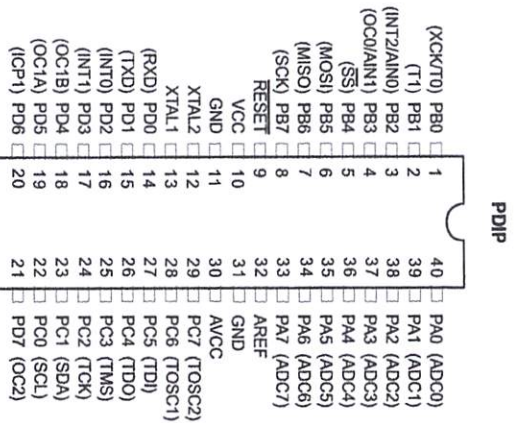
Features

- Power-down Mode $\leq 1 \mu A$
- Idle Mode 0.5 mA
- Active 1.1 mA
- Power Consumption @ 1 MHz, 3V and 25°C for ATmega101
- 0 - 18 MHz for ATmega10
- 0 - 8 MHz for ATmega101
- Speed Grade
- 4.2V - 5.5V for ATmega10
- 2.7V - 5.5V for ATmega101
- Operating Voltage
- 40-pin PDIP, 44-pin TQFP, and 48-pin QFN
- 33 Programmable I/O Lines
- 10 and Packages
- Six Sleep Modes (Idle, ADC Noise Reduction, Power-down, Standby, and Extended Standby)
- External and Internal Interrupt Sources
- Internal Calibrated RC Oscillator
- Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
- Special Microcontroller Features
- On-chip Analog Comparator
- Programmable Watchdog Timer with Separate Oscillator
- Master/Slave SPI Serial Interface
- Programmable Serial USART
- Asynchronous Two-wire Serial Interface
- 2 Differential Channels with Programmable Gain of 1, 2, 4, or 8/2x
- 2 Differential Channels in TSSOP Package Only
- 3 Single-ended Channels
- 8-channel, 10-bit ADC
- Four PWM Channels
- Real Time Counter with Separate Oscillator
- Mode
- One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Match, and Output
- Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
- Peripheral Features
- Programming of Flash, EEPROM, Fuse, and Lock Bits through the JTAG Interface
- External On-chip Debug Support
- Boundary-Scan Capabilities According to the JTAG Standard
- JTAG (IEEE Std 1149.1 compliant) Interface
- Programmed Lock for Enhanced Security
- In-System Programming by On-chip Self-Programmer
- On-chip Self-Programmer with In-System Self-Programmer
- Data Retention: 10 years at 25°C/100 years at 55°C
- 16 Kbytes of System SRAM
- 16 Kbytes of EEPROM
- High Endurance Non-volatile Memory Technology
- 16 Kbytes of 2-Byte-wide Self-programmable Flash program memory
- High Endurance Non-volatile Memory Technology
- On-chip Self-Programmer
- Up to 18 MHz Throughput Rate
- Full-Math Coprocessor
- 32 x 8-bit Parallel Floating-Point Registers
- 128 Kbytes of Instructions - 16-bit Single-Word Instruction Set
- Advanced RISC Architecture
- High-Speed, Low-Power AVR Core

ATmega10
 ATmega101
 10-bit
 in-system
 with 16K Bytes
 Microcontroller

Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega16



Disclaimer

Typical values contained in this datasheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.



Figure 1. About 20 pages

Pin
Configuration

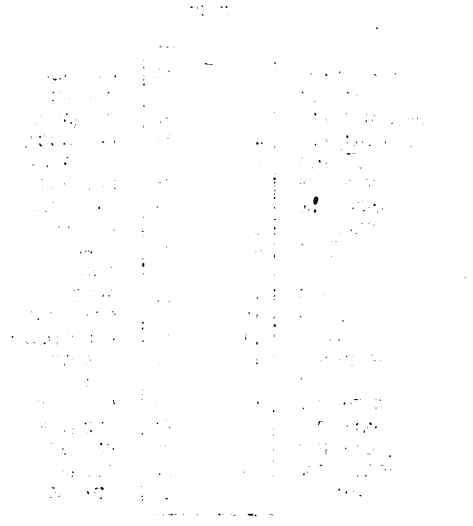


Figure 2. About 20 pages



Typical values contained in the output are based on simulation and characterization of
 other VME microcontrollers and are based on the same process technology. Pin and pin values
 will be available off the device in a separate file.

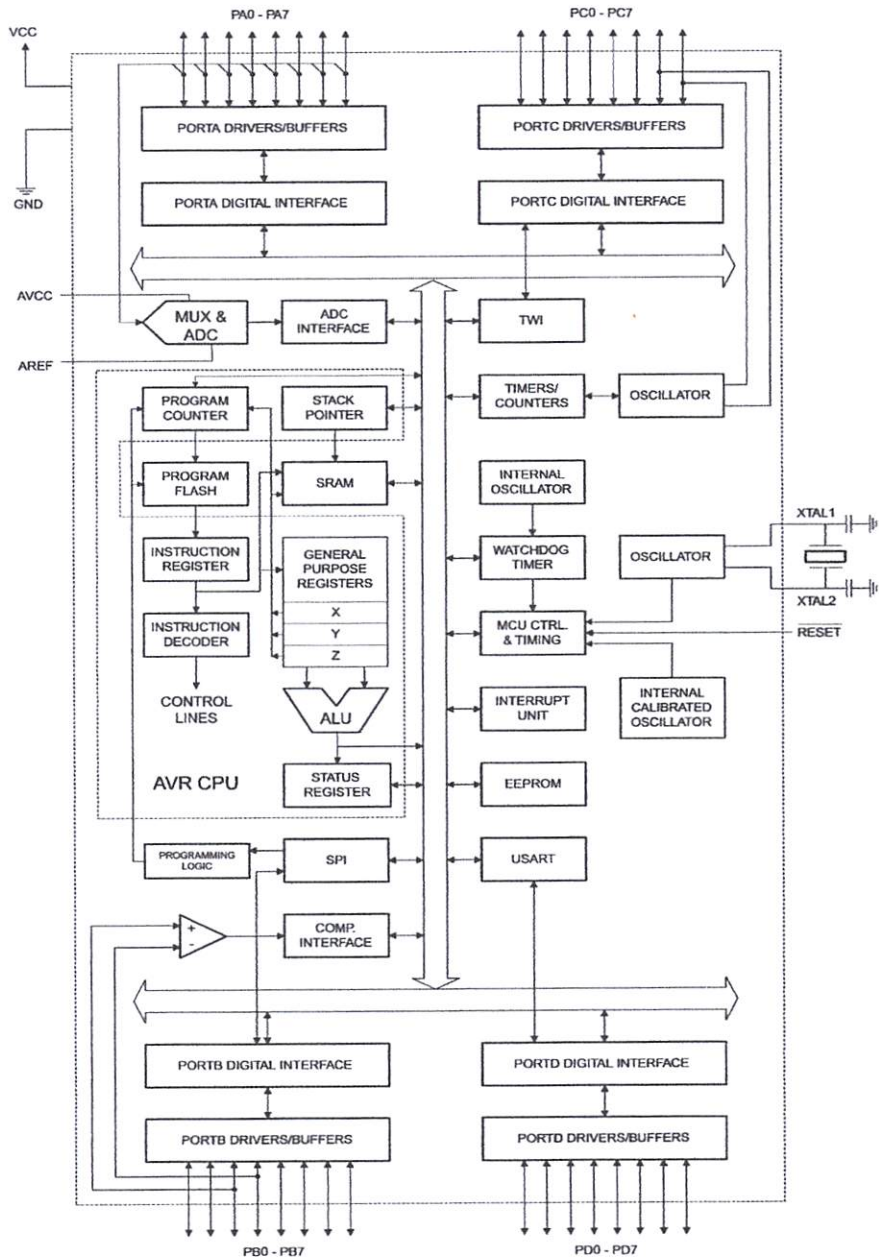
Disclaimer

Overview

The ATmega16 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega16 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Block Diagram

Figure 2. Block Diagram

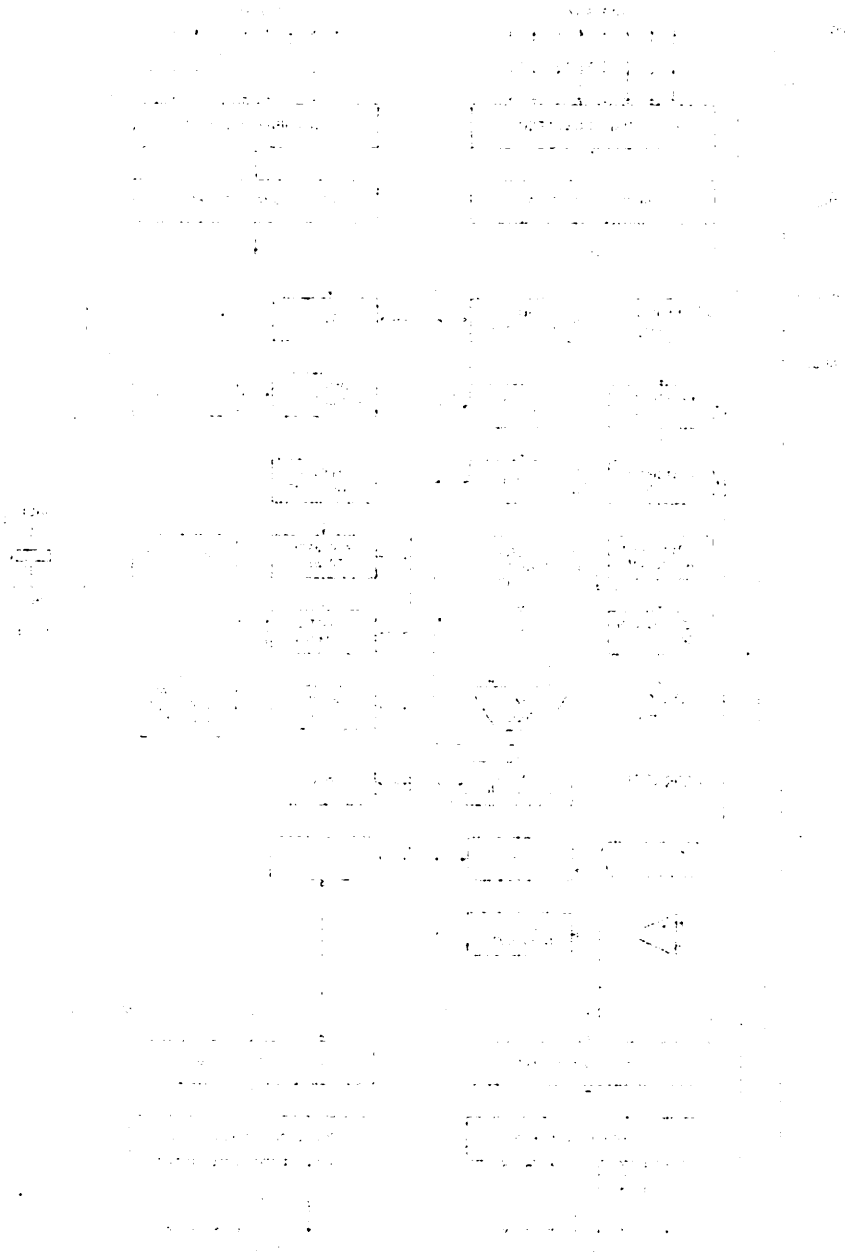


The ATmega16(L) is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. It executes 100 instructions in a single clock cycle. The ATmega16(L) achieves throughput of up to 1 MIPS per MHz, allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Overview

Block Diagram

Figure 2. Block Diagram



The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega16 provides the following features: 16 Kbytes of In-System Programmable Flash Program memory with Read-While-Write capabilities, 512 bytes EEPROM, 1 Kbyte SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, a JTAG interface for Boundary-scan, On-chip Debugging support and programming, three flexible Timer/Counters with compare modes, Internal and External Interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain (TQFP package only), a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the USART, Two-wire interface, A/D Converter, SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next External Interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the Asynchronous Timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except Asynchronous Timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the Asynchronous Timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega16 is a powerful microcontroller that provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The ATmega16 AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, in-circuit emulators, and evaluation kits.

Pin Descriptions

VCC	Digital supply voltage.
GND	Ground.
Port A (PA7..PA0)	Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.

Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.



Port B (PB7..PB0)	<p>Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port B also serves the functions of various special features of the ATmega16 as listed on page 58.</p>
Port C (PC7..PC0)	<p>Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. If the JTAG interface is enabled, the pull-up resistors on pins PC5(TDI), PC3(TMS) and PC2(TCK) will be activated even if a reset occurs.</p> <p>Port C also serves the functions of the JTAG interface and other special features of the ATmega16 as listed on page 61.</p>
Port D (PD7..PD0)	<p>Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port D also serves the functions of various special features of the ATmega16 as listed on page 63.</p>
RESET	<p>Reset Input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 38. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.</p>
XTAL1	<p>Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.</p>
XTAL2	<p>Output from the inverting Oscillator amplifier.</p>
AVCC	<p>AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V_{CC}, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter.</p>
AREF	<p>AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.</p>

WEATHER METERS

(Anemometer, Wind Vane, & Rain Gauge)

Usage Notes

This kit includes a wind vane, cup anemometer, and tipping bucket rain gauge, with associated mounting hardware. These sensors contain no active electronics, instead using sealed magnetic reed switches and magnets to take measurements. A voltage must be supplied to each instrument to produce an output.

Assembly

The wind sensor arm mounts on top of the two-piece metal mast and supports the wind vane and anemometer. A short cable connects the two wind sensors. Plastic clips on the underside of the arm hold this cable in place. Screws are provided to secure the sensors to the arm.

The rain gauge may be mounted lower on the mast using its own mounting arm and screw, or it may be mounted independently.

Rain Gauge

The rain gauge is a self-emptying tipping bucket type. Each 0.011" (0.2794 mm) of rain causes one momentary contact closure that can be recorded with a digital counter or microcontroller interrupt input. The gauge's switch is connected to the two center conductors of the attached RJ11-terminated cable.

Anemometer

The cup-type anemometer measures wind speed by closing a contact as a magnet moves past a switch. A wind speed of 1.492 MPH (2.4 km/h) causes the switch to close once per second.

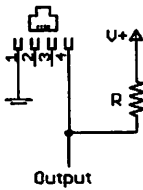
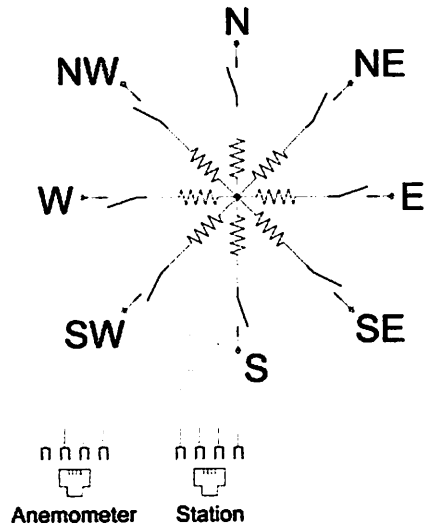
The anemometer switch is connected to the inner two conductors of the RJ11 cable shared by the anemometer and wind vane (pins 2 and 3.)

Wind Vane

The wind vane is the most complicated of the three sensors. It has eight switches, each connected to a different resistor. The vane's magnet may close two switches at once, allowing up to 16 different positions to be indicated. An external resistor can be used to form a voltage divider, producing a voltage output that can be measured with an analog to digital converter, as shown below.

The switch and resistor arrangement is shown in the diagram to the right. Resistance values for all 16 possible positions are given in the table.

Resistance values for positions between those shown in the diagram are the result of two adjacent resistors connected in parallel when the vane's magnet activates two switches simultaneously.



Example wind vane interface circuit. Voltage readings for a 5 volt supply and a resistor value of 10k ohms are given in the table.

Direction (Degrees)	Resistance (Ohms)	Voltage (V=5v, R=10k)
0	33k	3.84v
22.5	6.57k	1.98v
45	8.2k	2.25v
67.5	891	0.41v
90	1k	0.45v
112.5	688	0.32v
135	2.2k	0.90v
157.5	1.41k	0.62v
180	3.9k	1.40v
202.5	3.14k	1.19v
225	16k	3.08v
247.5	14.12k	2.93v
270	120k	4.62v
292.5	42.12k	4.04v
315	64.9k	4.78v
337.5	21.88k	3.43v

EMS (Embedded Module Series)

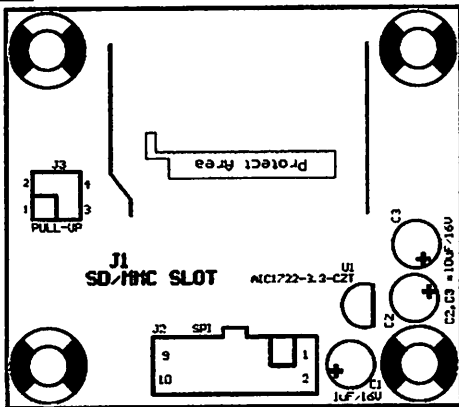
SD/MMC/FRAM

EMS SD/MMC/FRAM merupakan suatu modul untuk mempermudah antarmuka antara SD Card (atau MMC) dan mikrokontroler dengan tegangan kerja +5 VDC. SD Card (atau MMC) dapat digunakan sebagai memori yang dapat diganti dengan mudah sehingga memudahkan dalam ekspansi ke kapasitas memori yang lebih besar. Tersedia Ferroelectric Nonvolatile RAM (FRAM) yang dapat digunakan sebagai buffer sementara dalam mengakses SD Card (atau MMC) atau sebagai tempat penyimpanan data lain. Modul ini dapat digunakan antara lain sebagai penyimpanan data pada sistem absensi, sistem antrian, atau aplikasi datalogging lainnya.

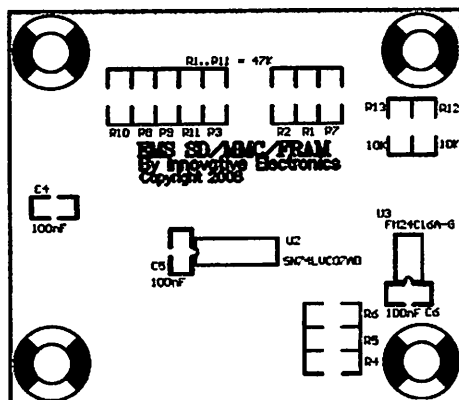
Spesifikasi Hardware

- Tegangan supply +5 VDC.
- Jenis kartu yang didukung: SD Card (dan MMC).
- Antarmuka SD Card (dan MMC) dengan mikrokontroler secara SPI.
- Tersedia 2 KByte Ferroelectric Nonvolatile RAM FM24C16.
- Antarmuka FRAM dengan mikrokontroler secara Two-Wire Interface.
- Tersedia contoh aplikasi untuk DT-51™ Low Cost Series dan DT-AVR Low Cost Series dalam bahasa BASIC untuk MCS-51® (BASCOM-8051®) dan bahasa C untuk AVR® (CodeVisionAVR®).
- Kompatibel dengan DT-51™ Low Cost Series dan DT-AVR Low Cost Series. Mendukung DT-51™ Minimum System (MinSys) ver 3.0, DT-51™ PetraFuz, dan lain-lain.

Data Letak

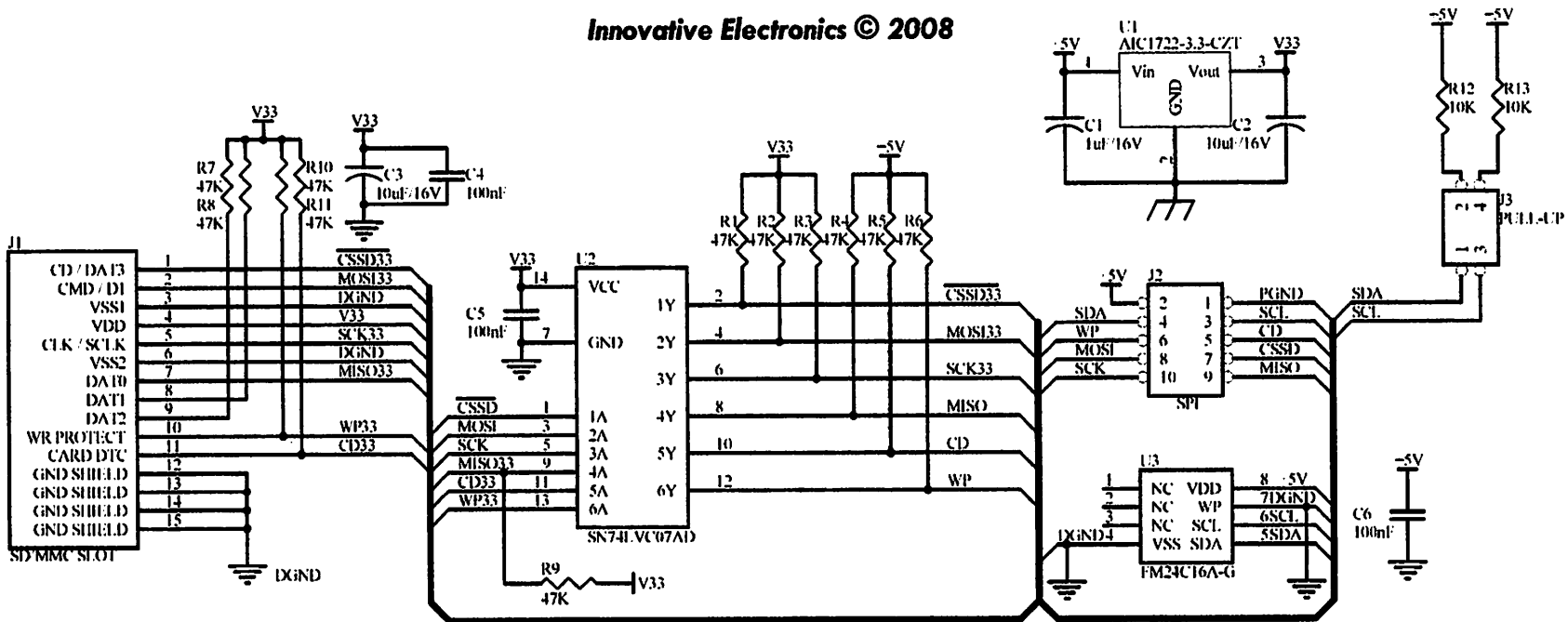


Terdapat kesalahan cetak pada PCB: J2 ISP seharusnya J2 SPI.



Trademark & Copyright
 CS-51 is a registered trademark of Innel Corporation.
 VR is a registered trademark of Amnel Corporation.
 ASCOM-8051 is copyright by MCS Electronics.
 AodeVisionAVR is copyright by Pavel Halda, HP InfoTech s.r.l.
 T-51 is a trademark of Innovative Electronics.

Innovative Electronics © 2008



♦ Terima Kasih atas kepercayaan Anda menggunakan produk kami, bila ada kesulitan, pertanyan atau saran mengenai produk ini silahkan menghubungi technical support kami :
support@innovativeelectronics.com

- 16 Characters x 2 line
- 5 x 7 Dot Matrix + Cursor
- 1/16 Duty
- 5V single Power Supply
- Available in EL and LED Backlight type

■ Absolute Maximum Ratings

V_{SS}=0V, T_a=25°C

Item	Symbol	Conditions	Min.	Max.	Unit
Power supply voltage	V _{DD}		-0.3	6.0	V
	V _{LC}		-0.3	V _{DD}	V
Input voltage	V _{in}		-0.3	V _{DD} + 0.3	V
Operating temperature					
Normal	T _{opr}		0	+50	°C
Wide	T _{opr}		-20	+70	°C
Storage temperature					
Normal	T _{stg}		-20	+60	°C
Wide	T _{stg}		-30	+80	°C
Storage humidity		< 48 hrs	+20	+85	%RH
		<1000 hrs	+20	+65	%RH

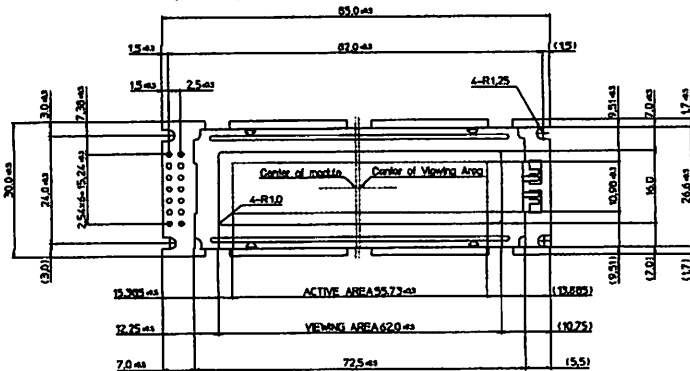
■ Mechanical Characteristics

Item	Specifications	Unit	
Module size (H x V)	85.0 x 30.0	mm	
Thickness	Reflective/EL	10.1	mm
	LED	15.8	mm
Viewing area (H x V)	62.0 x 16.0	mm	
Character size with cursor (H x V)	2.78 x 4.89	mm	
Mounting hole distance (H x V)	82.0 x 24.0	mm	
Weight	Reflective	25	g
	EL backlight	30	g
	LED backlight	40	g

H : Horizontal, V : Vertical

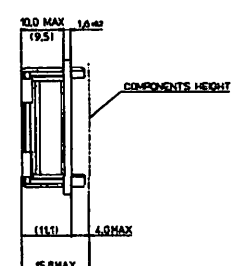
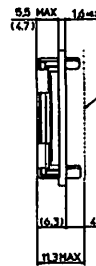
■ Dimensions

M1632 (2x16) Unit: mm, General tolerance ±0.5 mm



Reflective/EL Backlight

LED Backlight



■ Electrical Characteristics

V_{DD}=5V± 5%, V_{SS}=0V, T_a=0 ~ 50°C

Item	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Power supply voltage	V _{DD}		4.75	5.00	5.25	V
	V _{DD} - V _{LC}		3.0	-	6.3	V
Input voltage	High	V _{IH1}	2.2	-	V _{DD}	V
	Low	V _{IL1}	0	-	0.6	V
Output voltage	High	V _{OH1}	-I _{OH} =0.205mA	2.4	-	V
	Low	V _{OL1}	-I _{OL} =1.2mA	-	0.4	V
Current consumption *						
Normal Temp. type	I _{DD}	T _a =25°C	-	1.6	2.5	mA
	I _{LC}	V _{LC} =0.25V	-	0.2	1.0	mA
Wide Temp. type	I _{DD}	T _a =25°C	-	1.6	2.5	mA
	I _{LC}	V _{LC} =-0.6V	-	0.3	1.0	mA

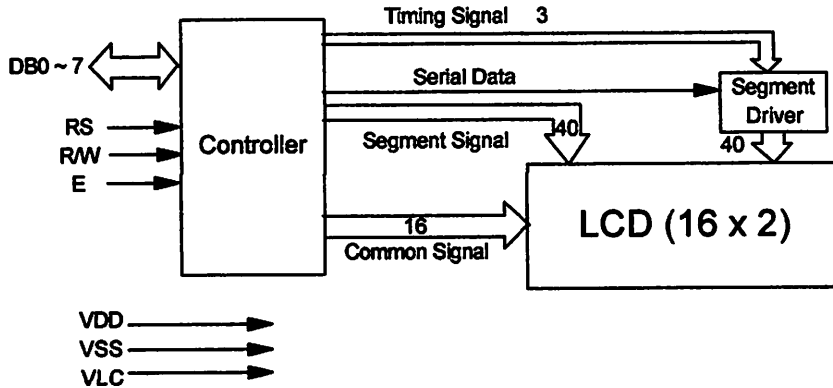
* test pattern : check board pattern

■ Pin Function

No.	Name	Function
1	VSS	GND
2	VDD	Power supply voltage +5V
3	VLC	Liquid crystal driving voltage
4	RS	L : Instruction code input H : Data input
5	R/W	L : Data write from MPU to LCM H : Data read from LCM to MPU
6	E	Enable
7	DB0	Data bus line
8	DB1	Data bus line
9	DB2	Data bus line
10	DB3	Data bus line
11	DB4	Data bus line
12	DB5	Data bus line
13	DB6	Data bus line
14	DB7	Data bus line
(15)	A	Anode (+) for LED backlight
(16)	K	Cathode (-) for LED backlight

Note : Only dimension changes between Reflective/EL and LED backlight is the thickness.

■ Circuit Block diagram



■ Recommended Operating Voltage

The recommended value (Vopr) for an ambient temperature is as follows. $Vopr = VDD - VLC$

Temperature (°C)	-20	0	+25	+50	+70	
Vopr (V)	Normal	-	5.00	4.75	4.50	-
	Wide	6.20	5.90	5.60	5.40	5.20

■ Optical Characteristics

1. Normal Temperature Range Type

$Ta = 21^\circ C$, 1/16 Duty, $Vopr = 4.75V$

Item	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Viewing angle	$\theta 1$	$C \geq 2$	-	-	-15	deg.
	$\theta 2$	$\phi = 0^\circ$	55	-	-	
	$\theta 2 - \theta 1$		70	-	-	
Contrast	C	$\theta = +2.5^\circ, \phi = 0^\circ$	-	5	-	-
Response time	ton (rise)	$\theta = 0^\circ$	-	150	200	msec
	toff (fall)	$\phi = 0^\circ$	-	200	220	msec
	ton (rise)	$\theta = 0^\circ, \phi = 0^\circ$	-	750	800	msec
	toff (fall)	$Ta = 0^\circ C, Vopr = 5.0V$	-	600	700	msec

Measuring equipment : Canon illuminater LC-4SR

2. Wide Temperature Range Type

$Ta = 21^\circ C$, 1/16 Duty, $Vopr = VDD - VLC$

Item	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Viewing angle	$\theta 1$	$C \geq 2$	-	-	-15	deg.
	$\theta 2$	$\phi = 0^\circ$	55	-	-	
	$\theta 2 - \theta 1$	$Vopr = 5.6v$	70	-	-	
Contrast	C	$\theta = +20^\circ, \phi = 0^\circ$ $Vopr = 5.6v$	-	5	-	-
Response time	ton (rise)	$\theta = 0^\circ, \phi = 0^\circ$	-	150	200	msec
	toff (fall)	$Ta = 21^\circ C, Vopr = 5.6V$	-	200	220	msec
	ton (rise)	$\theta = 0^\circ, \phi = 0^\circ$	-	750	800	msec
	toff (fall)	$Ta = 0^\circ C, Vopr = 5.9V$	-	600	700	msec

Measuring equipment : Canon illuminater LC-4SR

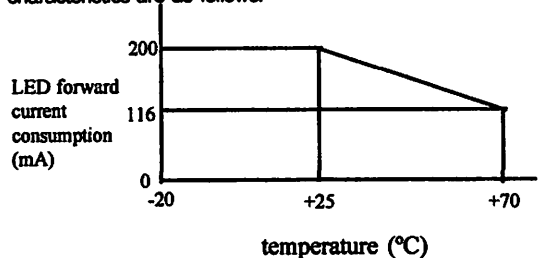
■ LED Backlight

1. Absolute Maximum Ratings

$Ta = 25^\circ C$

Item	Symbol	Specifications	Unit
LED forward current consumption *	I_F	200	mA
LED reverse voltage	V_R	8	V
Allow able loss	P_D	0.92	W
Operating Temperature	T_{opr}	- 20 ~ +70	$^\circ C$
Storage Temperature	T_{stg}	- 40 ~ + 80	$^\circ C$

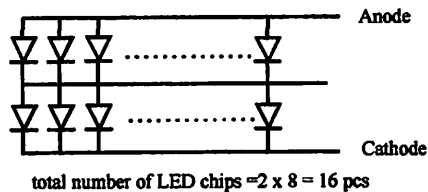
* LED forward current consumption and operating temperature characteristics are as follows.



2. Electrical Characteristics

$Ta = 25^\circ C$

Item	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
LED forward input voltage	V_F	$I_F = 112mA$	3.8	4.1	4.4	V
LED reverse current	I_R	$V_R = 8V$	-	-	0.16	mA
Brightness	L	$I_F = 112mA^*$	40	50	-	cd/m ²



■ EL Backlight

1. Absolute Maximum Ratings

Item	Symbol	Standard	Unit
Operating voltage	Vopr	AC 150V, 1KHz Sinew ave	V
Operating temperature	Topr	-10 ~ +50	°C
Storage temperature	Tstg	-20 ~ + 60	°C
Storage humidity		0 ~ 10 % RH (60 °C) 0 ~ 30 % RH (40 °C)	

2. Brightness, Current, Life Characteristics

Item	Conditions	Specifications	Unit
Brightness	100V, 400Hz	30 min.	cd/m ²
	Sinew ave	35 typ.	
Current	100V, 400Hz	1.2 typ.	mA
	Sinew ave	1.7 max	
Life *	100V, 400Hz, Sinew ave 25°C, 50%RH	1,500	hrs
	Using 5S Inverter 25°C, 50%RH	4,000	

* Definition of Life : Used continuously down to 10 cd/m²

3. Suitable Inverter 5S

3.1 Electrical Characteristics

(When combined with EL lamp)

Ta=25°C

Item	Symbol	Conditions	Specifications	Unit
Oscillating frequency	f _{INV}	V _{IN} =5VDC	550 typ.	Hz
Output voltage	V _{OUT}	V _{IN} =5VDC	100 typ.	V
Output current	I _{OUT}	V _{IN} =5VDC	1.5 typ.	mA
Input current voltage	V _{IN}		5 typ	VDC
	I _{IN}	V _{IN} =5VDC	10 typ	mA
Initial brightness	B	V _{IN} =5VDC	35 typ.	cd/m ²
Surface brightness (panel upper side)	B _P	V _{IN} =5VDC Vopr=0V	7 typ.	cd/m ²

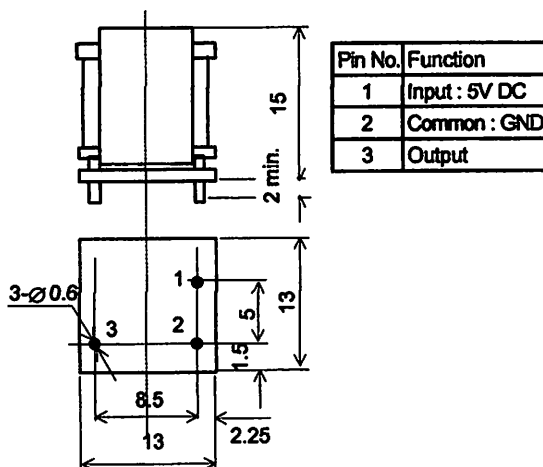
3.2 Tolerance (Inverter only)

Item	Specifications	Unit
Input voltage	3.0 to 6.0	V
Load range	5 to 15	cm ²

3.3 Maximum Ratings (Inverter only)

Item	Specifications	Unit
Input voltage	7.0	V
Load range	50	cm ²
Operating temperature	-10 to +60	°C
Storage temperature	-20 to +70	°C

3.4 Inverter Dimensions (unit : mm)



FEATURES

- Real-time clock (RTC) counts seconds, minutes, hours, date of the month, month, day of the week, and year with leap-year compensation valid up to 2100
- 56-byte, battery-backed, nonvolatile (NV) RAM for data storage
- Two-wire serial interface
- Programmable squarewave output signal
- Automatic power-fail detect and switch circuitry
- Consumes less than 500nA in battery backup mode with oscillator running
- Optional industrial temperature range: -40°C to +85°C
- Available in 8-pin DIP or SOIC
- Underwriters Laboratory (UL) recognized

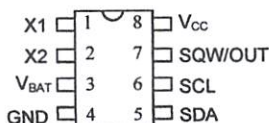
ORDERING INFORMATION

DS1307	8-Pin DIP (300-mil)
DS1307Z	8-Pin SOIC (150-mil)
DS1307N	8-Pin DIP (Industrial)
DS1307ZN	8-Pin SOIC (Industrial)

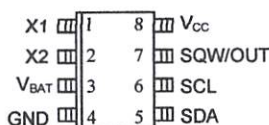
DESCRIPTION

The DS1307 Serial Real-Time Clock is a low-power, full binary-coded decimal (BCD) clock/calendar plus 56 bytes of NV SRAM. Address and data are transferred serially via a 2-wire, bi-directional bus. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with AM/PM indicator. The DS1307 has a built-in power sense circuit that detects power failures and automatically switches to the battery supply.

PIN ASSIGNMENT



DS1307 8-Pin DIP (300-mil)



DS1307 8-Pin SOIC (150-mil)

PIN DESCRIPTION

V _{CC}	- Primary Power Supply
X1, X2	- 32.768kHz Crystal Connection
V _{BAT}	- +3V Battery Input
GND	- Ground
SDA	- Serial Data
SCL	- Serial Clock
SQW/OUT	- Square Wave/Output Driver

SIGNAL DESCRIPTIONS

V_{CC}, GND – DC power is provided to the device on these pins. V_{CC} is the +5V input. When 5V is applied within normal limits, the device is fully accessible and data can be written and read. When a 3V battery is connected to the device and V_{CC} is below 1.25 x V_{BAT}, reads and writes are inhibited. However, the timekeeping function continues unaffected by the lower input voltage. As V_{CC} falls below V_{BAT} the RAM and timekeeper are switched over to the external power supply (nominal 3.0V DC) at V_{BAT}.

V_{BAT} – Battery input for any standard 3V lithium cell or other energy source. Battery voltage must be held between 2.0V and 3.5V for proper operation. The nominal write protect trip point voltage at which access to the RTC and user RAM is denied is set by the internal circuitry as 1.25 x V_{BAT} nominal. A lithium battery with 48mAh or greater will back up the DS1307 for more than 10 years in the absence of power at 25°C. UL recognized to ensure against reverse charging current when used in conjunction with a lithium battery.

See “Conditions of Acceptability” at <http://www.maxim-ic.com/TechSupport/QA/ntrl.htm>.

SCL (Serial Clock Input) – SCL is used to synchronize data movement on the serial interface.

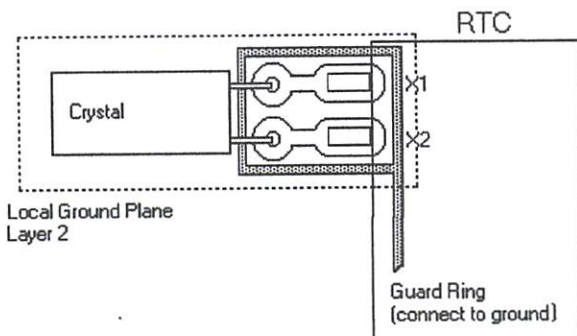
SDA (Serial Data Input/Output) – SDA is the input/output pin for the 2-wire serial interface. The SDA pin is open drain which requires an external pull-up resistor.

SQW/OUT (Square Wave/Output Driver) – When enabled, the SQWE bit set to 1, the SQW/OUT pin outputs one of four square wave frequencies (1Hz, 4kHz, 8kHz, 32kHz). The SQW/OUT pin is open drain and requires an external pull-up resistor. SQW/OUT will operate with either V_{cc} or V_{bat} applied.

X1, X2 – Connections for a standard 32.768kHz quartz crystal. The internal oscillator circuitry is designed for operation with a crystal having a specified load capacitance (CL) of 12.5pF.

For more information on crystal selection and crystal layout considerations, please consult Application Note 58, “Crystal Considerations with Dallas Real-Time Clocks.” The DS1307 can also be driven by an external 32.768kHz oscillator. In this configuration, the X1 pin is connected to the external oscillator signal and the X2 pin is floated.

RECOMMENDED LAYOUT FOR CRYSTAL



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Voltage on Any Pin Relative to Ground	-0.5V to +7.0V
Storage Temperature	-55°C to +125°C
Soldering Temperature	260°C for 10 seconds DIP See JPC/JEDEC Standard J-STD-020A for Surface Mount Devices

* This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

Range	Temperature	V _{CC}
Commercial	0°C to +70°C	4.5V to 5.5V V _{CC1}
Industrial	-40°C to +85°C	4.5V to 5.5V V _{CC1}

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

(Over the operating range*)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Supply Voltage	V _{CC}	4.5	5.0	5.5	V	
Logic 1	V _{IH}	2.2		V _{CC} + 0.3	V	
Logic 0	V _{IL}	-0.5		+0.8	V	
V _{BAT} Battery Voltage	V _{BAT}	2.0		3.5	V	

*Unless otherwise specified.

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(Over the operating range*)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Input Leakage (SCL)	I _{LI}			1	μA	
I/O Leakage (SDA & SQW/OUT)	I _{LO}			1	μA	
Logic 0 Output (I _{OL} = 5mA)	V _{OL}			0.4	V	
Active Supply Current	I _{CCA}			1.5	mA	7
Standby Current	I _{CCS}			200	μA	1
Battery Current (OSC ON); SQW/OUT OFF	I _{BAT1}		300	500	nA	2
Battery Current (OSC ON); SQW/OUT ON (32kHz)	I _{BAT2}		480	800	nA	
Power-Fail Voltage	V _{PF}	1.216 x V _{BAT}	1.25 x V _{BAT}	1.284 x V _{BAT}	V	8

*Unless otherwise specified.

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS**(Over the operating range*)**

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
SCL Clock Frequency	f_{SCL}	0		100	kHz	
Bus Free Time Between a STOP and START Condition	t_{BUF}	4.7			μs	
Hold Time (Repeated) START Condition	$t_{HD:STA}$	4.0			μs	3
LOW Period of SCL Clock	t_{LOW}	4.7			μs	
HIGH Period of SCL Clock	t_{HIGH}	4.0			μs	
Set-up Time for a Repeated START Condition	$t_{SU:STA}$	4.7			μs	
Data Hold Time	$t_{HD:DAT}$	0			μs	4,5
Data Set-up Time	$t_{SU:DAT}$	250			ns	
Rise Time of Both SDA and SCL Signals	t_R			1000	ns	
Fall Time of Both SDA and SCL Signals	t_F			300	ns	
Set-up Time for STOP Condition	$t_{SU:STO}$	4.7			μs	
Capacitive Load for each Bus Line	C_B			400	pF	6
I/O Capacitance ($T_A = 25^\circ C$)	$C_{I/O}$		10		pF	
Crystal Specified Load Capacitance ($T_A = 25^\circ C$)			12.5		pF	

*Unless otherwise specified.

NOTES:

1. I_{CCS} specified with $V_{CC} = 5.0V$ and SDA, SCL = 5.0V.
2. $V_{CC} = 0V$, $V_{BAT} = 3V$.
3. After this period, the first clock pulse is generated.
4. A device must internally provide a hold time of at least 300ns for the SDA signal (referred to the V_{IHMIN} of the SCL signal) in order to bridge the undefined region of the falling edge of SCL.
5. The maximum $t_{HD:DAT}$ has only to be met if the device does not stretch the LOW period (t_{LOW}) of the SCL signal.
6. C_B – Total capacitance of one bus line in pF.
7. I_{CCA} – SCL clocking at max frequency = 100kHz.
8. V_{PF} measured at $V_{BAT} = 3.0V$.

None (0)	R1	No	GO_IDLE_STATE	Software reset.
None (0)	R1	No	SEND_OP_COND	Initiate initialization process.
*2	R1	No	APP_SEND_OP_COND	For only SDC. Initiate initialization p:
*3	R7	No	SEND_IF_COND	For only SDC V2. Check voltage range.
None (0)	R1	Yes	SEND_CSD	Read CSD register.
None (0)	R1	Yes	SEND_CID	Read CID register.
None (0)	R1b	No	STOP_TRANSMISSION	Stop to read data.
Block length[31:0]	R1	No	SET_BLOCKLEN	Change R/W block size.
Address[31:0]	R1	Yes	READ_SINGLE_BLOCK	Read a block.
Address[31:0]	R1	Yes	READ_MULTIPLE_BLOCK	Read multiple blocks.
Number of blocks[15:0]	R1	No	SET_BLOCK_COUNT	For only MMC. Define number of blocks to with next multi-block read/write command.
Number of blocks[22:0]	R1	No	SET_WR_BLOCK_ERASE_COUNT	For only SDC. Define number of blocks to with next multi-block write command.
Address[31:0]	R1	Yes	WRITE_BLOCK	Write a block.
Address[31:0]	R1	Yes	WRITE_MULTIPLE_BLOCK	Write multiple blocks.
None (0)	R1	No	APP_CMD	Application specific command.
None (0)	R3	No	READ_OCR	Read OCR.

means a command sequence of CMD55-CMD<n>.

31], HCS[30], Rsv(0)[29:0]

31:12], Supply Voltage(1)[11:8], Check Pattern(0xAA)[7:0]

BIODATA PENULIS



Dana Suryadi atau biasa dipanggil Cak Danank, anak ketiga dari 3 bersaudara yang di lahirkan di Banuayu 26 maret 1986. Alamat asal, Banuayu RT. 04 RW. 02 kec. Buay Pemuka peliung Kab. OKU Timur Sumatera Selatan. Setelah lulus dari SMK 2 Mei Bandar Lampung pada tahun 2004 kemudian melanjutkan pendidikan di **POLITEKNIK NEGERI MALANG** dengan mengambil Program Studi teknik Elektronika lulus pada tahun 2007 dan pada tahun 2009 melanjutkan pendidikan untuk memperoleh gelar **S1 TEKNIK ELEKTRONIKA** di **INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**.

Email : eat227@yahoo.co.id

D

Engan penuh rasa syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas Kasih-Nya, kupersembahkan laporan ini kepada :

- Ayah dan Bunda (+) serta kedua saudaraku yang selalu memberi perhatian, nasihat dan do'a disetiap hari-harinya yang tidak mengharapkan imbalan apapun kecuali apa yang dicita-citakan buah hatinya dapat tercapai demi masa depannya.
- Pelangi hidupku yang senantiasa menyayangiku, pelangi jiwaku yang selalu memberi warna disetiap waktu-waktuku, pelangi sukma yang selalu membuat ceria dan bintang hatiku yang selalu meyangiku dan memberi perhatian disetiap helaian nafasku.
- Teman-teman yang selalu memberikan semangat perjuangan.

To All People In My Life Who's Love Me
Thank's For everithing