



Unit OPT Perpustakaan  
UNIVERSITAS JEMBER



## DESAIN ALAT PENGUKUR KECEPATAN DAN ARAH ANGIN SECARA DIGITAL

### KARYA ILMIAH TERTULIS

Diajukan guna memenuhi salah satu syarat untuk  
Menyelesaikan program pendidikan strata satu  
Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian  
Universitas Jember

Asal :	Hediah Pembelian	Klass 631.3
Terima :	_____	BAH D
No. induk :	_____	
Oleh :	Pengkatalog : 	

**SAIFUL BAHRI**  
001710201134

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2005**

Dosen Pembimbing:

Ir. Bambang Marhaenanto, M. Eng. (DPU)

Ir. Muharjo Pudjojono (DPA)



Diterima oleh :

Fakultas Teknologi Pertanian  
Universitas Jember  
Sebagai Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi)

Dipertahankan pada :

Hari : Jum'at  
Tanggal : 8 Agustus 2005  
Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian

**Tim Penguji**

Netua

Ir. Bambang Marhaenanto, M. Eng  
NIP. 131 918 530

Anggota I

Ir. Muharjo Pudjojono  
NIP. 130 812 642

Anggota II

Askin STP  
NIP. 132 231 410



Mengetahui  
Fakultas Teknologi Pertanian  
Universitas Jember

Ir. Achmad Marzuki M, MSIE  
NIP. 130 531 986

## MOTTO

Apabila Allah menghendaki sesuatu, hanya dengan perintahnya  
"Jadilah!", Maka jadilah dia (Q.S: Yasin: 82)

Katakanlah: Samakah orang-orang yang berpengetahuan dengan orang-orang  
yang tidak berpengetahuan? Sesungguhnya yang mendapat pelajaran hanyalah  
orang-orang yang mempunyai fikiran (Q.S: Al Mujadalah: 11)

Barang siapa keluar atau pergi dalam rangka menuntut ilmu maka dia itu termasuk  
berada di jalan Allah (fisabilillah) hingga ia pulang (H.R At-Turmudzy)

## Persembahan

Karya ilmiah tertulis ini aku persembahkan kepada:

1. Abah dan ummi, terima kasih atas segala doa, perhatian, kasih sayang dan bimbingan yang selalu tucurahkan kepada nanda tanpa mengenal rasa lelah.
2. Mbakku Iza dan adik-adikku Zaini, Zaima semoga kalian selalu dalam lindungan-Nya.
3. Adinda tercinta Lady Rodliyah, terima kasih atas kebersamaannya. Keberadaanmu sangat berarti bagiku, mudah-mudahan doa kita dikabulkan Amin.
4. Agus (andre), Memek, Santoseng, Zainullah, Iwan, Manlisik, Terima kasih sudah banyak membantuku.
5. Teman seperjuangan Hamid, Andi, Erick terima kasih atas masukannya.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah S.W.T. atas rahmat, karunia serta hidayah-Nya, karena kegiatan Karya Ilmiah Tertulis telah penulis selesaikan.

Dengan selesainya Karya Ilmiah Tertulis ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya kegiatan ini, diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Bapak Ir. Bambang Marhaenanto, M. Eng, selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah membimbing dan mendukung dari awal hingga selesainya penulisan skripsi ini.
2. Bapak Ir. Muharjo Pudjojono, selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah banyak membimbing hingga selesainya penulisan skripsi ini.
3. Bapak Ir. Achmad Marzuki, M, MSIE, selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian.
4. Bapak Dr. I.B. Suryaningrat, STP, MM, selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian.
5. Bapak Ir. Wagito, selaku Dosen Wali.
6. Staf Teknisi Laboratorium Teknik Pertanian yang telah memberikan fasilitas di laboratorium sehingga pelaksanaan penelitian dapat terselesaikan.
7. Staf Administrasi Jurusan Teknik Pertanian yang telah membantu dalam kelancaran urusan administrasi.
8. Seluruh Staf dan Karyawan Fakultas Teknologi Pertanian yang telah membantu dalam kelancaran urusan administrasi.
9. Teman-teman angkatan 2000, terima kasih atas segala bantuan yang kalian berikan.
10. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini

Semoga Karya Ilmiah Tertulis ini bermanfaat bagi almamater dan semua yang tertarik untuk membacanya.

Jember, Juni 2005

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN DOSEN PEMBIMBING .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN MOTTO .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
RINGKASAN .....	xiii
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Angin .....	4
2.2 Anemometer .....	6
2.3 Komponen Elektronika .....	8
2.3.1 Transduser .....	9
2.3.2 Pengolah Sinyal .....	9
2.3.3 Peraga .....	14
2.3.4 Pewaktu .....	16
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	19
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	19
3.2 Alat dan Bahan .....	19
3.2.1 Alat .....	19



3.2.2 Bahan .....	19
3.3 Tahap Penelitian .....	20
3.3.1 Tahap Perancangan Alat .....	20
3.3.2 Tahap Pembuatan Alat .....	28
3.3.3 Tahap Pengujian Alat .....	28
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>
4.1 Kinerja Alat .....	30
4.2 Pengujian Komponen Anemometer Digital .....	30
4.2.1 Pengujian Sensor .....	31
4.2.2 Pengujian Rangkaian Pencacah .....	32
4.2.3 Pengujian Rangkaian Dekoder .....	33
4.3 Pengujian Anemometer Digital .....	34
4.3.1 Pengujian Anemometer Digital Di Dalam Ruangan .....	34
4.3.2 Pengujian Anemometer Digital Di Luar Ruangan .....	36
4.4 Kebutuhan Biaya .....	37
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>39</b>
5.1 Kesimpulan .....	39
5.2 Saran .....	40
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>41</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN .....</b>	<b>43</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Skala Beaufort .....	5
Tabel 2. Hubungan cacahan input pada pencacah desimal kode biner .....	12
Tabel 3. Hubungan kode biner 4 bit pada dekoder ke peraga tujuh segmen .....	14
Tabel 4. Hasil pengujian rangkaian pencacah .....	32
Tabel 5. Hasil pengujian rangkaian dekoder .....	33
Tabel 6. Perbandingan kecepatan angin pada anemometer analog dan digital .....	36
Tabel 7. Daftar komponen elektronika yang digunakan beserta harganya .....	38

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Pembagian skala mata angin menurut skala kompas.....	4
Gambar 2. Anemometer jenis mangkok .....	6
Gambar 3. Diagram blok sistem lengkap instrumentasi .....	8
Gambar 4. Simbol LDR .....	9
Gambar 5. Diagram pin IC 7490 .....	12
Gambar 6. Diagram pin IC 7447 .....	13
Gambar 7. Peraga tujuh segmen .....	16
Gambar 8. Rangkaian monostabil.....	17
Gambar 9. Rangkaian stabil.....	18
Gambar 10. Diagram fungsional alat pencatat kecepatan dan arah angin.....	21
Gambar 11. Rangkaian alat pengukur kecepatan angin .....	23
Gambar 12. Rangkaian alat pencatat arah angin .....	23
Gambar 13. Rangkaian catu daya .....	24
Gambar 14. Penempatan sensor arah angin pada rancangan mekanik.....	25
Gambar 15. Penempatan sensor kecepatan angin pada rancangan angin .....	25
Gambar 16. Unit pengolah sinyal dan peraga .....	26
Gambar 17. Rancangan mekanika anemometer .....	27
Gambar 18. Pembagi tegangan pada LDR.....	31
Gambar 19. Diagram blok pengujian rangkaian pencacah .....	32
Gambar 20. Diagram blok pengujian rangkaian dekoder .....	33
Gambar 21. Grafik perbandingan kecepatan angin pada anemometer analog dan anemometer digital .....	34
Gambar 22. Grafik hubungan kecepatan angin pada anemometer analog dan anemometer digital .....	35

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Tabel kecepatan angin secara analog dan digital di luar ruangan pada ketinggian 0,5 meter.....	43
Lampiran 2. Tabel kecepatan angin secara analog dan digital di luar ruangan pada ketinggian 2 meter.....	45
Lampiran 3. Tabel rata-rata kecepatan angin secara analog dan digital .....	47
Lampiran 4. Tabel pengujian kecepatan angin secara analog dan digital di dalam ruangan .....	48
Lampiran 5. Foto Dokumentasi .....	49
Lampiran 6. Gambar patron piringan berlubang.....	51

Saiful Bahri (001710201134) Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember, Judul Penelitian "**Desain Alat Pengukur Kecepatan dan Arah Angin secara Digital**", Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng (DPU) dan Ir. Muharjo Pudjojono (DPA)

## RINGKASAN

Salah satu cara untuk mengukur kecepatan angin dan arah angin dapat dilakukan dengan menggunakan anemometer analog. Pengukuran kecepatan angin pada anemometer analog dapat diketahui dengan membaca skala yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk. Dalam membaca skala kecepatan angin, diperlukan keterampilan dan ketelitian untuk memperoleh data yang cepat dan akurat. Pengamatan yang cepat dan tepat sangat membantu petani dalam melakukan tindakan atau perencanaan terhadap usaha taninya. Oleh karena itu perlu dibuat suatu alat anemometer digital yang berfungsi mengukur kecepatan angin dan arah angin yang ditampilkan pada peraga digital dalam bentuk angka desimal.

Komponen untuk mengukur kecepatan angin antara lain lampu dan LDR sebagai media sensor yang menghasilkan perubahan tegangan baik pada kondisi terang maupun gelap pada LDR. Perubahan tegangan tersebut membentuk suatu tegangan baru yang mempunyai dua nilai kritis yaitu 0 dan 1. Kondisi tersebut akan masuk ke dalam rangkaian pengolah sinyal berupa IC 7490 dan IC 7447 dan menghasilkan suatu angka desimal yang diperagakan oleh SSD.

Untuk menentukan arah angin digunakan enam buah sensor LDR dengan patron piringan berlubang yang telah dirancang untuk dapat mengkondisikan kode biner yang sesuai dengan angka desimal dari 01 sampai dengan 36. Dengan pengolah sinyal IC 7447 maka angka desimal dari 01 sampai 36 dapat ditampilkan pada unit peraga SSD.

Pengujian dilakukan di dalam ruangan dan di luar ruangan (lapangan) dengan menggunakan pembanding anemometer analog, maka dapat jelaskan bahwa anemometer digital dapat digunakan untuk mengukur kecepatan angin dengan baik. Hal itu terbukti pada korelasi linier ( $R^2$ ) yang dihasilkan adalah 0.8854. Sedangkan pengamatan arah angin pada anemometer digital gagal dilakukan karena alat tersebut tidak dapat berfungsi dengan baik.

Kata Kunci : *Anemometer Digital*

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Angin adalah gerakan relatif udara terhadap permukaan bumi pada arah horizontal dan vertikal. Angin dapat membantu dalam menyuplai karbondioksida untuk pertumbuhan tanaman, mempengaruhi temperatur dan kelembaban tanah dan membantu dalam proses penyerbukan tanaman. Di samping itu angin yang kencang dapat menyebabkan penguapan yang besar dan faktor penting dalam kerusakan tanaman dan erosi. Di Indonesia terdapat angin Fohn yang dapat merusak tanaman karena angin ini bersifat kering dan panas, juga terdapat angin laut pada siang hari yang menyebabkan masalah karena angin ini membawa butiran-butiran garam yang dapat menempel pada daun-daun tanaman. Dengan demikian angin dapat berpengaruh dalam produksi tanaman pangan (Tjasyono, 1999).

Ada dua macam komponen angin yang diukur, yaitu kecepatan angin dan arah angin bertiup. Kecepatan angin dinyatakan dalam satuan meter per detik, kilometer per detik dan mil per jam. Pengukuran kecepatan angin umumnya dilakukan dengan menggunakan anemometer tipe *cup counter*. Alat ini terdiri dari tiga atau empat buah mangkok yang di pasang pada jari-jari yang berpusat pada sumbu vertikal (*rotor*). Seluruh mangkok menghadap ke satu arah melingkar sehingga bila angin bertiup maka *rotor* berputar pada arah tetap. Melalui sistem mekanik perputaran, *rotor* mengatur sistem akumulasi angka penunjuk jarak tiupan angin. Penambahan nilai yang ditunjukkan mengakibatkan berlangsungnya jarak tempuh angin.

Arah angin didefinisikan sebagai arah dari mana datangnya angin dan dinyatakan dengan puluhan derajat yang terdekat dalam arah jarum jam, mulai dari arah Utara geografi. Pengukuran arah angin umumnya dilakukan dengan menggunakan sirip yang dapat diputar pada sumbu vertikal. Atas pengaruh momen gaya ini sirip akan berputar dan akan menempati posisi dengan arah angin yang sedang bertiup (Prawiwardoyo, 1996).

Dalam era digital kecepatan dan arah angin dapat terpantau setiap saat. Hal ini dapat ditunjukkan dari penggunaan peraga digital pada anemometer, yang dapat menampilkan hasil pengukuran kecepatan dan arah angin. *Seven Segment Display (SSD)* merupakan suatu peraga digital yang dapat menampilkan sinyal berupa angka desimal, sehingga dapat memudahkan dalam pembacaan dan pengolahan data.

## 1.2 Perumusan Masalah

Salah satu cara untuk mengukur kecepatan angin dan arah angin dapat dilakukan dengan menggunakan anemometer analog. Pengukuran kecepatan angin pada anemometer analog dapat diketahui dengan membaca skala yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk. Dalam membaca skala kecepatan angin, diperlukan keterampilan dan ketelitian untuk memperoleh data yang cepat dan akurat.

Oleh karena itu dengan kemajuan teknologi elektronika, besaran kecepatan angin dapat diubah menjadi besaran listrik. Besaran listrik dapat dimanipulasi secara elektronik menjadi besaran digital yang dapat dihubungkan dengan alat peraga, sehingga dapat memudahkan dalam pembacaan kecepatan dan arah angin dalam bentuk angka desimal.

## 1.3 Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang dan membuat alat pengukur kecepatan dan arah angin secara digital
2. Menguji alat pengukur pada ketinggian tertentu
3. Membandingkan kinerja anemometer digital dengan anemometer analog yang sudah ada.

#### **1.4 Manfaat penelitian**

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah memudahkan dalam pembacaan kecepatan dan arah angin melalui peraga *Seven Segment Display (SSD)*, sehingga dapat diketahui besarnya kecepatan dan arah angin secara cepat dan tepat.

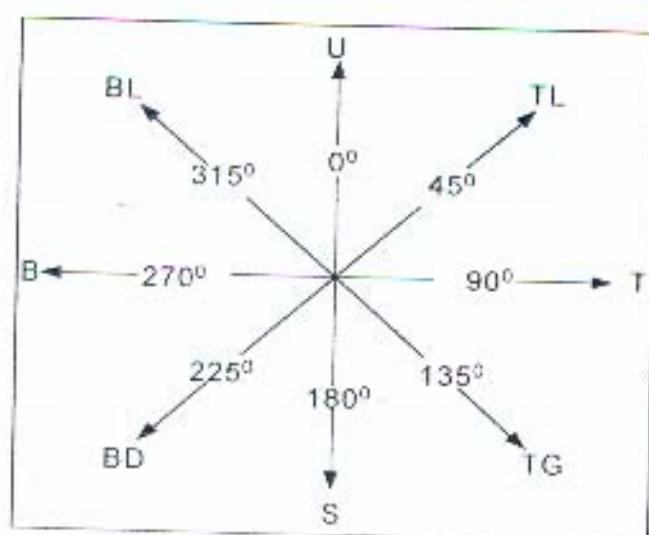


## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Angin

Angin adalah udara yang bergerak dari satu tempat ke tempat yang lain. Kecepatan angin adalah kecepatan vektor dua dimensi, biasanya untuk menggambarkan kecepatan angin dinyatakan dengan laju dan arahnya. Di atas lapangan yang datar dan seragam laju angin akan bertambah dengan bertambahnya ketinggian. Laju pertambahan ini bergantung pada besarnya gesekan atau hambatan yang terdapat pada permukaan (Prawiwardoyo, 1996).

Menurut Manan, dkk. (1986), arah angin adalah arah dari mana asal angin itu bertiup dan dinyatakan dengan sudut skala kompas. Sudut  $0^\circ$  atau  $360^\circ$  menyatakan Utara;  $90^\circ$  menyatakan Timur,  $180^\circ$  menyatakan Selatan dan  $270^\circ$  menyatakan barat. Di bawah ini diperlihatkan pembagian skala mata angin menurut skala kompas.



**Gambar 1. Pembagian skala mata angin menurut skala kompas**  
(Sumber : Manan dkk, 1986)

Pada saat alat pengukur angin tidak tersedia, maka pengamatan angin dapat dilakukan dengan menaksirnya. Taksiran ini didasarkan pada efek angin kepada benda yang dapat bergerak. Setiap benda yang dapat bergerak atas

pengaruh angin dapat dipakai untuk memperkirakan besarnya laju angin. Dengan dasar tersebut maka disusunlah suatu skala kekuatan angin yang dinamakan *skala Beaufort*, yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini (Prawiwardoyo, 1996).

**Tabel 1. Skala Beaufort**

BILANGAN BEAUFORT	NAMA KEADAAN	URAIAN GEJALA YANG DIAMATI	Knot	M/s	Km/jam
0	Tenang	Tenang, asap naik secara vertikal	<1	0-0,2	<1
1	Udara ringan	Arah angin ditunjukkan oleh arah hanyut asap, tetapi tidak oleh pengukuran arah angin	1-3	0,3-1,5	1-3
2	Sepoi lemah	Angin terasa pada muka; daun-daun menggeresik, alat pengukur arah angin mulai digerakkan.	4-6	1,6-3,3	4-7
3	Sepoi lembut	Daun dan ranting kecil tetap bergerak; angin membentangkan bendera ringan	7-10	3,4-5,4	12-19
4	Sepoi sedang	Debu dan kertas naik ke atas; cabang kecil bergerak	11-16	5,5-7,9	20-28
5	Sepoi segar	Pohon kecil mulai bergoyang; timbul bentuk gelombang kecil pada perairan pedalaman	17-21	8,0-10,7	29-38
6	Sepoi kuat	Cabang besar bergerak; kawat telepon kedengaran berdesing, sulit memakai payung	22-27	10,3-3,8	39-49
7	Angin ribut lemah	Seluruh pohon bergerak, tidak mudah bergerak melawan angin	28-33	13,9-7,1	50-61
8	Angin ribut	Ranting pohon patah; umumnya menghalangi gerak maju	34-40	17,2-0,7	62-74
9	Angin ribut kuat	Kerusakan ringan pada bangunan	41-47	20,8-4,4	75-88
10	Badai	Jarang terjadi di pedalaman, pohon tumbang; kerusakan agak besar pada bangunan	48-55	24,5-8,4	89-102
11	Badai amuk	Sangat jarang terjadi, disertai kerusakan agak besar pada bangunan	56-63	28,5-2,6	103-117
12	Topan		≥64	≥32,7	≥118

Sumber: Prawiwardoyo (1996).

## 2.2 Anemometer

Suatu sistem pengukuran adalah proses pengambilan data terhadap satu atau beberapa besaran, sehingga besaran tersebut tetap berada pada suatu harga atau dalam batas tertentu. Pengukuran dapat dilakukan pada berbagai bidang untuk keperluan tertentu, misalnya pengukuran kecepatan angin. Untuk mengukur kecepatan angin digunakan sebuah alat yaitu anemometer jenis mangkok. Kebanyakan pengukuran kecepatan angin dengan alat ini secara analog, sehingga kecepatannya tergantung pada orang yang membaca jarum penunjuk pada anemometer tersebut (Yuli, 2002)

Anemometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur laju angin dan arah angin. Alat ini memberikan tanggapan atas gaya dinamik yang berasal dari angin yang bekerja pada alat tersebut. Ada dua jenis anemometer yang biasa dipakai pada stasiun pengamatan, yaitu jenis mangkok dan baling-baling. Masing-masing jenis ini mempunyai dua sensor, yaitu sensor laju angin dan sensor arah angin. Pada anemometer jenis mangkok, sensor laju anginnya terdiri atas tiga atau lebih mangkok, seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2. Anemometer jenis mangkok**  
(Sumber: Prawiwardoyo, 1996)

Gaya dinamik angin pada permukaan cekung mangkok lebih besar daripada permukaan cembung mangkok. Hal ini menyebabkan mangkok berputar pada sumbu vertikal. Sensor arah angin pada anemometer mangkok terdiri atas sirip yang dapat diputar pada sumbu vertikal. Atas pengaruh momen gaya ini, sirip

akan berputar dan akan menempati posisi sesuai dengan arah angin yang sedang bertiup (Prawirowardoyo, 1996).

Kecepatan sudut putar mangkok terhadap sumbu vertikal sebanding dengan laju angin dan dengan desain sistem mangkok yang baik, hubungan antara kecepatan sudut putar dengan laju angin tidak bergantung pada kerapatan udara. Berdasarkan hal tersebut di atas dapat dituliskan rumus sebagai berikut.

### Kecepatan linier (V)

$$V = \frac{\text{Jarak}}{\text{Waktu}} \dots\dots\dots(1)$$

dengan jarak sebuah lingkaran adalah  $2\pi R$  dan waktu = T, maka

$$V = \frac{2\pi R}{T} \dots\dots\dots(2)$$

dikarenakan  $T = 1/f$ , maka

$$V = 2\pi Rf \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan: V = kecepatan atau laju (m/s)

R = jari-jari lingkaran (m)

T = periode (detik)

f = frekuensi (Hz)

### Kecepatan sudut ( $\omega$ )

$$\omega = \frac{\theta}{t} \dots\dots\dots(4)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ rad/s} \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{sehingga } \omega = 2\pi f \dots\dots\dots(6)$$

sehingga hubungan V dan  $\omega$  pada persamaan 2 dan 5 adalah:

$$V = \omega R \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan: V = laju linier (m/s)

$\omega$  = kecepatan sudut (rad/s)

f = frekuensi (Hz)

(Scars, dkk., 1993)

Dua macam komponen angin yang diukur yaitu kecepatan angin dan arah angin bertiup. Kecepatan angin dinyatakan dalam meter per detik, kilometer per detik, atau mil per jam. Dalam penyajian data harus dibedakan antara nilai rata-rata dari satu periode pengukuran dan nilai data waktu pengamatan dilakukan. Untuk kepentingan agroklimatologi, umumnya rata-rata kecepatan dan arah angin diukur selama periode 24 jam atau nilai harian.

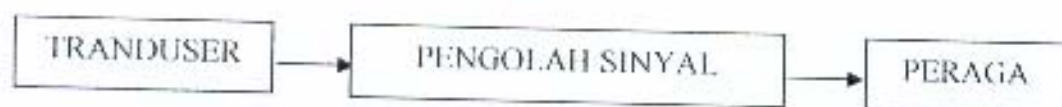
Umumnya anemometer pada stasiun-stasiun agrometeorologi dipasang pada ketinggian  $\pm 2$  meter dari permukaan tanah. Kecepatan angin juga diukur pada ketinggian  $\pm 0,5$  meter dari permukaan tanah, hal ini diperlukan untuk mengetahui kecepatan angin pada permukaan panci kelas A.

Untuk mengukur kecepatan angin pada anemometer tipe *cup counter* dapat dilakukan dengan pengamatan pada jam 07.30, 13.30, dan 17.30 waktu setempat. Hasil pengamatan pada jam 13.30 dikurangi hasil pengamatan pada jam 07.30 dinamakan kecepatan angin pagi hari. Selanjutnya hasil pengamatan jam 17.30 dikurangi hasil pengamatan jam 13.30 dinamakan kecepatan angin sore hari. Sedangkan hasil pengamatan jam 07.30 pada hari berikutnya dikurangi hasil pengamatan jam 17.30 pada hari sebelumnya dinamakan kecepatan angin malam hari (Manan, dkk., 1986).

### 2.3 Komponen Elektronika

Pada dasarnya instrumen pengukur elektronik terdiri dari dua bagian yaitu unit perasa dan unit penunjuk. Tetapi pemisahan kedua unit tersebut sering tidak jelas, karena ada unit perasa yang sekaligus sebagai unit penunjuk. Pada unit-unit yang lebih kompleks instrumen pengukuran terdiri dari sensor, pengolah sinyal dan peraga (Harri, 1992).

Menurut Plant dan Stuart (1985), diagram blok sistem instrumentasi adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

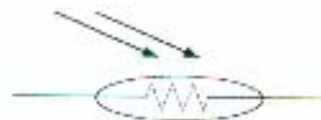


**Gambar 3.** Diagram blok sistem lengkap instrumentasi  
(Sumber: Plant dan Stuart, 1985)

### 2.3.1 Transduser

Transduser merupakan bagian penting dalam input output sistem elektronika. Hal ini ditunjukkan pada transformasi informasi antara dunia luar dengan dunia elektronika. Beberapa transduser mempunyai arti penting dalam dunia elektronika dan dapat menjalankan pengukuran kuantitas seperti temperatur, cahaya, dan tekanan. Transduser berfungsi mengubah besaran alam menjadi besaran listrik. Berbagai input transduser seperti kelembaban, cahaya, kedudukan, tekanan, suara dan suhu (Faissler, 1991)

LDR (*Light Dependent Resistor*) merupakan transduser yang nilai resistansinya berubah-ubah terhadap intensitas cahaya. Apabila cahaya jatuh pada LDR, maka nilai resistansinya kecil sekitar  $100 \Omega$ , sedangkan pada keadaan gelap nilai resistansinya sangat besar sekitar  $1 M\Omega$ . Perubahan resistansi ini akan dipakai untuk menghasilkan perubahan tegangan pada sistem instrumentasi. Adapun simbol LDR ditunjukkan pada gambar 4 (Plant dan Stuart, 1985).



**Gambar 4. Simbol LDR**

(Sumber: Plant dan Stuart, 1985)

### 2.3.2 Pengolah Sinyal

Pengolah sinyal dilakukan sehubungan dengan sinyal yang masih terlampau lemah atau beberapa kemungkinan lain yang diubah menjadi bentuk sinyal lain, mungkin tegangan, frekuensi maupun diolah menjadi besaran lain. Pengolahan sinyal dapat berupa penguat tegangan, penguat arus dan lainnya. Pengolah sinyal terdiri atas komponen-komponen elektronika seperti IC (*Integrated Circuit*) (Harri, 1992).

Menurut Hidayat (2002), IC merupakan kombinasi beberapa komponen elektronika yaitu: dioda, resistor, transistor, dan kapasitor yang berukuran kecil. Komponen-komponen itu dirangkai menjadi satu pada papan semikonduktor kristal silikon kecil yang disebut *chip*. Dengan perkembangan teknologi

mikroelektronika saat ini, banyak peralatan elektronika menggunakan IC, antara lain voltmeter digital, multimeter digital, frekuensi meter digital, dan lain-lain. Bahkan IC juga digunakan pada peralatan menghitung (kalkulator), komputer, jam tangan, radio dengan IC, amplifier dengan IC, dan sistem kontrol pada lampu lalu lintas, saklar otomatis, power supply, alat permainan elektronika, dan lain-lain.

Menurut Hidayat (2002), berdasarkan fungsinya IC dibedakan menjadi tiga macam, yaitu IC linier, IC TTL, dan IC CMOS.

#### a. IC Linier

IC linier berfungsi sebagai penguat daya. Ciri-cirinya pada IC linier sebelum penulisan angka kode pada badannya didahului oleh kode huruf seperti ; AN; BA; LM; UFC; STK dan sebagainya. Misalnya: LM 7805; LM 335 dan lain-lain.

#### b. IC TTL

IC TTL (*Transistor-Transistor Logic*) namanya populer dengan awalan angka 74..., mempunyai banyak jenis dan tiap jenis mempunyai konfigurasi sendiri-sendiri. IC TTL 7404 misalnya, mempunyai 6 gerbang NOT, IC 7432 mempunyai 4 gerbang OR, dan IC 7408 mempunyai 4 gerbang AND. Selain gerbang-gerbang tunggal semacam itu, ada juga yang konfigurasi lebih kompleks dan berisi rangkaian – rangkaian seperti flip-flop, multiplexer, enkoder, dekoder, dan counter, yang mempunyai banyak jenis dengan spesifikasi masing-masing.

IC TTL bekerja pada tegangan suplai DC (searah) 5 volt. Jangkauan operasinya dari 0 volt sampai 5 volt. Biasanya sebuah nilai tegangan dianggap berlogika 0 jika jangkauannya antara 0 volt hingga 0,8 volt. Sementara logika 1 mempunyai jangkauan tegangan 2,5 volt hingga 5,5 volt. Jangkauan dari 0,8 volt hingga 2,5 volt dianggap mengambang dan tidak diharapkan dalam rangkaian (Murdiyati, 2004).

#### c. IC CMOS

Menurut Tokheim (1995), komponen CMOS (*Complementary Symmetry metal oxide semiconductor*) menggunakan saluran P dan saluran N nya yang keduanya dihubungkan dari ujung ke ujung. IC CMOS terkenal dengan konsumsi daya yang sangat rendah. Kelompok IC CMOS juga mempunyai keuntungan

harga yang rendah, sederhana dalam penyusunan, kehilangan panasnya rendah, fan-out yang baik, dan jangkauan yang luas. Kelompok IC CMOS digital beroperasi pada daerah tegangan yang luas (dari +3 sampai +15 volt DC).

Kekurangan utama IC CMOS adalah agak lambat jika dibandingkan dengan IC TTL bipolar seperti TTL. Juga diperlukan perawatan tambahan ketika merawat IC CMOS karena harus dilindungi dari beban statis. Muatan statis atau tegangan transien pada rangkaian dapat merusak lapisan silikon oksida yang sangat tipis pada bagian dalam *chip* CMOS. Lapisan silikon oksida berperan sebagai dielektrik pada kapasitor dan dapat dibocorkan oleh arus listrik dan tegangan transien. Adapun contoh dari IC CMOS antara lain: IC CMOS seri 4000; 74C00 atau 74HC00 dan lain-lain.

Adapun beberapa contoh penerapan IC TTL yang digunakan antara lain sebagai berikut.

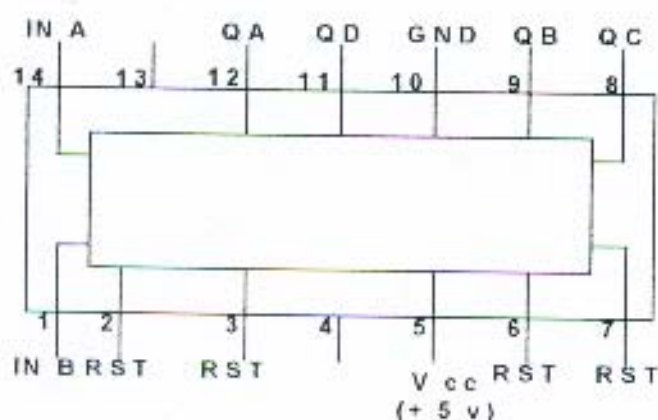
#### 1) **Pencacah (Counter)**

Pencacah adalah suatu rangkaian sekuensial yang berfungsi untuk menghitung jumlah pulsa yang masuk dan dinyatakan dalam bentuk bilangan biner. Pada umumnya pencacah dibentuk dari beberapa rangkaian flip-flop yang jumlahnya disesuaikan dengan keperluan (Rusmadi, 1989).

Menurut Plant dan Stuart (1985), komponen IC 7490 menghasilkan cacahan output berkode biner empat bit dari  $(0000)_2$  sampai  $(1001)_2$  sebelum secara otomatis direset ke nol lagi.

Pengoperasian sebuah rangkaian konversi untuk mengubah cacahan biner menjadi bilangan desimal pulsa output empat bit maksimumnya harus  $(1001)_2$  dan cacahan berikutnya akan kembali ke nol. Di bawah ini ditunjukkan rangkaian internal dari IC 74LS90 yang dapat melakukan hitungan dari  $(0000)_2$  sampai  $(1001)_2$ .





**Gambar 5. Diagram pin IC 7490**  
(Sumber: Anonim, 1984)

Di bawah ini akan diperlihatkan tabel pencacah yang menghasilkan sepuluh bilangan desimal dari 0 sampai 9 dalam bentuk biner empat bit yang dikenal sebagai pencacah desimal kode biner (*binary-coded decimal* atau *BCD*).

**Tabel 2. Hubungan cacahan input pada pencacah desimal kode biner**

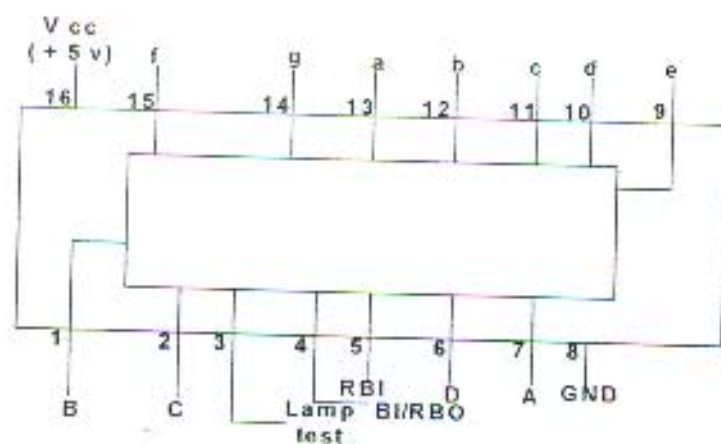
Cacahan Input	Output Empat Bit			
	QD	QC	QB	QA
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	L	H	L	H
6	L	H	H	L
7	L	H	H	H
8	H	L	L	L
9	H	L	L	H

(Sumber: Plant dan Stuart, 1985)

## 2) Dekoder

Menurut Tokheim (1995), dekoder merupakan rangkaian logika yang berfungsi untuk mengubah masukan kode biner  $n$ -bit ke saluran keluaran. Setiap saluran keluaran hanya satu yang diaktifkan dari beberapa kemungkinan kombinasi masukan.

Salah satu cara untuk mengkonversi keluaran BCD ke bentuk desimal adalah menggunakan suatu matriks dioda memori yang hanya dapat dibaca atau *Read Only Memory* (ROM), yang diprogramkan untuk menyalakan satu dari sepuluh LED (*Light Emitter Diode*) yang diberi tanda dengan bilangan desimal dari 0 sampai 9. Suatu pendekatan yang lebih mudah adalah mempergunakan suatu ROM atau barisan gerbang yang dihubungkan dengan peraga tujuh segmen. Untuk menyalakan peraga tujuh segmen yang cocok menggunakan IC 7447. Komponen ini berfungsi sebagai pengubah data BCD ke bentuk desimal pada peraga tujuh segmen *common anoda*. IC 7447 sering disebut pendekode atau pengemudi BCD ke peraga tujuh segmen. Kaki (pin) dari IC 7447 dapat ditunjukkan pada gambar 6.



**Gambar 6. Diagram pin IC 7447**  
(Sumber: Anonim, 1984))

Jika lampu test (*Lamp Test*) pada pin 3 dibumikan akan menyalakan peraga tujuh segmen a,b,c,d,e dan f, berarti bilangan desimal nol. Jika RBI (*Ripple Blanking Input*) pada pin 5 dibumikan maka semua output dari peraga tidak menyala, berarti data yang disimpan ditiadakan (Anonim, 1984)

Pada tabel 3 diperlihatkan kombinasi logika pada input dekoder dan kondisi output dekoder pada peraga tujuh segmen

**Tabel 3. Hubungan kode biner empat bit pada dekoder ke peraga tujuh segmen**

Bilangan desimal	Kondisi Logika pada Input Dekoder				Kondisi Logika Output Decoder Pada Segmen Katoda						
	QA	QB	QC	QD	a	b	c	d	e	f	g
0	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
1	L	L	L	H	H	H	H	H	L	L	H
2	L	L	H	L	L	L	H	L	L	H	L
3	L	L	H	H	L	L	L	L	H	H	L
4	L	H	L	L	H	L	L	H	H	L	L
5	L	H	L	H	L	H	L	L	H	L	L
6	L	H	H	L	H	H	L	L	L	L	L
7	L	H	H	H	L	L	L	H	H	H	H
8	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
9	H	L	L	H	L	L	L	H	H	L	L

(Sumber: Plant dan Stuart, 1985)

Menurut Tokheim (1995), rangkaian pencacah tidak dapat langsung dirangkai dengan rangkaian dekoder. Hal ini dikarenakan peragaan pada unit peraga menjadi kabur, sehingga yang nampak hanya bilangan desimal 8. Untuk mengatasi hal tersebut, maka dihubungkan lagi dengan sebuah komponen IC 7475 di antara rangkaian pencacah dan rangkaian dekoder yang berfungsi untuk mengunci hasil cacahan.

IC 7475 mempunyai *latch* bistabil 4 bit yang digunakan untuk menyimpan hasil cacahan pada unit pencacah desimal. Keluaran data disalurkan menuju input dari IC 7447 jika *latch* pada kondisi tinggi, dan jika *latch* pada kondisi rendah data disimpan dengan *latch* pada kondisi tinggi. Berdasarkan hal tersebut, maka pada peraga tujuh segmen akan nampak bilangan desimal yang dihasilkan.

### 2.3.3 Peraga

Besaran listrik seperti arus, tegangan, daya, dan sebagainya, tidak dapat langsung kita tanggap dengan panca indera. Untuk memungkinkan pengukuran besaran listrik digunakan suatu peraga. Ada dua macam peraga yang dapat menunjukkan besaran listrik yaitu: peraga analog dan peraga digital.

#### a. Peraga analog

Besaran listrik ditransformasikan melalui suatu fenomena fisis yang akan memungkinkan pengamatan melalui besaran mekanis. Perubahan tersebut dapat

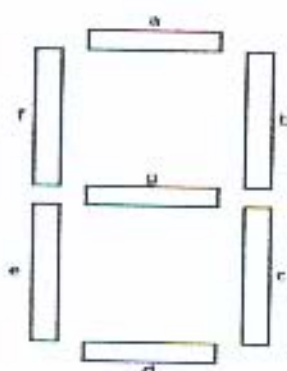
melalui suatu rotasi dari suatu sumbu tertentu. Besar sudut rotasi berhubungan langsung dengan besaran listrik yang diamati. Peralatan listrik yang bekerja atas dasar besaran sudut rotasi disebut alat ukur listrik. Pemakaian alat ukur yang sering kita jumpai berdasarkan besaran sudut rotasi dinamakan alat ukur kumparan putar. Alat ini bekerja atas dasar prinsip suatu kumparan listrik yang ditempatkan pada medan magnet permanen. Arus yang mengalir pada kumparan menyebabkan kumparan berputar sesuai dengan kuat arus yang mengalir (Sapitje dan Nishino, 2000).

#### b. Peraga digital

Besaran listrik ditransformasikan menjadi sinyal-sinyal yang berupa frekuensi. Sinyal diproses melalui pencacah digital, kemudian diperagakan dengan peraga tujuh segmen (SSD). Peraga tujuh segmen yang dapat dipakai untuk alat ukur ada dua macam, yaitu: LED (*Light Emitor Diode*) dan LCD (*Liquid Cristal Display*). Keduanya merupakan peralatan zat padat, LED mengandalkan pancaran cahaya dan LCD mengandalkan pada transmisi atau absorpsi kristal tertentu yang ditempatkan pada medan listrik.

LED adalah suatu jenis dioda, jika diberi aliran arus maju akan membangkitkan cahaya pada pertemuan p-n. Aliran arus maju antara anoda dan katoda tersebut berkisar pada tegangan 1,5 V sampai 2 Volt. Sedangkan kuat arusnya berkisar antara 5 mA sampai 20 mA. Kelebihan arus atau tegangan dapat merusaknya. LED banyak diterapkan dalam elektronika yaitu: pengindikasian status, pembacaan digital, pengisolasian sinyal serta komunikasi berkas cahaya. Bahan yang digunakan untuk pembuatan LED disesuaikan dengan penerapan dalam elektronika, misalnya: detektor cahaya terbuat dari bahan *arsenide-galium* (Wasito, 2001).

Keuntungan menggunakan LCD adalah konsumsi daya rendah, tetapi dalam kondisi gelap LCD membutuhkan lampu penerangan. SSD diatur dalam suatu pola sedemikian rupa yang sesuai dengan penunjukan angka. Susunan SSD merupakan bilangan desimal, dari angka 0 sampai 9. Pada gambar 7 diperlihatkan gambar peraga tujuh segmen.



**Gambar 7. Peraga Tujuh segmen**  
(Sumber: Plant dan Stuart, 1985)

Pemakaian SSD jenis LED perlu diperhatikan dalam penggunaan tegangan dan arus yang diijinkan. Untuk membatasi arus dan tegangan, setiap segmen diberi resistor seri dengan segmen. Arus maju yang diijinkan setiap segmen 25 mA dan besar tegangan sekitar 1,5 V. Jadi, jika tegangan catu daya diberi simbol  $V_{cc}$  sebesar 5 V maka nilai resistornya adalah:

$$R = \frac{5 - 1,5}{2 \times 10^{-3}} = 140 \Omega$$

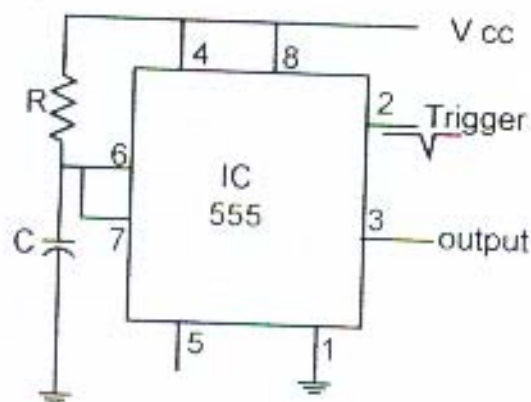
(Plant dan Stuart, 1985).

#### 2.3.4 Pewaktu

Menurut Plant dan Stuart (1985) dan Marhaenanto (2005), pemakaian piranti-piranti seperti osilator, pembangkit pulsa, pembangkit tanjakan, gelombang persegi, dan multivibrator satu tembakan memerlukan sebuah rangkaian yang mampu menghasilkan selang penentuan waktu. Pewaktu rangkaian terpadu yang paling populer adalah 555. Pewaktu IC mempunyai dua cara kerja, sebagai multivibrator monostabil (satu tembakan) dan sebagai multivibrator astabil (bergerak bebas).

##### a. Rangkaian monostabil

Rangkaian monostabil adalah rangkaian yang setiap disulut (*di-trigger*) akan memberikan tegangan output tinggi, untuk suatu waktu yang belum ditentukan sebelumnya. Kemudian selang beberapa waktu, tegangan output kembali normal (tegangan rendah). Pada gambar 8 diperlihatkan rangkaian monostabil dengan menggunakan IC 555.



**Gambar 8. Rangkaian monostabil**  
(Sumber: Marhaenanto, 2005)

Pada gambar 8 di atas jika kaki (pin) 2 di-*trigger* dengan cepat, maka kaki (pin) 2 terhubung dengan catu daya. Akibatnya tegangan output pada pin 3 naik sekitar nilai catu daya. Lama waktu output berada pada kondisi tinggi ditentukan oleh besarnya nilai C dan R.

Lebar pulsa adalah suatu selang waktu pada saat tegangan output tinggi. Untuk menentukan lebar pulsa diberikan persamaan sebagai berikut.

$$T = 1,7917 R C \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan :

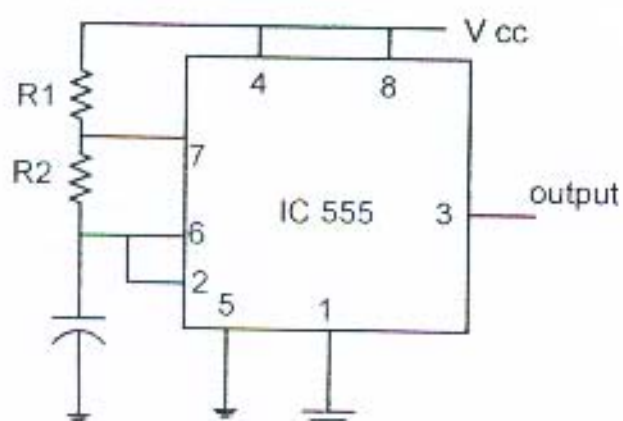
T = Lebar pulsa (t)

R = Resistor (Ohm)

C = Kapasitor ( $\mu\text{F}$ )

#### b. Rangkaian astabil

Rangkaian astabil adalah rangkaian tipe osilator elektronik menghasilkan tegangan output terus menerus dan secara otomatis di-switch pada kondisi tinggi ke rendah, kemudian dari rendah ke tinggi dan seterusnya.



**Gambar 9. Rangkaian astabil**  
(Sumber: Marhaenanto, 2005)

Pada gambar 9 diperlihatkan bahwa tegangan output pada pin 3 merupakan bentuk gelombang segi empat yang mempunyai keluaran tinggi dan keluaran rendah. Waktu pengisian (keluaran tinggi) dinyatakan dengan persamaan :

$$t_1 = 0,6931 (R_1 + R_2) C \dots\dots\dots (9)$$

Sedangkan waktu pengosongan (keluaran rendah) dinyatakan dengan persamaan :

$$t_2 = 0,6931 (R_2) C \dots\dots\dots (10)$$

Perioda total (T) dinyatakan dengan menjumlahkan kedua persamaan di atas.

$$T = t_1 + t_2 \\ = 0,6931(R_1 + 2R_2) C \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan :

- T = Perioda (detik)
- $t_1$  = Lebar pulsa pada keadaan tinggi (t)
- $t_2$  = Lebar pulsa pada keadaan rendah (t)
- $R_1, R_2$  = Resistor (ohm)
- C = kapasitor ( $\mu F$ )

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Instrumentasi jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2004 sampai bulan Januari 2005.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan antara lain:

- a. solder listrik (SYK-70);
- b. multimeter digital (CE DT-830B);
- c. sumber tegangan (catu daya);
- d. anemometer analog (CE Windmesser Anemo); dan
- e. kipas angin (Maspion JF-214T)

##### 3.2.2 Bahan

a. Komponen Elektronika:

- 1) PCB polos;
- 2) sensor cahaya (LDR);
- 3) lampu;
- 4) dioda;
- 5) resistor;
- 6) IC 74LS90, IC 74LS75 dan IC 74LS47;
- 7) SSD (LED);
- 8) kawat solder;
- 9) kabel penghubung; dan
- 10) IC 555



b. Rancangan mekanik :

- 1) rancangan dasar (kayu jenis jati);
- 2) mangkok dan sirip (plastik *polymer*);
- 3) as penghubung (baut dengan panjang 12 cm); dan
- 4) rotor

### 3.3 Tahap Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini meliputi beberapa tahapan, yaitu: (1) tahap perancangan alat, (2) tahap pembuatan alat dan (3) tahap pengujian alat.

#### 3.3.1 Tahap Perancangan

##### a. Landasan Desain

Alat ukur kecepatan angin bekerja berdasarkan pencacahan sinyal digital 0 dan 1 yang diperoleh dari perubahan pancaran sinar lampu yang dipengaruhi oleh putaran piringan berlubang. Pancaran lampu ditangkap oleh LDR, sehingga menyebabkan perubahan nilai tahanan pada LDR. Sumbu piringan berlubang terhubung langsung dengan sumbu as baling-baling mangkok. Jika sumbu as baling-baling mangkok berputar maka piringan berlubang juga berputar sesuai jumlah putaran dari baling-baling mangkok. Pada piringan lubang terdapat tiga lubang sesuai dengan hasil perhitungan persamaan kecepatan linier dan kecepatan sudut.

Pengukuran arah angin bekerja berdasarkan perubahan kombinasi sinyal diperoleh dari LDR yang disinari cahaya lampu yang melewati patron piringan berlubang. Sensor yang digunakan berupa enam buah LDR yang berfungsi untuk menunjukkan arah angin dalam bentuk angka desimal(derajat) dengan patron piringan berlubang sebagai media sensor yang dirancang untuk mengkondisikan kode biner enam bit bit dari 000001 sampai dengan 110110.

Alat ini menggunakan peraga (*display*) untuk menunjukkan kecepatan dan arah angin. Terdapat dua buah display sebagai penunjuk kecepatan dan penunjuk arah angin yang masing-masing terdiri atas dua digit.

## b. Rancangan Fungsional

Gambaran garis besar dari alat pengukur kecepatan dan arah angin secara digital dibuat dengan blok diagram yang dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Diagram fungsional alat pencatat kecepatan dan arah angin

### 1) Sensor

Sensor pada rangkaian pengukur kecepatan angin dan rangkaian pengukur arah angin berfungsi untuk mengubah besaran alam (cahaya) menjadi besaran listrik. Sensor yang digunakan adalah LDR. Cahaya lampu yang mengenai lubang pada piringan berlubang akan menyebabkan kondisi terang pada LDR sehingga diterima sebagai masukan sinyal digital yaitu 1, saat tertutup piringan (kondisi gelap) LDR menghasilkan sinyal digital 0 pada unit pengolah sinyal.

Untuk alat ukur kecepatan angin akan dihasilkan suatu pulsa yang selanjutnya dicacah oleh rangkaian pencacah. Sedangkan pada alat ukur arah angin akan dihasilkan kombinasi masukan biner 6 bit dari patron piringan berlubang. Kode biner ini selajutnya dihubungkan ke unit dekoder.

### 2) Pengolah sinyal

Unit pengolah sinyal terdiri dari unit pengolah sinyal kecepatan angin dan unit pengolah sinyal arah angin. Unit pengolah sinyal untuk kecepatan angin terdiri atas unit pencacah (*counter*), dekoder, pengunci (*latch*), dan pewaktu.

Unit pencacah berfungsi untuk menghitung jumlah pulsa yang masuk dan dinyatakan dalam bentuk bilangan biner. Unit ini menggunakan IC 7490 sebagai komponen utama yang memiliki keluaran biner 4 bit dalam bentuk format BCD.

Hasil keluaran dari IC 7490 dihubungkan ke unit pengunci yang berfungsi untuk menyimpan masukan atau hasil cacahan pada unit pencacah. Unit pengunci

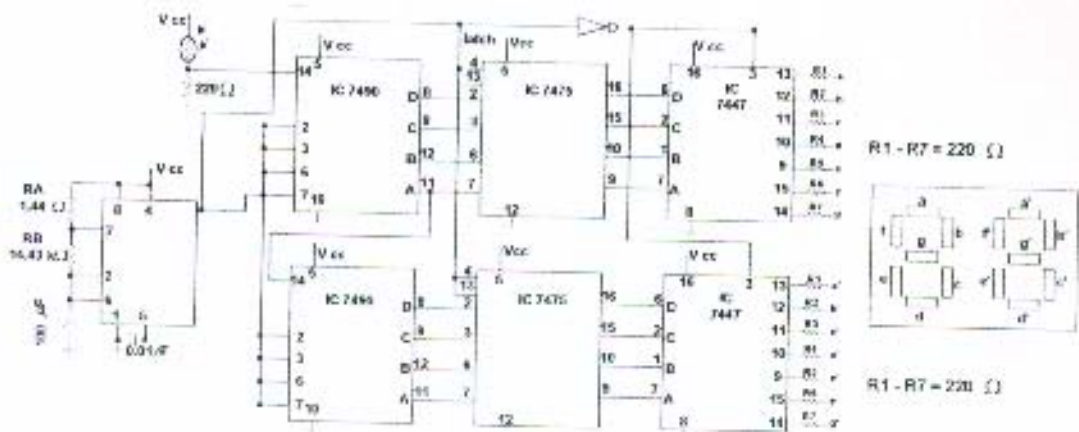
yang digunakan adalah IC 7475, yang akan meneruskan masukan keluarannya jika kaki *latch* berlogika tinggi (1) dan menyimpannya jika kaki *latch* berlogika rendah (0). Kondisi *latch* tersebut diatur secara otomatis dengan selang waktu *latch* pada kondisi tinggi dan *latch* pada kondisi rendah masing-masing 1 detik yang didapatkan dari rangkaian pewaktu.

Hasil keluaran dari IC 7475 berupa format BCD akan dihubungkan ke rangkaian logika (dekoder) yang berfungsi mengubah masukan kode biner n-bit ke saluran keluaran. Setiap keluaran hanya satu yang diaktifkan dari beberapa kemungkinan kombinasi masukan. Komponen yang digunakan adalah IC 7447 yang berfungsi mengubah kode BCD menjadi bentuk angka desimal pada unit peraga.

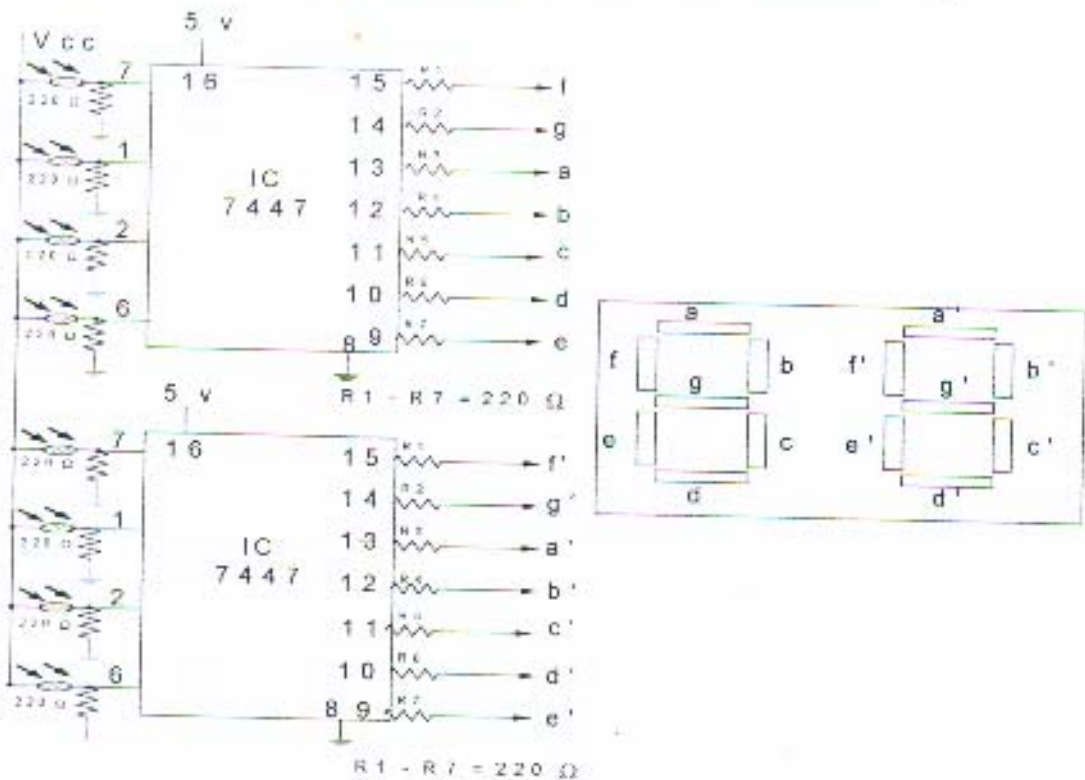
Rangkaian pewaktu yang digunakan adalah rangkaian astabil dengan waktu pengisian ( $t_1$ ) dan waktu pengosongan ( $t_2$ ) masing-masing 1 detik. Selama  $t_1$  pencacah akan tereset dan pengunci akan meneruskan keluarannya ke unit peraga secara konstan. Selama  $t_2$  pencacah beroperasi dan hasilnya disimpan oleh unit pengunci.

Unit pengolah sinyal yang digunakan pada unit pengukur arah angin yaitu IC 7447 yang berfungsi mengubah kode biner yang dihasilkan dari kondisi terang dan gelap pada LDR yang diletakkan di bawah patron piringan berlubang. Selanjutnya keluaran ditampilkan dalam bentuk angka desimal pada unit peraga.

Secara lengkap rangkaian unit pengolah sinyal kecepatan angin dan arah angin dapat dilihat pada gambar 11 dan gambar 12.



Gambar 11. Rangkaian alat pengukur kecepatan angin



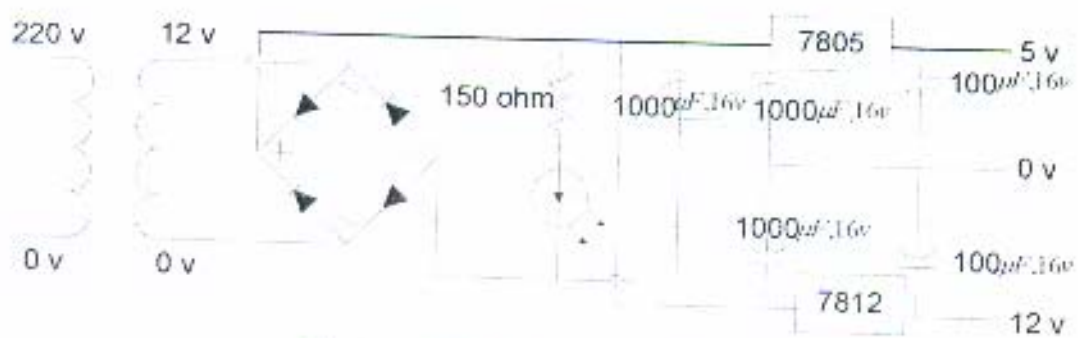
Gambar 12. Rangkaian alat pencatat arah angin

### 3) Peraga (Display)

Peraga berfungsi menunjukkan tampilan angka desimal terhadap data yang masuk pada dekoder IC 7447, sehingga akan mempermudah pembacaan. Peraga yang digunakan adalah SSD (*Seven Segment Display*) *Common Anoda*.

#### 4) Catu Daya

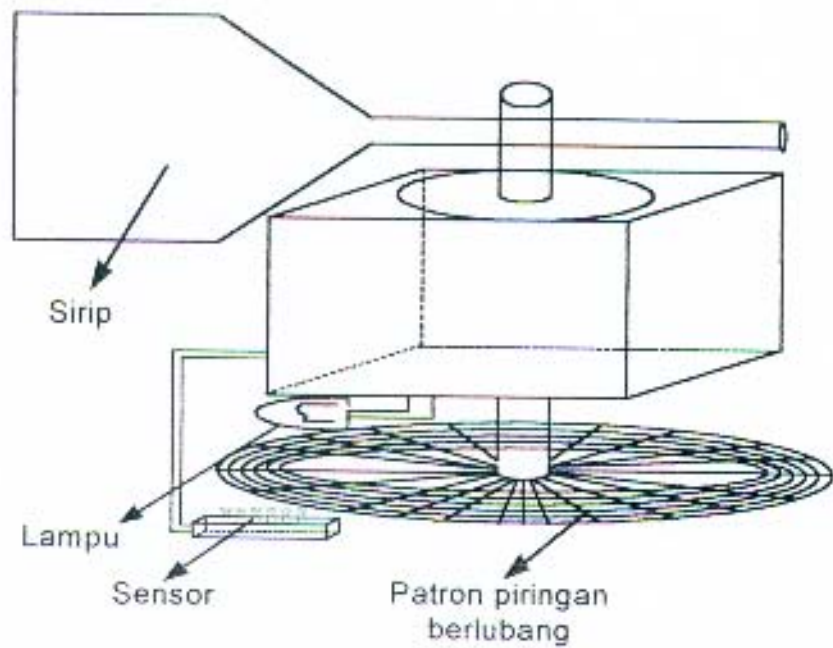
Catu daya merupakan unit rangkaian penurun tegangan. Sebagai sumber tegangan adalah trafo adaptor 500 mA dengan keluaran tegangan DC 5 Volt dan 12 Volt. IC LM 7805 merupakan regulator yang berguna untuk menstabilkan tegangan sebesar 5 V DC. Sedangkan IC LM 7812 merupakan regulator yang berguna untuk menstabilkan tegangan 12 Volt. Rangkaian catudaya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



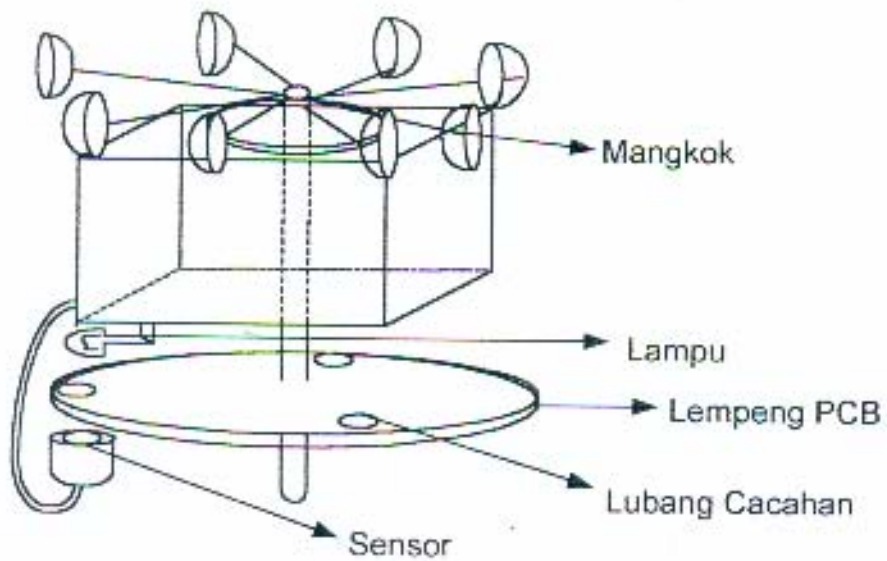
Gambar 13. Rangkaian catu daya

#### c. Rancangan Struktural

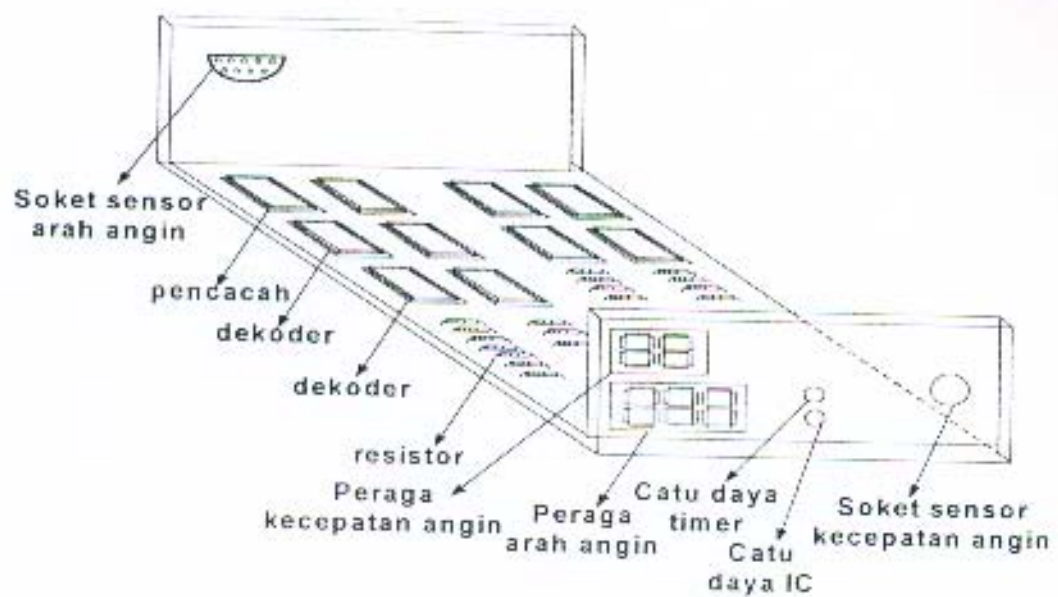
Pada tahap perancangan alat diawali dengan penyusunan komponen-komponen elektronika di atas PCB. Rangkaian yang telah jadi dikemas dalam sebuah kotak (*casimg*) untuk menghindari pengaruh lingkungan secara langsung yang dapat menyebabkan gangguan serta kerusakan pada rangkaian alat, misalnya : air, debu, dan sebagainya. Kotak dibuat dari seng yang telah dibentuk dengan ukuran dan model sesuai kebutuhannya. Penempatan sensor pada rancangan mekanik ditunjukkan pada gambar 14 dan 15, sedangkan bentuk patron piringan berlubang dapat dilihat pada lampiran 6. Unit pengolah sinyal dan peraga dapat dilihat pada gambar 16.



Gambar 14. Penempatan sensor arah angin pada rancangan mekanik



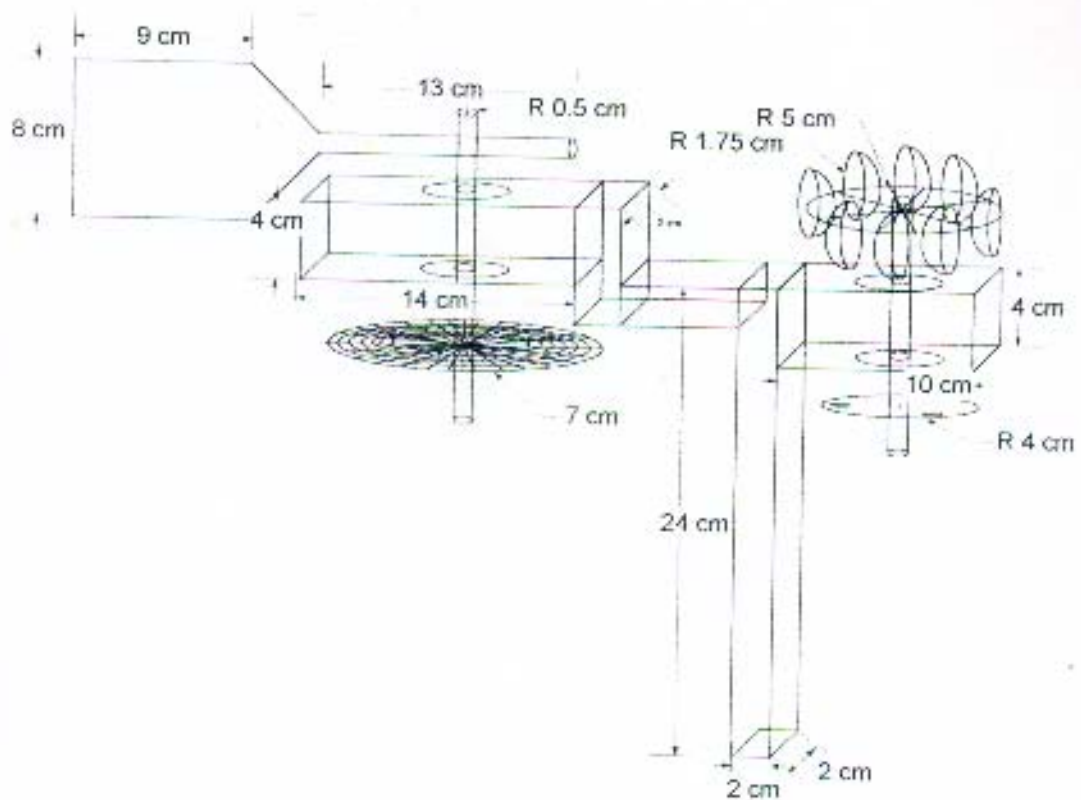
Gambar 15. Penempatan sensor kecepatan angin pada rancangan mekanik



Gambar 16. Unit pengolah sinyal dan peraga

#### d. Rancangan Mekanik

Sistem mekanika perputaran as penghubung antara mangkok dan sirip dengan piringan sebagai penghasil cacahan yang mengatur sistem akumulasi penunjuk jarak tiupan angin. Alat ini terdiri dari 8 mangkok yang dipasang pada jari-jari yang berpusat pada sumbu vertikal (as penghubung). Seluruh mangkok menghadap ke satu arah melingkar, sehingga bila angin bertiup maka as penghubung berputar pada arah tetap. Penggunaan delapan mangkok pada baling-baling bertujuan untuk memudahkan dalam menampung angin yang berasal dari segala arah. Dengan demikian alat ini diharapkan lebih peka terhadap perubahan kecepatan angin daripada penggunaan anemometer yang mempunyai jumlah mangkok kurang dari delapan. Seperti ditunjukkan pada gambar 17.



**Gambar 17. Rancangan mekanika anemometer**

Secara teori frekuensi yang dihasilkan pada baling-baling mangkok sebagai penggerak piringan berlubang yang merupakan media sensor untuk lampu dan LDR dapat dihitung dengan menggunakan persamaan kecepatan linier dan kecepatan sudut. Dalam hal ini jari-jari telah ditentukan yaitu sebesar 5 cm, misal harga  $V = 1 \text{ m/s}$ , maka

$$V = \omega \cdot R$$

$$V = \frac{2\pi}{T} R$$

$$V = 2\pi R f$$

$$100 = 2\pi \cdot 5 \cdot f$$

$$100 = 10\pi \cdot f \quad \text{Schingga } f = 3,18 \text{ Hz} \approx 3 \text{ Hz}$$

Nilai 3 Hz ekuivalen dengan 3 putaran per detik, sehingga kecepatan 10 dm/s ekuivalen dengan 3 putaran piringan PCB. Berdasarkan asumsi tersebut maka frekuensi yang dihasilkan (3 Hz) digunakan untuk menentukan jumlah lubang



yang akan dibuat pada piringan PCB sebagai penghasil cacahan, sehingga diperoleh 9 cacahan dalam tiap detiknya atau sama dengan 9 dm/s.

### 3.3.2 Tahap Pembuatan Alat

Pada tahap ini dilakukan pembuatan (perakitan) unit sensor pengolah sinyal dan *display* pada semua papan PCB. Komponen-komponen elektronika dirangkai dengan menggunakan solder menjadi suatu rangkaian pengukur kecepatan angin dan arah angin bertiup secara digital. Kemudian sensor dari rangkaian dihubungkan dengan sistem mekanik perputaran mangkok dan sirip, catu daya dihubungkan dengan komponen rangkaian tersebut sehingga akan menghasilkan suatu peraga angka yang menunjukkan kecepatan dan arah angin.

### 3.3.3 Tahap Pengujian Alat

#### a. Pengujian Sensor

Pengujian sensor dimaksudkan untuk menentukan jarak antara lampu dan LDR serta mengetahui besarnya perubahan resistansi yang terjadi pada LDR baik pada kondisi gelap maupun terang. Jarak lampu dan LDR ditentukan agar tidak terjadi polarisasi (pemencaran) pada LDR, karena semakin besar polarisasi maka nilai resistansi semakin besar. Dengan demikian akan mengalami perubahan pada unit pengolah sinyal.

#### b. Pengujian Pengolah Sinyal

Pengujian pengolah sinyal dimaksudkan untuk menguji aliran arus pulsa dan untuk mengetahui status logika pada pin IC.

#### c. Pengujian Peraga

Pengujian peraga dimaksudkan untuk menampilkan bilangan desimal berupa angka pada SSD. Hal ini dilakukan dengan mengkonversi tegangan atau arus yang berasal dari LDR dengan penambahan sebuah resistor yang berfungsi sebagai pembagi tegangan. Kemudian dihubungkan ke pencacah IC 7490, IC 7447 dan dihubungkan ke peraga digital.

#### d. Pengujian Alat pada Penelitian Pendahuluan

Pengujian pada penelitian pendahuluan dimaksudkan untuk mengetahui anemometer digital tersebut dapat berfungsi dengan baik atau tidak. Pengujian

dilakukan di dalam ruangan dengan menggunakan kipas angin sebagai alat bantu penghasil angin yang menggerakkan mangkok dan sirip.

Penempatan anemometer digital dan anemometer analog diletakkan sejajar dengan jarak 30 cm. Penggunaan anemometer analog berfungsi sebagai pedoman atau kontrol dalam pengambilan data kecepatan angin pada anemometer digital.

**e. Pengujian Alat di Lapang**

Pengujian Alat di lapang dilakukan di luar ruangan (alam terbuka). Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kecepatan angin dan arah angin yang sebenarnya.

Pengujian dilakukan dengan membandingkan anemometer digital dan anemometer analog yang diletakkan sejajar dengan jarak 30 cm. Penggunaan anemometer analog berfungsi sebagai pedoman atau kontrol dalam pengambilan data kecepatan angin pada anemometer digital.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan angin yang sebenarnya sebagai penggerak mangkok dan sirip. Pengamatan dilakukan pada dua ketinggian yaitu 0,5 meter dan 2 meter di atas permukaan tanah pada pukul 07.30, 13.30, 17.30, 20.00, dan 22.00.

## V. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Anemometer digital merupakan perangkat elektronika yang mengukur kecepatan dan arah angin secara digital. Komponen anemometer digital terdiri atas sensor (LDR), IC 7490 sebagai pencacah, IC 7447 sebagai dekoder dan SSD sebagai peraga.
2. Pengujian anemometer digital dilakukan pada tanggal 28 Februari 2005 sampai tanggal 5 Maret 2005 di tempat terbuka yaitu pada ketinggian 0,5 meter dan 2 meter di atas permukaan tanah. Hasil pengujian pada ketinggian 0,5 meter didapatkan nilai 6,5 s/d 10,1 dm/s pada siang hari dan 2,3 s/d 8,0 dm/s pada malam hari yang dikategorikan angin udara ringan. Pengujian pada ketinggian 2 meter di atas permukaan tanah didapatkan nilai 5,1 s/d 13,6 dm/s pada siang hari dan 2,8 s/d 7,3 dm/s pada malam hari yang dikategorikan angin udara ringan.
3. Pengamatan arah angin pada anemometer digital gagal dilakukan karena alat tersebut tidak dapat berfungsi dengan baik.
4. Hasil dari proses perbandingan antara anemometer digital dan anemometer analog diperoleh koefisien korelasi ( $R^2$ ) = 0,8854 dengan persamaan  $y = 0,9579x + 1,6444$ .

## 5.2 Saran

Beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut, diantaranya.

1. Sensor (LDR) dapat diganti oleh sensor lain, misalnya penggunaan sensor magnet (saklar reed) untuk menghasilkan cacahan.
2. Perlu dilakukan penambahan penutup sensor (LDR) pada siang hari untuk mengurangi banyaknya cahaya yang masuk pada sensor (LDR).
3. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai panjang lengan mangkok, ukuran mangkok, jumlah mangkok yang digunakan.
4. Rotor dan poros as yang digunakan tidak boleh bergesekan, sehingga peka terhadap hembusan angin walaupun angin yang berkecepatan rendah sekalipun.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1984, *Penerapan Aneka IC TTL-CMOS-LINIER*, Binatronika, Bandung
- Cooper, W. D., 1994, *Instrumentasi Elektronika dan Teknik Pengukuran*, Terjemahan Sahat Pakpahan dari *Electronic Instrumentation and Measurement Techniques* (1978), Erlangga, Jakarta
- Faissler, W. L., 1991, *An Introduction to Modern Electronics*, John Wiley & Sons Inc., USA
- Harri, S., 1992, *Instrumentasi*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Universitas Jember, Jember
- Hidayat, B., 2002, *Fisika*, Erlangga, Jakarta
- Manan, M.F., M. A. Nursiwan, dan Soedarsono, 1986, *Alat Pengukur Cuaca di Stasiun Klimatologi*, Jurusan Geofisika dan Meteorologi FMIPA-IPB, Penerbit IPB, Bogor
- Marhaenanto, B., 2005, *Instrumentasi*, [www.angelsoundclearing.com](http://www.angelsoundclearing.com)
- Murdiyati, P., 2004, *Gerbang dalam Rangkaian Digital*, [www.kompas.com/teknologi](http://www.kompas.com/teknologi)
- Plant, M. dan J. Stuart, 1985, *Pengantar Ilmu Teknik Instrumentasi*, Terjemahan Ignatius Hartono dari *Schools Council Modular Courses in Technology Instrumentation* (1983), PT. Gramedia, Jakarta
- Prawirowardoyo, S., 1996, *Meteorologi*, ITB, Bandung
- Rusmadi, D., 1989, *Pedoman Elektronika 2*, PT. Elex Komputindo, Jakarta
- Sapiic, S. dan O. Nishino, 2000, *Pengukuran dan Alat-alat Ukur Listrik*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- Sears, F.W., M. W. Zemansky, dan H. D. Young, 1993, *Fisika Universitas*, Terjemahan Sri J. Wirjosoedirdjo dan Soegeng dari *University Physics* (1982), Erlangga, Jakarta
- Tjasyono, B.H. K., 1992, *Klimatologi Terapan*, Pionir Jaya, Bandung
- , 1999, *Klimatologi Umum*, ITB, Bandung
- Tokheim, R. L., 1995, *Elektronika Digital*, Erlangga, Jakarta

Wasito, S., 2001, *Vademekum Elektronika*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

Yuli, 2002, *Sistem Pengukuran Kecepatan angin*, Jurnal Fisika, Himpunan Fisika Indonesia, <http://bf.fisika.net>

Lampiran 1. Tabel Kecepatan Angin secara Analog dan Digital di luar Ruangan pada Ketinggian 0,5 meter

tanggal		jam	Analog(dm)	Digital(dm)	tanggal	jam	Analog(dm)	Digital(dm)	tanggal	jam	Analog(dm)	Digital(dm)
28/02/05		7:25	10	7	01/03/05		7:31	0	02/03/05		7:31	0
		7:32	9	8			7:32	0			7:32	3
		7:33	6	8			7:33	0			7:33	0
		7:34	7	5			7:34	0			7:34	0
		7:35	3	2			7:35	10			7:35	5
		7:36	10	10			7:36	5			7:36	0
		7:37	7	6			7:37	0			7:37	1
		7:38	0	0			7:38	0			7:38	4
		7:39	0	0			7:39	3			7:39	0
		7:40	8	8			7:40	10			7:40	0
		13:32	10	13			13:32	20			13:32	0
		13:33	9	10			13:33	20			13:33	0
		13:34	6	4			13:34	24			13:34	18
		13:35	8	9			13:35	10			13:35	0
		13:36	12	10			13:36	19			13:36	0
		13:37	0	0			13:37	8			13:37	0
		13:38	0	0			13:38	5			13:38	1
		13:39	0	1			13:39	14			13:39	20
		13:40	10	9			13:40	9			13:40	20
		17:31	0	0			17:31	10			17:31	5
		17:32	0	0			17:32	11			17:32	3
		17:33	0	0			17:33	9			17:33	1
		17:34	1	2			17:34	5			17:34	0
		17:35	0	0			17:35	5			17:35	6
		17:36	7	7			17:36	7			17:36	0
		17:37	9	8			17:37	0			17:37	5
		17:38	4	5			17:38	0			17:38	0
		17:39	0	0			17:39	6			17:39	5
		17:40	1	0			17:40	4			17:40	3
		20:01	0	0			20:01	0			20:01	3
		20:02	0	0			20:02	0			20:02	1
		20:03	0	0			20:03	0			20:03	0
		20:04	0	0			20:04	0			20:04	0
		20:05	0	0			20:05	5			20:05	5
		20:06	5	7			20:06	0			20:06	0

Lampiran 1 (Lanjutan)

tanggal	jam	Analog(dm)	Digital(dm)	tanggal	jam	Analog(dm)	Digital(dm)	tanggal	jam	Analog(dm)	Digital(dm)
28/02/05	20.07	0	0	01/03/05	20.07	0	1	02/03/05	20.07	3	2
	20.08	0	0		20.08	0	1		20.08	2	1
	20.09	9	10		20.09	2	1		20.09	0	0
	20.10	5	4		20.10	3	3		20.10	0	0
	22.01	0	0		22.01	0	0		22.01	0	0
	22.02	0	0		22.02	1	0		22.02	0	0
	22.03	1	0		22.03	3	5		22.03	0	0
	22.04	7	5		22.04	0	0		22.04	3	3
	22.05	9	10		22.05	0	0		22.05	0	0
	22.06	5	6		22.06	0	0		22.06	0	0
	22.07	0	0		22.07	0	0		22.07	2	2
	22.08	0	0		22.08	0	0		22.08	0	0
	22.09	10	10		22.09	2	4		22.09	1	1
	22.10	12	14		22.10	3	5		22.10	3	2



Lampiran 2. Tabel Kecepatan Angin Secara Analog dan Digital di Luar Ruangan pada Ketinggian 2 meter

Tanggal	Jam	03/03/05		04/03/05		05/03/05		Jam	Analog(dm)	Digital(dm)	Analog(dm)	Digital(dm)	Analog(dm)	Digital(dm)
		Analog(dm)	Digital(dm)	Analog(dm)	Digital(dm)	Analog(dm)	Digital(dm)							
	7.31	4	5	7.31	1	2	7.31	2	1	2	7.31	2	1	2
	7.32	3	2	7.32	0	0	7.32	0	0	0	7.32	0	0	0
	7.33	0	0	7.33	1	3	7.33	1	1	3	7.33	0	0	0
	7.34	0	0	7.34	0	0	7.34	0	0	0	7.34	9	9	10
	7.35	0	0	7.35	0	0	7.35	0	0	0	7.35	0	0	0
	7.36	8	6	7.36	3	5	7.36	3	3	5	7.36	0	0	1
	7.37	0	0	7.37	0	0	7.37	0	0	0	7.37	0	0	0
	7.38	10	10	7.38	0	0	7.38	0	0	0	7.38	0	0	0
	7.39	5	4	7.39	2	2	7.39	2	2	2	7.39	0	0	2
	7.40	0	0	7.40	3	5	7.40	3	3	5	7.40	0	0	0
	13.32	13	10	13.32	35	35	13.32	35	35	35	13.32	1	1	0
	13.33	1	1	13.33	37	34	13.33	37	34	34	13.33	5	5	5
	13.34	0	0	13.34	38	38	13.34	38	38	38	13.34	8	8	6
	13.35	0	0	13.35	31	30	13.35	31	30	30	13.35	4	3	3
	13.36	2	3	13.36	28	28	13.36	28	28	28	13.36	18	18	20
	13.37	20	22	13.37	24	25	13.37	24	25	25	13.37	8	8	8
	13.38	15	17	13.38	0	0	13.38	0	0	0	13.38	13	13	15
	13.39	10	10	13.39	33	35	13.39	33	35	35	13.39	10	10	11
	13.40	13	15	13.40	31	35	13.40	31	31	35	13.40	0	0	1
	17.31	0	0	17.31	5	7	17.31	5	5	7	17.31	3	3	3
	17.32	3	2	17.32	7	6	17.32	7	7	6	17.32	0	0	0
	17.33	5	4	17.33	0	0	17.33	0	0	0	17.33	3	3	2
	17.34	3	3	17.34	0	0	17.34	0	0	0	17.34	0	0	0
	17.35	4	5	17.35	0	0	17.35	0	0	0	17.35	5	5	2
	17.36	4	5	17.36	3	2	17.36	3	3	2	17.36	2	2	2
	17.37	0	0	17.37	0	0	17.37	0	0	0	17.37	0	0	0
	17.38	2	1	17.38	4	6	17.38	4	4	6	17.38	1	0	0
	17.39	4	3	17.39	3	5	17.39	3	3	5	17.39	0	0	0
	17.40	5	6	17.40	0	0	17.40	0	0	0	17.40	4	4	4
	20.01	0	0	20.01	0	0	20.01	0	0	0	20.01	3	3	3
	20.02	0	0	20.02	3	2	20.02	3	3	2	20.02	2	2	2
	20.03	0	0	20.03	0	2	20.03	0	0	2	20.03	3	3	3
	20.04	8	9	20.04	2	1	20.04	2	2	1	20.04	5	5	5
	20.05	4	6	20.05	4	4	20.05	4	4	4	20.05	2	2	3

## Lampiran 2 Lanjutan

tanggal	Jam	Analog(dm)	Digital(dm)	tanggal	Jam	Analog(dm)	Digital(dm)	tanggal	Jam	Analog(dm)	Digital(dm)
03/03/05	20.06	3	4	05/03/05	20.06	0	0	05/03/05	20.06	0	0
	20.07	0	0		20.07	8	7		20.07	1	0
	20.08	5	6		20.08	0	0		20.08	3	2
	20.09	0	0		20.09	0	0		20.09	0	0
	20.10	0	0		20.10	10	11		20.10	4	4
	22.01	0	0		22.01	0	0		22.01	1	1
	22.02	0	0		22.02	0	0		22.02	3	3
	22.03	10	11		22.03	0	0		22.03	1	2
	22.04	0	0		22.04	5	4		22.04	3	3
	22.05	0	0		22.05	3	3		22.05	4	3
	22.06	1	2		22.06	0	0		22.06	0	0
	22.07	0	0		22.07	5	6		22.07	3	3
	22.08	5	6		22.08	0	0		22.08	4	4
	22.09	0	0		22.09	0	0		22.09	0	0
	22.10	12	14		22.10	9	7		22.10	2	2

Lampiran 3. Tabel Rata-rata Kecepatan Angin Secara Analog dan Digital

ketinggian (m)	7.30 WIB		13.30 WIB		17.30 WIB		20.00 WIB		22.00 WIB		
	tanggal	Analog (dm)	Digital (dm)	Analog (dm)	Digital (dm)	Analog (dm)	Digital (dm)	Analog (dm)	Digital (dm)	Analog (dm)	Digital (dm)
0.5	28/02/05	7.5	6.75	9.15	9.83	4.4	3.6	6.3	7	7.33	9
0.5	1/3/05	7	7.5	14.4	15	7.36	7.07	3.33	2.6	2.25	4.67
0.5	2/3/05	3.25	3.5	12	12.2	4.17	4.4	2.8	2.5	2.25	2
2	3/3/05	6	5.5	11.13	11.87	3.75	3.63	5.25	6	7	8.5
2	4/3/05	1.83	3.4	33.55	33.11	4.4	4.3	5.4	4.5	5.5	5
2	5/3/05	5.67	4	7.37	8.67	3	2.6	3	3.167	2.625	2.625

Tabel Rata-rata Kecepatan Angin pada Siang dan Malam Hari

ketinggian (m)	Tanggal	Kecepatan Siang Hari		Kecepatan malam Hari	
		Analog(dm/s)	Digital(dm/s)	Analog(dm/s)	Digital(dm/s)
0.5	28/02/05	7	7	7	8
0.5	01/03/05	10	10	3	4
0.5	02/03/05	6	7	3	2
2	03/03/05	7	7	6	7
2	04/03/05	13	14	5	5
2	05/03/05	5	5	3	3

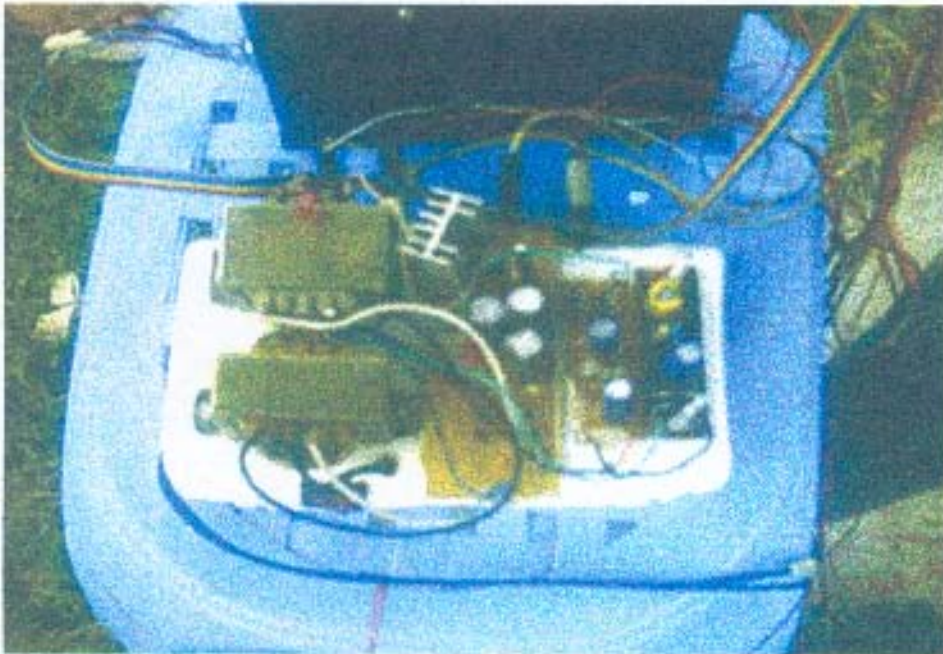
Lampiran 4. Tabel Pengujian Kecepatan Angin secara Analog dan Digital di dalam Ruang

jam 09.00		jam 09.15		jam 09.30		jam 09.45		jam 10.00	
Analog(dm)	Digital(dm)	Analog(dm)	Digital(dm)	Analog(dm)	Digital(dm)	Analog(dm)	Digital(dm)	Analog(dm)	Digital(dm)
5	0	17	21	4	5	29	29	18	19
9	5	14	15	13	9	27	31	35	30
13	14	14	10	35	35	34	37	44	39
10	11	9	5	29	25	20	20	40	35
10	12	19	19	26	22	21	25	20	25
21	23	22	18	25	22	37	34	24	26
13	11	13	15	25	28	19	24	35	39
5	11	29	27	24	20	23	22	24	24
10	10	32	29	34	35	20	24	30	29
13	10	25	29	23	22	9	10	29	32
11	9	31	30	29	29	24	23	18	21
18	23	28	24	39	37	29	28	39	34
19	23	16	11	31	35	28	29	38	39
26	24	11	12	32	35	23	23	25	26

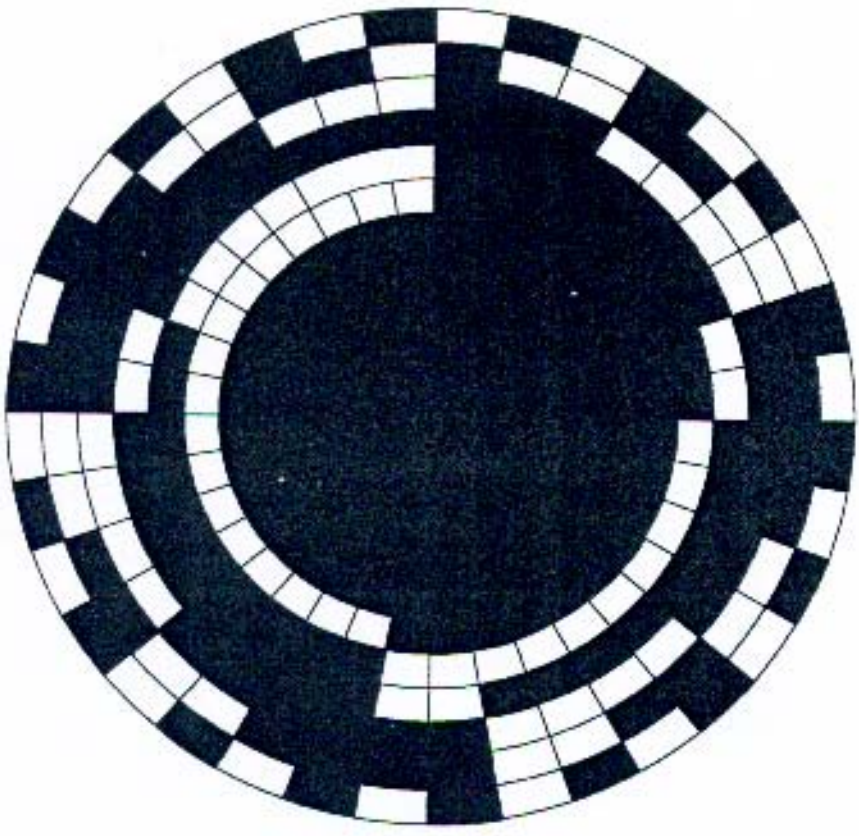
jam 10.15		jam 10.30		jam 10.45		jam 11.00		jam 11.15	
Analog(dm)	Digital(dm)	Analog(dm)	Digital(dm)	Analog(dm)	Digital(dm)	Analog(dm)	Digital(dm)	Analog(dm)	Digital(dm)
33	28	20	24	31	36	35	38	27	30
40	38	29	34	32	32	23	19	15	16
33	36	32	34	35	38	22	21	4	9
30	35	26	21	35	37	22	20	27	32
21	25	33	31	25	30	22	24	37	36
35	34	30	34	27	29	17	20	23	21
39	34	30	32	33	33	15	20	18	20
38	39	35	37	32	35	38	38	34	30
36	38	30	34	32	31	35	35	34	39
35	35	26	30	20	21	24	25	29	33
34	31	30	30	23	20	24	28	28	30
25	32	30	31	32	30	29	30	34	32
29	31	30	33	18	20	21	19	33	35
33	32	31	32	36	31	21	22	26	29

**Lampiran 5. Foto Dokumentasi****Gambar 1. Dokumentasi Anemometer Digital****Gambar 2. Dokumentasi Mangkok Pada Anemometer Digital**

**Lampiran 5 (Lanjutan)****Gambar 3. Komponen Rangkaian Kecepatan Angin dan Arah Angin****Gambar 4. Penempatan Anemometer Digital dan Anemometer Analog di Luar Ruangan**



Lampiran 6. Gambar patron piringan berlubang



Gambar patron piringan berlubang