



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN ANEMOMETER BERBASIS
MIKROKONTROLLER ATMEGA UNTUK PENGUKURAN
TURBULENSI DAN ANALISA POTENSI ANGIN**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister di program Magister Fisika

**AGUSTINA RACHMAWARDANI
1006733341**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM MAGISTER FISIKA
DEPOK
JUNI 2012**

PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Agustina Rachmawardani

NPM : 1006733341

Tanda Tangan : 

Tanggal : 11 Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

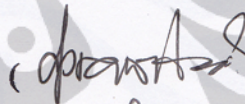
Tesis ini diajukan oleh

Nama : **Agustina Rachmawardani**
NPM : 1006733341
Program Studi : **Pascasarjana Fisika Instrumentasi**
Judul Tesis : **Perancangan Anemometer Berbasis Mikrokontroller ATmega untuk Pengukuran Turbulensi dan Analisa Potensi Angin**

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister pada Program Studi Fisika Instrumentasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : **Dr. Prawito**

()

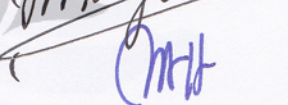
Pembimbing : **Dr. Edvin Aldrian**

()

Penguji : **Dr. Santoso Sukirno**

()

Penguji : **Prof. Dr. BEF Da Silva**

()

Penguji : **Dr. Martarizal**

()

Ditetapkan di : **Depok**

Tanggal : **Juni 2012**

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tesis ini tepat pada waktunya. Tesis ini diajukan sebagai prasyarat untuk mendapatkan gelar Magister Science Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Penelitian ini terinspirasi dari pembuatan alat pengukuran untuk menghitung analisa potensi angin. Sebagaimana kita ketahui bahwa energi merupakan isu utama masyarakat kita akhir-akhir ini. Hal ini dikarenakan sumber cadangan energi minyak, sebagai sumber utama energi selama ini semakin lama semakin menipis. Untuk itu pemanfaatan sumber energi alternative seperti energi angin sangatlah diperlukan. Saya menyadari penelitian ini tidak akan selesai tanpa bantuan banyak pihak. Untuk itu pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta yang telah memberikan motivasi, nasehat-nasehat dan semua doa yang terlantunkan untuk ananda.
2. Suamiku, yang telah banyak membantu dalam penelitian serta kedua anakku Mumtaz dan Rasya yang selalu menjadi motivasi dalam penyelesaian penelitian ini.
3. Dr. Yunus Daud, sebagai Ketua Program Studi Magister Fisika FMIPA UI.
4. Dr. Prawito, selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan arahan dan bantuan.
5. Dr. Edvin Aldrian, yang selalu memberikan waktu dan bimbingannya.
6. Kepala Sub Bidang Instrumentasi dan Rekayasa Klimatologi dan Kualitas Udara BMKG yang telah membantu meminjamkan beberapa sensor dan modul yang dibutuhkan dalam penelitian ini.
7. Petugas kalibrasi yang telah banyak membantu dalam proses pengujian di Laboratorium Kalibrasi PUSINREKAL BMKG.
8. Seluruh rekan-rekan kerja di Sub Bidang Instrumentasi dan Rekayasa Meteorologi, BMKG.
9. Seluruh rekan-rekan seperjuangan di Program Magister Fisika Instrumentasi FMIPA UI angkatan tahun 2010.

10. Seluruh pihak-pihak lain yang tidak mungkin disebutkan satu per satu, namun memiliki peran yang cukup besar dalam penyelesaian penelitian ini.

Semoga Allah SWT mencatat semua amal kebaikan dan membalasnya dengan pahala yang berlipat ganda. amin

Jakarta, Juni 2012

Agustina Rachmawardani



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai sivitas akademika Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : **Agustina Rachmawardani**
NPM : 1006733341
Program Studi : Magister Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

"Perancangan Anemometer Berbasis Mikrokontroler ATMEGA untuk Pengukuran Turbulensi dan Analisa Potensi Angin"

beserta perangkat yang ada (bila diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/ mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggung jawab saya pribadi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada tanggal : 11 Juni 2012

Yang menyatakan,



Agustina Rachmawardani

ABSTRAK

Nama : **Agustina Rachmawardani**
Program Studi : Magister Fisika Instrumentasi
Judul Tesis : Perancangan Anemometer Berbasis Mikrokontroller ATMEGA
untuk Pengukuran Turbulensi dan Analisa Potensi Angin

Telah berhasil dibuat sebuah alat pengukuran arah dan kecepatan angin (anemometer) untuk menghitung turbulensi dan analisa potensi angin. Dengan mengukur potensi angin bisa didapat informasi tentang angin yang nantinya informasi angin tersebut dapat digunakan untuk keperluan pemanfaatan angin. Dari pengukuran potensi angin didapat data-data sebagai berikut frekwensi kecepatan angin tertinggi adalah 1 m/s dengan arah angin pada timur laut-timur atau $45^{\circ} - 90^{\circ}$. Semakin besar kecepatan angin semakin tinggi pula potensi angin

Kata Kunci: *anemometer, potensi angin, turbulensi*

ABSTRACT

Name : **Agustina Rachmawardani**
Study Program : Magister Fisika Instrumentasi
Title : Design of Microcontroller ATMEGA Based Anemometer For
Turbulence Measurement and Wind Potential Analysis

This thesis have successfully created an instrument measuring wind speed and direction (anemometer) to calculate turbulence and analyze the potential of wind. By measuring the potential of wind can be obtained information about the wind that the wind information will be used for utilization of wind. From wind potential measurement data obtained following the highest frequency of wind speed is 1 m / s with the direction of the wind on the north-east or $45^{\circ} - 90^{\circ}$. The greater the wind speed, the higher the potential for wind.

Keywords: *Anemometer, wind potential, turbulence.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Analisa Potensi Angin	6
2.1.1 Distribusi Weybull	6
2.1.2 Distribusi Rayleigh	7
2.1.3 Variasi Kecepatan Angin di berbagai ketinggian	7
2.1.4 Potensi Energi Angin	8
2.2 Turbulensi	9
2.2.1 Pengaruh Turbulensi terhadap Analisa Potensi Angin	10
2.2.2 Intensitas Turbulensi	11
2.3 Sensor dan Transduser	13
2.4 Pemrograman di Mikrokontroler	18
2.4.1 Sistem Minimum	19
2.5 Pemrograman di Komputer (LabView)	20
3. PERANCANGAN SISTEM ANEMOMETER	
3.1 Hardware Sistem Anemometer	23
3.1.1 Rangkaian Elektronik Sistem Anemometer	27
3.1.2 Pemrograman di Mikrokontroler	27
3.2 Pemrograman Sensor-sensor pada Perancangan Sistem Anemometer	34
3.2.1 Pemrograman Sensor Kecepatan Angin	35
3.2.2 Pemrograman Sensor Arah Angin	35
3.2.3 Pemrograman Sensor Temperatur Udara	35
3.2.4 Pemrograman Sensor Tekanan Udara	36
3.2.5 Pembacaan Data di LCD 16 x 2	36
3.2.6 Komunikasi Serial RS 232	37
3.3 Display atau Pembacaan Data di LabView	38

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pengukuran Sensor Kecepatan Angin	44
4.2 Pengukuran Sensor Arah Angin	46
4.3 Pengukuran Sensor Tekanan Udara	46
4.4 Pengukuran Sensor Temperatur Udara	51
4.5 Perhitungan Intensitas Turbulensi dan Analisa Potensi Angin	56
5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	65
DAFTAR REFERENSI	66



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Data Kecepatan Angin	44
Tabel 4.2. Putaran Sensor Disesuaikan dengan Kompas	46
Tabel 4.3. Data hasil pengujian Sensor Tekanan Environtdata BP 11.	48
Tabel 4.4. Hasil Koreksi Kalibrasi Sensor Tekanan Udara Environtdata BP11	50
Tabel 4.5. Data Pengukuran Temperatur Udara	53
Tabel 4.6 Hasil Koreksi Sensor Temperatur Udara	54
Tabel 4.7. Contoh data Kecepatan , Arah, Suhu, Tekanan, Turbulensi dan Potensi Angin yang diolah dengan LabView	57



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses terjadinya angin	5
Gambar 2.2. Perhitungan Kerapatan Udara	9
Gambar 2.3. Pembentukan aliran turbulen di daerah lapis batas atmosfer	10
Gambar 2.4. Re Rendah dan Re Tinggi	13
Gambar 2.5. Sensor Kecepatan Angin Tipe Environdata WS31	14
Gambar 2.6. Sensor Arah Angin	15
Gambar 2.7. Sensor Suhu LM35DZ	16
Gambar 2.8. Sensor Tekanan Udara Environdata BP11	17
Gambar 2.9. Konfigurasi pin mikrokontroler ATMEGA 32	18
Gambar 2.10. Sistem Minimum	19
Gambar 2.11. Komponen-komponen Front Panel	21
Gambar 2.12. Komponen-komponen Blok Diagram	22
Gambar 3.1. Metodologi Penelitian	23
Gambar 3.2. Diagram Blok Sistem Anemometer	24
Gambar 3.3 Optical Interupter dan Rangkaiannya	25
Gambar 3.4 Potensiometer	25
Gambar 3.5 Skematik Strain Gauge	26
Gambar 3.6 IC LM35DZ	26
Gambar 3.7 Rangkaian Elektronik Sistem Anemometer	27
Gambar 3.8 Diagram Alir Pemrograman Mikrokontroler	28
Gambar 3.9 CodeWizardAVR Create new File	29
Gambar 3.10 CodeWizardAVR Confirm	29
Gambar 3.11 CodeWizardAVR Chip Type	29
Gambar 3.12 CodeWizardAVR Chip Tab	30
Gambar 3.13 CodeWizardAVR Project Information Tab	30
Gambar 3.14 CodeWizardAVR Port A, B, C dan D Tab	31
Gambar 3.15 CodeWizard ATMEGA 32 Timer 0, Timer 1 dan Timer 2 Tab	32
Gambar 3.16 Codewizard AVR ATmega 32 External IRQ Tab	32
Gambar 3.17 Codewizard AVR Alphanumeric LCD Tab	33
Gambar 3.18 Codewizard AVR ADC Tab	33
Gambar 3.19 Codewizard AVR USART Tab	34
Gambar 3.20 Front Panel Tampilan Data dan Analisa Potensi Angin	38
Gambar 3.21 Diagram Alir Tampilan LabView	39
Gambar 3.22 Blok Diagram Komunikasi Serial	40
Gambar 3.23 Blok Diagram Display Real Time beserta Grafiknya	40
Gambar 3.24 Blok Diagram Penyimpanan Data dalam File Excel	41
Gambar 3.25 Blok Diagram Analisa Potensi Angin dan Perhitungan Intensitas Turbulensi	41
Gambar 4.1 Rancangan Mikrokontroler beserta Sensor-sensornya	43
Gambar 4.3 Grafik Kalibrasi Sensor Kecepatan Angin	45
Gambar 4.3 Kalibrasi Sensor Kecepatan Angin menggunakan Wind Tunnel <i>Theodor Friedrick & Co, German</i>	45
Gambar 4.4 Proses Kalibrasi Sensor Kecepatan Angin	46
Gambar 4.5 Kalibrasi Sensor Tekanan Udara menggunakan Pressure Chamber <i>Theodor Friedrick & Co, German</i>	47

Gambar 4.6 Proses Kalibrasi Sensor Tekanan Udara	47
Gambar 4.7 Kalibrasi Sensor Tekanan Udara	49
Gambar 4.8 Koreksi Sensor Tekanan Udara BP11	49
Gambar 4.9 Hasil Koreksi Kalibrasi Sensor Tekanan Udara	51
Gambar 4.10 Temperatur Chamber <i>Theodor Friedrich & Co, German</i>	52
Gambar 4.11 Proses Pengujian atau Kalibrasi Sensor Temperatur Udara	52
Gambar 4.12 Hasil Pengujian Sensor Temperatur Udara	53
Gambar 4.13 Koreksi Sensor Temperatur Udara	54
Gambar 4.14 Hasil Koreksi Kalibrasi Sensor Temperatur Udara LM35	55
Gambar 4.15 Kecepatan Angin yang Terekam Pada Tampilan LabView	59
Gambar 4.16 Distribusi Frekwensi Kecepatan Angin	60
Gambar 4.17 Rata-Rata Kecepatan Angin Harian	60
Gambar 4.18 Distribusi Frekwensi Arah Angin	61
Gambar 4.19 Variasi Intensitas Turbulensi	62
Gambar 4.20 Histogram Potensi Angin	63



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu energi terbarukan yang berkembang pesat di dunia saat ini adalah energi angin. Angin adalah udara yang bergerak akibat adanya perbedaan tekanan udara dengan arah aliran angin dari tempat yang memiliki tekanan tinggi ke tempat yang bertekanan rendah atau dari daerah yang memiliki suhu / temperatur rendah ke wilayah bersuhu tinggi. Energi angin merupakan energi terbarukan yang sangat fleksibel. Energi angin dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan misalnya pemompaan air untuk irigasi, pembangkit listrik, pengering atau pencacah hasil panen, aerasi tambak ikan/udang, pendingin ikan pada perahu-perahu nelayan dan lain-lain. Selain itu, pemanfaatan energi angin dapat dilakukan di mana-mana, baik di daerah landai maupun dataran tinggi, bahkan dapat di terapkan di laut.

Pemanfaatan energi angin juga merupakan salah satu kegiatan mitigasi perubahan iklim. Perubahan iklim merupakan hal yang telah, sedang dan akan terjadi. Perubahan iklim disebabkan oleh adanya akumulasi energi di atmosfer. Akumulasi energi di atmosfer ini dikarenakan berbagai aktifitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil, pengurangan lahan hutan dan proses industrialisasi yang semuanya itu menyebabkan konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) meningkat tajam. Penumpukan GRK akan menyebabkan energi radiasi yang terserap mengumpul di atmosfer. Hukum fisika tentang kekekalan energi menjelaskan energi yang terkumpul tersebut akan tetap bertahan di atmosfer dan hanya dapat berubah bentuk menjadi jenis energi lainnya salah satunya adalah energi kinetik yaitu dalam bentuk peningkatan kecepatan angin. Oleh sebab itu cara yang paling natural memanfaatkan hal tersebut diatas adalah dengan menangkap potensi anginnya. Pemanfaatan energi angin ini dapat mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil.

Dengan mengukur kecepatan dan arah angin bisa didapat informasi tentang angin, yang nantinya informasi angin tersebut dapat digunakan untuk

keperluan pemanfaatan angin ataupun untuk mencegah bencana yang dapat ditimbulkan oleh angin itu sendiri. Angin selama ini dipandang sebagai proses alam biasa yang kurang memiliki nilai ekonomis bagi kegiatan produktif masyarakat.

Penelitian ini akan merancang sebuah alat yang menggunakan instrumentasi elektronis untuk melakukan pengukuran kecepatan dan arah angin sehingga didapatkan hasil pengukuran dengan ketelitian yang lebih baik. Setelah data-data kecepatan dan arah angin didapat maka akan dilakukan analisa terhadap potensi angin di daerah tersebut dan analisa turbulensinya.

1.2 Perumusan Masalah

Penelitian ini dimaksudkan untuk membuat alat pengukur arah dan kecepatan angin. Akuisisi data dilakukan dalam program di mikrokontroler dan data hasil pengukuran dapat dilihat secara langsung pada LCD display. Data pengukuran ini kemudian dapat disimpan dikomputer melalui komunikasi serial RS232. Data arah dan kecepatan angin yang dihasilkan kemudian dianalisa potensi anginnya dan turbulensinya. Analisa potensi angin serta pengukuran turbulensi dapat memberikan informasi tentang pola angin berkala dalam periode tertentu, durasi kecepatan angin rendah dan kecepatan angin tinggi serta kecepatan angin pada lokasi pengukuran.

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dan Tujuan penelitian yang dilakukan adalah merancang dan membuat alat ukur kecepatan dan arah angin serta mengukur suhu dan tekanan udaranya lalu menempatkan alat tersebut pada ketinggian tertentu guna dilakukan pengukuran turbulensi dan analisa potensi angin yang ada. Pengukuran data angin tersebut ditujukan untuk mengetahui karakteristik angin lokal, pola angin berkala dalam periode tertentu, durasi kecepatan angin

rendah dan kecepatan angin tinggi, kecepatan angin di daerah pengukuran serta berapa banyak energi yang dapat tersedia pertahunnya.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian “Perancangan Anemometer Berbasis Mikrokontroller ATMEGA untuk Pengukuran Turbulensi dan Analisa Potensi Angin” adalah:

- Merancang alat ukur kecepatan dan arah angin yang disesuaikan untuk kebutuhan analisa potensi angin dan pengukuran turbulensi yaitu dengan menambahkan sensor suhu dan sensor tekanan udara untuk mengukur kerapatan udara.
- Analisa potensi angin serta pengukuran turbulensi yang dilakukan dapat memberikan informasi tentang pola angin berkala dalam periode tertentu, durasi kecepatan angin rendah dan kecepatan angin tinggi serta kecepatan angin pada lokasi pengukuran serta untuk mengetahui berapa banyak energi yang tersedia per tahunnya.
- Dengan mengukur kecepatan dan arah angin bisa didapat informasi tentang angin, yang nantinya informasi angin tersebut dapat digunakan untuk keperluan pemanfaatan angin ataupun untuk mencegah bencana yang dapat ditimbulkan oleh angin itu sendiri.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

- Perancangan dan pembuatan alat ukur kecepatan dan arah angin serta melakukan akuisisi data. Komponen utama berupa mikrokontroller produk ATMEL seri AVR Atmega 32, dengan sistem pewaktu menggunakan Real Time Clock (RTC), juga dilengkapi dengan komunikasi RS232 untuk komunikasi instrument pengukur arah dan kecepatan angin , temperatur udara serta pressure.
- Pengumpulan data arah, kecepatan angin temperatur serta tekanan udara untuk menghitung turbulensi serta analisa potensi angin dilakukan pada ketinggian 10 m. Sehingga data-data untuk analisa yang didapatkan

adalah data-data arah, kecepatan angin, suhu udara dan tekanan udara pada ketinggian 10 m.

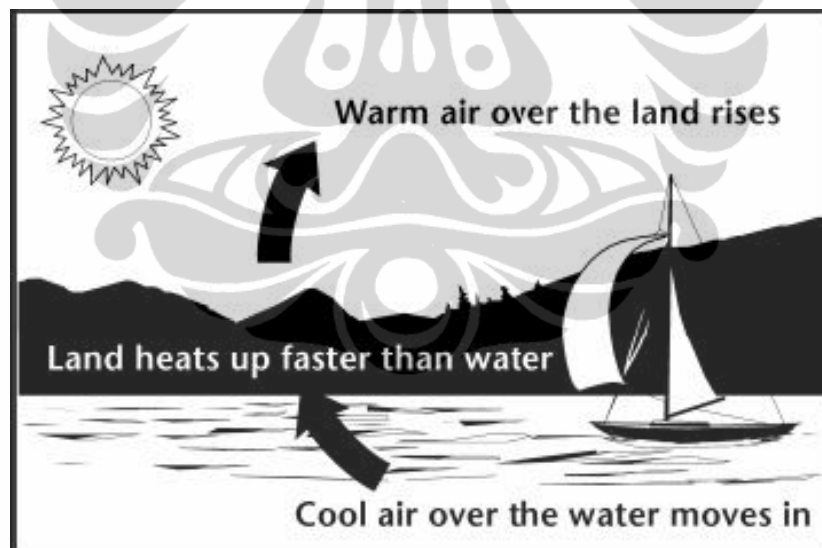
1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan diawali dari BAB I Pendahuluan yang terdiri atas Latar Belakang, Perumusan Masalah, Maksud dan Tujuan, Manfaat, Batasan serta Sistematika Penulisan. Kemudian dilanjutkan BAB II tentang Tinjauan Pustaka yaitu teori-teori yang mendukung penelitian perancangan pengukur arah dan kecepatan angin serta analisa yang dilakukan, BAB III Perancangan Sistem Anemometer memuat rancang bangun serta peralatan yang digunakan serta prosedur yang dilakukan. BAB IV berisi Hasil dan Pembahasan merupakan hasil akhir yang didapat beserta analisa-analisa yang dilakukan. BAB V Kesimpulan dan Saran memuat kesimpulan yang didapat setelah penelitian dilakukan serta saran-saran yang perlu untuk pengembangan selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Angin adalah udara yang bergerak dari tekanan tinggi ke tekanan rendah atau dari suhu udara yang rendah ke suhu udara yang tinggi. Bergeraknya angin disebabkan oleh pemanasan permukaan bumi oleh matahari. Karena permukaan bumi terdiri atas daratan dan lautan dengan tipe dan jenis yang berbeda-beda, maka masing-masing permukaan bumi tersebut juga akan menyerap panas matahari dengan takaran yang berbeda-beda. Pada siang hari, udara di atas daratan memanaskan lebih cepat dibandingkan dengan daerah disekitar permukaan air. Udara panas disekitar daratan mengembang dan menjadi semakin ringan hingga semakin naik keatas atmosfer. Udara yang lebih berat, yaitu udara dingin, dengan cepat mengisi ruang yang ditinggalkan oleh udara panas. Pergerakan udara tersebut menyebabkan terjadinya angin.



Gambar 2.1 Proses Terjadinya Angin

Angin yang bergerak dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Energi angin sudah digunakan sejak jaman dahulu di dunia untuk tujuan pelayaran, navigasi dan pengoperasian kincir angin. Oleh sebab itu penggunaan energi angin merupakan peluang besar sebagai sumber energi. Setelah perang dunia, pengenalan energi nuklir dan bahan bakar karbon yang murah berkurang

secara dramatis seiring ketertarikan masyarakat dengan penggunaan energi angin. Diprediksi bahwa permintaan dunia terhadap energi listrik akan mencapai 19 triliun kwh pada tahun 2015. Keengganan masyarakat terhadap instalasi dan operasi energi fosil ditambah lagi dengan perhatian masyarakat akhir-akhir ini tentang pemanasan global dan efek emisi karbon telah menghasilkan permintaan sumber energi baru yang bersih dan hijau seperti angin. Sumber energi angin tumbuh secara cepat 20 (dua puluh) tahun terakhir ini dan diklasifikasikan sebagai sumber energi bebas polusi.

2.1 Analisa Potensi Angin

Metode statistik yang banyak digunakan untuk menganalisa potensi angin adalah distribusi *Weibull* dan *Rayleigh*. Kedua metode statistik tersebut mempunyai parameter variable yang berbeda. Fungsi distribusi Weybull digunakan untuk mendeskripsikan distribusi frekwensi kecepatan angin sedangkan distribusi Rayleigh merupakan kasus khusus dari distribusi Weybull.

2.1.1 Distribusi Weybull

Pada metode distribusi Weybull terdapat dua parameter yaitu parameter bentuk k (tanpa dimensi) dan parameter skala c . Nilai parameter k diperoleh dengan nilai berdasarkan data-data kecepatan angin actual di lapangan. Untuk menentukan parameter nilai parameter bentuk k , jika nilai tengah dan variannya telah diketahui dapat menggunakan persamaan (Dr. Gary L. Johnson, 2006):

$$k = \frac{\tau}{v}^{-1.086} \quad (2.1)$$

dengan: τ = nilai standart deviasi kecepatan angin

v = nilai tengah kecepatan angin (m/dt)

Jumlah/ durasi sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya nilai parameter k , semakin besar nilai parameter k maka semakin besar durasi dan sebaliknya semakin kecil nilai parameter k maka semakin kecil durasinya.

Sedangkan untuk mendapatkan nilai dari parameter skala c dengan menggunakan persamaan (DR. Gary L. Johnson, 2006).

$$c = 1,12 v \quad (1,5 \leq k \leq 4) \quad (2.2)$$

semakin kecil nilai parameter c maka kurva akan bergeser ke arah kecepatan angin yang lebih rendah demikian juga sebaliknya.

Fungsi distribusi dari probabilitas distribusi *Weybull* $f(v)$ dapat didefinisikan dengan persamaan: (Dr. Gary L. Johnson, 2006)

$$f(v) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (k > 0, v > 0, c > 1) \quad (2.3)$$

Dimana : $f(v)$ = probabilitas kecepatan angin (m/dt)

k = dimensi bentuk factor

c = factor skala weybull (m/dt)

v = nilai tengah kecepatan

2.1.2 Distribusi Rayleigh

Pada metode distribusi Rayleigh hanya terdapat satu parameter saja, yakni parameter skala c untuk melihat/mengetahui besaran atau nilai distribusi, sedangkan untuk durasi kecepatan anginnya telah ditentukan nilainya yakni $k=2$ (distribusi normal).

2.1.3 Variasi Kecepatan Angin di berbagai Ketinggian

Secara umum kecepatan angin berubah tergantung pada ketinggian, dimana memerlukan persamaan untuk memprediksi kecepatan angin pada suatu ketinggian yang dibandingkan dengan pengukuran pada ketinggian berbeda. Pada kondisi normal, kecepatan angin lebih besar pada tempat yang lebih tinggi dari permukaan tanah. Hal ini disebabkan karena kekasaran permukaan dan turbulensi yang semakin berkurang seiring dengan bertambahnya ketinggian.

Persamaan yang sering digunakan untuk mendeskripsikan kecepatan angin dengan variasi ketinggian dituliskan dalam Hukum Daya :

$$\frac{v}{v_0} = \left(\frac{h}{h_0} \right)^\alpha \quad (2.4)$$

Dimana: v : kecepatan angin pada ketinggian h (m/s)

v_0 : kecepatan angin pada ketinggian referensi (m/s)

h : ketinggian referensi (m)

α : Koefisien kekasaran permukaan.

2.1.4 Potensi Energi Angin

Pada kecepatan angin v , energy yang tersedia per unit area berbanding lurus dengan aliran angin pada waktu tertentu yang dinyatakan dengan flux energi kinetik sebagai berikut:

$$E_a = 0.5 \rho v^3 t \quad (2.5)$$

Dimana : ρ : kerapatan udara (kg/m^3)

E_a : Energi total secara teori yang tersedia untuk melakukan kerja turbin

Kerapatan udara dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$D = P / R.T \quad (2.6)$$

dimana D / ρ adalah kerapatan udara (kg/m^3);

P = Pressure (Pa);

R adalah specific gas konstan (J/kg.K);

T adalah temperatur (K).

Atau dengan cara lain yaitu menggunakan interpolasi antara temperatur dan tekanan. Tabel kerapatan udara dapat dilihat pada gambar 2.2 di bawah ini:

Temperature (°C)	Density (kg m ⁻³)																												
	Pressure (bar)																												
	0.0	0.3	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	4.1	4.8	5.5	6.2	6.9	7.6	8.3	9.0	10	14	17	21	28	35	43	51	60	69	79	89	99	
-11	1.3	1.7	2.2	3.1	4.0	4.8	5.7	6.6	7.5	8.4	9.3	10.1	11.0	11.9	13.7	14.6	19.0	23.4	27.8	36.7	45.5	53.1	61.9	71.9	80.9	89.7	97.9	107.9	117.9
4.4	1.3	1.7	2.1	3.0	3.9	4.7	5.6	6.5	7.3	8.2	9.1	9.9	11.7	13.4	14.3	18.6	22.9	27.3	35.9	44.5	51.8	60.5	70.5	79.3	87.9	97.9	107.9	117.9	127.9
10.0	1.2	1.7	2.1	3.0	3.8	4.7	5.5	6.4	7.2	8.1	8.9	9.8	11.5	13.2	14.0	18.3	22.6	28.0	35.4	43.9	50.9	60.4	70.0	78.0	86.5	96.5	106.5	116.5	126.5
15.6	1.2	1.6	2.1	2.9	3.7	4.5	5.4	6.2	7.0	7.9	8.7	9.5	11.2	12.9	13.7	17.9	22.0	26.2	34.6	42.9	50.6	60.9	70.2	78.2	86.6	96.6	106.6	116.6	126.6
21.1	1.2	1.6	2.0	2.8	3.7	4.5	5.3	6.1	6.9	7.7	8.6	9.4	11.0	12.6	13.5	17.5	21.6	25.7	34.0	42.1	50.5	60.6	70.0	78.0	86.4	96.4	106.4	116.4	126.4
26.7	1.2	1.6	2.0	2.8	3.6	4.4	5.2	6.0	6.8	7.6	8.4	9.2	10.8	12.4	13.2	17.2	21.2	25.2	33.3	41.3	50.3	60.4	70.0	78.0	86.4	96.4	106.4	116.4	126.4
32.2	1.2	1.6	1.9	2.7	3.5	4.3	5.1	5.9	6.7	7.4	8.2	9.0	10.6	12.2	13.0	16.9	20.8	24.8	32.7	40.5	50.2	60.1	70.0	78.0	86.4	96.4	106.4	116.4	126.4
37.8	1.1	1.5	1.9	2.7	3.5	4.2	5.0	5.8	6.6	7.3	8.1	8.9	10.4	12.0	12.7	16.6	20.5	24.3	32.0	39.7	50.3	60.0	70.0	78.0	86.4	96.4	106.4	116.4	126.4
43.3	1.1	1.5	1.8	2.6	3.4	4.1	4.9	5.6	6.4	7.1	7.9	8.6	10.1	11.5	12.3	16.0	19.8	23.5	31.0	38.4	50.3	60.0	70.0	78.0	86.4	96.4	106.4	116.4	126.4
48.9	1.1	1.4	1.8	2.5	3.2	3.9	4.7	5.4	6.1	6.8	7.6	8.3	9.7	11.2	11.9	15.5	19.1	22.7	29.9	37.2	50.0	60.0	70.0	78.0	86.4	96.4	106.4	116.4	126.4
54.4	1.0	1.4	1.7	2.5	3.2	3.9	4.6	5.3	6.0	6.7	7.4	8.1	9.6	11.0	11.7	15.2	18.8	22.3	29.4	36.5	50.0	60.0	70.0	78.0	86.4	96.4	106.4	116.4	126.4
59.9	1.0	1.3	1.6	2.3	3.0	3.7	4.4	5.1	5.8	6.5	7.2	7.9	9.4	10.8	11.5	14.1	17.4	20.6	27.2	33.8	50.0	60.0	70.0	78.0	86.4	96.4	106.4	116.4	126.4
65.4	0.9	1.2	1.5	2.1	2.7	3.3	3.9	4.5	5.2	5.9	6.6	7.3	8.8	10.2	10.9	13.1	16.2	19.2	25.3	31.4	50.0	60.0	70.0	78.0	86.4	96.4	106.4	116.4	126.4
70.9	0.8	1.1	1.4	2.0	2.6	3.1	3.7	4.3	4.9	5.6	6.3	7.0	8.5	9.9	10.6	12.2	15.1	17.9	23.6	29.3	50.0	60.0	70.0	78.0	86.4	96.4	106.4	116.4	126.4
76.4	0.7	1.0	1.2	1.7	2.3	2.8	3.3	3.9	4.5	5.1	5.8	6.5	8.0	9.4	10.1	11.3	13.8	16.5	21.9	27.5	50.0	60.0	70.0	78.0	86.4	96.4	106.4	116.4	126.4
81.9	0.7	0.9	1.1	1.6	2.0	2.5	2.9	3.4	3.9	4.5	5.2	5.9	7.4	8.8	9.5	10.7	12.9	15.2	20.4	25.9	50.0	60.0	70.0	78.0	86.4	96.4	106.4	116.4	126.4
87.4	0.6	0.8	1.0	1.4	1.8	2.2	2.6	3.0	3.5	3.9	4.5	5.2	6.7	8.1	8.8	10.0	12.0	14.1	19.1	24.5	50.0	60.0	70.0	78.0	86.4	96.4	106.4	116.4	126.4

Gambar 2.2 Perhitungan Kerapatan Udara

Dari energi total, hanya fraksinya saja yang dapat diekstrak. Energi maximum yang dapat diekstrak dari system kerja dengan efisiensi yang optimum dibatasi oleh koefisien kinerja yang disebut dengan Betz limit ($16/27 = 0,593$).

Kapasitas faktor ini menyebabkan energy yang diekstrak kira-kira sebesar 59,3% dari total energi secara teori dan diberikan dengan persamaan:

$$E_m = 0.2965 \rho v^3 t \quad (2.7)$$

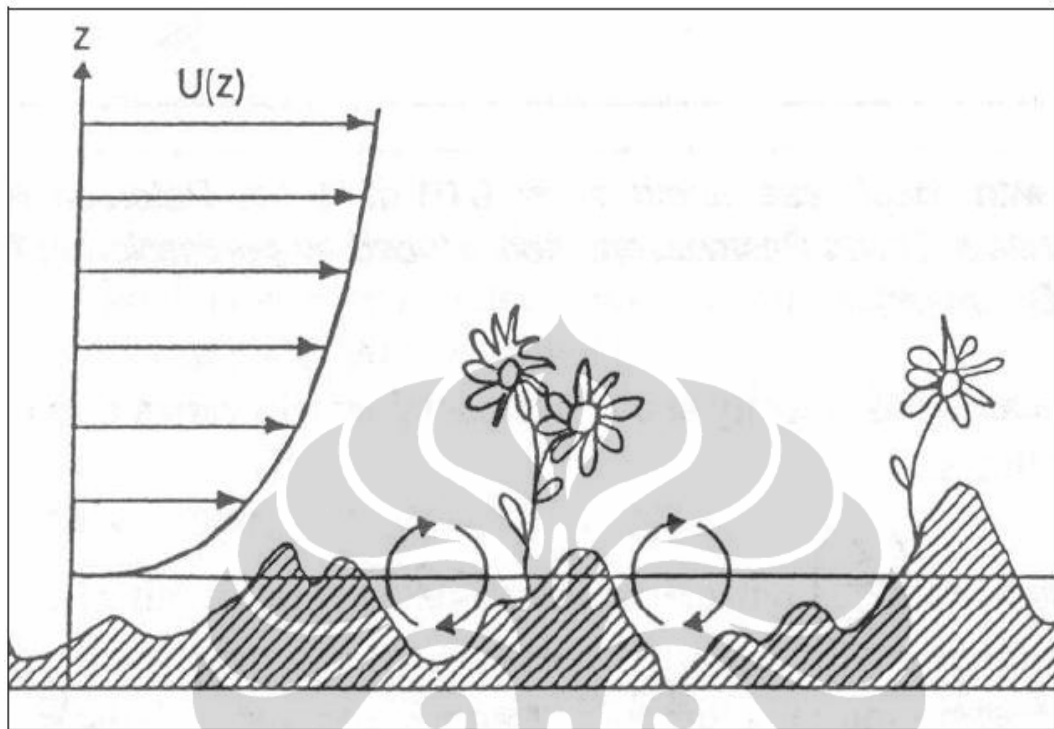
Dimana : E_m = energi yang dapat diekstrak

2.2 Turbulensi

Secara mikro, struktur aliran fluida dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) keadaan ekstrim: aliran smooth (laminar) dan aliran turbulen. Aliran smooth adalah aliran fluida yang tidak memiliki ulakan-ulakan (vortex) di dalamnya, partikel-partikel udara mengalir hampir lurus, seragam dan teratur. Sedangkan aliran turbulen adalah aliran yang memiliki banyak ulakan-ulakan di dalamnya, baik yang kecil maupun yang besar serta berfluktuasi secara random. Dengan kata lain aliran turbulen dapat dikatakan sebagai aliran yang tak teratur.

Aliran smooth adalah aliran ideal yang jarang sekali terjadi di alam. Sebagai contoh, aliran angin atmosfer di permukaan bumi selalu mengandung

aspek turbulensi karena terjadi gesekan dengan permukaan atau karena perbedaan suhu dan tekanan yang bervariasi.



Gambar 2.3 Pembentukan Aliran Turbulen di Daerah Lapis Batas Atmosfer

2.2.1 Pengaruh Turbulensi terhadap Analisa Potensi Angin

Kecepatan angin yang tinggi dapat menggerakkan turbin angin. Tetapi hanya dengan mengetahui kecepatan angin saja tidaklah cukup tanpa mengetahui turbulensi di lokasi. Turbulensi yang tinggi mempunyai efek negatif pada analisa potensi angin dan pada turbin angin.

Hal ini disebabkan karena pertama, turbin harus dirancang untuk mengatasi beban puncak. Jika turbulensi tinggi maka beban maximum pada baling-baling, gearbok, generator dan tower juga akan lebih tinggi. Biasanya turbin yang didesain untuk mengatasi beban turbulensi yang tinggi berbiaya mahal dan menghasilkan energi yang lebih sedikit.

Kedua, hembusan angin turbulen terjadi pada kecepatan dan frekuensi acak. Beban yang berubah dengan cepat memiliki potensi akan terjadinya resonansi (getaran besar) dalam turbin dan menara pendukungnya. Untuk itu diperlukan struktur yang kuat untuk mengatasi hal ini.

Ketiga, beban siklis yang bervariasi dapat menyebabkan masalah berat pada turbin. Misalnya jika baling-baling terus bergerak oleh hembusan angin yang bergolak, maka turbin perlu dirancang agar aman untuk menahan lebih banyak gerakan-gerakan turbulensi.

Keempat, baling-baling yang bergerak melalui udara yang bergolak terus menerus merupakan kondisi yang berat. Dalam setiap kondisi turbulen lingkungan angin lokal secara acak berubah sehingga baling-baling tidak dapat mengimbangnya. Misalnya perubahan arah angin atau kecepatan jelas dapat menyebabkan bertambah besar putaran baling-baling, sehingga mengurangi jumlah energi yang dihasilkan oleh generator.

2.2.2 Intensitas Turbulensi

Dalam aliran fluida yang turbulen, besar dan arah kecepatan aliran senantiasa berfluktuasi secara random. Dengan demikian analisis aliran seperti ini memerlukan beberapa penyederhanaan, agar mudah dipahami.

Penyederhanaan awal yang dapat dilakukan adalah dengan menganggap bahwa aliran fluida berlangsung secara 2 dimensi artinya terjadi pada bidang x-y atau x-z saja (jika x merupakan aliran longitudinal/ searah aliran).

Dengan demikian vektor kecepatan aliran fluida (H) dapat diuraikan menjadi:

$$u = H \cos \alpha \text{ pada sumbu X} \quad (2.8)$$

$$v = H \sin \alpha \text{ pada sumbu Y} \quad (2.9)$$

Dimana α adalah sudut datang aliran

Tingkat fluktuasi aliran turbulen biasa dinyatakan dengan simpangan baku, untuk arah sumbu x:

$$s_u = \sqrt{\frac{\sum (u_i - \bar{H})^2}{n(n-1)}} \quad (2.10)$$

Dimana u_i adalah kecepatan aliran sumbu x sampling ke i

Sedangkan untuk arah sumbu y,

$$s_v = \sqrt{\frac{\sum (v_i - \bar{H})^2}{n(n-1)}} \quad (2.11)$$

Dimana v_i kecepatan aliran sumbu y sampling ke i

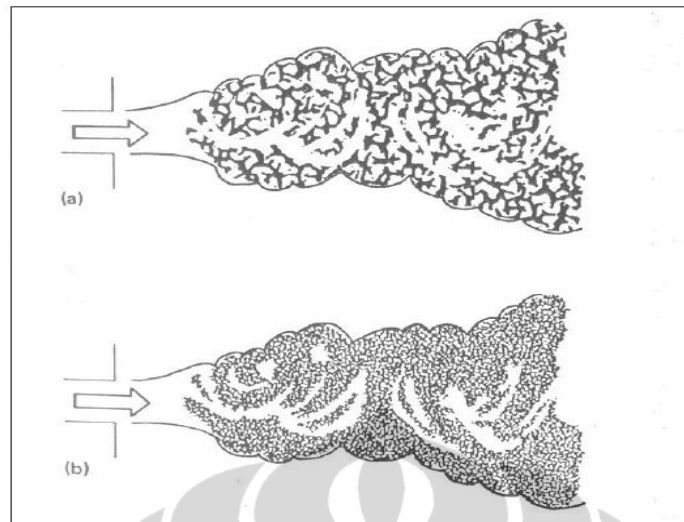
Kemudian tingkat fluktuasi aliran ini secara praktisnya dinyatakan sebagai parameter Intensitas Turbulen (ϵ), yakni rasio simpangan baku (dalam %) terhadap kecepatan rata-ratanya. Semakin besar persentasi intensitas turbulen, semakin tinggi tingkat turbulensinya.

$$\epsilon_u = \frac{s_u}{\bar{H}} \quad (2.11)$$

$$\epsilon_u = \frac{s_u}{\bar{H}}$$

Aspek lain yang mempengaruhi tingkat turbulensi aliran adalah parameter bilangan Reynold (Re), yakni suatu bilangan non-dimensional yang merupakan fungsi dari viskositas fluida. Aliran turbulen selalu terjadi pada bilangan Reynold tinggi. Dengan kata lain aliran turbulensi berasal dari aliran laminar yang menjadi tak stabil ketika bilangan Reynoldnya tinggi.

Apabila tingkat fluktuasi arah sumbu x setara dengan tingkat fluktuasi arah sumbu lainnya, maka aliran fluida tersebut dapat dikatakan sebagai aliran isotropic.



Gambar 2.4 (a). Re Rendah (b). Re Tinggi

- Aliran pipa berubah menjadi turbulen pada $Re \sim 2000$
- Aliran lapis batas dengan gradient tekanan nol, menjadi tak stabil pada $Re \sim 600$
- Aliran shear bebas (aliran mixing layer) menjadi tak stabil pada Re lebih rendah lagi.

2.3 Sensor dan Tranduser

Dalam perhitungan turbulensi dan analisa potensi angin ini digunakan anemometer yang dipasang pada ketinggian tertentu serta sensor suhu dan tekanan udara yang digunakan untuk menghitung kerapatan udara. Adapun sensor atau model sensor yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

a. Sensor kecepatan angin

Menggunakan anemometer 3-cup yang didesign untuk mengukur kecepatan angin. Prinsip kerjanya berdasarkan perputaran cup yang mampu menghasilkan gelombang listrik yang berupa sinyal pulse yang mempunyai hubungan linier dengan kecepatan angin. Kanal penghitung pulse data logger mengukur kecepatan angin dalam satuan mph, m/s, knots. Bentuk sensor WS32 diatas mempunyai sensitifitas tinggi sehingga cocok untuk mempelajari iklim mikro.



Gambar 2.5 Sensor Kecepatan Angin Type Envirodata WS31

Spesifikasi sensor Kecepatan:

- **Type sensor:**3-cup anemometer
- **Measurement Units:**Metres per second (m/s) Other units can also be used
- **Operating Range:**0 to 60 m/s
- **Startup Threshold:**0.3 m/s
- **Accuracy:** ± 0.2 m/s or ± 1 % of reading, whichever is greater
- **Distance Constant:**Typically 3 to 4 metres
- **Mode operasi:**Optical interrupter
- **Operating Conditions:**Temperature -20°C to $+70^{\circ}\text{C}$ Humidity 0% to 100%
- **Supply Voltage:**5.5 to 7 Volts DC
- **Current Drain:** $< 0.7\text{mA}$
- **Output:**+5 Volt pulse

b. Sensor Arah Angin

Sensor arah angin yang digunakan adalah Envirodata tipe WD32 yang diukur menggunakan potensiometer. Output dari potensiometer berupa sinyal frekwensi yang dihubungkan pada Timer 1.



Gambar 2.6 Sensor Arah Angin

Adapun spesifikasi sensor adalah sebagai berikut:

Spesifikasi Sensor Arah angin:

- **Sensing element** : Vane
- **Measurement units** : Degree deviation from North
- **Startup Treshold** : 0.3 m/s
- **Resolusi** : 5°
- **Akurasi** : ± 5°
- **Range kecepatan** : 0.5 – 180 km/jam
- **Kondisi Pengoperasian** : Temperatur -20°C hingga 70°C
Kelembaban 0% hingga 100%
- **Tegangan supply** : 5.5 – 7 Volt DC
- **Current Drain** : <3.5 mA
- **Output** : 5 Volt Pulse

d. Sensor Tekanan Udara

Selain sensor suhu, sensor tekanan udara juga digunakan untuk menghitung kerapatan udara. Sensor tekanan yang digunakan adalah Environtdata BP11 yang didesign untuk mengukur tekanan udara dalam range 750 – 1050 mBar dan mempunyai output frekwensi. Adapaun spesifikasi dari sensor BP11 adalah sebagai berikut:

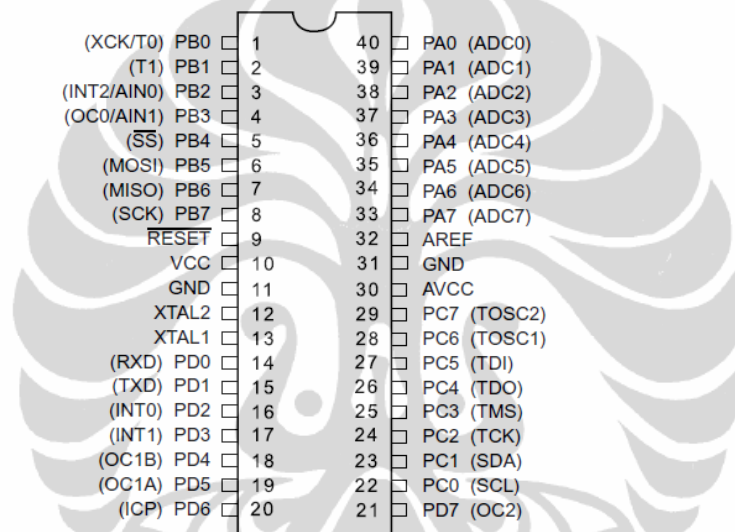
<i>Range operasi</i>	: 750 – 1050 hPa
<i>Resolusi</i>	: 1 hPa
<i>Akurasi</i>	: ± 3 hPa
<i>Kondisi Pengoperasian</i>	: Temperatur -20 C – 70 C Kelembaban 0% - 100%
<i>Supply tegangan</i>	: 5.5 – 7 Volt DC
<i>Current Drain</i>	: < 5.5 mA
<i>Output</i>	: 5 V pulsa
<i>Konfigurasi</i>	: Output (750mBar) 15.25 Hz Output (1050mBar) 19.75 Hz
	Tipe kabel 3 core



Gambar 2.8 Sensor Tekanan Udara Environtdata BP11

2.4 Pemrograman di Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan inti dari sistem “Perancangan Anemometer untuk Perhitungan Turbulensi dan Analisa Potensi Angin” yang dibangun ini. Karena ini pemrograman pada mikrokontroler ini merupakan factor yang sangat vital. Pada system ini, digunakan Mikrokontroler ATMEGA 32, bahasa pemrograman Bahasa C embedded system Code Vision AVR versi 2.05 dari ATMEL. Program simulasi dari rancangan program yang telah dibuat digunakan program *Proteus Version 7.4 SP3* dari *Labcentre Electronics*. Arsitektur dari mikrokontroler ATMEGA 32 dapat dilihat seperti pada gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2. 9 Konfigurasi pin mikrokontroler ATMEGA 32

Berdasarkan gambar 2.9 diatas, dapat diketahui bahwa fitur yang dimiliki oleh mikrokontroler ATMEGA 32 diantaranya adalah:

- Memiliki ukuran *flash* sebesar 32KB
- Memiliki SRAM sebesar 2KB
- Memiliki 1024 *byte* EEPROM
- Memiliki jumlah pin I/O sebanyak 32
- Memiliki ADC 10 bit sebanyak 8 *channel*
- Memiliki 2 buah *Timer* 8 bit dan 1 buah *Timer* 16 bit

Dilengkapi jalur komunikasi yaitu UART, SPI dan TWI

Kemudian terdapat pula konektor ISP (*In-System Programming*) yang berfungsi sebagai jalur untuk menulis program di flash pada mikrokontroler.

Komponen pendukung untuk menentukan waktu di mikrokontroler digunakan sebuah RTC (*Real Time Counter*) DS1307 yang merupakan bagian dari sistem yang dapat menghitung dan mengatur waktu baik dalam detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, maupun tahun hingga tahun 2100. Berbeda dengan pencatat waktu manual, pada RTC digunakan sinyal yang diolah secara *digital*, sehingga memperkecil tingkat kesalahan (*human error*). Alamat dan data RTC DS1307 ditransmisikan secara serial melalui jalur I²C yang hanya memerlukan dua buah pin komunikasi, yaitu pin untuk data (SDA) dan pin untuk *clock* (SCK).

2.5 Pemrograman di Komputer (LabView)

Program aplikasi atau display data serta analisa penelitian ini digunakan *software LabView Professional Development system version 8.5* dari *National Instruments*. Program LabView terdiri atas 2(dua) bagian yaitu:

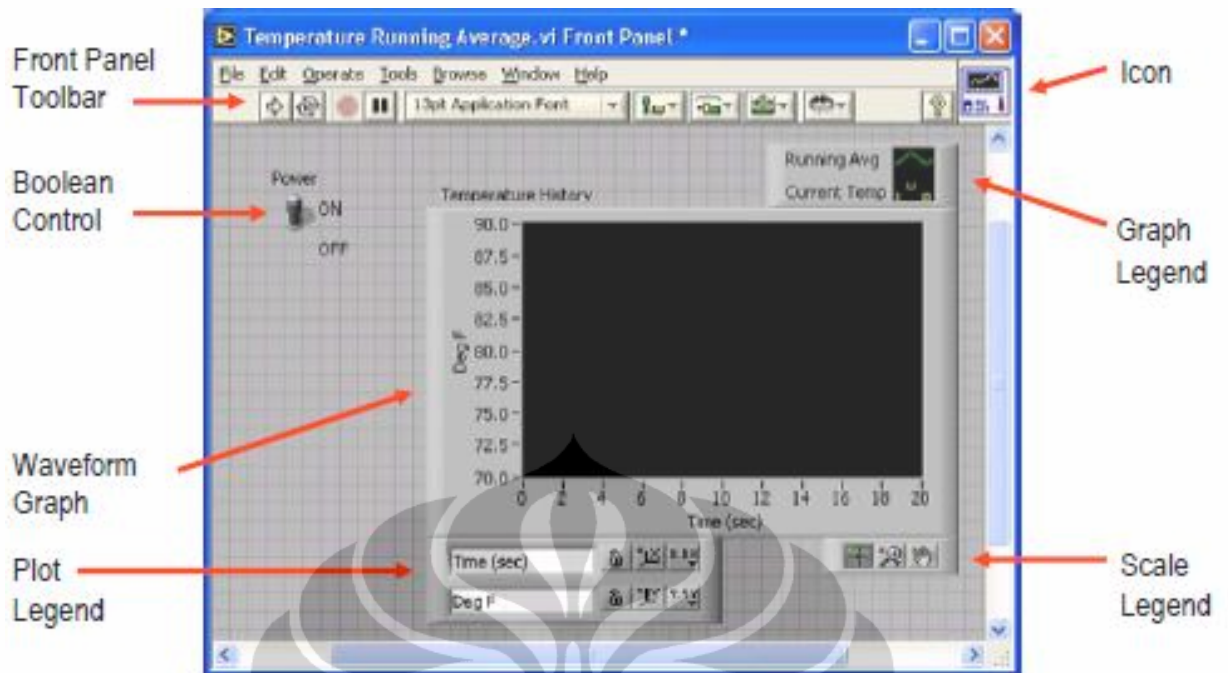
a. Front Panel

Front Panel digunakan untuk berinteraksi dengan pengguna pada saat program itu berjalan. Pengguna dapat mengontrol program, mengubah input dan memantau data secara real time.

Front Panel adalah *user interface* dari program VI yang terdiri atas kontrol dan indicator, yang masing-masing sebagai terminal input dan output.

Kontrol (input) dapat berupa knobs, pushbutton, dials dan divais lainnya. Kontrol digunakan untuk men-simulasi divais instrument input dan mensuplay data ke blok diagram.

Indikator (output) digunakan sebagai output, seperti thermometer, intensitas cahaya, data, suara dan info lainnya. Indikator dapat berupa grafik, LED dan display lainnya. Indikator men-simulasi divais instrument output dan memperagakan data yang akuisisi atau yang dihasilkan.



Gambar 2.11 Komponen-Komponen Front Panel

Pada gambar 2.11 yang menunjukkan kontrol adalah:

- Power switch sebagai kontrol Boolean, nilai defaultnya adalah false dan akan berubah menjadi true apabila switch ditekan.

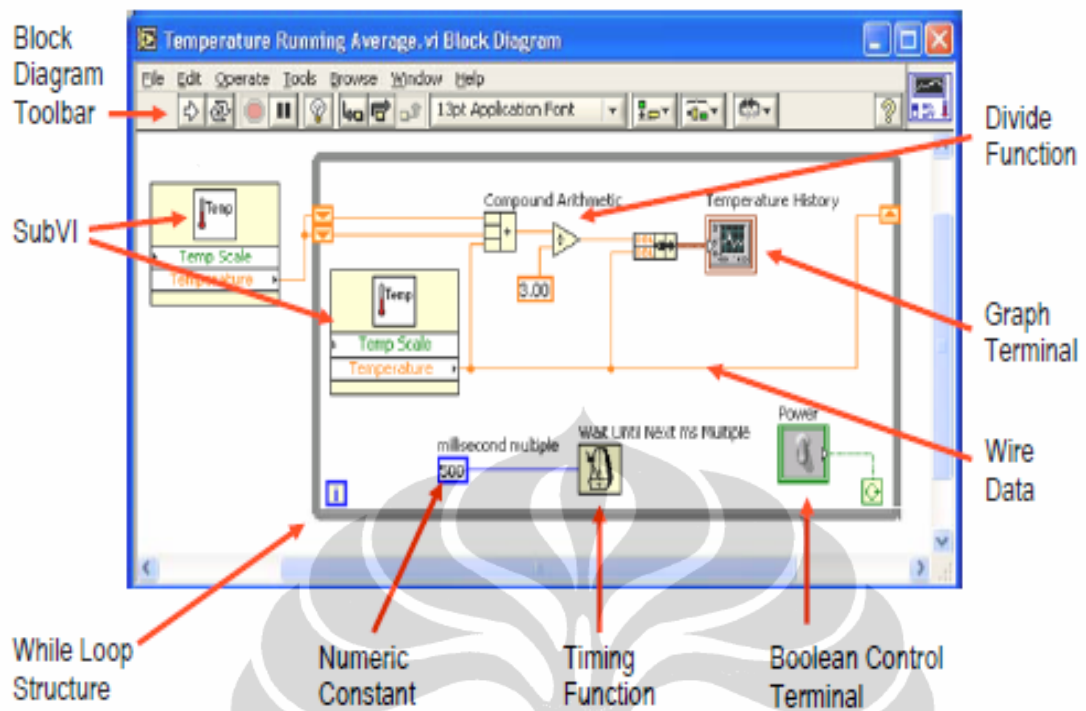
Sedangkan yang menunjukkan indikator adalah:

- Temperatur history sebagai indikator dalam bentuk grafik waveform

b. Block Diagram

Blok Diagram berisi kode sumber yang bersifat grafis. Di dalam blok diagram objek dari front panel berbentuk terminal. Sehingga di dalam blok diagram terdapat:

- Terminal yang berasal dari front panel
- Fungsi dan struktur built in dari pustaka VI
- Wire yang menghubungkan semua node.

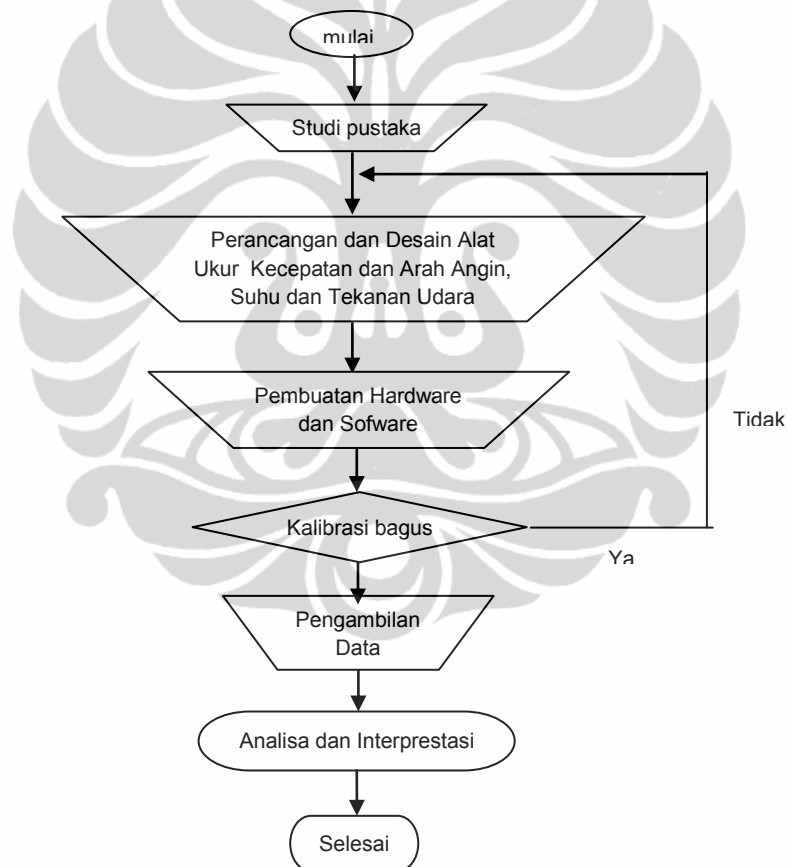


Gambar 2.12 Komponen-Komponen Blok Diagram

BAB 3

PERANCANGAN SISTEM ANEMOMETER

Pelaksanaan alur penelitian “*Perancangan Anemometer Berbasis Mikrokontroller ATMEGA untuk Pengukuran Turbulensi dan Analisa Potensi Angin*” meliputi beberapa tahapan antara lain studi referensi, penyiapan alat dan bahan penelitian, perancangan dan desain alat ukur arah, kecepatan angin, suhu serta pressure, pembuatan hardware dan software, kalibrasi alat ukur, pengambilan data serta analisa dan interpretasi data pengukuran. Adapun diagram alir digambarkan pada gambar 3.1

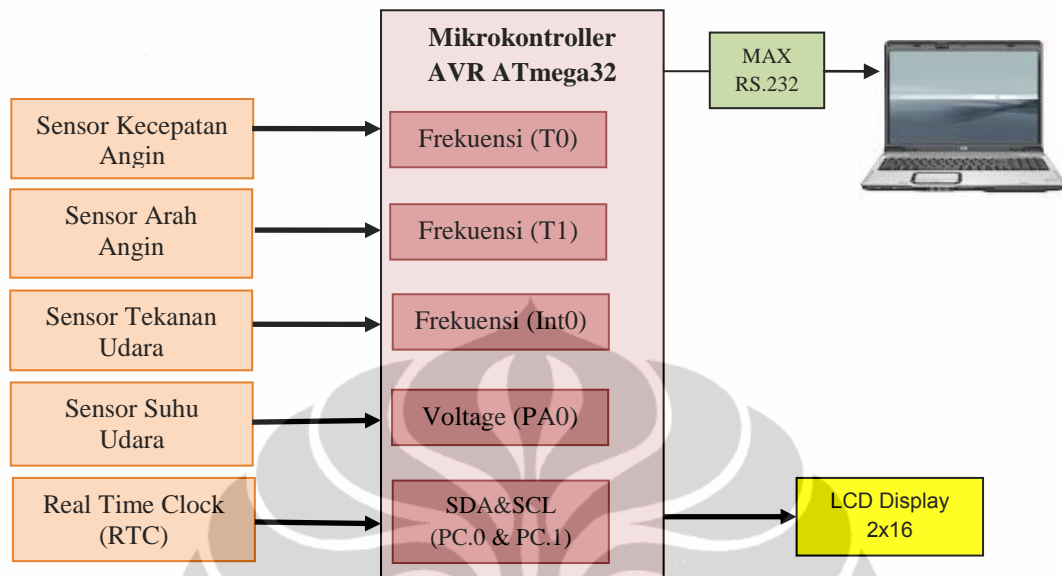


Gambar 3.1 Metodologi Penelitian

3.1 Hardware Sistem Anemometer

Perancangan hardware terdiri atas studi karakteristik sensor, perancangan blok rangkaian di Program Proteus (Software Perancangan PCB) sebagai simulasi, perancangan alat di mikrokontroller, pemrograman bahasa C di Mikrokontroller.

Sistem Anemometer untuk Pengukur Turbulensi dan Analisa Potensi Angin dibuat dalam beberapa bagian, seperti tampak pada blok diagram di bawah ini.



Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem Anemometer

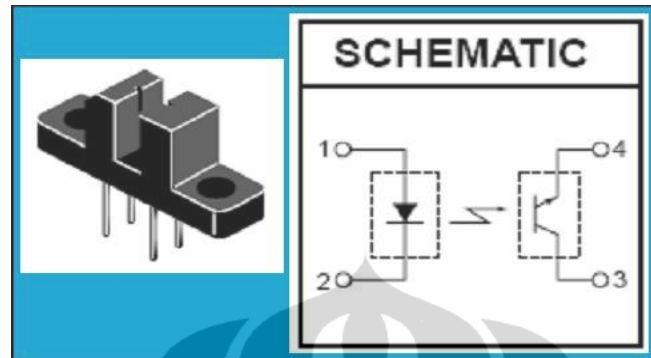
Pada Gambar 3.2 dapat dilihat bahwa semua pengukuran dan kontrol dilakukan oleh Mikrokontroller ATMEGA32. Pada diagram blok diatas dapat dilihat bahwa sistem diatas menggunakan sensor arah dan kecepatan angin, sensor suhu dan sensor tekanan. Output sensor arah dan kecepatan angin serta tekanan udara adalah frekwensi sehingga digunakan timer untuk membaca output sensor. Sedangkan output sensor suhu adalah tegangan dihubungkan ke ADC, untuk mengubah keluaran analog menjadi digital sehingga bisa dibaca oleh mikrokontroller.

Penentuan waktu dalam sistem ini adalah menggunakan RTC DS1307. RTC ini menyimpan data-data detik, menit, jam, tanggal, bulan, hari dalam seminggu.

Bagian akhir dari system akuisisi ini adalah menampilkan data pengukuran di LCD. LCD yang digunakan adalah LCD 16x2, selain itu data pengukuran bisa juga ditampilkan di komputer melalui RS232 dan USB.

Pada diagram blok diatas terdapat empat (4) sensor yaitu sensor kecepatan angin, sensor arah angin, sensor tekanan udara dan sensor suhu udara. Prinsip kerja masing-masing sensor tersebut adalah sebagai berikut:

Sensor kecepatan angin menggunakan sensor 3 cup anemometer. 3 cup anemometer ini menggerakkan kumparan. Output pulsa dihasilkan oleh optical interrupter yang dipasang pada bagian bawah kumparan.



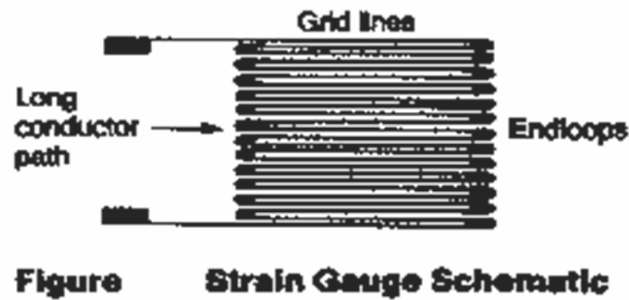
Gambar 3.3 Optical Interrupter dan rangkaiannya

Sensor arah angin yang digunakan merupakan indikator arah angin yang sensitif yang memberikan output pulsa. Elemen sensor yang digunakan adalah vane aluminium. Setiap vane aluminium tersebut berputar akan menggerakkan potensiometer. Pergerakan potensiometer menyebabkan perubahan resistansi. Osilator ini yang mengubah input tegangan yang berasal dari perubahan resistansi potensiometer menjadi output frekwensi atau pulsa.



Gambar 3.4 Potensiometer

Sensor tekanan udara seri BP10 didesign untuk mengukur tekanan atmosfer pada range 750 – 1050 hPa. Elemen sensor yang digunakan adalah strain gauge. Strain adalah rasio antara perubahan panjang benda dengan panjang benda mula-mula dengan dimensi (mm/mm).



Gambar 3.5 Skematik Strain Gauge

Pada konduktor uniform dengan luas penampang A dan panjang L yang terbuat dari material dengan resistivitas ρ . Resistansi dari konduktor tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad 3.1$$

Jika konduktor tersebut ditekan sehingga menyusut panjangnya, maka resistansinya akan berubah. Ini disebabkan karena dimensinya yaitu panjangnya dan juga luas penampangnya berubah dan juga disebabkan karena sifat dasar dari material yang disebut piezoresistance yang menunjukkan dependence resistivity ρ terhadap strain mekanis.

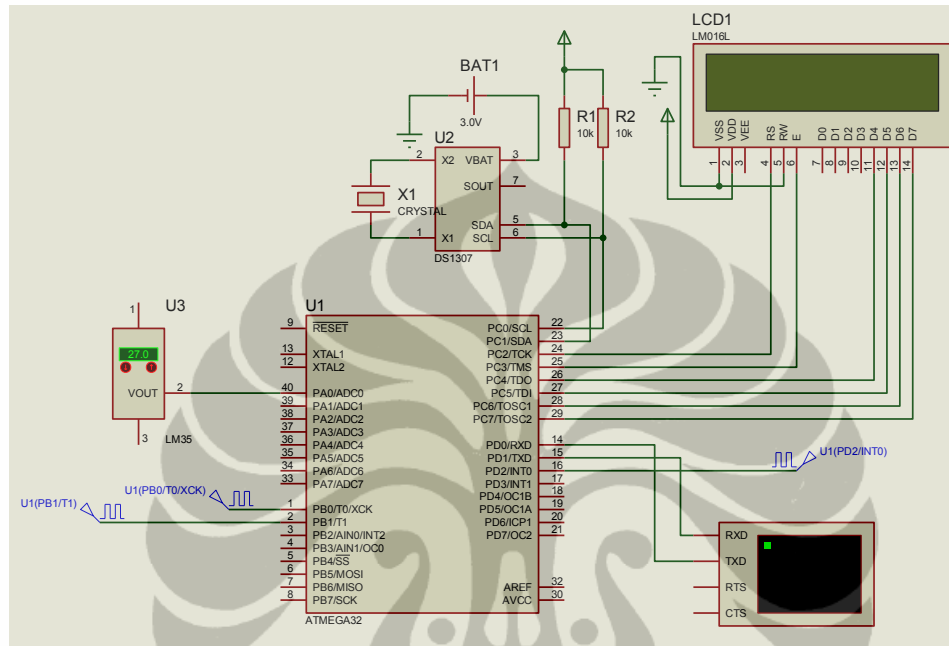
Sensor temperatur udara yang digunakan menggunakan IC LM 35. IC LM35 sebagai sensor suhu terkemas dalam bentuk integrated circuit (IC), dimana output tegangan keluaran sangat linier terhadap perubahan suhu. Sensor ini berfungsi sebagai penguubah dari besaran fisis suhu ke besaran tegangan yang memiliki koefisien sebesar $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ yang berarti bahwa kenaikan suhu 1°C maka akan terjadi kenaikan tegangan sebesar 10 mV . Sensor LM 35 bekerja dengan mengubah besaran suhu menjadi besaran tegangan. Secara prinsip sensor akan melakukan penginderaan pada saat perubahan suhu setiap 1°C akan menunjukkan tegangan sebesar 10 mV .



Gambar 3.6 IC LM35DZ

3.1.1 Rangkaian Elektronik Sistem Anemometer

Bagian utama atau prosesor dari Sistem *Anemometer untuk Pengukur Turbulensi dan Analisa Potensi Angin* adalah signal processing atau data logger. Diagram rangkaian data logger dapat dilihat pada gambar 3.3



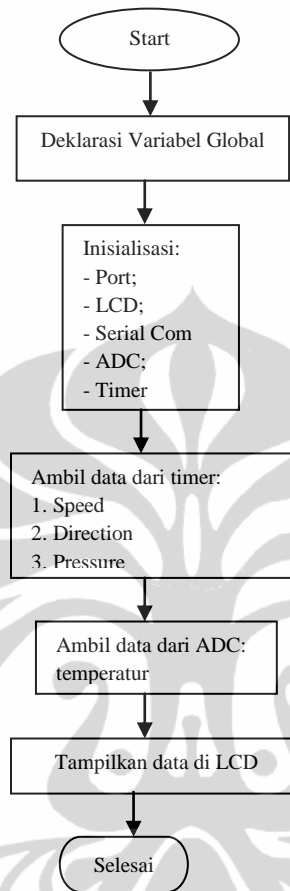
Gambar 3.7 Rangkaian Elektronik Sistem Anemometer

Gambar 3.7 merupakan rancangan rangkaian elektronik Sistem *Anemometer untuk Pengukur Turbulensi dan Analisa Potensi Angin*. LCD diletakkan mulai pada port C2 dengan RTC pada port C0 dan C1. Sensor arah, kecepatan dan pressure yang mempunyai output frekuensi diletakkan masing-masing pada timer 0, timer 1 dan int 0. Sedangkan timer 2 digunakan sebagai pewaktu. Sensor suhu yang mempunyai output voltage diletakkan pada Port A0 yang juga berlaku sebagai ADC 10 bit. Virtual instrument atau virtual terminal atau yang pada PC biasa disebut hyperterminal diletakkan pada Port D0 dan D1.

3.1.2 Pemrograman di Mikrokontroler

Pemrograman di mikrokontroler merupakan prosesor atau inti dari program akuisisi data yang dilakukan dengan menggunakan CodeVision AVR

embedded C . Flowchart atau diagram alir dari pemrograman mikrokontroller dapat dilihat pada gambar 3.8

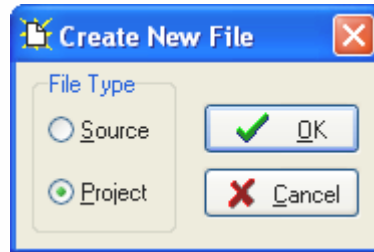


Gambar 3.8 Diagram Alir Pemrograman Mikrokontroller

Pada gambar 3.8 diagram alir program dimulai dengan mendeklarasikan variable-variabel yang digunakan dalam mikrokontroller antara lain iterasi barometer, nilai pembacaan kecepatan angin, nilai pembacaan arah angin, nilai pembacaan tekanan udara, nilai pembacaan suhu udara serta variable untuk tampilan LCD, lalu selanjutnya adalah inisialisasi port-port yang digunakan, serial sebagai sistem komunikasi, ADC sebagai input dari sensor temperatur dan timer sebagai input dari sensor kecepatan angin, arah angin dan tekanan udara. Langkah selanjutnya adalah ambil data dari sensor temperatur, lalu menampilkan data-data tersebut pada LCD.

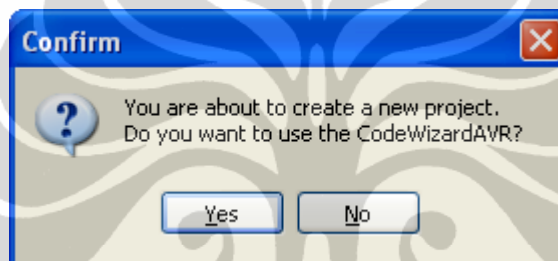
Langkah-langkah pemrograman bahasa C dengan menggunakan fasilitas CodeWizardAVR pada CodeVision AVR adalah sebagai berikut:

Langkah pertama adalah membuat file baru. Ada dua opsi pada Tab Create New File yaitu source dan project, untuk membuat file baru pilih project seperti tampak pada gambar 3.9 lalu klik OK.



Gambar 3.9 CodeWizardAVR AVR Create new File

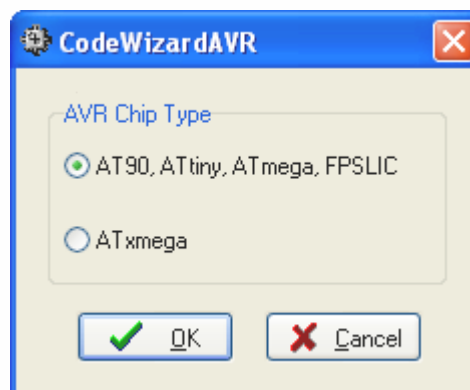
Setelah klik OK maka akan muncul tab Confirm seperti tampak pada gambar 3.10



Gambar 3.10 CodeWizardAVR AVR Confirm

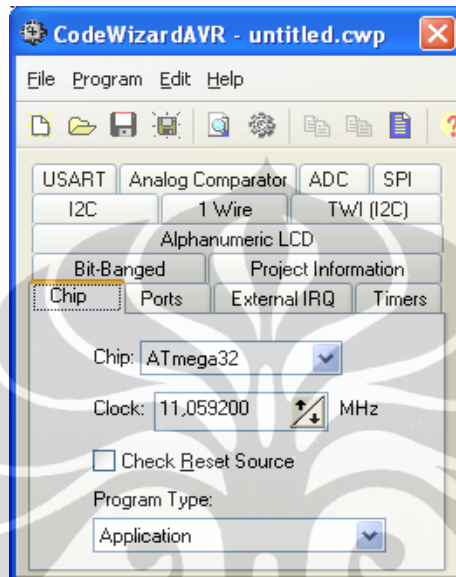
Klik *yes* untuk create new project.

Langkah selanjutnya adalah memilih tipe chip. Pilih chip sesuai dengan tipe yang digunakan. Dalam penelitian ini digunakan ATmega 32, pilih tipe chip pada baris pertama AT90, ATtiny, ATmega dan FPSLIC seperti tampak pada gambar 3.11



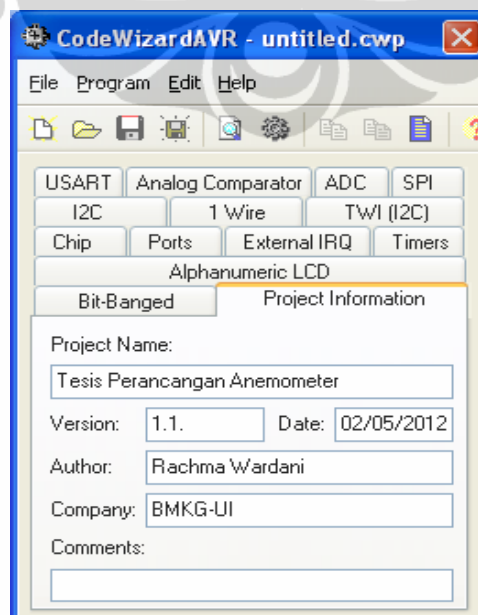
Gambar 3.11 CodeWizardAVR AVR Chip Type

Langkah selanjutnya adalah setting nilai frekwensi clock. Frekwensi clock yang ditulis harus sesuai dengan frekwensi clock pada mikrokontroller. Frekwensi clock pada mikrokontroller ATmega32 yang dipakai adalah 11.059200 Mhz sehingga kita masukkan nilai tersebut pada “*Chip Tab*” seperti tampak pada gambar 3.12



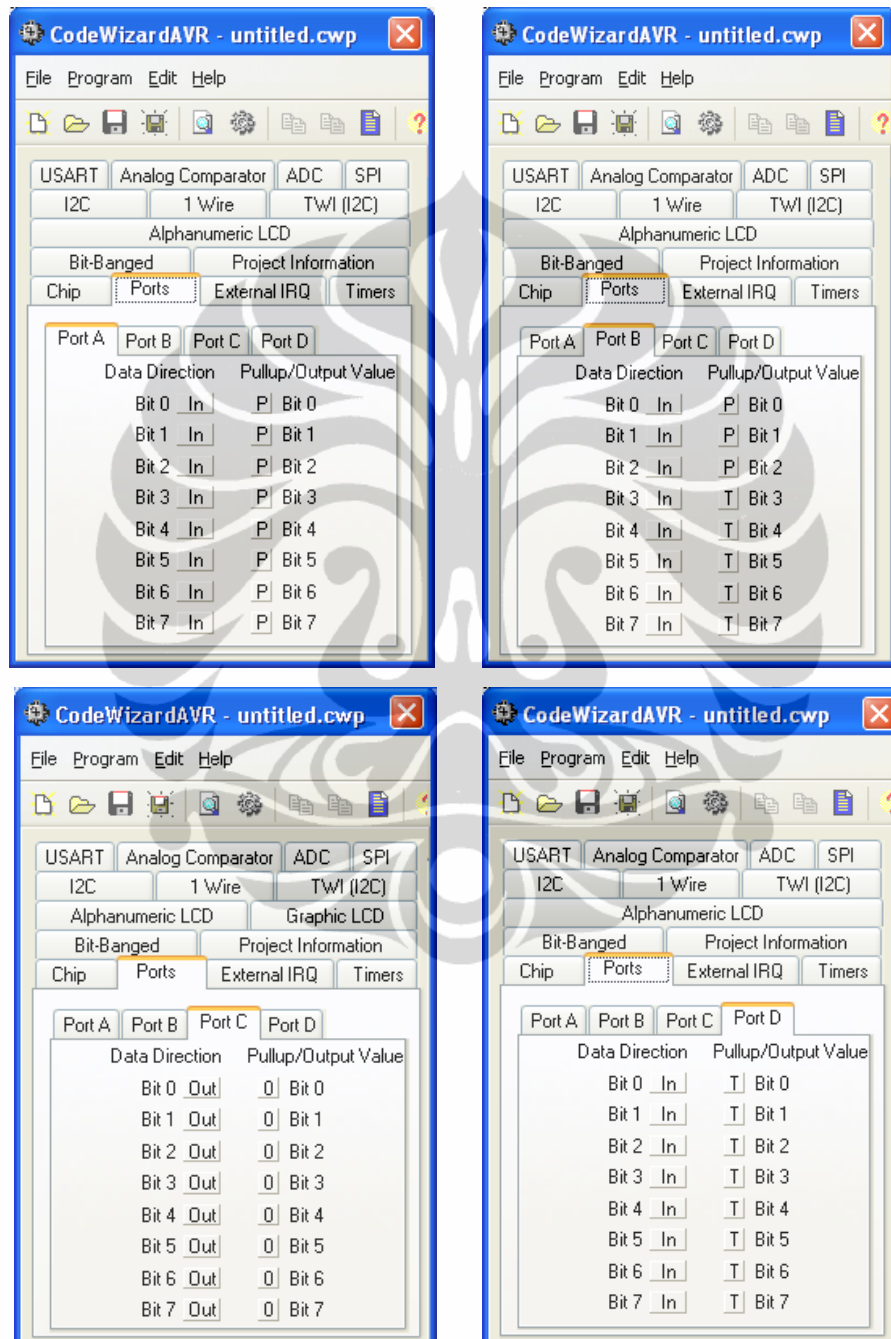
Gambar 3.12 CodeWizardAVR AVR Chip Tab

Langkah selanjutnya adalah memasukkan informasi tentang project pada Tab *Project Information* seperti tampak pada gambar 3.13



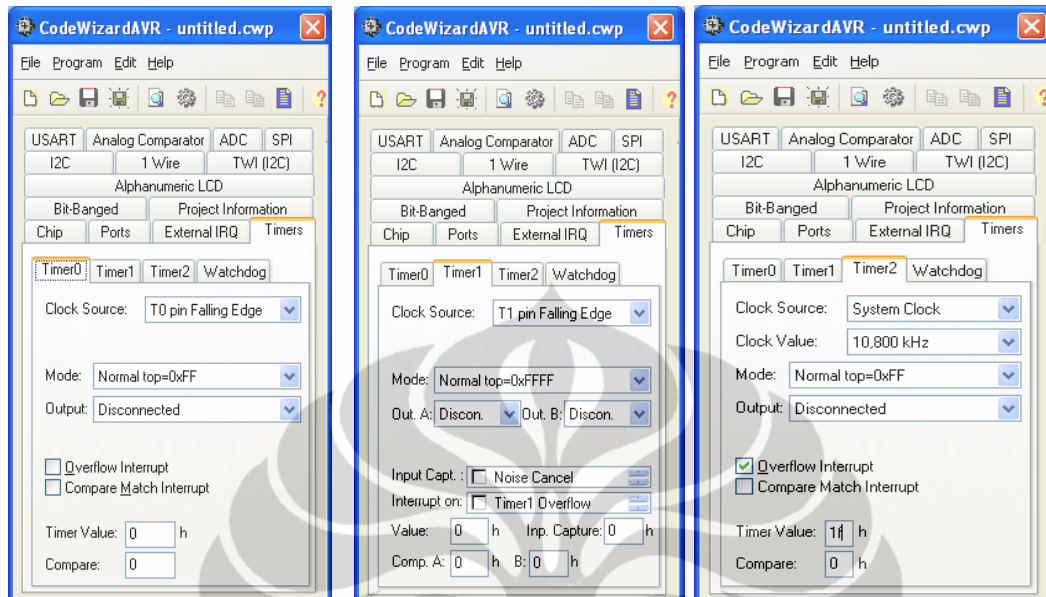
Gambar 3.13 CodeWizardAVR AVR Project Information Tab

Selanjutnya adalah setting Port-Port yang digunakan seperti tampak pada gambar 3.14. Setting Port adalah sebagai berikut Port A digunakan untuk sensor temperatur, Port B untuk sensor Arah dan Kecepatan Angin, Port C untuk untuk LCD dan RTC serta Port D untuk Barometer dan Hyperterminal.



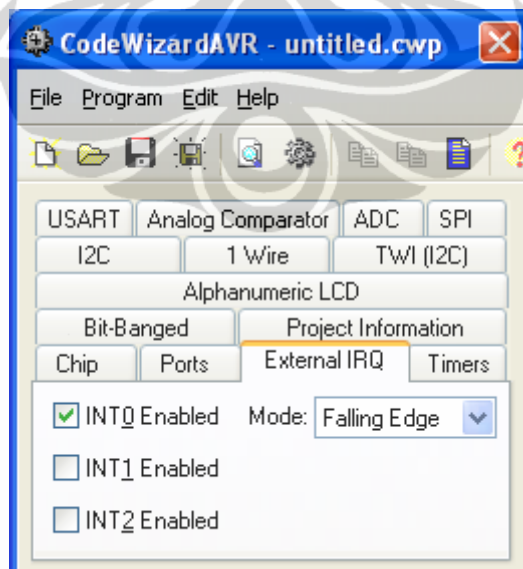
Gambar 3.14 CodeWizardAVR AVR Port A, B, C DAN D tab

Langkah selanjutnya adalah setting timer 0, 1 dan 2 yang masing-masing digunakan untuk sensor kecepatan angin, sensor arah angin dan pewaktu.



Gambar 3.15 CodeWizardAVR ATmega32 Timer0, Timer1 dan Timer 2 Tab

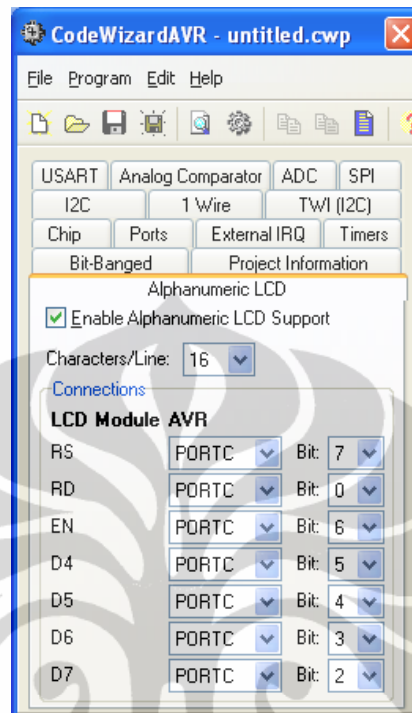
Langkah selanjutnya adalah melakukan setting interrupt yang digunakan oleh sensor barometer. Klik tab External IRQ dan akan tampak seperti gambar 3.16



Gambar 3.16 CodeWizardAVR ATmega32 External IRQ Tab

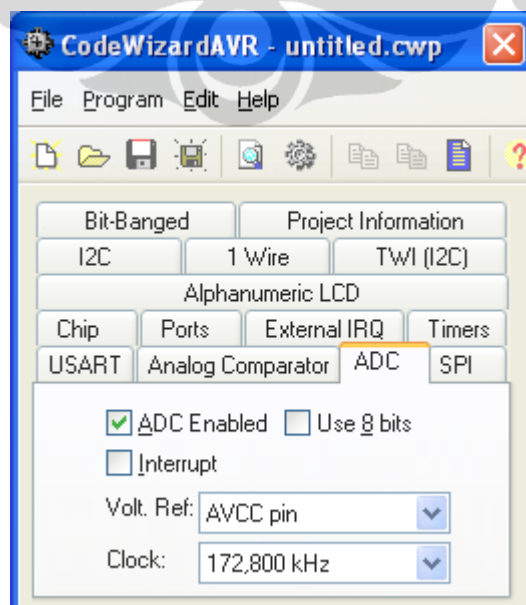
Karena sensor barometer yang digunakan menggunakan interup 0 maka Klik pada INT0 Enable dan pilih mode falling edge.

Selanjutnya adalah setting LCD pada tab Alphanumeric LCD. Centang Enable Alphanumeric LCD Support pada Tab Alphanumeric LCD tampak pada gambar 3.17



Gambar 3.17 CodeWizardAVR AVR Alphanumeric LCD Tab

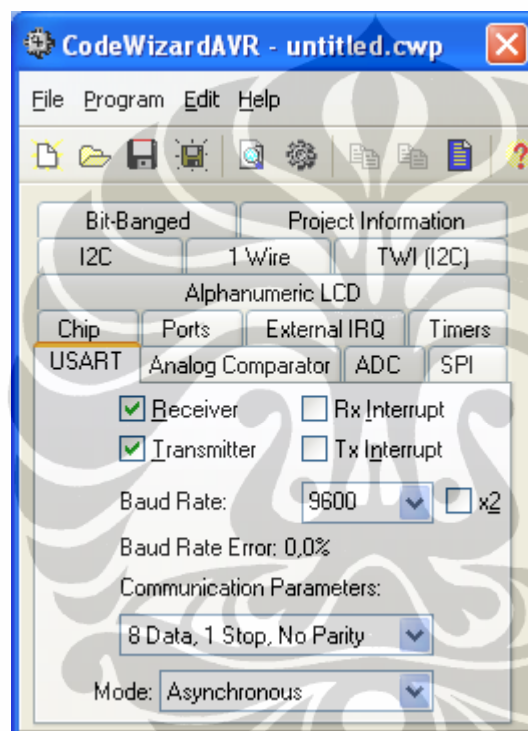
Pada penelitian ini menggunakan LCD 16 line dan dipasang pada Port C. Untuk itu pilih angka 16 pada kotak characters/line.



Gambar 3.18 CodeWizardAVR AVR ADC Tab

Selanjutnya adalah setting ADC seperti tampak pada gambar 3.18. ADC digunakan untuk sensor suhu yang mempunyai output analog atau voltage. Centang pada ADC enabled dan pilih Volt Ref. AVCC Pin serta frekwensi clock 172.800 Khz.

Langkah selanjutnya adalah setting USART sebagai sistem komunikasi RS232 dengan computer. Setting baud rate sebesar 9600 dan parameter komunikasi 8 data, 1 stop dan No Parity.



Gambar 3.19 CodeWizardAVR AVR USART tab

Langkah berikutnya, klik menu *File| Generate, Save and Exit* untuk membuat file melalui fasilitas CodeWizardAVR. File yang dihasilkan melalui fitur ini akan dilengkapi dengan listing program yang telah dikonfigurasi sebelumnya.

3.2 Pemrograman Sensor-Sensor pada Perancangan Sistem Anemometer untuk Pengukuran Turbulensi dan Analisa Potensi Angin

Pengukuran Analisa Turbulensi dan Potensi Angin diletakkan pada ketinggian 15 m, sehingga ke-empat sensor yang digunakan yaitu sensor kecepatan angin, sensor arah angin, sensor tekanan udara dan sensor suhu udara

diletakkan pada ketinggian minimal 15 m. Ketinggian 15 m dipilih karena pada ketinggian tersebut efek turbulensi sudah menurun, sehingga potensi angin yang di dapatkan lebih optimal.

3.2.1 Pemrograman Sensor Kecepatan Angin

Sensor angin yang digunakan adalah Envirodata tipe WS 31 dengan resolusi 0.2 untuk setiap output yang dikeluarkan. Output sensor kecepatan angin ini adalah frekuensi. *Script* program yang digunakan untuk akuisisi sensor tersebut adalah sebagai berikut:

```
//Baca Sensor WindSpeed pada pin PB.0 atau T0
Baca_Sensor_WindSpeed = TCNT0;
Baca_Sensor_WindSpeed *=2;
Baca_Sensor_WindSpeed /=10;
```

Proses pengukuran kecepatan angin seperti *list* program diatas merupakan pengukuran jumlah pulsa yang diterima oleh mikrokontroler, sehingga diperlukan aplikasi *timer* di mikrokontroler. *Timer0* (PortB.0) digunakan untuk *menghitung jumlah pulsa (counter)* tanpa *prescale (prescale=1)*. Hasil perhitungan jumlah pulsa kemudian dikalikan dengan 0.2 sebagai konversi ke satuan m/s (sesuai resolusi sensor).

3.2.2 Pemrograman Sensor Arah Angin

Pengukuran arah angin dengan menggunakan sensor arah angin dari Envirodata tipe WD 32. Sama seperti sensor kecepatan, output dari arah angin ini adalah frekuensi. *Script* program dapat dilihat di bawah ini:

```
//Baca Sensor WindDirection pada pin PB.1 atau T1
Baca_Sensor_WindDirection = TCNT1; // Pulsa 1 detik
```

Sensor arah angin seperti pada *list* program diatas ditempatkan pada timer1 atau Port B1. Timer 1 menghitung lebar pulsa yang dikeluarkan oleh output sensor.

3.2.3 P Pemrograman Sensor Temperatur Udara

Pengukuran temperatur udara menggunakan sensor LM35 waterproof. Sensor LM35 ini mempunyai output tegangan atau voltage, sehingga pada

mikrokontroler ditempatkan pada port ADC atau Port A0. Berikut script program sensor suhu LM 35

```
//Baca Sensor Temperature pada pin PA.1 atau ADC1
Baca_Sensor_Temperature = read_adc(0);
Baca_Sensor_Temperature *= 500;
Baca_Sensor_Temperature /= 1023;
```

Sensor temperature diatas`menggunakan ADC 10 bit jadi nilai 1023 diatas didapat dari sensor ADC 10 bit yang digunakan, sedangkan nilai 500 merupakan V (tegangan) reference yang digunakan.

3.2.4 Pemrograman Sensor Tekanan Udara

Selain temperatur dalam menghitung kerapatan udara diperlukan tekanan udara. Sensor tekanan udara yang digunakan adalah produk dari Envirodata tipe BP11. *Output* dari sensor berupa frekuensi yang kemudian dihubungkan pada Port D2 di mikrokontroler. Pembacaan data pengukuran dari sensor dilakukan dengan membuat sebuah program akuisisi di mikrokontroler, dengan *list* program sebagai berikut.

```
//Baca Sensor Barometric pada pin PB.3 atau INT2
Baca_Sensor_Barometric = Iterasi_Barometric; //Pulsa 1 detik
Baca_Sensor_Barometric *= 515; //Kalibrasi
Baca_Sensor_Barometric /= 1000; //Kalibrasi
Baca_Sensor_Barometric += 469; //Kalibrasi
```

3.2.5 Pembacaan Data di LCD 16 x 2

Bagian akhir dari program akuisisi ini adalah menampilkan data yang telah diolah oleh mikrokontroler ke dalam tampilan yang mudah dimengerti. Salah satu tampilan yang umum digunakan di mikrokontroler adalah *Liquid Cristal Display (LCD)*. Untuk menampilkan data-data pengukuran pada LCD diperlukan *script* program di bawah ini:

a. Menampilkan nilai kecepatan angin

```
// Tampilkan nilai Kecepatan Angin (m/s) ke LCD
sprintf(buf_1, "S:%2d", Baca_Sensor_WindSpeed);
lcd_gotoxy(8,1);
lcd_puts(buf_1);
```


b. Menampilkan nilai arah angin

```
// Tampilkan nilai WindDirection (derajat) ke LCD
sprintf(buf_2, "D:%3d", Baca_Sensor_WindDirection);
lcd_gotoxy(8,0);
lcd_puts(buf_2);
```

c. Menampilkan nilai Temperatur Udara

```
// Tampilkan nilai Temperature (derajat Celcius) ke LCD
sprintf(buf_4, "T:%4d", Baca_Sensor_Temperature);
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_puts(buf_4);
```

d. Menampilkan nilai Tekanan Udara

```
// Tampilkan nilai Barometric (mBar) ke LCD
sprintf(buf_3, "B:%4d", Baca_Sensor_Barometric);
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_puts(buf_3);
```

3.2.6 Komunikasi Serial RS232

Agar data-data pengukuran bisa dibaca oleh komputer melalui hyperterminal diperlukan komunikasi serial RS232. RS232 merupakan suatu terminal yang menghubungkan antara terminal data dari suatu peralatan dan peralatan komunikasi data yang menjalankan pertukaran data secara serial.

Dalam komunikasi data serial, data dikirim dalam bentuk pulsa listrik kontinyu yang disebut bit. Data dikirim satu demi satu bit secara berurutan melalui kanal komunikasi yang telah ditentukan, penerima juga menerima data- data dalam bentuk pulsa listrik yang kontinyu.

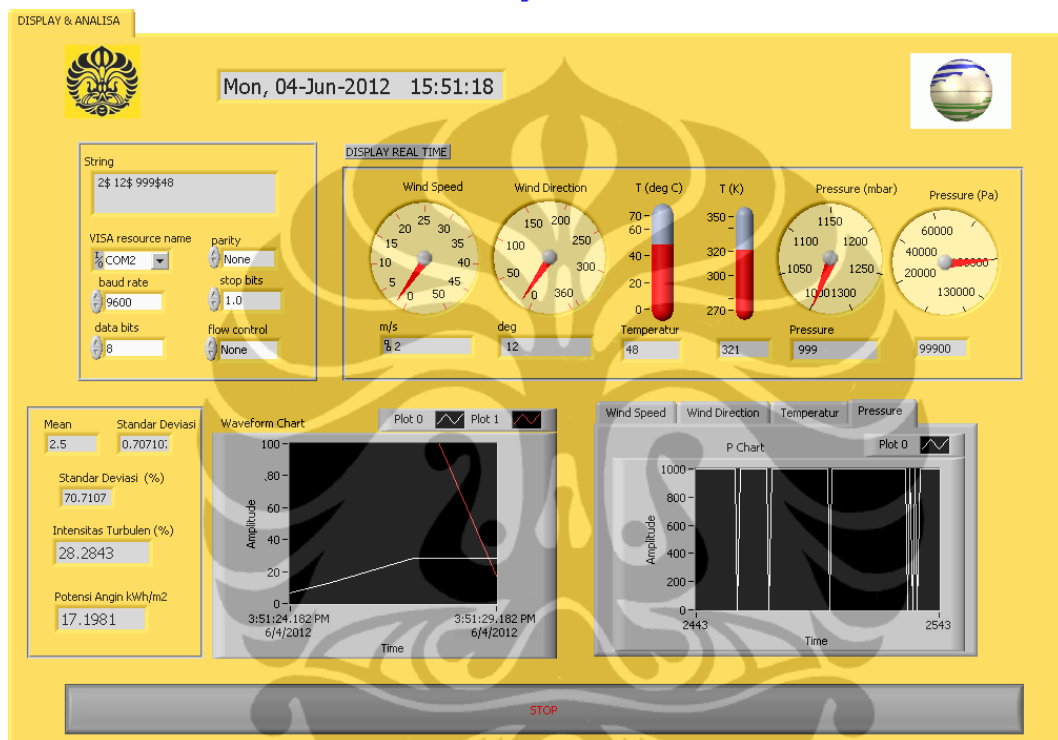
Program dari komunikasi serial adalah sebagai berikut:

```
printf("%d, %d, %d", Baca_Sensor_WindSpeed, Baca_Sensor_WindDirection,
Baca_Sensor_Barometric);
```

3.3 Display/ Pembacaan Data di LabView

Selain ditampilkan di LCD, data-data pengukuran juga displaykan di LabView. Selain menampilkan data pengukuran data pengukuran, juga ditampilkan analisa potensi angin dan pengukuran turbulensi. Display LabView di komputer adalah sebagai berikut:

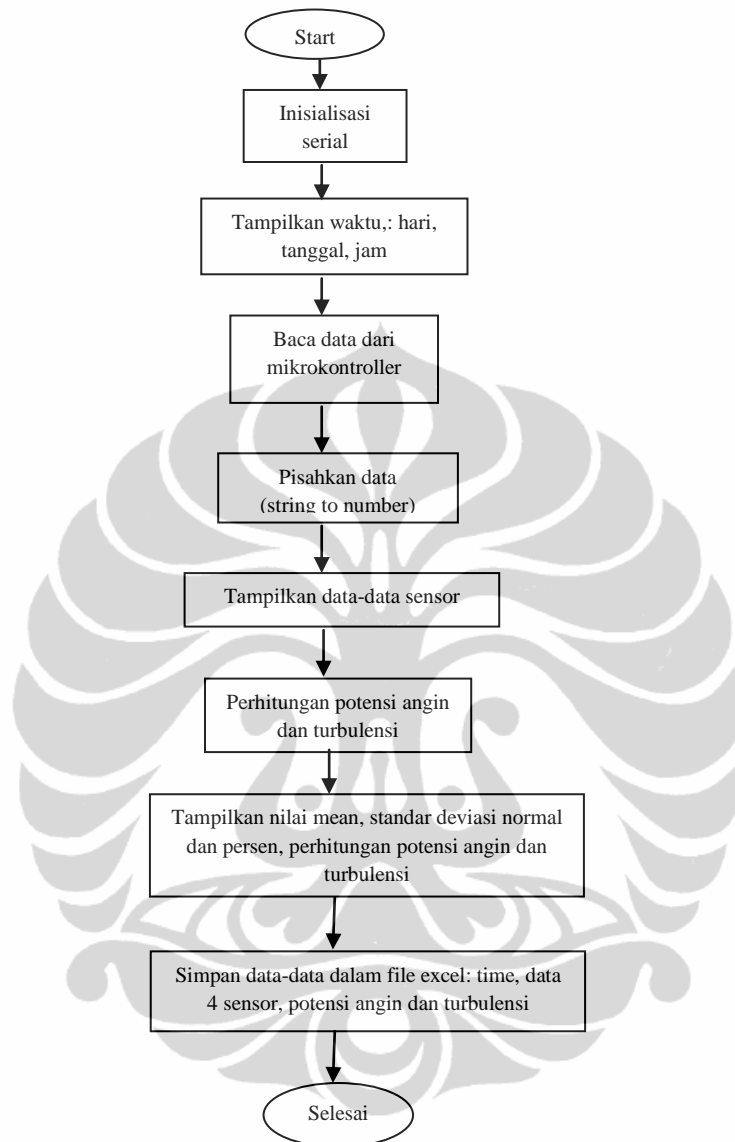
**PERANCANGAN ANEMOMETER BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA UNTUK
PENGUKURAN TURBULENSI DAN ANALISA POTENSI ANGIN**
Tesis - Agustina Rachmawardani



Gambar 3.20 Front panel Tampilan Data dan Analisa potensi angin di LabView

Tampilan data LabView ini dibagi menjadi beberapa bagian yaitu bagian satu komunikasi serial yang terdiri atas nilai string, visa resource name, baud rate, data bits, parity, stop bit dan flow control, bagian dua adalah display real time yaitu data-data pengukuran ke-empat sensor secara real time serta waveform chart dan masing-masing sensor; bagian ketiga adalah perhitungan potensi angin dan turbulensi yang menampilkan nilai mean (rata-rata) kecepatan angin, standar deviasi serta ditampilkan dalam persen (%), nilai intensitas turbulensi (%), potensi angin serta waveform chart untuk analisa turbulensi dan potensi angin dan bagian empat adalah penyimpanan data-data sensor serta perhitungan analisa turbulensi

dan potensi angin di file xls. Untuk alur program atau diagram alir tampilan LabView ini dapat dilihat pada gambar 3.21

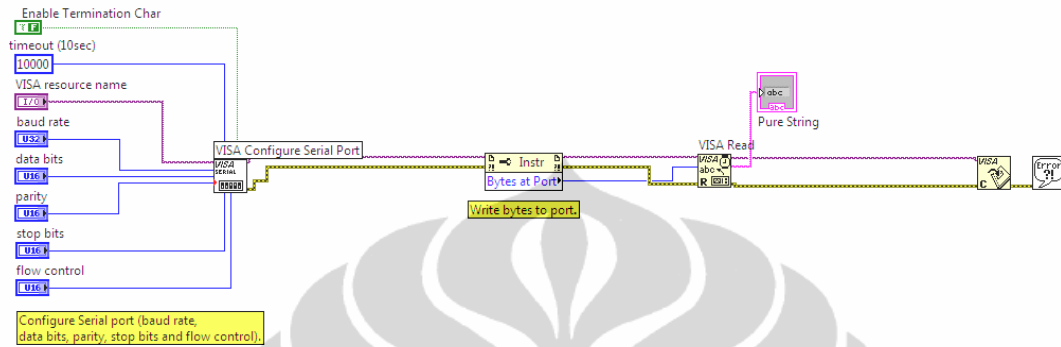


Gambar 3.21 Diagram Alir Tampilan LabView

Pada diagram alir tampilan LabView dimulai dengan inisialisasi serial yaitu komunikasi antara mikrokontroler dan computer, lalu menampilkan waktu/ start awal (hari, tanggal dan jam) pengambilan data, membaca data dari mikrokontroler dan memisahkan data-data string menjadi decimal number untuk ditampilkan dalam display real time, kemudian dilakukan perhitungan turbulensi serta analisa potensi angin lalu menampilkan nilai potensi angin dan turbulensi

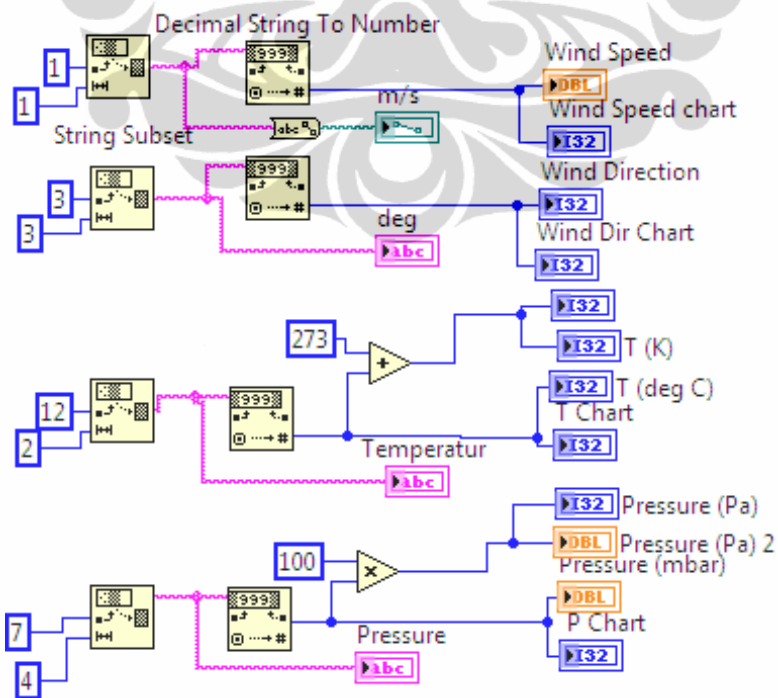
serta mean, standar deviasi dan standar deviasi dalam persen dari kecepatan angin. Langkah terakhir adalah menyimpan data-data tersebut dalam file excel.

Adapun blok diagram dari komunikasi serial adalah sebagai berikut:



Gambar 3.22 Blok Diagram Komunikasi Serial

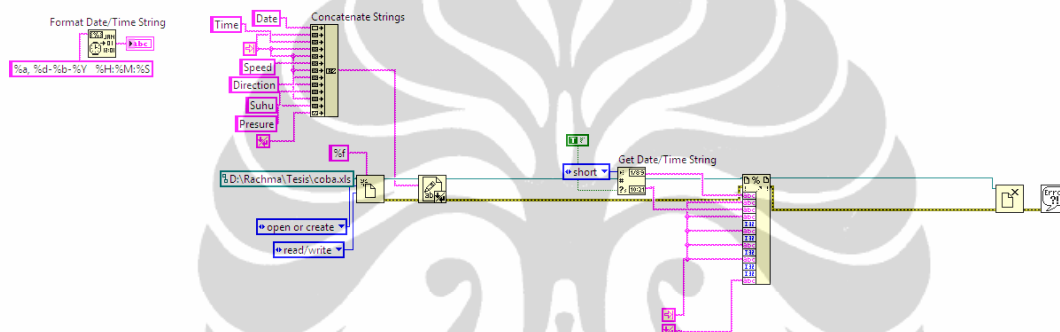
Gambar 3.18 merupakan komunikasi antara mikrokontroller dengan computer. Pada blok diagram komunikasi serial digunakan icon Visa Serial untuk menampilkan nilai Baud Rate, data bit, parity, stop bit serta flow control. Kemudian dari visa serial dibaca oleh Visa Read dan data pembacaan ini berupa string.



Gambar 3.23 Blok Diagram Display Real Time beserta Grafiknya

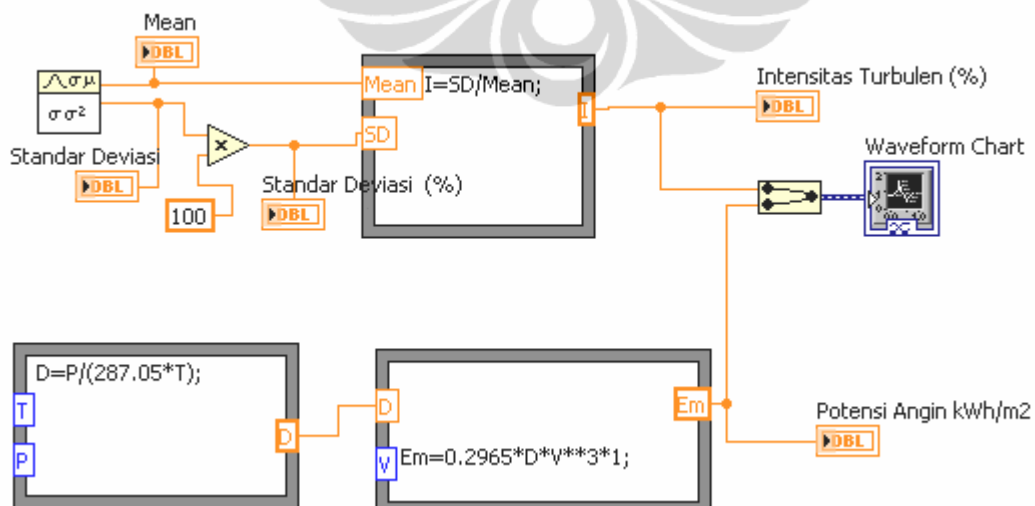
Pada display real time gambar 3.23 digunakan string subset untuk membaca nilai string dari masing-masing sensor. Nilai string ini diubah dalam bentuk number dengan menggunakan decimal string to number.

Gambar 3.24 merupakan blok diagram penyimpanan data dalam bentuk file excel. Digunakan concatenate string untuk menampilkan data – data apa saja yang disimpan di Excel. Kemudian digunakan open/create and replace file serta write to text file serta pilih folder yang digunakan untuk menyimpan file. Lalu digunakan format into file untuk memformat string sebagai text dan membaca text tersebut dalam file.



Gambar 3.24 Blok Diagram Penyimpanan Data dalam file Excel

Sedangkan blok diagram perhitungan turbulensi dan analisa potensi angin ditunjukkan pada gambar 3.25

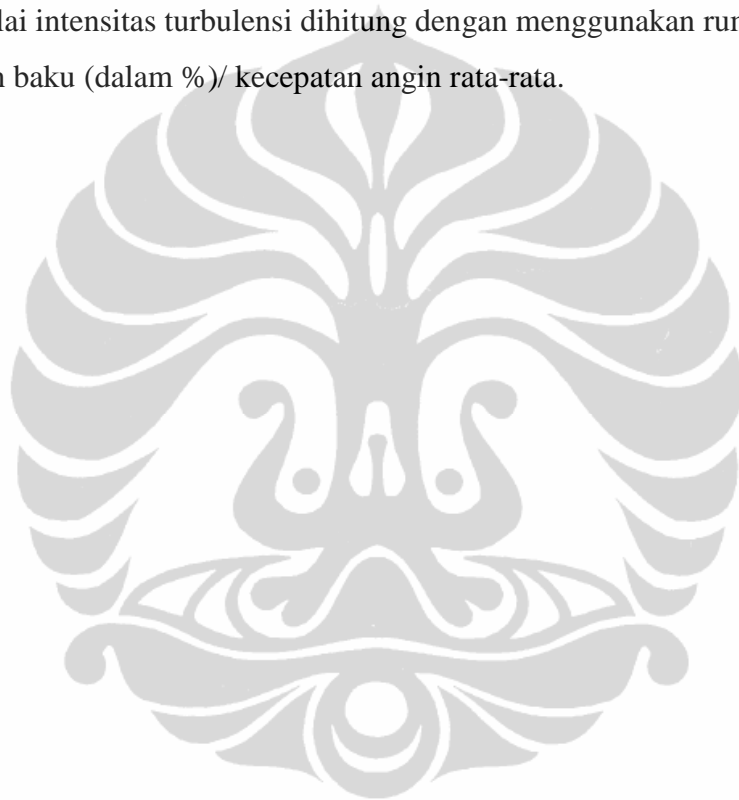


Gambar 3.25 Blok Diagram Analisa Potensi Angin dan Perhitungan Intensitas Turbulensi

Pada gambar 3.25 merupakan perhitungan untuk nilai potensi angin dan intensitas turbulensi. Rumus potensi angin yang digunakan adalah $0,2965 * D * v^3 * t$ dalam satuan kWh/m². Dimana D adalah kerapatan udara dalam satuan kg/ m³. V adalah kecepatan angin (m/s) dan t adalah waktu dalam detik.

Density udara dihitung dengan menggunakan rumus $D = P / (R * T)$. Dimana P adalah Pressure (Pa), R adalah specific gas konstan yang nilainya adalah 287, 05 dan T adalah temperature (K).

Sedangkan nilai intensitas turbulensi dihitung dengan menggunakan rumus $I = \text{simpangan baku (dalam \%)} / \text{kecepatan angin rata-rata}$.

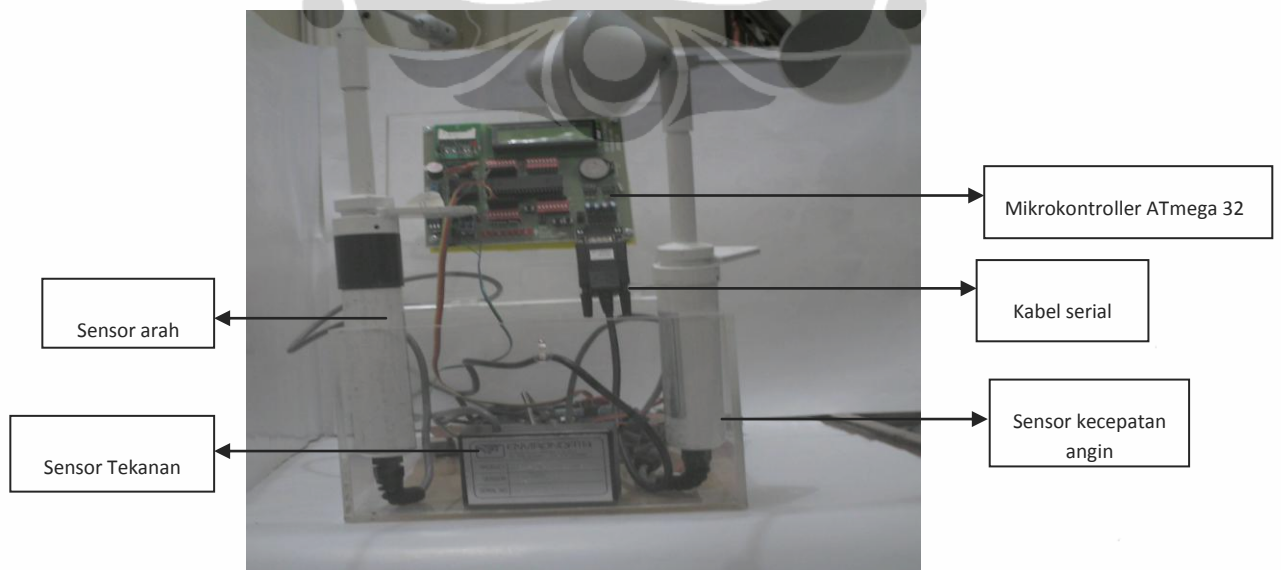


BAB 4

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Data yang akurat dan presisi sangat dibutuhkan untuk mendapatkan kualitas data sistem *Anemometer untuk Pengukuran Turbulensi dan Analisa Potensi Angin* yang bagus. Untuk itu sebelum dilakukan uji coba lapangan perlu dilakukan kalibrasi untuk mendapatkan data yang akurat dan presisi. Kalibrasi dilakukan di Laboratorium Kalibrasi Pusat Instrumentasi Rekayasa dan Kalibrasi Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika yang sudah mendapatkan sertifikat ISO/IEC: 17025 – 2005. Tujuan kalibrasi adalah untuk mencapai ketertelusuran pengukuran. Hasil pengukuran dapat dikaitkan/ditelusur sampai ke standar yang lebih tinggi/teliti (standar primer nasional dan / internasional), melalui rangkaian perbandingan yang tak terputus.

Setelah semua sensor dikalibrasi maka dilakukan pengambilan data di lapangan untuk menghitung nilai turbulensi dan analisa potensi angin. Pengambilan data dilakukan dengan memasang sensor kecepatan dan arah angin, sensor suhu serta tekanan udara pada ketinggian 15 m dari permukaan tanah. Gambar di bawah ini merupakan hasil rancangan alat beserta sensor-sensornya.



Gambar 4.1 Rancangan Mikrokontroler beserta sensor-sensornya

4.1 Pengukuran Sensor Kecepatan Angin

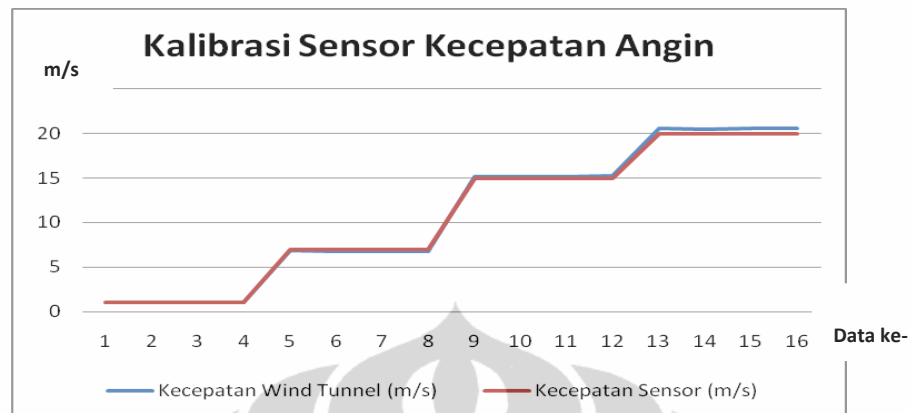
Pengukuran kecepatan angin dilakukan dengan menggunakan sensor environdata WS 31. Kalibrasi hasil pengukuran dilakukan dengan menggunakan simulator kecepatan angin *Wind Tunnel* tipe 8420 produksi dari *Theodor Friedrick & Co, German*. Ketertelusuran kalibrasi dari sensor standar adalah ke *Commonwealth Scientific and Research Organization (CSIRO), Australia*. Sensor kecepatan angin standar yang digunakan adalah *thermal anemometer* untuk kecepatan 0 – 7 m/s sedangkan untuk kecepatan 15 – 21 m/s digunakan *micromanometer* sebagai alat standar. Kalibrasi dilakukan pada suhu ruang sebesar 21.1°C, RH atau kelembaban sebesar 60% dan tekanan 1008, 2 hPa.

Berikut adalah hasil kalibrasi sensor kecepatan angin.

Tabel 4.1 Data Kecepatan Angin

No	Tipe Pengukuran	Reference	Kecepatan Wind Tunnel (m/s)	Kecepatan Sensor (m/s)	Koreksi (m/s)
1	Normal	Therm. Anemometer	0,99	1,00	0,01
2	Normal	Therm. Anemometer	0,99	1,00	0,01
3	Normal	Therm. Anemometer	0,99	1,00	0,01
4	Normal	Therm. Anemometer	0,99	1,00	0,01
5	Normal	Therm. Anemometer	6,83	7,00	0,17
6	Normal	Therm. Anemometer	6,76	7,00	0,24
7	Normal	Therm. Anemometer	6,76	7,00	0,24
8	Normal	Therm. Anemometer	6,76	7,00	0,24
9	Normal	Micromanometer	15,18	15,00	0,18
10	Normal	Micromanometer	15,17	15,00	0,17
11	Normal	Micromanometer	15,16	15,00	0,16
12	Normal	Micromanometer	15,22	15,00	0,22
13	Normal	Micromanometer	20,59	20,00	0,59
14	Normal	Micromanometer	20,51	20,00	0,51
15	Normal	Micromanometer	20,56	20,00	0,56
16	Normal	Micromanometer	20,58	20,00	0,58
					Koreksi rata-rata
					0,25

Hasil kalibrasi dalam bentuk grafik dapat dilihat pada gambar grafik 4.2 di bawah ini:

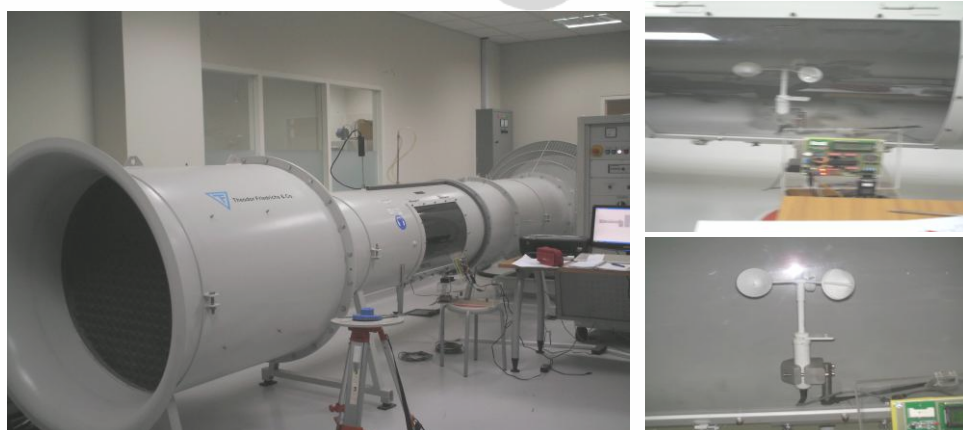


Gambar 4.2 Grafik Kalibrasi Sensor Kecepatan Angin

Dari Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa hasil pengukuran antara kecepatan wind tunnel dan kecepatan sensor adalah berimpit. Hal ini menunjukkan bahwa selisih atau koreksi antara alat standard an sensor yang diukur sangatlah kecil.

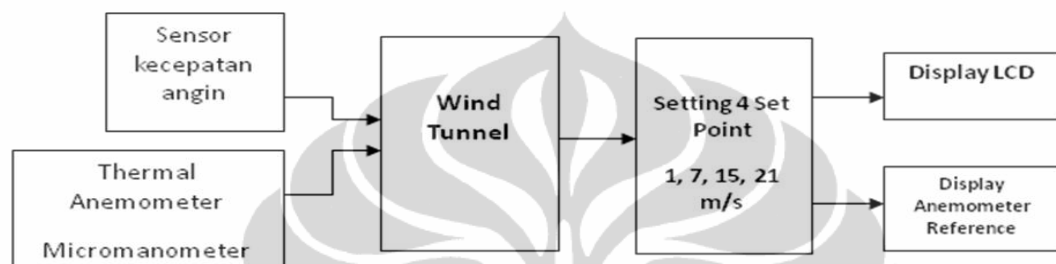
Dari hasil kalibrasi pada table 4.1 dapat dilihat bahwa data-data yang dihasilkan atau tipe pengukuran adalah normal dengan koreksi rata-rata sebesar 0.25 m/s. Hal ini membuat data pengukuran telah memenuhi batas toleransi yang diperbolehkan oleh WMO (World Meteorological Organization) yaitu sebesar ± 0.5 m/s.

Kalibrasi sensor kecepatan angin tersebut diatas menggunakan simulator kecepatan angin *Wind Tunnel* tipe 8420 produksi dari *Theodor Friedrich & Co, German* seperti tampak pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Kalibrasi Sensor Kecepatan Angin menggunakan Wind Tunnel *Theodor Friedrich & Co, German*

Proses pengujian atau kalibrasi terhadap pengukuran kecepatan angin dapat dijelaskan seperti pada gambar 4.4. Kalibrasi dilakukan dengan meletakkan sensor kecepatan angin dan sensor standar di dalam *wind tunnel*. Setelah posisi sensor stabil, *wind tunnel* ditutup rapat dan simulator *wind tunnel* dinyalakan. Dalam pengukuran, diseting 4 set point yaitu 1, 7, 15 dan 21 m/s. Setiap *set point* tercapai, maka data pengukuran dibandingkan antara pembacaan dari *wind tunnel* dan *wind speed sensor* di LCD display *Sistem Anemometer*.



Gambar 4.4 Proses Kalibrasi Sensor Kecepatan Angin

4.2 Pengukuran Sensor Arah Angin

Pengukuran sensor arah angin dilakukan dengan memutar vane sensor sebesar satu putaran penuh (360°). Sensor arah angin tersebut diputar pada beberapa sudut putaran antara lain $0/360^\circ$, 90° , 180° dan 270° . Berikut hasil putaran sensor arah angin

Tabel 4.2 Putaran Sensor disesuaikan dengan kompas

Penunjukan arah utara	0°
Penunjukan arah timur	90°
Penunjukan arah selatan	180°
Penunjukan arah barat	270°

4.3 Pengukuran Sensor Tekanan Udara

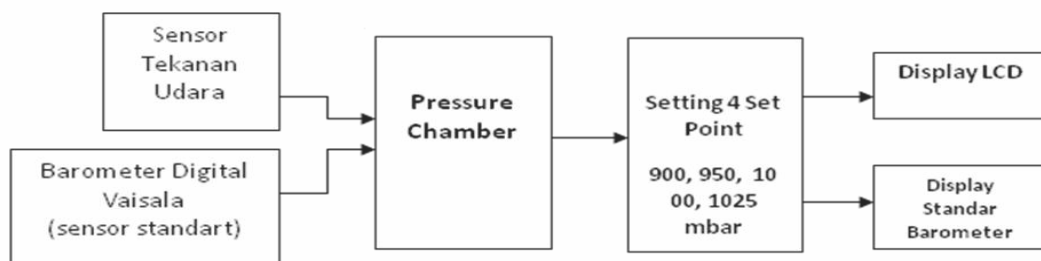
Tekanan udara disini digunakan untuk menghitung kerapatan udara dimana kerapatan udara digunakan untuk menghitung nilai potensi angin. Pengukuran tekanan udara menggunakan sensor tekanan udara Environtdata

tipe BP11. Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat dan presisi perlu dilakukan kalibrasi sensor. Kalibrasi dilakukan di laboratorium PUSINKAL BMKG dengan menggunakan simulator Pressure Chamber *Theodor Friedrich & Co, German* seperti tampak pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Kalibrasi Sensor Tekanan Udara menggunakan Pressure Chamber *Theodor Friedrich & Co, German*

Kalibrasi sensor tekanan udara menggunakan standar barometer digital vaisala dan tertelusur ke *Bureau of Meteorologie (BOM) Australia*. Proses kalibrasi dapat dilihat pada gambar 4.6 di bawah ini:



Gambar 4.6 Proses Kalibrasi Sensor Tekanan Udara

Proses kalibrasi adalah sebagai berikut sensor tekanan udara environtdata dan sensor standar (Barometer Digital Vaisala) ditempatkan di dalam Pressure

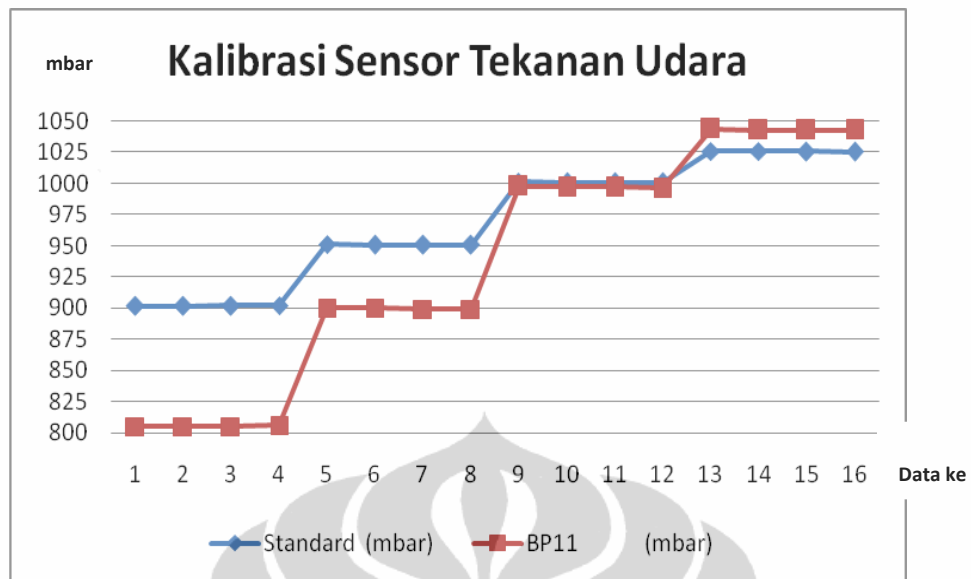
Chamber. Setelah posisi sensor stabil, lalu chamber ditutup rapat dan dilakukan kalibrasi dengan 4 set point antara lain 900, 950, 1000, 1025. Dari masing-masing set point tersebut diambil 4 data. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.3.

Kalibrasi sensor tekanan udara Environtdata BP11 dilakukan pada suhu ruang sebesar 22°C, RH atau kelembaban sebesar 60%. Set point pengukuran adalah sebesar 900, 950, 1000 dan 1025 mbar. Data-data di bawah ini adalah hasil kalibrasi sensor tekanan udara

Tabel 4.3 Data hasil Pengujian Sensor Tekanan Environtdata BP11

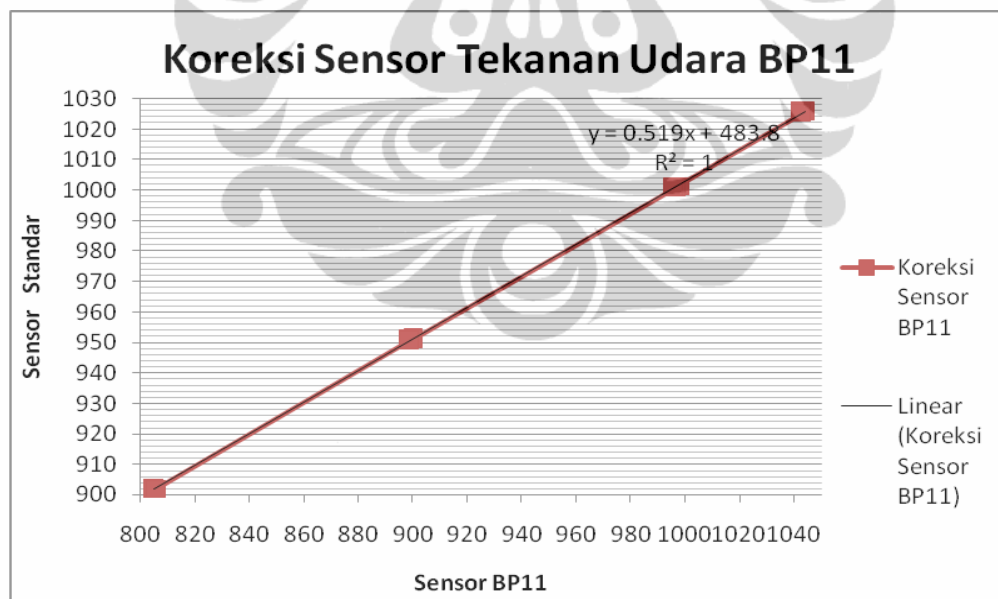
No	Set Point (mbar)	Standard (mbar)	BP11 (mbar)	Koreksi (mbar)
1	900	901.75	805	96.75
2		901.8	805	96.8
3		901.94	805	96.94
4		902.05	806	96.05
5	950	951.2	900	51.2
6		950.92	900	50.92
7		950.81	899	51.81
8		950.61	899	51.61
9	1000	1001.4	998	3.4
10		1001.06	997	4.06
11		1000.92	997	3.92
12		1000.84	996	4.84
13	1025	1025.8	1044	-18.2
14		1025.72	1043	-17.28
15		1025.69	1043	-17.31
16		1025.55	1043	-17.45

Hasil pengujian sensor tekanan udara dapat dilihat dalam bentuk grafik pada gambar 4.7 di bawah ini:



Gambar 4.7 Kalibrasi Sensor Tekanan Udara

Dari gambar 4.7 diatas diketahui ada penyimpangan yang cukup besar. Untuk itu dibuat regresi linier sensor tekanan udara BP11 terhadap sensor standar. Hasil regresi linier dapat dilihat pada gambar 4.8 dibawah ini



Gambar 4.8 Koreksi Sensor Tekanan Udara BP11

Dari hasil koreksi gambar 4.8 diatas didapatkan persamaan regresi linier

$$y = 0.519 x + 483.8.$$

Persamaan diatas dapat dituliskan

$$\text{pressure terukur} = 0.519 \text{ pressure BP11 (belum dikalibrasi)} + 483.8$$

Dari hasil perhitungan diatas *script* program

```
//Baca Sensor Barometric pada pin PB.3 atau INT2
Baca_Sensor_Barometric = Iterasi_Barometric; //Pulsa 1 detik
Baca_Sensor_Barometric -= 33;
```

Diubah menjadi:

```
//Baca Sensor Barometric pada pin PB.3 atau INT2
Baca_Sensor_Barometric = Iterasi_Barometric; //Pulsa 1 detik
Baca_Sensor_Barometric *=519;
Baca_Sensor_Barometric /=1000;
Baca_Sensor_Barometric +=483.8;
```

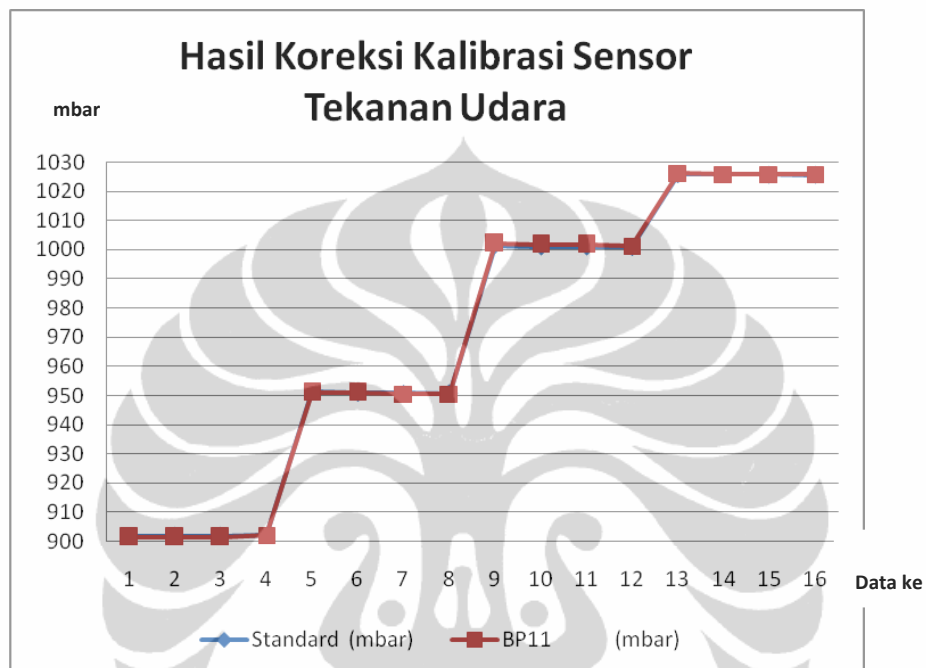
Setelah dimasukkan perhitungan kalibrasi didapatkan data-data berikut ini:

Tabel 4.4 Hasil Koreksi Kalibrasi Sensor Tekanan Udara Environtdata BP11

No	Set Point (mbar)	Standard (mbar)	BP11 (mbar)	Koreksi (mbar)
1	900	901.75	901.60	0.15
2		901.8	901.60	0.20
3		901.94	901.60	0.35
4		902.05	902.11	-0.06
5	950	951.2	950.90	0.30
6		950.92	950.90	0.02
7		950.81	950.38	0.43
8		950.61	950.38	0.23
9	1000	1001.4	1001.76	-0.36
10		1001.06	1001.24	-0.18
11		1000.92	1001.24	-0.32
12		1000.84	1000.72	0.12
13	1025	1025.8	1025.64	0.16
14		1025.72	1025.12	0.60
15		1025.69	1025.12	0.57
16		1025.55	1025.12	0.43
Koreksi Rata-rata				0.16

Dari hasil kalibrasi didapatkan nilai koreksi rata-rata sebesar 0.16 mbar, hasil pengukuran ini masih dalam batas toleransi dari WMO (World Meteorological Organization) yaitu sebesar ± 0.5 mbar.

Untuk lebih jelasnya hasil koreksi kalibrasi sensor tekanan udara dapat dilihat pada gambar grafik di bawah ini



Gambar 4.9 Hasil Koreksi Kalibrasi Sensor Tekanan Udara

Dari gambar 4.8 dapat dilihat bahwa nilai pengukuran sensor standar dan sensor Environtdata BP11 sangat berimpit. Hal ini menunjukkan bahwa simpangan sensor tekanan udara Environtdata BP11 sangatlah kecil atau sebesar 0.16 mbar, nilai ini masih dalam batas toleransi yang diperbolehkan oleh WMO yaitu sebesar ± 0.5 mbar.

4.4 Pengukuran Temperatur Udara

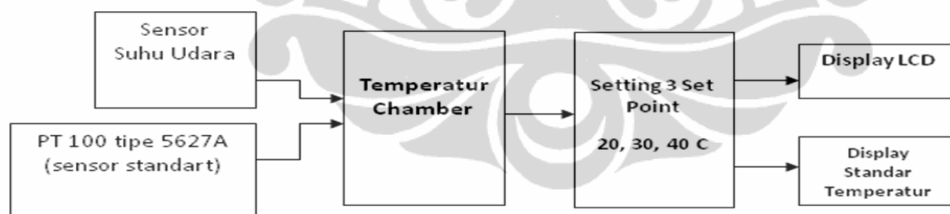
Pengukuran sensor suhu dilakukan dengan sensor LM35. Untuk mengetahui keakuratan dari sensor yang digunakan maka dilakukan kalibrasi di Laboratorium Pusinkal BMKG. Dalam proses kalibrasi digunakan temperature chamber *Theodor Friedrick & Co, German* dengan sensor temperatur *standard* yang digunakan sebagai pembanding adalah tipe PT-100 model 5627A dari Fluks,

dengan ketelusuran kalibrasi ke *Bureau of Meteorology*, Australia. Penempatan sensor suhu pada temperatur chamber dapat dilihat pada gambar 4.10 berikut ini:



Gambar 4.10 Temperatur Chamber *Theodor Friedrich & Co, German*

Proses pengujian atau kalibrasi dapat dilihat pada gambar 4.11 di bawah ini:



Gambar 4.11 Proses pengujian atau Kalibrasi Sensor Temperatur Udara

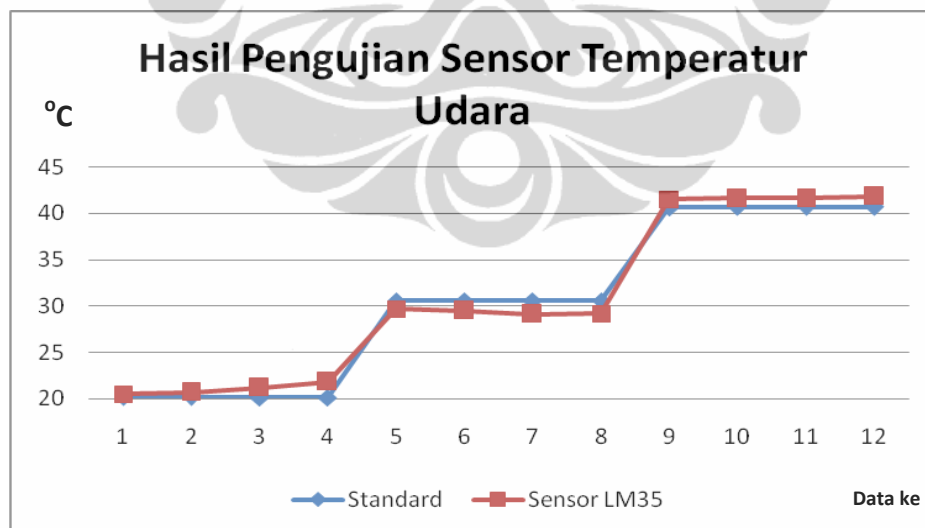
Pada gambar 4. 11, alat yang akan diuji dan sensor standar ditempatkan dalam *Thermometer Chamber*. Setelah posisi alat stabil maka *Thermometer Chambers* ditutup rapat dan dilakukan simulasi suhu dengan mengambil 3 buah *set point*, yaitu: suhu 20⁰C, 30⁰C dan 40⁰C lalu hasil pembacaan dibaca pada display LCD dan display standar temperature. Masing-masing *set point* dilakukan 4 kali pembacaan dengan data hasil seperti pada tabel 4.5

Data-data pengukuran temperatur adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5 Data Pengukuran Temperatur Udara

No	Set Point (°C)	Standar (°C)	Sensor LM35 (°C)	Koreksi (°C)	Rata-rata (°C)
1	20	20.16	20.5	0.34	0.91
2		20.15	20.7	0.55	
3		20.14	21.2	1.06	
4		20.11	21.8	1.69	
5	30	30.57	29.7	-0.87	-1.19
6		30.56	29.5	-1.06	
7		30.56	29.1	-1.46	
8		30.55	29.2	-1.35	
9	40	40.65	41.5	0.85	0.95
10		40.67	41.6	0.93	
11		40.68	41.6	0.92	
12		40.71	41.8	1.09	
Koreksi Rata-rata					1.02

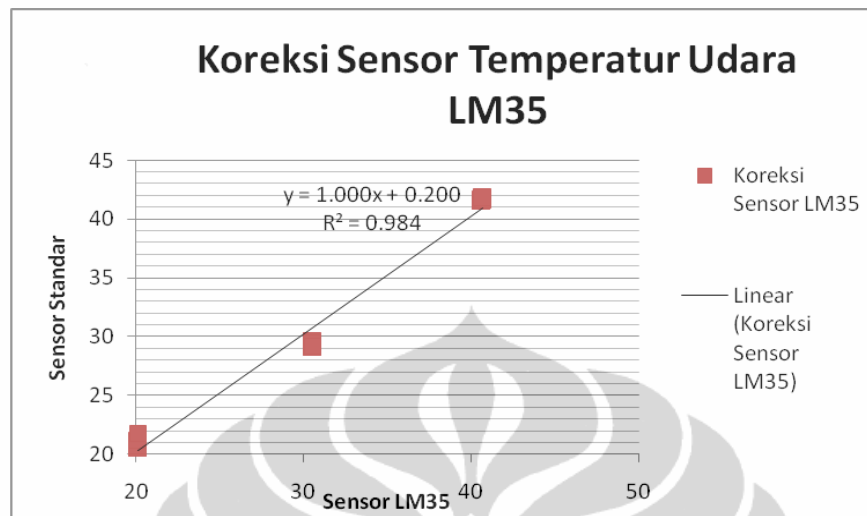
Data-data pengukuran dalam bentuk grafik dapat dilihat pada gambar 4.12



Gambar 4.12 Hasil Pengujian Sensor Temperatur Udara

Dari data-data diatas didapat penyimpangan rata – rata sebesar 1.02°C . Hasil ini melebihi dari toleransi yang diperbolehkan oleh WMO yaitu sebesar $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$. Untuk meminimalkan nilai koreksi dibuat persamaan regerasi linier sensor temperatur

LM 35 terhadap sensor standar. Grafik regresi linier atau koreksi sensor temperatur udara LM 35 dapat dilihat pada gambar 4.13 di bawah ini



Gambar 4.13 Koreksi Sensor Temperatur Udara

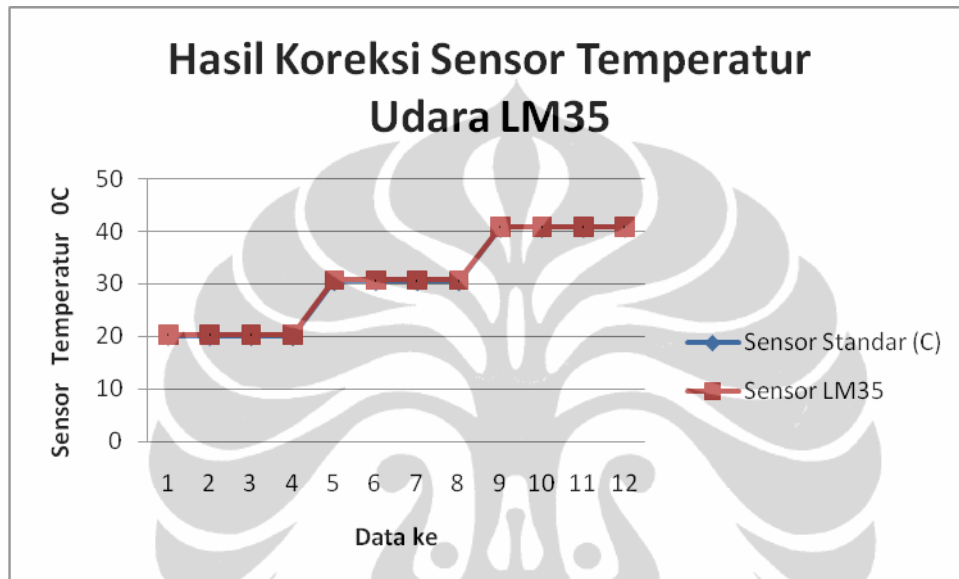
Dari gambar koreksi sensor temperatur udara diatas didapat persamaan $y = 1x + 0.2$. Masukkan nilai persamaan diatas ke dalam tabel koreksi sensor temperatur udara. Tabel hasil koreksi dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini

Tabel 4.6 Hasil Koreksi Sensor Temperatur Udara

No	Set Point (°C)	Standar (°C)	Sensor LM35 (°C)	Koreksi (°C)	Rata-rata (°C)
1	20	20.16	20.36	-0.2	-0.2
2		20.15	20.35	-0.2	
3		20.14	20.34	-0.2	
4		20.11	20.31	-0.2	
5	30	30.57	30.77	-0.2	-0.2
6		30.56	30.76	-0.2	
7		30.56	30.76	-0.2	
8		30.55	30.75	-0.2	
9	40	40.65	40.85	-0.2	-0.2
10		40.67	40.87	-0.2	
11		40.68	40.88	-0.2	
12		40.71	40.91	-0.2	
Koreksi Rata-rata					0.2

Dari hasil kalibrasi didapatkan nilai koreksi rata-rata sebesar 0.2°C , hasil pengukuran ini masih dalam batas toleransi dari WMO (World Meteorological Organization) yaitu sebesar $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$

Untuk lebih jelasnya hasil koreksi kalibrasi sensor temperatur udara dapat dilihat pada gambar grafik di bawah ini



Gambar 4.14 Hasil Koreksi Kalibrasi Sensor Temperatur Udara LM35

Dari gambar 4.14 dapat dilihat bahwa nilai pengukuran sensor standar dan sensor Temperatur LM35 sangat berimpit. Hal ini menunjukkan bahwa simpangan sensor temperatur udara LM35 sangatlah kecil atau sebesar 0.2°C , nilai ini masih dalam batas toleransi yang diperbolehkan oleh WMO yaitu sebesar $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$.

Selain itu hasil pengukuran sensor temperatur udara yang tidak stabil dan kurang akurat dapat juga disebabkan faktor skala dari sensor temperatur $10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ yang artinya bahwa tiap kenaikan suhu 1°C maka akan terjadi kenaikan tegangan sebesar 10 mV . Jika kita asumsikan suhu maksimum lingkungan adalah 40°C maka akan terjadi kenaikan tegangan sebesar 400 mV atau 0.4 V , sedangkan tegangan sumber dari mikrokontroler adalah sebesar 5 VDC . Hal ini yang membuat hasil pengukuran sensor tidak akurat, sehingga diperlukan amplifier untuk menaikkan tegangan sensor.

4.5 Perhitungan Intensitas Turbulensi dan Analisa Potensi Angin

Data-data untuk analisa potensi angin dan intensitas turbulensi diambil di daerah kemanggisan, Jakarta Barat pada ketinggian 15 meter selama ± 3 hari.

Perhitungan analisa potensi angin adalah sebagai berikut:

$$Em = 0.2965 * D * v^3 * t$$

Dimana $D = \text{kerapatan udara } \text{kg/m}^3$

$v = \text{kecepatan angin (m/s)}$

$t = \text{waktu (detik)}$

Kerapatan udara atau D dapat dihitung dengan rumus:

$$D = P / R.T$$

Dimana $P = \text{Pressure, (Pa)}$

$$Pa = (\text{mbar} * 100)$$

$R = \text{specific gas konstan (J/kg.K)}$

$$= 287.05$$

$T = \text{Temperatur (K)}$

$$K = ^\circ\text{C} + 273$$

Sedangkan intensitas turbulensi dapat dihitung dengan menggunakan rumus

$$\text{Intensitas Turbulen(\%)} = \frac{\text{simpangan baku(\%)}}{\bar{V} \text{ rata-rata}}$$

Simpangan baku dinyatakan dengan rumus:

$$s_u = \sqrt{\frac{\sum (u_i - \bar{H})^2}{n(n-1)}}$$

Sedangkan kecepatan rata-rata dapat diuraikan menjadi

$$u = H \cos \alpha \text{ pada sumbu X}$$

$$v = H \sin \alpha \text{ pada sumbu Y}$$

Dimana α adalah sudut datang aliran

Contoh perhitungan pengukuran turbulensi adalah sebagai berikut:

Diasumsikan ada lima data sebagai berikut

Date	Time	Speed (m/s)	Direction(deg)
6/10/2012	12:36:17 PM	2	51
6/10/2012	12:36:32 PM	2	58
6/10/2012	12:36:48 PM	3	60
6/10/2012	12:37:03 PM	1	53
6/10/2012	12:37:18 PM	1	25

Dari data diatas dapat dilihat bahwa arah $51^\circ - 62^\circ$ berada pada sumbu x, sedangkan arah 25° pada sumbu y. Data-data kecepatan dan arah angin dapat diuraikan sebagai berikut:

$$v_1 = 2 \cos 51 = 1.26 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 2 \cos 58 = 1.06 \text{ m/s}$$

$$v_3 = 3 \cos 60 = 1.5 \text{ m/s}$$

$$v_4 = 1 \cos 53 = 0.6 \text{ m/s}$$

$$v_5 = 1 \sin 25 = 0.42 \text{ m/s}$$

Sedangkan kecepatan angin rata-rata adalah : $(2+2+3+1+1)/5 = 1.8 \text{ m/s}$

Tingkat fluktuasi aliran turbulen dinyatakan dengan simpangan baku sebagai

berikut:

$$\sqrt{\frac{\sum (2 - 1.8)^2 + (2-1.8)^2 + (3 - 1.8)^2 + (1-1.8)^2 + (1-1.8)^2}{5 (5-1)}}$$

$$= \sqrt{\frac{0.04 + 0.04 + 1.44 + 0.64 + 0.64}{20}}$$

$$= \sqrt{\frac{2.8}{20}} = \sqrt{0.14} = 0.37$$

Simpangan baku dalam persen (%) = $0.37 \times 100 \%$

$$= 37 \%$$

Nilai – nilai tersebut dimasukkan dalam rumus di bawah ini

$$\begin{aligned} \text{Intensitas Turbulen}(\%) &= \frac{\text{simpangan baku}(\%)}{V \text{ rata-rata}} \\ &= 37 / 1.8 \\ &= \mathbf{20.5 \%} \end{aligned}$$

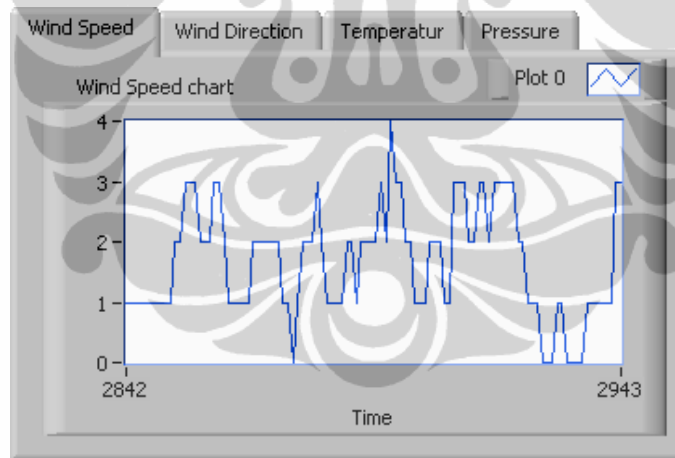
Data-data dibawah ini adalah data-data kecepatan angin arah angin, suhu dan tekanan udara serta hasil perhitungan analisa potensi angin dan turbulensi yang diolah dengan program LabView:

Tabel 4.7 Contoh Data Kecepatan, Arah, Suhu, Tekanan, Turbulensi dan Potensi Angin yang diolah dengan LabView

Date	Time	Speed (m/s)	Direction (deg)	Suhu (degC K)	Pressure (mbar Pa)	Turbulensi (%)	Potensi Angin (kWh/m ²)
6/10/2012	12:36:17 PM	1	51	35 308	1007.69 100769	55.901699	4.148298
6/10/2012	12:36:32 PM	1	58	35 308	1007.69 100769	39.12304	2.779036
6/10/2012	12:36:48 PM	2	60	35 308	1007.69 100769	39.12304	2.779036
6/10/2012	12:37:03 PM	1	53	35 308	1007.69 100769	24.8452	5.906464
6/10/2012	12:37:18 PM	1	25	34 307	1007.69 100769	0	1.01436
6/10/2012	12:37:33 PM	1	62	34 307	1007.69 100769	55.901699	0.519352
6/10/2012	12:37:48 PM	1	14	34 307	1007.69 100769	37.2678	1.752814
6/10/2012	12:38:03 PM	0	45	34 307	1007.69 100769	223.606798	0.008115
6/10/2012	12:38:48 PM	0	52	34 307	1007.17 100717.5	223.606798	0.008111
6/10/2012	12:39:03 PM	0	33	34 307	1007.69 100769	223.606798	0.008115
6/10/2012	12:39:18 PM	1	89	34 307	1007.69 100769	91.287093	0.219447
6/10/2012	12:39:33 PM	1	114	34 307	1007.69 100769	0	1.015957
6/10/2012	12:39:48 PM	1	65	34 307	1007.17 100717.5	0	1.015438
6/10/2012	12:40:03 PM	1	30	34 307	1007.17 100717.5	0	1.015438
6/10/2012	12:40:18 PM	1	11	34 307	1007.17 100717.5	0	1.015438
6/10/2012	12:40:33 PM	0	41	34 307	1007.69 100769	55.901699	0.52017

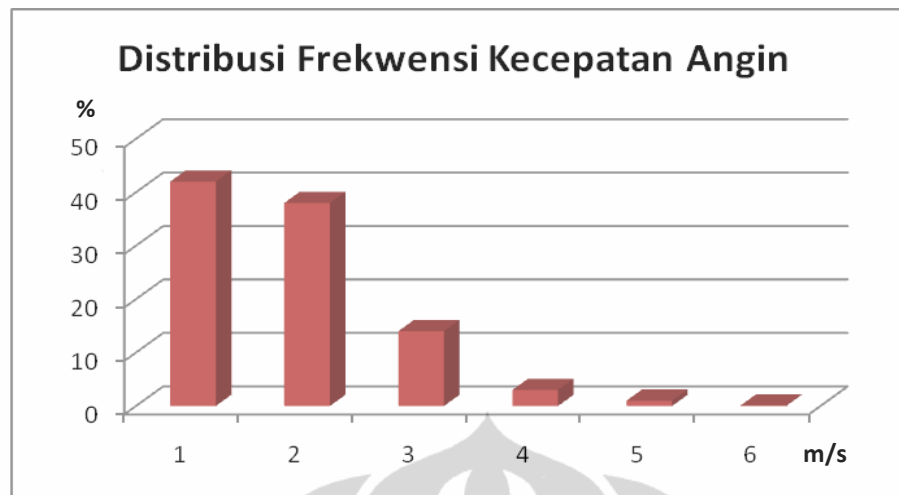
6/10/2012	12:41:03 PM	3	63	34 307	1007.69 100769	70.710678	8.127655
6/10/2012	12:41:18 PM	2	19	33 306	1007.69 100769	35.355339	8.140471
6/10/2012	12:41:33 PM	1	36	33 306	1007.17 100717.5	24.8452	5.93137
6/10/2012	12:41:48 PM	1	69	33 306	1007.69 100769	37.2678	1.758342
6/10/2012	12:42:03 PM	1	49	33 306	1007.17 100717.5	0	1.017039
6/10/2012	12:42:18 PM	1	63	33 306	1007.17 100717.5	0	1.017039
6/10/2012	12:42:33 PM	1	61	33 306	1007.69 100769	39.12304	2.792182
6/10/2012	12:42:48 PM	1	75	33 306	1007.69 100769	55.901699	0.52099
6/10/2012	12:43:03 PM	1	51	33 306	1007.69 100769	39.12304	2.792182
6/10/2012	12:43:18 PM	2	72	33 306	1007.69 100769	24.8452	5.943775
6/10/2012	12:43:33 PM	1	75	33 306	1007.17 100717.5	24.8452	5.940738
6/10/2012	12:43:48 PM	1	51	33 306	1007.17 100717.5	34.23266	4.17237

Sedangkan Kecepatan Angin secara instan yang terekam pada tampilan LabView dapat dilihat pada wind speed chart gambar 4.15 di bawah ini



Gambar 4.15 Kecepatan Angin yang Terekam pada tampilan LabView

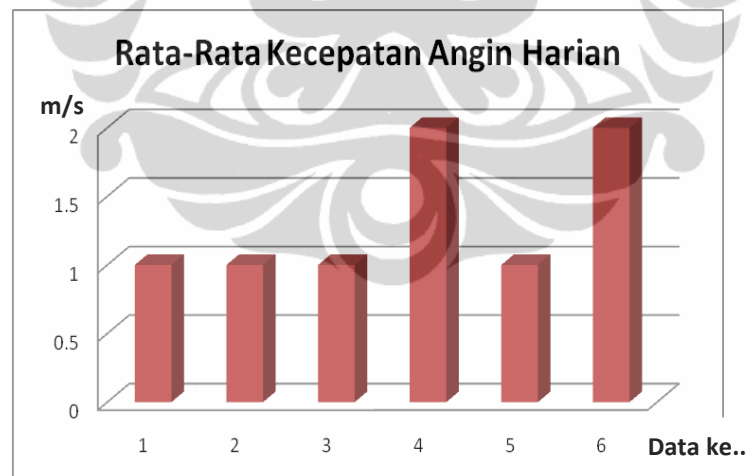
Pada gambar diatas dapat dilihat kecepatan angin yang terekam berkisar antara 0 m/s atau calm hingga 4 m/s. Untuk lebih lengkapnya prosentase kecepatan angin yang dihasilkan dapat dilihat pada histogram distribusi frekwensi angin pada gambar 4.16 di bawah ini.



Gambar 4.16 Distribusi Frekwensi Kecepatan Angin

Dari histogram diatas dapat diketahui bahwa kecepatan angin 1 m/s mempunyai frekwensi tertinggi, atau kecepatan angin yang sering muncul yaitu 42%. Setelah itu kecepatan angin 2m/s sebesar 38%. Dan kecepatan angin 3m/s, 4m/s, 5m/s dan 6 m/s yang masing-masing besarnya adalah 14%, 3%, 1% dan 0,1 %.

Untuk histogram kecepatan angin harian dapat dilihat pada gambar 4.17



Gambar 4.17 Rata-Rata Kecepatan Angin Harian

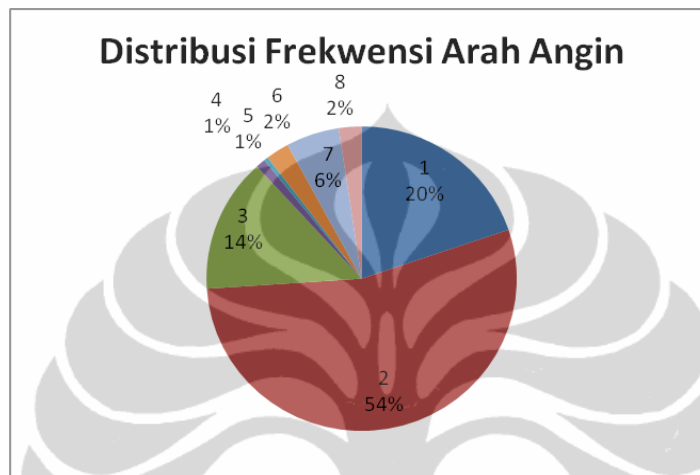
Keterangan sumbu x pada gambar 4.17

1. Pengambilan data tanggal 09 Juni siang
2. Pengambilan data tanggal 09 Juni malam
3. Pengambilan data tanggal 10 Juni siang
4. Pengambilan data tanggal 10 Juni malam

5. Pengambilan data tanggal 11 Juni siang
6. Pengambilan data tanggal 11 Juni malam

Dari histogram diatas dapat disimpulkan bahwa kecepatan angin rata-rata terbesar terjadi pada malam hari.

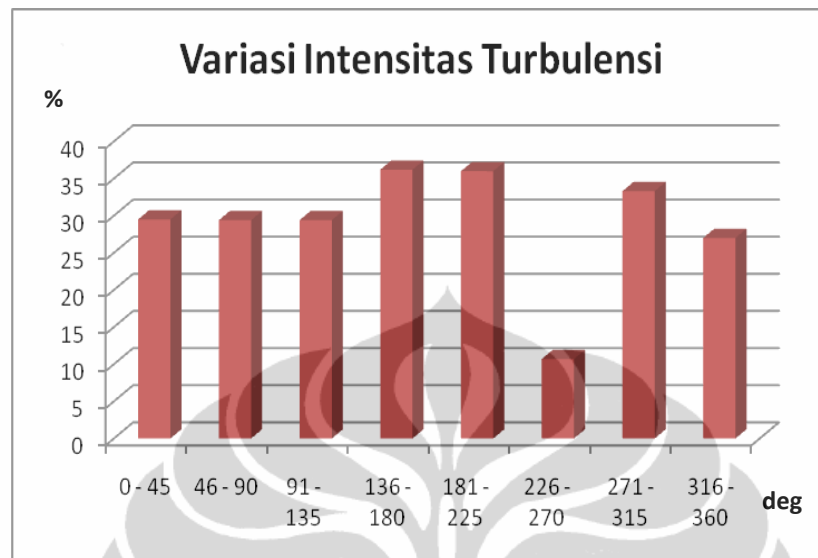
Untuk distribusi frekwensi arah angin ditunjukkan pada gambar 4.18 di bawah ini:



Gambar 4.18 Distribusi Frekwensi Arah Angin

Pada chart diatas dapat dijelaskan bahwa terdapat 8 (delapan) arah mata angin. Angka 1 menunjukkan arah $0^{\circ} - 45^{\circ}$ atau arah Utara - Timur Laut sebesar 20%. Angka 2 menunjukkan arah $46^{\circ} - 90^{\circ}$ atau arah Timur Laut – Timur sebesar 54%. Angka 3 menunjukkan arah $91^{\circ} - 135^{\circ}$ atau arah Timur - Tenggara sebesar 14%. Angka 4 menunjukkan arah $136^{\circ} - 180^{\circ}$ atau arah Tenggara–Selatan sebesar 4%. Angka 5 menunjukkan arah $181^{\circ} - 225^{\circ}$ arah Selatan - Barat Daya sebesar 1 %. Angka 6 menunjukkan arah $226^{\circ} - 270^{\circ}$ atau arah Barat Daya-Barat sebesar 2 %. Angka 7 menunjukkan arah $271^{\circ} - 315^{\circ}$ atau arah Barat – Barat Laut sebesar 6 %. Angka 8 menunjukkan arah $316^{\circ} - 360^{\circ}$ atau arah Barat Laut - Utara sebesar 2%. Dari data-data diatas dapat disimpulkan bahwa arah angin terbesar adalah pada arah $45^{\circ} - 90^{\circ}$ atau arah Timur Laut – Timur sebesar 54%. Hal ini menunjukkan bahwa pada daerah pengambilan data arah angin dominan adalah arah Timur Laut – Timur

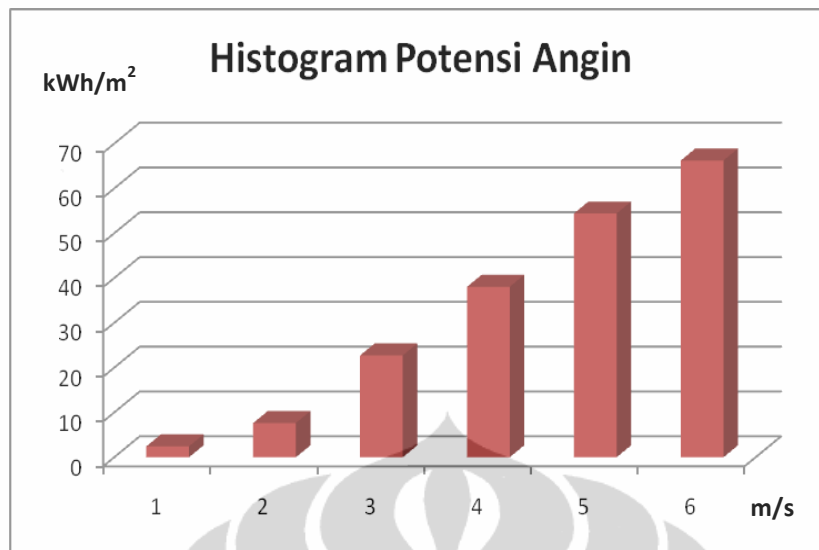
Sedangkan variasi intensitas turbulensi dapat dilihat pada gambar 4.19 di bawah ini



Gambar 4.19 Variasi Intensitas Turbulensi

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa intensitas turbulensi terbesar adalah pada arah $136^{\circ} - 180^{\circ}$ atau arah Tenggara Selatan yaitu sebesar 36.26%. Kemudian arah $181^{\circ} - 225^{\circ}$ atau Selatan – Barat Daya, diikuti $270^{\circ} - 315^{\circ}$ atau Barat – Barat Laut dan arah $0^{\circ} - 45^{\circ}$ atau Utara - Timur Laut dengan nilai intensitas turbulensi masing-masing sebesar 35.98%, 33.3% dan 29.54% . Sedangkan nilai intensitas turbulensi terendah adalah pada arah $225^{\circ} - 270^{\circ}$ atau Barat Daya – Barat sebesar 10.7 %

Dari data-data yang didapatkan dibuat pula histogram nilai potensi angin yang ditunjukkan pada gambar 4.20



Gambar 4.20 Histogram Potensi Angin

Dari histogram diatas diatas dapat diketahui bahwa semakin besar kecepatan angin maka semakin besar pula potensi anginnya. Pada pengambilan data yang telah dilakukan besar kecepatan angin maksimal adalah sebesar 6 m/s dan potensi anginnya adalah sebesar 66.23 kWh/m²

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian kalibrasi, *Sistem Anemometer Berbasis Mikrokontroller untuk Perhitungan Turbulensi dan Analisa Potensi Angin* dapat disimpulkan bahwa

1. *Alat Anemometer Berbasis Mikrokontroller ATmega 32* berhasil dibuat dengan baik. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengujian *Anemometer Berbasis Mikrokontroller ATmega 32* yang dilakukan di Laboratorium Kalibrasi Pusat Instrumentasi Rekayasa dan Kalibrasi BMKG, didapat hasil yang cukup baik sebagai berikut:
 - Pengukuran kecepatan angin dengan sensor *Environtdata WS31* di dapat penyimpangan pengukuran sebesar 0.25 m/s
 - Pengukuran arah angin dengan sensor *Environtdata WD32* di dapat hasil yang sama dengan arah kompas.
 - Pengukuran tekanan udara dengan sensor *Environtdata BP11* di dapat penyimpangan pengukuran sebesar 0.16 mbar
 - Pengukuran temperatur udara dengan sensor *LM 35* di dapat penyimpangan pengukuran sebesar 0.2^oC.
- 2 . *Alat ukur kecepatan dan arah angin* berhasil dibuat sesuai dengan kebutuhan analisa potensi angin dan pengukuran turbulensinya yang dihitung dengan program *LabView*. Data- data pengukuran analisa potensi angin dan perhitungan turbulensi adalah sebagai berikut:
 - Frekwensi kecepatan angin yang terbesar di daerah pengambilan data adalah sebesar 1 m/s
 - Frekwensi arah angin terbesar adalah pada arah 46^o – 90^o atau timur laut – timur sebesar 54%
 - Semakin tinggi nilai kecepatan angin maka semakin besar nilai potensi anginnya.

5.2 Saran

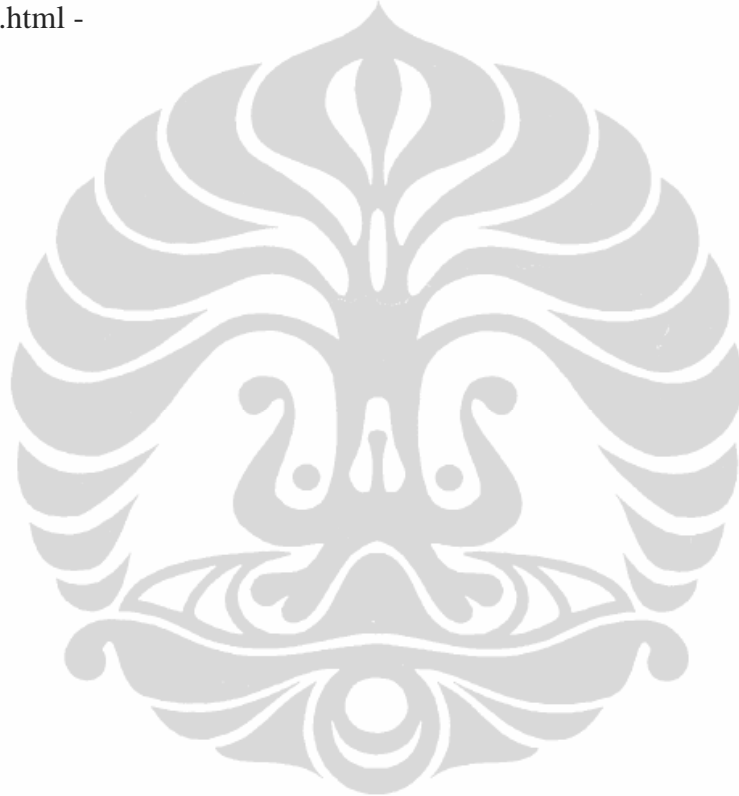
Penelitian “ Perancangan Anemometer Berbasis Mikrokontroler ATmega untuk Pengukuran Turbulensi dan Analisa Potensi Angin” dibuat dalam waktu yang singkat dan biaya yang sangat terbatas. Untuk itu masih ditemukan kekurangan-kekurangan dalam penelitian ini diantaranya:

1. Sensor temperatur yang digunakan dengan menggunakan tegangan referensi / tegangan sumber 5V sedangkan tegangan maksimal yang terpakai adalah 0,4 Volt. Hal ini membuat sensor temperatur tidak stabil dan kurang akurat. Untuk pengembangan penelitian ke depan diperlukan amplifier untuk menaikkan tegangan sensor dan diperlukan sensor temperatur dengan akurasi yang lebih tinggi.
2. Untuk mendapatkan nilai potensi angin yang optimal, pengukuran harus dilakukan pada beberapa ketinggian antara lain 10m, 20m dan 30m dan harus dipilih daerah yang jauh dari gedung bertingkat.
3. Pengambilan data untuk perhitungan turbulensi dan analisa potensi angin harus dilakukan dalam jangka waktu yang cukup lama minimal selama 6 bulan, agar didapatkan nilai perhitungan dan kesimpulan yang lebih akurat.

DAFTAR REFERENSI

- M. Ary Heryanto, ST & Ir. Wisnu Adi P, *Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATMEGA 8535*.
- Barnett, Cox and O’Cull, *Embedded C Programming and The Atmel AVR*. 2nd edition
- Syahban Rangkuti, *Mikrokontroler ATM AVR. Simulasi dan Praktek menggunakan ISIS Proteus dan CodeVisionAVR*.
- World Meteorological Organization. (2008). *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation* (7th ed.). Geneva, Switzerland: Author.
- National Instruments, *Introduction in Labview 8 in 6 hours*.
- L.K. Well and J. Travis, *LabVIEW for Everyone: Graphical Programming Made Even Easier, 2nd Edition*. Prentice Hall, NJ, 1997
- J.G. Webster (Ed), *Medical Instrumentation: Application and Design, 3rd ed*, John Wiley & Sons, NY, 1998
- J. Travis & J. Kring, *LabVIEW for Everyone: Graphical Programming Made Easy and Fun, 3rd Edition*, Prentice-Hall, NJ, 2006
- J.Y. Beyon, *LabVIEW Programming, Data Acquisition and Analysis*, Prentice-Hall, NJ, 2001
- Edvin Aldrian, Mimin Karmini, Budiman, *Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia*.
- “Iklim Semakin tidak menentu”. *Dari Pemanasan Global menuju Perubahan Iklim*. ICCTF – BMKG.
- “Angin” Wikipedia, Ensiklopedia Bebas.
- Fariduzzaman, “*Sistem Akuisisi dan Pengolahan Data Aliran Turbulen dengan Ultrasonik Velosimeter*”.
- Y. Daryanto. *Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu*

- Ioannis Fyrippis, Petros J.Axaopoulos, Gregoris Panayiotou, “ *Analysis of Wind Potential and Energi Production in Naxos Island, Greece*”.
- Youm, J.Sarr, M.Sall, A.Ndiaye and`M.M. Kane, *Analysis of Wind Data and Wind Energy Potential Along The Nortern Coast of Senegal*.
- Soeripno MS, Malik Ibrochim, *Analisa Potensi Energi Angin dan Estimasi Energi Output Turbin Angin di Lebak Banten*.
- www.windlab.com
- http://www.engineeringtoolbox.com/air-temperature-pressure-density-d_771.html -



/*****

This program was produced by the
CodeWizardAVR V2.05.0 Evaluation
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2010 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
<http://www.hpinfotech.com>

Project : Tesis Perancangan Anemometer
Version : 1.1
Date : 02/05/2012
Author : Rachma Wardani
Company : BMKG-UI
Comments:

Chip type : ATmega32
Program type : Application
AVR Core Clock frequency: 11,059200 MHz
Memory model : Small
External RAM size : 0
Data Stack size : 512
*****/

```
#include <mega32.h>  
#include <stdlib.h>  
#include <delay.h>
```

```
// Standard Input/Output functions  
#include <stdio.h>
```

```
// Alphanumeric LCD Module functions  
#include <alcd.h>
```

```
// Declare your global variables here  
unsigned int Iterasi_Timer2=0;  
unsigned int Iterasi_Barometric=0;  
unsigned int Baca_Sensor_WindSpeed=0; // Nilai pembacaan Kecepatan Angin  
int Baca_Sensor_WindDirection=0; // Nilai pembacaan Arah Angin  
unsigned int Baca_Sensor_Barometric=0; // Nilai pembacaan Tekanan Udara  
unsigned int Baca_Sensor_Temperature=0; // Nilai pembacaan Suhu Udara  
float Suhu;  
char buf_1[16]; // Variabel untuk tampilan LCD 16x2  
char buf_2[16]; // Variabel untuk tampilan LCD 16x2  
char buf_3[16]; // Variabel untuk tampilan LCD 16x2  
char buf_4[16]; // Variabel untuk tampilan LCD 16x2
```

```
#define ADC_VREF_TYPE 0x40
```

```
// Read the AD conversion result  
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)  
{
```



```

ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
// Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
delay_us(10);
// Start the AD conversion
ADCSRA|=0x40;
// Wait for the AD conversion to complete
while ((ADCSRA & 0x10)==0);
ADCSRA|=0x10;
return ADCW;
}

```

```

// External Interrupt 2 service routine
interrupt [EXT_INT2] void ext_int2_isr(void)
{
// Place your code here
++Iterasi_Barometric; // Mencacah Timer 2 overflow interrupt
}

```

```

// Timer2 overflow interrupt service routine
interrupt [TIM2_OVF] void timer2_ovf_isr(void)
{
// Reinitialize Timer2 value
TCNT2=0x10;
// Place your code here
++Iterasi_Timer2; // Mencacah Timer 2 overflow interrupt
}

```

```

//Jika telah satu detik masuk loop di bawah ini
if (Iterasi_Timer2 >= 45)
{
//Baca Sensor WindSpeed pada pin PB.0 atau T0
Baca_Sensor_WindSpeed = TCNT0;

//Baca Sensor WindDirection pada pin PB.1 atau T1
Baca_Sensor_WindDirection = TCNT1; // Pulsa 1 detik
//Baca_Sensor_WindDirection *= 4 ; // Konversi Pulsa 1 detik ke derajat (1 Hz = 4
derajat)
}

```

```

//Baca Sensor Barometric pada pin PB.3 atau INT2
Baca_Sensor_Barometric = Iterasi_Barometric; //Pulsa 1 detik
Baca_Sensor_Barometric *= 519; //Kalibrasi
Baca_Sensor_Barometric /= 1000; //Kalibrasi
Baca_Sensor_Barometric += 483.8; //Kalibrasi

```

```

//Baca Sensor Temperature pada pin PA.1 atau ADC1
Baca_Sensor_Temperature = read_adc(0);
Baca_Sensor_Temperature *= 500;
Baca_Sensor_Temperature /=1023;

```

```

// Tampilkan nilai Kecepatan Angin (m/s) ke LCD
sprintf(buf_1, "S:%2d", Baca_Sensor_WindSpeed);
lcd_gotoxy(8,1);
lcd_puts(buf_1);

// Tampilkan nilai WindDirection (derajat) ke LCD
sprintf(buf_2, "D:%3d", Baca_Sensor_WindDirection);
lcd_gotoxy(8,0);
lcd_puts(buf_2);

// Tampilkan nilai Barometric (mBar) ke LCD
sprintf(buf_3, "B:%4d", Baca_Sensor_Barometric);
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_puts(buf_3);

// Tampilkan nilai Temperature (derajat Celcius) ke LCD
//sprintf(buf_4, "T:%4d", Baca_Sensor_Temperature);
sprintf(buf_4, "T:%4d", buf_4);
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_puts(buf_4);

//Kirim data potensi angin melalui USART
printf("%d, %d, %d, %d",Baca_Sensor_WindSpeed,Baca_Sensor_WindDirection,
Baca_Sensor_Barometric, buf_4);

Iterasi_Timer2 = 0; // Nilai Iterasi_Timer2 di-nol-kan kembali
TCNT0 = 0; // Nilai TCNT0 di-nol-kan kembali
TCNT1 = 0; // Nilai TCNT1 di-nol-kan kembali
Iterasi_Barometric = 0; // Nilai Iterasi_Barometric di-nol-kan kembali
Baca_Sensor_Temperature = 0; // Nilai Temperature di-nol-kan kembali
}
}

void main(void)
{
// Declare your local variables here

// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=P State6=P State5=P State4=P State3=P State2=P State1=P State0=P
PORTA=0xFF;
DDRA=0x00;

// Port B initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=P State1=P State0=P
PORTB=0x07;
DDRB=0x00;

```

```

// Port C initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTC=0x00;
DDRC=0x00;

// Port D initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTD=0x00;
DDRD=0x00;

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: T0 pin Falling Edge
// Mode: Normal top=0xFF
// OC0 output: Disconnected
TCCR0=0x06;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;

// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: T1 pin Falling Edge
// Mode: Normal top=0xFFFF
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x06;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 10,800 kHz
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x07;

```

```

TCNT2=0x10;
OCR2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: On
// INT2 Mode: Falling Edge
GICR|=0x20;
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;
GIFR=0x20;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x40;

// USART initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART Receiver: On
// USART Transmitter: On
// USART Mode: Asynchronous
// USART Baud Rate: 9600
UCSRA=0x00;
UCSRB=0x18;
UCSRC=0x86;
UBRRH=0x00;
UBRRL=0x47;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 172,800 kHz
// ADC Voltage Reference: AVCC pin
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x86;

// SPI initialization
// SPI disabled
SPCR=0x00;

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=0x00;

// Alphanumeric LCD initialization
// Connections specified in the

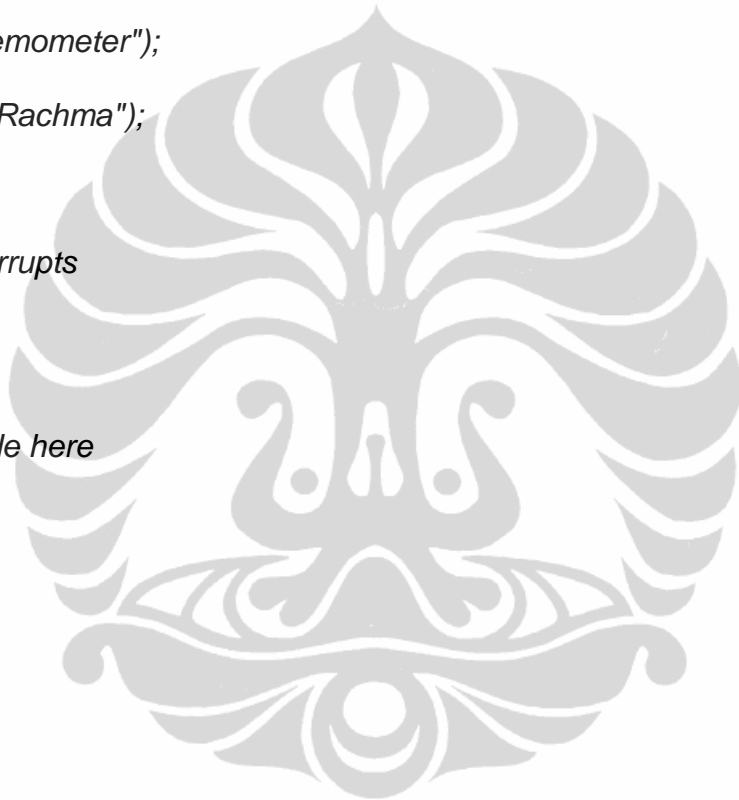
```

```
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD menu:
// RS - PORTC Bit 7
// RD - PORTC Bit 0
// EN - PORTC Bit 6
// D4 - PORTC Bit 5
// D5 - PORTC Bit 4
// D6 - PORTC Bit 3
// D7 - PORTC Bit 2
// Characters/line: 16
lcd_init(16);

lcd_clear();
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("Tesis Anemometer");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("Agustina Rachma");
delay_ms(1000);
lcd_clear();

// Global enable interrupts
#pragma asm("sei")

while (1)
{
    // Place your code here
}
}
```





Wind Speed Sensor (WS30, WS31 & WS32)

Features

- Non-Contact - Optical detector
- Low friction bearings
- Low starting torque
- Good dynamic characteristics
- Long Operating life

Applications

- Meteorology
- Wind Profiling
- Crop Studies
- Agronomy
- Pollution Control



The WS30 Series Wind Speed Sensor uses a sensitive 3-cup anemometer designed to measure wind speed and wind run in isolated locations with a minimum of attention.

Three conical shaped aluminium cups of optimum proportions turn the main spindle. The spindle is supported by two special low torque, stainless steel, low- friction bearings.

The dynamic characteristics of the unit are exceptionally good because the moment of inertia of the rotating parts is very low. The body is symmetrical and well clear of the three rotating cups which helps to minimise interfering eddies. The above features enhance the sensitivity of the instrument and make it ideally suited to the study of micro-climates.

The output pulses are generated by an optical interrupter arrangement mounted on the lower end of the spindle, which provides an ideal, frictionless, coupling.

The spindle body is undercut to prevent entrance of moisture through the upper "O"ring. A labyrinth significantly reduces entrance of dust or moisture into the upper bearing.

Envirodata Environmental Monitoring & Management

P.O. Box 395, WARWICK, Queensland, 4370, Australia

Phone: (07) 4661 4699

Fax: (07) 4661 2485

Int. Phone: +61 7 4661 4699

Perancangan anemometer..., Agustina Rachmawati, FMIPAUI, 2012
No. Fax: +61 7 4661 2485

e-mail: sales@envirodata.com.au

<http://www.envirodata.com.au>



Envirodata

Specifications

Sensing Type:

3-cup anemometer

Measurement Units:

Metres per second (m/s)
Other units can also be used

Operating Range:

0 to 60 m/s

Startup Threshold:

0.3 m/s

Accuracy:

± 0.2 m/s or $\pm 1\%$ of reading,
whichever is greater

Distance Constant:

Typically 3 to 4 metres

Sensor Exposure:

Heights of two, three or ten metres
above ground level are most
commonly used

Calibration:

Not subject to drift - based on
mechanical and optical construction.

Reliability:

Typically five (5) years operation
possible before overhaul

Cups:

White - 64 mm aluminium cups

Rotating arms:

Light weight aluminium

Bearings:

Low friction, stainless steel.

Housing:

White - Powder-coated aluminium

Mode of Operation:

Optical interrupter

Operating Conditions:

Temperature -20°C to $+70^{\circ}\text{C}$
Humidity 0% to 100%

Supply Voltage:

5.5 to 7 Volts DC

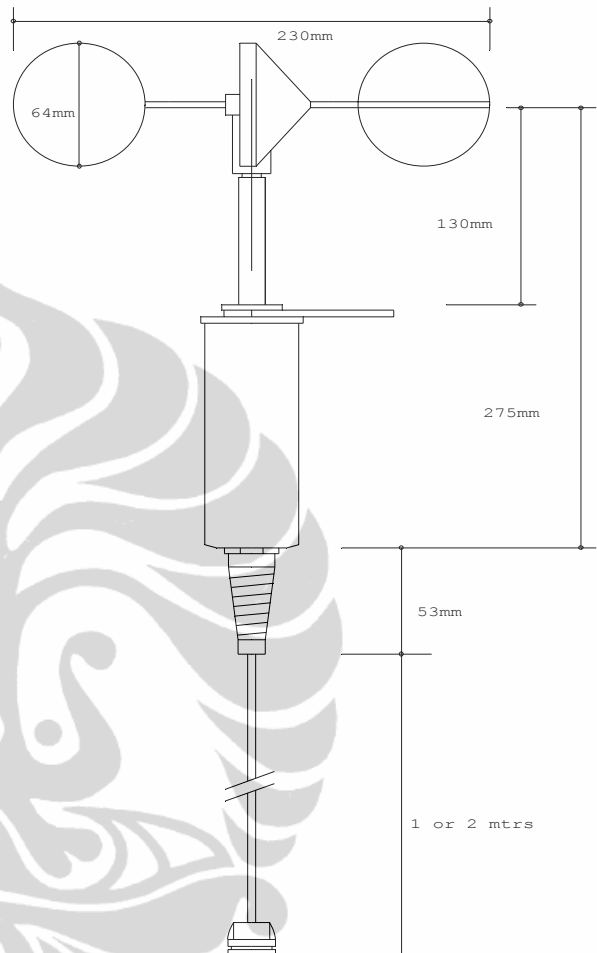
Current Drain:

< 0.7 mA

Output:

+5 Volt pulse

Dimensions (mm)



Configurations:

Model	WS30	WS31	WS32
Output(pulse/km)	1250	5000	625
Interrupter Slots	2	8	1
Resolution(pulse)	0.8	0.2	1.6
Cable Type:	3 core shielded	3 core shielded	3 core shielded
Cable Length:	2m	2m	2m

Ordering Information:

WS	Model
-30	
-31	
-32	

Shipping Weight: 1.2kg

Envirodata Environmental Monitoring & Management

P.O. Box 395, WARWICK, Queensland, 4370, Australia

Phone: (07) 4661 4699

Int. Phone: +61 7 4661 4699

e-mail: sales@envirodata.com.au

Fax: (07) 4661 2485

Int. Fax: +61 7 4661 2485

http://www.envirodata.com.au

Perancangan anemometer..., Agustina Rachmawati, FMIPAUI, 2012



Wind Direction Sensor (WD32)

Features

- Visual indication of wind direction
- Special machining to prevent entry of wind-borne dust or moisture
- Long operating life
- Low friction shielded bearings
- Good dynamic characteristics

Applications

- Meteorology
- Wind Profiling
- Crop Studies
- Ecology
- Pollution Control



The WD32 wind direction sensors are sensitive wind direction indicators which give a variable pulse rate output and a visual indication of wind direction.

The aluminium wind vane is attached to an aluminium arm and adjustable brass pointer. The vane, arm and pointer turn the main spindle, which is supported by low friction shielded bearings.

A special universal coupling provides a positive connection with the potentiometer transducer ensuring reliable and trouble-free operation.

A four groove labyrinth machined into the spindle housing prevents the entrance of wind-borne dust or moisture into the upper bearing.

The two part spindle cap allows easy alignment to North on-site with the aid of a sensor test box. The instrument is normally used in conjunction with a Wind Speed Sensor (WS30 Series) or equivalent to measure the wind run and windspeed.

Envirodata Environmental Monitoring & Management

P.O. Box 395, WARWICK, Queensland, 4370, Australia

Phone: (07) 4661 4699

Fax: (07) 4661 2485

Int. Phone: +61 7 4661 4699

Int. Fax: +61 7 4661 2485

e-mail: sales@envirodata.com.au

<http://www.envirodata.com.au>



Specifications

Sensing Element:

Vane

Measurement Units:

Degrees deviation from North

Startup Threshold:

0.3 m/s

Resolution:

5°

Accuracy:

±5°

Speed Range:

0.5 to 180 Km/hr

Bearings:

Low-friction stainless steel

Special notes:

Sensor output is discontinuous at North with a gap of approx. 10°

Calibration Method:

Frequency range is adjusted in the factory.
Attachment of the vane sets actual direction in the field.

Reliability:

Typically five (5) years operation possible before overhaul.

Housing:

White-Powder-coated aluminium.

Operating Conditions:

Temperature -20°C to +70°C
Humidity 0% to 100%

Sensor mounting:

Heights of two, three and ten metres above ground level are commonly used.

Supply Voltage:

5.5 to 7 Volts DC

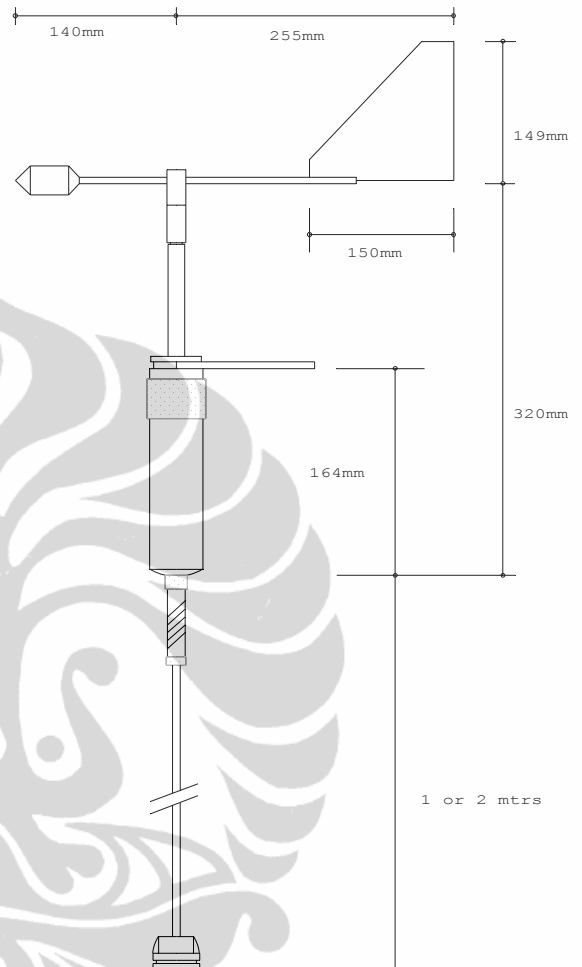
Current Drain:

<3.5 mA

Output:

+5 Volt pulse

Dimensions (mm)

**Configurations:**

Model	WD32
Output 0°-360° (Hz)	0-90
EasiData compatibility:	Mk4
Cable Type:	Airdata 3 core shielded
Cable Length:	2m

Ordering Information:

WD Model
-32

Shipping Weight: 1.4kg

Envirodata Environmental Monitoring & Management

P.O. Box 395, WARWICK, Queensland, 4370, Australia

Phone: (07) 4661 4699

Fax: (07) 4661 2485

Int. Phone: +61 7 4661 4699

Int. Fax: +61 7 4661 2485

e-mail: sales@envirodata.com.au



Barometric Pressure Sensor (BP10 Series)

Features

- Temperature compensated
- Solid state sensor element
- High quality electronics
- Frequency output
- Low power operation

Applications

- General meteorology
- Applied meteorology
- Environmental studies
- Educational Environments



The BP10 Series Barometric Pressure Sensors are designed to measure atmospheric pressure in the range 750 to 1050 hecto Pascals. The sensors use an integrated circuit sensor element, which has been laser trimmed for accuracy.

Housing the sensing element in a nylon package gives excellent corrosion resistance and isolation from external stresses.

High quality electronics provide a frequency output which is immune to noise and cable losses.

A two point calibration against a high quality standard (which is regularly recalibrated) ensures accuracy over the normal operating range.

Model:

BP10

Output (750 mBar)

15.25 Hz

Output (1050 mBar)

19.75 Hz

Cable Type

3-core
shielded

Cable Length

0.75 metre

Envirodata Environmental Monitoring & Management

P.O. Box 395, WARWICK, Queensland, 4370, Australia

Phone: (07) 4661 4699

Fax: (07) 4661 2485

Int. Phone: +61 7 4661 4699

Perancangan anemometer..., Agustina Rachmawati, FMIPAUI, 2012

e-mail: sales@envirodata.com.au

http://www.envirodata.com.au



Specifications

Sensing Element:

Solid state silicon strain gauge.

Measurement Units:

hectoPascals (hPa)

Operating range:

750 to 1050 hPa

Resolution:

1 hPa

Accuracy:

±3 hPa (note1)

Temperature drift:

Maximum compensated error ±6 hPa (over 70°C temp. range).
Typically ±1hPa.

Calibration method:

Two point calibration performed against a standard which is regularly checked against laboratory standards.

Reliability:

Typically five (5) years operation before possible overhaul.

Housing:

High impact Black PVC

Operating Conditions:

Temperature: -20°C to +70°C
Humidity: 0% to 100%

Sensor mounting:

The sensor should be housed in a suitable weather shield. It is not designed to be exposed to precipitation of any kind. Splash-proof if mounted upside down.

Supply Voltage:

5.5 to 7 Volts DC

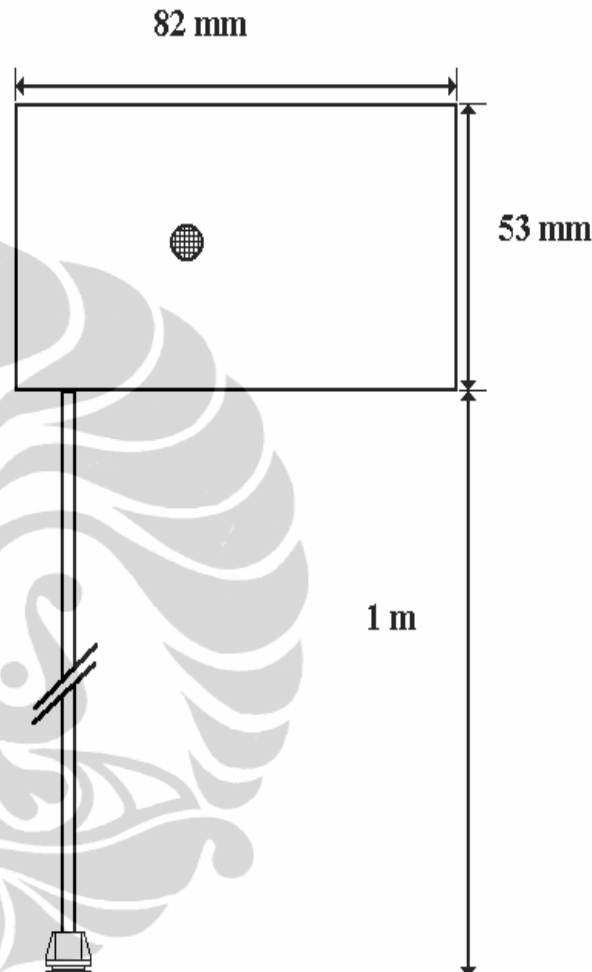
Current Drain:

<5.5 mA.

Output:

+5 Volt pulse

Dimensions (mm)



Configuration:

Model	BP10
Output (750mBar)	15.25Hz
Output (1050mBar)	19.75Hz
Cable Type:	3 core unshielded
Cable Length:	1m

Ordering Information:

BP10

Shipping Weight: 0.75

Envirodata Environmental Monitoring & Management

P.O. Box 395, WARWICK, Queensland, 4370, Australia

Phone: (07) 4661 4699

Fax: (07) 4661 2485

Int. Phone: +61 7 4661 4699

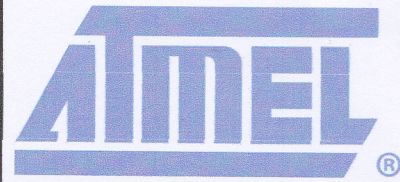
Perancangan anemometer..., Agustina Rachmawati, FMIPAUI, 2012

e-mail: sales@envirodata.com.au

http://www.envirodata.com.au

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 16MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
 - 32Kbytes of In-System Self-programmable Flash program memory
 - 1024Bytes EEPROM
 - 2Kbytes 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 ATmega32L
 - 4.5V - 5.5V for ATmega32
- Speed Grades
 - 0 - 8MHz for ATmega32L
 - 0 - 16MHz for ATmega32
- Power Consumption at 1MHz, 3V, 25°C
 - Active: 1.1mA
 - Idle Mode: 0.35mA
 - Power-down Mode: < 1µA



8-bit **AVR**[®]
Microcontroller
with 32KBytes
In-System
Programmable
Flash

ATmega32
ATmega32L



Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega32

