

Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi
Universitas Airlangga

PERANCANG ALAT UKUR BEDA FASE SECARA DIGITAL

Ketua Peneliti :
Drs. TRI ANGGONO PRIJO

Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam



MILIK
PERPUSTAKAAN
"UNIVERSITAS AIRLANGGA"
SURABAYA

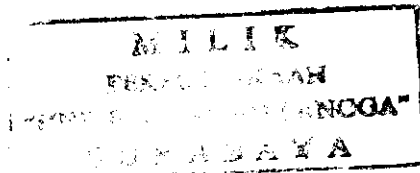
SELESAI

0000819943 141

LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

Dibiayai Oleh : DIP/OPF Unair 1990/1991
SK. Rektor Nomor : 7744/PT.03.H/N/1990

Nomor Urut : 28



0000819943141

**LEMBAGA PENELITIAN**

Jl. Darmawangsa Dalam 2 Telp. (031) 42322 Surabaya 60286

IDENTITAS DAN PENGESAHAN

LAPORAN AKHIR HASIL PENELITIAN

1. a. Judul Penelitian : Perancangan Alat Ukur Beda Fase Secara Digital.
- b. Macam Penelitian : (v) Fundamental, () Terapan, () Pengembangan
2. Kepala Proyek Penelitian :
- a. Nama Lengkap Dengan Gelar : Drs. Tri Anggono Prijo
b. Jenis Kelamin : Laki - Laki
c. Pangkat/Golongan dan NIP : Penata Muda / III/a , 131878369
d. Jabatan Sekarang : Asisten Ahli Madya
e. Fakultas / Jurusan : FMIPA / Fisika
f. Univ./Inst./Akademi : Universitas Airlangga
g. Bidang Ilmu Yang Diteliti : Fisika Instrumentasi/Eksperimental
3. Jumlah Tim Peneliti : 1 (satu) orang
4. Lokasi Penelitian : Lab.FMIPA Unair
5. Bila penelitian ini merupakan peningkatan kerjasama kelembagaan, sebutkan :
- a. Nama Instansi : -
b. A l a m a t : -
6. Jangka Waktu Penelitian : 3 (tiga) bulan
7. Biaya Yang Diperlukan : Rp 250.000,00
8. Hasil Penilaian : () Baik Sekali, (v) Baik, () Sedang,
() Kurang

Mengetahui / Mengesahkan :
a.n. Rektor
Ketua Lembaga Penelitian,Prof.Dr.dr. Soedijono
NIP 130261504

RINGKASAN PENELITIAN

Judul Penelitian : PERANCANGAN ALAT UKUR BEDA FASE SECARA DIGITAL

Ketua Peneliti : Tri Anggono Prijo

Jenis Penelitian : Penelitian perorangan

Fakultas/Puslit : MIPA Universitas Airlangga

Sumber Biaya : DIP OPF Unair

Nomor Kontrak : 7744/PT03.H/N/1990

Gelombang yang dipancarkan pada suatu bahan akan mengalami pergeseran fase akibat perambatannya di dalam bahan tersebut. Informasi mengenai beda fase ini dapat digunakan untuk menganalisis besaran-besaran fisis dalam bahan, antara lain elastisitas bahan tersebut.

Pengukuran beda fase secara analog dapat dilakukan dengan metode Lissajous atau metode waktu tunda dengan menggunakan osiloskop. Pengukuran dengan cara ini selain mahal juga menuntut ketekunan dan kecermatan pengamat supaya kesalahan pengamatan dapat diperkecil.

Perancangan alat ukur beda fase secara digital dimaksudkan untuk memudahkan pengamatan beda fase antara dua gelombang yang memiliki frekuensi sama. Perancangan alat ukur beda fase digital memiliki nilai lebih antara lain praktis, murah, dan tanpa mengabaikan ketelitian alat yang dihasilkan.

Dengan menggunakan dasar teori elektronika yang mencakup beberapa rangkaian pintu logika kombinasi yang merupakan rumpun elektronika digital dan beberapa penguat operasional yang merupakan rumpun elektronika analog dapat diwujudkan alat ukur beda fase yang memiliki ketelitian cukup memuaskan, murah harganya, dan pemakaian daya listrik yang relatif kecil.

Dalam penelitian ini metodologi penelitian yang digunakan mencakup perwujudan alat yakni mulai tahap perancangan alat, pembuatan tata letak komponen elektronika, dan langkah-langkah lain hingga alat tersebut siap digunakan. Setelah itu dilakukan uji coba alat yang mencakup prosedur pengambilan data, analisis data dan uji banding dengan alat ukur yang telah ada.

Hasil pengukuran beda fase antara dua gelombang dengan cara digital dan cara analog tidak berbeda secara statistik, hal ini didukung fakta eksperimen yang dilakukan dengan menggunakan analisis statistik berupa uji-t.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah Yang Maha Kuasa, sebab dengan karunia-Nya, penelitian dan tulisan ini dapat terwujud.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada bapak Drs. Wasil yang dalam penelitian ini bertindak sebagai dosen pembimbing penelitian dosen yunior.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada para dosen Fisika FMIPA Unair dan semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

Penulis harapkan dengan penelitian dan tulisan ini dapat membawa manfaat bagi pihak-pihak yang berkaitan, terutama mahasiswa bidang minat eksperimental dan instrumental.

Akhirnya penulis mengharap kritik dan saran membangun untuk kesempurnaan penelitian dan tulisan ini.

Surabaya, 1991

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Hasil Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Beda Fase Dua Gelombang Berfrekuensi Sama	6
2.2 Pengukuran Beda Fase Gelombang Berfrekuensi Sama	8
2.3 Diagram Blok Alat	9
2.4 Rangkaian Penguat dan Komparator	12
2.4.1 Penguat Non Inverting	13
2.4.2 Rangkaian Komparator	14
2.5 Latch R-S Bermasukan Terpicu	17
2.6 Pengatur Gate	20
2.7 Rangkaian Pembagi Frekuensi	21
2.8 Pencacah dan Peraga 7-segmen Berpenghapus Nol	22

BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1	Perwujudan Alat	25
3.2	Uji Coba Alat	32
3.2.1	Prosedur Percobaan	33
3.2.2	Data Pengamatan	35
3.2.3	Analisis Data	36
BAB IV	PEMBAHASAN	38
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1	Kesimpulan	40
5.2	Saran-saran	41
DAFTAR PUSTAKA		42

DAFTAR GAMBAR

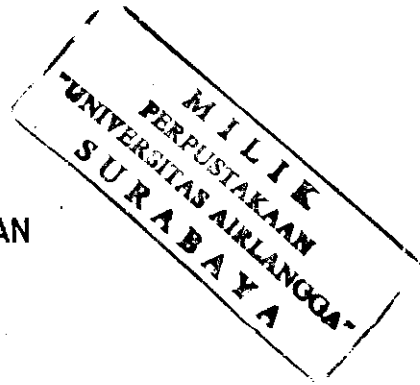
Gambar 1.1 : Diagram Blok Pengukuran Beda Fase Dengan Pola Lissajous	2
Gambar 2.1 : Grafik Fungsi tegangan terhadap Waktu	7
Gambar 2.2 : Gelombang Persegi (pulse)	8
Gambar 2.3 : Diagram Blok Alat Ukur beda Fase Digital	10
Gambar 2.4 : Rangkaian Penguat Non Inverting	13
Gambar 2.5 : Rangkaian Komparator	15
Gambar 2.6 : Rangkaian Latch R-S bermasukan terpicu	19
Gambar 2.7 : Diagram waktu latch R - S bermasukan terpicu yang dibuat dari pintu NOR	20
Gambar 2.8 : Rangkaian Pembagi 2000	22
Gambar 2.9 : Rangkaian Pencacah-peraga 7-segmen	23
Gambar 3.1 : Rangkaian lengkap alat ukur beda fase secara digital	26
Gambar 3.2 : Tata jalur dan tata letak komponen elektronika rakitan-1	28
Gambar 3.3 : Tata jalur dan tata letak komponen elektronika rakitan-2	29
Gambar 3.4 : Diagram pengabelan (<i>wiring</i>)	30
Gambar 3.5 : Tata letak panel alat	31
Gambar 3.6 : Peralatan Untuk kalibrasi	32
Gambar 3.7 : Diagram Blok Pengukuran beda Fase	34

DAFTAR TABEL

Tabel-1 : Tabel Kebenaran latch R-S	17
Tabel-2 : Tabel Kebenaran IC CD 4026	24
Tabel-3 : Data Pengamatan dengan Osiloskop dan alat ukur beda fase digital	36
Tabel-4 : Perbandingan hasil pengukuran dengan osiloskop dan alat ukur beda fase digital	37

BAB I

PENDAHULUAN

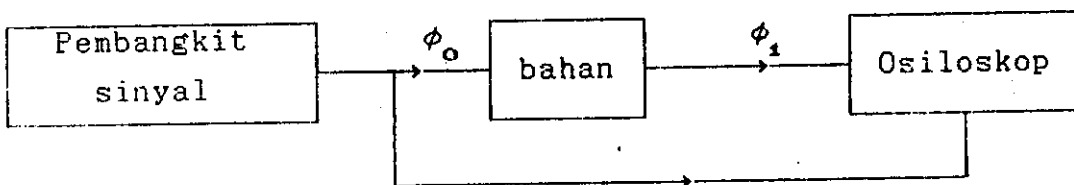


1.1. Latar Belakang Permasalahan

Untuk menentukan beberapa besaran fisis suatu bahan dengan menggunakan rambatan gelombang, baik gelombang mekanik atau gelombang elektromagnetik, sering dilakukan dengan mengukur beda fase antara gelombang sumber (pemancar) dan gelombang yang melalui bahan tersebut. Besaran-besaran fisis yang dapat ditentukan dengan metode pengukuran beda fase antara lain : cepat rambat gelombang dalam bahan, suseptibilitas bahan, modulus elastik bahan, dan besaran fisis yang lain.

Pengukuran beda fase antara gelombang sumber dan gelombang yang melalui bahan biasanya dilakukan dengan metode pengukuran secara analog, yaitu dengan menggunakan pola Lissajous atau metode waktu tunda (delay time). Pengukuran secara analog menuntut ketelitian dan kejelian pengamat dalam menentukan beda fase kedua gelombang yang diamati, karena skala pengukuran pada layar osiloskop yang digunakan relatif kecil, sehingga sulit dalam pengoperasiannya. Kesalahan penentuan skala yang dianggap tepat akan mengakibatkan terjadinya kesalahan hasil pengukuran.

Selain itu dengan metode pengukuran secara analog ini membutuhkan osiloskop yang harganya relatif mahal dan membutuhkan daya listrik yang relatif besar. Jadi selain kurang praktis metode pengukuran secara analog juga mahal, baik dalam biaya pengadaan alat maupun dalam pengoperasiannya. Diagram blok pengukuran beda fase dengan pola Lissajous ditunjukkan oleh gambar 1.1.



Gambar 1.1 : Diagram blok pengukuran beda fase dengan pola Lissajous

Untuk menghindari atau mengurangi ketergantungan pada tuntutan tersebut dirancang suatu alat yang dapat digunakan untuk mengukur beda fase antara dua gelombang secara digital. Dengan alat ini hasil pengukuran dapat dipaparkan pada peraga LED (7-segmen) yang menyala, sehingga diharapkan dapat memudahkan pembacaan hasil pengukuran dan mengurangi kesalahan pengamatan yang dilakukan. Selain praktis dalam pengoperasiannya, alat ukur beda fase secara digital juga relatif murah harganya. Alat ukur beda fase ini dirancang khusus untuk pengukuran beda fase dua gelombang dengan frekuensi yang

sama, karena pada umumnya penentuan besaran-besaran fisis dengan mengukur beda fase antara gelombang sumber dan gelombang yang melalui suatu bahan menggunakan gelombang yang berfrekuensi sama besar.

1.2. Rumusan Masalah

Agar perancangan alat ukur beda fase secara digital sesuai dengan karakteristik alat yang hendak diwujudkan, diperlukan penjabaran permasalahan-permasalahan yang merupakan kendala-kendala perancangan, sehingga memberikan arah yang jelas dalam proses perancangan. Adapun kendala-kendala perancangan tersebut dapat dirangkum sebagai berikut.

1. mempunyai kepresisian tinggi, ketelitian beda fase terukur cukup kecil dengan memberikan angka desimal di belakang koma.
2. dapat beroperasi dengan daya listrik rendah (hemat daya atau energi listrik)
3. mampu mengukur beda fase antara dua gelombang tegangan listrik yang frekuensinya sama.
4. mampu mengukur beda fase antara dua gelombang tegangan listrik dengan berbagai bentuk gelombang.
5. beda fase terukur diperagakan dalam bentuk nyala LED angka desimal dengan satuan Π radian.

6. memiliki kestabilan terhadap perubahan suhu
7. interval pencacahan cukup singkat dan waktu antara pencacahan pertama dan pencacahan berikutnya cukup lama, sehingga pergantian digit dapat diikuti dengan mata normal.
8. dilengkapi dengan pengawal dan penghenti pencacahan (*start* dan *reset*).
9. menggunakan komponen-komponen elektronika se-optimal mungkin, murah harganya dan disesuaikan dengan komponen yang ada di pasaran.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah membuat alat ukur beda fase secara digital. Alat tersebut diharapkan dapat digunakan untuk mengukur beda fase antara dua gelombang yang frekuensinya sama besar, tanpa mempedulikan bentuk kedua gelombang yang dibandingkan.

1.4. Manfaat Hasil Penelitian

Hasil penelitian berupa alat ukur beda fase digital dapat melengkapi peralatan praktikum Fisika Dasar dan Fisika Eksperimental di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Airlangga.

Dalam bab II dijabarkan landasan teori yang meliputi teori tentang beda fase antara dua gelombang dan

cara-cara pengukurannya, diagram blok alat ukur, dan cara kerja rangkaian elektronika analog dan digital yang mendasari bagian-bagian alat ukur beda fase digital.

Dalam bab III dijelaskan metodologi penelitian yang meliputi tahap-tahap perwujudan alat sampai siap untuk digunakan, yakni meliputi perancangan tata letak dan tata jalur komponen elektronika, perancangan panel, penataan kabel, pengkotakan, dan kalibrasi alat, tahap berikutnya adalah uji coba alat yang meliputi pengambilan data dan analisis data percobaan.

Hasil percobaan pengukuran beda fase antara dua gelombang yang berfrekuensi sama dan pembahasannya dijabarkan dalam bab IV.

Dalam bab terakhir diberikan kesimpulan dan saran-saran yang berguna untuk pengembangan dan penyempurnaan alat selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beda Fase Dua Gelombang Berfrekuensi Sama

Gelombang yang ditinjau disini adalah gelombang listrik. Pada hakekatnya gelombang listrik merupakan gelombang tegangan yang berbentuk sinusoidal. Besarnya tegangan listrik berubah-ubah bergantung posisi dan waktu. Secara matematis fungsi tegangan listrik dapat ditulis sebagai

$$V(x,t) = V_0 \cos (kx \pm \omega t + \phi) \quad (2-1)$$

dengan V_0 = amplitudo tegangan listrik

k = bilangan gelombang ($2\pi/\lambda$)

ω = frekuensi sudut ($2\pi f$)

ϕ = fase awal

x = posisi

t = waktu

Tanda (\pm) menunjukkan arah rambat gelombang. Tanda (+) menunjukkan gelombang merambat ke arah sumbu x negatif dan tanda (-) untuk gelombang merambat ke arah sumbu x positif.

Karena tegangan listrik yang diamati memiliki posisi yang tetap maka fungsi gelombangnya dapat disederhanakan

$$V(t) = V_o \cos (\omega t + \Phi) \quad (2-2)$$

Untuk dua gelombang tegangan listrik yang memiliki frekuensi dan amplitudo sama besar, dan sudut fase awal masing-masing adalah Φ_1 dan Φ_2 , secara matematik fungsi gelombangnya dapat ditulis sebagai :

$$V_1 = V_o \cos (\omega t + \Phi_1) = V_o \cos \omega(t + t_1) \quad (2-3a)$$

$$V_2 = V_o \cos (\omega t + \Phi_2) = V_o \cos \omega(t + t_2) \quad (2-3b)$$

dengan $t_1 = \Phi_1/\omega = \Phi_1/2\pi f$ dan

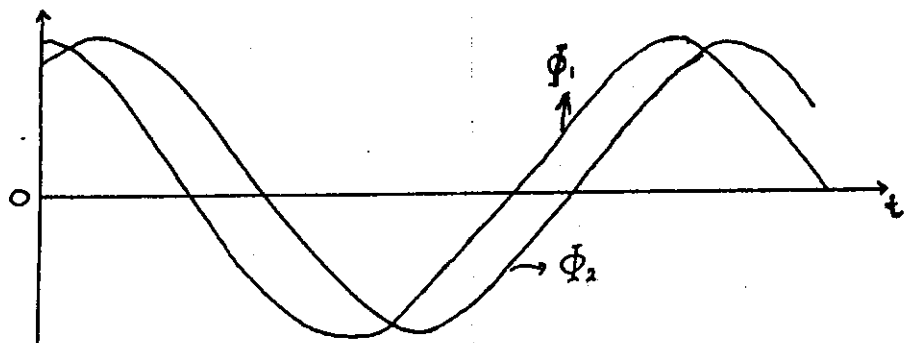
$$t_2 = \Phi_2/\omega = \Phi_2/2\pi f$$

Grafik fungsi tegangan (V_1 dan V_2) terhadap waktu (t) ditunjukkan oleh gambar (2.1).

Beda fase antara dua gelombang tersebut adalah

$$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = 2\pi f (t_2 - t_1) \quad (2-4)$$

Dari persamaan (2-4) terlihat bahwa beda fase antara dua gelombang adalah sebanding dengan beda waktu.



Gambar 2.1 : Grafik fungsi tegangan terhadap waktu

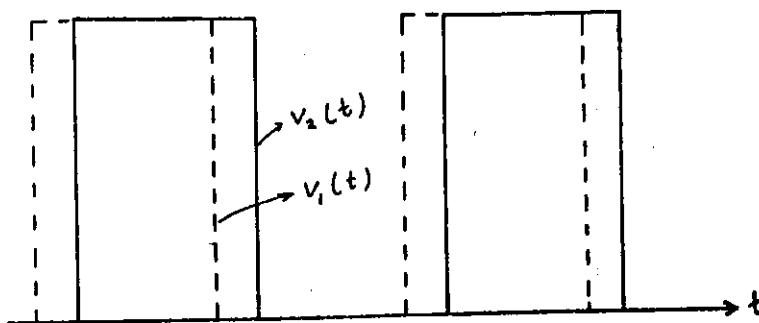
Jadi untuk menentukan beda fase antara dua gelombang yang berfrekuensi sama dapat dilakukan dengan mengukur beda

waktu antara kedua gelombang tersebut.

2.2 Pengukuran Beda Fase Dua Gelombang Berfrekuensi Sama

Untuk mengukur beda fase antara dua gelombang yang memiliki frekuensi sama diantaranya dengan mengukur beda waktu antara kedua gelombang tersebut. Untuk pengukuran secara digital sinyal gelombang sumber harus diubah dahulu menjadi sinyal gelombang persegi atau pulse, karena untuk elektronika digital hanya tegangan positif saja yang diperkenankan, sinyal tegangan negatif dapat merusak komponen elektronika digital.

Sinyal gelombang persegi atau pulse yang dihasilkan oleh gelombang tegangan V_1 dan V_2 secara grafik ditunjukkan oleh gambar (2.2).



Gambar 2.2 Gelombang persegi (pulse)

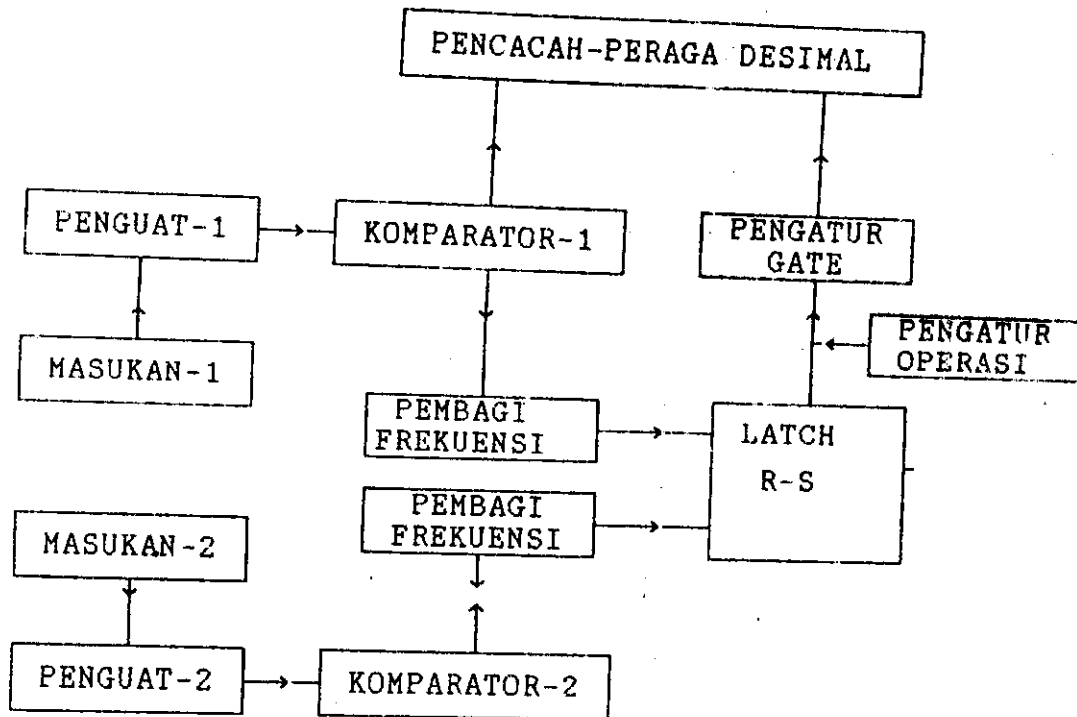
Dari grafik tampak bahwa beda waktu antara kedua gelombang adalah selisih waktu antara keadaan transisi (level 0 ke 1) gelombang pertama dan gelombang kedua,

sehingga dengan membuat piranti elektronik yang bekerja sebagai pensaklar dapat digunakan untuk mengukur beda fase.

Prinsip kerja pengukur beda waktu adalah mencatat beda waktu antara keadaan transisi (level 0 ke 1) gelombang pertama dan kedua. Ketika gelombang pertama berada pada keadaan transisi (level 0 ke 1) rangkaian pensaklar aktif (*start*), dan bila gelombang kedua berada pada keadaan transisi (level 0 ke 1) maka rangkaian pensaklar menjadi pasif (*stop*). Keluaran rangkaian ini sekaligus berfungsi sebagai pengatur gate yang berkaitan dengan pencacah digital.

2.3 Diagram Blok Alat

Perancangan alat ukur beda fase secara digital berdasarkan atas kendala-kendala seperti yang telah diungkapkan pada bab I, dimulai dari pembahasan alat secara blok yang disertai dengan kaitan antar blok. Berdasarkan atas kendala-kendala perancangan dapat disusun suatu diagram blok alat ukur beda fase secara digital seperti ditunjukkan oleh gambar 2.5.

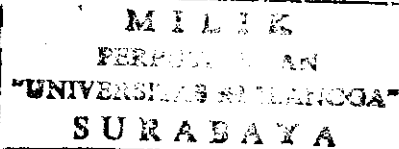


Gambar 2.3 : Diagram Blok Alat Ukur Beda Fase Secara Digital

Dua sinyal gelombang yang merupakan masukan penguat pertama dan penguat kedua, setelah dikuatkan disuapkan pada rangkaian komparator pertama dan komparator kedua. Rangkaian komparator mengubah sinyal masukan yang memiliki amplitudo di atas amplitudo ambang menjadi gelombang persegi atau pulse persegi dengan amplitudo tertentu, tanpa mengubah frekuensi dan beda fase sinyal masukan. Keluaran rangkaian komparator yang berbentuk pulse persegi selanjutnya dihubungkan dengan rangkaian latch R-S termasuk terpicu (*Triggered Input R-S Latch*).

Rangkaian latch R-S bermasukan terpicu memiliki keluaran yang dikemudikan oleh keluaran kedua rangkaian pembagi frekuensi. Keluaran rangkaian ini akan berada pada keadaan aktif atau berlevel 1 bila masukan S yang dihubungkan dengan pembagi frekuensi pertama berada pada transisi dari keadaan pasif ke keadaan aktif. Sebaliknya keadaan pasif latch R-S akan terjadi bila masukan R yang dihubungkan pada keluaran pembagi frekuensi kedua berada pada transisi dari keadaan pasif ke keadaan aktif. Karena keluaran pembagi frekuensi pertama dan pembagi frekuensi kedua berfrekuensi sama tapi fasenya berbeda, maka keluaran latch R-S bermasukan terpicu berbentuk pulse dengan lebar pulse sama dengan beda waktu antara sinyal masukan pertama dan sinyal masukan kedua, atau dengan kata lain merupakan selisih fase antara sinyal pertama dan sinyal kedua. Keluaran latch R-S bermasukan terpicu disuapkan pada rangkaian Pengatur Gate.

Rangkaian pengatur gate berfungsi sebagai penentu lebar pintu cacah (rentang waktu pencacahan) bagi rangkaian pencacah-peraga desimal. Mulai aktifnya keadaan keluaran pengatur gate merupakan mulainya waktu pencacahan, sebaliknya pencacahan berakhir bila keadaan keluaran pengatur gate pada level 0. sedangkan pulse yang dicacah adalah pulse keluaran rangkaian komparator pertama.



Pengatur operasi berfungsi mengatur awal dan akhir pengoperasian alat ukur beda fase secara digital.

Rangkaian pencacah-peraga desimal menggunakan IC pengendali 7-segmen pada setiap digit. Alat ini menggunakan 4 digit peraga desimal dengan 3 digit di belakang tanda titik, sehingga dapat mengukur beda fase antara 0.000 sampai 2.000 π radian.

2.4 Rangkaian Penguat dan Komparator

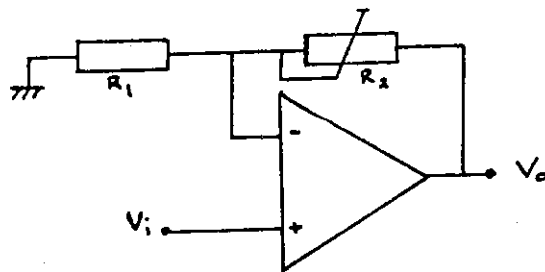
Tidak semua sinyal masukan alat ukur beda fase secara digital memiliki tegangan di atas tegangan ambang masukan rangkaian komparator untuk diubah menjadi pulse persegi. Agar semua masukan yang hendak dideteksi dapat diubah menjadi pulse persegi maka dibutuhkan rangkaian penguat yang dapat diatur penguatannya.

Rangkaian penguat yang digunakan adalah penguat operasional (*Operational Amplifier*) yang disingkat *op-amp*. Penguat jenis ini dibuat dari rangkaian terpadu (*Integrated Circuit*) yang lebih dikenal dengan singkatan IC.

Rangkaian komparator yang digunakan juga sudah terkemas dalam bentuk IC, sehingga lebih praktis dalam perancangan dan harganya pun tidak terlalu mahal.

2.4.1 Penguat Non Inverting

Agar keluaran rangkaian penguat memiliki frekuensi dan sudut fase yang sama dengan sinyal masukannya dipilih penguat yang tidak membalik (*non inverting*). Rangkaian penguat non inverting op-amp ditunjukkan oleh gambar 2.4.



Gambar 2.4 : Rangkaian Penguat Non Inverting

Tegangan keluaran penguat non inverting adalah

$$v_o = (1 + R_2/R_1) v_i \quad (2-5)$$

Penguatan tegangan penguat non inverting op-amp adalah

$$A_v = 1 + R_2/R_1 \quad (2-6)$$

Digunakannya resistor variabel R_2 mengakibatkan bervariasinya penguatan tegangan penguat non inverting. Dengan demikian tegangan keluaran penguat non inverting dapat divariasikan dengan jalan mengatur besar-kecilnya R_2 . Untuk memudahkan pengaturan besarnya penguatan digunakan resistor variabel berupa potensiometer, sehingga variasi penguatan dapat dilakukan secara praktis dengan memutar tombol potensiometer.

2.4.2. Rangkaian Komparator

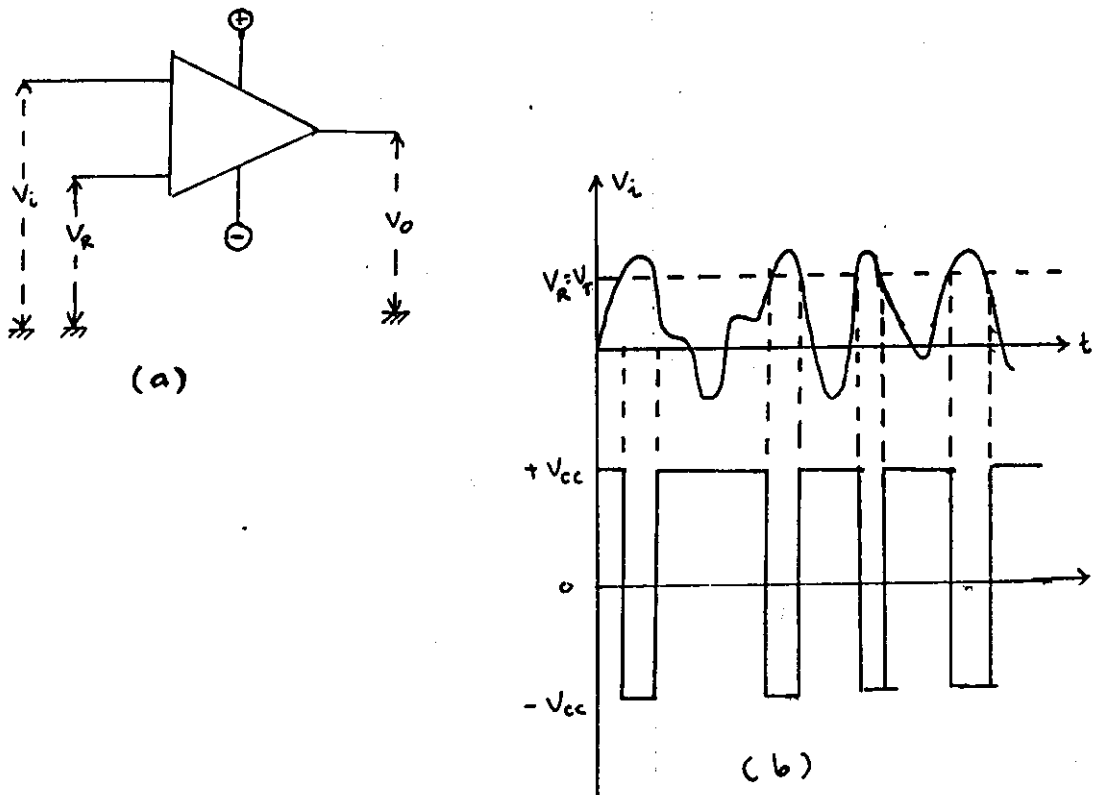
Dalam keadaan loop terbuka penguatan op-amp serba guna adalah besar sekali, yang berarti bahwa dengan tegangan masukan yang kecil akan menghasilkan tegangan keluaran sebesar catu tegangan op-amp yang diberikan ($+V_{cc}$). Sifat ini digunakan untuk membandingkan tegangan isyarat pada salah satu masukannya terhadap suatu tegangan acuan pada masukan yang lain, sehingga rangkaian ini dinamakan rangkaian komparator atau rangkaian pembanding penguat operasional.

Tegangan acuan V_R mempunyai nilai tertentu. Bila tegangan masukan v_i lebih besar dari v_R maka keluarannya adalah $-V_{cc}$ sedangkan sebaliknya akan memberikan tegangan keluaran sebesar $+V_{cc}$. Oleh karena itu tegangan acuan v_R adalah tegangan ambang yang membandingkan v_i dan v_R .

Kelemahan rangkaian ini adalah bila ada perubahan tegangan masukan yang mendadak sekali, maka keluarannya tidak akan mampu mengimbangi perubahan tersebut. Selain itu tegangan keluarannya sudah tertentu yakni sama dengan $\pm V_{cc}$. Untuk mengatasi kelemahan-kelemahan ini dapat dipilih rangkaian komparator yang telah dikemas dalam suatu rangkaian terpadu (*Integrated Circuit / IC*), dengan kelebihan-kelebihan yaitu disesuaikan dengan kebutuhan akan pembanding pada umumnya IC LM 311, dan harganya tidak terpaut banyak dengan op-amp serba guna (LM 741 dan

sejenisnya)

Keluaran IC LM 311 mampu mengimbangi perubahan tegangan masukan yang mendadak tanpa ada cacat, selain itu keluarannya juga dirancang bukan untuk bolak-balik antara \pm tegangan saturasi, melainkan diatur sesuai dengan



Gambar 2.5 : (a) Rangkaian Komparator

(b) Bentuk tegangan masukan dan tegangan keluaran serta hubungan antar keduanya

kebutuhan rangkaian yang dihubungkan kepadanya, bahkan keluaran IC ini mampu digunakan sebagai pengemudi rangkaian yang terbuat dari TTL sekalipun.

Rangkaian komparator yang dibuat dari IC LM 311 dalam keadaan terminal strobe terbuka ditunjukkan oleh gambar 2.5(a), sedang bentuk tegangan masukan, tegangan keluaran, dan hubungan antar keduanya ditunjukkan oleh gambar 2.5(b).

Keluaran IC ini bersifat seperti saklar dengan dua keadaan, yaitu keadaan aktif (level-1) atau keadaan pasif (level-0). Dalam keadaan aktif tegangan keluarannya adalah sama dengan V_{++} , sedang sebaliknya adalah sama dengan nol. Besarnya V_{++} dapat bervariasi sampai sebesar 40 V lebih positif dari tegangan catu negatif. Bahkan komparator jenis ini dapat pula dihubungkan dengan rangkaian lain yang memiliki tegangan catu yang berbeda dengan tegangan catu komparator.

IC ini juga mampu digunakan sebagai pengendali relay magnetik, lampu baterai, TTL, DTL, RTL, dan CMOS, sehingga dapat dianggap sebagai penyangga antara rangkaian analog dan digital. Dikatakan demikian karena masukan rangkaian komparator adalah tegangan analog yang berada pada daerah operasi linier dan keluarannya berupa tegangan diskrit atau biner yakni keadaan 0 (Low) dan 1 (high) yang merupakan daerah operasi elektronika digital.

2.5. Latch R-S Bermasukan Terpicu (Triggered Input R-S Latch)

Rangkaian latch R-S bermasukan terpicu (Triggered Input R-S Latch) terdiri atas rangkaian latch R-S yang masukannya dihubungkan dengan rangkaian pemicu.

Latch R-S mempunyai dua buah masukan (S dan R) dan dua buah keadaan keluaran yang komplementer (Q dan \bar{Q}), kecuali untuk kombinasi keadaan masukan $S=R=1$. Kombinasi keadaan masukan $S=R=1$ di dalam latch tidak boleh terjadi.

Masukan S dan R di dalam latch R-S disebut masukan set dan reset. Bila masukan set aktif ($S=1$) dan masukan reset pasif ($R=0$) maka latch dalam keadaan set atau preset ($Q_{n+1} = 1$ dan $\bar{Q}_{n+1} = 0$). Sedangkan bila masukan set pasif dan reset aktif maka latch dalam keadaan reset atau clear ($Q_{n+1} = 0$ dan $\bar{Q}_{n+1} = 1$). Adapun tabel kebenaran latch R-S ditunjukkan oleh tabel-1.

Tabel-1 : Tabel kebenaran latch R-S (2)

S	R	Q_{n+1}	\bar{Q}_{n+1}	Keadaan Latch
0	0	Q_n	\bar{Q}_n	Ingatan / Memori
0	1	0	1	Reset / Clear
1	0	1	0	Set / Preset
1	1	0	0	Tidak sah / Terlarang

Q_n = keadaan sebelumnya

Q_{n+1} = keadaan sekarang

Agar keadaan terlarang dalam latch tidak terjadi,

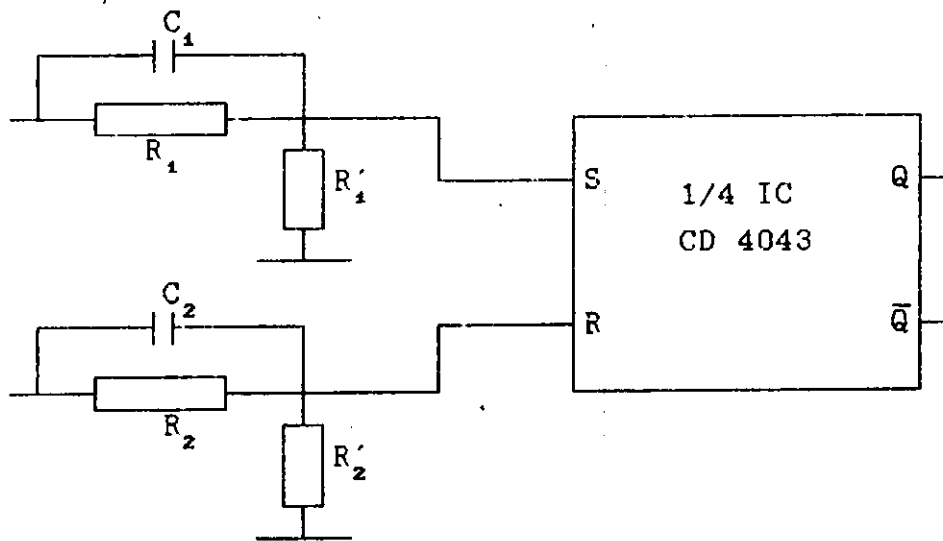
maka masukan S dan R tidak boleh aktif secara bersamaan. Untuk menghindari keadaan aktif bersamaan tersebut pada masukan dipasang R dan R' yang dihubungkan dengan ground. Dipasanginya R dan R' akan membuat keadaan R dan S menjadi pasif atau berada pada level 0, kecuali bila ada pulsa pemicu (trigger).

Keadaan keluaran Q akan berubah dari keadaan pasif atau level 0 menjadi aktif atau pada level 1, bila ada pulsa pemicu pada masukan S atau masukan S pada level 1. Keadaan aktif pada masukan S harus kembali secara cepat menjadi pasif untuk menghindari terjadinya keadaan terlarang dalam latch bila masukan R aktif. Jadi keadaan masukan S berada pada level 1 hanya untuk sesaat saja atau dapat dikatakan masukan S diberi pulsa pemicu (trigger).

Untuk membuat keadaan masukan S aktif untuk sesaat dipasang R paralel dengan C yang menghubungkan masukan S dengan bagian masukan. Pemasangan R dan C dimaksudkan agar terminal masukan S hanya berada pada level 1 untuk sesaat saja, sebab setelah muatan kapasitor C penuh maka tegangan masukan S akan berada pada level 0 kembali. Jadi walaupun masukan rangkaian latch R-S termasuk terpicu aktif terus menerus yang membuat masukan S aktif hanya pada awal pulsa aktif saja.

Keadaan keluaran Q akan berubah dari aktif menjadi pasif bila pada masukan R diberi pulsa pemicu (trigger).

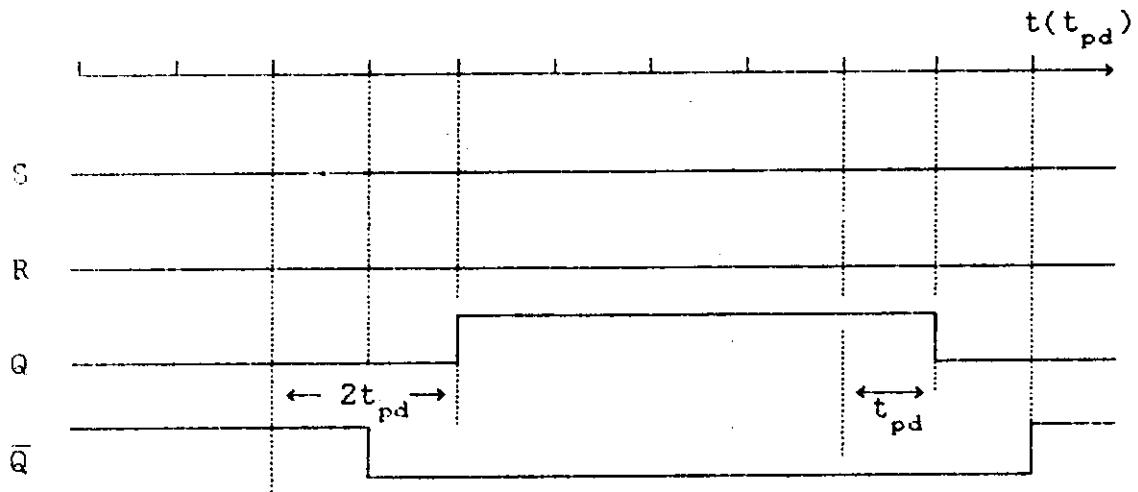
Proses pemicuan masukan R sama sdengan proses pemicuan pada masukan S. Diagram rangkaian latch R-S bermasukan terpicu ditunjukkan oleh gambar 2.6.



Gambar 2.6 Rangkaian latch R-S bermasukan terpicu

Untuk menggambarkan diagram waktu latch R-S bermasukan terpicu harus dilibatkan waktu tundaan propagasi (t_{pd}). Untuk latch R-S yang dibuat dari pintu NOR seperti pada IC CD 4043 (*Quad Flip-flop, R-S NOR Logic*) waktu tundaan propagasinya adalah 75 ns untuk tegangan catu daya 10 volt.

Diagram waktu latch R-S bermasukan terpicu yang terbuat dari pintu NOR ditunjukkan oleh gambar 2.7.



Gambar 2.7 : Diagram waktu latch R-S bermasukan terpicu yang dibuat dari pintu NOR

Masukan S latch R-S bermasukan terpicu dikemudikan oleh keluaran rangkaian komparator-1 yang telah melewati pembagi-2000 pertama, sedangkan masukan R dikemudikan oleh keluaran rangkaian komparator-2 yang juga telah melewati pembagi-2000 kedua. Keluarannya digunakan untuk mengemudikan pengatur gate.

2.6 Pengatur Gate

Pengatur gate berfungsi mengatur lebar pintu cacah rangkaian pencacah-peraga desimal. Masukan pengatur gate dikemudikan oleh keluaran latch R-S bermasukan terpicu, sedang keluarannya mengemudikan masukan Clk pencacah-peraga desimal.

Keluaran pengatur gate bersifat komplementer

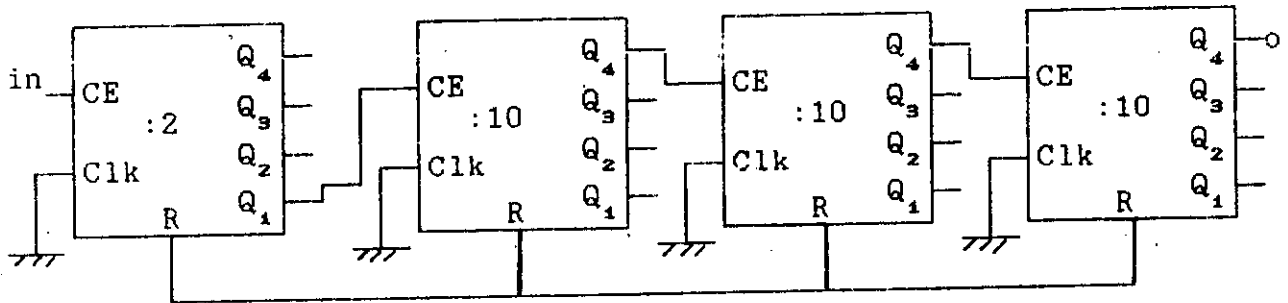
terhadap keluaran latch R-S, yaitu keluaran pengatur gate aktif atau berada pada level-1 bila keluaran latch R-S berada pada level-0, demikian pula sebaliknya.

2.7 Rangkaian Pembagi Frekuensi

Untuk menentukan lebar pintu cacah rangkaian pencacah-peraga desimal dibutuhkan pulse yang memiliki periode 2000 kali periode pulse yang dicacah. Sebagai sumber pulse adalah keluaran rangkaian komparator pertama dan kedua. Untuk mendapatkan pulse dengan frekuensi 1/2000 frekuensi sumber dibutuhkan rangkaian pembagi frekuensi.

Rangkaian pembagi frekuensi dengan frekuensi keluaran 1/2000 frekuensi sumber dikenal dengan nama rangkaian pembagi-2000. Rangkaian pembagi-2000 terdiri atas sebuah rangkaian pembagi-2 dan 3 buah rangkaian pembagi-10 yang keempatnya dihubungkan secara seri.

Rangkaian pembagi-10 dapat dibuat dengan menggunakan IC CD 4518 (*Decade Counter*). IC CD 4518 ini dapat juga digunakan sebagai pembagi-2 dengan melakukan penyadapan pada titik Q_1 sebagai keluarannya. Rangkaian lengkap pembagi-2000 ditunjukkan oleh gambar 2.8.



Gambar 2.8 : Rangkaian pembagi-2000

2.8 Pencacah dan Peraga 7-segmen Berpenghapus Nol

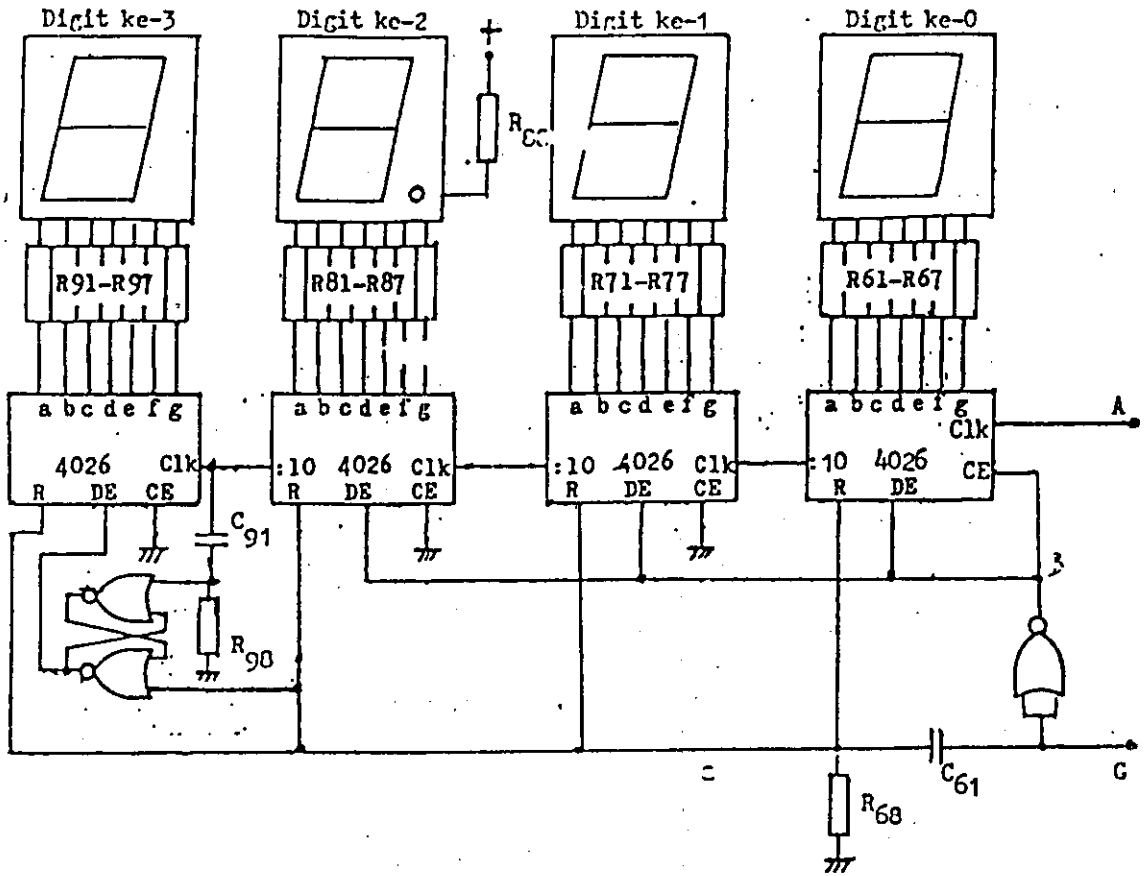
Rangkaian pencacah dan peraga 7-segmen terdiri atas 4 buah peraga 7-segmen katode bersama (*common cathode*), dan 4 buah IC CD 4026 (*decade counter with 7-segment decoded output*). Rangkaian pencacah dan peraga 7-segmen ditunjukkan oleh gambar 2.9.

Peraga 7-segmen katode bersama akan menyala bila masukan display enable (DE) diberi tegangan dengan level-1. Tabel kebenaran IC CD 4026 ditunjukkan oleh tabel-2.

Sebagai pengatur lebar pintu cacah yang dihubungkan dengan masukan clock enable (CE) adalah keluaran rangkaian pengatur gate. Pintu cacah akan terbuka bila masukan CE berlevel-0.

Pulse yang dicacah merupakan keluaran rangkaian osilator pulse disuapkan pada masukan clock (Clk). Masukan Clk bersifat trigger-sisi-positif.

MILIK
PERPUSTAKAAN
"UNIVERSITAS AIRLANGGA"
SURABAYA



Gambar 2.9 : Rangkaian pencacah-peraga 7-segmen

Antara masukan Clk dan CE bersifat komplementer. Pencacah (*counter*) akan mencacah melalui masukan Clk bila CE berada pada level-0 atau melalui masukan CE bila Clk=1. Masukan Clk bersifat trigger sisi positif sedangkan CE bersifat trigger sisi negatif.

Tabel-2 : Tabel kebenaran IC CD 4026 ²⁾

R	DE	Clk	CE	K E A D A A N	
				PENCACAHAN	PERAGA 7-SEGMENT
1	x	x	x	Reset	-
x	0	x	x	-	Mati
0	1	0	0	Tidak	Hidup
0	1	0	1	Tidak	Hidup
0	1	1	0	Tidak	Hidup
0	1	1	1	Tidak	Hidup
0	1		0	Ya	Hidup
0	1		1	Tidak	Hidup

Peraga 7-segmen menampilkan hasil cacahan dalam bentuk angka desimal. Angka desimal yang ditampilkan adalah 4 digit, masing-masing adalah digit satuan, sepersepuluhan, seperseratusan, dan seperseribuan. Untuk menghidupkan tanda titik digunakan resistor yang menghubungkan titik h 7-segmen digit satuan dengan catu daya positif (V_{cc}).

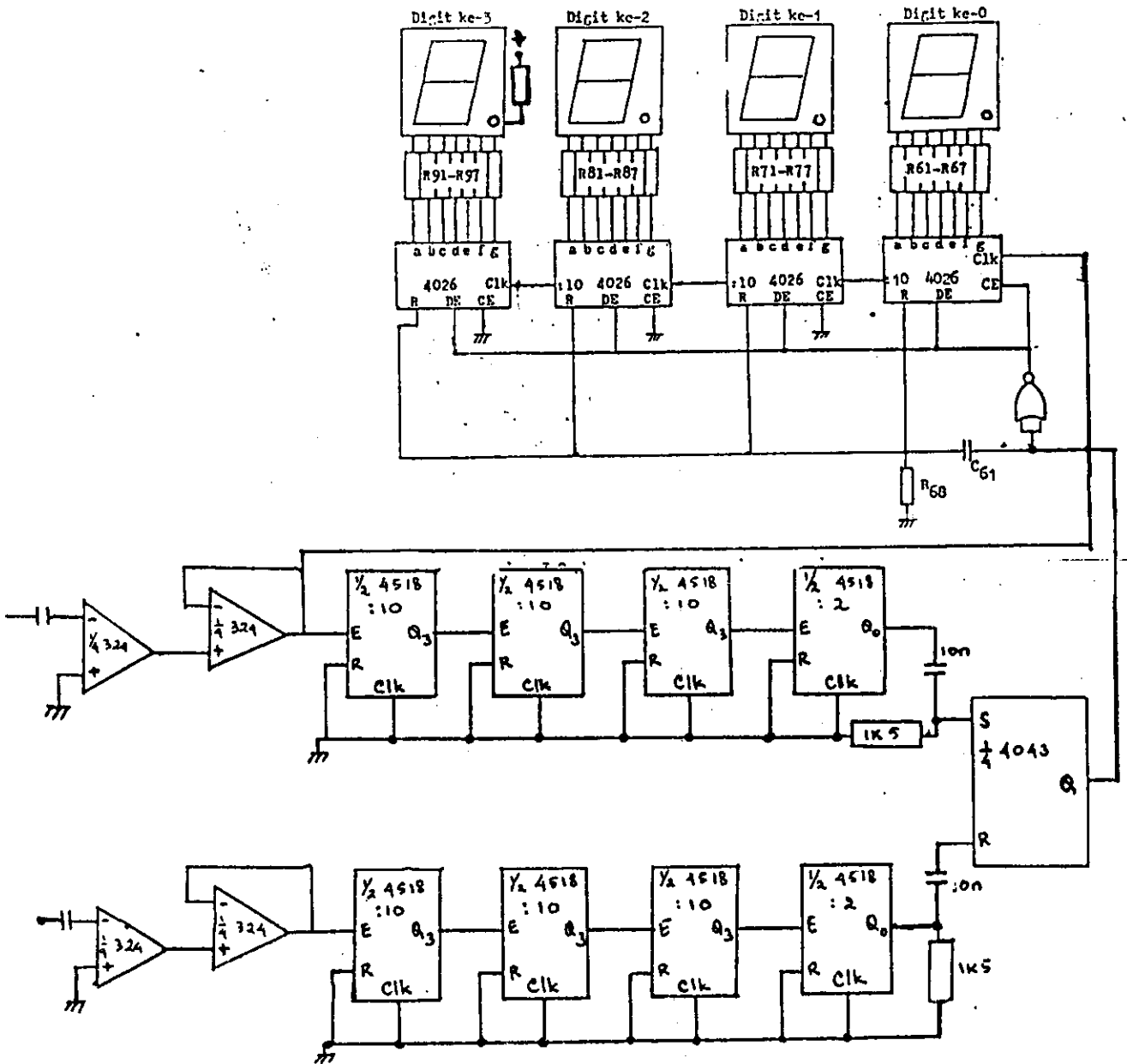
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian dalam makalah ini terdiri atas tahap perwujudan alat dan tahap uji coba alat. Tahap perwujudan alat meliputi perancangan alat, pembuatan tata jalur dan tata letak komponen elektronika, dan langkah-langkah lain sampai alat siap untuk digunakan. Sedangkan tahap uji coba alat meliputi proses kalibrasi alat dan prosedur pengambilan data percobaan yang selanjutnya digunakan sebagai uji banding terhadap alat ukur yang telah ada (secara analog).

3.1. Perwujudan Alat

Dalam bab II telah dibahas landasan teoritik perancangan alat ukur beda fase secara digital. Berdasarkan atas dasar teori tersebut dan alasan praktis yakni pertimbangan komponen yang ada di pasaran dan penekanan jumlah komponen seminimal mungkin, dapat disusun rangkaian lengkap alat ukur beda fase digital yang ditunjukkan oleh gambar 3.1.



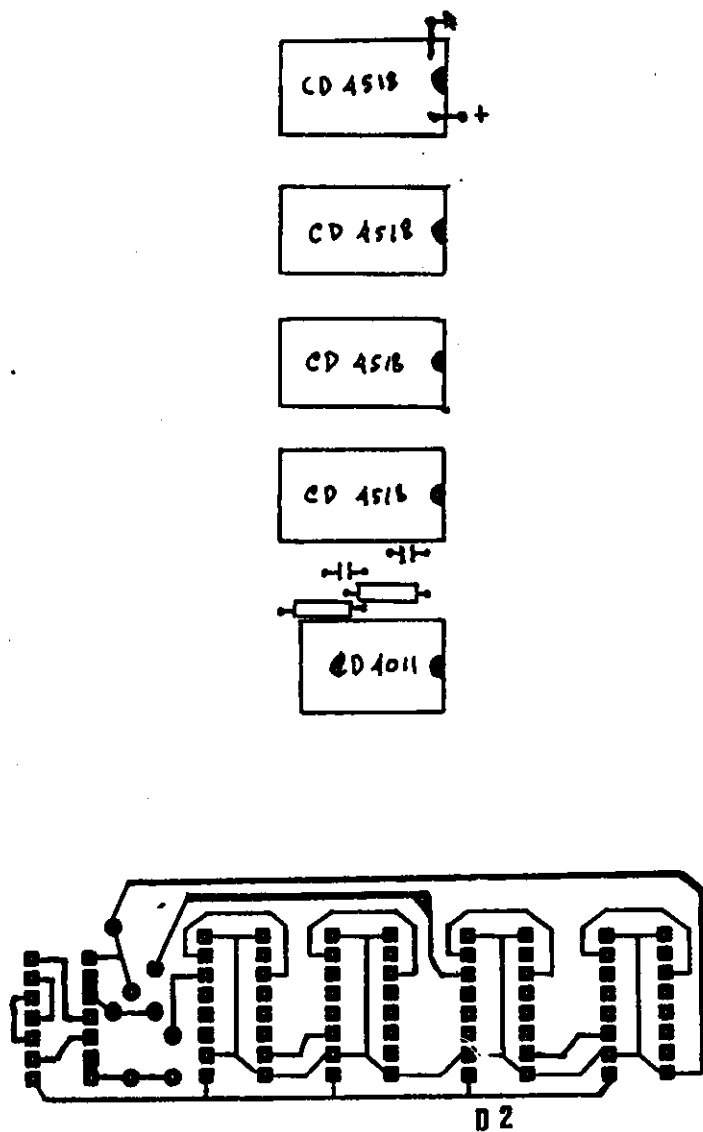
Gambar 3.1 : Rangkaian lengkap alat ukur beda fase secara digital

Setelah diketahui rangkaian lengkap sebagai hasil perancangan, langkah selanjutnya untuk mewujudkan hasil perakitan alat ukur beda fase secara digital yang dapat dipergunakan secara praktis, rangkaian lengkap tersebut dijadikan acuan untuk membuat tata jalur dan tata letak komponen elektronika. Berdasarkan alasan praktis, tata jalur dan tata letak komponen elektronika alat ukur beda fase digital dirakit dalam dua buah papan tercetak (*Printed Circuit Board*) atau lebih dikenal dengan istilah PCB, masing-masing terdiri atas :

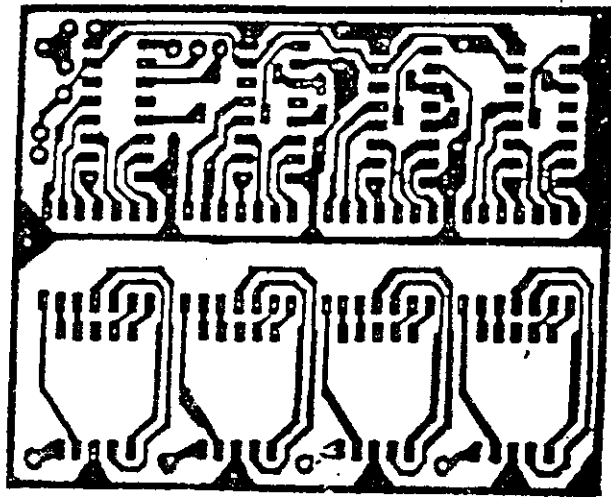
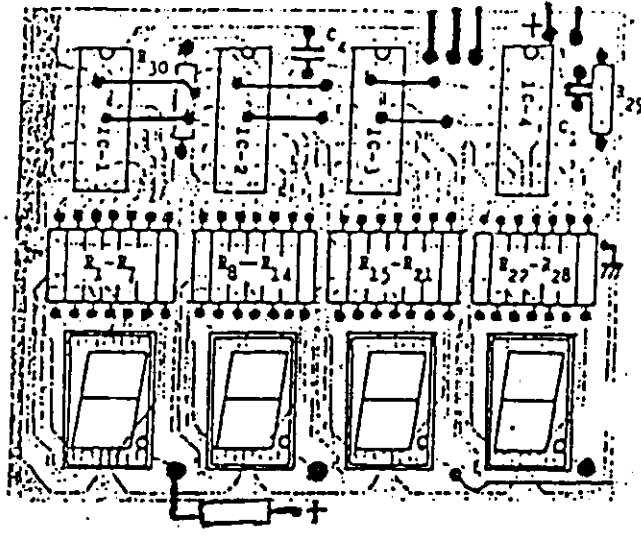
PCB-1 : meliputi rangkaian penguat, komparator, pembagi frekuensi, latch R-S bermasukan terpicu, dan pengatur gate.

PCB-2 : berisi rangkaian pencacah dan peraga 7-segmen.

Tata jalur dan tata letak komponen elektronika masing-masing papan tercetak ditunjukkan oleh gambar 3.2 dan 3.3.

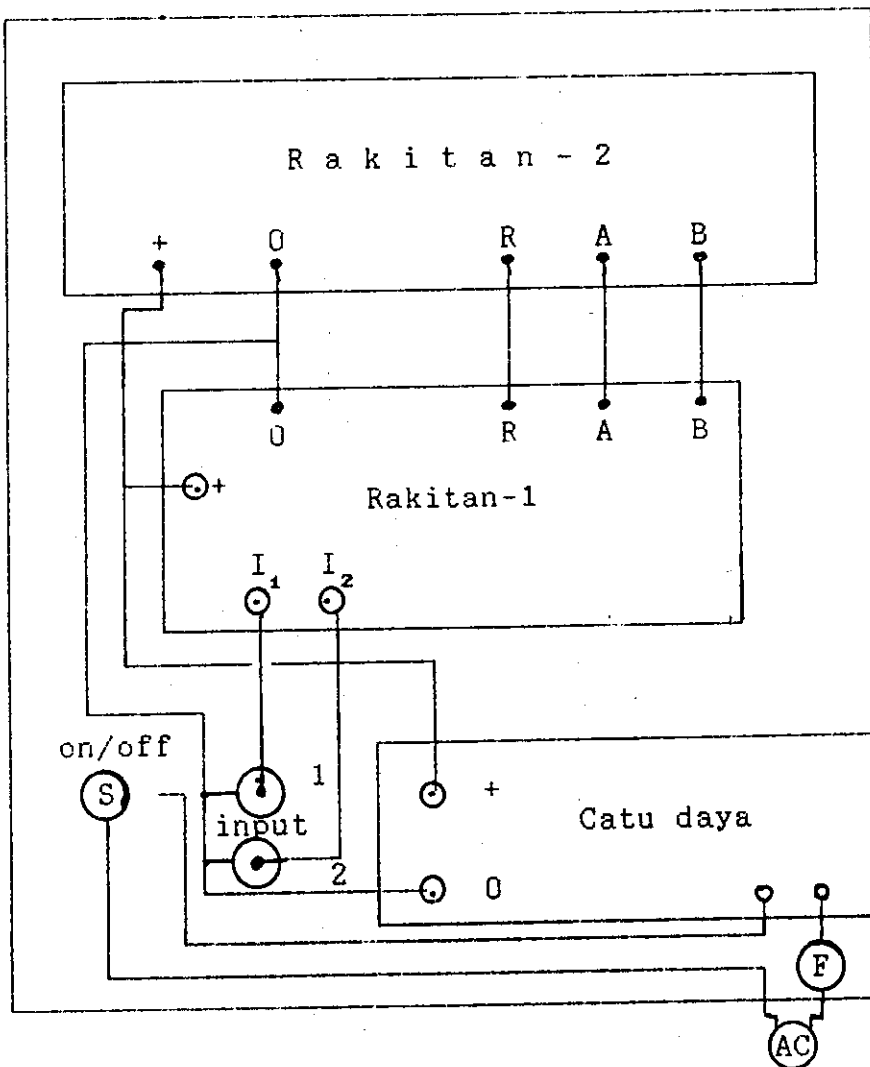


Gambar 3.2 Tata jalur dan tata letak komponen elektronika rakitan-1



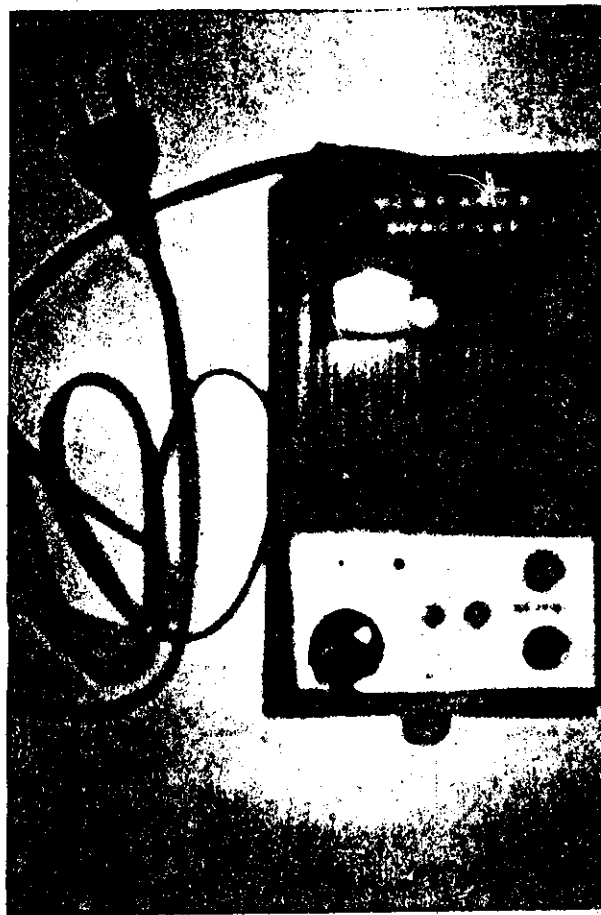
Gambar 3.3 Tata jalur dan tata letak komponen elektronika rakitan-2

Sebagai penghubung antara papan tercetak PCB-1 dan PCB-2 digunakan kabel-kabel penghubung aneka warna. Diagram pengkabelan (*wiring*) alat ukur beda fase digital ditunjukkan oleh gambar 3.4.

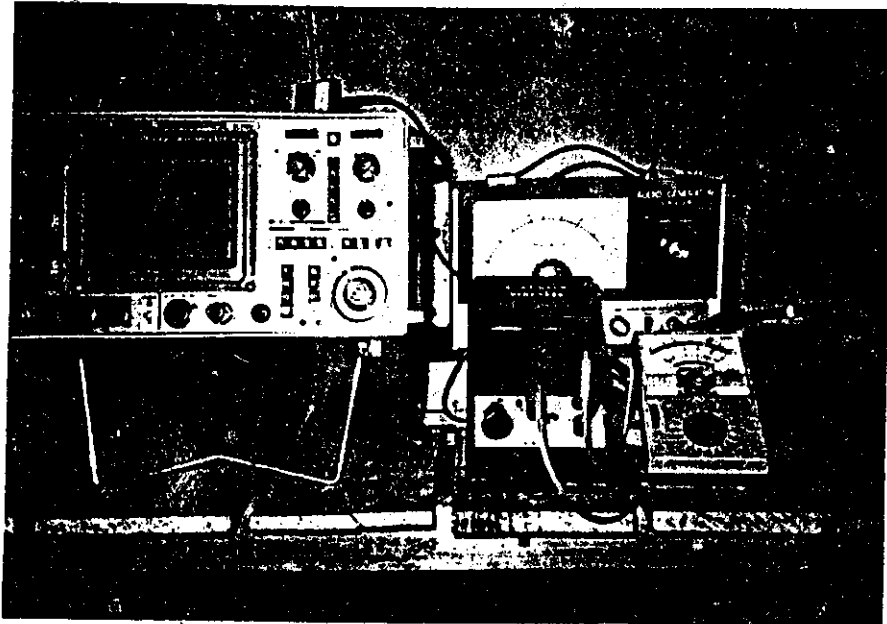


Gambar 3.4 Diagram pengabelan (*wiring*)

Kedua, papan tercetak beserta kabel-kabel penghubungnya dikemas dalam kotak yang susunan panel luarnya seperti ditunjukkan oleh gambar 3.5. Untuk memberikan gambaran tentang alat-alat penunjang yang digunakan dalam percobaan pengkalibrasian alat yang dibuat dan merupakan proses akhir perakitan alat ini ditunjukkan oleh gambar 3.6.



Gambar 3.5 Tata letak panel alat



Gambar 3.6 Peralatan untuk kalibrasi alat

3.2. Uji Coba Alat

Untuk menguji hasil rakitan alat ukur beda fase digital yang dibuat, dilakukan pengukuran beda fase antara dua gelombang dengan menggunakan alat ukur beda fase digital dan dibandingkan dengan pengukuran dengan metode waktu tunda menggunakan osiloskop.

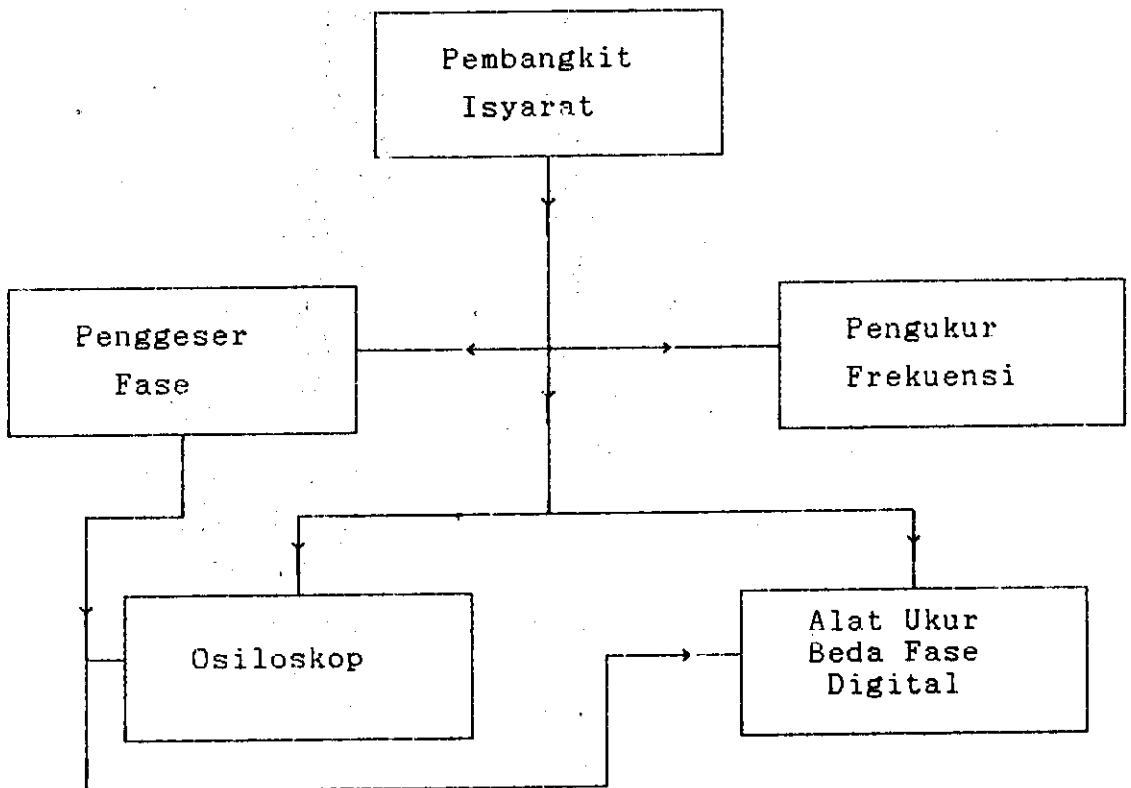
Untuk mendapatkan dua gelombang dengan frekuensi sama tetapi memiliki sudut fase berbeda digunakan pembangkit sinyal dan penggeser fase. Pembangkit sinyal

memancarkan gelombang listrik dengan amplitudo dan frekuensi yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Gelombang yang dipancarkan pembangkit sinyal disuapkan pada masukan penggeser fase, sehingga terjadi perbedaan fase antara keluaran pembangkit sinyal dan keluaran penggeser fase. Beda fase antara kedua sinyal dapat diatur dengan mengatur potensiometer pada rangkaian penggeser fase.

3.2.1. Prosedur Percobaan

Untuk membandingkan hasil pengukuran beda fase antara alat ukur beda fase digital dan metode waktu tunda dilakukan pengukuran secara serentak dengan kedua metode tersebut. Diagram blok pengukuran beda fase dengan dua metode secara serentak ditunjukkan oleh gambar 3.7.

Keluaran pembangkit sinyal dihubungkan dengan masukan-1 alat ukur beda fase digital, masukan channel-1 osiloskop, dan masukan penggeser fase. Keluaran penggeser fase dihubungkan dengan masukan-2 alat ukur beda fase digital dan masukan channel-2 osiloskop. Alat ukur beda fase digital akan langsung menunjukkan beda fase terukur dalam angka desimal dengan satuan Π radian, sedangkan pada layar osiloskop akan terbentuk dua gelombang pulse yang memiliki selisih waktu Δt . Beda fase antara kedua pulse ini sebanding dengan selisih waktu Δt .



Gambar 5.1 : Diagram blok pengukuran beda fase

Hubungan antara beda fase dan selisih waktu diberikan oleh persamaan :

$$\begin{aligned} \Delta\Phi &= \omega \Delta t & (3-1) \\ &= 2\pi f \Delta t \end{aligned}$$

dengan

f = frekuensi gelombang.

ω = frekuensi sudut

Mula-mula pembangkit isyarat diatur sedemikian hingga menghasilkan frekuensi 100 Hz, kemudian rangkaian penggeser fase diatur agar terbentuk 2 pulse yang memiliki beda waktu 0 detik, hal ini menunjukkan beda fase sebesar 0π radian. Setelah diperoleh data beda fase dengan alat ukur beda fase digital, dilakukan pengulangan prosedur percobaan untuk beberapa nilai beda fase yang berbeda, dengan cara memutar tombol potensiometer pada penggeser fase.

3.2.2. Data Pengamatan

Dari percobaan yang dilakukan dengan kedua metode pengukuran beda fase, yakni dengan metode waktu tunda menggunakan osiloskop (cara-1) dan menggunakan alat ukur beda fase digital (cara-2), diperoleh serangkaian data seperti pada tabel-3.

Tabel 3 : Data Pengamatan dengan osiloskop dan alat ukur beda fase digital

n	Cara - 1	Cara-2
	Δt (μs)	$\Delta \Phi$ (Π radian)
1	0	0,003
2	25	0,047
3	50	0,105
4	75	0,151
5	100	0,196
6	125	0,255
7	150	0,297
8	175	0,353
9	200	0,405
10	225	0,454
11	250	0,503
12	275	0,547
13	300	0,603
14	325	0,645
15	350	0,693
16	375	0,757
17	400	0,810
18	425	0,862
19	450	0,911
20	475	0,972
21	500	1,013
22	525	1,077
23	550	1,112
24	575	1,155
25	600	1,216
26	625	1,248
27	650	1,313
28	675	1,364
29	700	1,389
30	725	1,443

frekuensi sumber = 1000 Hz

3.2.3. Analisis Data

Dengan menggunakan rumus (3-1) dapat ditentukan beda fase antara kedua sinyal yang diamati untuk berbagai frekuensi. Perbandingan hasil beda fase antara metode

waktu tunda dengan osiloskop (X) dan menggunakan alat ukur beda fase digital (Y) dapat dilihat dari tabel 4.

Tabel 4 : Perbandingan hasil pengukuran dengan osiloskop dan alat ukur beda fase digital

n	X	Y	X ²	Y ²
1	0	0,003	0,0000	0,000009
2	0,050	0,047	0,0025	0,002209
3	0,100	0,105	0,0100	0,011025
4	0,150	0,151	0,0225	0,022801
5	0,200	0,196	0,0400	0,038416
6	0,250	0,255	0,0625	0,065025
7	0,300	0,297	0,0900	0,088209
8	0,350	0,353	0,1225	0,124609
9	0,400	0,405	0,1600	0,164025
10	0,450	0,454	0,2025	0,206116
11	0,500	0,503	0,2500	0,253009
12	0,550	0,547	0,3025	0,299209
13	0,600	0,603	0,3600	0,363609
14	0,650	0,645	0,4225	0,416025
15	0,700	0,693	0,4900	0,480249
16	0,750	0,757	0,5625	0,573049
17	0,800	0,810	0,6400	0,659344
18	0,850	0,862	0,7225	0,743044
19	0,900	0,911	0,8100	0,829921
20	0,950	0,972	0,9025	0,944784
21	1,000	1,013	1,0000	1,026169
22	1,050	1,077	1,1025	1,159929
23	1,100	1,112	1,2100	1,236544
24	1,150	1,155	1,3225	1,334025
25	1,200	1,216	1,4400	1,478656
26	1,250	1,248	1,5625	1,557504
27	1,300	1,313	1,6900	1,723969
28	1,350	1,364	1,8225	1,860496
29	1,400	1,389	1,9600	1,929321
30	1,450	1,443	2,1025	2,082249

$$\Sigma X = 21,750 \quad \Sigma Y = 21,901 \quad \Sigma X^2 = 21,3875 \quad \Sigma Y^2 = 21,673549$$

BAB IV PEMBAHASAN

Dari hasil uji coba alat ukur beda fase digital diperoleh serangkaian data pengukuran yang digunakan untuk menguji ada atau tidaknya perbedaan hasil pengukuran dengan alat ukur analog (menggunakan osiloskop) dan alat ukur digital. Dari perhitungan pada tabel-4 dapat ditentukan :

$$X = X_{\text{rata-rata}} = 0,7250 \pi \text{ radian}$$

$$Y = Y_{\text{rata-rata}} = 0,7300 \pi \text{ radian}$$

$$\Sigma X^2 = 21,3875$$

$$\Sigma Y^2 = 21,673549$$

Untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan hasil pengukuran yang diperoleh dari kedua cara pengukuran beda fase dilakukan pengujian dengan metode statistik. Metode statistik yang digunakan adalah uji-t, dengan menggunakan rumus :

$$t_{xy} = \frac{X - Y}{\sqrt{\left[\frac{\Sigma X^2 + \Sigma Y^2}{(n_x - 1) + (n_y - 1)} \right] \left[\frac{1}{n_x} + \frac{1}{n_y} \right]}} \quad (4-1)$$

Sebagai hipotesa nol adalah terdapat perbedaan antara hasil pengukuran dengan cara-1 dan cara-2 atau $X \neq Y$, sedangkan sebagai hipotesa alternatifnya adalah tidak

terdapat perbedaan hasil pengukuran atau $X = Y$, dengan taraf nyata = 0,05.

Daerah kritis dengan taraf nyata 0,05 adalah

$$-2,045 < t < 2,045$$

Dari data pengamatan dan dengan menggunakan rumus uji-t seperti pada persamaan (4-1) diperoleh nilai $t_{xy} = -0,022$. Karena nilai t_{xy} yang diperoleh dari hasil perhitungan berada pada daerah kritis, maka kita menolak hipotesa nol dan menerima hipotesa alternatif. Dengan demikian dari hasil uji statistik diperoleh hasil yang menyatakan bahwa tidak terdapat perbedaan secara nyata antara pengukuran dengan cara-1 dan pengukuran dengan cara-2, atau hasil pengukuran dengan alat ukur beda fase digital yang dirancang tidak berbeda dengan hasil pengukuran yang dilakukan dengan kalibrator yakni dengan menggunakan osiloskop.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk menentukan besaran-besaran fisis bahan dengan perambatan gelombang, baik gelombang mekanik maupun gelombang elektromagnetik sering dilakukan dengan mengukur beda fase antara dua gelombang.
2. Pengukuran beda fase antara dua gelombang yang telah sering dilakukan tersebut masih menggunakan metode pengukuran secara analog. Hal ini sering menyulitkan pengamat untuk mendapatkan hasil yang teliti, di samping itu metode analog membutuhkan alat-alat penunjang yang relatif mahal harganya.
3. Perancangan alat ukur beda fase secara digital dapat membantu mengatasi kesulitan dalam pengadaan alat dan ketelitian pengamatan.
4. Alat ukur beda fase digital yang dirancang mampu mengukur beda fase gelombang periodik dengan berbagai bentuk gelombang.
5. Dengan alat yang relatif sederhana dan murah dapat diperoleh hasil pengukuran yang memadai.

6. Dari hasil pengukuran beda fase dengan menggunakan osiloskop sebagai kalibrator dan alat ukur beda fase digital sebagai alat yang dikalibrasi, diperoleh hasil yang tidak berbeda secara statistik dengan taraf nyata 5%. Hal ini dibuktikan dengan menggunakan metode uji-t terhadap data yang didapat dari kedua cara pengukuran.

5.2. Saran-saran

Dengan alat ukur beda fase digital diharapkan akan lebih mendorong minat mahasiswa untuk mengamati besaran fisis bahan, antara lain suseptibilitas bahan, cepat rambat gelombang dalam bahan, elastisitas bahan dan besaran fisis yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anto Dajan, Pengantar Metode Statistik II, Edisi 11, LP₃ES, Jakarta, 1986
2. Bouwens, A.J, Digital Instrument Course, Phillips
3. Lancaster, D, CMOS Cook Book, Howard W.Sams and Co. Inc. The Bobbs-Merril Co. Inc., 1976.
4. Millman-Halkias, Integrated Electronics, Mc.Graw Hill Kogakusha, Ltd, International Student Edition, Tokyo - Sydney, 1972.
5. Netra, I.B., Statistik Inferensial, Usaha Nasional, Surabaya, 1974.
6. National Semiconductor Corporation, CMOS Data Book, Santa Clara, California, 1971.
7. Tambunan Purba, Pengantar Teknik Digital, Majalah Elektron, HME-ITB, 1978.

