



Hik Cipta (Hindarong) Unmangurandang

1. Diambil sebagai bagian dari penelitian karya tulis ini sebagai pemenuhan syarat dan persyaratan sumber.
2. Diperoleh sebagai bentuk penghargaan tersendiri, apresiasi, perhatian karya ilmiah, penyesuaian laporan, penulisan kritik atau tanggapan untuk masalah.
3. Penghargaan tidak mengesampingkan kedudukan yang wajar IPB University.
4. Diperoleh menggunakan dan memperhatikan selangun atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

*Untuk Orang-orang yang kucintai,  
Mamah, Bapa, Andi, Nia, Dinda  
dan seorang kekasih*

6/5 FM / 1997 / 002

# RADIOLEMETRI CURAH HUJAN



Oleh  
**BRAMANDAYA ALI ISMAIL**  
G. 230999



JURUSAN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
1991

## RINGKASAN

BRAMANDAYA ALI ISMAIL. Radiotelemetri Curah Hujan (Di bawah bimbingan Soedarsono, MSc.)

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh terbatasnya kemampuan pengukur curah hujan konvensional yang perlu dikunjungi setiap saat pada saat melakukan pengukuran.

Prinsip yang dipakai dalam sistem radiotelemetri curah hujan ini adalah pengiriman sinyal (pulsa) yang telah termodulasi secara elektromagnetik. Pulsa yang dihasilkan merupakan satu hitungan jungkitan dari sensor penakar hujan tipe bejana berjungkit.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan suatu model alat pengukur curah hujan yang menggunakan sistem radiotelemetri yang murah dan sederhana serta dapat mengukur secara langsung dan sekaligus mencatat besarnya kejadian hujan secara otomatis.

Pengujian perangkat sistem pengukuran jarak jauh ini dilakukan sebulan penuh pada Bulan Juli 1991. Pengujian mengambil tempat di lingkungan kampus IPB Baranangsiang, Bogor. Jarak antara pemancar dan penerima sekitar 200 meter. Alat dihidupkan terus menerus. Unit pemancar dicatu dengan sistem penyadapan energi surya (sel fotovoltaik dan baterai NiCad). Efisiensi Sel surya yang dipakai sebesar 4%, didapat dari koefisien kemiringan garis regresi yang menyatakan hubungan antara kerapatan

limpahan radiasi surya yang datang dengan energi listrik yang dihasilkan per satuan luas wafer sel fotovoltaik.

Konsumsi daya untuk pemancar berkisar pada 9.4 mW pada tegangan catu 2.4 volt. Daya jangkauan pancaran dipertinggi dengan jalan memodifikasi bentuk antena. Tipe antena yang digunakan sebagai hasil modifikasi adalah dari tipe Yagi dengan 3 elemen.

Pada unit penerima, sinyal termodulasi yang ditransmisikan ditangkap oleh antena dan radio penerima. Dari radio penerima sinyal diumpangkan ke unit dekoder untuk diubah menjadi bentuk pulsa serta untuk memisahkan sinyal-sinyal lain yang tidak dikehendaki. Pulsa yang dihasilkan dekoder perlu disinkronkan terlebih dahulu dengan pulsa dari unit pewaktu pencetakan.







Judul Masalah Khusus : Radiotelemetri Curah Hujan  
 Nama Mahasiswa : Bramandaya A Ismail  
 Nomor pokok : G.230999

Menyetujui,

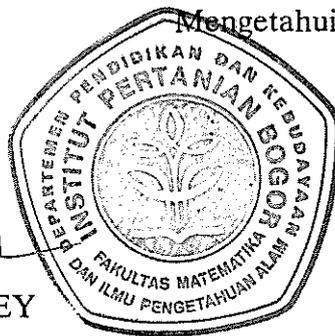
SOEDARSONO, MSc.

Dosen Pembimbing

Mengetahui,

Dr Ir AHMAD BEY

Ketua Jurusan GEOMET



Ir ABUJAMIN AHMAD NASIR

Komisi Pendidikan

Tanggal Lulus: 1 Oktober 1991



## KATA PENGANTAR

Bismillahirromaanirohim,

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadlirat Allah SWT, yang dengan hanya ridhlo-Nya telah memungkinkan penulis untuk menyelesaikan penelitian dan penyusunan laporan masalah khusus ini, yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana agrometeorologi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, di Institut Pertanian Bogor.

Penulis mengucapkan terima kasih Kepada:

1. Bapak Soedarsono MSc. selaku dosen pembimbing dalam penelitian ini atas segala bimbingan dan arahnya selama kegiatan penelitian dan penyusunan laporan ini.
2. Bapak Ir Effendy Manan, atas segala bimbingan, saran dan bantuan yang diberikan kepada penulis selama kegiatan penelitian berlangsung.
3. Bapak Dr Ir Hidayat Pawitan, atas kesediaan menjadi dosen penguji serta atas segala bimbingan, saran dan bantuannya yang diberikan kepada penulis selama kegiatan penelitian berlangsung.
4. Bapak Ir Abujamin Ahmad Nasir, selaku dosen penguji.
5. Yayasan SUPERSEMAR yang telah memberikan beasiswa kepada penulis sejak tahun 1989.
6. Bapak Sujatmiko di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Geofisika dan Meteorologi atas

bantuannya mempersiapkan tempat dan sarana penelitian kepada penulis.

7. Pak Emang di Perpustakaan Agromet; Pak Djun; mbak Lis; mbak Endah serta staf dan karyawan Jurusan Geofisika Meteorologi lainnya.
8. Bapak Rahmat dan Bapak Parman di Laboratorium Fisika atas bantuan peminjaman alat Oscilloscope.
9. Kedua Orang tua yang telah membiayai sampai penulis selesai menempuh perkuliahan di Institut Pertanian Bogor.
10. 'Wa Pepet dan Keluarga di Ciremai 14 Bogor ; Mas Arie dan Teh Evie di Sempur IV/2 Bogor yang telah banyak membantu baik moril maupun materil selama penulis menempuh studi di Institut Pertanian Bogor.
11. Rekan Auni, Rolan Pandapotan, Ogiv dan Budi Kartiwa atas bantuan selama penelitian yang sangat penulis hargai.
12. Rekan M. Syukri Nur di Ciremai 147 (blk) Bogor atas bantuan peralatan komputasinya.
13. Sahib-sahib di **MultiScience**, diantaranya Ir Budi Susetyo, Ir Henrychas, Ir Auni Chandra, Ir Helmy Hasan Basri dan yang sedang gigih mengejar keinsinyurannya, Fauzan Saifullah (Ozho).
14. Rekan-rekan sekelas Agromet yang **Unforgettable**; kawan-kawan yang pernah seataap: Nelson (Ichon), Viktor (Agus), Pace, Lala Cs juga untuk Ery, Fifi, Sigit dll.

15. dan tentu saja kepada Dik Ruwiyani (Uwie), atas dorongan, semangat serta do'a yang diberikan kepada penulis.

Akhirnya penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Walaupun demikian besar harapan penulis agar laporan ini bermanfaat adanya.

Bogor, Oktober 1991

penulis





4.3.	Rangkaian-rangkaian Multivibrator Astabil ...	53
4.4.	Rangkaian Multivibrator Monostabil .....	58
4.5.	Unit Dekoder Nada Sinyal .....	60
4.6.	Unit Pemancar .....	65
4.7.	Analisis Hasil pencatatan Curah Hujan.....	74
V.	KESIMPULAN DAN SARAN .....	79
5.1.	Kesimpulan .....	79
5.2.	Saran .....	80
	DAFTAR PUSTAKA .....	81
	LAMPIRAN .....	84

## DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
4.1.	Hasil pengamatan curah hujan selama bulan Juli 1991 yang berhasil dicatat .....	74

### Lampiran

1.	Hasil Penyadapan energi surya dengan menggunakan sel surya .....	85
2.	Hasil Pengamatan Curah Hujan .....	86
3.	Spesifikasi Mesin Hitung Berpencetak Merk Casio tipe HR-9 .....	91
4.	Spesifikasi pemancar Merk Conion tipe CWM-P57 ....	92

Has Cipta Plintarng! Unsur-unsur  
 1. Diambil sebagai bagian dari penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa dan dosen  
 2. Pengambilan hasil atau temuan penelitian dilakukan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan buku atau tulisan untuk masalah  
 3. Pengambilan hasil atau temuan penelitian yang wajar IPB University  
 4. Diambil sebagai bagian dari penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa dan dosen  
 5. Diambil sebagai bagian dari penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa dan dosen

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
2.1.	Gambaran umum dari sebuah penakar hujan yang bekerja berdasarkan prinsip Keseimbangan (tipping bucket) (Edwards, al, 1974).....	7
2.2.	Hubungan antara sensor dan peraga. (a) Sensor dan peraga dibangun dalam suatu unit dan dibuat tetap; (b) Sensor berada pada suatu jarak dari peraga dan dihubungkan oleh kabel penghantar; (c) Tidak menggunakan kabel penghubung antara sensor dan peraga. Informasi dipancarkan dari sensor menggunakan gelombang radio (Bligh dan Robinson, 1968) .....	12
2.3.	Diagram tata letak kaki terminal (a) dan rangkaian internal IC 555 (b).....	20
2.4.	Diagram terminal kaki dan rangkaian internal IC 556 .....	21
2.5.	Diagram terminal kaki IC 567 (a) dan rangkaian internalnya (b) .....	22
2.6.	Diagram terminal kaki serta rangkaian internal IC CD406 .....	23
2.7.	Diagram terminal kaki IC CD4049 serta rangkaian internalnya .....	24
2.8.	Diagram blok pemancar (a) dan penerima FM (b) .....	29
2.9.	Potongan Melintang dari Sel Surya .....	32
3.1.	Skema rangkaian alat pembangkit sinyal .....	37
3.2.	Skema Rangkaian Dekoder Nada .....	38
3.3.	Skema Pewaktu Pencetakan .....	39
3.4.	Skema rangkaian Penunda Sinyal .....	40
3.5.	Skema Catu daya untuk Unit Pemancar .....	41

Halaman ini adalah bagian dari dokumen yang diterbitkan oleh Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) dan tidak boleh disebarluaskan atau digunakan untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari ITS.

3.6.	Menara air di Kampus IPB .....	42
3.7.	Alat Pemrogram keran otomatis serta ember yang digunakan untuk pengujian alat Radiotelemetri curah hujan .....	44
4.1.	Tampak Luar unit penerima dan pengolah data .....	49
4.2.	Tampak dalam unit penerimaan dan pengolah data .....	49
4.3.	Penakar yang digunakan dalam penelitian .....	50
4.4.	Hubungan antara berbagai tingkat intensitas hujan dengan persentase galat perhitungan yang terjadi (Rugewalira, et al, 1986) .....	53
4.5.	Skema dasar multivibrator astabil .....	54
4.6.	Bentuk Sinyal-sinyal pewaktuan dari operasi multivibrator astabil .....	55
4.7.	Bentuk Gelombang Keluaran dari unit pembangkit sinyal dilihat dengan oscilloscope .....	56
4.8.	Pewaktu seri menyebabkan pengkasakdaan waktu yang membangkitkan pulsa sekuensial dengan panjang waktu berbeda .....	59
4.9.	Skema blok dasar dari dekoder nada 567 .....	62
4.10.	(a) sinyal cacat karena pengaruh lebar volume yang besar; (b) sinyal yang cacat karena pengaruh bukaan nada trebel dan bass yang terbuka penuh; (c) bentuk sinyal yang terdeteksi oleh dekoder nada pada taraf bukaan volume yang sedang dan nada trebel dan bass minimum .....	64
4.11.	Kotak unit pemancar dan pembangkit sinyal .....	65
4.12.	Grafik hubungan antara Kerapatan Limpahan Radiasi Surya dengan Daya Listrik yang dihasilkan .....	68
4.13.	Panel sel surya yang digunakan dalam penelitian .....	69

4.14.	Penyadapan energi Surya menjadi Listrik .....	70
4.15.	Antena tipe yagi yang digunakan sebagai antena penguat daya pancar .....	73
4.16.	Grafik jumlah hitungan pulsa dengan waktu pada tanggal 16 Juli 1991 .....	76
4.17.	Grafik jumlah hitungan pulsa dengan waktu pada tanggal 17 Juli 1991 .....	77
4.18.	Grafik jumlah hitungan pulsa dengan waktu pada tanggal 24 Juli 1991 .....	77

#### Lampiran

1.	Bagan Proses kerja sistem radiotelemetri curah hujan .....	88
2.	Skema lengkap Pengolah Data sinyal .....	89
3.	Bagian Penerima dan Pengolah data serta alat-alat penguji .....	90
4.	Sel Surya dan Kipp Solarimeter .....	90





penelitian-penelitian tertentu tidak jarang pengamat harus melakukan pengamatan terus menerus selama 24 jam dalam jangka waktu beberapa hari, bahkan sampai beberapa minggu sampai beberapa bulan. Pengamatan yang kontinyu ini sangat melelahkan pengamat karena harus terus-menerus berada di lapang. Kasus lain yang menyulitkan adalah daerah pengamatan tidak boleh terganggu oleh keberadaan pengamat.

Untuk mengatasi masalah-masalah tersebut, maka telah dipikirkan penggunaan peralatan meteorologi yang lebih canggih. Ada beberapa alternatif yang dapat digunakan. Diantaranya adalah sistem perekaman data cuaca yang sudah diubah dulu kedalam bentuk sinyal listrik (pulsa) pada pita kaset atau (*micro*) *logger*. Alternatif lain adalah dengan sistem telemetri, baik yang menggunakan transmisi melalui kawat (kabel penghantar) maupun yang menggunakan sistem transmisi lain yang tidak terlihat (*wireless*), seperti menggunakan cahaya, suara atau gelombang radio (radiotelemetri). Cara yang disebut pertama relatif mahal karena adanya ketergantungan pada komputer yang digunakan untuk mengubah pulsa yang telah terekam menjadi data cuaca kembali. Sedangkan cara kedua relatif lebih murah dan lebih mudah. Dengan sistem telemetri ini, pengamat tidak perlu datang ke lapang pengamatan, tetapi dapat berada di tempat lain dan memonitor data yang dikirimkan alat pengukur parameter cuaca pada alat penerima.



Semua parameter cuaca yang dapat dikonversikan kepada variasi satuan listrik dapat diukur dengan menggunakan sistem telemetri ini. Curah hujanpun dapat diukur dengan menggunakan sistem telemetri ini sekaligus mengukur intensitas, frekwensi dan lamanya hujan. Telemetri yang mengukur curah hujan dan menggunakan transmisi gelombang radio dalam penyampaiannya disebut **radiotelemetri curah hujan**.

Selain untuk menggantikan peralatan konvensional di stasiun-stasiun klimatologi/meteorologi, sistem radiotelemetri ini juga dapat digunakan untuk berbagai tujuan pada disiplin ilmu yang lain. Seperti yang telah dilakukan oleh Cornish dan Green (1981) yang melakukan penelitian tentang pengaruh konfigurasi kandang terhadap pola curah hujan dan dampaknya terhadap tingkat kematian (mortalitas) anak domba. Dimana dalam penelitian ini pola curah hujan yang terjadi tidak boleh terganggu oleh keberadaan pengamat, sehingga pengamat diharuskan memantaunya dari tempat lain yang berjauhan dari penakar hujan.

Sistem radiotelemetri curah hujan inipun dapat dipakai untuk mengukur intersepsi hujan oleh tegakan hutan untuk mengurangi frekwensi kunjungan ke tempat pengamatan.

Sistem telemetri juga banyak dipergunakan untuk penelitian-penelitian hidrometeorologi yang berguna untuk mengetahui besarnya intensitas hujan pada suatu daerah tangkapan hujan dengan segera.



## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan suatu model alat pengukur curah hujan yang menggunakan sistem radiotelemetri yang murah dan sederhana serta dapat mengukur sekaligus mencatat secara otomatis besarnya kejadian hujan secara otomatis.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Pengukuran Curah Hujan

Jumlah total dari presipitasi dalam suatu waktu tertentu, dinyatakan sebagai tinggi air yang memenuhi suatu permukaan horisontal jika tidak ada aliran permukaan, infiltrasi dan penguapan (Doorenbos, 1976).

Alat penakar hujan yang biasa dipakai disebut ombrometer, hyetometer atau pluviometer (Middleton, 1979).

Menurut Gilman (1964), penakar hujan adalah penampung berbentuk silinder dengan bagian atas yang terbuka. Hujan (atau bentuk lain dari presipitasi) jatuh ke dalam penampung tersebut, dan tingginya (atau volume atau beratnya) diukur. Kesulitan-kesulitan untuk mendapatkan data yang benar adalah:

- (a) Keberadaan penakar mengganggu medan angin dengan demikian akan mempengaruhi jatuhnya air hujan.
- (b) Tertumpuknya kotoran, salju atau es di mulut penakar.
- (c) Pohon, bangunan serta benda-benda lain yang berada disekitarnya sehingga mengganggu tangkapan air hujan oleh penakar.
- (d) Sejumlah air hujan akibat penguapan dan pembasahan pada sisi dalam penakar.
- (e) Lekukan serta cacat-cacat fisik pada penakar juga akan memberikan hasil yang berbeda dari sesungguhnya.
- (f) Pengukuran akan salah bila terjadi cipratan baik keluar maupun kedalam penakar.

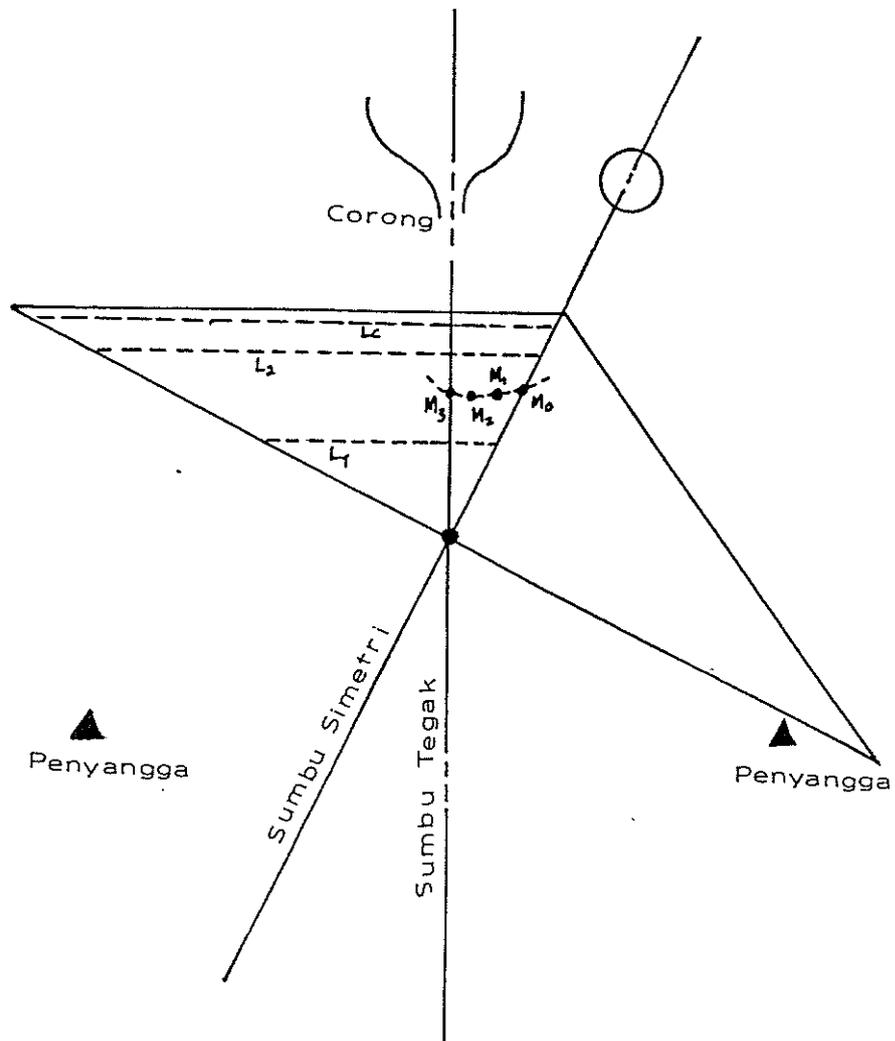
Terdapat ratusan jenis penakar hujan yang banyak dipakai, namun dari sekian banyak itu dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu penakar hujan hujan tak berperekam, penakar hujan hujan berperekam dan penakar penyimpan air hujan (Gilman, 1964).

Satu dari tipe penakar hujan yang sangat umum digunakan adalah penakar hujan bergaris tengah sebesar 8 inchi atau sekitar 20.3 cm pada mulut penakarnya. Penggunaannya sangat luas karena kesederhanaan konstruksi, murah dan mudah digunakan. Untuk mengetahui intensitas hujan atau jumlahnya pada selang waktu yang pendek penakar hujan berperekam cocok digunakan untuk mencatat data tersebut. Beberapa mekanisme yang digunakan adalah: (1) Prinsip pelampung, yaitu yang dipakai pada tipe penakar hujan **tilting siphon** dan **Hellman**, (2) Prinsip pemberat yang digunakan pada tipe **Bendix**, (3) Prinsip bejana berjungkit (**tipping bucket**). Biasanya jumlah total curah hujan juga sangat diperlukan untuk kalibrasi yang didapat dari tipe penakar yang konvensional (tak berperekam) (Spiegel dan Gruber, 1983).

Menurut Doorenbos (1976) penakar hujan berperekam yang biasa terpasang di stasiun meteorologi pertanian ialah dari tipe yang paling akurat dalam hal ini adalah dari tipe bejana berjungkit.

Gambar 2.1 memperlihatkan bentuk dasar dari alat penakar tipe bejana berjungkit (**tipping bucket**).





Gambar 2.1. Gambaran umum dari sebuah penakar hujan yang bekerja berdasarkan prinsip Keseimbangan (tipping bucket) (Edwards, et al, 1974).





(V) serta waktu pengisian mangkuk (T), dan dinyatakan sebagai:

$$Q = V/T \text{ (ml/detik, ml, detik)}$$

Secara umum bagaimanapun juga, ada hubungan yang tidak linier antara kecepatan aliran dengan waktu perpindahan mangkuk penampung karena adanya sejumlah air yang hilang (tergantung dari kecepatan aliran) selama waktu yang diperlukan mangkuk untuk bergerak dari keadaan diam kepada kedudukan dimana sekat pemisah mangkuk tepat berada di bawah saluran masukan (t). Bila nilai T dianggap tetap. (konstan) dengan kecepatan aliran yang berbeda-beda, maka persamaan diatas (persamaan kalibrasi statis) berubah menjadi:

$$Q = V/(T-t) \text{ (ml/detik, ml, detik, detik)}$$

Persamaan baru ini dinamakan persamaan kalibrasi dinamis. Pada kecepatan aliran yang sangat rendah, yaitu bilamana nilai T jauh lebih besar daripada nilai t, maka persamaan kalibrasi dinamis dapat disamakan dengan persamaan kalibrasi statis (Calderr dan Kidd, 1978).

## • 2.2. Sistem Radiotelemetri

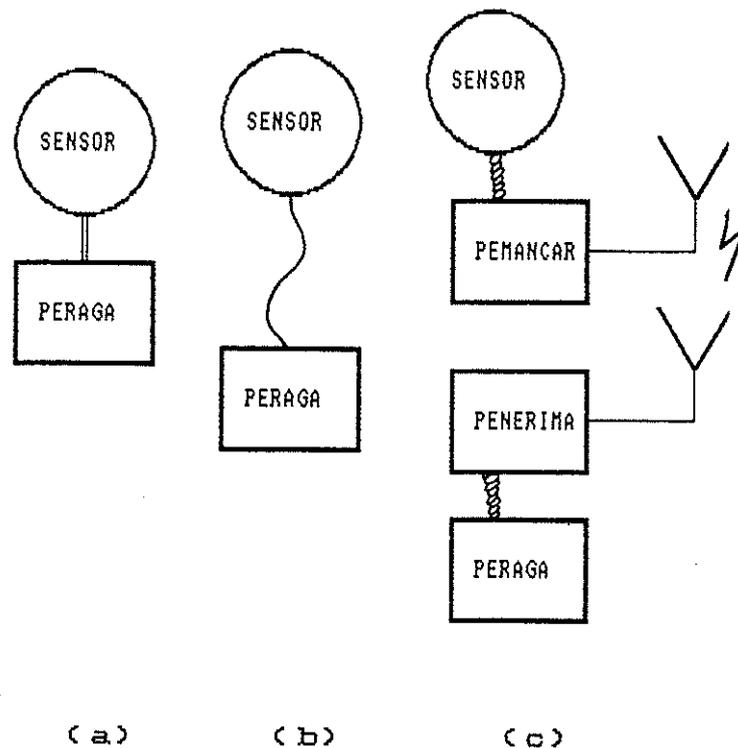
Sistem telemetri adalah suatu sistem pengukuran yang dilakukan dari jarak jauh. Keinginan manusia untuk mengamati kejadian disekitarnya menyebabkan berkembangnya sistem telemetri ini. Hal yang mendorong perkembangan sistem telemetri ini terutama disebabkan oleh karena

seringkali tempat-tempat pengukuran tidak dapat dijangkau oleh manusia secara periodik. Contoh sederhana dari sistem telemetri adalah pengukuran suhu dengan kawat penghantar. Dari kawat biasa yang menghubungkan sebuah transduser dengan peraga, lambat laun berkembang menjadi suatu sistem yang mutakhir yang menggunakan teknik komunikasi modern. Sehingga perkembangan ini memungkinkan manusia mengamati peristiwa disekitarnya yang relatif sukar untuk dikunjungi (Rodiat, 1981).

Kemudian Rodiat (1981) mengatakan bahwa pada prinsipnya suatu sistem telemetri terdiri atas 3 bagian, yaitu: pengirim, transmisi dan penerima.

Terdapat tiga kategori yang bertalian dengan sistem pengukuran, yaitu hubungan antara sensor dan peraga. Unit peraga dan sensor dalam satu tempat yang sudah tetap dan tidak bisa diubah-ubah letaknya (Gambar 2.2.a). Peraga ditempatkan berjauhan dengan sensor dan dihubungkan dengan menggunakan kabel atau kawat penghantar (Gambar 2.2.b), atau tidak hubungan yang terlihat antara sensor dan peraga (Gambar 2.2.c). Hubungan antara keduanya dapat melalui sinyal suara, cahaya maupun menggunakan transmisi gelombang radio. Transmisi yang disebutkan terakhir disebut sistem radiotelemetri dan sistem ini paling banyak dipakai dan banyak manfaatnya (Bligh dan Robinson, 1968; Monteith, 1972).





Gambar 2.2. Hubungan antara sensor dan peraga. (a) Sensor dan peraga dibangun dalam suatu unit dan dibuat tetap; (b) Sensor berada pada suatu jarak dari peraga dan dihubungkan oleh kabel penghantar; (c) Tidak menggunakan kabel penghubung antara sensor dan peraga. Informasi dipancarkan dari sensor menggunakan gelombang radio (Bligh dan Robinson, 1968)

Pemilihan media penghubung antara sensor dan peraga tergantung pada beberapa pertimbangan, yaitu: (1) Apakah tempat pengamatan dapat dengan mudah dicapai secara periodik sepanjang kurun waktu pengamatan, tanpa mempengaruhi keadaan pengamatannya itu sendiri; (2) Apakah posisi sensor selalu berubah-ubah terhadap peraganya sesuai prosedur pengamatan dan (3) Apakah kondisi lingkungan daerah pengamatan dapat merusak kabel (kawat penghantar)

sebagai penghubung sensor dan peraga penghubung sehingga menimbulkan masalah teknis lain yang serius (Bligh dan Robinson, 1968).

Penggunaan transmisi radio dalam sistem telemetri ini mempunyai beberapa keuntungan: (1) Pemancar dapat dirancang sekecil mungkin, ringan dan berdaya pancar kuat serta dapat bekerja terus menerus untuk beberapa hari, minggu bahkan beberapa bulan; (2) Berat dan kemampuan sumber daya (baterai) kurang menjadi masalah yang kritis; (3) Data yang diharapkan dapat langsung didapat bila diperlukan dan (4) Pengamat tidak terlalu banyak membuang waktu menunggu waktu pencatatan (Bligh dan Robinson, 1968).

Bligh dan Robinson (1968) memberikan beberapa aspek yang harus diperhatikan dalam penggunaan sistem radiotelemetri ini:

### 2.2.1. Kehandalan

Perangkat-perangkat pendukung sistem ini harus disesuaikan dengan tujuan penggunaannya masing-masing dilapang. Semua perangkat pendukung harus dirancang tahan cuaca dan tahan terhadap kondisi-kondisi yang tidak menguntungkan. Sensor-sensor dari sistem ini dirancang agar mudah dalam penggunaannya dilapang. Hal yang lebih penting adalah segala keterbatasan alat dapat dimengerti oleh operator di lapang.



### 2.2.2. Akurasi

Akurasi yang dibutuhkan oleh sistem ini dapat dititikberatkan pada bentuk racangan alatnya. Pada dasarnya akurasi yang dimiliki oleh sistem sama dengan akurasi pada alat-alat konvensional yang telah terlebih dulu diakui kehandalannya.

### 2.2.3. Daya Jangkau Transmisi (*Range*)

Jarak yang diperlukan dari transmisi yang efektif harus ditentukan terlebih dahulu. Jarak bergantung kepada faktor daya pancar transmisi dan sifat permukaan. Rancangan antena dan panjang gelombang yang dipakai turut mempengaruhi terhadap daya jangkauan alat. Daya jangkauan akan maksimal bila permukaan bumi antara antena pemancar dan antena penerima terbuka dan mendatar, sedangkan bila permukaan berbukit dan dipenuhi pepohonan maka daya jangkauan menjadi minimal.

### 2.2.4. Lama Waktu Beroperasi

Jangka waktu merupakan faktor spesifik dalam perancangan alat. Faktor ini berbanding lurus dengan kapasitas sumber dayanya dan berbanding terbalik dengan daya pancar transmisinya. Lamanya waktu alat beroperasi dapat ditambah dengan cara pengiriman data yang terputus-putus. Periode "on" serta "off" dapat dibuat dengan menggunakan "clock" pada transmisi atau dengan perantara gelombang radio, pemancar dihidupkan dari jarak jauh.

### 2.2.5. Panjang Gelombang dan Interferensi

Pemilihan panjang gelombang akan bergantung kepada ketentuan yang telah diijinkan, interferensi dan pertimbangan operasional.

Mencegah terjadinya interferensi (gangguan) dari satu transmisi ke sistem transmisi yang lain merupakan suatu hal yang perlu diperhatikan. Tergantung kepada pemilihan jalur-jalur tertentu pada suatu panjang gelombang, interferensi terhadap sistem transmisi yang lain akan meningkat dengan bertambahnya daya pancar, sedangkan interferensi dari sistem transmisi yang lain akan bertambah sesuai dengan meningkatnya sensitivitas alat penerima.

### 2.2.6. Parameter

Jenis informasi yang dapat ditransmisikan oleh gelombang radio dibatasi oleh kemampuan transduser yang sesuai. Dalam sistem radiotelemetri transduser dikatakan cocok bila dapat merubah besaran-besaran fisik menjadi besaran-besaran listrik, sehingga dapat memodulasi frekwensi pembawa agar kemudian dapat dipancarkan. Arah dan kecepatan angin, suhu, kecepatan angin, curah hujan, kelembaban udara dapat diubah menjadi besaran-besaran listrik melalui transduser yang tepat.

### 2.2.7. Sistem Multi-Saluran

Bila sistem radiotelemetri menyampaikan bermacam-macam informasi parameter maka diperlukan suatu peralatan yang



lebih rumit. Terdapat sejumlah cara menyampaikan banyak informasi tersebut melalui gelombang radio. Masing-masing pada keadaan tertentu mempunyai keuntungan sendiri-sendiri. Tiga sistem yang dapat dipergunakan untuk transmisi informasi adalah:

(a). **Sistem Modulasi Frekwensi**

Pada sistem ini masing-masing saluran mengendalikan frekwensi osilasi dari gelombang pembawa.

(b). **Sistem termodulasi pulsa**

Nilai besaran fisik pada waktu sesaat pada masing-masing saluran memodulasi satu dari sifat pulsa yang ditransmisikan.

(c). ***Slow Scanning System***

Dalam sistem ini informasi diambil berturut-turut dan dicatat untuk beberapa detik dengan interval 1, 2 atau 3 menit, tergantung dari jumlah saluran yang diambil dan lamanya masing-masing sampel.

### 2.3. Rangkaian Terpadu

Menurut Traister (1987) rangkaian terpadu adalah rangkaian yang terdiri dari kombinasi berbagai komponen elektronik yang dibuat pada sebuah keping (chip) silikon yang sangat kecil. Keuntungan penggunaan rangkaian terpadu adalah pada jumlah sambungannya yang sangat sedikit dibanding dengan rangkaian diskrit yang menggunakan komponen-komponen lepasan. Semua komponen dalam rangkaian



terpadu disambungkan dalam suatu kemasan. Proses penyambungan secara terpadu ini dikenal dengan istilah **metalisasi penguapan**.

Rangkaian terpadu atau IC (Integrated Circuit) pada dasarnya terdiri dari sepotong irisan silikon yang padanya "ditumbuhkan" transistor, resistor dan kondensator dengan nilai yang kecil. IC digit yang digunakan dalam rangkaian-rangkaian logika dan komputer memiliki fungsi-fungsi seperti gerbang logika, flip-flop, pembagi frekwensi dan memori. Sedangkan jenis IC yang lain yaitu IC analog atau linear mempunyai fungsi sebagai penguat, pengatur tegangan, atau pembanding. Kemasan IC berkembang dari bentuk seperti transistor yang pada akhirnya menjadi kemasan baris dua (DIP; **Dual Inline Package**). IC bukanlah suatu rangkaian terpadu yang benar-benar lengkap, IC membutuhkan Komponen-komponen lepasan lain sehingga dapat beroperasi (Traister, 1987).

Menurut Horn (1989) pada dasarnya perbedaan antara IC linear dengan IC digital adalah dalam hal sifat sinyal masukan dan keluarannya. Pada IC linier besaran yang menjadi masukan merupakan besaran yang kontinyu dan keluarannya merupakan fungsi yang kontinyu dari masukannya. Sedangkan pada IC digital keluarannya bukan merupakan fungsi yang kontinyu dari masukannya yang berupa besaran-besaran dengan nilai-nilai tertentu sehingga nilai keluarannya terbatas pada titik-titik tertentu dan tidak

dapat memberi keluaran diantara titik-titik tersebut.

Rangkaian terpadu secara garis besar dibagi menurut kekomplekan sistem keterpaduan rangkaiannya. Sebuah IC SSI (Small Scale Integration) memiliki rangkaian yang sederhana, dan isinya hanya beberapa komponen saja. Tingkat selanjutnya adalah IC LSI (Large Scale Integration) yang terdiri dari ratusan bahkan ribuan transistor dan komponen lain. Piranti rangkaian terpadu yang disebut VLSI (Very Large Scale Integration) mempunyai komponen puluhan bahkan ratusan ribu. Sedangkan rangkaian terpadu yang sekarang sedang dikembangkan adalah IC dengan jutaan transistor yang disebut ULSI (Ultra Large Scale Integration) (Horn, 1989).

### 2.3.1. IC Pewaktu 555

IC 555 adalah salah satu komponen yang sangat luas penggunaannya. Komponen ini diperkenalkan pertama kali oleh Signetics, tapi kini telah diproduksi oleh hampir semua pabrik semikonduktor. Komponen ini dapat digunakan sebagai osilator (multivibrator) maupun sebagai rangkaian monostabil dengan besaran waktu mulai dari mikrodetik sampai beberapa jam. IC 555 lebih dari sekedar pemecahan terhadap masalah perubahan konstanta pewaktuan akibat kurang stabilnya tegangan pencatu daya seperti yang banyak terjadi pada rangkaian diskrit yang menggunakan komponen lepasan. Periode pewaktuan pada IC 555 tidak tergantung

pada kemantapan tegangan. IC 555 bekerja dengan memakai perbandingan tegangan catu dan tegangan salah satu terminal IC. Jika catu daya berubah, tegangan terminal juga akan berubah sehingga perbandingannya tetap konstan. IC 555 sangat toleran terhadap catu daya. Komponen ini beroperasi pada kisaran tegangan +4.5 volt sampai +15 volt DC. Disamping itu, meskipun prinsipnya adalah komponen linear, IC 555 dapat dengan mudah dihubungkan (*interfaced*) dengan rangkaian digital baik TTL maupun CMOS. Gambar 2.3.a menunjukkan terminal posisi terminal IC 555 dan Gambar 2.3.b adalah diagram rangkaian internalnya. Tahapan pokok dari IC 555 adalah flip-flop kemudi RS (Reset-Set), dua buah Pembanding (Komparator), transistor pembuang arus dan sebuah penguat pembalik (inverter) pada jalur keluarannya. Komponen ini dapat menyerap arus sampai 200 mA sehingga dapat secara langsung mengemudikan relay ataupun beban besar lainnya. Untuk membuat rangkaian monostabil dapat ditumbuhkan resistor  $R_t$  dan Kapasitor  $C_t$ . Masukan pada penyulut akan menset flip-flop sehingga keluaran akan menjadi tinggi. Transistor pelepas muatan tidak menghantar dan  $C_t$  mulai terisi muatan (dari harga  $1/3 V_{CC}$ ) melalui  $R_t$ . Ketika tegangan pada  $C_t$  mencapai harga yang sama dengan tegangan kontrol yang ditentukan oleh untai 3 resistor ( $2/3 V_{CC}$ ), komparator (perbandingan) akan mereset flip-flop hingga keluaran menjadi

rendah kembali. Besarnya perioda yang dihasilkan dapat dihitung dengan persamaan:

$$T = 1.1 R_t \times C_t$$

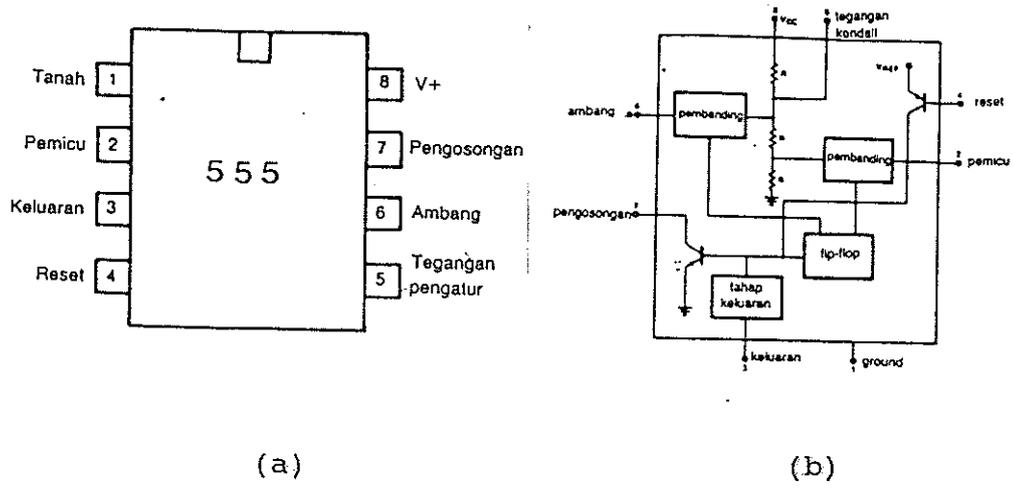
T dalam detik,  $R_t$  dinyatakan dalam ohm dan  $C_t$  dinyatakan dalam satuan farad. Bila IC 555 akan digunakan sebagai multivibrator astabil maka masukan penyulut (kaki 2) diumpankan ke kaki positif  $C_t$ . Diantara kaki 6 dan kaki 7 diberi resistor  $R_b$ . Panjang waktu perioda bertaraf tinggi adalah:

$$T_1 = 0.7 (R_a + R_b) C_t$$

Sedangkan waktu bertaraf rendah adalah:

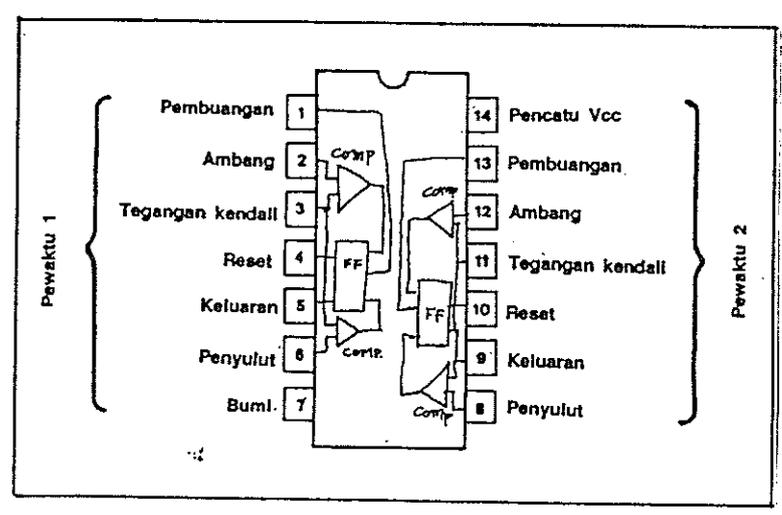
$$T_2 = 0.7 \times R_b \times C_t$$

Dimana T dalam detik,  $R_a$  dan  $R_b$  dalam ohm dan  $C_t$  Farad (Traister, 1987; Horn, 1989).



Gambar 2.3. Diagram tata letak kaki terminal (a) dan rangkaian internal IC 555 (b).

Pada beberapa perakitan diperlukan lebih dari satu pewaktu IC 555. Beberapa pewaktu yang dikemas dalam satu paket membuat sistem menjadi mudah dan kompak. IC 556 merupakan pewaktu ganda yang berisi dua pewaktu 555, sedangkan 558 adalah satu kemasan IC yang memiliki 4 pewaktu 555. Gambar 2.4 kaki keluaran untuk IC 556. (MIMS, 1987; Trasiter, 1987; Horn, 1989).



Gambar 2.4. Diagram terminal kaki dan rangkaian internal IC 556.

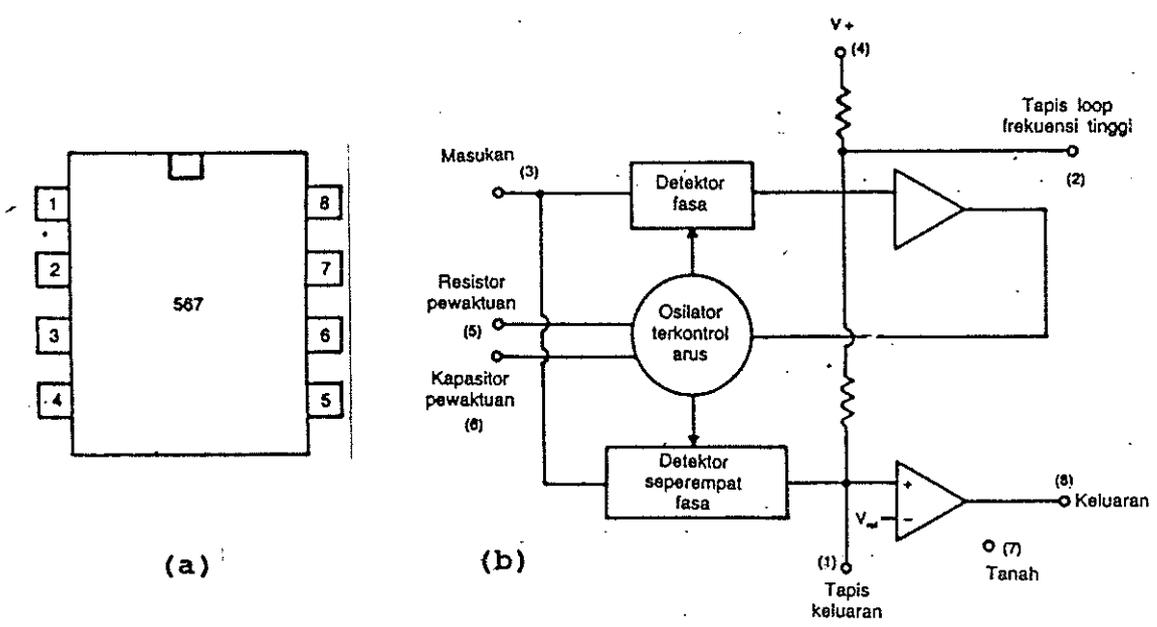
### 2.3.2. IC Dekoder Nada 567

IC khusus lainnya yang cukup menarik adalah dekoder nada 567. Diagram pena-penanya ditunjukkan pada Gambar 5.a, sedangkan diagram blok rangkaian internalnya ditunjukkan pada Gambar 5.b. Munculnya sistem *loop* terkunci fasa (*Phase Locked Loop* atau PLL) berupa keping tingkat

Hal Cipta Mitra IPB University  
1. Dilakukan dengan menggunakan alat-alat yang ada di laboratorium dan menggunakan sumber daya yang ada di laboratorium.  
2. Pengujian harus dilakukan dengan menggunakan sumber daya yang ada di laboratorium.  
3. Pengujian harus dilakukan dengan menggunakan sumber daya yang ada di laboratorium.  
4. Pengujian harus dilakukan dengan menggunakan sumber daya yang ada di laboratorium.  
5. Pengujian harus dilakukan dengan menggunakan sumber daya yang ada di laboratorium.  
6. Pengujian harus dilakukan dengan menggunakan sumber daya yang ada di laboratorium.  
7. Pengujian harus dilakukan dengan menggunakan sumber daya yang ada di laboratorium.

tinggi yang canggih maka telah dimungkinkan pembuatan berbagai rangkaian deteksi nada yang serba guna, dan 567 telah dirancang terutama untuk peranan ini. IC 567 ini dibuat dalam kemasan DIP berpena 8 atau kemasan TO-5.

IC 567 merupakan keping yang luar biasa fleksibelnya dengan berbagai karakteristik dan kemampuan operasi. Sebagai misal, keping ini memiliki jangkauan deteksi nada mulai dari 0.01 Hz sampai 500 kHz dan akan mengunci pada

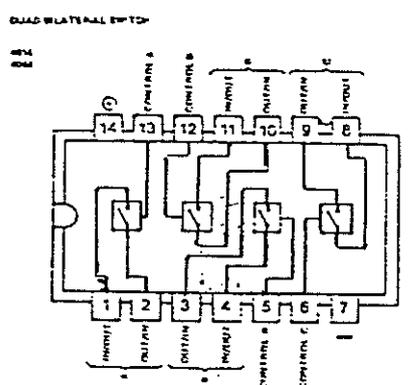


Gambar 2.5. Diagram terminal kaki IC 567 (a) dan rangkaian internalnya (b).

sinyal dengan amplitudo yang hanya sebesar 20 mV. Tegangan operasinya memiliki jangkauan mulai dari kompatibel dengan TTL 4.75 volt sampai sebesar 9 volt. Konsumsi arus dalam keadaan siaga berkisar dari 6 sampai 10 mA, sedangkan pada keadaan aktif bisa mencapai 15 mA (MIMS, 1987; Horn, 1989).

### 2.3.3. IC Sakelar Bilateral CD4066

IC CD4066 adalah salah satu rangkaian terpadu yang terdiri atas 4 sakelar mandiri yang mampu mengendalikan

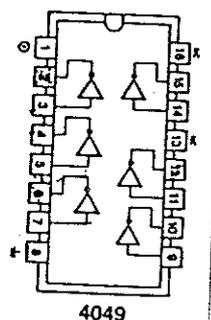


Gambar 2.6. Diagram terminal kaki serta rangkaian internal IC CD4066.

isyarat digital ataupun isyarat analog. Kondisi TINGGI pada jalan masuk kemudi mengadakan jalan dua arah berimpedansi rendah antara In/Out dan Out/In (kondisi ON). Kondisi RENDAH pada jalan masuk kemudi akan melumpuhkan sakelar; impedansi tinggi antara In/Out dan Out/In (kondisi OFF). IC jenis ini banyak dimanfaatkan sebagai sakelar pengalih elektronik atau multipleksor/demultipleksor. Diagram internal serta pena keluarannya diperlihatkan dalam Gambar 2.6 (Wasito, 1986 dalam Hamijoyo, 1987).

### 2.3.4. IC Hex-Inverter CD4049

IC CD4049 merupakan IC yang mempunyai 6 buah penjungkir (Gerbang Inverter) didalamnya. Seperti juga IC CD4066, IC 4049 merupakan IC dari keluarga CMOS (**Complementary Metal-Oxide Semiconductor**). Seperti pada umumnya IC-IC lain dari keluarga ini, 4049 menyerap konsumsi daya



Gambar 2.7. Diagram terminal kaki IC CD4049 serta rangkaian internalnya.

yang sangat rendah, serta kemampuan untuk bekerja dalam daerah tegangan yang luas (3 sampai 15 volt). Namun keunggulan tersebut tidak diimbangi dengan kecepatan proses operasinya. Walaupun semakin tinggi tegangan catu dayanya akan mempertinggi kecepatan (selama tidak melebihi batas maksimumnya) namun tetap jauh lebih lambat dibanding IC-IC dari keluarga TTL (*Transistor-Transistor Logic*). Diagram blok dan penanya diperlihatkan dalam Gambar 2.7 (Anonymous, 1989)

#### 2.4. Prinsip Kerja Mesin Hitung saku

Prinsip kerja mesin hitung saku, menurut McWchoter (1976) dapat dijelaskan berdasarkan suatu mesin hitung hipotetik 4 fungsi yang dibangun di sekitar suatu keping rangkaian terpadu. Keping rangkaian terpadu itu memiliki 28 pena yang merupakan suatu standar industri. Daya



dari tegangan 0 ke tegangan lebih tinggi dan kembali ke 0 lagi. Pulsa ini berlangsung selama 132 mikrodetik atau setara dengan 33 getaran detak utama. Selanjutnya akan ada penundaan selama 6 getaran detak utama antara 1 pulsa pemeriksa dengan pulsa pemeriksa berikutnya. Sehingga untuk satu daur pemeriksaan yang lengkap (dalam waktu mana ke 11 saluran pemeriksa telah dilalui oleh 1 pulsa pemeriksa) akan memerlukan waktu 429 getaran detak utama (= 1.7 mS) (McWhoter, 1976).

Cara dari saluran pemeriksa mengemudikan ke 72 LED atau LCD dengan 8 ruas keluaran adalah sebagai berikut, 9 saluran pemeriksa (1 sampai 8 dan 11) menyediakan masukan untuk rangkaian pembalik penguat arus yang berada di luar keping itu. Rangkaian ini disebut rangkaian pengemudi peraga. Setiap pengemudi peraga, sementara diaktifkan oleh detak pemeriksa akan menyediakan jalan ke bumi untuk suatu arus kapasitas tinggi dari 8 katoda dari 1 bagian peraga. Dengan demikian satu peraga hanya akan menyala pada saat ada detak pulsa pemeriksa yaitu pada saat saluran pemeriksa yang bersangkutan aktif (McWhoter, 1976).

Angka yang diperagakan pada suatu saat pada suatu posisi peraga atau lainnya, ditentukan oleh ruas mana dari ke 8 ruas keluaran yang aktif selama satu detak pemeriksa. Setiap terminal keluaran keping rangkaian terpadu mengemudikan suatu rangkaian penguat arus yang ada di keping



utama, dan di sebut pengemudi ruas (segment-driver). Tiap pengemudi ruas terhubung dengan masing-masing anoda LED atau LCD pada posisi yang sama pada setiap peraga. Jika setiap pengemudi ruas aktif, maka ia akan menghubungkan anoda dari LED/LCD yang bersangkutan dengan kutub positif catu daya. Arus dari pengemudi ruas ini kemudian akan mengalir melalui LED/LCD yang katodanya terhubung dengan bumi melauai pengemudi peraga (digit-driver) (McWhoter, 1976).

## 2.5. Teknik Telekomunikasi

Frekwensi-frekwensi rendah yang mengandung informasi tidak bisa langsung dipancarkan ke ruang karena segera terserap oleh bumi. Oleh karena itu harus dimodulasikan terlebih dahulu kepada suatu frekwensi tinggi yang berfungsi sebagai frekwensi pembawa. Ada 3 jenis sistem pemodulasian yaitu modulasi amplitudo (Amplitudo Modulation/AM), modulasi frekwensi (Frekwensi Modulation/FM) dan modulasi fasa (Phase Modulation/PM). Pada pemodulasian amplitudo frekwensi informasi mengubah-ubah amplitudo dari frekwensi gelombang pembawa, sedang pada modulasi frekwensi yang diubah adalah frekwensi dari gelombang pembawa atau gelombang senternya dan pada modulasi fasa yang diubah adalah fasa dari gelombang pembawa (Wasito, 1984).

Umumnya sinyal informasi (sinyal asli), misalnya sinyal audio (sinyal yang terdengar oleh manusia), mempun-

yai frekwensi yang relatif rendah yang berarti panjang gelombangnya tinggi. Frekwensi sinyal asli ini disebut **base band** yang umumnya tidak cocok untuk transmisi jarak jauh yang disebabkan:

- (a). Karakteristik saluran transmisi pada frekwensi rendah tidak konstan untuk daerah frekwensi yang relatif lebar.
- (b). Transmisi sinyal melalui udara membutuhkan antena, padahal ukuran minimal antena ini 0.1 panjang gelombang. Jadi transmisi sinyal **base band** membutuhkan antena dengan ukuran fisik yang sangat besar.

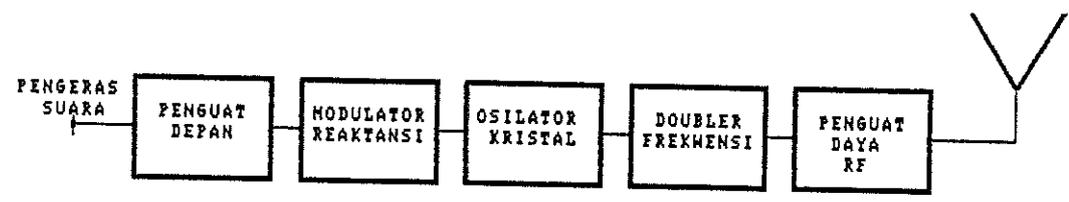
Karena masalah-masalah di atas, maka untuk transmisi jarak jauh, sinyal **base band** ini perlu diproses terlebih dahulu dalam suatu proses yang disebut modulasi (Erwinn, 1986).

Selanjutnya Erwinn (1986) menjelaskan bahwa di dalam pesawat pemancar yang disebut juga pemancar ( $T_x$ ) terdapat peralatan yang disebut modulator. Modulator berfungsi untuk memproses sinyal asli menjadi suatu sinyal modulasi. Sebaliknya di pesawat penerima ( $R_x$ ) terdapat peralatan yang disebut demodulator atau detektor yang bertugas untuk memproses sinyal modulasi itu, hingga didapat sinyal aslinya.

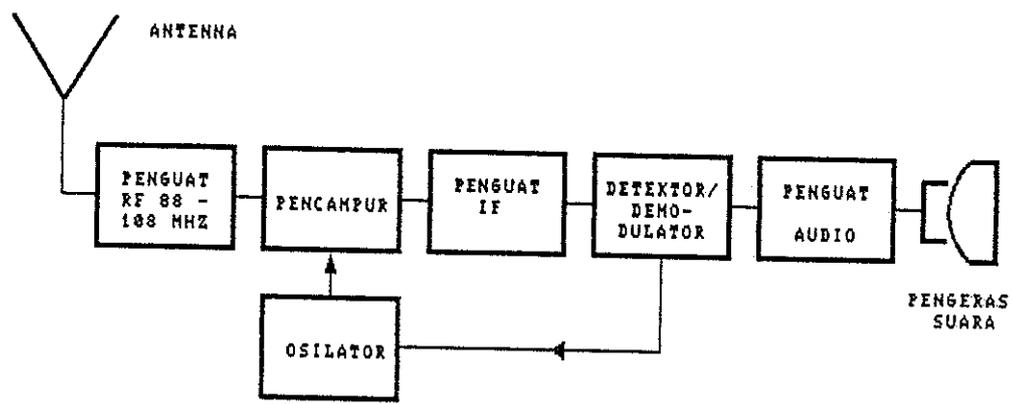
Di dalam proses modulasi diperlukan sinyal yang disebut gelombang pembawa (**carrier**). Gelombang pembawa



ini mempunyai frekwensi yang cukup tinggi untuk transmisi jarak jauh. Pada sistem modulasi FM (*Frequency Modulation*) gelombang pembawa lebih umum disebut dengan frekwensi senter. Dalam proses pemodulasian terjadi percampuran antara karakteristik dari sinyal informasi dengan karakteristik gelombang pembawa dan menjadi gelombang dengan



(a) Diagram Blok Pemancar FM



(b) Diagram Blok penerima FM

Gambar 2.8. Diagram blok pemancar (a) dan penerima FM (b) (Erwinn, 1986)

karakteristik yang baru yang disebut gelombang modulasi. Oleh karena itu pada penerima ( $R_x$ ) diperlukan suatu unit yang disebut demodulator atau detektor yang bertugas memisahkan gelombang informasi dengan gelombang modulasi (Wasito, 1984; Erwinn, 1986). Frekwensi (FM) dewasa ini

banyak digunakan pada **boardcasting** disamping itu juga digunakan dalam radio amatir dan CB. Sinyal asli dan gelombang pembawa (senter) pada FM mempunyai bentuk sinusoidal:

$$\text{Sinyal asli} = m(t) = A_m \cos \omega_m t$$

$$\text{Sinyal pembawa} = A_c \cos \omega_c t$$

Dimana:

$$A_m = \text{Amplitudo sinyal asli}$$

$$A_c = \text{Amplitudo sinyal pembawa}$$

$$\omega_m = 2 \pi F_m \quad (F_m = \text{Frekwensi sinyal asli})$$

$$\omega_c = 2 \pi F_c \quad (F_c = \text{Frekwensi sinyal pembawa})$$

Maka sinyal modulasi FM dapat dituliskan sebagai:

$$V_c(t) = A_{mc} \cos (\omega_c t + \sin \omega_m \cdot t)$$

$$\text{Dengan indeks modulasi (B)} = \frac{kA_m}{F_m} = \frac{\Delta F}{F_m}$$

Dimana :

$$F = \text{simpangan frekuensi} = k \cdot A_m$$

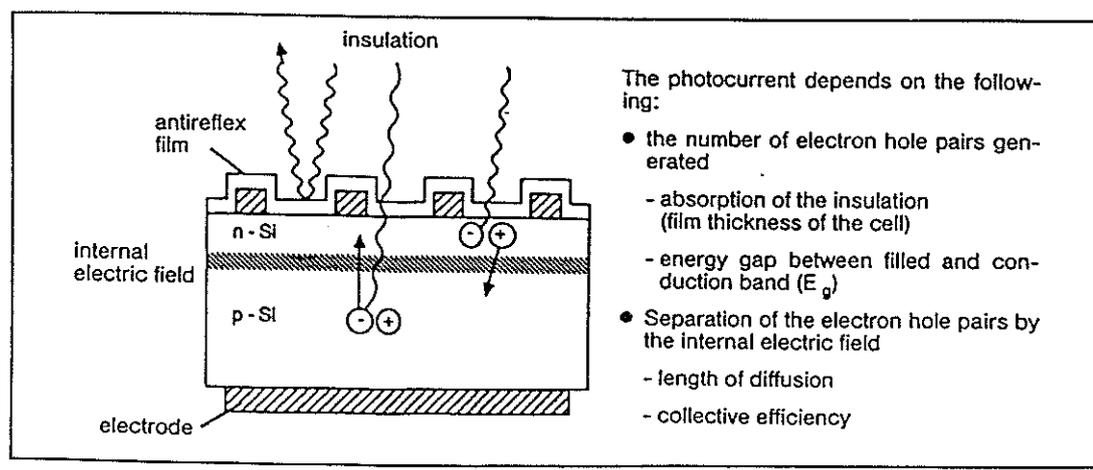
## 2.6. Sel Surya

Sel surya merupakan perangkat semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik. Tingkat efisiensi pengkonversiannya tergantung pada intensitas spektrum iluminasi, rancangan sel surya dan suhu. Penyambungan beberapa sel surya ke dalam susunan seri maupun paralel dapat saja dilakukan, tergantung dari kombinasi besarnya arus atau tegangan yang diinginkan.

Sejak diketemukan pada tahun 1955 sampai sekarang, sel surya dipergunakan untuk berbagai keperluan riset, rumah tangga, telekomunikasi, perhubungan, penerangan kota/desa serta pada penelitian-penelitian angkasa luar seperti satelit dan pesawat ruang angkasa (Anonymous, 1976; Stahl, 1989).

Prinsip kerja sel surya berdasarkan kepada efek mekanisme elektrofisika photovoltaik yaitu proses pembentukan pembawa arus dalam suatu bahan semikonduktor yang dapat menyerap energi radiasi surya yang datang. Pada proses pembuatan sel surya, susunan atom kristal salah satu lapisan silikon "dikotori" oleh atom-atom lain yang mempunyai valensi yang lebih besar dari elektron valensi yang dimiliki silikon yang mempunyai 4 buah elektron valensi. Unsur-unsur "pengkotor" tersebut misalnya fosfor, arsenikum, atau antimony. Atom-atom tersebut berfungsi sebagai atom pembawa elektron (pendonor) dan lapisan yang tersebut dinamakan lapisan tipe N (negatif). Satu lapisan lagi "dikotori" dengan suatu unsur yang mempunyai atom valensi yang lebih rendah dari silikon, misalnya boron atau gallium. Lapisan tersebut menjadi penerima elektron karena terdapat suatu "lubang elektron" yang kosong akibat satu atom valensi silikon tak terisi. Lapisan penerima elektron disebut tipe P (positif). Diantara kedua lapisan tersebut dipisahkan oleh suatu lapisan yang disebut medan listrik dalam (*internal elec-*

**tric field**). Pada keadaan gelap tidak ada perpindahan elektron yang melintasi lapisan pemisah tersebut. Bila sejumlah photon surya berenergi tinggi menyerang lapisan sel surya tersebut maka akan terjadi perpindahan elektron dan lubang elektron. Bila antara kedua kutub lapisan N dan P tersebut diberikan sebuah beban maka elektron akan mengalir melalui beban dan terjadi gaya gerak listrik (Anonymous, 1976; MIMS, 1981; Stahl, 1989)



Gambar 2.9. Potongan Melintang dari Sel Surya.

Stahl (1989) menambahkan bahwa tidak ada perangkat pengkonversi energi photon surya menjadi energi listrik dengan tingkat efisiensi sebesar 100%. Hal tersebut terjadi akibat adanya pantulan, photon yang terserap sudah tidak banyak mengandung energi, timbulnya panas, pengkom-



### III. BAHAN, ALAT DAN METODE PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kampus Institut Pertanian Bogor, Baranang Siang, Bogor dengan koordinat  $6^{\circ}35'$  LS dan  $106^{\circ}48'$  BT. Untuk perakitan, pembuatan serta pengujian di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi serta di laboratorium Fisika, Jurusan Geofisika dan Meteorologi IPB. Untuk pengujian unit penakar hujan, pembangkit sinyal serta pemancar dilakukan di puncak menara air setinggi 15.5 meter yang masih berada di lingkungan Kampus Institut Pertanian Bogor.

Penelitian ini yang mencakup perancangan alat, pembuatan serta pengujian di lapang ini dilaksanakan pada bulan Desember 1990 sampai akhir bulan Juli 1991. Khusus untuk pengujian di lapang dilaksanakan sebulan penuh pada akhir bulan Juni sampai akhir bulan Juli 1991.

#### 3.2. Alat

Peralatan yang dibutuhkan dalam pembtan maupun pengujian di lapang adalah sebagai berikut:

1. Solder listrik 30 watt
2. Penyedot timah solder
3. Multimeter digital dan analog
4. Osiloskop dan Generator Pembangkit sinyal
5. Penakar Hujan tipe Bejana berjungkit
6. Penakar Hujan tipe Observatorium





4. Trimmer potensiometer 100  $\Omega$  dan 1 k $\Omega$
5. Baterai alkaline 1.5 volt 6 buah

### 3.3.4. Pewaktu Pencetakan (Multivibrator Astabil)

1. IC 555 beserta soket IC 8 pena
2. Potensiometer Pre-set Presisi 1 M $\Omega$
3. Resistor 1k8  $\Omega$ ; 330  $\Omega$  (2 buah)
4. LED merah dan hijau
5. Kapasitor 470  $\mu\text{F}$  dan 0.01  $\mu\text{F}$ .

### 3.3.5. Dekoder Nada Sinyal

1. IC 567 beserta soket IC 8 pena
2. Resistor 1k8  $\Omega$  dan 330  $\Omega$
3. Kapasitor 0.22  $\mu\text{F}$ ; 1  $\mu\text{F}$  dan 2.2  $\mu\text{F}$
4. LED hijau

### 3.3.6. Penunda Sinyal

1. IC 556 beserta soket 14 pena
2. Resistor 47 k $\Omega$ , 10 k $\Omega$  (dua buah), 180 k $\Omega$
3. Kapasitor 100  $\mu\text{F}$ , 10  $\mu\text{F}$  dan 0.01  $\mu\text{F}$
4. Dioda 1N4148
5. LED merah

### 3.3.7. Pengolah Sinyal Pulsa dan Sakelar Elektronik

1. IC CMOS CD4066 beserta soket IC 16 pena
2. IC CMOS CD4049 beserta soket IC 16 pena

### 3.3.8. Antena Pemancar

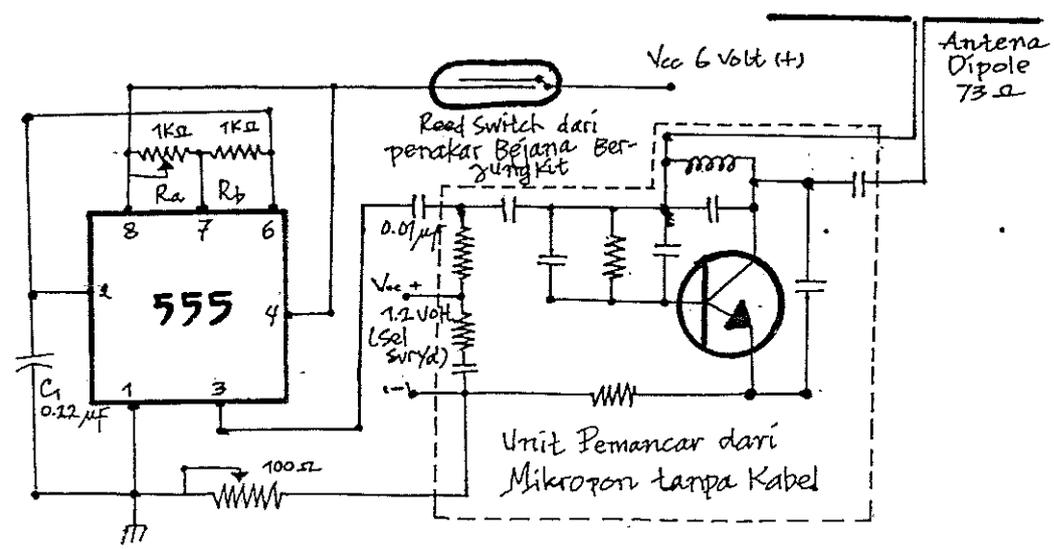
1. Batang alumunium bergaris tengah 10 mm sepanjang 6 meter
2. Batang Alumunium bergaris tengah 20 mm sepanjang 120 cm
3. Pipa PVC
4. Mur dan baut
5. Kabel coaxial 75 ohm sepanjang 10 meter

### 3.4. Metode Penelitian

#### 3.4.1. Perancangan dan Pembuatan Alat

##### A. Pembangkit Sinyal

Alat ini membangkitkan sinyal nada yang masih dalam kisaran sinyal audio. Rangkaian pembangkit sinyal dibuat berdasarkan skema yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.

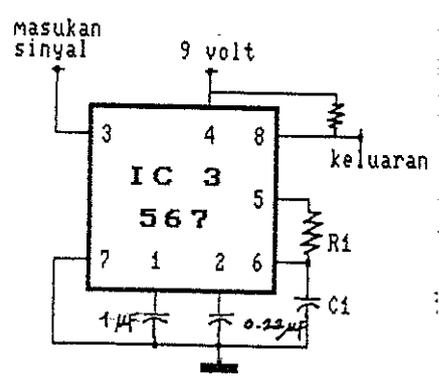


Gambar 3.1. Skema rangkaian pembangkit sinyal dan pemancar sistem radiotelemetri curah hujan.

Dalam rangkaian ini IC 555 dioperasikan sebagai multivibrator astabil, sehingga frekwensi nada yang dieluarkannya sebesar  $1.44/(Ra+2Rb)C1$ . Ra merupakan potensiometer pre-set sebesar  $1k\Omega$  sehingga kisaran frekwensi yang dapat dibangkitkan mulai dari 2182 Hz sampai 3273 Hz.

B. Dekoder nada

Skema rangkaian ini diperlihatkan pada Gambar 3.2. R1 dan C1 masing-masing bernilai  $0.0018 M\Omega$  dan  $0.22 \mu F$ . Sehingga nada yang terdeteksi mempunyai frekwensi  $f_0=1.1/R1.C1$  atau sebesar 2778 Hz. Keluaran dari alat ini merupakan tegangan yang mengambang sehingga perlu diberikan suatu resistor yang dihubungkan dengan tegangan positif catu pada keluarannya sehingga menghasilkan tegangan 0 (rendah) bila mengunci pada sinyal dengan frekwensi  $f_0$ .



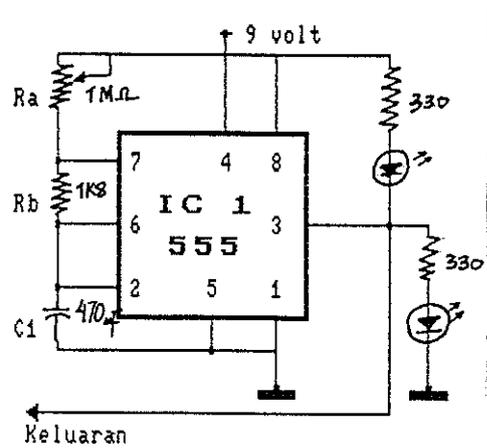
Gambar 3.2. Skema Rangkaian Dekoder Nada.

Hal ini dilakukan dengan cara...  
 1. Dibuat sebagai...  
 2. Dibuat sebagai...  
 3. Dibuat sebagai...  
 4. Dibuat sebagai...  
 5. Dibuat sebagai...  
 6. Dibuat sebagai...  
 7. Dibuat sebagai...  
 8. Dibuat sebagai...  
 9. Dibuat sebagai...  
 10. Dibuat sebagai...

C. Pewaktu Pencetakan

Pada unit ini IC 555 dioperasikan sebagai multivibrator astabil. Waktu periodanya dikendalikan oleh  $R_a$  (potensiometer pre-set presisi) sebesar  $1\text{ M}\Omega$ ;  $R_b$  ( $1\text{ k}\Omega$ ) serta kapasitor elektrolit  $470\ \mu\text{F}$ .

Keluaran yang digunakan untuk mencetak data merupakan keluaran berlogika 0 (tegangan 0/Rendah) setelah habis suatu masa perioda dengan logika tinggi. Sehingga keluaran 0 tersebut perlu diumpankan terlebih dahulu ke jalan masuk dari suatu inverter sebelum diumpankan ke pengemudi sakelar elektronik CD4066.



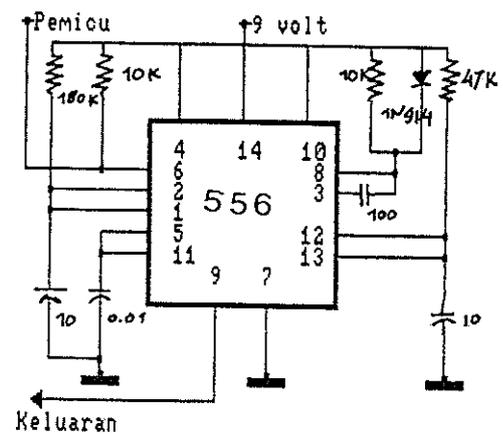
Gambar 3.3. Skema Pewaktu Pencetakan.

Hasil Cipta Pionir (Unsurpionir) 1. Ditinjau mengenai sebagai salah satu karya yang merupakan unsurpionir dan merupakan sumber 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

D. Penunda Sinyal

Pada prinsipnya alat ini diperlukan bila pada suatu saat terjadi sinyal pencetakan dan sinyal perhitungan terjadi bersamaan, sehingga alat ini bersifat mengendalikan lalu-lintas sinyal-sinyal tersebut.

Pada alat ini dilakukan pengkaskadakan waktu beberapa saat setelah terjadi pemicuan. Pemicuan terjadi bilamana sinyal pencetakan dan sinyal perhitungan datang pada saat yang sama.



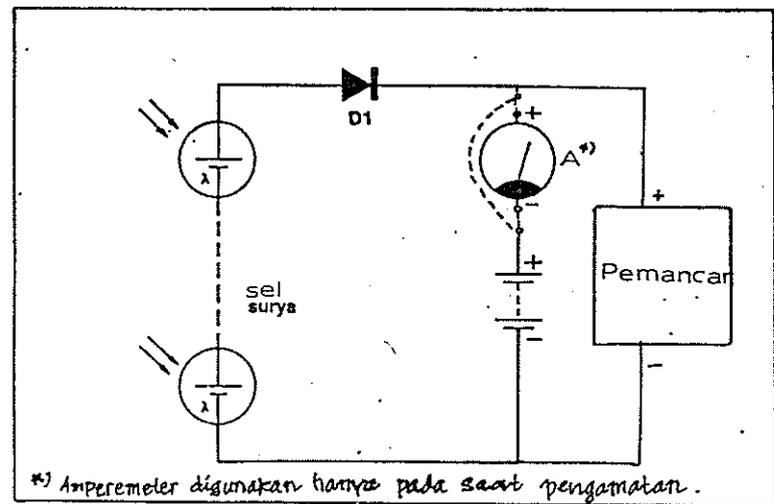
Gambar 3.4. Skema rangkaian Penunda Sinyal.

E. Catu daya Pemancar

Pada sistem radiotelemetri ini, pemancar terus aktif mentransmisikan baik ada mau pun tidak ada sinyal agar

Hal Cipta Pionir: Unsur-unsur  
1. Ditinjau mengenai bagian apa saja yang diperlukan untuk pembuatan alat ini?  
2. Bagaimana cara kerja alat ini?  
3. Bagaimana cara kerja alat ini?  
4. Bagaimana cara kerja alat ini?  
5. Bagaimana cara kerja alat ini?  
6. Bagaimana cara kerja alat ini?  
7. Bagaimana cara kerja alat ini?  
8. Bagaimana cara kerja alat ini?  
9. Bagaimana cara kerja alat ini?  
10. Bagaimana cara kerja alat ini?

memudahkan penalaan (*tuning*) pada pesawat penerima. Sehingga diperlukan catu daya yang terus-menerus mantap. Untuk mencapai hal tersebut pada sitem ini dipakai catu daya yang berasal dari baterai Nickel Cadmium dimana jenis baterai ini dapat diisi ulang. Untuk pengisian baterai digunakan satu panel sel surya yang selain mengisi baterai juga menggantikan peran baterai sebagai catu daya pada waktu siang hari. Skema dari catu daya ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Skema Catu daya untuk Unit Pemancar.

F. Catu Daya untuk Pesawat Penerima dan Pengolah Sinyal

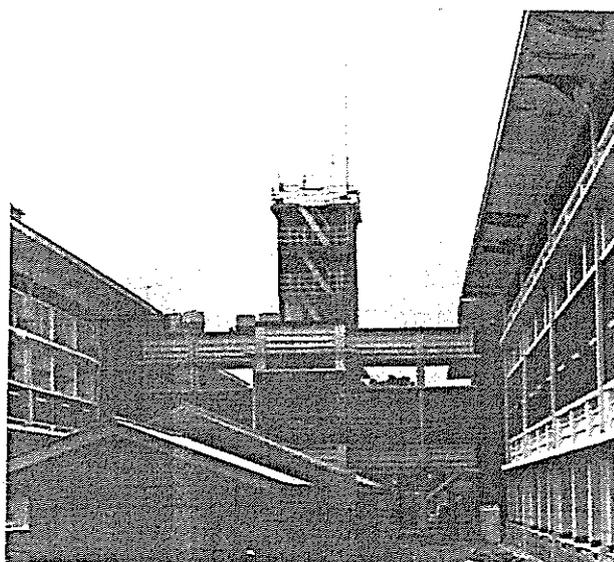
Karena pada dasarnya Pesawat Penerima dan Pengolah Sinyal harus dalam keadaan siaga pada waktu ada atau tidak ada hujan, maka diperlukan suatu sumber catu daya yang mantap. Dalam hal ini sumber daya tersebut adalah listrik dari jaringan PLN.

Hal ini penting untuk memahami bahwa energi matahari adalah sumber energi yang sangat melimpah dan tersedia secara gratis. Dengan menggunakan panel surya, kita dapat menghasilkan energi listrik yang bersih, ramah lingkungan, dan berkelanjutan. Hal ini sangat penting untuk mendukung upaya pengurangan emisi gas rumah kaca dan mitigasi perubahan iklim. Untuk informasi lebih lanjut, kunjungi website kami atau hubungi kami melalui telepon atau email.

Sebelum dipergunakan arus listrik dari jaringan PLN tersebut harus diturunkan dan diubah tegangannya dengan menggunakan adaptor. Namun dalam hal ini diperlukan juga sumber daya lain yang berkekuatan (ampere-hour) tinggi yaitu Accu yang mempunyai kutub 12 volt dan 9 volt. Accu ini berguna untuk sumber catu daya cadangan bila suatu saat listrik dari jaringan PLN padam.

### 3.5. Pengujian Alat di Lapang

Unit penakar hujan; Pembangkit sinyal; pemancar serta antena pemancar ditempatkan di puncak menara air setinggi 15.5 meter yang masih berada di lingkungan kampus IPB Baranang-siang (Gambar 3.6). Sedangkan antena penerima; pesawat penerima radio; unit pengolah sinyal (dekoder nada; pewaktu pencetakan serta penunda sinyal) serta mesin hitung



Gambar 3.6. Menara air di Kampus IPB

berpencetak berada di Laboratorium Elektronika jurusan Geofisika dan Meteorologi IPB yang berjarak kurang lebih 200 meter dari unit-unit pemancar.

Kertas pencetakan diperiksa dan diganti setiap hari pada mesin hitung agar mudah dalam analisis waktu kejadian hujan dan tidak sampai terlalu panjang.

Unit dekoder nada juga dilakukan pengujian dengan Alat Generator Sinyal untuk menentukan nilai  $f_0$  (frekwensi sinyal agar dekoder mengunci) yang sebenarnya terdeteksi oleh unit dekoder tersebut.

Sedangkan pada alat pembangkit sinyal serta sinyal keluaran dari pesawat penerima radio (hasil demodulasi) dilakukan pengujian dengan alat Oscilloscope untuk melihat bentuk-bentuk gelombang serta pengaruh penguat **treble** dan **Bass** pada bentuk gelombang.

Alat dihidupkan terus menerus selama satu bulan untuk menguji kehandalan dan terus dalam keadaan siaga (**stand-by**) bila sewaktu-waktu terjadi hujan. Bila hujan terjadi maka keesokan paginya diukur jumlah air hujan yang tertangkap oleh penakar hujan jenis observatorium yang berguna untuk membandingkan dengan hasil pengukuran dengan sistem radiotelemetri. Penakar jenis observatorium ini dipasang dekat dengan penakar jenis tipping bucket yang digunakan sebagai sensor.

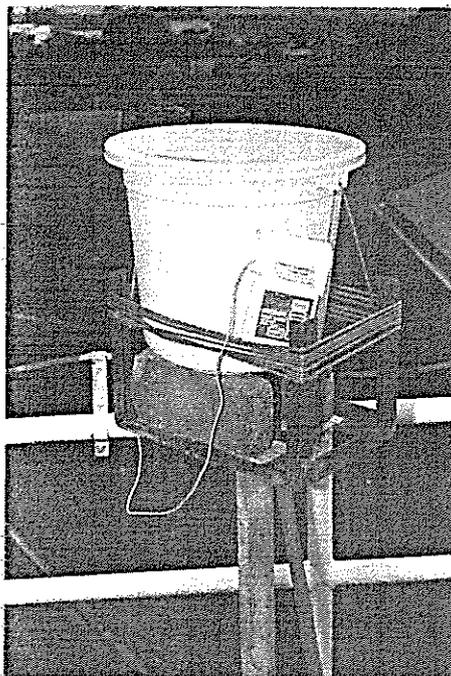
Angka-angka yang tercetak oleh alat diplotkan terhadap waktu (jam) sehingga dapat diketahui pada jam berapa



hujan terjadi pada hari tersebut dan berapa besar intensitasnya.

Begitu pula dilakukan pengujian terhadap efisiensi dan kemampuan panel surya yang digunakan untuk mengisi baterai NiCad dan sumber catu daya untuk pemancar.

Karena dalam bulan Juli 1991 ketika penelitian ini sampai pada pengujian di Lapang keadaan curah hujan kurang sekali, maka untuk pengujian alat turut dipergunakan alat pengatur keran irigasi yang dapat diprogram. Alat ini dipasang pada ember yang telah diberi lubang dibawahnya kemudian lubang tersebut ditempelkan keran otomatis tersebut.



Gambar 3.7. Alat Pemrogram keran otomatis serta ember yang digunakan untuk pengujian alat Radiotelemetri curah hujan.

Keran kemudian dihubungkan dengan selang ke sisi mulut penakar. Untuk pengujian sistem radiotelemetri, alat keran otomatis tersebut diprogram kapan keran itu terbuka dan berapa lama keran itu akan terus terbuka. Ketika keran terbuka, air akan mengalir masuk kedalam penakar dan disini dapat dilihat bekerja atau tidaknya alat dari hasil pencetakan data yang di dapat di unit penerimaan data. Gambar 3.7 memperlihatkan alat pemrogram keran otomatis serta ember yang digunakan.

Kemudian dilakukan pula pengamatan efisiensi penyadapan energi surya menjadi energi listrik oleh sel surya. Pengamatan ini dilakukan pada tanggal 25 Juli 1990 dari pukul 6:30 sampai pukul 17:15 dengan mengambil selang waktu pengamatan 15 menit. Parameter yang diamati adalah kerapatan limpahan radiasi surya; arus dan tegangan listrik DC yang dihasilkan sel surya; arus beban serta arus pengisian baterai. Setelah kumpulan data ini terolah maka didapatkan nilai efisiensi sel surya yang merupakan koefisien kemiringan garis regresi antara intensitas radiasi surya dengan energi listrik yang dihasilkan.





rangkaian multivibrator tidak-stabil yang menghasilkan keluaran tegangan multivibrator dengan frekwensi audio.

Sinyal yang dibangkitkan kemudian diteruskan ke alat pemancar gelombang radio. Dala alat ini sinyal akan memodulasi frekwensi gelombang senter (pembawa); diperkuat dan kemudian dipancarkan dalam bentuk gelombang elektromagnetik.

Pada unit penerimaan data, sinyal yang masih bercampur dengan gelombang pembawa akan diterima oleh antena penerima yang segera mengumpulkannya ke pesawat penerima radio. Di dalam pesawat penerima sinyal data dan gelombang pembawa akan dipisahkan (demodulasi) dan setelah diperkuat keluaran dari alat ini merupakan sinyal data yang dapat didengar oleh telinga manusia seperti pada awalnya dibangkitkan.

Sinyal dengan frekwensi nada tertentu ini, kemudian diteruskan ke unit dekoder. Unit dekoder berfungsi sebagai perubah sinyal dengan nada tertentu menjadi pulsa listrik. Sinyal-sinyal dengan nada lain akan dilewatkan begitu saja oleh unit dekoder ini tanpa ada perubahan menjadi pulsa.

Pulsa yang dihasilkan dekoder akan memicu salah satu kemudi dari rangkaian terpadu sakelar bilateral IC CD4066 yang merupakan unit antarmuka (interface) ke mesin hitung berpencetak. Bila kemudi ini terpicu maka penghitungan jumlah pulsa yang datang akan terjadi. Untuk membuat



operasi penghitungan maka mesin hitung harus diprogram terlebih dahulu dengan memijit tombol angka 1 kemudian memijit tombol + dua kali sampai terlihat huruf "K" pada peraga dan kemudian memijit tombol 0.

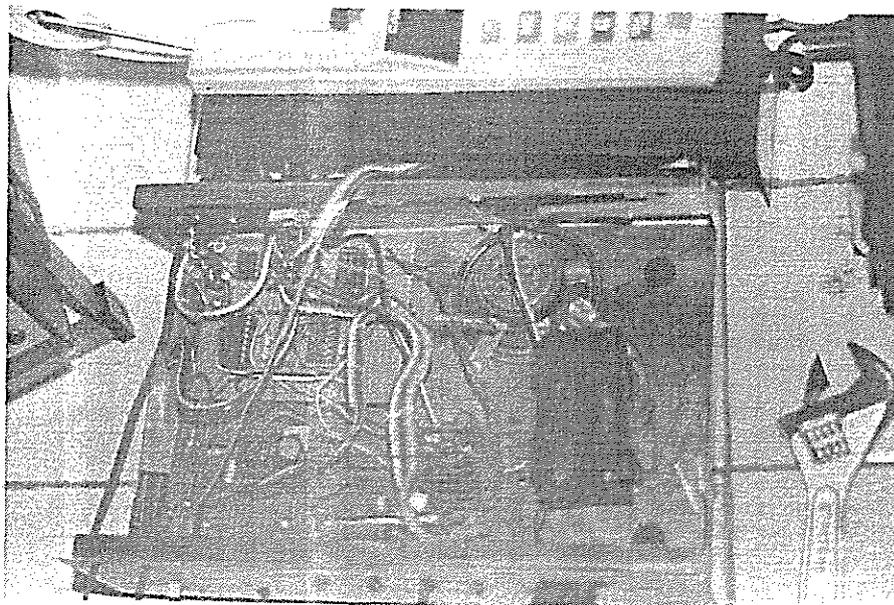
Karena perlu diketahui pula pada menit keberapa mulai terjadi hujan maka diperlukan suatu unit lagi yang disebut unit pewaktu pencetakan yang berguna memberikan pulsa-pulsa listrik yang memicu IC 4066 untuk melakukan perintah pencetakan.

Mesin hitung berpencetak yang digunakan mempunyai kemampuan mematikan sumber arusnya secara otomatis bila dalam sekitar enam menit tidak terdapat operasi terhadapnya. Sehingga unit pewaktu pencetakan maksimal dapat memberikan selang sekitar enam menit untuk memberikan perintah operasi pencetakan. Selain itu mesin hitung berpencetak tidak mampu menerima lebih dari satu perintah operasi dalam waktu yang bersamaan. Sehingga diperlukan suatu perancangan unit antarmuka (*interface unit*) yang terdiri dari IC-IC CD4066 dan CD4049 (Hex-Inverter) yang memungkinkan adanya sinkronisasi pulsa-pulsa perintah penghitungan dan perintah pencetakan. Unit antarmuka ini akan membiarkan pulsa perintah pencetak terlebih dahulu yang beroperasi pada mesin hitung berpencetak baru beberapa saat kemudian pulsa perintah penghitungan akan masuk. Selain konfigurasi dari unit-unit IC antarmuka





Gambar 4.1. Tampak Luar unit penerima dan pengolah data



Gambar 4.2. Tampak dalam unit penerimaan dan pengolahan data.

(interface) diperlukan pula satu unit lagi yang disebut unit penunda sinyal yang baru bekerja bila pulsa perintah penghitungan dan pencetak datang secara bersamaan, maka unit ini akan menunda pulsa/sinyal penghitungan. Bagan proses kerja alat diperlihatkan pada Lampiran Gambar 1. Sedangkan bentuk luar dan dalam dari alat penerimaan data diperlihatkan pada Gambar 4.1 dan 4.2.

#### 4.2. Penakar Hujan Tipe Bejana Berjungkit (*tipping bucket*)

Penakar curah hujan tipe bejana berjungkit (*tipping bucket*) yang dipakai dalam penelitian ini sebenarnya adalah sensor curah hujan untuk sistem stasiun cuaca otomatis. Alat yang dibuat di Amerika Serikat dengan



Gambar 4.3. Penakar yang digunakan dalam penelitian.

merek Sierra Misco ini telah terkalibrasi pada satu jungkitan untuk setiap 1 milimeter tinggi air hujan. Alat ini mempunyai diameter mulut penakar sebesar 8 inchi atau sebesar 20.3 sentimeter, sehingga untuk satu jungkitan (1 mm air hujan) membutuhkan volume air hujan sebanyak 32.43 ml. Menurut Rugewalira, Milnea dan Watai (1976) dari Universitas Teknologi Papua New Guinea volume 32.43 ml air hujan yang dibutuhkan untuk menjungkitkan mangkuk disebut volume mangkuk efektif. Gambar 4.3 memperlihatkan penakar hujan tipe bejana berjungkit yang dipakai dalam penelitian ini.

Menurut Calder dan Kidd (1978) persamaan kalibrasi dari statis dari penakar tipe bejana berjungkit adalah :

$$Q = V/T \quad (\text{ml/detik; ml; detik})$$

Sehingga untuk penakar yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai persamaan kalibrasi statis:

$$Q = 32.43 \text{ ml}/T \quad (\text{ml/detik; detik})$$

dimana:

$Q$  = Laju aliran air ke dalam mangkuk

$T$  = Waktu pengisian mangkuk.

Pada dasarnya nilai  $Q$  tersebut juga dihitung sebagai intensitas hujan namun hal tersebut adalah nilai dugaan dan Calder dan Kidd (1978) memberikan saran agar dipakai hanya untuk hujan-hujan dengan intensitas yang rendah. Besarnya intensitas hujan sebenarnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaam kalibrasi dinamis yang mengikutser-



takan faktor  $t$  yaitu waktu yang diperlukan mangkuk dari keadaan mulai berjungkit sampai sekat pemisahanya tepat dibawah saluran masukan. Persamaan tersebut adalah sebagai berikut:

$$Q = V/(T-t) \text{ (ml/detik; ml; detik; detik)}$$

Nilai  $t$  diasumsikan tetap dan umumnya tidak diketahui dan perlu pengujian yang lebih cermat untuk mendapatkan nilai  $t$  ini, sehingga sering dianggap bernilai nol untuk memudahkan perhitungan (menjadi persamaan kalibrasi statis) (Hamijoyo, 1986). Hal ini tentunya akan menimbulkan galat (error) dalam perhitungan intensitas hujan.

Bila Persamaan kalibrasi merupakan persamaan yang menghasilkan intensitas sebenarnya maka galat dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Galat} = \frac{(Q - \hat{Q})}{Q} \times 100\%$$

dimana :  $Q$  = Intensitas dari hasil persamaan kalibrasi dinamis.

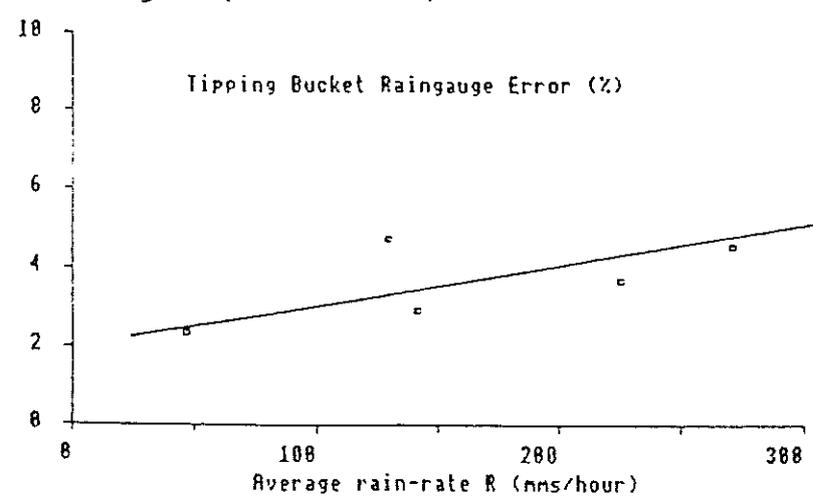
$\hat{Q}$  = Intensitas dugaan dari persamaan kalibrasi statis.

Bila persamaan tersebut dijabarkan maka akan menghasilkan:

$$\text{Galat} = t/T \times 100\%$$

Bila  $t$  dianggap tetap untuk bermacam tingkat intensitas hujan maka dari persamaan galat terakhir ini dapat

diketahui bahwa Galat akan membesar bila T makin kecil artinya Galat akan membesar bila intensitas hujan meningkat. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian dari Rugewalira, et al, (1986) yang berhasil membuat grafik dari hasil penelitiannya tentang hubungan antara persentase galat perhitungan yang terjadi pada berbagai tingkat intensitas hujan (Gambar 4.4).



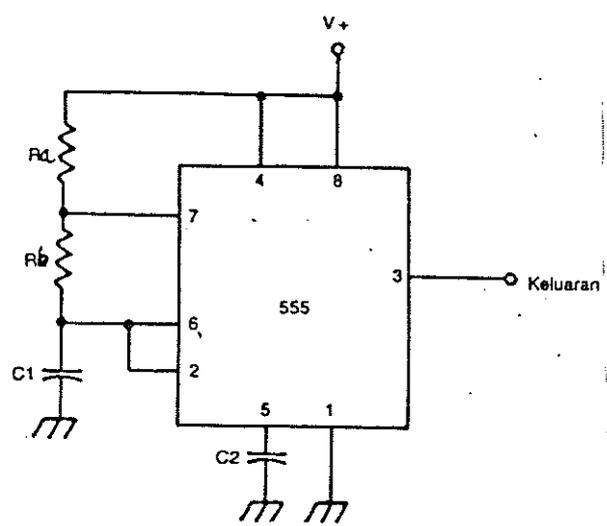
Gambar 4.4. Hubungan antara berbagai tingkat intensitas Hujan dengan persentase galat perhitungan yang terjadi (Rugewalira, et al, 1986).

### 4.3. Rangkaian-Rangkaian Multivibrator Astabil

Beberapa unit dalam sistem radiotelemetri curah hujan ini menggunakan prinsip multivibrator astabil. Unit-unit itu adalah unit pembangkit sinyal dan unit pewaktu pence-takan jumlah pulsa. Menurut Horn (1989) multivibrator astabil tidak mempunyai keadaan keluaran yang stabil. Multivibrator ini secara terus menerus mensakelar bolak-balik antara keadaan keluarannya walaupun tidak ada pulsa

masukannya pemicu. Multivibrator astabil terutama adalah pembangkit gelombang persegi.

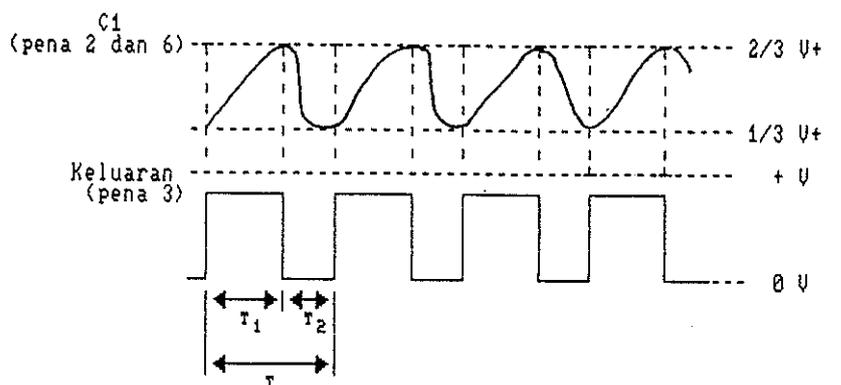
Pada unit-unit ini dipakai IC sebagai pengendali operasi multivibrator astabil dengan konstanta waktunya diatur oleh beberapa komponen diskrit yaitu  $R_a$ ,  $R_b$  dan  $C_1$ . Skema rangkaian dasar dari multivibrator astabil dengan IC 555 ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Skema dasar multivibrator astabil.

Ketika catu daya pertama kali diberikan ke rangkaian, tegangan yang melewati kapasitor pewaktu  $C_1$  biasanya rendah. Sebagai akibat, pewaktu dipicu (melalui pin 2). Keluarannya menjadi tinggi dan transistor pengosongan muatan internal (pada pin 2) mati. Selanjutnya terbentuk aliran arus lengkap melalui  $C_1$ ,  $R_a$  dan  $R_b$  mengisi kapasitor. Ketika muatan kapasitor melebihi  $2/3 V_+$ , bagian atas ambang tercapai. Tegangan pada pin 6 ini memaksa keluaran kembali ke keadaan rendah.

Kapasitor pewaktuan C1 mulai membuang muatan melalui Rb (bukan melalui Ra). Apabila tegangan yang melewati kapasitor ini jatuh dibawah  $1/3 V+$ , pewaktu otomatis dipicu kembali, dan dimulai siklus baru.



Gambar 4.6. Bentuk Sinyal-sinyal pewaktuan dari operasi multivibrator astabil.

#### 4.3.1. Unit Pembangkit Sinyal

Pada unit pembangkit sinyal, Ra merupakan trimmer-potensiometer pre-set seharga  $1k\Omega$ ; Rb resistor seharga  $1k\Omega$  dan C1 kapasitor seharga  $0.22 \mu F$ . Frekwensi audio yang dapat dihasilkan tertinggi adalah: .1s1

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(2 \times 1 k\Omega) \times 0.22 \mu F}$$

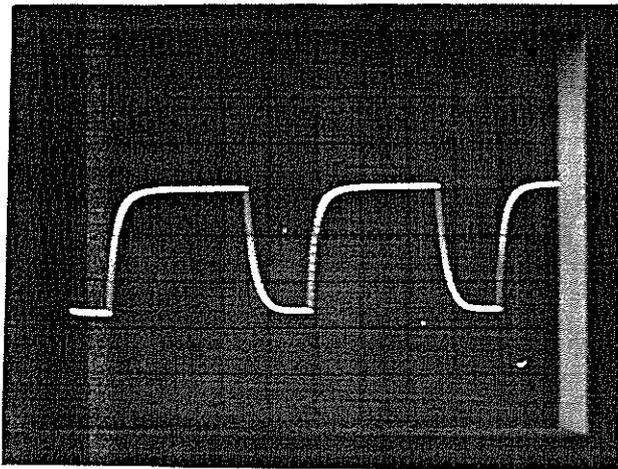
$$= 3272.73 \text{ Hz}$$

dan frekwensi terendahnya:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(1k\Omega + (2 \times 1k\Omega)) \times 0.22 \mu F}$$

$$= 2181.82 \text{ Hz}$$

Bentuk gelombang keluaran dari unit pembangkit sinyal ini dapat diperlihatkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Bentuk Gelombang Keluaran dari unit pembangkit sinyal dilihat dengan oscilloscope.

Dari Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa bentuk gelombang persegi yang diharapkan tidak tercapai. Tebing-tebing curam yang membentuk gelombang persegi hilang oleh proses pengisian muatan dan buangan pada kondensator. Waktu antara keluaran tinggi dan keluaran rendah tidak sama. Waktu pada keluaran rendah lebih kecil dibanding waktu pada saat keluaran tinggi, sehingga sifat tegangan bolak-balik murni (*pure alternating current*) tidak terpenuhi oleh rangkaian multivibrator astabil ini. Sifat tegangan bolak-balik murni tidak akan pernah tercapai oleh karena waktu untuk keluaran tinggi ditentukan oleh harga  $R_a$ ,  $R_b$

dan C1 sedangkan pada saat keluaran rendah hanya ditentukan oleh harga Rb dan C1.

Unit ini membutuhkan daya sebesar 33 miliWatt atau membutuhkan arus 5.5 miliAmpere pada tegangan catu 6 Volt DC. Catu daya untuk unit ini diambil dari baterai tipe alkaline yang kekuatannya beberapa kali lebih besar dari baterai karbon biasa dan kemantapan tegangan serta arusnya lebih dapat diandalkan.

#### 4.3.2. Unit Pewaktu Pencetakan

Pada unit pewaktu untuk proses pencetakan jumlah hitungan pulsa ini frekwensi keluaran jauh lebih kecil dibanding frekwensi pada unit pembangkit sinyal.

Seperti pada unit pembangkit sinyal waktu antara keluaran tinggi dengan keluaran rendah tidak akan sama. Sesungguhnya tugas dari unit ini adalah memberikan pulsa tinggi yang mempunyai waktu beberapa milidetik saja untuk memberikan picuan untuk rangkaian antarmuka (IC CD4066) untuk melakukan perintah pencetakan ke mesin hitung. Disamping itu unit ini harus mempunyai waktu penundaan perintah pencetakan beberapa detik sampai beberapa menit artinya keluaran pada keadaan rendah seharusnya jauh lebih lama dibanding waktu pada saat keluaran tinggi. Seperti yang telah dibahas diatas, hal tersebut tidak akan pernah dapat tercapai bila menggunakan IC 555 yang dioperasikan sebagai multivibrator astabil. Satu-satunya jalan adalah dengan cara menjungkirkan keluaran dari unit ini dengan



bantuan komponen penjungkir (IC4049 Hex-Inverter).

Potensiometer pre-set seharga 1 M $\Omega$  yang presisi dipakai dalam rangkaian ini sebagai R1, sehingga R1 dapat bernilai mendekati nol sampai 1 M $\Omega$ . Sedangkan R2 bernilai 1k8  $\Omega$  dan C1 bernilai 470  $\mu$ F.

Lamanya waktu keluaran tinggi (pada pena 3 sebelum dijungkirkan) mempunyai nilai maksimum sebesar:

$$\begin{aligned} T &= 0.693 \times (1 + 0.0018) \times 470 \\ &= 5.44 \text{ menit} \end{aligned}$$

Sedangkan keluaran rendahnya (sebelum dijungkirkan menjadi tinggi) mempunyai lama waktu:

$$\begin{aligned} T &= 0.693 \times (0.0018) \times 470 \\ &= 1.17 \text{ detik} \end{aligned}$$

Di dalam penelitian, potesiometer distel sehingga memberikan perioda waktu pencetakan setiap 5 menit sekali.

#### 4.4. Rangkaian Multivibrator Monostabil

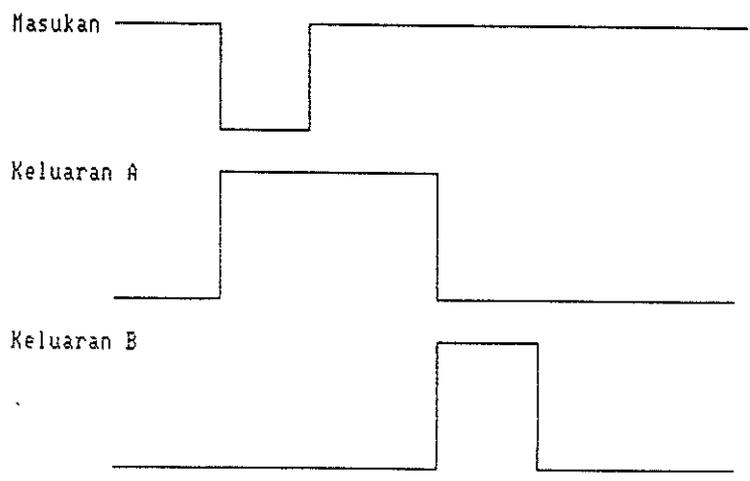
Unit rangkaian yang menggunakan operasi multivibrator monostabil adalah unit penunda sinyal. Menurut Horn (1989) multivibrator monostabil mempunyai keluaran satu keadaan stabil. apabila terpicu, keluaran akan menjadi ke keadaan keluaran lainnya untuk sepanjang waktu yang khusus, dan kemudian membalik kembali ke keadaan awal.

Rangkaian penunda sinyal ini selalu dalam keadaan siaga dan baru akan terpicu bila ke dua sakelar elektronik CD4066 yang dihubungkan secara seri dengan pembumian



(ground) masing-masing terpicu oleh pulsa operasi penghitungan dan pencetakan secara serentak (Lampiran Gambar 2).

Dalam unit penunda sinyal ini terjadi operasi pengkaskadaan waktu, yaitu terdapat dua unit rangkaian multivibrator monostabil yang disusun secara seri didalamnya. Ketika pulsa penghitungan dan pencetakan datang secara serentak, maka rangkaian multivibrator monostabil pertama (rangkaiannya A) akan terpicu dan keluaran untuk beberapa saat akan tinggi dan penundaan akan terjadi. Ketika keluaran yang diumpankan langsung ke kaki pemicuan rangkaian kedua (rangkaiannya B) ini kembali rendah maka rangkaian kedua terpicu untuk beberapa saat dan menyebabkan



Gambar 4.8. Pewaktu seri menyebabkan pengkaskadaan waktu yang membangkitkan pulsa sekuensial dengan panjang waktu berbeda.

keluarannya menjadi tinggi. Keluaran inilah yang digunakan untuk menggantikan pulsa penghitungan yang tertunda.

Gambar 4.8 menunjukkan bentuk sinyal masukan dan keluaran dari rangkaian satu ke rangkaian lainnya.

Skema rangkaian dapat dilihat kembali pada Bab Bahan, Alat dan Metode. Unit penunda sinyal ini menggunakan IC 556 sebagai pengendali bekerjanya rangkaian. IC 556 merupakan rang- kaian terpadu yang memiliki dua IC 555 di dalamnya. Pada IC 555 yang pertama diperlengkapi resistor pewaktuan (R1) seharga 180 k $\Omega$  dan Kapasitor pewaktuan (C1) seharga 10  $\mu$ F sebagai pengendali dari lamanya waktu penun- daan T1:

$$\begin{aligned} T1 &= 1.1 \times R1 \times C1 \\ &= 1.1 \times 0.18 \text{ M}\Omega \times 10 \mu\text{F} \\ &= 1.98 \text{ detik} \end{aligned}$$

Pada IC 555 kedua diperlengkapi dengan resistor pewaktuan R2 seharga 47 k $\Omega$  dan kapasitor pewaktuan sehar- ga 10  $\mu$ F. Maka lamanya waktu dari pulsa perintah operasi penghitungan T2 adalah:

$$\begin{aligned} T2 &= 1.1 \times R2 \times C2 \\ &= 1.1 \times 0.047 \text{ M}\Omega \times 10 \mu\text{F} \\ &= 0.517 \text{ detik} \end{aligned}$$

#### 4.5. Unit Dekoder Nada Sinyal

Unit ini menggunakan IC 567 sebagai pengendali opera- sinya. Unit ini mempunyai tugas sebagai perubah kode sinyal yang diterima oleh pesawat penerima radio menjadi pulsa penghitungan. Hanya kode sinyal dengan frekwensi tertentu yang dapat menjadi pulsa. Diagram blok fung-



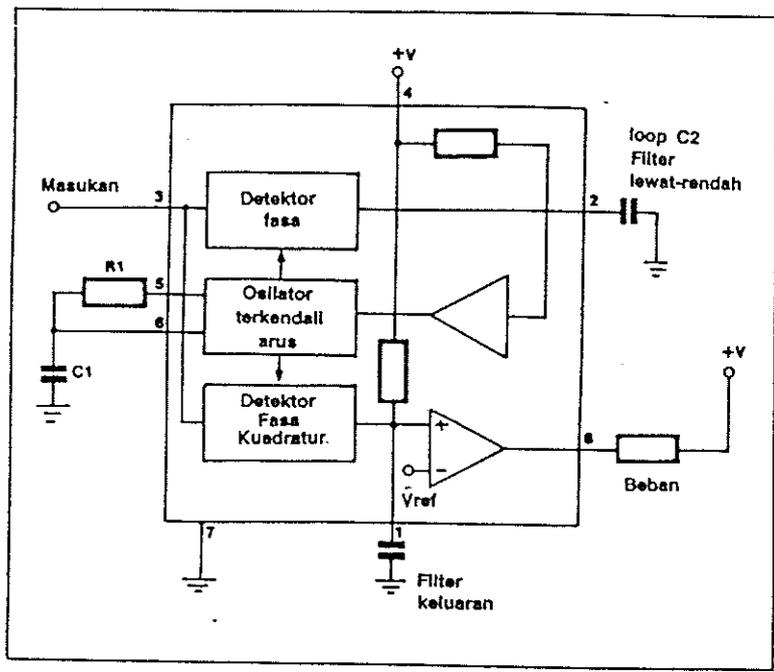
sional dekoder nada 567 ini diperlihatkan dalam Gambar 4.9. Rangkaian terpadu ini memuat 62 transistor untuk memberikan deteksi kunci AM sinkron serta tingkatan keluaran daya. Di dalam operasinya, sebuah osilator yang dikendalikan oleh arus (CCO) beroperasi pada yang ditentukan oleh komponen eksternal R1 dan C1. Frekwensi ini disebut frekwensi pusat ( $f$ ) dan ekuivalen dengan  $1.1/R1.C1$ . Baik sinyal masukan maupun sinyal CCO diumpankan ke dalam sepasang detektor fasa. Bila frekwensi masukan berada dalam lebar jalur deteksi dari rangkaian (0 sampai 14% dari  $f$ ), maka transistor keluaran yang mampu menahan sampai 100 mA akan hidup.

Harga R1 dan C1 pada unit dekoder nada sinyal adalah  $1k8 \Omega$  dan  $0.22 \mu F$ , sehingga harga  $f$  adalah 2778 Hz. Namun setelah diuji dengan alat Generator Sinyal dengan bentuk keluaran gelombang persegi, alat dekoder nada ini mengunci pada frekwensi 2280 Hz. Dalam hal ini terjadi penyimpangan harga  $f$  sebesar 18% dari nilai 2778 Hz. Hal tersebut banyak diakibatkan oleh nilai toleransi dari harga R1 dan C1 yang besar dan kurang presisi dan terdapat arus tembus yang cukup besar mengalir di C1.

Seperti yang telah diungkapkan di atas bahwa detektor fasa dalam rangkaian internal 567 akan mendeteksi frekwensi dalam lebar jalur dari nol sampai 14% dari  $f$ . Namun dari hasil pengujian dengan Generator sinyal, alat ini mengunci pada lebar jalur  $2280 \pm 100$  Hz atau dengan lebar



jalur hanya sekitar 4.39% dan tidak sampai mencapai 14%. Sehingga lebar jalur deteksi lebih sempit.



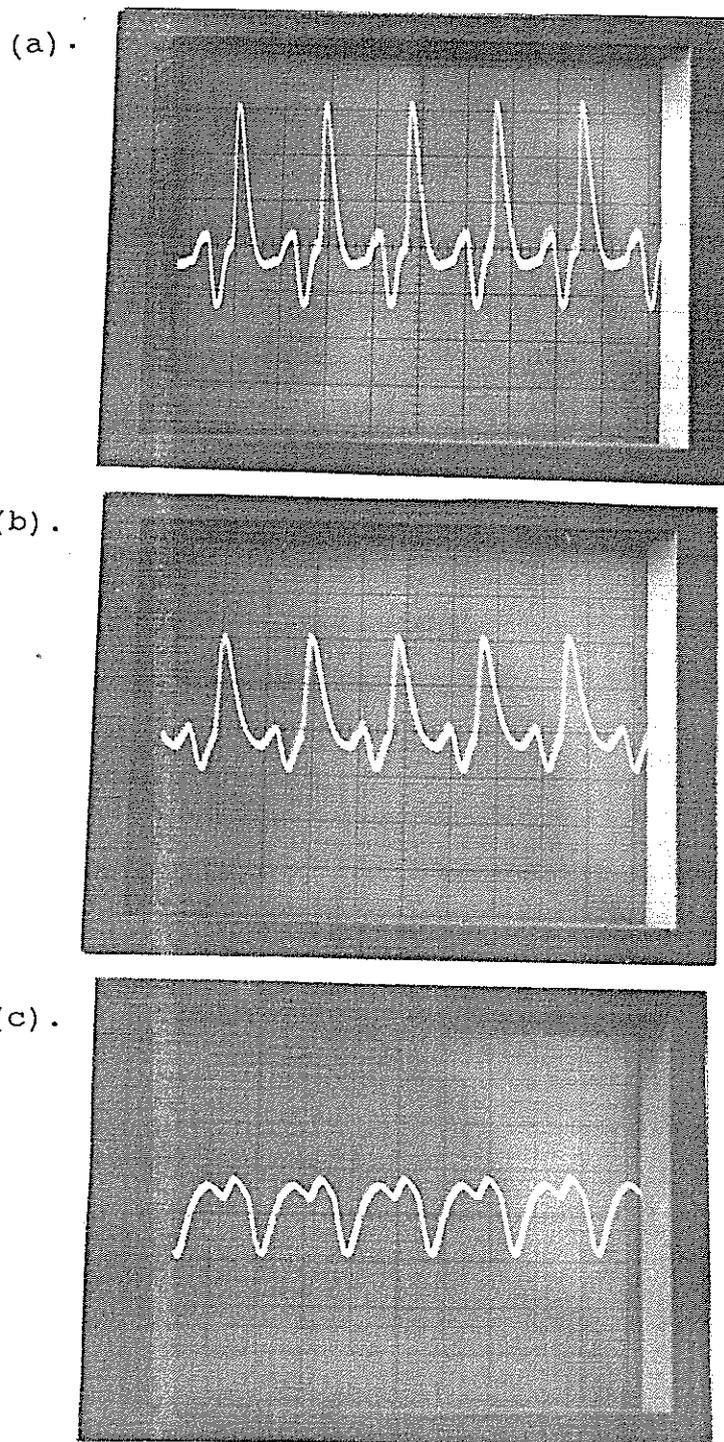
Gambar 4.9. Skema blok dasar dari dekoder nada 567

Sinyal yang menjadi masukan bagi dekoder diperoleh dari keluaran dari pesawat penerima yang mampu menerima gelombang FM pada 88 MHz. Pesawat dengan merek JVC Nivico tipe 3060CQ ini membutuhkan daya listrik sekitar 13 Watt dengan tegangan catu 12 Volt. Sumber daya diambil dari jaringan PLN dan sebagai sumber daya cadangan diambil dari Accu 12 Volt. Accu akan bekerja secara otomatis bila listrik dari jaringan PLN padam. Ketika dalam kondisi normal (jaringan PLN) hidup), accu diisi muatan dengan

Hal Cipta: Penelitian, Pengembangan, dan Inovasi  
 1. Dilakukan dengan menggunakan alat dan bahan yang sesuai dengan spesifikasi dan prosedur yang berlaku  
 2. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang sesuai dengan spesifikasi dan prosedur yang berlaku  
 3. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang sesuai dengan spesifikasi dan prosedur yang berlaku  
 4. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang sesuai dengan spesifikasi dan prosedur yang berlaku  
 5. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang sesuai dengan spesifikasi dan prosedur yang berlaku  
 6. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang sesuai dengan spesifikasi dan prosedur yang berlaku  
 7. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang sesuai dengan spesifikasi dan prosedur yang berlaku  
 8. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang sesuai dengan spesifikasi dan prosedur yang berlaku  
 9. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang sesuai dengan spesifikasi dan prosedur yang berlaku  
 10. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang sesuai dengan spesifikasi dan prosedur yang berlaku

sistem pengisian menetes (*trickle charging*) agar selalu dalam kondisi puncaknya.

Alasan dipergunakannya pesawat radio dalam penelitian ini adalah selain kemampuannya menangkap sinyal yang lemah hanya dengan bantuan antena teleskopik luar saja juga terdapat suatu penguatan tegangan keluaran (*amplifier*) yang cukup besar. Disamping itu pesawat radio ini mempunyai tombol-tombol (potensiometer) pengatur volume serta nada treble dan bass. Menurut hasil penelitian Rindiatmoko (1984) pengaruh lebar volume, trebel dan bass sangat nyata terhadap bentuk gelombang nada sinyal. Makin lebar volume dibuka, makin tinggi taraf tegangan yang dihasilkannya. Bentuk gelombang sinyal akan menjadi cacat bila taraf tegangan semakin tinggi dan sukar terdeteksi oleh dekoder nada (Gambar 4.10a). Begitu pula bila nada treble serta bass yang dibuka penuh, meskipun volume dipasang dalam taraf yang sedang bentuk pulsa pun akan menjadi cacat dan tidak terdeteksi oleh dekoder nada (Gambar 4.10b). Unit dekoder nada baru akan mendeteksi sinyal dimana keadaan nada treble dan bass tertutup dan volume yang terbuka sedang. Dari Gambar 4.10c dapat dilihat bahwa bentuk sinyal tidak lagi seperti bentuk aslinya seperti pada awalnya dibangkitkan oleh unit pembangkit sinyal. Cacat yang terjadi berupa lembah pada pulsa-pulsa tinggi disebabkan oleh pengaruh penguatan oleh sirkuit *amplifier* pada pesawat penerima yang kurang sempurna.

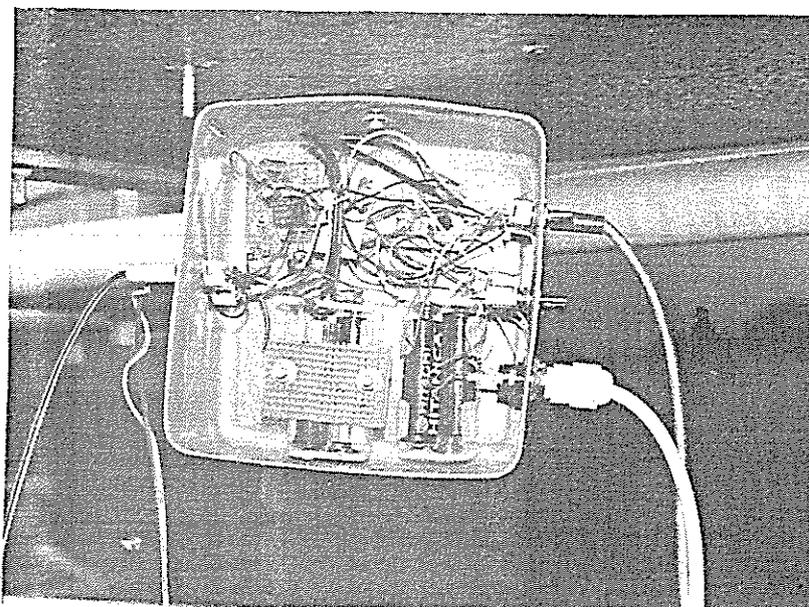


Gambar 4.10. (a) sinyal cacat karena pengaruh lebar volume yang besar; (b) sinyal cacat karena pengaruh bukaan nada trebel dan bass yang terbuka penuh; (c) bentuk sinyal yang terdeteksi oleh dekoder nada pada taraf bukaan volume yang sedang dan nada trebel dan bass minimum.

#### 4.6. Unit Pemancar

Unit pemancar yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah hasil dari modifikasi dari mikropon tanpa kabel buatan Jepang dengan merek Conion tipe CWM-P57. Mikropon kondenser-elektretnya dilepas dan jalan masuk ke pemancar dihubungkan dengan keluaran pembangkit sinyal.

Bila mangkuk pada penakar hujan mengalami perpindahan kedudukan akibat terjadinya kejadian hujan, maka pembangkit sinyal akan terpicu dan mengeluarkan kode nada. Kode nada dengan frekwensi tertentu ini kemudian diumpankan ke pemancar. Setelah mengalami pemodulasian maka kode nada yang telah bercampur dengan gelombang pembawa ini akan segera dipancarkan. . Gambar 4.11 memperlihatkan unit pemancar dan unit pembangkit sinyal berikut baterai catu daya.



Gambar 4.11. Kotak unit pemancar dan pembangkit sinyal

Panjang gelombang radio yang dipakai sebagai panjang gelombang dari frekwensi senter (pembawa) disetel pada frekwensi 88 MegaHertz dimana pada panjang gelombang ini tidak ada sama sekali pemakainya baik dari radio amatir maupun dari radio swasta niaga.

Menurut catatan yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat mikropon tanpa kabel ini (pemancar) alat ini mempunyai simpangan frekwensi maksimum sebesar 75 kHz, sehingga bila unit pembangkit sinyal menghasilkan kode nada dengan frekwensi audio ( $f_a$ ) sebesar 2280 Hz maka indeks-modulasinya ( $m$ ) sebesar:

$$m = \frac{\text{Simpangan Frekwensi}}{f_a}$$

$$= 32.89$$

Keuntungan penggunaan transmisi radio dengan gelombang FM dibanding dengan AM (Modulasi Amplituda) menurut Erwinn (1986) adalah:

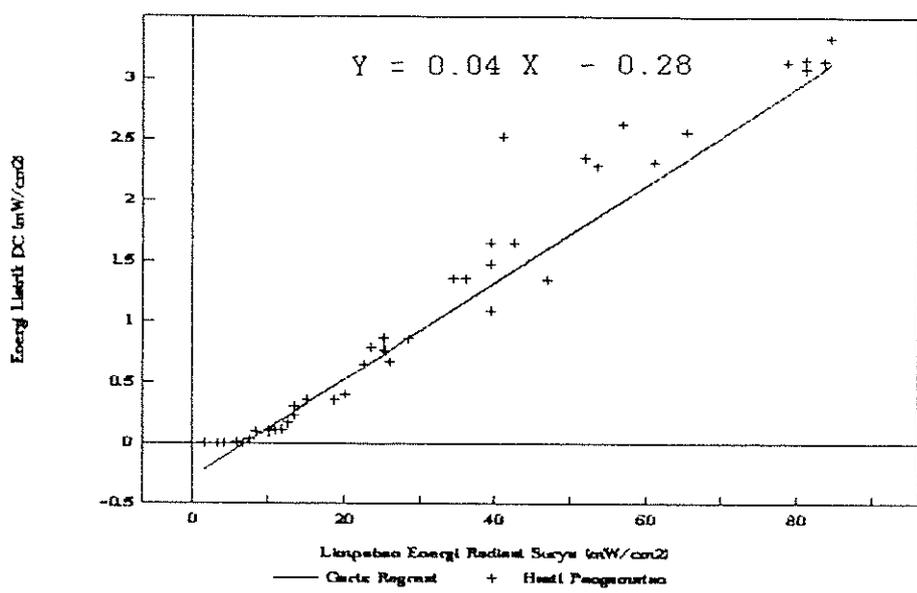
- (a) Gelombang FM menghasilkan kualitas s/n (*signal/noise*) yang lebih baik dibanding AM.
- (b) FM lebih tahan terhadap pengaruh noise dan interferensi, oleh sebab itu meskipun komponen peralatannya lebih kompleks dan relatif lebih mahal, namun banyak dipakai dalam sistem komunikasi yang membutuhkan kualitas tinggi seperti dalam sistem Radiotelemetri ini.

Selain keuntungan-keuntungan yang disebutkan diatas, ternyata FM pun mempunyai kerugian dibanding dengan AM yaitu pada masalah lebar jalur yang lebih besar dibanding AM.

Unit pemancar dalam penelitian radiotelemetri curah hujan ini harus dalam keadaan terus menerus siaga (hidup) baik ada maupun tidak ada hujan. Selain memudahkan dalam pengujian transmisi dan penalaan (tuning) oleh pesawat penerima juga menjaga agar sumber catu daya berupa sel-sel baterai Nickel-Cadmium (NiCad) tetap terbebani, karena sifat yang kurang menguntungkan dari sel NiCad adalah terjadinya proses pengosongan muatan (*discharging*) bila dalam sekian waktu tidak terbebani.

Unit pemancar ini membutuhkan arus beban sebesar 3.9 mA pada tingkat tegangan 2.4 volt, namun kebutuhan arus beban ini akan bervariasi tergantung tegangan catu daya yang diberikan. Sumber daya listrik DC-nya diambil dari hasil penyiapan energi surya menjadi listrik oleh sel-sel surya. Arus listrik dari sel surya langsung dialirkan ke pemancar dan baterai NiCad sebagai sel penyimpan muatan listrik yang dihubungkan oleh satu dioda silikon. Meskipun terjadi penurunan tegangan sebesar 0.2 volt oleh karena adanya dioda ini namun peranan dioda ini sangat besar untuk mencegah arus balik pada saat tidak ada cahaya dari baterai kembali ke sel surya yang dapat mengakibatkan kerusakan sel.

Gambar 4.12 menunjukkan hubungan antara kerapatan limpahan energi surya dengan energi listrik DC yang dihasilkan oleh sel surya per luas bidang permukaan wafer sel.



Gambar 4.12. Grafik hubungan antara Kerapatan Limpahan Radiasi Surya dengan Daya Listrik yang dihasilkan.

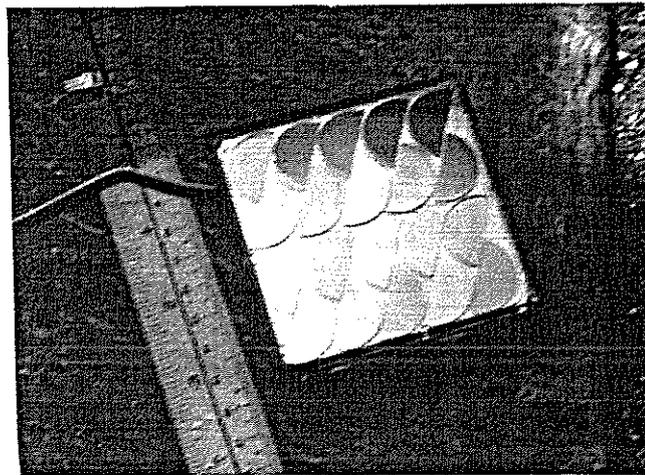
Dapat dilihat pada grafik ini yaitu garis regresinya yang tidak melewati titik asal dan justru memotong sumbu X pada nilai 7 mW/cm<sup>2</sup>. Hal tersebut menunjukkan bahwa sel surya membutuhkan kerapatan limpahan radiasi surya sekitar 7 mW/cm<sup>2</sup> untuk dapat memulai pengkonversian energi. Persamaan garis regresi yang didapatkan adalah :

$$Y = 0.04 X - 0.28$$

dengan sumbu Y merupakan energi listrik hasil penyadapan dan X sebagai kerapatan limpahan energi surya. Koefisien regresinya ( $r^2$ ) sebesar 0.96.

Hasil Cipta Milik IPB University  
1. Dilindungi sebagai sebagian dari kekayaan intelektual IPB University dan tidak diperbolehkan untuk  
2. Pengutipan harus menyebutkan sumbernya, nama penulis, judul karya ilmiah, jenis publikasi, dan tahun terbit.  
3. Pengutipan tidak boleh mengutip sebagian atau seluruh karya ilmiah yang terbit di IPB University.  
4. Dilindungi hak cipta milik IPB University.

Efisiensi penyalapan energi merupakan koefisien kemiringan garis regresi tersebut yaitu sebesar 0.04 atau sebesar 4%. Nilai efisiensi ini sangat rendah sekali bila dibandingkan dengan efisiensi sel-sel surya yang dewasa ini dibuat yaitu dapat mencapai tingkat efisiensi 20 sampai 25%. Sel surya dengan merek Sharp dengan

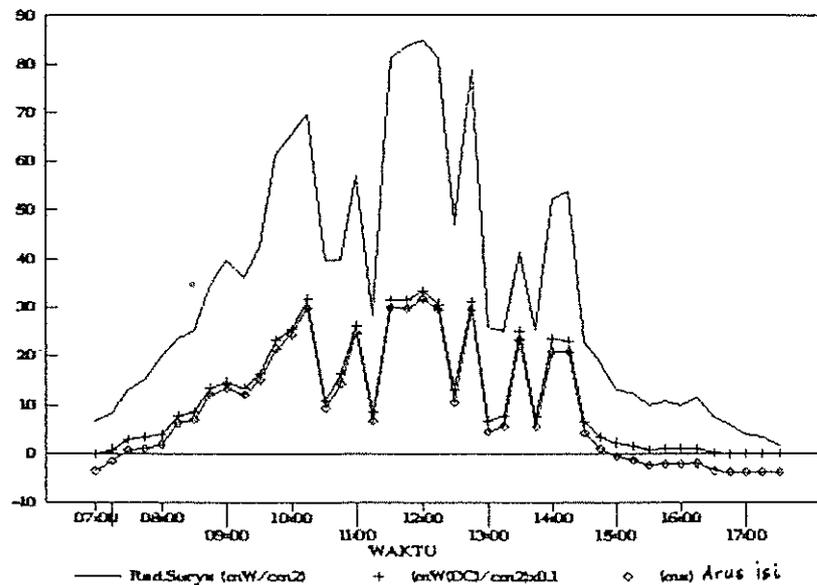


Gambar 4.13. Panel sel surya yang digunakan dalam penelitian.

tipe S-224 memang dari sudah berumur tua sehingga tingkat efisiensinya rendah. Sel surya ini mempunyai 20 buah wafer sel berbentuk setengah lingkaran dengan luas total wafer sebesar  $39.06 \text{ cm}^2$  (Gambar 4.13).

Sel surya ini mempunyai tugas selain mengisi muatan ke baterai NiCad juga sebagai pengganti peran baterai NiCad sebagai pencatu-daya pemancar di siang hari. Pada saat matahari mulai terbit, sel tidak dapat langsung mengganti-

kan peran baterai namun sedikit demi sedikit mengurangi pembuangan muatan dari baterai dan pada akhirnya pada intensitas radiasi tertentu menggantikan peran baterai. Arus yang dibutuhkan pemancar hanya berkisar dari 3.5 sampai 4.1 mA, sehingga bila arus listrik telah melebihi arus yang dibutuhkan pemancar maka arus sisa akan digunakan untuk mengisi muatan baterai. Arus pengisian (daya listrik yang dihasilkan sel surya) pun akan tergantung pada intensitas radiasi yang datang. Hal tersebut dapat dilihat dalam Gambar 4.14 berikut ini.



Gambar 4.14. Penyesapan energi Surya menjadi listrik

Pengamatan tentang penyesapan energi surya menjadi energi listrik sebagai pencatu daya pemancar dan pengisi muatan baterai dilakukan pada tanggal 25 Juli 1991. Keadaan langit pada hari tersebut berawan sehingga terjadi fluktuasi intensitas radiasi yang diikuti oleh fluktuasi daya listrik yang dihasilkan.

Pada konsumsi daya (sekitar 9.4 mW) yang kecil dapat dipastikan bahwa daya pancar dari pemancar ini sangat kecil sehingga daya jangkauan pancaran sangat pendek. Pabrik pembuat menyatakan bahwa daya jangkauan pemancar ini hanya sekitar 50 meter tanpa kabel' (antena) tambahan. Penambahan daya pancar dapat dilakukan dengan mengganti transistor penguat daya dengan tipe yang lebih kuat. Namun hal tersebut akan menambah konsumsi arus (daya listrik) pemancar sehingga bila tidak diperhitungkan secara cermat maka dapat terjadi neraca pengkonversian energi oleh sel surya dengan arus pengisian akan negatif dan sedikit demi sedikit muatan pada baterai akan habis. Cara lain yang lebih mudah dengan tanpa penambahan konsumsi daya adalah dengan cara memodifikasi unit antenna pemancar. Antena yang digunakan dalam penelitian ini adalah tipe Yagi tiga elemen. Menurut Erwin (1986) antena tipe Yagi sangat sederhana, murah, tetapi mempunyai *gain* (penguatan) yang cukup tinggi dan kekurangannya adalah dalam hal lebar bidang frekwensi yang agak terbatas. Elemen yang terpasang paling depan disebut elemen pengarah (*director*). Elemen yang terpasang ditengan adalah antena dua-kutub sendiri (*dipole antenna*) serta yang terakhir adalah antena pemantul (*reflector*).

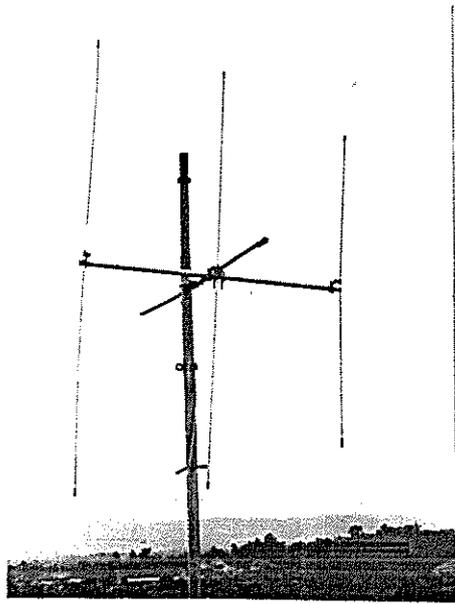
Dimensi antenna adalah 5% kurangnya dari ukuran setengah panjang gelombang RF yang dipancarkan karena efek kapasitifnya menjadi apa yang disebut *efek tepi*. Bila

frekwensi RF dalam penelitian ini sebesar 88 MHz yang mempunyai panjang gelombang 340.9 cm, maka dimensi panjang antenna adalah 161.39 sentimeter. Menurut Erwinn (1986) antenna dengan tipe dua-kutub yang tidak terlipat (*unfolded dipole antenna*) seperti yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai impedansi 73  $\Omega$ , sehingga memerlukan saluran kabel transmisi yang mendekati harga tersebut. Dalam penelitian ini digunakan kabel transmisi yang menghubungkan unit pemancar dengan antenna dari jenis *coaxial* 75  $\Omega$  sepanjang 6 meter.

Manfaat penambahan elemen pemantul dengan pengarah adalah merubah pola pancaran yang lebih mengarah kepada satu jurusan, selain itu akan memperbesar perbandingan pola pemancaran anatar muka dan belakang. Panjang elemen pemantul menurut Wasito (1984) dan Suryanto, *et al* (1981) adalah sebesar 5 sampai 6% lebih panjang dari antenna. Dalam penelitian ini digunakan elemen pemantul dengan panjang 170 cm (5% lebih panjang dari panjang antenna). Menurut Suryanto, *et al* (1981) panjang antenna pengarah adalah sebesar 3/8 dari panjang gelombang RF dan jarak antara pengarah dengan antenna maupun antenna dengan pemantul sebesar 0.15 sampai 0.2 panjang gelombang. Panjang pengarah dalam penelitian ini adalah sebesar 127.8 cm (3/8 dari 3.409 meter) dan jarak antar elemen adalah 53 cm (0.155 kali panjang gelombang).



Dalam penelitian ini digunakan tabung-tabung alumunium. Diameter alumunium yang digunakan sebesar 10 mm. Diameter ini turut pula menentukan faktor Q (faktor kualitas). Perbandingan panjang diameter alumunium yang besar



Gambar 4.15. Antena tipe yagi yang digunakan sebagai antena penguat daya pancar.

akan menyebabkan Q membesar. Sedangkan lebar bidang frekwensi berbanding terbalik dengan Q, bila Q membesar, maka lebar bidang frekwensi akan mengecil. Gambar 4.15 memperlihatkan bentuk antena yang telah dibuat dan dipakai untuk pengujian sistem radiotelemetri curah hujan ini.

#### 4.7. Analisis Hasil Pencatatan Data Curah Hujan

Pengujian lapangan yang dilakukan terhadap alat radiotelemetri curah hujan ini mengambil waktu pada bulan Juli 1991. Namun pada bulan ini terjadi kejadian yang sebelumnya tidak diharapkan sekali yaitu kurangnya terjadi-

an hujan akibat datangnya musim kemarau panjang. Di Bulan Juli 1991 hanya tercatat 6 kali kejadian hujan, karena kesalahan faktor non-teknis hanya 3 kali kejadian hujan yang dapat diambil datanya baik oleh alat radiotelemetri maupun oleh penakar hujan tipe observatorium. Tabel 4.1 merupakan data curah hujan kumulatif hasil pencatatan dari penakar tipe observatorium maupun hasil dari alat radiotelemetri. Dari Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa hasil pengukuran oleh sistem radiotelemetri curah hujan lebih rendah dibanding yang dapat tercatat oleh penakar tipe observato-

Tabel 4.1. Hasil pengamatan curah hujan selama bulan Juli 1991 yang berhasil dicatat.

Hari	Tanggal	RTCH <sup>1)</sup>	Obs <sup>2)</sup>
Selasa	16 Juli 1991	25 mm	25.5 mm
Rabu	17 Juli 1991	12 mm	13.6 mm
Rabu	24 juli 1991	1 mm	1.5 mm

Keterangan : 1) Radiotelemetri Curah Hujan  
 2) Penakar hujan tipe observatorium

rium. Hal ini disebabkan oleh karena pada mulut penakar hujan tipe bejana berjungkit sebagai sensor dari sistem radiotelemetri ini terdapat semacam jala-jala yang sebenarnya berfungsi untuk menghindari masuknya benda-benda asing (daun, kertas dan sebagainya) ke dalam mulut penakar sehingga terjadi penyumbatan saluran. Namun akibatnya sejumlah air hujan akan menempel pada jala-jala tersebut dan kemudian menguap tanpa sempat terukur.

Hal Cipta, Penerbit, dan Desain: ...  
 1. Ditinjau mengenai ...  
 2. Diperoleh ...

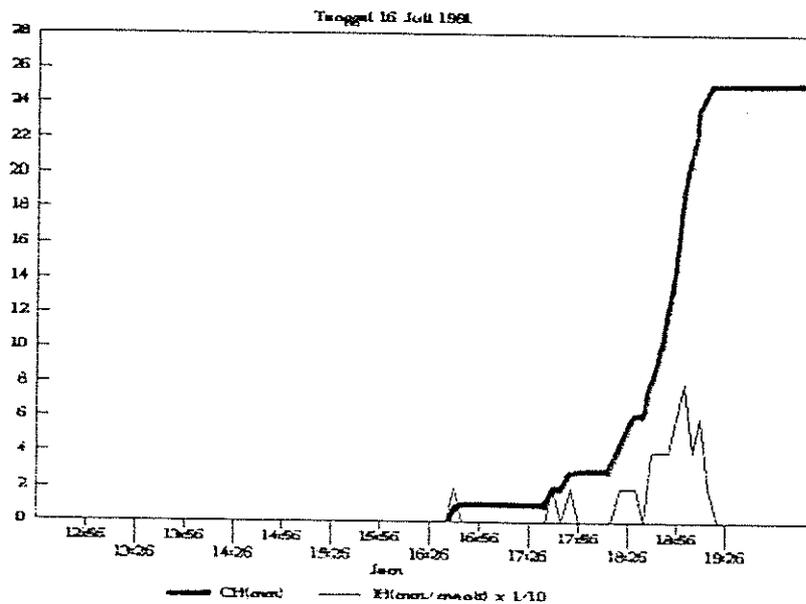
Sistem radiotelemetri ini cukup berhasil dalam mencatat waktu-waktu kejadian hujan. Karena alat ini telah disetel agar melakukan pencetakan data baik terjadi maupun tidak terjadi perubahan data dalam selang waktu 5 menit sekali.

Gambar 4.16 sampai dengan 4.18 merupakan hasil data curah hujan per lima menit ke dalam bentuk grafik disamping itu pula dapat dilihat intensitas hujan yang terjadi untuk setiap 5 menit. Bila dalam selang 5 menit tidak terjadi perubahan data maka intensitas hujan dihitung nol.

Pada tanggal 16 Juli 1991, hujan mulai turun pada sore hari dan mencapai 1 mm pada sekitar pukul 16:40. Oleh karena perhitungan besar intensitas adalah besarnya perubahan angka hitungan per 5 menit (selang waktu antar pencetakan) maka intensitas yang terhitung adalah 0.2 mm/menit dengan catatan bahwa sebenarnya bisa kurang atau lebih dari nilai ini tergantung kapan mulainya kejadian hujan tersebut sesungguhnya sebelum mencapai 1 mm dan tercetak pada kertas pencetakan. Awal kejadian hujan akan makin diketahui pada saat sesungguhnya bila volume efektif mangkuk pada penakar hujan diperkecil. Tinggi hujan mencapai 2 mm pada sekitar pukul 17:40 dan pada akhirnya hujan berhenti pada saat mencapai tinggi 25 mm yang dicapai pada sekitar pukul 19:15. Intensitas hujan tertinggi dicapai pada sekitar pukul 17:00 yang dapat mencapai 0.8 mm/menit. Selang 5 menit kemudian menurun sampai

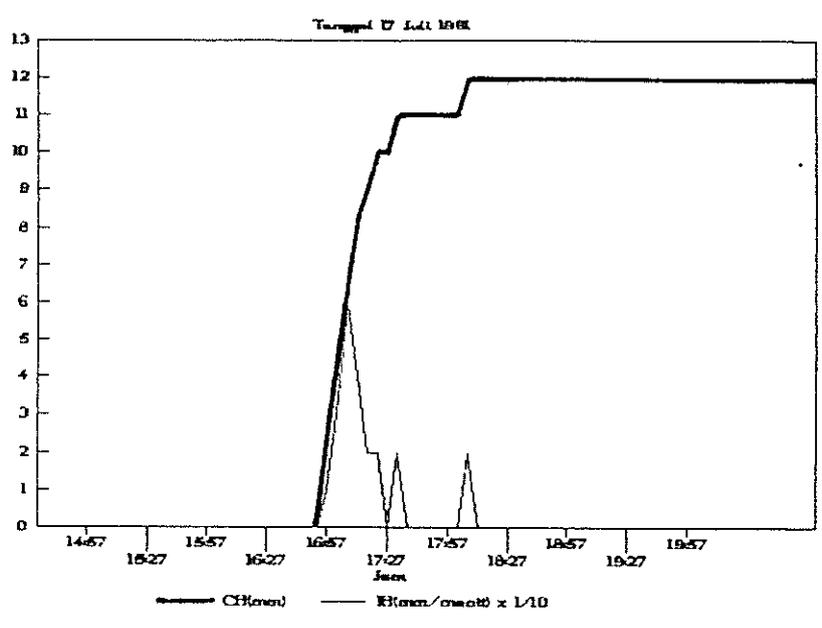
0.4 mm/menit kemudian meningkat lagi lagi menjadi 0.6 mm/menit, dan kemudian turun menjadi 0.2 mm/menit sampai tidak terjadi lagi perubahan angka penghitungan yang artinya hujan mulai berhenti.

Pada hari berikutnya, yaitu pada hari Rabu tanggal 17 Juli 1991, hujan mulai turun lagi pada sekitar pukul 16:50. intensitas hujan langsung tinggi pada awal kejadian ini sampai mencapai 0.6 mm/menit. Selang lima menit kemudian tercatat bahwa intensitas mulai menurun menjadi 0.4 mm/menit dan selang berikutnya turun kembali menjadi 0.2 mm/menit selama 10 menit. Pencatatan hujan mencapai angka 12 mm pada sekitar pukul 17:00 dan untuk selanjutnya tidak ada lagi penambahan angka yang berarti hujan telah berhenti.

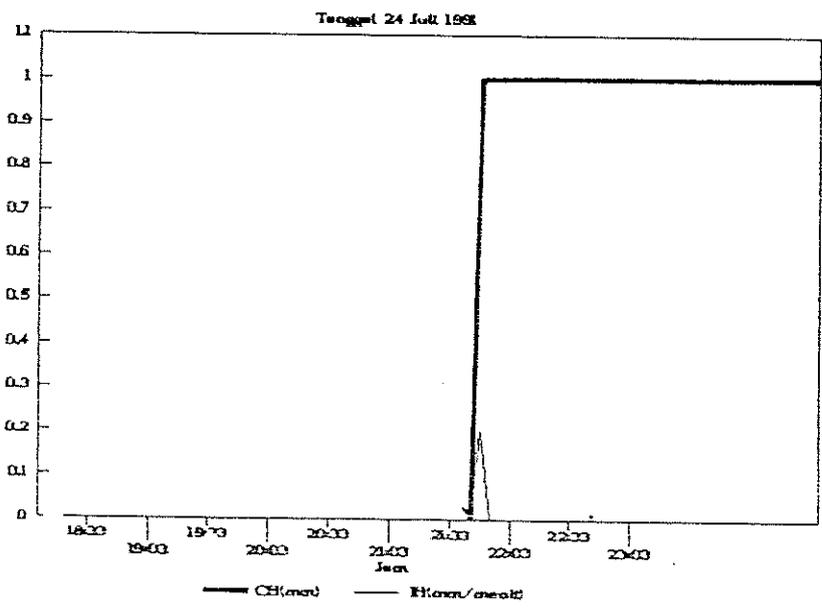


Gambar 4.16. Grafik jumlah hitungan pulsa dengan waktu pada tanggal 16 Juli 1991.

Hasil Cipta Pionir yang unggul  
 1. Dilakukan dengan berbagai cara melalui karya-karya yang inovatif dan kreatifitas yang tinggi  
 2. Berorientasi pada aspek kepraktisan, efisiensi, dan kemudahan dalam penggunaan  
 3. Berorientasi pada aspek kepraktisan, efisiensi, dan kemudahan dalam penggunaan  
 4. Berorientasi pada aspek kepraktisan, efisiensi, dan kemudahan dalam penggunaan  
 5. Berorientasi pada aspek kepraktisan, efisiensi, dan kemudahan dalam penggunaan  
 6. Berorientasi pada aspek kepraktisan, efisiensi, dan kemudahan dalam penggunaan  
 7. Berorientasi pada aspek kepraktisan, efisiensi, dan kemudahan dalam penggunaan  
 8. Berorientasi pada aspek kepraktisan, efisiensi, dan kemudahan dalam penggunaan  
 9. Berorientasi pada aspek kepraktisan, efisiensi, dan kemudahan dalam penggunaan  
 10. Berorientasi pada aspek kepraktisan, efisiensi, dan kemudahan dalam penggunaan



Gambar 4.17. Grafik jumlah hitungan pulsa dengan waktu pada tanggal 17 Juli 1991.



Gambar 4.18. Grafik jumlah hitungan pulsa dengan waktu pada tanggal 24 Juli 1991.

Seminggu kemudian yaitu pada hari Rabu tanggal 24 Juli 1991 hujan mulai turun lagi. Tinggi hujan hanya sebesar 1 mm dan mesin hitung berpencetak mulai mencetak angka ini pada pukul 21:48.

Sistem radiotelemetri curah hujan ini berhasil mencatat kejadian-kejadian hujan simulasi. Hujan simulasi ini diperoleh dengan jalan memberikan air ke dalam penakar melalui selang dari ember penampung air yang letaknya lebih tinggi dari penakar. Pada dasar ember dilekatkan keran otomatis yang dapat membuka pada waktu-waktu yang telah diprogramkan.





### DAFTAR PUSTAKA

Anonymous, 1976. Energy for Rural Development. National Academy of Sciences. Washington D.C.

Blight, J. dan Robinson, S.G. 1968. Radiotelemetric Technique in Ecological Studies. in: Wadsworth, R.M. (ed) . The measurement of Environmental Factor in Terrestrial Ecology. Blackwell Scientific Publications. Oxford.

Calderr, I.R. and Kidd, C.H.R. 1978. A Note on Dynamics Calibration of Tipping Bucket Gauges. J. Hydrol., 39:383-386.

Cornish, K.A. dan Green, G.C. 1982. An Economical Recording Tipping Bucket Rain Gauges. J. Agric. Meteorol., 26:247-253.

Doorenbos, J. 1976. Agrometeorological Field Stations. in: FAO (ed)., Irrigation and Drainage Paper no 27. United Nations. Geneve

Edwards, H.J.; Jackson, W.D. dan Fleming, P.M. 1974. Tipping Bucket Gauges for Measuring Run-Off from Experimental Plots. J. Agric. Meteorol. 13:189-201.

Erwinn, Robert M. 1986. Pengantar Telekomunikasi. PT Multimedia. Jakarta.

Gilman, Charles S. 1964. Rainfall. In: Chow, Ven Te (ed)., Handbook of Applied Hydrology. McGraw-Hill Book Co. New York

Hamijoyo, Satrio W. 1984. Pemanfaatan Mesin Hitung Berpencetak Sebagai Pencatat Data Suhu dan Curah Hujan. Laporan Masalah Khusus Jurusan Geofisika dan Meteorologi Institut Pertanian Bogor (tidak dipublikasikan).

Horn, D.T., 1989. Teknik Merancang dengan IC. PT Elex Media Komputindo. Jakarta

Mani, Miss A. 19---. Automatic Radio-Reporting Raingauge. WMO Technical Note, Geneve

McWhoter, E.W. 1976. The Small Electronic Calculator. Sci. Am. 235 (3):88-98

Halaman ini adalah bagian dari dokumen yang diterbitkan oleh IPB University. Untuk informasi lebih lanjut, silakan kunjungi website IPB University di [www.ipb.ac.id](http://www.ipb.ac.id).  
Dilarang mengutip atau menyalin sebagian atau seluruh isi dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari IPB University.

- Middleton, W.E.K., 1969. Invention of the Meteorological Instruments. The John Hopkins Press, Baltimore Maryland
- MIMS III, Forrest M. 1987. 103 Proyek Elektronika. PT Elex Media Komputindo. Jakarta
- Monteith, J.L. 1972. Survey of Instruments for Microclimatology. Blackwell Sci. Pub. Oxford.
- Mulyono dan Tjia Mei, Chun. 1991. Sel Surya dan Aplikasinya sebagai Catu Daya untuk Peralatan Telekomunikasi. Majalah Trisakti 1 (11):17-24
- Mursid, S.P. 1989. Merancang Rangkaian Digit. Majalah Bulanan Elektronika Eksperimen (ELEX) No.6 paket 5.
- Rindiatmoko. 1984. Telemetri Suhu. Laporan Masalah Khusus Jurusan Geofisika dan Meteorologi, Institut Pertanian Bogor (tidak Dipublikasikan).
- Rodiat, Yani. 1981. Pengiriman Data pada Sistem Telemetri. Majalah Instrumentasi Jilid 6 No.1. LIN LIPI. Bandung
- Rugewalira, R.; Milner, E. and Watai. 1986. Measurement of Rainfall Intensity in the tropical Environment *in*: Koesoemadinata., *et al*, (eds). Regional Seminar on Instrumentation & Process Control Proc. UNESCO - LIPI. Jakarta
- Saffor Jr., Edwards L. 1976. Radiocontrol Manual. TAB Books Co. Blue Ridge. PA
- Spiegel, Herbert J. dan Gruber, Arnold. 1983. From Weather Vanes to Satellites. John Wiley and Sons. New York.
- Stahl, Dietrich. 1989. Recent Development and Prospect of Photovoltaics. Siemens Special Edition Report No. 11. pp705-710
- Suryanto; Sugiyarto dan Soenarto, 1981. Petunjuk Praktek elektronika Komunikasi (Jilid 3). Depdikbud. Jakarta
- Traister, Robert J. 1987. Proyek IC 555 (terjemahan). PT Elex Media Komputindo. Jakarta.

- Wasito S. 1989. Vademekum Elektronika. Gramedia. Jakarta
- Wood, L.E. 1973. Meteorolglcal Instruments in: Berry, F.A and Bollay, E. (eds). Handbook of Meteorology. McGraw-Hill Book Co. New York.



Hak Cipta Hibridasi/ Unsur-unsur

1. Diambil sebagai salah satu elemen karya seni sebagai perwujudan dari ekspresi kreatif
2. Diperoleh sebagai salah satu unsur seni sebagai perwujudan dari ekspresi kreatif
3. Diperoleh sebagai salah satu unsur seni sebagai perwujudan dari ekspresi kreatif
4. Diperoleh sebagai salah satu unsur seni sebagai perwujudan dari ekspresi kreatif
5. Diperoleh sebagai salah satu unsur seni sebagai perwujudan dari ekspresi kreatif
6. Diperoleh sebagai salah satu unsur seni sebagai perwujudan dari ekspresi kreatif
7. Diperoleh sebagai salah satu unsur seni sebagai perwujudan dari ekspresi kreatif
8. Diperoleh sebagai salah satu unsur seni sebagai perwujudan dari ekspresi kreatif
9. Diperoleh sebagai salah satu unsur seni sebagai perwujudan dari ekspresi kreatif
10. Diperoleh sebagai salah satu unsur seni sebagai perwujudan dari ekspresi kreatif
11. Diperoleh sebagai salah satu unsur seni sebagai perwujudan dari ekspresi kreatif
12. Diperoleh sebagai salah satu unsur seni sebagai perwujudan dari ekspresi kreatif

## LAMPIRAN - LAMPIRAN

Lampiran Tabel 1. Hasil Penyadapan energi surya dengan menggunakan sel surya.

No.	Waktu	Limpahan Energi Surya (mW/cm <sup>2</sup> )	Arus Isi (ma)	Arus beban (ma)	Arus Total (ma)	Tegangan (volt)	Daya yang Dihasilkan (mW)	Energi yang Dihasilkan (mW/cm <sup>2</sup> )
1	07:00	6.70	-3.50	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00
2	07:15	8.40	-1.70	3.50	1.80	2.10	3.78	0.10
3	07:30	13.40	0.90	3.60	4.50	2.65	11.93	0.31
4	07:45	15.10	1.20	3.60	4.80	2.88	13.82	0.35
5	08:00	20.20	2.00	3.30	5.30	2.94	15.58	0.40
6	08:15	23.50	6.40	3.60	10.00	3.10	31.00	0.79
7	08:30	25.20	7.10	3.60	10.70	3.16	33.81	0.87
8	08:45	34.40	12.20	3.70	15.90	3.34	53.11	1.36
9	09:00	39.50	13.50	3.70	17.20	3.36	57.79	1.48
10	09:15	36.10	12.20	3.80	16.00	3.31	52.96	1.36
11	09:30	42.60	15.30	3.80	19.10	3.38	64.56	1.65
12	09:45	61.30	21.60	3.80	25.40	3.58	90.93	2.33
13	10:00	65.50	24.30	3.90	28.20	3.55	100.11	2.56
14	10:15	69.70	29.80	3.90	33.70	3.67	123.68	3.17
15	10:30	39.50	9.60	4.00	13.60	3.14	42.70	1.09
16	10:45	39.50	14.50	4.00	18.50	3.49	64.57	1.65
17	11:00	57.10	24.60	4.00	28.60	3.60	102.96	2.64
18	11:15	28.60	6.80	4.00	10.80	3.10	33.48	0.86
19	11:30	81.50	30.00	4.10	34.10	3.61	123.10	3.15
20	11:45	84.00	29.80	4.10	33.90	3.62	122.72	3.14
21	12:00	84.90	31.70	4.10	35.80	3.63	129.95	3.33
22	12:15	81.50	29.50	4.10	33.60	3.58	120.29	3.08
23	12:30	47.00	10.60	3.90	14.50	3.62	52.49	1.34
24	12:45	79.00	29.70	4.00	33.70	3.63	122.33	3.13
25	13:00	26.00	4.60	4.00	8.60	3.08	26.49	0.68
26	13:15	25.20	5.80	3.90	9.70	3.12	30.26	0.77
27	13:30	41.20	23.40	4.00	27.40	3.60	98.64	2.53
28	13:45	25.50	5.60	4.00	9.60	3.12	29.95	0.77
29	14:00	52.10	20.80	3.90	24.70	3.73	92.13	2.36
30	14:15	53.80	20.90	3.90	24.80	3.62	89.78	2.30
31	14:30	22.70	4.40	4.00	8.40	3.03	25.45	0.65
32	14:45	18.80	1.00	3.90	4.90	2.81	13.77	0.35
33	15:00	13.40	-0.50	3.90	3.40	2.65	9.01	0.23
34	15:15	12.60	-1.30	3.90	2.60	2.55	6.63	0.17
35	15:30	10.10	-2.40	3.90	1.50	2.38	3.57	0.09
36	15:45	10.90	-2.10	3.90	1.80	2.41	4.34	0.11
37	16:00	10.10	-2.20	3.90	1.70	2.41	4.10	0.10
38	16:15	11.80	-2.00	3.80	1.80	2.46	4.43	0.11
39	16:30	7.60	-3.40	3.90	0.50	2.10	1.05	0.03
40	16:45	5.90	-3.70	3.80	0.20	1.97	0.39	0.01
41	17:00	4.20	-3.80	3.80	0.00	1.61	0.00	0.00
42	17:15	3.40	-3.80	3.80	0.00	1.44	0.00	0.00
43	17:30	1.60	-3.80	3.80	0.00	1.04	0.00	0.00

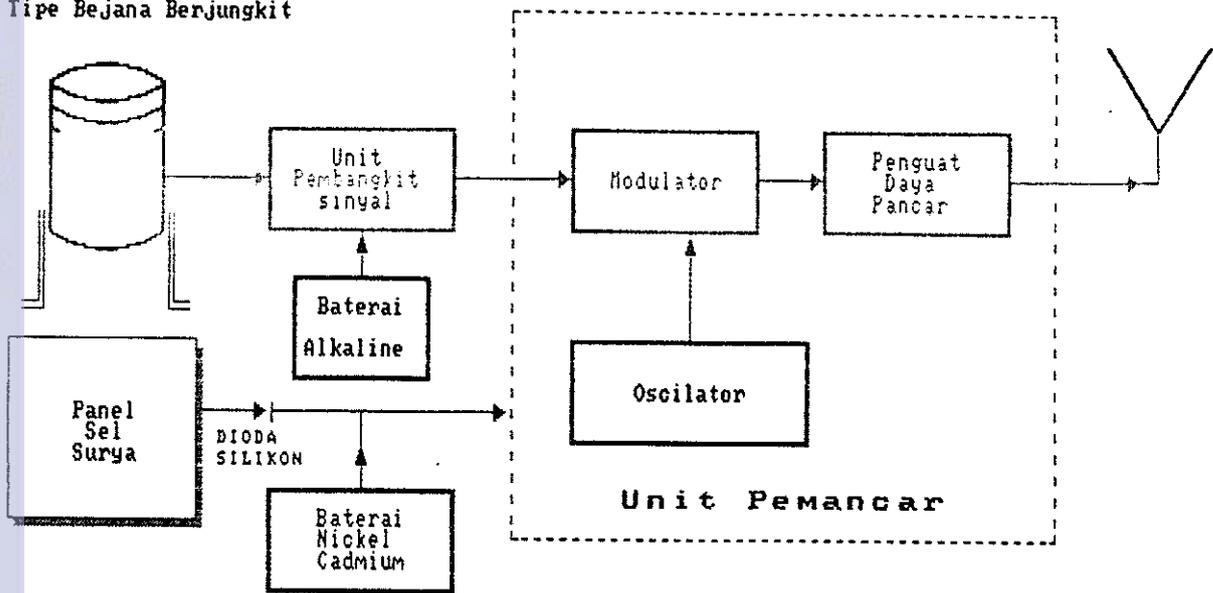
Keterangan: Data diambil pada pengamatan tanggal 25 Juli 1991

Lampiran Tabel 2. Hasil Pengamatan Curah Hujan

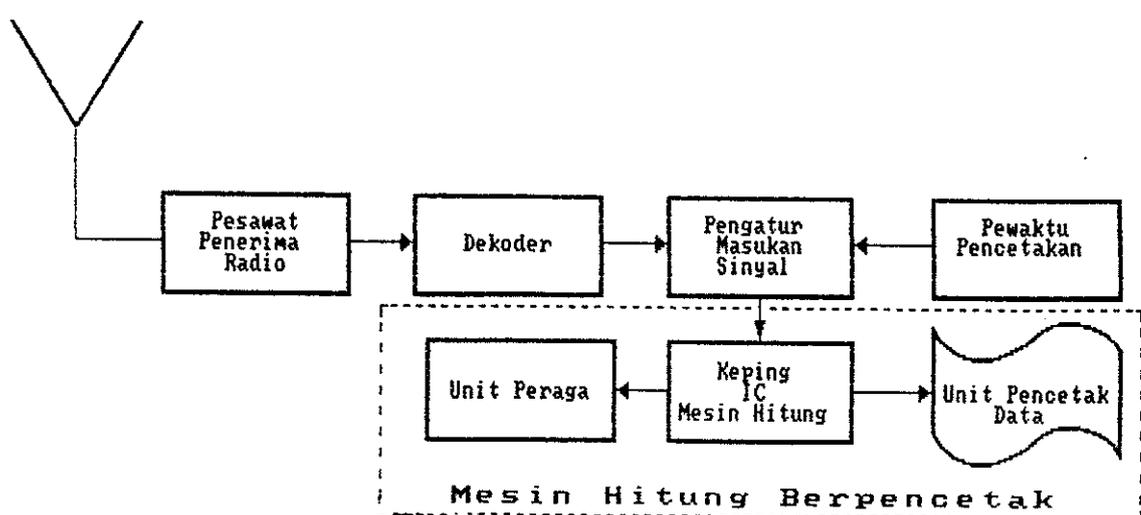
Tanggal : 160791			Tanggal : 170791			Tanggal : 240791		
Jam	Hitungan	Intensitas	Jam	Hitungan	Intensitas	Jam	Hitungan	Intensitas
1	2	3	4	5	6	7	8	9
12.56	0	0	14.57	0	0	18.33	0	0
	0	0		0	0		0	0
	0	0		0	0		0	0
	0	0		0	0		0	0
	0	0		0	0		0	0
	0	0	15.27	0	0	19.03	0	0
	0	0		0	0		0	0
	0	0		0	0		0	0
	0	0		0	0		0	0
	0	0		0	0		0	0
	0	0		0	0		0	0
	0	0		0	0		0	0
	0	0		0	0		0	0
13.56	0	0	15.57	0	0	19.33	0	0
	0	0		0	0		0	0
	0	0		0	0		0	0
	0	0		0	0		0	0
	0	0		0	0		0	0
	0	0		0	0		0	0
	0	0	16.27	0	0	20.03	0	0
	0	0		0	0		0	0
	0	0		0	0		0	0
	0	0		0	0		0	0
	0	0		0	0		0	0
	0	0		0	0		0	0
	0	0		0	0		0	0
	0	0		0	0		0	0
	0	0		0	0		0	0
14.56	0	0	16.57	1	0.2	20.33	0	0
	0	0		3	0.4		0	0
	0	0		6	0.6		0	0
	0	0		8	0.4		0	0
	0	0		9	0.2		0	0
	0	0		10	0.2		0	0
	0	0	17.27	10	0	21.03	0	0
	0	0		11	0.2		0	0
	0	0		11	0		0	0
	0	0		11	0		0	0
	0	0		11	0		0	0
	0	0		11	0		0	0
	0	0		11	0		0	0
15.56	0	0	17.57	11	0	21.33	0	0
	0	0		11	0		0	0
	0	0		12	0.2		0	0
	0	0		12	0		1	0.2
	0	0		12	0		1	0
	0	0		12	0		1	0
	0	0	18.27	12	0	22.03	1	0
	0	0		12	0		1	0



Penakar Hujan Tipe Bejana Berjungkit

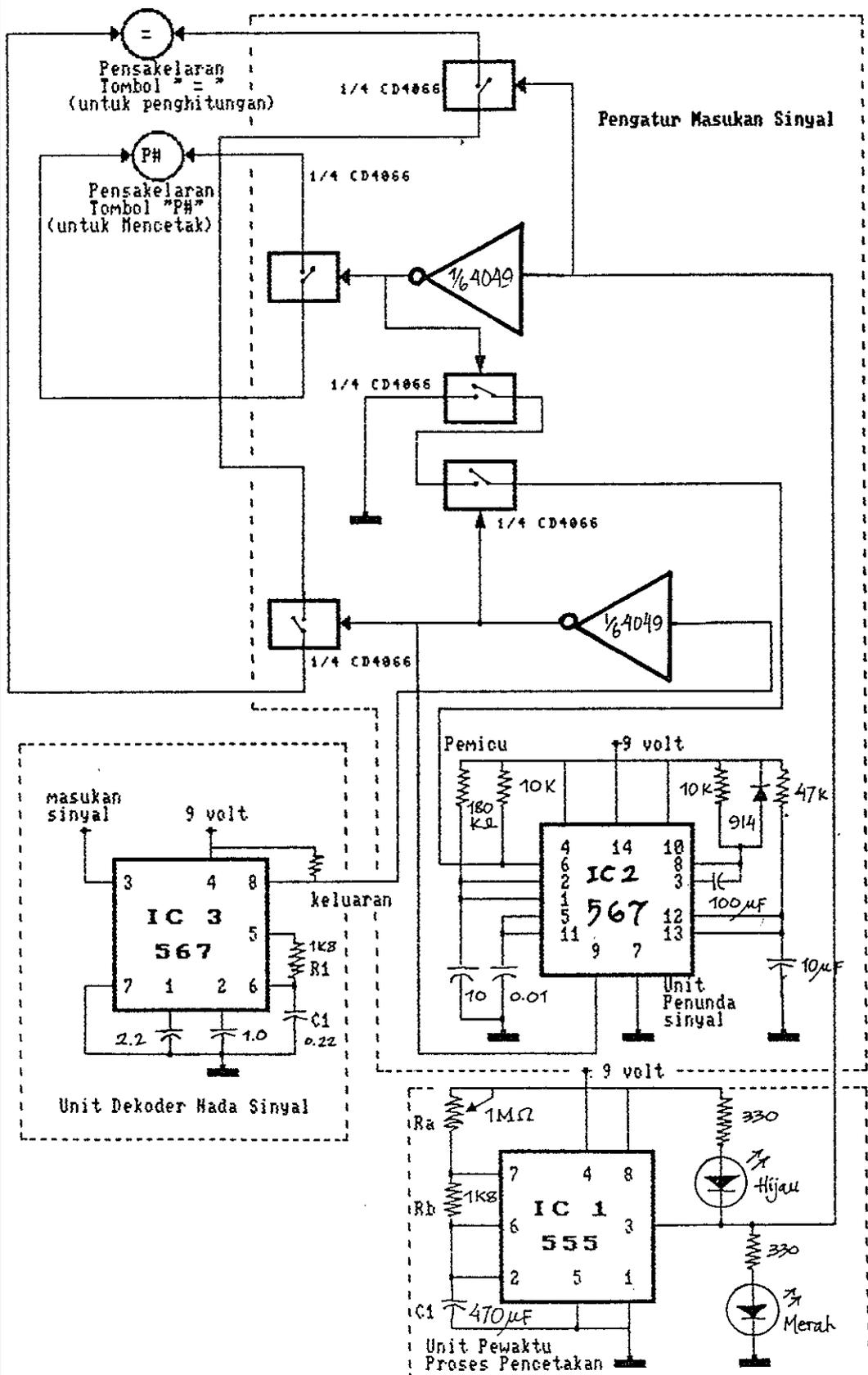


(a) Bagian Pengirim Data



(b) Bagian Penerima dan Pengolah Data

Lampiran Gambar 1. Bagan Proses Kerja Sistem Radiotelemetri Curah Hujan.



Lampiran Gambar 2. Skema Lengkap Pengolah Data Sinyal

Hasil Cerdas Murni (SmartMurni) adalah alat yang dirancang untuk membantu proses belajar dan meningkatkan keterampilan. Alat ini dirancang dengan menggunakan mikrokontroler sebagai otak utamanya. Alat ini dapat melakukan berbagai tugas seperti menghitung, mencetak, dan mengontrol perangkat elektronik lainnya. Alat ini juga dapat dihubungkan dengan komputer untuk melakukan tugas-tugas yang lebih kompleks. Alat ini adalah salah satu contoh dari alat cerdas murni yang dapat membantu proses belajar dan meningkatkan keterampilan.



Lampiran Tabel 3. Spesifikasi Mesin Hitung Saku  
Berpencetak Merk Casio tipe HR-9.

**KEMAMPUAN:**

Empat kalkulasi dasar, +/-/x/:, kalkulasi memori, kalkulasi persentase termasuk *add-on/discount* dan tanda-tanda perhitungan, serta bermacam jenis kalkulasi praktis.

**KAPASITAS PERAGA:** 10 angka digit.

**TITIK DESIMAL:**

Terbaca penuh, atau tertentu dengan pembulatan pada 2 angka desimal.

**ANGKA NEGATIF:**

Tercetak dan/atau diperagakan dengan tanda minus (-)

**TERMUATI BERLEBIHAN:**

Diperagakan dengan tanda "E".

**UNIT PERAGA:**

Peraga Kristal Cair (LCD/Liquid Crystal Display)

**KISARAN TEMPERATUR DAERAH KERJA:**

0° C - 40° C

**KONSUMSI DAYA:**

1.8W

**SUMBER DAYA:**

Empat baterai tipe UM-3 yang mampu mengoperasikan 3500 jam terus menerus, atau 4000 baris pencetakan angka "55555" terus menerus.

**AUTO POWER OFF:**

Kurang lebih setelah 6 menit setelah pengoperasian terakhir.

**DIMENSI:**

41.5 mm(H) x 108 mm(W) x 194 mm(D) (tidak termasuk tuas gulungan kertas)

**BERAT:**

305 gram termasuk baterai.

Lampiran Tabel 4. Spesifikasi Pemancar merk Conion tipe CWM-P57

**SIRKUIT:**

Satu transistor FET

**MODULASI:**

Sistem Modulasi Frekwensi (FM)

**FREQUENCY:**

88 - 95 MHz.

**SIMPANGAN FREKWENSI MAKSIMUM:**

Kurang lebih 75 kHz

**DAYA PANCAR:**

Sekitar 50 meter di luar ruangan.

**UNIT MIKROPON:**

Mikropon Kondenser Elektret

**SUMBER DAYA:**

2 buah Baterai tipe UM-3 (3 volt)

**OPERASI TERUS MENERUS:**

Diatas 100 jam.

**DIMENSI:**

35 mm(W) x 103.5 mm(H) x 24.5 mm (D)

**BERAT:**

Kurang lebih 65 gram