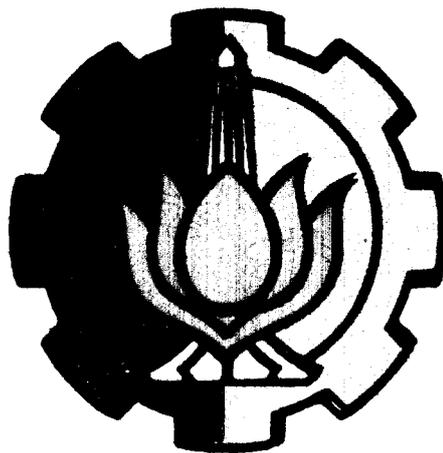


3100096007946

# PEMANTAU PERUBAHAN BERAT BADAN PADA PASIEN HEMODIALISA

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	22 NOV 1994
Terima Dari	H
No. Agenda Psp.	4744

RSE  
621.3981  
Han  
P-1  
1994

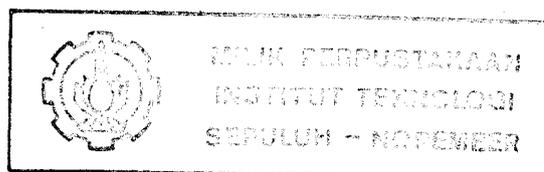


*Oleh :*

AM ARDI HANDOJOSENO

NRP. 288 220 0902

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
S U R A B A Y A  
1994



**PEMANTAU PERUBAHAN BERAT BADAN  
PADA PASIEN HEMODIALISA**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik Elektro  
Pada  
Bidang Studi Elektronika  
Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya**

**Mengetahui / Menyetujui**

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**



**Ir. MOCH. HEROE**



**Ir. DJOKO PURWANTO**

**SURABAYA  
OKTOBER, 1994**

## ABSTRAK

Proses Hemodialisa atau Cuci Darah membutuhkan waktu yang cukup lama. Selama pasien menjalani cuci darah, dilakukan antara lain pembuangan cairan berlebih dalam tubuh untuk mencapai berat badan normal pasien. Untuk menurunkan berat badan pasien dilakukan dengan mengatur Trans Membrane Pressure (TMP) untuk mendapatkan kecepatan pemindahan cairan dan solute (proses Ultrafiltrasi) tertentu. Untuk kepentingan pengaturan laju Ultrafiltrasi itu diperlukan data berat badan pasien secara berkala.

Pada kebanyakan Rumah Sakit dewasa ini, penimbangan berat badan dilakukan dengan cara pasien turun dari tempat tidurnya sedang proses cuci darah tetap berlangsung. Hal ini tentu kurang praktis, selain itu kurang nyaman bagi pasien. Permasalahan di atas dapat dipecahkan secara elektronik dengan membuat alat ukur berat yang dapat memantau perubahan berat badan pasien selama proses cuci darah berlangsung. Lebih jauh lagi, alat ini dapat pula diintegrasikan dengan sistem yang ada untuk memungkinkan pengontrolan proses penurunan berat badan secara otomatis.

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan perencanaan dan pembuatan alat serta penyusunan naskah Tugas Akhir yang berjudul:

PEMANTAU PERUBAHAN BERAT BADAN PADA PASIEN

HEMODIALISA

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh oleh setiap mahasiswa untuk meraih keserjanaan di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam mengerjakan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Bapak Ir. Moch. Heroe, selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis dalam perencanaan dan pembuatan alat serta dalam penyusunan naskah Tugas Akhir ini.
- Bapak Ir. Djoko Purwanto, selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis dalam perencanaan dan pembuatan alat serta dalam penyusunan naskah Tugas Akhir ini.

- Bapak Ir. Hendra Kusuma, selaku dosen wali.
- Bapak Ir. Soetikno, selaku Koordinator Bidang Studi Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, FTI-ITS.
- Bapak Dr.Ir.Salehuddin, M Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS.
- Bapak Nanang dari UPF Penyakit Dalam unit Hemodialisa RSUD Dr. Soetomo Surabaya.
- Bapak Ir. Ardianto.
- Seluruh staf pengajar dan karyawan administrasi Jurusan Teknik Elektro FTI ITS.
- Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS dan semua pihak yang telah memberikan dorongan dan bantuannya secara langsung maupun tak langsung.

Akhir kata, penulis berharap semoga segala sesuatu yang telah dihasilkan dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan memperkaya khazanah ilmu pengetahuan dan memberikan kesejahteraan bagi umat manusia.

Surabaya, September 1994

**PENYUSUN**

# DAFTAR ISI

## BAB

## HALAMAN

ABSTRAK .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xi
I. PENDAHULUAN .....	1
I.1. LATAR BELAKANG .....	1
I.2. PERMASALAHAN .....	2
I.3. TUJUAN .....	3
I.4. BATASAN MASALAH .....	3
I.5. METODOLOGI .....	3
I.6. SISTEMATIKA PEMBAHASAN .....	4
I.5. RELEVANSI .....	5
II. TEORI PENUNJANG .....	6
II.1. GINJAL .....	6
II.2. HEMODIALISA .....	7
II.2.1. PRINSIP / ISTILAH DALAM HEMODIALISA .....	8
II.2.2. MEKANISME KERJA HEMODIALISA .....	11
II.3. ARSITEKTUR MIKROKOMPUTER IBM PC/XT .....	14
II.3.1. MIKROPROSESSOR 8088 .....	16

II.3.1.1. GENERAL PORPOSE REGISTER	.....	18
II.3.1.2. POINTER REGISTER	.....	18
II.3.1.3. SEGMENT REGISTER	.....	18
II.3.2. RANGKAIAN CLOCK	.....	20
II.3.3. SISTEM BUS	.....	20
II.3.4. SISTEM RAM DAN ROM	.....	21
II.3.5. SISTEM TIMER/COUNTER	.....	22
II.3.6. SISTEM DMA	.....	23
II.3.7. SISTEM INTERRUPT	.....	24
II.3.8. SISTEM ADAPTER	.....	24
II.4. OPERASI PADA SISTEM BUS	.....	25
II.4.1. SIKLUS BACA PORT I/O	.....	25
II.4.2. SIKLUS TULIS PORT I/O	.....	26
II.5. INPUT/OUTPUR PADA IBM PC	.....	29
II.5.1. SLOT CARD INTERFACE IBM PC/XT	.....	29
II.5.2. PEMETAAN DAN PENGALAMATAN I/O PORT		34
II.6. STRAIN GAGE	.....	37
II.6.1. BAHAN PENGUKUR REGANGAN	.....	37
II.6.2. SENSITIVITAS REGANGAN	.....	39
II.6.3. FAKTOR GAGE	.....	42
II.7. PENGUAT AMPLIFIER	.....	42
II.7.1. PENGUAT PEMBALIK	.....	43
II.7.2. PENGUAT TIDAK MEMBALIK	.....	46
II.7.3. PENGIKUT TEGANGAN	.....	47
II.7.4. PENGUAT DIFERENSIAL	.....	48

II.7.5. INSTRUMENTASI AMPLIFIER .....	50
II.8. RANGKAIAN JEMBATAN WHEATSTONE .....	53
II.9. ANALOG TO DIGITAL CONVERTER .....	55
II.9.1. ADC SUCCESSIVE APROXIMATION ...	56
II.10. PROGRAMMABLE PERIPHERAL INTERFACE 8255 ..	58
II.11. PROGRAMMABLE INTERVAL TIMER 8253 .....	60
III. PERENCANAAN .....	63
III.1. PERENCANAAN HARDWARE .....	63
III.1.1. MODEL PROSES ULTRAFILTRASI ...	65
III.1.2. MODUL MEKANIK PEMANTAU BERAT BADAN	66
III.1.3. SENSOR BERAT .....	67
III.1.4. MODUL PENGOLAH SINYAL ANALOG .....	69
III.1.4.1. JEMBATAN WHEATSTONE .....	69
III.1.4.2. PENGUAT INSTRUMENTASI .....	71
III.1.4.3. PENAMBAH TEGANGAN OFFSET ...	73
III.1.4.4. FILTER LOW PAS .....	74
III.1.4.5. RANGKAIAN PROTEKSI .....	75
III.1.5. MODUL ANALOG TO DIGITAL CONVERTER..	76
III.1.5.1. MULTIPLEXER ANALOG .....	76
III.1.5.2. PENGUAT SAMPLE AND HOLD ....	77
III.1.5.3. UNIT ADC, TIMING DAN BUFFER	78
III.1.6. MODUL INTERFACE PPI-PIT .....	82
III.1.7. PENGATURAN KECEPATAN MOTOR AC .....	84
III.2. PERENCANAAN SOFTWARE .....	88
IV. KALIBRASI DAN PENGUKURAN .....	91

IV.1. KALIBRASI .....	91
IV.2. PENGUKURAN .....	92
IV.2.1. PENGUKURAN OUTPUT SENSOR BERAT .....	91
IV.2.2. PENGUKURAN OUTPUT PENGOLAH ANALOG ..	97
IV.2.3. MODUL ANALOG TO DIGITAL CONVERTER .	100
IV.2.4. LAJU ULTRAFILTRASI TERHADAP PWM ...	101
V. PENUTUP .....	104
V.1. KESIMPULAN .....	104
V.2. SARAN .....	105
DAFTAR PUSTAKA .....	107
LAMPIRAN .....	108
- FLOW CHART PROGRAM	
- LISTING PROGRAM	
- DATA SHEET STRAIN GAGE	
- DAFTAR RIWAYAT HIDUP	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Potongan melintang anatomi ginjal .....	6
Gambar 2.2 Macam-macam tipe Dializer .....	10
Gambar 2.3 Komponen-komponen sistem hemodialisa standar	12
Gambar 2.4 Organisasi Komputer .....	15
Gambar 2.5 Blok Diagram Mikrokomputer IBM PC-XT .....	17
Gambar 2.6 Address Field .....	19
Gambar 2.7 Timing diagram siklus baca port I/O .....	27
Gambar 2.8 Timing diagram siklus tulis port I/O .....	28
Gambar 2.9 Konfigurasi slot IBM PC .....	30
Gambar 2.10 Pengukur regangan untuk mengukur perubahan panjang struktur .....	38
Gambar 2.11 Macam-macam bentuk strain gage .....	39
Gambar 2.12 Simbol Op-Amp .....	43
Gambar 2.13 Rangkaian Penguat Pembalik .....	44
Gambar 2.14 Rangkaian Penguat Tak Membalik .....	46
Gambar 2.15 Rangkaian Pengikut Tegangan .....	48
Gambar 2.16 Penguat Diferensial Dasar .....	49
Gambar 2.17 Perbaikan penguatan diferensial dasar hingga menjadi Penguat Instrumentasi .....	52
Gambar 2.18 Rangkaian Jembatan Wheatstone .....	53
Gambar 2.19 Diagram Blok ADC Successive Aproximation ..	57
Gambar 2.20 Blok diagram internal PPI 8255 .....	58
Gambar 2.21 Format Control Word PPI 8255 .....	59
Gambar 2.22 Internal blok diagram PIT 8253 .....	60

Gambar 3.1	Sistem model ultrafiltrasi .....	64
Gambar 3.2	Mekanik tempat tidur pemantau berat .....	67
Gambar 3.3	Modul sensor pengukur berat .....	68
Gambar 3.4	Rangkaian Jembatan wheatstone .....	69
Gambar 3.5	Jembatan wheatstone dengan penyetimbang....	70
Gambar 3.6	Hubungan operasional AD521 .....	72
Gambar 3.7	Penambah tegangan offset .....	73
Gambar 3.8	Rangkaian Low Pas Filter .....	74
Gambar 3.9	Rangkaian proteksi .....	75
Gambar 3.10	Multiplexer 4051 .....	76
Gambar 3.11	Sample and Hold .....	77
Gambar 3.12	Blok Diagram AD574 .....	78
Gambar 3.13	Diagram waktu konversi .....	78
Gambar 3.14	Diagram waktu baca .....	79
Gambar 3.15	ADC AD574 dan komponen pendukung kerjanya	82
Gambar 3.16	Modul Interface PPI 8255 dan PIT 8253 .....	83
Gambar 3.17	Rangkaian dan sinyal sinkronisasi .....	85
Gambar 3.18	Rangkaian Clock .....	86
Gambar 3.19	Diagram siklus penyalaaan Optotriac .....	87
Gambar 3.20	Rangkaian penggerak motor AC .....	88
Gambar 4.1	Grafik data pengukuran dan regresi linier sensor berat untuk tempat tidur timbang ...	95
Gambar 4.2	Grafik data pengukuran dan regresi linier sensor berat untuk pengukur hasil UF .....	96

Gambar 4.3	Grafik data pengukuran dan regresi linier pembacaan ADC untuk tempat tidur timbang..	98
Gambar 4.4	Grafik data pengukuran dan regresi linier pembacaan ADC untuk pengukur hasil UF ...	100
Gambar 4.5	Lembar Observasi Pasien .....	103

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pembagian waktu siklus baca port I/O .....	27
Tabel 2.2 Pembagian waktu siklus tulis port I/O .....	28
Tabel 2.3 Alamat Port I/O yang digunakan sistem board .	35
Tabel 2.4 Alamat Port I/O pada sistem slot .....	36
Tabel 2.5 Tabel kebenaran pada PPI 8255 .....	59
Tabel 3.1 Pengaturan Gain AD521 dengan nilai Rg .....	72
Tabel 3.2 Format control word PIT 8253 .....	61
Tabel 4.1 Data pengukuran sensor berat untuk tempat tidur timbang .....	93
Tabel 4.2 Data pengukuran sensor berat untuk penampung hasil ultrafiltrasi .....	95
Tabel 4.3 Data pengukuran ADC untuk tempat tidur timbang .....	97
Tabel 4.4 Data pengukuran ADC untuk penampung hasil ultrafiltrasi .....	98

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 LATAR BELAKANG**

Salah satu organ dalam yang vital bagi manusia adalah ginjal. Kerusakan pada ginjal akan mengganggu sistem eksresi yang mengakibatkan terganggunya keseimbangan cairan tubuh dan komposisi kimiawinya. Sebagai langkah penanggulangan terhadap masalah tersebut, biasanya pasien harus menjalani Hemodialisa (Cuci Darah) secara berkala atau menjalani transplantasi ginjal.

Proses Hemodialisa atau Cuci Darah membutuhkan waktu yang cukup lama. Selama pasien menjalani cuci darah, dilakukan antara lain pembuangan cairan berlebih dalam tubuh untuk mencapai berat badan normal pasien. Sementara itu pasien tetap melakukan beberapa aktifitas fisik di atas tempat tidur yang bisa menyebabkan perubahan berat badan, seperti makan dan minum.

Untuk menurunkan berat badan pasien dilakukan dengan mengatur Trans Membrane Pressure (TMP) untuk mendapatkan kecepatan pemindahan cairan dan solute (proses UF - Ultrafiltrasi) yang tertentu. Secara khusus proses UF juga dapat dilaksanakan tersendiri pada pasien dengan kelebihan berat badan yang tidak dapat diturunkan dengan baik dengan cara cuci darah biasa. Dalam hal ini laju ultrafiltrasi

dapat ditentukan dengan mengatur tekanan hisap mesin pompa vakum. Untuk itu diperlukan pengambilan data berat badan pasien secara berkala.

Pada kebanyakan Rumah Sakit dewasa ini, penimbangan berat badan dilakukan dengan cara pasien turun dari tempat tidurnya sedang proses cuci darah tetap berlangsung. Hal ini tentu kurang praktis, selain itu kurang nyaman bagi pasien. Bertemunya dunia medika dengan elektroteknika memberikan banyak solusi atas berbagai masalah di bidang kedokteran. Permasalahan di atas juga dapat dipecahkan secara elektronik dengan membuat alat ukur berat yang dapat memantau perubahan berat badan pasien selama proses cuci darah berlangsung. Lebih jauh lagi, alat ini dapat pula diintegrasikan dengan sistem yang ada untuk memungkinkan pengontrolan proses penurunan berat badan secara otomatis.

## **I.2 PERMASALAHAN**

Dalam Tugas Akhir ini dibuat alat pengukur berat yang dapat diterapkan pada tempat tidur pasien cuci darah untuk mengambil data perubahan berat badan pasien selama selang waktu tertentu. Sebagai tindak lanjutnya, dengan memanfaatkan hubungan interface dengan Personal Computer, data yang diperoleh digunakan untuk mengatur kecepatan proses Ultrafiltrasi, dengan mengatur kecepatan putar motor penghisap untuk mendapat besar tekanan negatif/vakum tertentu sesuai laju penurunan berat yang diinginkan.

### **I.3 TUJUAN**

Tujuan pembuatan tugas akhir ini adalah untuk membantu dokter/perawat dalam memantau perubahan berat badan pasien sebagai salah satu parameter dalam proses cuci darah, dan memberi kemungkinan pengaturan proses Ultrafiltrasi secara otomatis dengan data berat tersebut.

### **I.4 BATASAN MASALAH**

Dalam tugas akhir ini pengukuran berat badan pasien dilakukan dengan mengukur berat pasien selama berada di tempat tidur, kemudian hasilnya dapat ditampilkan pada layar monitor. Hubungan interface dengan PC memungkinkan pula untuk dimanfaatkannya data tersebut untuk mengatur laju Ultrafiltrasi dengan mengatur kecepatan putar motor penghisap pada mesin penghisap /vakum.

### **I.5 METODOLOGI**

Langkah-langkah penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- Mengadakan studi lapangan (di Unit Hemodialisis UPF Penyakit Dalam RSUD Dr. Sutomo Surabaya) dan studi literatur yang berhubungan dengan permasalahan yang dihadapi. Yang dipelajari disini antara lain: proses Hemodialisa, peralatan yang terkait dalam proses tersebut, strain gage sebagai transducer parameter berat/tekanan, instrumentasi amplifier, konversi analog ke digital, pengaturan kecepatan motor dan perangkat pendukung interface.

- Merencanakan perangkat keras termasuk model proses Ultrafiltrasi sebagai bagian dari proses Hemodialisa.

- Mendisain perangkat lunak yang menunjang sesuai kebutuhan.

- Membuat perangkat keras dan perangkat lunak sesuai perencanaan yang dilaksanakan sebelumnya. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian peralatan.

- Menyimpulkan perancangan dan pembuatan alat sesuai dengan hasil pengujian, dan memberikan saran-saran pengembangan lebih lanjut. Sebagai langkah akhir, disusun laporan selengkapnya dalam bentuk buku tugas akhir ini.

## **I.6 SISTEMATIKA PEMBAHASAN**

Sistematika dari laporan tugas akhir ini disusun sebagai berikut:

Bab I adalah pendahuluan yang berisi tentang latar belakang permasalahan, pembatasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika dan relevansi.

Bab II berisi teori penunjang yang meliputi pembahasan masalah seputar ginjal dan hemodialisa, strain gage, pengolah sinyal analog, pengubah sinyal analog ke digital, sistem mikrokomputer 8088 serta PPI 8255 dan PIT 8253.

Bab III membahas perencanaan perangkat keras yang meliputi blok diagram sistem model proses Ultrafiltrasi, perencanaan model tempat tidur timbang (bed weighing), jembatan wheatstone beserta penyetimbangannya, instrumentasi

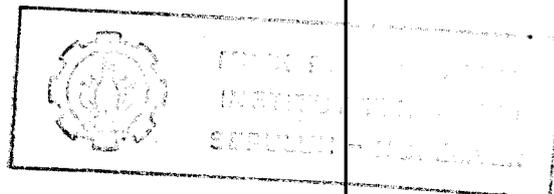
amplifier dan pengkondisi sinyal analog, konversi analog ke digital, PPI 8255 dan PIT 8253 serta pengaturan kecepatan putar motor. Perangkat lunak penunjang juga akan dibahas di sini.

Bab IV menyangkut pengukuran dan pengujian alat yang sudah direncanakan dan direalisasi.

Bab V adalah penutup yang berisi kesimpulan dan saran pengembangan.

### **I.7 RELEVANSI**

Hasil tugas akhir ini diharapkan dapat berguna bagi pengembangan peralatan bantu dunia kedokteran umumnya, khususnya pada penanganan pasien cuci darah, sebagai alat bantu pada otomatisasi proses Hemodialisa.

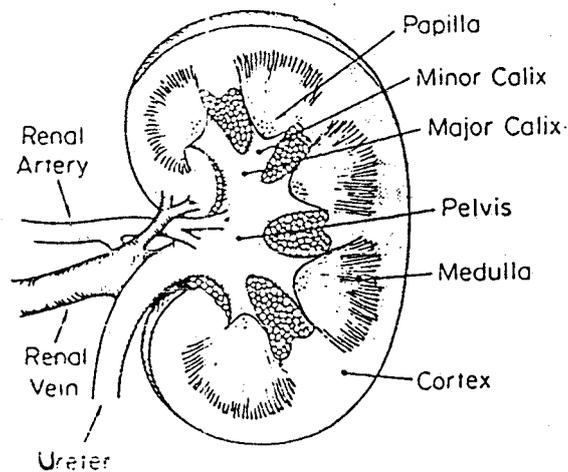


## BAB II

### TEORI PENUNJANG

#### II.1 GINJAL

Ginjal merupakan organ dalam tubuh yang berbentuk seperti kacang merah, terletak di rongga perut, sebelah kanan dan kiri tulang belakang. Ginjal pada orang dewasa normal memiliki berat sekitar 150 gram dan panjangnya kurang lebih 11-14 cm. Daerah anatomi ginjal ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Potongan melintang anatomi Ginjal

Daerah yang dekat dengan permukaan adalah cortex dimana terdapat glomerulus (suatu gumpalan pembuluh darah halus yang terbungkus simpai Bowman). Daerah di dekatnya adalah

---

<sup>1</sup>Pauline L Rabin MD, William J Stone MD, End-Stage Renal Disease, Academic Press Inc., New York, 1983, hal 2

medulla, yang dapat dibagi menjadi zone dalam dan luar dan bagian terdalam, papilla. Urine mengalir dari serat-serat dalam papila menuju minor calix. Beberapa minor calix bergabung membentuk superior dan inferior mayor calix yang kemudian bergabung lagi membentuk pelvis ginjal. Pelvis ini akan berhubungan dengan ureter. Pada daerah Renal Hilus, arteri ginjal dan syaraf ginjal akan masuk sedangkan vena ginjal, ureter dan limpa keluar dari ginjal.

Sebagai bagian dari sistem ekskresi, ginjal berfungsi untuk:

- filtrasi, untuk menyaring darah sehingga zat-zat yang tidak berguna bagi tubuh dapat dikeluarkan melalui air kemih.
- reabsorpsi, penyerapan kembali bahan-bahan yang masih diperlukan.
- augmentasi, pembuangan bahan racun dan zat-zat sisa metabolisme tubuh yang tidak terpakai lagi yang akan berupa urine (air kemih).

Kemampuan kerja ginjal dengan demikian akan berpengaruh pada keseimbangan jumlah cairan tubuh, susunan bahan tubuh dan keadaan keasaman tubuh.

Pada kegagalan ginjal, yaitu terganggunya fungsi ginjal, akan timbul perubahan-perubahan pada susunan serta jumlah cairan tubuh dan pengeluaran sisa hasil metabolisme. Terganggunya fungsi ginjal umumnya dapat disebabkan karena Gagal Ginjal Akut, Gagal Ginjal Kronis,

keracunan akut (obat atau racun) atau kelebihan cairan. Sebagai langkah penanggulangan biasa dilakukan Hemodialisa (cuci darah) yang bersifat kontinue atau transplantasi ginjal.

## II.2 HEMODIALISA

Hemodialisa adalah suatu teknologi tinggi untuk mengeluarkan bahan sisa atau racun tertentu dari peredaran darah, berdasarkan prinsip-prinsip osmosa, difusi dan ultrafiltrasi melalui membran semipermeabel<sup>2</sup>. Tindakan Hemodialisa ini menggantikan fungsi ekskretorik ginjal, yaitu mengembalikan secara efektif bahan terlarut (solute) dalam plasma darah ke kadar fisiologis dan mengurangi cairan tubuh yang berlebihan.

Pada saat ini tindakan hemodialisa telah diterima sebagai suatu metoda pengobatan dasar baik pada gagal ginjal akut, gagal ginjal kronis maupun sebagai persiapan sebelum/sesudah transplantasi ginjal.

### II.2.1 PRINSIP DAN ISTILAH DALAM HEMODIALISA

Proses hemodialisa bekerja berdasarkan prinsip osmosa, difusi dan ultrafiltrasi yang terjadi di dalam alat yang disebut DIALYZER (Artificial Kidney). Pada dialyzer ini terjadi proses perpindahan zat-zat terlarut dalam darah ke dalam cairan dialisat atau sebaliknya.

---

<sup>2</sup>Dr Ishak S, Dr R Moh Yogiantoro, Hemodialisis, Surabaya, 1984, hal 1

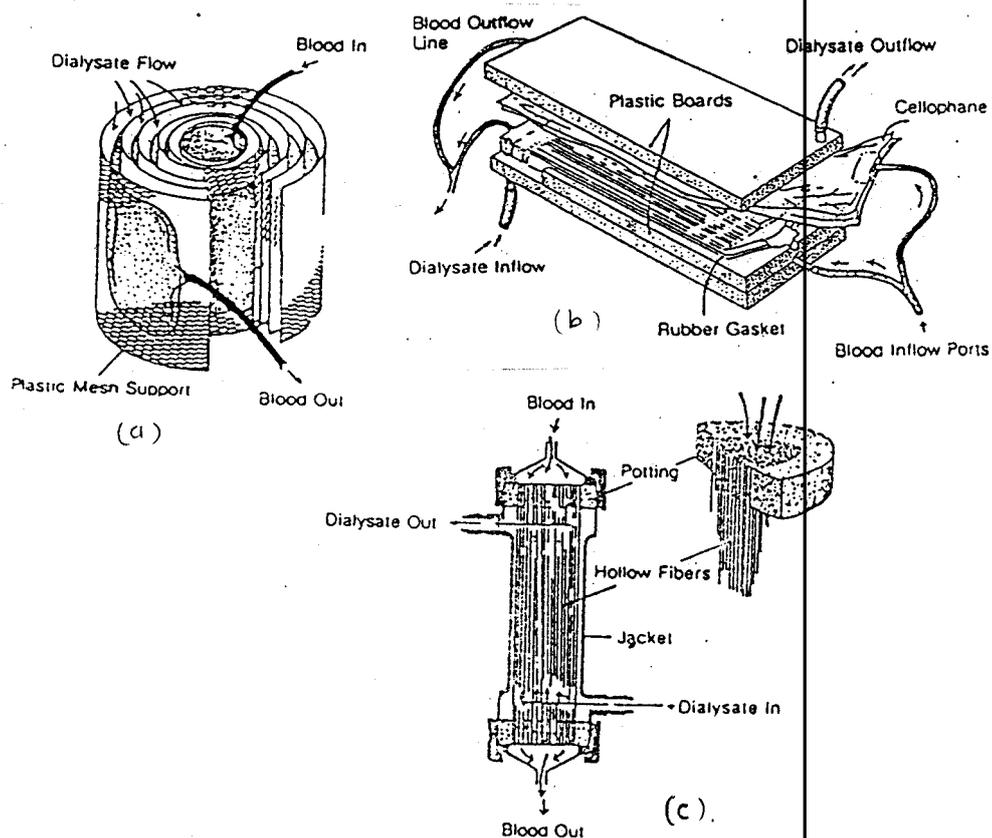
Osmosa adalah peristiwa pindahnya cairan dari larutan encer ke larutan pekat melalui suatu membran. Sedangkan difusi merupakan kejadian berpindahnya solute dari larutan pekat ke larutan yang lebih encer melalui suatu membran. Makin rendah berat molekulnya makin mudah solute tersebut keluar dari larutan pekat.

Ultrafiltrasi, yang berkaitan erat dengan pembuangan cairan berlebih, adalah proses perpindahan zat atau cairan melalui membran yang terjadi karena adanya perbedaan tekanan hidrostatik. Hal ini dikerjakan dengan memberi tekanan hidrostatik positif pada kompartemen darah dan/atau membuat tekanan negatif pada kompartemen cairan dialisis/dialisat. Selisih tekanan hidrostatik kedua kompartemen itu disebut tekanan transmembran atau Trans Membrane Pressure (TMP).

Membran semipermeabel adalah suatu selaput yang sangat tipis yang mengandung pori-pori kecil di dalamnya. Biasanya ketebalan membran ini berkisar antara 12 - 30 mikron dalam keadaan kering, dan menjadi 2 - 3 kali lebih tebal dalam keadaan basah. Pori-pori dalam membran ini berfungsi sebagai penyaring, menghalangi setiap partikel yang terkandung dalam larutan yang memiliki ukuran lebih besar dari pori-pori tersebut, sedang partikel yang memiliki ukuran lebih kecil dari pori-pori itu dapat melaluinya dengan mudah.

Dialyzer adalah alat dengan membran didalamnya yang digunakan sebagai ginjal artefisial. Ada bermacam - macam

dialyzer yang digunakan di berbagai klinik atau rumah sakit. Dialyzer yang ideal mempunyai sifat non toksik, volume darah minimal, tahanan aliran darah yang rendah, ultrafiltrasi yang fleksibel, klirens yang adekuat, bebas pyrogen, nilai kebocoran rendah, kecil, mudah dipakai dan murah. Pada dasarnya dialyzer dapat dibagi menjadi tiga golongan, yakni coil dialyzer, parallel plate dialyzer dan hollow fiber kidney /capillary dialyzer.



**Gambar 2.2** Macam-macam tipe Dialyzer (a) Coil dialyzer. (b) Parallel plate dialyzer. (c) Hollow fiber dialyzer.<sup>3</sup>

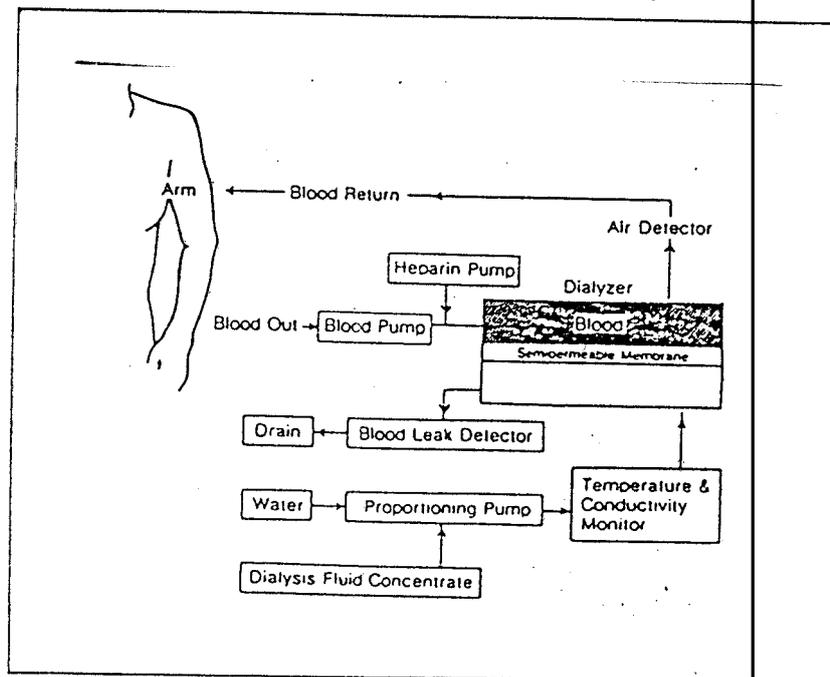
<sup>3</sup>Pauline L Rabin MD, William J Stone MD, Op.Cit., hal 191-193

Besar pori-pori pada suatu membran dialisa pada umumnya kurang lebih 50 Angstrom (secara teoritis), dan molekul yang mempunyai Berat Molekul lebih besar dari 5000, tidak dapat melewatinya. Termasuk didalamnya adalah virus, bakteri, eritrosit dan lain-lain. Pada umumnya makin kecil BM suatu zat, maka makin mudah pula zat tersebut melalui membran dialisa. Molekul-molekul dengan BM antara 300-2000 disebut sebagai middle molecule, termasuk di dalamnya ureum dan creatinin, juga banyak lagi zat-zat lain yang diketahui sebagai penyebab gangguan-gangguan yang terjadi pada penderita Gagal Ginjal Kronis, seperti neuropathi dan sebagainya.

#### II.1.2 MEKANISME KERJA HEMODIALISA

Pada proses hemodialisa yang standard, darah yang dikeluarkan dari tubuh penderita dialirkan menuju kompartemen darah dari dialiser, kemudian dialirkan kembali ke dalam tubuh penderita. Dialisat yang telah dicampur dengan air, dipanaskan dalam mesin dialisis, kemudian dialirkan menuju kompartemen dialisat dengan arah yang berlawanan dengan aliran darah. Dalam dialiser inilah terjadi perpindahan solute/cairan antara darah dengan dialisat berdasarkan prinsip osmosa, difusi dan ultrafiltrasi. Lama Hemodialisa akan ditentukan oleh kembalinya keseimbangan susunan bahan tubuh yang biasanya ditandai dengan kadar kimia darah terkendali untuk unsur BUN, kreatinin dan asam urat, kadar Hb  $\geq$  7, tekanan darah

normal dan tercapainya berat badan kering (berat terendah pasien dalam keadaan normal dan nyaman).



Gambar 2.3 Komponen-komponen sistem hemodialisa standar<sup>4</sup>

Sejumlah modifikasi dari mekanisme standar ini dikembangkan kemudian untuk menangani masalah-masalah spesifik atau juga untuk mendapatkan metode hemodialisa yang lebih baik. Salah satunya adalah Sequential Ultrafiltration Dialysis.

Ultrafiltrasi melalui membran semipermeabel tanpa dialisis yang simultan pertama kali diterapkan pada manusia tahun 1975 dan kemudian diterima sebagai

<sup>4</sup>Ibid, hal 188

modifikasi proses Hemodialisa yang sangat membantu dalam pembuangan cairan berlebih yang cukup banyak dari pasien dalam waktu yang tidak terlalu lama. Sequential Ultrafiltration Dialysis ini sangat bermanfaat bagi pasien dengan cairan berlebih yang nonuremic (kadar zat-zat racun rendah) dimana proses Ultrafiltrasi dapat dilaksanakan tersendiri.

Laju ultrafiltrasi pada proses Hemodialisa dapat dihitung untuk mengatur kerja proses ultrafiltrasi itu sendiri, berdasar pada pengaturan TMP (Transmembrane Pressure) yang dapat dinyatakan dalam rumus:

$$TMP = \text{Berat badan berlebih} / (K_{UF} * T_{UF})$$

dimana

$K_{UF}$  = Konstanta Ultrafiltrasi dari membran Dialyzer

$T_{UF}$  = Waktu proses Ultrafiltrasi yang diinginkan

Dari hasil perhitungan diatas biasanya kemudian dilakukan pengaturan besar TMP secara manual pada mesin dialisa.

Namun rumusan ideal ini pada kenyataannya terkadang tidak terlaksana sebagaimana mestinya. Bisa jadi waktu yang ditentukan sudah habis, namun berat badan belum mencapai berat keringnya (berat terendah pasien dalam keadaan normal dan nyaman), dengan kata lain berat badan berlebih berupa cairan belum sepenuhnya terbang. Hal ini dapat disebabkan peralatan pengaturan TMP yang kurang sempurna atau nilai  $K_{UF}$  dari dializer yang tidak tepat seperti yang diberikan pada lembar data dari produsennya.

Pengaturan TMP secara otomatis dengan dasar pemantauan pengurangan berat badan berlebih secara kontinue dihubungkan dengan waktu UF akan menjadi solusi yang ideal untuk menangani kekurangakuratan proses Ultrafiltrasi pada Hemodialisa.

Pada Tugas Akhir ini akan dimodelkan proses Sequential Ultrafiltration Dialysis dimana dilakukan pengaturan laju pengurangan berat badan berlebih dengan pemantauan perubahan tersebut secara kontinue untuk waktu yang tertentu.

### II.3 ARSITEKTUR MIKROKOMPUTER IBM PC/XT

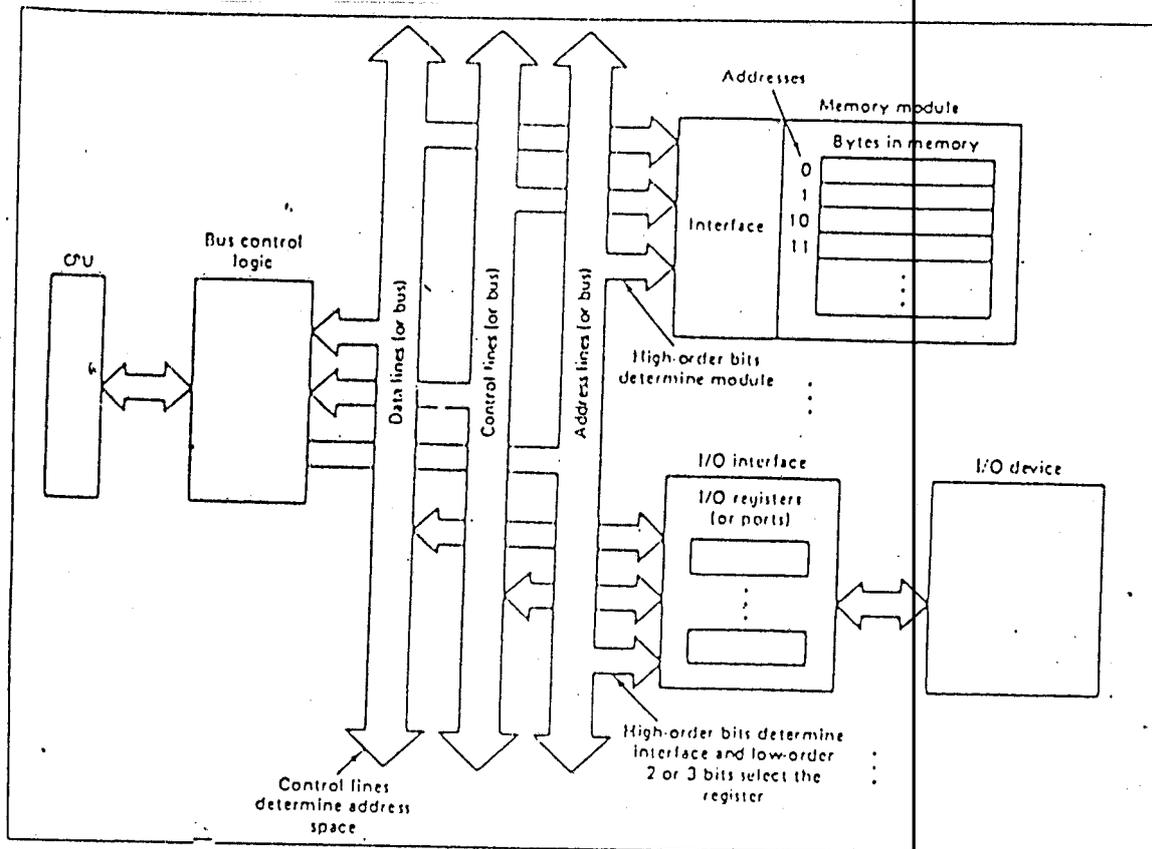
Mikroprosesor IBM PC/XT menggunakan mikroprosesor 8088 produksi Intel Corporation sebagai Central Processing Unitnya. Mikroprosesor ini termasuk dalam kategori prosesor 16 bit dan mampu melakukan operasi-operasi pada operand 8 bit maupun 16 bit. Selain itu mikroprosesor 8088 ini memiliki bus alamat sebanyak 20 bit (A0-A19), yang memberikan jangkauan pengalamatan sebesar 1.048.576 byte (1 megabyte).

Mikrokomputer IBM PC/XT memiliki 4 buah bagian fungsional yang dihubungkan lewat jalur-jalur yang dikenal dengan nama bus. bagian-bagian fungsional tersebut adalah:

- Central Processing Unit
- Memory Unit
- Input Unit

- Output Unit

Organisasi keempat bagian fungsional tersebut diatas dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Organisasi Komputer<sup>5</sup>

Didalam sistem mikrokomputer IBM PC/XT terdapat mikroprosesor 16 bit 8088, Read Only Memory (ROM), Random Acces Memori (RAM), Power Supply dan Speaker untuk

<sup>5</sup>LC Eggebrecht, Interfacing To The IBM Personal Computer, WW Sams & Co, Inc., 1983 hal 64

aplikasi audio serta 8 buah expansion slot untuk pengembangan lebih lanjut.

Prosesor board yang terdapat dalam sistem unit mikrokomputer IBM PC terdiri atas:

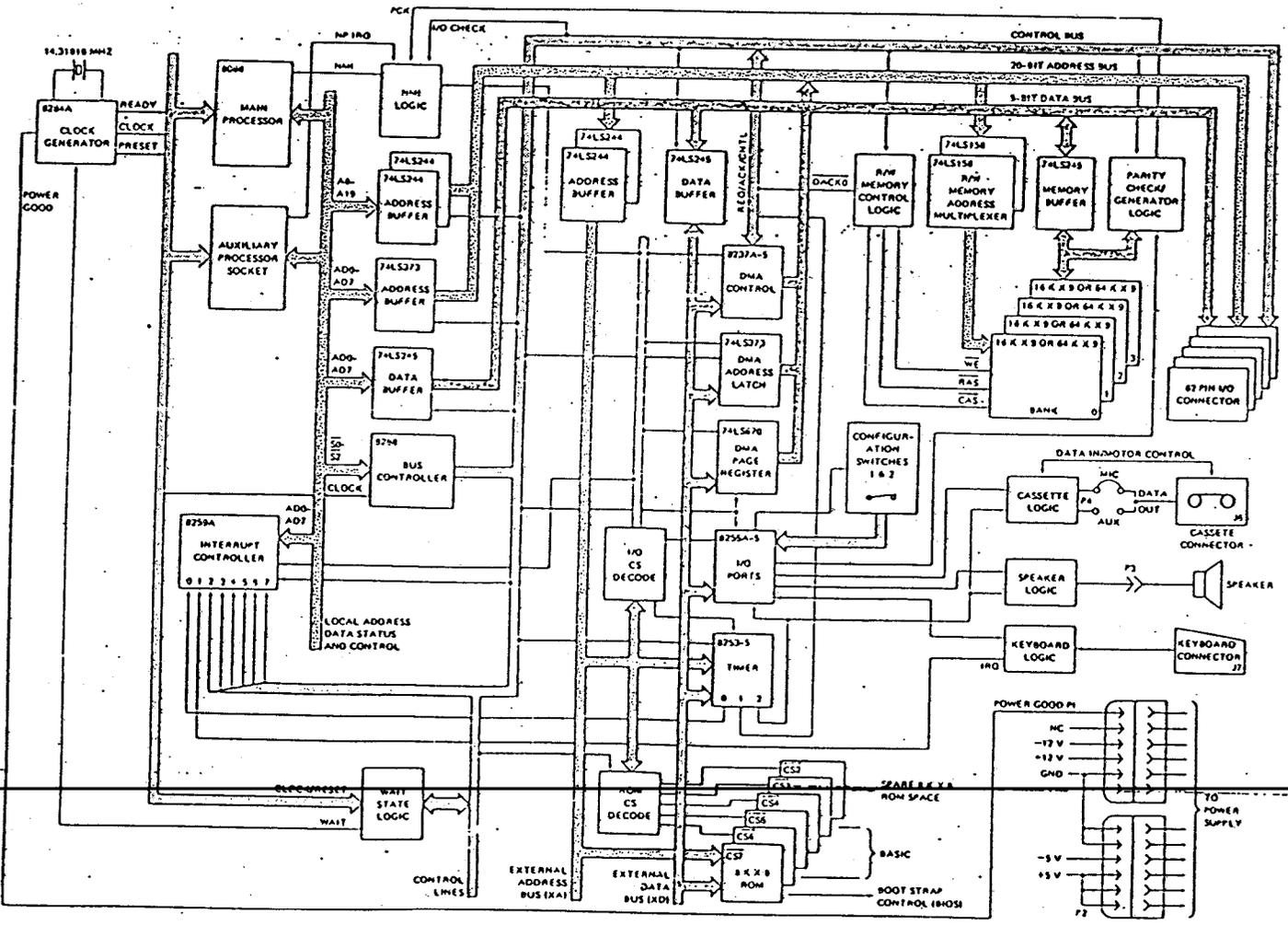
- Mikroprosesor 8088
- Rangkaian Clock
- Sistem Bus
- Sistem ROM dan RAM
- Sistem Timer/Counter
- Sistem DMA
- Sistem Interrupt
- Sistem Adapter

Blok diagram dari sistem Unit Prosesor IBM PC-XT dapat dilihat pada gambar 2.5.

### II.3.1 Mikroprosesor 8088

Mikroprosesor 8088 merupakan jantung dari sistem board IBM PC/XT. Mikroprosesor ini merupakan generasi kedua mikroprosesor 16 bit setelah 8086, dengan lebar data bus 8 bit, kemampuan akses memory sebesar 1.048.576 byte (1 Mb) dengan menggunakan address field 16 bit.

Mikroprosesor 8088 memiliki 14 lokasi memori yang disebut register, yang dapat digunakan untuk manipulasi data. Register-register tersebut memiliki fungsi dan tugas yang berbeda-beda.



Gambar 2.5 Blok Diagram Mikrokomputer IBM PC-XT<sup>6</sup>

<sup>6</sup> DV Hall, Microprocessor and Interfacing : Programming and hardware, McGraw-Hill Book Co., 1987, hal 369

### II.3.1.1 GENERAL PURPOSE REGISTER

Empat register CPU dilambangkan AX, BX, CX dan DX. Ini merupakan 'general purpose register' yang dipakai untuk memanipulasi data. Masing-masing memiliki tugas khusus, yakni sebagai 'accumulator' (AX), 'base' (BX), 'count' (CX) dan 'data' (DX). Empat register tersebut dapat digunakan sebagai register 16 atau 8 bit. Hal ini disebabkan bagian kiri (high) dan bagian kanan (low) dapat digunakan secara individual. Sehingga terdapat 8 'general purpose register' yang masing-masing menyimpan data 8 bit, yakni AH, AL, BH, BL, CH, CL, DH dan DL. Huruf H dan L menunjukkan bagian 'high' dan 'low' dari register 16 bit yang bersangkutan.

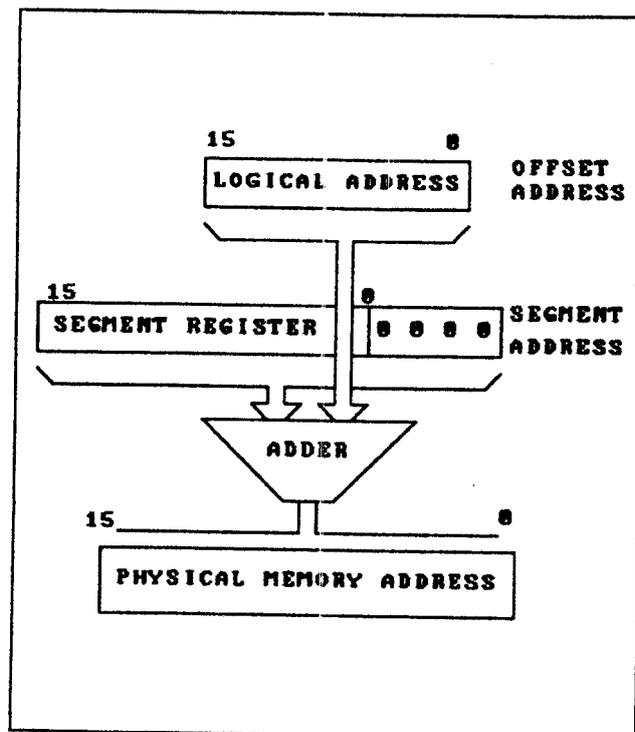
### II.3.1.2 POINTER REGISTER

Register berikutnya adalah lima buah register sebagai 'pointer' (penunjuk) lokasi di memori dimana data disimpan. Register-register tersebut adalah: Source Index (SI), Destination Index (DI), Base Pointer (BP), Instruction Pointer (IP) dan Stack Pointer (SP).

### II.3.1.3 SEGMENT REGISTER

CPU 8088 menggunakan 20 bit untuk membentuk sebuah alamat memori, sehingga dapat mengatur hingga 1 Megabyte lokasi memori. namun CPU tidak dibuat dalam 20 bit

register, seluruh register pada CPU memiliki panjang 16 bit. Dengan demikian sebuah register dapat memberikan hanya 64 kilo byte memori. Untuk membentuk address field (physical address) sebanyak 20 bit itu, maka segment register digeser sebanyak 4 bit ke kiri, kemudian dijumlahkan dengan offset addressnya (16 bit). Hal ini dinyatakan dalam gambar 2.6.



Gambar 2.6 Address Field<sup>7</sup>

Segment register yang terlibat dalam proses tersebut adalah:

<sup>7</sup>LC Eggebrecht, Op.Cit., hal 34

- Code Segment (CS): segment register yang menunjukkan segment instruksi-instruksi dari program.
- Data Segment (DS): segment register yang menunjukkan segment variabel-variabel atau data yang diperlukan pada program.
- Stack Segment (SS): segment register yang menunjukkan segment dari seluruh data yang diakses oleh Stack Pointer atau Base Pointer.
- Extra segment (ES): segment register tambahan yang dapat berhubungan dengan segment register lainnya.

### II.3.2 RANGKAIAN CLOCK

Mikrokomputer IBM PC menggunakan clock 4.77 MHz untuk menjalankan CPU 8088. Clock yang digunakan dihasilkan oleh osilator kristal 14.31818 MHz yang kemudian dihubungkan pada Clock Generator 8284 untuk dibagi 3 sehingga didapat clock 4.77 MHz. Selanjutnya clock 4.77 MHz dibagi 4 yang menghasilkan frekuensi 1.19 MHz untuk keperluan Timer atau Counter.

### II.3.3 SISTEM BUS

Semua fungsional yang terdapat pada sistem board IBM dihubungkan ke CPU 8088 melalui sistem bus. Pada dasarnya pada sistem tersebut terdapat tiga macam bus, yakni data bus, address bus dan control bus.

Bus ini dimulai dari pin-pin mikroprosesor 8088, dimana pin-pin ini di-encode dan dimultiplek, yang sering juga disebut bus lokal. Bus lokal ini dihubungkan dengan soket co-prosesor 8087, interrupt controller 8259A, bus controller 8288 dan rangkaian lainnya. Output dari bus controller dan output dari rangkaian bus multiplek serta repowering merupakan sinyal-sinyal dasar yang membentuk sistem bus.

#### II.3.4 SISTEM RAM DAN ROM

Sistem board IBM PC/XT direncanakan untuk mengalami 256 kilobyte RAM yang menempati lokasi hex 00000 sampai hex 3ffff, dan dapat diperluas sampai 640 kilobyte yang menempati lokasi sampai hex 9ffff.

Sistem board RAM ini sebenarnya menggunakan sembilan bit data, bit yang kesembilan merupakan parity bit. Parity tersebut dihasilkan pada setiap siklus tulis memori dan disimpan pada bit kesembilan. Pada setiap siklus baca memori, parity dihasilkan dari 8 bit data yang dibandingkan dengan parity yang dihasilkan dari 8 bit data yang telah disimpan pada siklus tulis terakhir.

Jika keduanya sama, berarti data yang tersimpan pada RAM tersebut benar. Jika terjadi kesalahan maka suatu sinyal parity check akan dibangkitkan untuk menginterupsi mikroprosesor 8088.

ROM pada sistem IBM PC memiliki kapasitas 64 kilobyte. ROM ini di-dekode sedemikian rupa sehingga menempati 64 kilobyte lokasi memori teratas dari satu megabyte daerah memori yang ada. Pada physical address ROM ini menempati lokasi hex f0000 sampai fffff. ROM ini berisi op-code 8088 yang berfungsi untuk:

- Inisialisasi sistem
- Penentuan konfigurasi sistem
- Diskette bootstrap loader
- Mikrosoft Basic Interpreter

### II.3.5 SISTEM TIMER/COUNTER

Untuk mendukung sistem timing dan fungsi penghitung pada komputer IBM PC, telah dilengkapi dengan sebuah IC 8253 dengan 3 buah timer counter 16 bit. Clock input dari ketiga kanal pada chip ini diperoleh dari sinyal clock sebesar 1,19 MHz.

Output timer kanal 0 dihubungkan dengan sistem interrupt level 0, dan diprogram untuk menghasilkan interupt setiap 54,925 mili detik (18,2 kali tiap detik). Timer ini digunakan untuk sistem I/O routine dan sistem timer-of-day clock.

Output timer Kanal 1 dipakai untuk menghasilkan DMA request pada DMA Kanal 0. Ini digunakan untuk melakukan refresh pada sistem memori dinamis. Refresh ini dilakukan

dengan menghasilkan sinyal baca setiap 72 siklus clock (setiap 15,12 mikro detik).

Output Kanal 2 dipakai untuk mengendalikan sistem audio speaker dan untuk mentransmisikan data ke port audio cassette pada sistem board.

### II.3.6 SISTEM DMA

Beberapa peralatan I/O seperti disk drive dalam mentransmisikan data lebih cepat dari pada yang dapat ditangani oleh prosesor dengan kontrol program. Untuk mengatasi hal ini, sistem board mempunyai fasilitas yang memungkinkan transfer data secara langsung antara peralatan tersebut dengan memory tanpa keikutsertaan mikroprosesor 8088.

Fasilitas ini dijalankan oleh penggunaan chip DMA Controller 8237-5. Chip ini mendukung transfer data dari atau menuju 4 adapter dan memori. Jika suatu peralatan akan melakukan transfer data, peralatan tersebut meminta 8237-5 untuk menjalankan fungsinya. DMA controller memberikan isyarat agar mikroprosesor 8088 mengembangkan pin-pinnya pada sistem bus. Selanjutnya DMA Controller akan mengambil alih sistem bus. Chip DMA Controller ini memiliki 4 kanal yang memiliki fungsi dan prioritas sebagai berikut:

- Kanal 0, melakukan penyegaran RAM Dinamis yang merupakan prioritas tertinggi.
- Kanal 1, belum dipakai
- Kanal 2, dipakai disk drive adapter
- Kanal 3, belum dipakai

### II.3.7 SISTEM INTERRUPT

Pada mikroprosesor 8088 terdapat dua buah fasilitas interupsi, yaitu maskable interrupt dan non maskable interrupt. Mengingat bahwa diperlukan lebih banyak level interrupt, maka pada sistem board IBM PC ditambah IC PIT 8259A.

Chip IC ini memperluas masakable interrupt pada mikroprosesor 8088 menjadi delapan level. Chip ini tidak ditempatkan pada sistem bus melainkan pada bus lokal dari mikroprosesor 8088. Dari 8 level interrupt yang ada, 2 level telah digunakan pada sistem board, yaitu level 0 dan level 1. Level 0 digunakan untuk menerima interrupt dari output timer/counter kanal 0. Level 1 digunakan untuk menerima interrupt dari keyboard. Sisanya belum terpakai dan tersedia pada sistem bus (slot ekspansi).

### II.3.8 SISTEM ADAPTER

Sistem keyboard mempunyai adapter untuk keyboard, audio speaker dan port untuk audio kaset. Peralatan ini

dihubungkan ke sistem bus melalui PPI 8255A-5 dengan 24 bit jalur I/O yang dapat diprogram.

Satu port 8 bit dari 8255A-5 dipakai untuk membentuk sub bus yang digunakan untuk membaca data dari konfigurasi dip-switch dan untuk membaca scan code dari keyboard. Sedangkan bit-bit lain dipakai untuk mengendalikan audio speaker, serial data dari audio cassette, dsb.

#### II.4 OPERASI PADA SISTEM BUS

Pada prosesor IBM PC operasi-operasinya selalu melibatkan pemindahan data melalui sistem data bus. Untuk keperluan pemindahan data diperlukan waktu yang dikenal dengan siklus bus. Pada IBM PC terdapat beberapa siklus yang melibatkan pemindahan data yaitu: Memori Read Bus Cycle, Memory Write Bus Cycle, I/O Port Read Bus Cycle, I/O Port Write Bus Cycle, DMA-Memory Read Cycle, DMA-Memory Write Cycle, Memory-Refresh DMA Cycle.

Dalam teori penunjang ini hanya dibahas siklus yang berhubungan dengan operasi pada hardware yang direncanakan yaitu I/O port Read Bus Cycle dan I/O Port Write Bus Cycle.

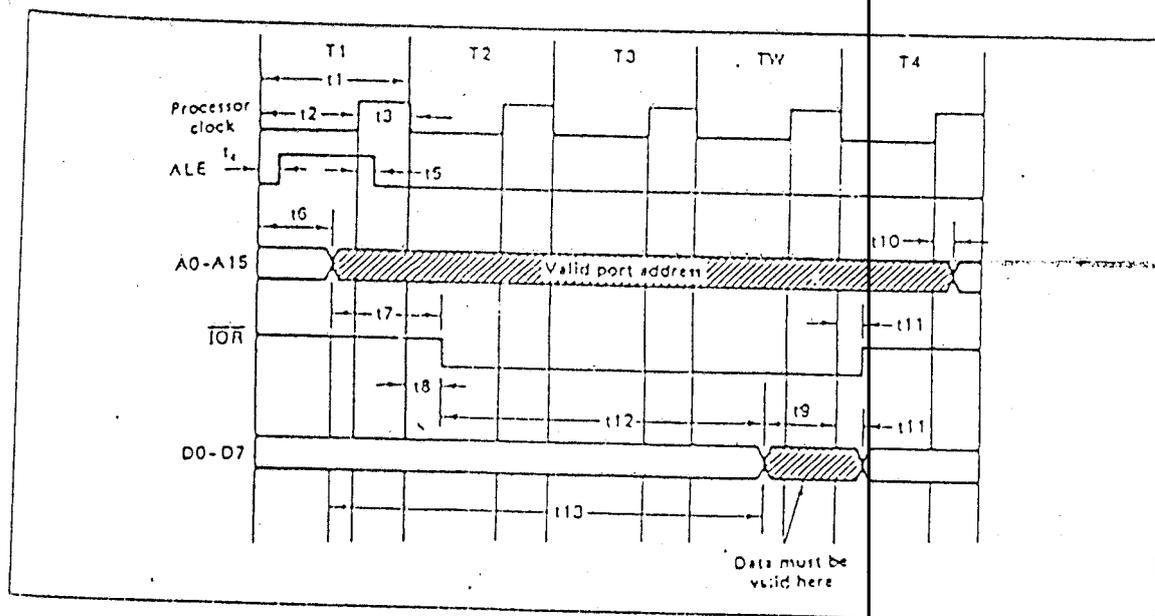
##### II.4.1 SIKLUS BACA PORT I/O

Siklus ini digunakan untuk mengambil data dari peralatan I/O yang terletak pada lokasi I/O dan aktif pada

saat prosesor menjalankan instruksi IN. Waktu minimum yang dibutuhkan siklus ini adalah 5 pulsa clock atau sekitar 1,05 mikrodetik. Pada saat eksekusi perintah IN, selama siklus berlangsung, mikroprosesor 8088 mengirimkan address 16 bit (A0-A15), dengan 4 bit address terakhir (A16- a19) nonaktif. Timing diagram I/O read cycle ditunjukkan pada gambar 2.7 dan tabel pembagian waktunya (dalam nano detik) ditunjukkan pada tabel 2.1. Pada saat T1, ALE diaktifkan untuk menunjukkan bahwa address A0-A15 adalah benar (valid). Pada waktu T2, IOR diaktifkan. Hal ini menunjukkan bahwa data bus siap untuk menerima data dari I/O port. Pada permulaan T4, prosesor mengambil data yang berada pada data bus dan kemudian IOR dinonaktifkan. I/O port read cycle selesai pada akhir T4. Dalam keadaan normal I/O port read bus cycle membutuhkan 4 pulsa clock, meskipun demikian dalam perencanaan PC sebuah pulsa clock ekstra TW secara otomatis selalu disisipkan pada sebuah siklus.

#### II.4.2 SIKLUS TULIS PORT I/O

Siklus ini digunakan untuk mengirimkan data ke lokasi I/O yang bersangkutan dan aktif pada saat prosesor menjalankan instruksi OUT. Timing diagram I/O port write cycle ditunjukkan oleh gambar 2.8 dan tabel pembagian waktunya (dalam nano detik) pada tabel 2.2.



Gambar 2.7 Timing diagram siklus baca port I/O<sup>8</sup>

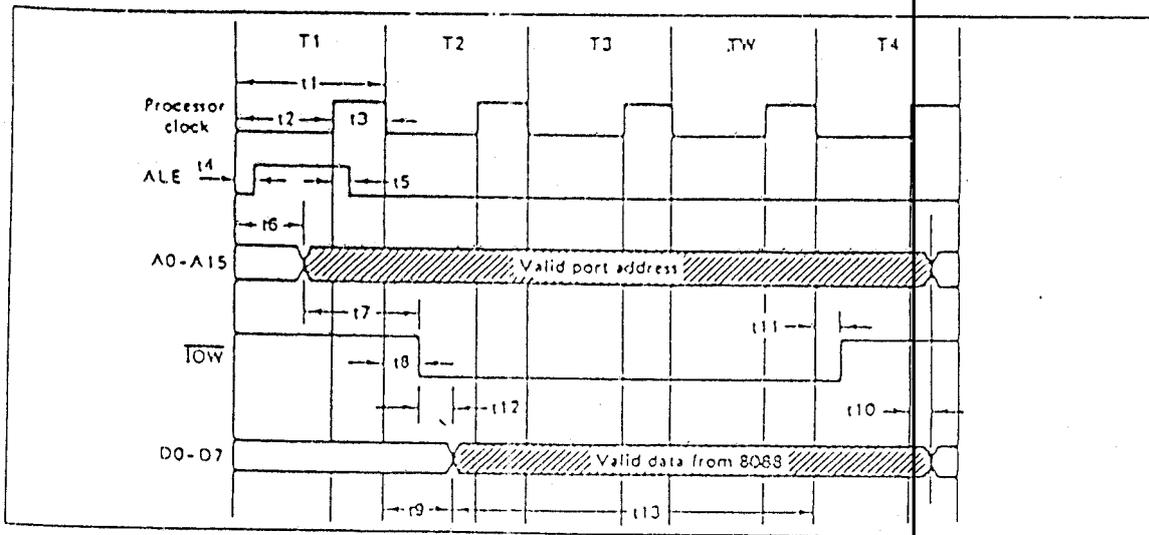
Tabel 2.1

Pembagian waktu siklus baca port I/O<sup>9</sup>

Symbol	Max	Min
t1	-	209.5
t2	-	124.5
t3	-	71.6
t4	15	-
t5	15	-
t6	126	16
t7	-	91.5
t8	35	10
t9	-	42
t10	-	10
t11	35	10
t12	-	551.5
t13	-	668

<sup>8</sup>Ibid, hal 168

<sup>9</sup>LC Eggebrecht, Loc.Cit.



Gambar 2.8 Timing diagram siklus tulis port I/O<sup>10</sup>

Tabel 2.2

Pembagian waktu siklus tulis port I/O<sup>11</sup>

Symbol	Max	Min
t1	-	209.5
t2	-	124.5
t3	-	71.8
t4	15	-
t5	15	-
t6	126	16
t7	-	91.5
t8	35	10
t9	122	14
t10	-	10
t11	35	10
t12	112	-
t13	-	506.5

<sup>10</sup>Ibid, hal 65

<sup>11</sup>LC Eggebrecht, Loc.Cit.

Siklus waktu pada I/O port write cycle hampir sama dengan I/O read cycle, perbedaan pada waktu T<sub>2</sub>, prosesor menunjukkan bahwa data siap ditransfer ke salah satu address dari I/O port. Sesaat setelah clock T<sub>2</sub>, bus telah terisi data yang diperlukan untuk ditransfer ke I/O port. Pada awal T<sub>4</sub> sinyal IOW dinonaktifkan. Sinyal TW disisipkan secara otomatis dalam I/O write port cycle setelah T<sub>3</sub>.

## II.5 INPUT/OUTPUT PADA IBM PC

### II.5.1 SLOT UNTUK CARD INTERFACE PADA IBM PC/XT

Pada sistem board IBM PC/XT terdapat 8 buah slot yang digunakan untuk menghubungkan sistem bus ke peralatan tambahan. Susunan pin-pin pada masing-masing slot sama sehingga dapat mengakses memory dan I/O yang sama. Slot pada sistem board merupakan penghubung dengan 62 pin pada kedua sisinya. Konfigurasi pin-pin pada slot IBM PC/XT ditunjukkan pada gambar 2.9.

Fungsi dari masing-masing pin pada slot ekspansi ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

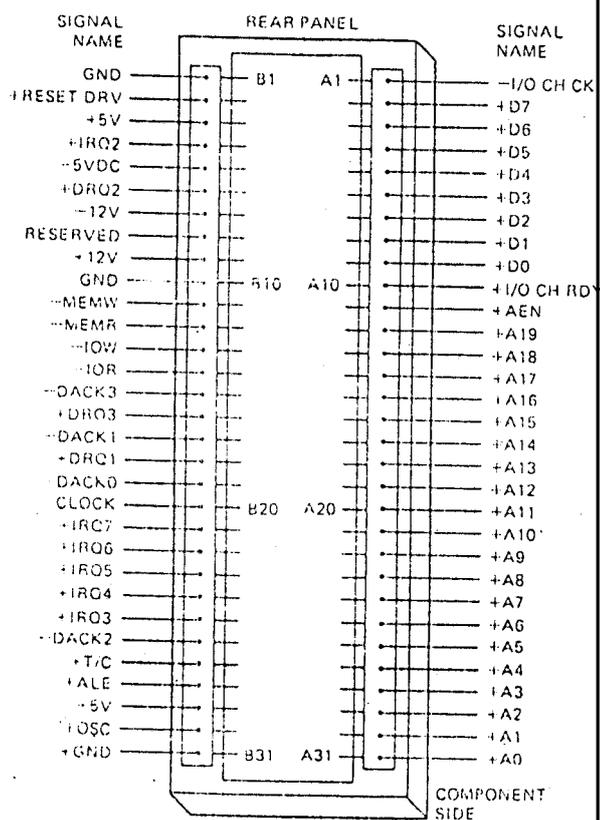
#### I/O CH CK

I/O CH CK (Input/Output CHannel Check) merupakan sinyal input dengan aktif low. Dengan sinyal ini maka interface pada slot dapat melakukan NMI (Non Maskable

Interrupt) ke CPU 8088. Hal ini dipakai untuk menunjukkan kesalahan yang terjadi pada interface card.

### D0-D7

Merupakan jalur data dua arah, dimana data dapat berpindah dari memory atau I/O port ke CPU atau sebaliknya. Jalur ini juga dipakai oleh DMA controller.



Gambar 2.9 Konfigurasi slot IBM PC<sup>12</sup>

<sup>12</sup>DV Hall, Op.Cit., hal 370

**I/O CH RDY**

I/O CH RDY (Input/Output CHannel ReaDY adalah sinyal input yang menunjukkan kesiapan peralatan I/O pada saat dilakukan komunikasi dengan CPU atau dapat dikatakan bahwa sinyal ini merupakan WAIT pada cycle bus.

**AEN**

AEN (Address Enable) adalah sinyal yang dikeluarkan oleh DMA Controller untuk menunjukkan bahwa operasi DMA sedang berlangsung. Sinyal ini penting untuk mencegah terjadinya pengkodean di I/O port pada saat berlangsungnya operasi DMA.

**A1-A19**

Merupakan jalur address bus yang dipakai dalam pengalamatan I/O port dan memory, jalur ini dipakai oleh CPU 8088 dan oleh DMA controller untuk pengalamatan pada waktu mentransfer data. Pengalamatan I/O port atau lokasi memory dapat digunakan sebagian atau seluruh jalur ini sebagai input ke dekoder yang akan mengeluarkan sinyal enable untuk satu kelompok alamat.

**RESET DRV**

RESET DRV (RESET DRiVer) merupakan sinyal aktif low yang digunakan untuk mereset sistem board.

**IRQ2-IRQ7**

Sinyal IRQ (Interrupt Request Signal) berhubungan langsung dengan interrupt controller 8259. Dipakai oleh unit I/O untuk menginterrupt CPU 8088, IRQ2 merupakan sinyal interrupt prioritas tinggi sedang prioritas terendah adalah IRQ7. IRQ0 dan IRQ1 dipakai sistem board.

**MEMW dan MEMR**

Sinyal MEMW (MEMory Write) dan sinyal MEMR (MEMory Read) merupakan sinyal kontrol tulis dan baca pada memory yang dilakukan oleh CPU 8088 atau DMA controller. Kedua sinyal ini aktif low.

**IOR dan IOW**

Sinyal IOR (Input Output Read) dan sinyal IOW (Input Output Write) adalah sinyal baca dan tulis pada I/O port dengan aktif low.

**DRQ1-DRQ3**

Sinyal Direct-memory acces ReQuest (DRQ1-DRA3) merupakan sinyal dari DMA controller 8237 yang dipakai untuk mengatur data dari memory secara langsung tidak melalui CPU. DRQ1 merupakan prioritas tertinggi sedangkan DRQ3 prioritas terendah dan mempunyai sinyal aktif high yang diberikan oleh unit I/O untuk operasi DMA.

**DACK0-DACK3**

Adalah sinyal jawaban dari DMA controller 8237 bahwa permintaan DMA diterima dan sistem bus sudah dikuasai oleh DMA controller untuk melakukan operasi pemindahan data. DACK0 dipakai untuk mengetahui sedang terjadi refresh (dummy read) pada sistem memory dinamis.

**OSC**

Sinyal OSC (OSCilator) adalah sinyal output dengan frekuensi 14.131818 MHz dengan periode 70 ns.

**CLK**

CLK (CLOCK) adalah sinyal output. Sinyal ini merupakan sepertiga sinyal OSC, yakni 4.77 MHz atau dengan periode 210 ns.

**TC**

Terminal Count (TC) yang mempunyai sinyal aktif high dikeluarkan oleh DMA controller, apabila salah satu channel DMA telah mencapai suatu cycle tertentu berdasarkan program sebelumnya. Sinyal ini digunakan untuk menghentikan transfer data dengan cara meng-and-kan sinyal DACK dan sinyal TC ini.

### II.5.2 PEMETAAN DAN PENGALAMATAN I/O PORT

Central Processing Unit dalam membaca atau menulis I/O port memerlukan adanya alamat tertentu. Dengan demikian pemilihan alamat sebagai interface dalam tugas akhir ini dipilih alamat-alamat kosong yang belum digunakan oleh komputer IBM PC/XT.

IBM PC/XT mempunyai 20 jalur address, dengan demikian alamat yang mungkin dapat ditempati adalah  $2^{20}$ . Tetapi arsitektur dari CPU 8088 address I/O nya hanya menyediakan 16 jalur atau hanya mengakses  $2^{16}$  (65.356) address I/O. Dalam desain tidak semua jalur (20 jalur) digunakan, tetapi hanya 10 jalur address yang dipergunakan, yaitu address A0 sampai A9 yang dipakai sebagai pengkodean address I/O atau alamat 0000H - 03FFH. Bit ke 9 (A9) dipakai untuk menentukan apakah peralatan yang akan didekode ada di sistem board atau berada pada card yang dipasang dengan kata lain bahwa data dari peralatan interface tidak dapat diterima atau dikirim melalui bus data card slot. Sebaliknya jika A9 menjadi aktif high "1" maka memungkinkan sekali data diambil atau dikirimkan ke peralatan interface yang ada di slot.

Komputer IBM PC/XT memiliki alamat unit I/O yang tersebar antara 0000H sampai 03FFH. Alamat unit tersebut

terbagi menjadi alamat untuk I/O untuk sistem board dari 0000H-01FFH dan alamat I/O untuk sistem board dari 0200H-03FFH. Alamat untuk sistem board dapat dilihat dari Tabel 2.3.

Tabel 2.3

Alamat port I/O yang digunakan sistem board

Address (Hex)	Penakainya
0000 - 000F	DMA Chip 8237-5
0010 - 001F	-
0020 - 0021	Interrpt chip 8259
0022 - 003F	-
0040 - 0043	Timer chip 8253
0044 - 005F	-
0060 - 0063	PPI chip 8255
0064 - 0074	-
0080 - 0083	DMA Chip 8237-5
0084 - 009F	-
00A0 - 00A3	Interrpt chip 8259
00A1 - 01FF	-

Terlihat bahwa card-card yang umum dipakai oleh komputer IBM PC/XT seperti printer card, disk drive card, dan serial card dipasang pada slot yang tersedia dan menempati lokasi alamat yang sudah pasti.

---

<sup>1</sup>Ibid, hal 127

Tabel 2.4 menunjukkan pemakaian lokasi I/O port pada slot yang telah digunakan maupun yang belum dimanfaatkan. Dalam perencanaan ini digunakan I/O port yang belum digunakan sebagai tempat peralatan interface untuk memudahkan perancangan rangkaian terutama rangkaian dekodernya.

Tabel 2.4

Alamat port I/O pada sistem slot<sup>14</sup>

Address (Hex)	Penakainya
0200 - 020F	Game control
0210 - 0217	Unit ekspansi
0218 - 02F7	Tidak dipakai
02F8 - 02FF	Async com #2
0300 - 031F	Tidak terpakai
0320 - 032F	Fixed disk
0330 - 0377	Tidak dipakai
0378 - 037F	Parallel printer
0380 - 038F	SLDC Communication
0390 - 03AF	Tidak dipakai
03B0 - 03BF	Monochrome/printer
03C0 - 03CF	Tidak dipakai
03D0 - 03DF	Color/graphics
03E0 - 03EF	Tidak dipakai
03F0 - 03F7	Disk drive
03F8 - 03FF	Tidak dipakai

<sup>14</sup>Ibid, hal 127

## II.6. STRAIN GAGE

Strain gage (pengukur regangan) adalah kawat penghantar yang resistansinya berubah sedikit bila dipanjangkan atau dipendekkan. Perubahan panjang tersebut kecil, yaitu beberapa persepuluhan dari satu sentimeter. Pengukur regangan ditempatkan ke suatu struktur sedemikian rupa sehingga persen perubahan panjang dari pengukur regangan dan struktur itu sama.

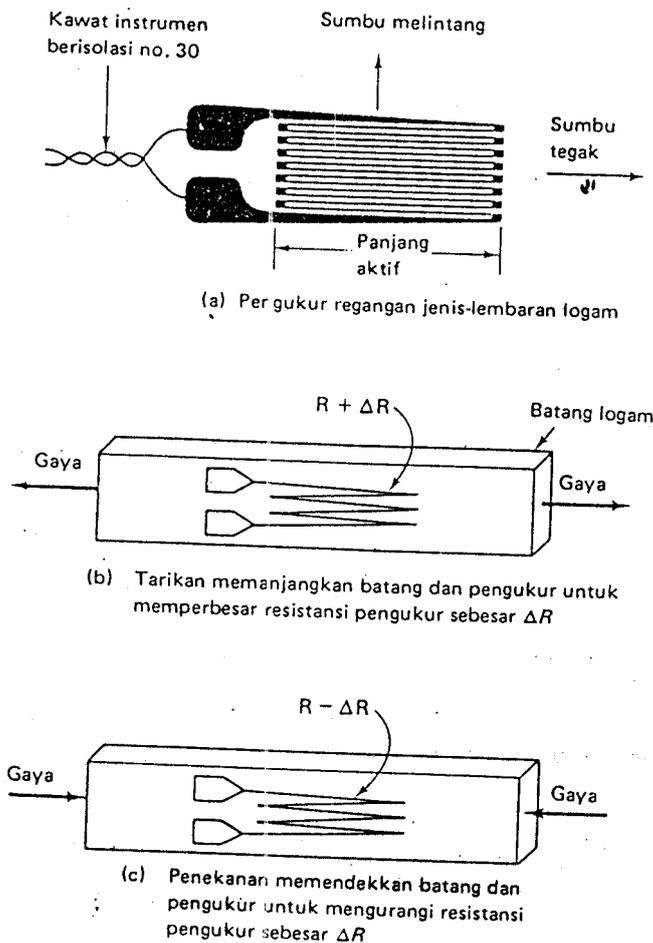
Suatu pengukur jenis lembaran diperlihatkan pada gambar 2.10(a). Panjang aktif dari pengukur itu terletak di sepanjang sumbu membujuranya. Pengukur regangan harus dipasang sedemikian rupa sehingga sumbu membujuranya terletak dalam arah yang sama dengan gerakan struktur yang akan diukur (gambar 2.10(b) dan (c)). Memanjangkan batang dengan tarikan akan memanjangkan penghantar pengukur regangan dan memperbesar resistansinya. Penekanan mengurangi resistansi pengukur karena panjang normal dari pengukur regangan dikurangi.

Tingkat sensitivitas regangan strain gage pada dasarnya dipengaruhi dua faktor, yaitu perubahan dimensi kawat penghantar dan perubahan tahanan spesifik pada specimen logam kawat penghantar.

### II.6.1 Bahan dan Macam-macam Konfigurasi Strain Gage

Pengukur regangan dibuat dari paduan logam seperti

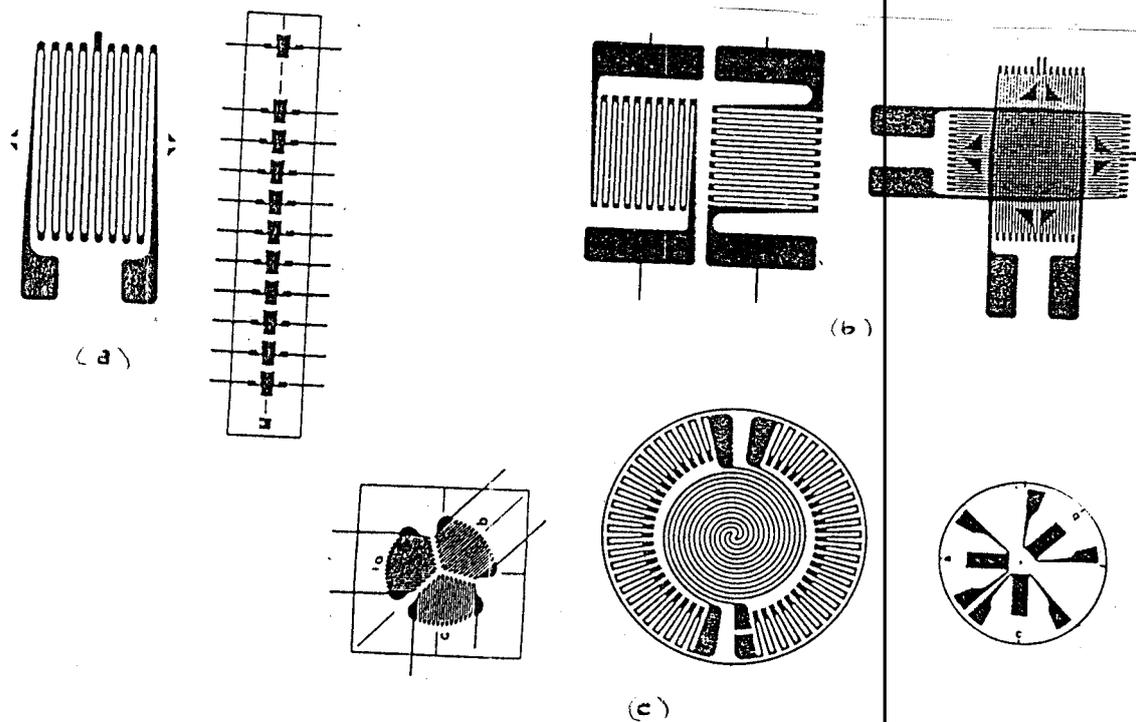
konstantan, Nichrome V, Dinaloy, Stabiloy atau paduan Platina. Untuk pekerjaan suhu tinggi dibuat dari kawat. Untuk suhu menengah, pengukur regangan dibuat dengan membentuk paduan logam menjadi lembaran-lembaran sangat tipis dengan proses fotoetsa.



Gambar 2.10 Pengukur regangan untuk mengukur perubahan panjang struktur<sup>15</sup>

<sup>15</sup>Robert F, Frederick F Driscoll, Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linier, Penerbit Erlangga, 1985, hal 179

Terdapat bermacam-macam bentuk elemen pengindra yang menurut regangan yang akan diukur dapat digolongkan menjadi strain gage satu sumbu (uniaksial), strain gage dua sumbu (biaksial) dan strain gage arah ganda (omniaksial). Gambar dari masing-masing contoh diperlihatkan pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Macam-macam bentuk strain gage (a) strain gage satu sumbu; (b) strain gage dua sumbu; (c) strain gage arah ganda

### II.6.2 Sensitivitas Regangan

Sensitivitas regangan strain gage dipengaruhi dua faktor, yaitu:

- Perubahan dimensi kawat penghantar
- Perubahan tahanan kawat penghantar

Dengan demikian sensitivitas regangan strain gage dapat diperoleh dari:

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

Dengan melakukan pembagian dan diferensial terhadap persamaan diatas didapat:

$$\delta \frac{R}{R} = \delta \frac{\rho}{\rho} + \delta \frac{L}{L} - \delta \frac{A}{A}$$

Bila diketahui tegangan transfersal yang terjadi akibat peregangan sebagai:

$$\epsilon_t = -\nu \delta \frac{L}{L}$$

dan regangan kawat setelah peregangan menjadi:

$$\delta f = \delta 0 \left(1 - \nu \delta \frac{L}{L}\right)$$

sedang luasan kawat penghantar sebelum dan sesudah peregangan diketahui:

$$A_0 = \pi/4 (\delta 0)^2 \quad \text{dan} \quad A_f = \pi/4 (\delta f)^2$$

dimana  $\delta f$  = diameter kawat setelah peregangan  
 $\delta 0$  = diameter kawat sebelum peregangan  
 maka perubahan penyusutan luas penampang kawat penghantar  
 didapat:

$$\delta \frac{A}{A} = \frac{Af - A0}{Af} = -2\nu \delta \frac{L}{L}$$

Dengan demikian dari rumus turunan regangan dapat  
 disusun kembali persamaan menjadi:

$$\delta \frac{R}{R} = \delta \frac{\rho}{\rho} + \delta \frac{L}{L} (1 + 2\nu)$$

diketahui  $\delta L/L = \epsilon$ , maka perubahan resistansi karena  
 regangan dapat disusun lagi dalam rumus:

$$SA = \frac{(\delta R/R)}{\epsilon} = 1 + 2\nu + \frac{\delta \rho}{\rho}$$

dimana:

- SA = sensitivitas regangan material alloy kawat  
 penghantar
- $(1 + 2\nu)$  = perubahan tegangan akibat dimensi kawat  
 penghantar
- $\delta \rho / \rho$  = perubahan resistive akibat perubahan  
 tahanan spesifik specimen alloy kawat  
 penghantar.

### II.6.3 Faktor Gage

Dari persamaan diatas dinyatakan bahwa SA adalah sensitivitas yang pada dasarnya dibentuk dari sejumlah kawat penghantar, dan sering dikatakan bahwa sensitivitas specimen alloy kawat penghantar adalah sama dengan Faktor Gage. faktor Gage didefinisikan sebagai perubahan tahanan listrik per unit tahanan awalnya dibagi dengan regangan yang terjadi atau dalam rumusan dinyatakan seperti persamaan berikut:

$$S_g = \frac{(\delta R/R)}{\epsilon}$$

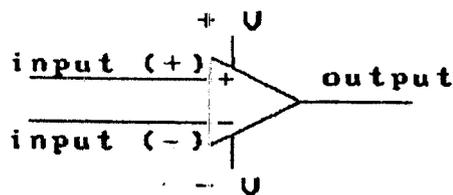
Selanjutnya untuk pemilihan strain gage dalam perencanaan ini digunakan jenis foil strain gage, dengan alasan kekuatannya, stabil dan tahan lama. Jenis ini terdiri dari kawat halus yang ditempelkan pada kertas atau photo etcing grid, dari lempengan resistensi listrik pada sebuah epoxy resin backing. Dua kawat yang berhubungan disolder atau dilas pada ujung grid dan seluruh gage ditempel pada struktur test untuk mengukur gaya tarik dan gaya tekan.

### II.7. PENGUAT (AMPLIFIER)

Salah satu bagian dari rangkaian tugas akhir ini yang sangat berperan adalah amplifier. Dalam suatu rangkaian,

amplifier atau penguat dapat difungsikan sebagai rangkaian penguat sinyal input, rangkaian penjumlah tegangan input, rangkaian pembanding antara 2 input, rangkaian filter dan masih banyak lagi. Rangkaian ini merupakan kombinasi antara penguat operasional (op-amp) dengan sejumlah komponen pasif tahanan ataupun kondensator.

Gambar 2.12 memperlihatkan simbol dari Op-amp dengan lima terminal dasar: 2 terminal catu daya, 2 terminal masukan (+) dan (-) dan satu terminal keluaran/output dari Op-amp.

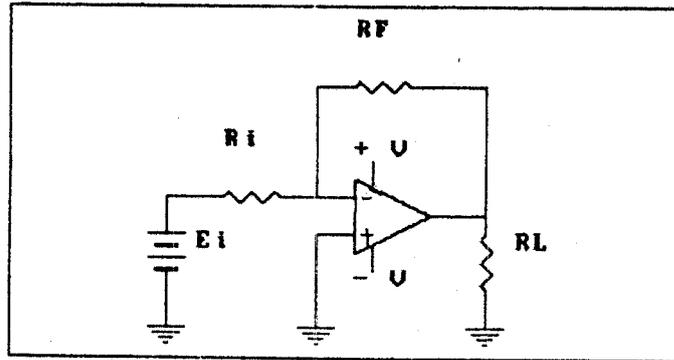


Gambar 2.12 Simbol Op-Amp<sup>16</sup>

### II.7.1 PENGUAT PEMBALK (INVERTING AMPLIFIER)

Dasar dari rangkaian penguat ini adalah dengan memberikan tahanan umpan balik antara terminal output dengan terminal input (-). dengan demikian penguatan tidak lagi mengandalkan karakteristik Op-Amp ( $A_{ol}$ ) tetapi sudah tergantung dari besar tahanan umpan balik terhadap tahanan input yang ada di terminal input (-).

<sup>16</sup>Ibid, hal 13



Gambar 2.13 Rangkaian Penguat Pembalik<sup>17</sup>

Prinsip kerja dari gambar 2.13, tegangan positif  $E_i$  melewati tahanan  $R_i$  masuk ke terminal input (-) Op-Amp. Tahanan umpan balik  $R_f$  menghubungkan antara terminal output op-amp dengan terminal input (-) op-amp. Tegangan terminal bila keadaan op-amp ideal, maka tegangan tersebut terhadap ground masing-masing berharga 0 Volt.

Arus yang melewati tahanan  $R_i$  dapat dihitung berdasarkan hukum Kirchoff:

$$I = \frac{E_i}{R_i} \text{ Amp}$$

Arus  $I$  akan melewati tahanan umpan balik  $R_f$  menuju terminal output, dengan melewati tahanan  $R_f$  ini maka besar tegangan di tahanan  $R_f$  dapat diketahui sebesar:

$$E_{R_f} = I R_f \text{ Volt}$$

<sup>17</sup>Ibid, hal 162

Dengan mensubstitusikan kedua persamaan tersebut di atas, didapatkan:

$$V_{Rf} = \frac{R_f}{R_i} E_i$$

Dari gambar tampak bahwa ujung  $R_f$  dan  $R_i$  saling berhubungan menjadi satu menyebabkan besar tegangan  $E_o$  mempunyai polaritas terbalik terhadap tegangan  $E_{Rf}$  bila diukur terhadap ground dengan besar tegangan sama, maka tegangan  $E_o$  besarnya:

$$V_o = -V_{Rf} = -\frac{R_f}{R_i} E_i$$

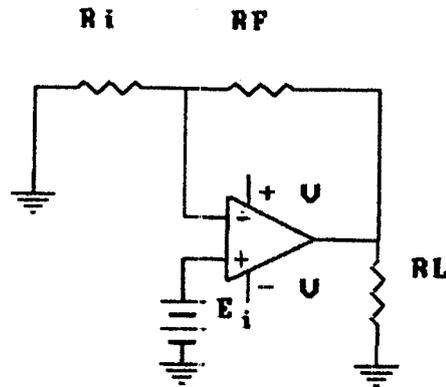
Dengan mengambil definisi dari penguatan  $A_{cl}$  yaitu tegangan output ( $E_o$ ) dibagi tegangan input ( $E_i$ ) maka besarnya  $A_{cl}$ :

$$A_{cl} = \frac{V_o}{E_i} = -\frac{R_f}{R_i}$$

Tanda minus kedua persamaan diatas menunjukkan polaritas tegangan  $E_o$  berlawanan dengan polaritas tegangan inputnya ( $E_i$ ). Untuk itu rangkaian ini disebut rangkaian penguat pembalik.

### II.7.2 PENGUAT TIDAK MEMBALIK (NONINVERTING AMPLIFIER)

Selain digunakan sebagai penguat pembalik, op-amp dapat pula digunakan sebagai rangkaian penguat tak membalik seperti pada gambar 2.14.



Gambar 2.14 Rangkaian penguat tak membalik<sup>18</sup>

Bila tegangan antara terminal input (-) dengan input (+) menunjukkan 0 Volt, akan menyebabkan besar tegangan input(-) sama dengan besar tegangan input (+) terhadap ground, yaitu sebesar  $E_i$  volt. Arus akan melintasi tahanan  $R_i$  dengan besar arus sama dengan :

$$I = \frac{E_i}{R_i} \text{ Amp}$$

Arah arus tergantung dari polaritas tegangan  $E_i$ , arus akan melewati tahanan umpan balik  $R_f$ , maka tegangan di tahanan

<sup>18</sup>Ibid, hal 47

Rf diperoleh:

$$E_{Rf} = I Rf \text{ Volt}$$

Dengan mensubstitusikan kedua persamaan diatas didapat:

$$E_{Rf} = \frac{Rf}{Ri} Ei \text{ Volt}$$

Tegangan output  $V_o$  dapat diperoleh dari tegangan di  $R_i$  ditambah tegangan di  $R_f$ , yaitu:

$$E_o = E_i + V_{Rf}$$

$$E_o = E_i + \frac{Rf}{Ri} Ei \text{ Volt} = \left(1 + \frac{Rf}{Ri}\right) Ei \text{ Volt}$$

Besar penguatan adalah tegangan output dibanding tegangan input, diperoleh:

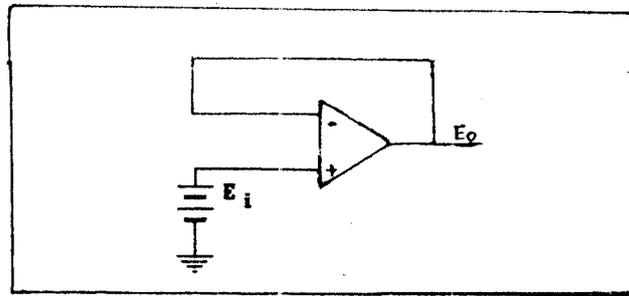
$$A_{cl} = \frac{E_o}{E_i} = 1 + \frac{Rf}{Ri}$$

### II.7.3 PENGIKUT TEGANGAN (VOLTAGE FOLLOWER)

Pembebanan dari suatu rangkaian terhadap input rangkaian lain bila tidak seimbang akan mempengaruhi kerja dari komponen bahkan rangkaianannya sendiri. Untuk mengatasi hal ini dapat digunakan suatu rangkaian pengikut tegangan (Voltage Follower) sebagai pengaman rangkaian tersebut. Rangkaian pengikut tegangan ini disebut juga sebagai rangkaian penguatan satu, penguat isolasi atau penyangga.

Tegangan input dihubungkan ke terminal input (+) dimana antara tegangan terminal input (+) dengan tegangan terminal (-) besar tegangannya sama, maka besar tegangan output  $E_0$  adalah :

$$E_0 = E_1$$



Gambar 2.15 Rangkaian pengikut tegangan<sup>19</sup>

Dari persamaan tersebut terlihat bahwa besar tegangan output sama besarnya dengan tegangan inputnya, maka dikatakan rangkaian ini merupakan pengikut tegangan. Sedangkan penguatan diperoleh :

$$A_{cl} = \frac{E_0}{E_1} = 1$$

#### II.7.4 PENGUAT DIFERENSIAL

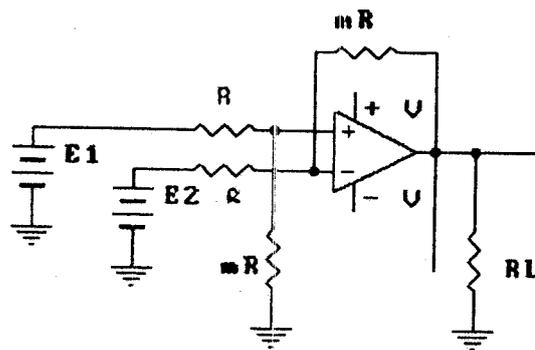
Penguat diferensial dapat mengukur maupun memperkuat isyarat-isyarat kecil yang terbenam dalam isyarat-isyarat yang jauh lebih besar. Penguat ini terbentuk dari empat tahanan presisi dan sebuah op-amp seperti tampak pada

<sup>19</sup>Ibid, hal 42

gambar 2.16.

Terminal masukan penguat ini ada dua, masukan bertanda (-) dan masukan (+), dihubungkan dengan terminal op-amp terdekat. Jika E1 diganti oleh sebuah hubungan singkat, E2 menghadapi penguat pembalik dengan gain sebesar -m. Karena itu, tegangan keluaran akibat E2 adalah -mE2. Misalkan E2 dihubungkan-singkatkan, E1 akan terbagi di antara R dan mR untuk menerapkan tegangan sebesar  $E1m/(1+m)$ , dikali gain penguat tak membalik itu, (1+m), yang memberikan mE1. Karena itu E1 diperkuat di keluarannya dengan pengali m menjadi mE1. Bila E1 dan E2 masing-masing ada di masukan (+) dan masukan (-), maka besarnya Eo adalah mE1-mE2, atau

$$E_o = mE_1 - mE_2 = m(E_1 - E_2)$$



Gambar 2.16 Penguat Diferensial Dasar<sup>20</sup>

<sup>20</sup>Ibid, hal 162

Persamaan di atas memperlihatkan bahwa tegangan keluaran dari penguat diferensial  $E_o$  sebanding dengan perbedaan tegangan yang diterapkan ke masukan (+) dan masukan (-). Pengali  $m$  disebut gain diferensial dan ditentukan oleh perbandingan tahanannya.

#### II.7.5. INSTRUMENTASI AMPLIFIER

Penguat diferensial memiliki dua kekurangan, yakni: resistansi masukannya kecil, dan gainnya sulit diubah, karena perbandingan tahanannya harus disesuaikan dengan cermat. Kekurangan yang pertama dapat dihilangkan dengan menyangga atau mengisolasi masukan-masukannya dengan pengikut tegangan. Hal ini dilakukan dengan menghubungkan dua op-amp sebagai pengikut-pengikut tegangan, seperti pada Gambar 2.17(a).

Keluaran dari op-amp A1 terhadap ground adalah  $e_2$ . Tegangan keluaran diferensial  $E_o$  ditimbulkan melintasi tahanan RL.  $E_o$  menyamai perbedaan antara  $E_1$  dan  $E_2$  ( $E_o = E_1 - E_2$ ). Keluaran dari penguat diferensial dasar dalam Gambar 2.17(a) adalah keluaran berujung tunggal, yaitu satu ujung RL dihubungkan ke ground, dan  $E_o$  diukur dari pasak keluaran op-amp ke ground. Penguat diferensial tersangga dari Gambar 2.17(a) merupakan satu keluaran diferensial, yaitu, tidak ada ujung RL yang dihubungkan ke ground, dan  $E_o$  hanya diukur melintasi RL saja.

Kekurangan kedua dari penguat diferensial dasar adalah gain yang tidak bisa disetel. Masalah ini ditiadakan dengan menambahkan tiga tahanan lagi ke penguat tersangga itu. Penguat masukan diferensial ke keluaran diferensial tersangga yang dihasilkan ini terlihat pada Gambar 2.17(b). Resistansi masukan yang tinggi dipertahankan oleh pengikut-pengikut tegangannya.

Karena tegangan masukan dari setiap op-amp besarnya 0 V, masing-masing tegangan di titik 1 dan titik 2 (terhadap ground) sama dengan  $E_1$  dan  $E_2$ . Karena itu tegangan yang melintasi tahanan  $aR$  adalah  $E_1 - E_2$ . Tahanan  $aR$  merupakan sebuah potensiometer yang digunakan untuk menyetel gainnya. Arus yang melalui  $aR$  adalah

$$I = (E_1 - E_2)/aR$$

Bila  $E_1$  lebih besar dari  $E_2$ , maka arah  $I$  adalah seperti terlihat pada Gambar 2.17(b).  $I$  mengalir melalui kedua tahanan yang bertanda  $R$ , dan tegangan yang melintasi tiga tahanan seluruhnya menentukan harga  $E_o$ . Dalam bentuk persamaan,

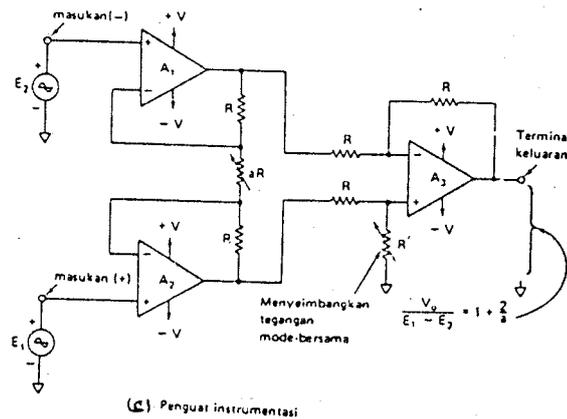
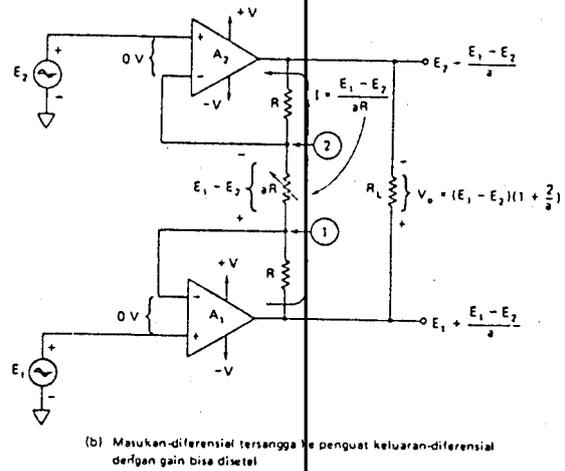
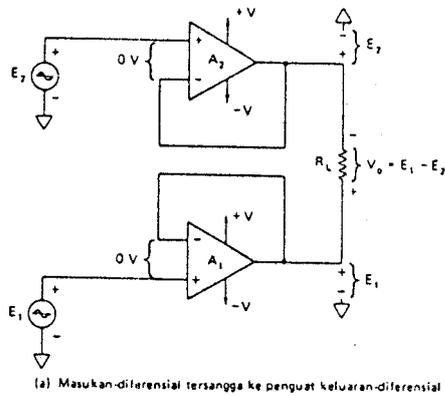
$$E_o = (E_1 - E_2) (1 + 2/a)$$

dimana

$$a = aR / R$$

Sekarang, untuk mengubah gain penguatannya, hanya tahanan tunggal  $aR$  saja yang harus disetel. Meski demikian masih ada satu kekurangan, yakni hanya dapat menggerakkan beban

mengambang saja, yang tidak mempunyai terminal yang dihubungkan ke ground. Untuk itu harus ditambahkan sebuah rangkaian yang mengubah tegangan masukan diferensial menjadi suatu tegangan keluaran berujung tunggal, yaitu rangkaian penguat diferensial dasar.



Gambar 2.17 Perbaiki penguat diferensial dasar hingga menjadi Penguat instrumentasi<sup>21</sup>

<sup>21</sup>Ibid, hal 168

Konfigurasi yang dihasilkan seperti pada Gambar 2.17(c) ini disebut Instrumentasi amplifier.

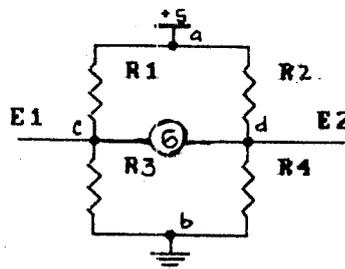
Ciri-ciri penguat instrumentasi dapat diringkas sebagai berikut:

1. Penguatan tegangan dapat diatur dan cukup tinggi.
2. Resistansi inputnya sangat tinggi dan tidak berubah jika penguatannya diubah.
3. Memiliki CMMR (Common Mode Rejection Ratio) atau penolakan terhadap ragam bersama yang besar.

Penguat instrumentasi terdapat juga dalam satu kemasan IC seperti ICL 7605,  $\mu A$  725, LH 0036 dan AD 521 seperti yang digunakan dalam perencanaan peralatan ini.

## II.8 RANGKAIAN JEMBATAN WHEATSTONE

Rangkaian jembatan wheatstone mempunyai empat resistor beserta sebuah sumber ggl dan sebuah detektor nol (galvanometer) seperti tampak pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18 Rangkaian Jembatan Wheatstone<sup>22</sup>

<sup>22</sup>William David Cooper, Ir. Sahat Pakpahan, Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran, edisi kedua, Erlangga, Jakarta, hal 148.

Arus yang mengalir melalui galvanometer tergantung kepada beda potensial antara titik c dan d. Jembatan setimbang bila harga beda potensial pada galvanometer menunjukkan nol (0) Volt, artinya tidak ada arus yang melalui galvanometer atau beda tegangan antara titik-titik tersebut.

Kondisi ini terjadi karena tegangan antara titik c dan a sama dengan tegangan antara titik d dan a, atau berdasarkan titik lain adalah tegangan antara titik c dan b sama dengan tegangan titik d dan b.

Jadi jembatan setimbang bila

$$I_1 R_1 = I_2 R_2$$

Jika arus galvanometer menunjukkan nol, kondisi berikut juga dipenuhi:

$$I_1 = I_3 = \frac{E}{R_1 + R_3}$$

$$I_2 = I_4 = \frac{E}{R_2 + R_4}$$

Dengan menggabungkan ketiga persamaan diatas, dapat disederhanakan menjadi:

$$\frac{R_1}{R_1 + R_3} = \frac{R_2}{R_2 + R_4}$$

atau

$$R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$$

pendekatan berturutan, banyak dipakai terutama untuk interfacing dengan PC.

### **Integrasi**

Pada jenis ini terjadi konversi tidak langsung, yang pertama sebagai fungsi waktu, kemudian konversi fungsi waktu ke digital dengan menggunakan sebuah pencacah.

### **Pencacah dan Servo**

Pada konverter jenis ini waktu konversinya tergantung dari perubahan tegangan input. Input analog dibandingkan dengan output DAC dengan input digital berasal dari pencacah.

### **Paralel**

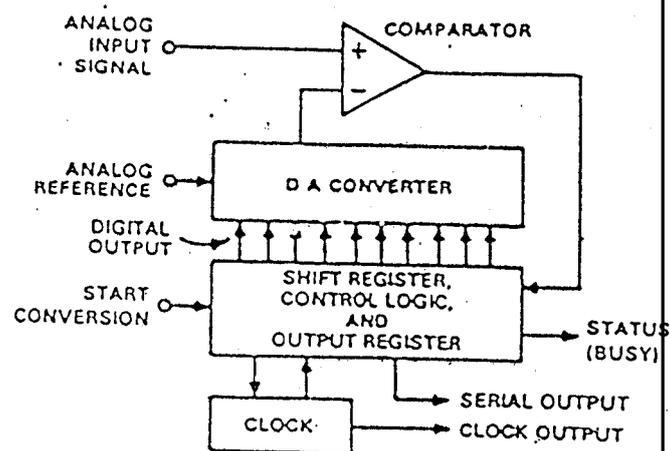
Konverter paralel atau flash menggunakan  $2^n - 1$  pembanding. Penggunaan konversi paralel memungkinkan kecepatan hanya dibatasi waktu switching komparator gate. Bila input berubah, kode output berubah segera sehingga konverter jenis ini merupakan yang tercepat. Namun jumlah elemen internal bertambah secara geometris dengan resolusi.

#### **II.9.1 ADC Successive Aproximation**

ADC Successive Aproximation memiliki kelebihan-

kelebihan antara lain mudah diinterfacekan dengan PC, waktu konversi yang tertentu, kecepatan konversi cukup tinggi dan memungkinkan untuk resolusi tinggi.

Cara kerja ADC ini adalah sebagai berikut. Konversi dilakukan dengan membandingkan input tak diketahui dengan sebuah tegangan atau arus presisi yang dibangkitkan oleh sebuah DAC, seperti pada gambar 2.19. Input DAC berasal dari output ADC. Perbandingan dilakukan bit demi bit mulai dari MSB. Hal utama yang perlu diperhatikan pada ADC ini adalah input konversi yang tidak boleh melebihi 1 LSB selama konversi. Untuk mengatasi hal itu, pada sinyal-sinyal input yang berubah cepat dipergunakan penguat sample and hold. Penguat ini tidak diperlukan pada sinyal-sinyal yang berubah lambat.

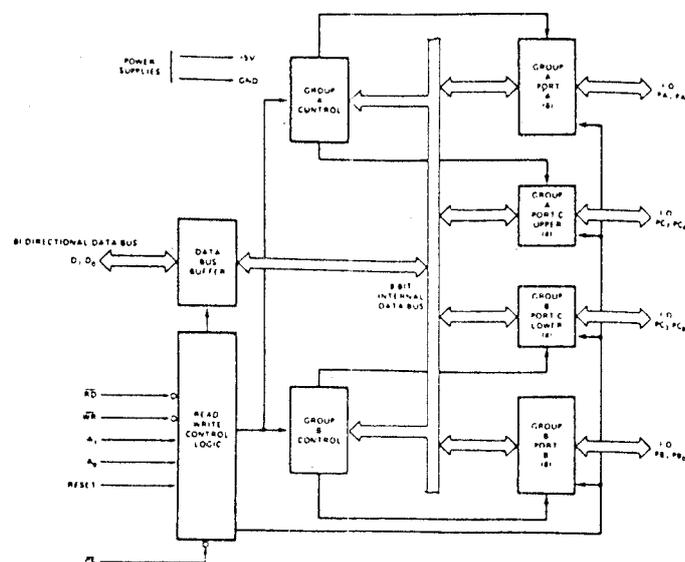


Gambar 2.21 Diagram Blok ADC Successive Aproximation

## II.10 PROGRAMMABLE PERIPHERAL INTERFACE 8255

PPI 8255 merupakan periperall interface yang dapat diprogram fungsinya. PPI ini dibagi menjadi dua group, grou A yang terdiri dari Port A (PA0-PA7) dan Port C upper (PC4-PC7); group B terdiri dari Port B (PB0-PB7) dan Port C lower (PC0-PC3). Internal Block diagram PPI 8255 dapat dilihat pada gambar 2.20.

PPI 8255 memiliki empat buah register yang bekerjanya ditentukan oleh kombinasi A) dan A1. Lokasi dan fungsi masing-masing register tercantum dalam tabel 2.5. Control Word Register berfungsi menentukan fungsi dari setiap port



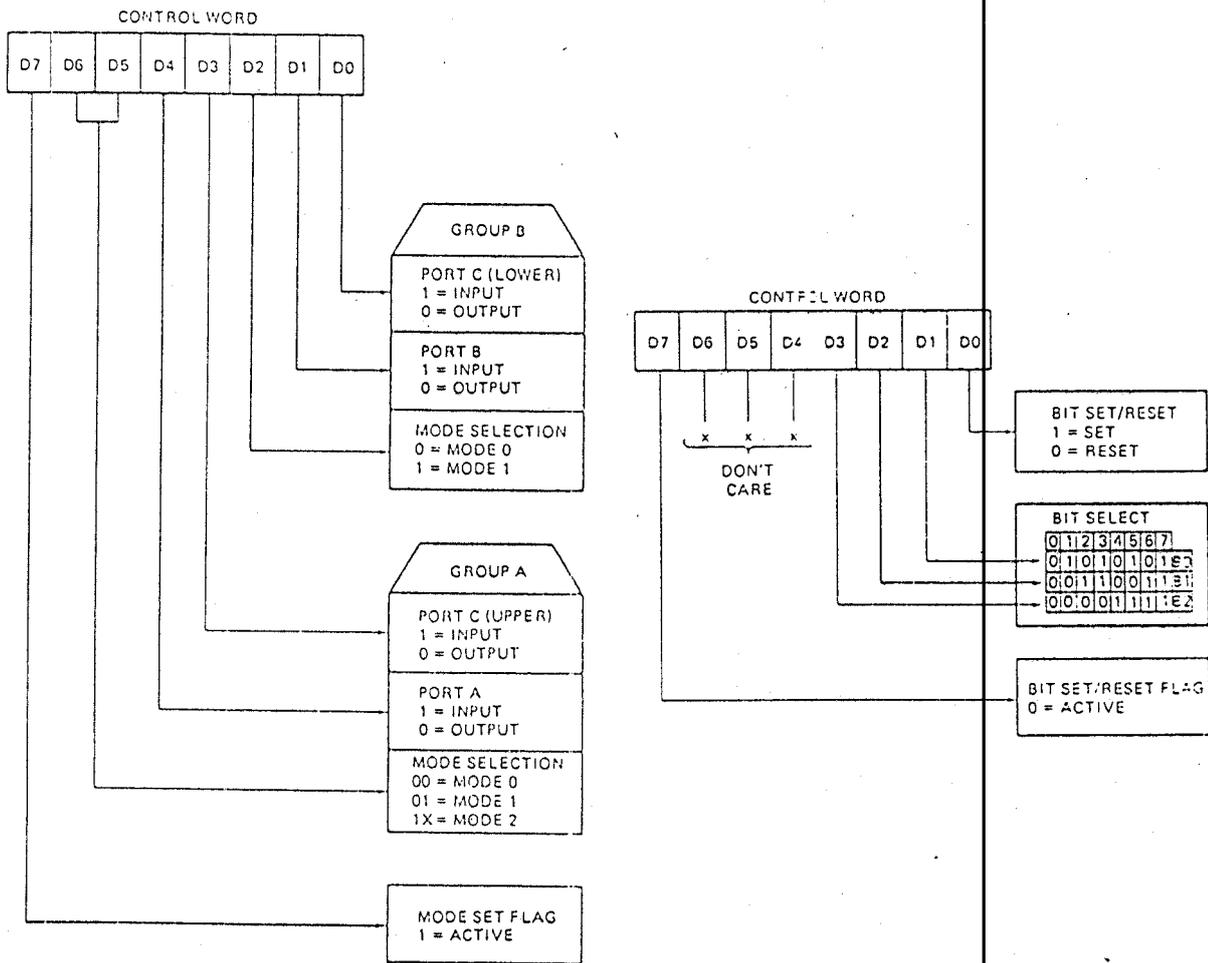
Gambar 2.20 Blok diagram internal PPI 8255<sup>23</sup>

<sup>23</sup>LC Eggebrecht, Op.Cit., hal 65

Tabel 2.5

Tabel kebenaran pada PPI 8255<sup>24</sup>

A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	$\overline{RD}$	$\overline{WR}$	$\overline{CS}$	
					Input operation (READ)
0	0	0	1	0	Port A → data bus
0	1	0	1	0	Port B → data bus
1	0	0	1	0	Port C → data bus
					Output operation (WRITE)



Gambar 2.21 Format Control Word PPI 8255<sup>25</sup>

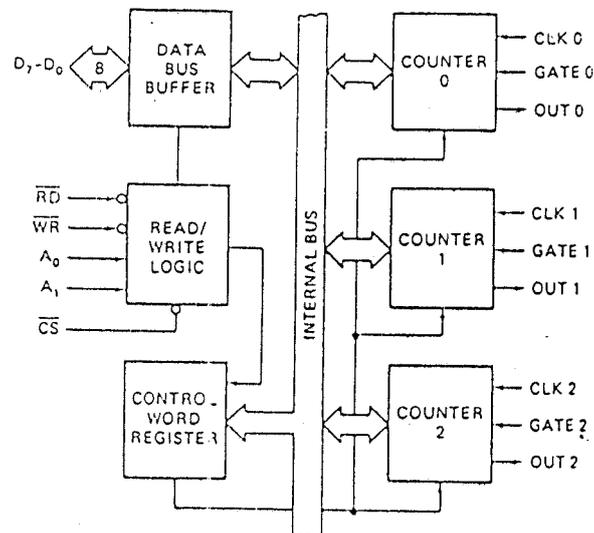
<sup>24</sup>John Uffenbeck, The 8086/8088 Family: design, Programming and interfacing, Prentice-Hall Inc., USA, 1987, hal 415

<sup>25</sup>DV Hall, Op.Cit., hal 370

dan menentukan mode yang digunakan. 8255 mempunyai tiga mode yang dapat dioperasikan, yaitu mode 0 ; basic input/output, mode 1 ; strobed input/output, dan mode 2 ; bidirectional bus. Format dari controller word dapat dilihat pada gambar 2.21.

## II.11 PROGRAMMABLE INTERVAL TIMER 8253

Programmable Interval Timer (PIT) 8253 merupakan suatu alat yang dapat digunakan untuk menghasilkan clock sesuai dengan yang diinginkan selama waktu tertentu. PIT ini dikontrol melalui program. Gambar 2.22 menunjukkan internal blok PIT 8253.



Gambar 2.22 Internal blok diagram PIT 8253<sup>26</sup>

<sup>26</sup>DV Hall, Op.Cit., hal 250

Tabel 2.6  
Format control word PIT 8253<sup>27</sup>

A0	A1	SELECT
0	0	COUNTER 0
0	1	COUNTER 1
1	0	COUNTER 2
1	1	CONTROL WORD REGISTER

D <sub>7</sub>	D <sub>6</sub>	D <sub>5</sub>	D <sub>4</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>0</sub>
SC1	SC0	RW1	RW0	M2	M1	M0	BCD

SC - SELECT COUNTER:

SC1	SC0	
0	0	SELECT COUNTER 0
0	1	SELECT COUNTER 1
1	0	SELECT COUNTER 2
1	1	READ-BACK COMMAND (SEE READ OPERATIONS)

RW - READ/WRITE:

RW1	RW0	
0	0	COUNTER LATCH COMMAND (SEE READ OPERATIONS)
0	1	READ/WRITE LEAST SIGNIFICANT BYTE ONLY.
1	0	READ/WRITE MOST SIGNIFICANT BYTE ONLY.
1	1	READ/WRITE LEAST SIGNIFICANT BYTE FIRST, THEN MOST SIGNIFICANT BYTE.

M - MODE:

M2	M1	M0	
0	0	0	MODE 0 - INTERRUPT ON TERMINAL COUNT
0	0	1	MODE 1 - HARDWARE ONE-SHOT
X	1	0	MODE 2 - PULSE GENERATOR
X	1	1	MODE 3 - SQUARE WAVE GENERATOR
1	0	0	MODE 4 - SOFTWARE TRIGGERED STROBE
1	0	1	MODE 5 - HARDWARE TRIGGERED STROBE

BCD:

0	BINARY COUNTER 16-BITS
1	BINARY CODED DECIMAL (BCD) COUNTER (4 DECADES)

NOTE: DON'T CARE BITS (X) SHOULD BE 0 TO INSURE COMPATIBILITY WITH FUTURE INTEL PRODUCTS.

<sup>27</sup>Ibid, hal 241

Data bus 8 bit pada PIT ini dihubungkan dengan data bus dari mikroprosesor, juga pin-pin kontrolnya seperti RD\_ dan WR\_ sedangkan chip select dihubungkan dengan decoder sesuai dengan alamat yang diinginkan. PIT 8253 memiliki 4 address yang diatur melalui pin A0 dan A1.

PIT 8253 merupakan counter 16 bit dalam bentuk BCD ataupun angka biner yang merupakan penghitung mundur mulai dari angka tertinggi hingga 0h. Untuk mengawali pemrograman harus dikirimkan 8 bit control word pada alamat register control word. Control word berguna untuk menentukan mode, counter dan jenis kode yang dipilih. Format Control Word dapat dilihat pada gambar 2.23.

Terdapat enam mode kerja dari PIT 8253, namun yang dimanfaatkan dalam Tugas akhir ini hanya mode 1, yakni Programmable One Shot.

Pada mode ini output akan segera berubah low pada saat clock diikuti sinyal dari gate. Setelah harga dimasukkan ke dalam counter yang dipilih, output akan tetap low dan counter akan menghitung turun sesuai dengan input clock. Pengisian harga baru pada saat counter menghitung tidak mempengaruhi selang waktu one shot yang lama sampai mendapat pulsa trigger lagi. Bila gate diberi harga low, counter akan direset ke harga awal lagi.

## **BAB III**

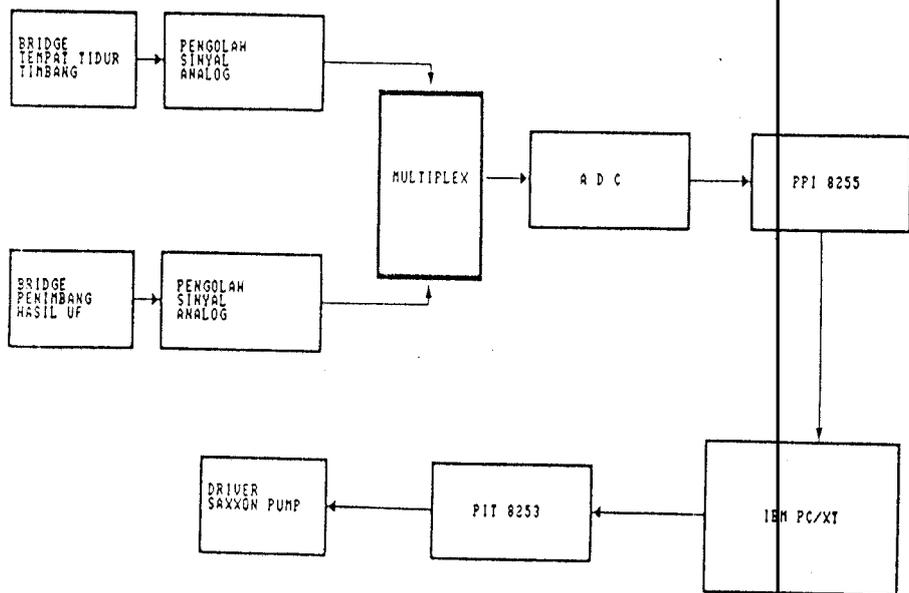
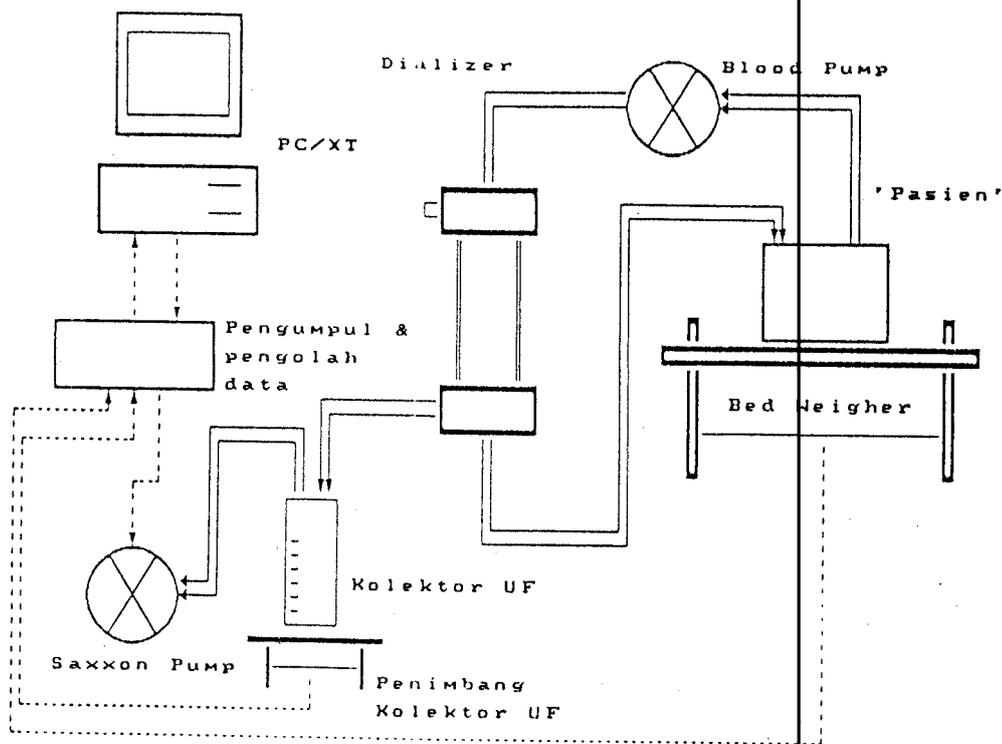
### **PERENCANAAN HARDWARE DAN SOFTWARE**

Dalam tugas akhir ini direncanakan pemantau berat badan dalam ukuran yang diperkecil, yang diimplementasikan untuk mengontrol kecepatan putar motor induksi 1 phasa yang difungsikan sebagai mesin Saxxon (pompa hisap). Daya hisap yang menentukan laju ultrafiltrasi dalam model proses ultrafiltrasi ini ditentukan oleh perhitungan berat badan berlebih di hubungkan dengan waktu proses yang telah ditentukan.

Pada prinsipnya sistem model dan hardware yang dikerjakan dapat dinyatakan dalam blok diagram yang dinyatakan dalam Gambar 3.1.

#### **III.1 PERENCANAAN HARDWARE**

Sistem yang direncanakan meliputi modul elektronik pengambil, pengolah dan pemanfaat data serta modul driver motor pompa darah (Blood pump). Selain itu direncanakan dan disiapkan juga modul mekanik yang meliputi modul tempat tidur pemantau berat badan (Bed Weigher), modul pemantau hasil Ultrafiltrasi pada tempat penampung hasil UF, modul pompa darah, dializer dan saluran-saluran aliran darah dan cairan terhisap.



Gambar 3.1 Blok model sistem Ultrafiltrasi dan modul elektronik pemantau perubahan berat pasien.

### III.1.1 MODEL PROSES ULTRAFILTRASI

Model proses Ultrafiltrasi melibatkan sejumlah peralatan yang ditunjukkan pada gambar 3.1 di depan. Aliran 'darah' terjadi pada saat pompa darah mulai diputar, yang kecepataannya diatur dengan pengaturan kecepatan putar motor DC untuk mendapatkan flow/kecepatan alir tertentu, antara 250 - 500 ml/menit. Dalam model Ultrafiltrasi ini digunakan saluran darah (Blood line) yang sesungguhnya dengan Dializer Kapiler Baxter - Model CF12.

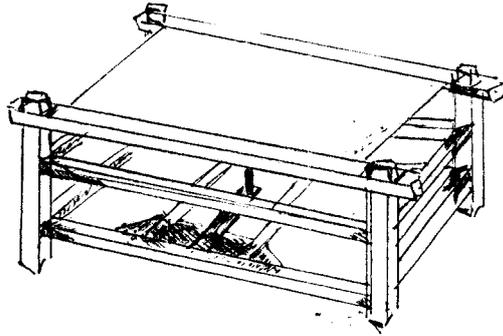
Setelah cairan 'darah' memenuhi kompartemen darah dari dializer dan berputar kembali ke 'tubuh pasien', proses Ultrafiltrasi dapat mulai dijalankan dengan terlebih dahulu menghitung flow 'darah' yang dikehendaki untuk mengatur kekuatan hisap/kecepatan putar motor induksi yang digunakan. Untuk kepentingan model ini digunakan pompa hisap yang digerakkan motor induksi 1 phasa berkekuatan hisap maksimum 550 mmHg, tidak jauh dari proses sesungguhnya yang melibatkan mesin Saxxon berkekuatan maksimal 700 mmHg. Kekuatan hisap yang diterapkan ditentukan dari hasil percobaan yang menghubungkan pengaturan kecepatan motor induksi secara Modulasi Lebar Pulsa dengan banyaknya cairan terhisap selama waktu tertentu.

Cairan yang terhisap 'dijatuhkan' pada suatu penampung yang tertutup rapat yang memiliki dua saluran keluar. Saluran input dihubungkan dengan salah satu lubang dializer pada kompartemen dialisat sementara lobang lain kompartemen dialisat pada dializer ditutup rapat. Saluran output dihubungkan dengan pompa hisap yang merupakan pompa udara dengan motor induksi sebagai penggerakannya.

### III.1.2 MODUL MEKANIK PEMANTAU BERAT BADAN

Mekanik pemantau berat badan yang direncanakan berupa model tempat tidur pasien dengan modifikasi sedemikian rupa sehingga gaya berat pasien menumpu pada satu titik saja, dimana akan dilakukan pengukuran. Hal ini dilakukan mengingat cukup mahal nya sensor berat dan instrumentasi amplifier yang digunakan, sehingga secara ekonomis lebih ringan untuk mendisain mekanik pemusat gaya daripada melakukan pengukuran pada keempat kaki tempat tidur pasien model biasa dengan beda akurasi yang tidak seberapa besar. Mekanik pemantau berat badan yang direncanakan ditunjukkan dalam gambar 3.2.

Agar gaya beban dapat terukur dan memusat dengan valid, konstruksi penyangga dibuat untuk memungkinkan gerak vertikal secara bebas dari 'tempat tidur atas'. Untuk itu pada penyangga dipasang rel untuk jalan gerakan bearing/roda.

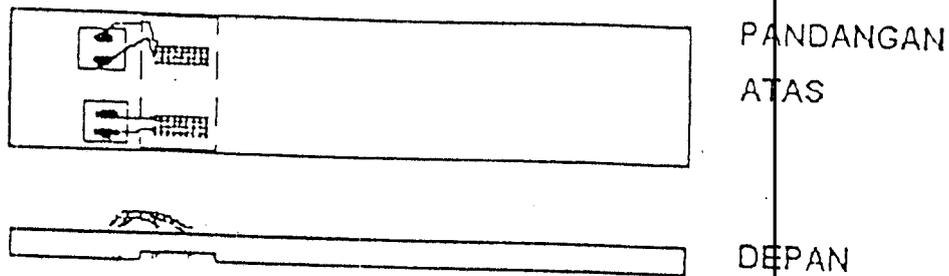


Gambar 3.2 Mekanik tempat tidur pemantau berat

Bearing/roda dipasang pada mekanik 'tempat tidur atas'. Gesekan yang terjadi dibuat sekecil mungkin dengan memberi minyak pelumas, sehingga bisa diasumsikan tidak mempengaruhi kevalidan pengukuran dari penumpang di tengah konstruksi. Gesekan kecil yang tetap ada tidak menjadi masalah karena koefisien gesekannya tetap sehingga kemudian hanya muncul berupa konstanta pengurang/penambah gaya pada perhitungan regangan pegas yang linier. Mekanik penimbang hasil Ultrafiltrasi dibuat dalam konsep yang sama pula.

### III.1.3 SENSOR BERAT BADAN

Modul sensor adalah bagian yang mengubah besaran gaya menjadi besaran listrik. Gambar 3.3 menunjukkan gambar modul sensor yang digunakan.



Gambar 3.3 Modul Sensor Pengukur berat

Modul sensor terdiri dari plat pegas daun mobil Daihatsu, dengan pertimbangan keuletannya yang tinggi sehingga memiliki daerah plastis yang panjang. Salah satu ujung pelat pegas daun ditahan pada salah satu sisi konstruksi dengan pengunci agar tidak bergeser secara horisontal maupun vertikal saat digunakan.

Untuk mengubah gaya berat yang diberikan menjadi tegangan listrik digunakan dua buah strain gage produksi OMEGA dengan gage faktor = 2.0 dengan maksimum strain 3% atau 30.000 mikrostrain yang disusun membentuk jembatan Wheatstone dengan dua resistor 120 Ohm.

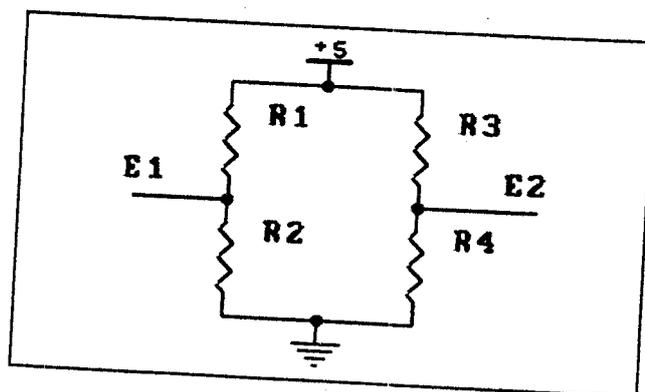
Untuk mendapatkan sinyal yang diakibatkan gaya berat pasien, maka pada pelat pegas, strain gage diletakkan pada sisi permukaan atas dua buah untuk mengukur regangan yang terjadi bila mendapat perubahan beban. Pelat pegas tersebut masih harus ditipiskan pada bagian yang akan diukur untuk memperbesar sinyal yang dihasilkan / memperbesar sensitifitasnya.

### III.1.4 MODUL PENGOLAH SINYAL ANALOG

Pengolah sinyal analog akan mengolah tegangan output dari suatu transduser sebelum diumpankan ke ADC. Pada bagian ini sinyal input dari transduser akan diperkuat, baik arus maupun tegangan, dan dilakukan penambahan tegangan offset agar sesuai dengan jangkauan tegangan input ADC. Selain itu juga dilakukan pemfilteran untuk menghilangkan noise, dan dilengkapi dengan rangkaian proteksi untuk mencegah kerusakan ADC akibat terlampauinya batas tegangan yang diijinkan.

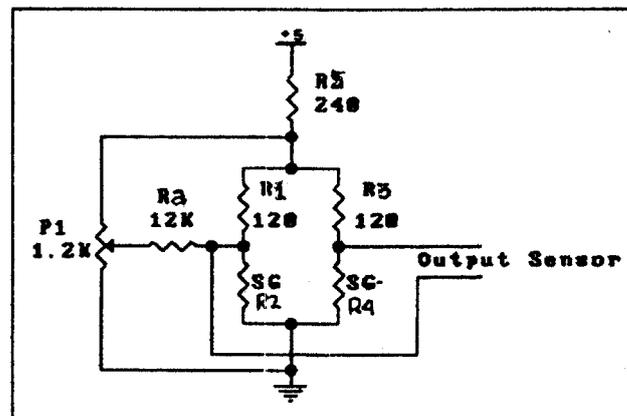
#### III.1.4.1 RANGKAIAN JEMBATAN WHEATSTONE

Rangkaian jembatan wheatstone digunakan untuk mendapatkan selisih tegangan yang dihasilkan akibat adanya gaya. Rangkaian jembatan tersebut dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Rangkaian jembatan Wheatstone

Dari data strain gage disebutkan toleransi resistansi strain gage sebesar 0.5 % dari resistansi sebesar 120 Ohm. Oleh sebab itu agar rangkaian jembatan Wheatstone benar-benar setimbang, atau tanpa beda tegangan saat gaya yang diberikan pada sensor adalah nol, maka diperlukan rangkaian penyetimbang seperti pada gambar 3.5.



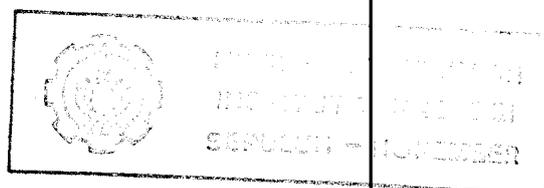
Gambar 3.5 Rangkaian jembatan Wheatstone dengan penyetimbang

Dengan toleransi sebesar 0.5 % maka resistansi strain gage maksimum adalah 120,6 Ohm dan resistansi strain gage minimum 119,4 Ohm. Dengan data tersebut didapat:

$$E1_{maks} = \frac{R4_{maks}}{R4_{maks} + R3_{min}} \cdot VCC = \frac{120,6}{120,6 + 119,4} \cdot 5 \text{ Volt}$$

$$= 2,5125 \text{ Volt}$$

$$E1_{min} = \frac{R4_{min}}{R4_{min} + R3_{maks}} \cdot VCC = \frac{119,4}{120,6 + 119,4} \cdot 5 \text{ Volt}$$



$$= 2,4875 \text{ Volt}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka  $E_2$  harus dapat diatur dari 2,5125 Volt sampai 2,4875 pada saat tidak mendapat gaya. Untuk menentukan harga  $R_a$ , maka  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  dan  $R_4$  dianggap ideal 120 Ohm.

Pada saat  $V_r$  diset maksimum:

$$\frac{E_2 - E_{cc}}{R_a} + \frac{E_2 - E_{cc}}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} = 0$$

dimana  $R_1 = R_2 = 120 \text{ Ohm}$ , dan  $E_{2\text{maks}} = E_{\text{maks}} = 2,5125$  maka:  $R_a = 11,9 \text{ KOhm}$ , diambil harga yang ada di pasaran 12 KOhm sedangkan  $V_r$  diambil  $1/10 R_a = 1,2 \text{ KOhm}$ .

#### III.1.4.2 PENGUAT INSTRUMENTASI

Sinyal yang dihasilkan oleh jembatan wheatstone saat diberikan gaya pada sensor masih terlalu kecil untuk dapat dibaca oleh ADC. Oleh karena itu masih harus dikuatkan dengan penguat instrumentasi. Rangkaian instrumentasi yang digunakan pada tugas akhir ini adalah Precision Instrumentasi Amplifier AD521JD, dengan pertimbangan kepresisian tinggi dan noise yang kecil.

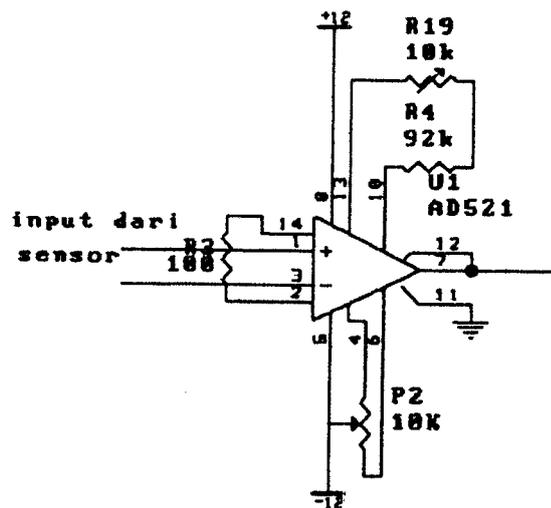
Penguatan dari Instrumentasi Amplifier ini dapat diatur mulai dari 0 - 1000 kali. Besarnya dapat dihitung dengan rumus:

$$\frac{E_{out}}{E_{in}} = \frac{R_s}{R_g}$$

Gain dapat diatur dengan mengubah nilai  $R_g$ . Berikut ini adalah tabel besarnya gain dan nilai  $R_g$  serta gambar Hubungan Operasional AD521.

Tabel 3.1 Pengaturan Gain AD521 dengan nilai  $R_g$

Gain	$R_g$
0.1	1 M $\Omega$
1	100 K $\Omega$
10	10 K $\Omega$
100	1 K $\Omega$
1000	100 $\Omega$

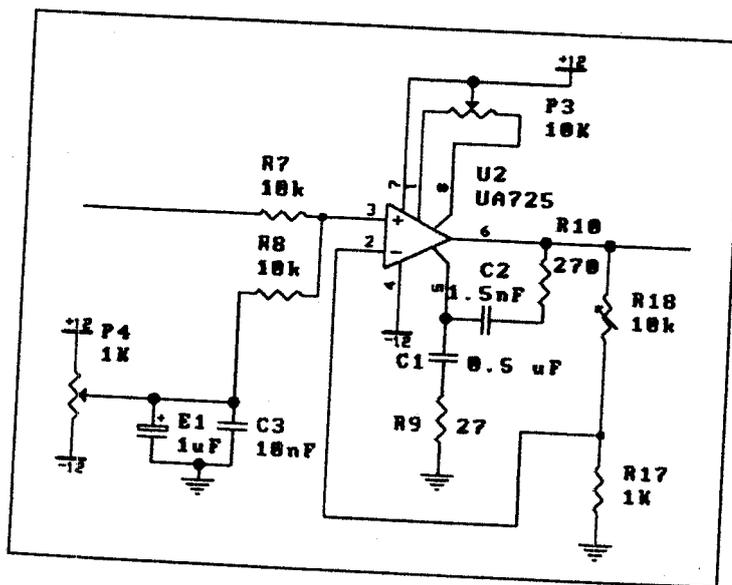


Gambar 3.6 Hubungan operasional AD521

Output dari transduser diperkirakan maksimum 5 mv, sedangkan kemampuan penerimaan input ADC 574 direncanakan sampai range 10 Volt. Untuk itu penguatan pertama ini dibuat 1000 kali. Dipilih  $R_g = 100 \text{ Ohm}$  dan diatur  $R_s$  untuk mendapatkan penguatan maksimal 1000 ini.

### III.1.4.3 PENAMBAH TEGANGAN OFFSET

Rangkaian penambah tegangan offset diperlukan karena akan diambil range tegangan  $\pm 5 \text{ Volt}$ , sesuai kemampuan Multiplexer dan ADC yang digunakan. Dasar dari rangkaian ini adalah rangkaian non inverting adder. Tahanan umpan balik pada adder ini dibuat variabel sehingga rangkaian dapat diatur penguatannya. Penguatan maksimum rangkaian ini untuk kedua input adalah:



Gambar 3.7 Penambah Tegangan Offset

$$A = 1/2 [ 1 + VR18/R17 ]$$

Dengan nilai komponen yang ada diperoleh penguatan maksimum 5 dan minimum 1.

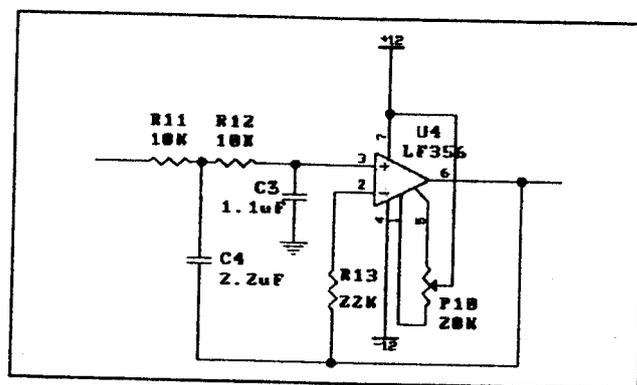
#### III.1.4.4 FILTER LOW PASS

Sebuah filter low pass diperlukan untuk menghilangkan noise yang umumnya terjadi pada frekuensi tinggi. Noise ini dapat berasal dari komponen, saluran, transduser, ataupun dari interferensi. Selain itu filter ini dapat menghilangkan spike-spike yang mengganggu sinyal.

Filter Low Pass didisain mempunyai frekuensi cut-off 10 Hz. Dipilih  $R11 = R12 = 10 \text{ KOhm}$  dan dapat dihitung nilai  $C3$  sebagai berikut:

$$C3 = \frac{0,707}{2 \text{ fc } R11} = 1125\text{nF}$$

Dan  $C4 = 2 * C3 = 2250 \text{ nF}$ . Nilai kapasitor terdekat yang ada dipasaran adalah  $1.1 \mu\text{F}$  untuk  $C3$  dan  $2.2\mu\text{F}$  untuk  $C4$ .

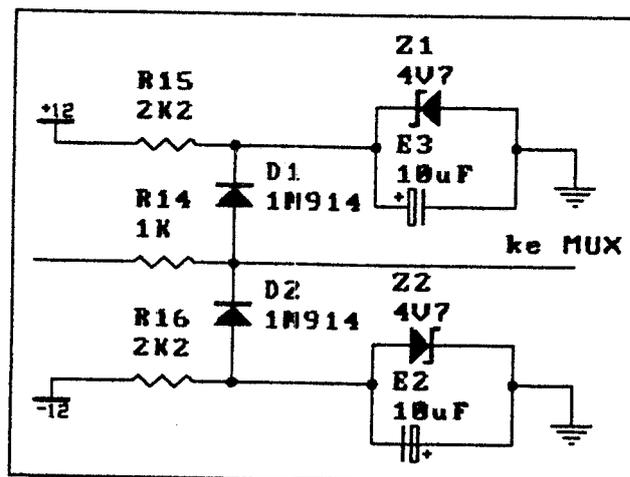


Gambar 3.8 Rangkaian Low Pas Filter 40 dB

### III.1.4.5 RANGKAIAN PROTEKSI

Rangkaian proteksi ditempatkan pada bagian terakhir untuk melindungi card ADC terhadap tegangan berlebih. Card ADC yang direncanakan mempunyai daerah tegangan input  $\pm 5$  Volt sedangkan output pengolah sinyal analog dapat mempunyai tegangan diluar range tersebut.

Rangkaian proteksi bekerja bila tegangan pada titik-titik pertemuan D1 dan D2 melebihi 5,4 Volt, yaitu penjumlahan tegangan forward diode 1N914 sebesar 0,7 Volt dan tegangan kerja zener diode 4,7 Volt. Tahanan R15 dan R16 berfungsi memberikan bias arus 3,32 mA bagi D1 dan D2 agar bekerja normal. Pembatas tegangan negatif berlaku dengan model kerja yang sama. Tahanan pembatas arus sebesar 1 KOhm akan mengamankan output tahap sebelumnya bila tegangan melebihi batas.



Gambar 3.9 Rangkaian Proteksi

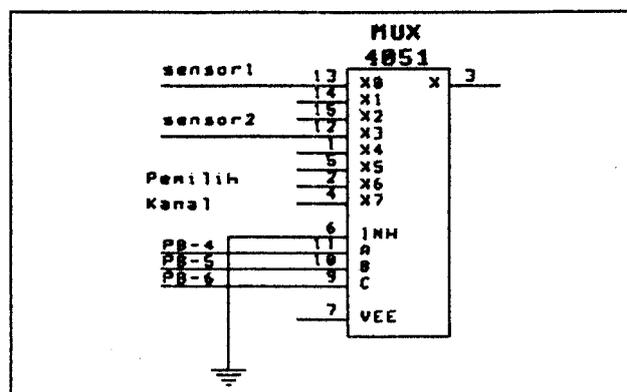
### III.1.5 MODUL KONVERSI ANALOG KE DIGITAL

Modul ADC (Analog to Digital Converter) yang digunakan pada tugas akhir ini terdiri dari Multiplexer analog 4051, penguat sample and hold menggunakan IC LF398, ADC 12 bit AD574, rangkaian dekoder alamat dan rangkaian timing ADC.

#### III.1.5.1 MULTIPLEXER ANALOG

Rangkaian multiplexer analog berfungsi untuk memilih sinyal input yang akan dikonversikan pada suatu saat. IC CMOS 4051 yang digunakan pada modul ini menggunakan sistem time division multiplexing dimana dalam satu saat hanya satu input yang aktif.

Dari kedelapan input yang tersedia akan dimanfaatkan dua input, pada range pengukuran  $\pm 5$  Volt, sehingga tegangan catu positif Vdd dihubungkan dengan tegangan + 5 Volt dan tegangan negatif Vee dihubungkan dengan - 5 Volt.

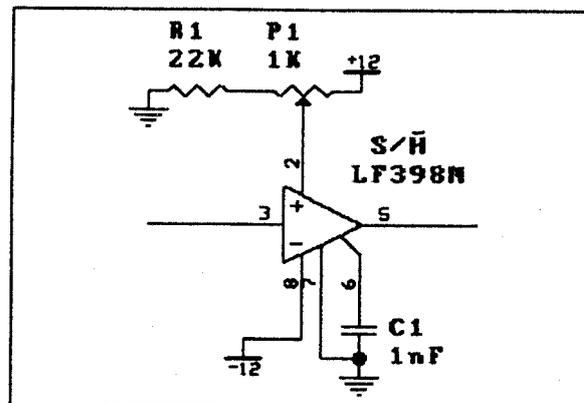


Gambar 3.10 Multiplexer 4051

Input multiplexer ini dikontrol dengan menggunakan input PPI PB4 , PB5 dan PB6 yang dihubungkan pada pin A, B, dan C. Input X0 digunakan untuk masukan sinyal dari pengukur berat badan pasien, sedang input X3 dimanfaatkan untuk masukan sinyal dari pengukur berat hasil Ultrafiltrasi.

### III.1.5.2 PENGUAT SAMPLE AND HOLD

Rangkaian sample and hold seperti pada gambar 3.11 digunakan untuk mencegah perubahan input pada ADC AD 574 yang terlalu cepat yang dapat mengganggu konversi analog ke digital. Bila tegangan input kontrol tinggi, rangkaian akan berada pada mode sample, berfungsi seperti rangkaian buffer atau voltage follower biasa.



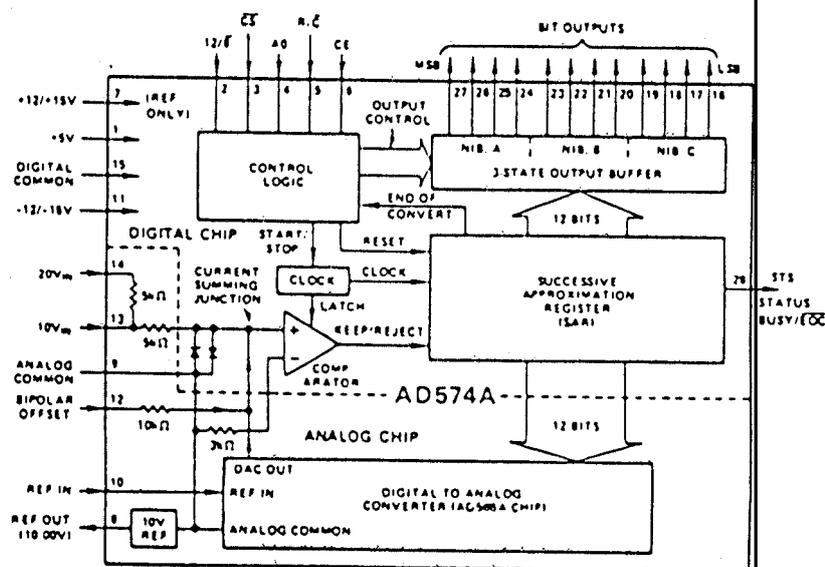
Gambar 3.11 Penguat Sample and Hold

Bila tegangan input kontrol rendah, rangkaian ada dalam mode hold dan akan mempertahankan tegangan yang telah ada

pada kapasitor. Selama hold ini tegangan output tidak berubah dari tegangan 1 LSB ADC.

### III.1.5.3 UNIT ADC, TIMING, DAN BUFFER DATA ADC

Unit ADC berbasis pada IC AD574. AD574 merupakan konverter analog ke digital 12 bit yang tidak memerlukan banyak komponen luar untuk mendapatkan fungsi konversi model successive-approximation secara lengkap. Diagram blok dari AD574 ditunjukkan pada gambar 3.12.

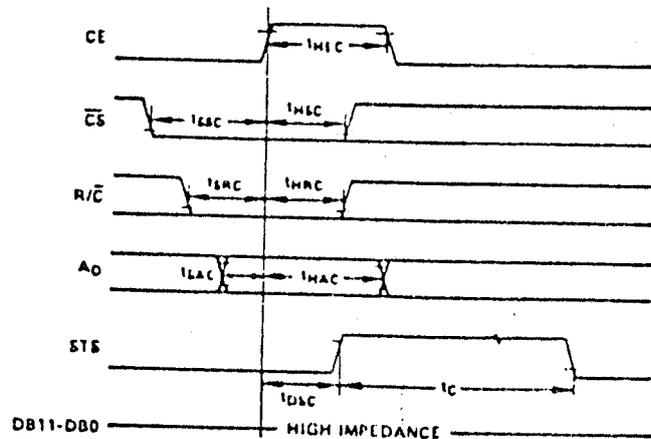


Gambar 3.12 Blok Diagram AD574

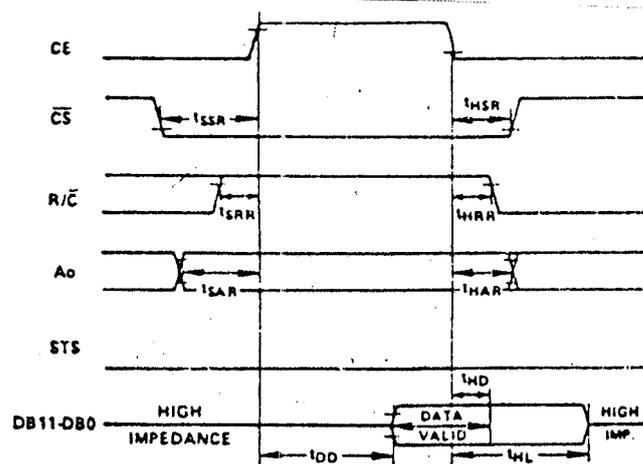
Perangkat ini sebenarnya tersusun dari dua buah chip, satu berisi DAC 12 bit yang presisi beserta tegangan

referensinya, yang lain berisi komparator, register successive-approximation (SAR), clock, buffer output dan rangkaian kontrol.

Model konversi dan baca dari chip ini dapat dilihat dari gambar 3.13 dan gambar 3.14.



Gambar 3.13 Diagram Waktu Konversi



Gambar 3.14 Diagram Waktu Baca

Sinyal kontrol CE, CS, dan R/C akan mengatur operasi dari konverter. Keadaan R/C = 1 saat CE dan CS keduanya bekerja berarti memerintahkan pada konverter untuk melakukan pembacaan data pada hasil konversi. Sedang untuk R/C = 0 berarti memberikan kesempatan pada konverter untuk melakukan konversi. Sebagai indikasi dari keadaan ini dilaporkan oleh output status STS. STS = 1 berarti proses konversi sedang terjadi, dan keadaan sebaliknya untuk STS = 0.

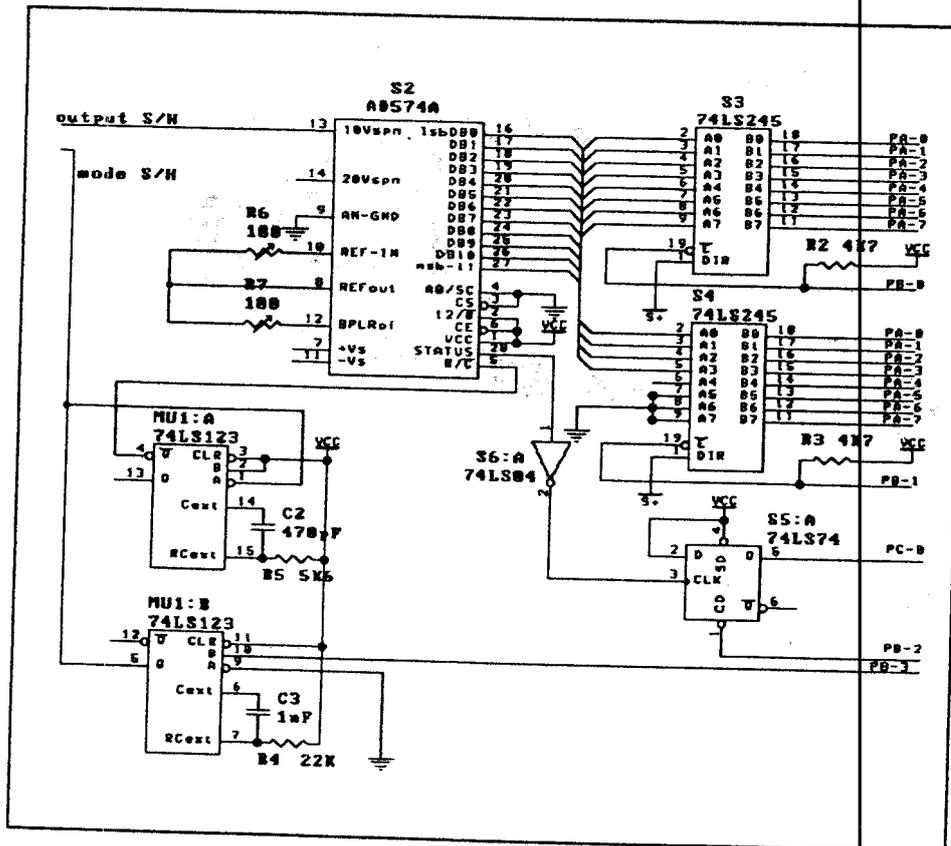
Dalam modul ini digunakan hubungan bipolar untuk menangani sinyal input  $-5 \frac{1}{4}$  +5 Volt. IC AD574 digunakan dalam mode operasi stand alone yang akan meminimumkan rangkaian logika pengontrol dan perangkat lunak. Dalam mode ini CE dan 12/8 dihubungkan ke + 5 V. CS dan A0 dihubungkan ke 0 Volt (rendah) dan konversi dikontrol oleh R/C.

Untuk membentuk pewaktuan mode operasi diatas, ditambahkan rangkaian timing yang berasal dari pembangkit sampling rate. Rangkaian ini pada dasarnya terdiri dari dua buah multivibrator monosatbil yang dikaskadekan. Multivibrator pertama memberikan lebar pulsa sekitar 10  $\mu$ s setelah sisi naik dari sinyal pembangkit sampling rate. Waktu ini digunakan oleh penguat sample and hold untuk

mengambil contoh sinyal analog. Akhir dari pulsa tersebut atau sisi turunnya digunakan untuk menggerakkan input multivibrator berikutnya, yang membangkitkan pulsa rendah sebesar 1,2  $\mu$ s untuk melakukan proses konversi pada ADC.

Pin A0 yang terhubung ke 0 Volt membuat ADC bekerja untuk konversi 12 bit. Pemberian tegangan +5 Volt pada pin 12/8 akan mengenable output paralel 12 bit. Agar output ADC ini dapat dibaca oleh data bus komputer 8 bit, ditambahkan dua buah latch 74LS245. Latch ini akan dibaca berurutan dengan pengaturan oleh PPI 8255 pada pin PB0 dan PB1.

Sisi turun output STS AD574 menunjukkan bahwa konversi telah selesai dan pada saat ini data yang valid telah tersedia pada output AD574. Dari STS sinyal akan dibalik oleh inverter logika 74LS04 untuk kemudian diumpankan pada sebuah D Flip-Flop 74LS74 yang akan membangkitkan sinyal untuk dibaca oleh PPI 8255 pin PC0 sebagai penanda konversi selesai dan data siap dibaca. Sinyal output Q dari D Flip-Flop ini akan tetap tinggi dan baru akan rendah bila sinyal Clear yang aktif rendah diberikan pada input C1. Pembangkitan sinyal C1 dilakukan lewat PPI 8255 pin PB2. Gambar 3.15 memperlihatkan ADC AD574 dan komponen pendukungnya.



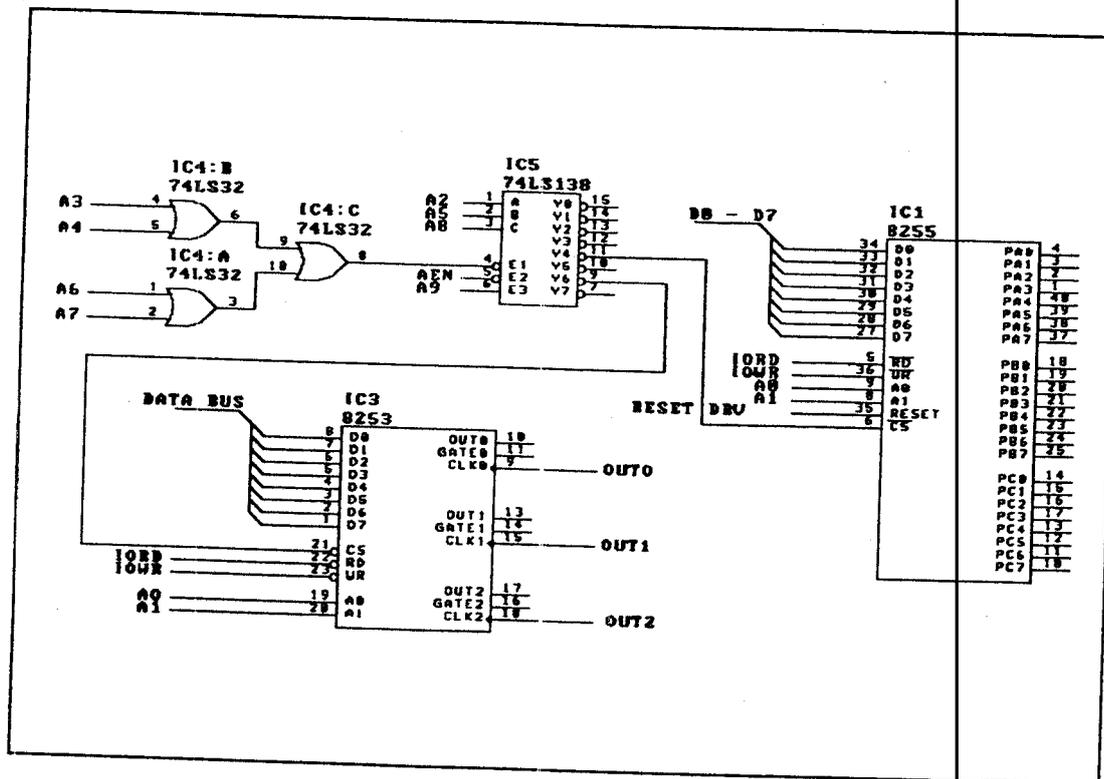
Gambar 3.15 ADC AD574 beserta komponen pendukung kerjanya

### III.1.6 MODUL INTERFACE PPI 8255 DAN PIT 8253

Pada pengerjaan Tugas Akhir ini digunakan sebuah PPI dengan address 300H - 304H dan 1 buah PIT 8253 yang menempati address 320H, 321H, 322H, dan 323H, yaitu pada lokasi yang kosong dari mapping I/O pada IBM PC/XT. Port A PPI 8255 difungsikan untuk mengambil input data dari ADC 574, kemudian Port B sebagai output akan mengontrol pembacaan data dari latch 74LS245 (PB0 dan PB1),

pembangkit sinyal Clear D Flip-Flop (PB2), pembangkit sinyal sampling untuk rangkaian timing (PB3) dan pengontrol input pada Multiplexer 4051 (PB4, PB5, PB6). Sedang Port C digunakan untuk menangkap isyarat selesainya konversi (PC0).

Sebuah counter pada PIT 8253 dimanfaatkan sebagai pemacu rangkaian pembangkit Modulasi Lebar Pulsa untuk mengontrol kecepatan putar motor induksi pada mesin Saxxon. Mode yang digunakan adalah mode 1, yaitu programable one-shot.



Gambar 3,16 Modul Interface PPI 8255 dan PIT 8253

### III.1.7 PENGATURAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI

Pengaturan putaran motor induksi bisa dicapai dengan beberapa cara. Pada tugas akhir ini dilakukan pengaturan tegangan jala-jala untuk mengatur putaran motor. Hal ini berdasarkan persamaan kopel motor induksi :

$$T = \frac{3}{\omega} (V_1)^2 \frac{S a^2 R_2}{(a^2 R_2)^2 + S^2 (a^2 X_2)^2}$$

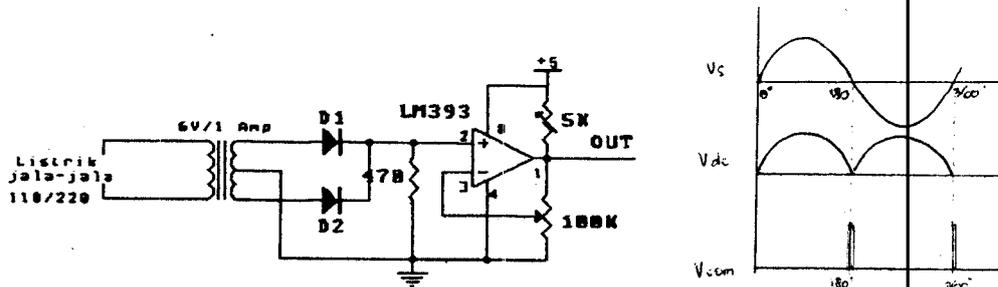
Dari persamaan di atas diketahui bahwa kopel sebanding dengan pangkat dua tegangan yang diberikan.

Penyalan mesin induksi dikontrol oleh PIT 8253 dan pensaklarannya dilakukan oleh triac. Untuk mengisolasi antara rangkain dc dan ac maka dipergunakan optotriac.

Agar sudut penyalan triac sesuai dengan fasa jala-jala listrik maka perlu adanya sinyal sinkronisasi. Sinyal sinkronisasi ini didapatkan dari transformator step down yang kemudian disearahkan oleh dioda dengan konfigurasi fullwave rectifier. Yang diambil adalah tegangan searah positif, yang kemudian diumpankan ke rangkaian zero crossing detector yang disusun oleh komparator LM 393 untuk mendapatkan pulsa trigger level TTL.

Sudut penyalan triac ditentukan oleh durasi one shoot yang dihasilkan oleh PIT 8253. Awal durasi adalah pada saat Gate mendapatkan pulsa trigger dari rangkaian sinkronisasi. Selain itu durasi one-shoot juga ditentukan

oleh sampling yang dilakukan oleh clock terhadap gelombang sinus jala-jala listrik.



Gambar 3.17 Rangkaian Sinkronisasi dan sinyal sinkronisasi

Pada rangkaian ini, setengah periode gelombang sinus tersebut dibagi sebanyak 0ffh(0-255), sehingga frekuensi clock yang harus dibangkitkan sebesar:

$$f_{\text{JALA-JALA}} = 50 \text{ Hz} \quad T_{\text{JALA-JALA}} = 20 \text{ mdet}$$

$$1/2 T_{\text{JALA-JALA}} = 10 \text{ detik}$$

$$T_{\text{CLOCK}} = (10/256) \text{ milidetik}$$

$$= 0.031 \text{ milidetik} = 39.1 \text{ pdeik}$$

$$f_{\text{CLOCK}} = (1/0.0391) \cdot 10^3 \text{ Hz}$$

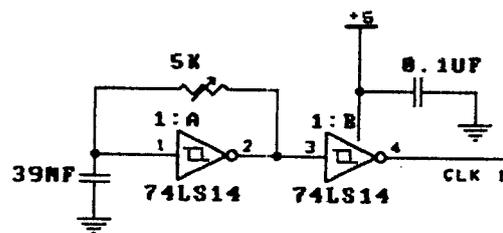
$$= 25.58 \text{ KHz}$$

Untuk membuat rangkaian clock dengan frekuensi seperti diatas maka dipilih kapasitor 39nF dan untuk resistornya dapat dicari dengan rumus:

$$f = \frac{1.4}{RC}$$

$$R = \frac{1.4}{fC} = \frac{1.4}{25,58 \cdot 10^3 \cdot 39 \cdot 10^{-9}} = 1403,34 \Omega$$

Agar clock tersebut lebih presisi maka resistor yang dipilih adalah resistor variabel jenis multiturn.

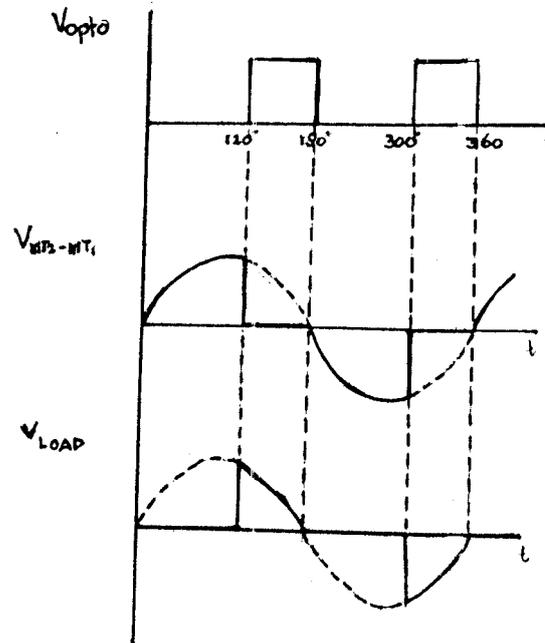


Gambar 3.18 Rangkaian Clock

Jenis optotriac yang digunakan untuk penyalaan triac yang dipergunakan disini adalah tipe MOC 3021. Penyalaan optotriac ini dilakukan oleh keluaran out dari PIT 8253. Untuk mengamankan LED yang ada dalam optotriac maka diberikan tahanan  $470 \Omega$ , karena LED tersebut memiliki  $I_{TRIGGER \max} = 15 \text{ mA}$ .

Siklus penyalaan optotriac tergantung dari software control yang dipakai. Optotriac ini aktif bila diberi sinyal high dari PIT 8253. Dari diagram siklus di atas dapat dilihat bahwa pada saat  $n = 0$  maka arus AC dari

jala-jala akan dialirkan secara penuh ke beban oleh triac, tetapi pada saat  $n = 255$  maka triac akan membloking arus AC tersebut.

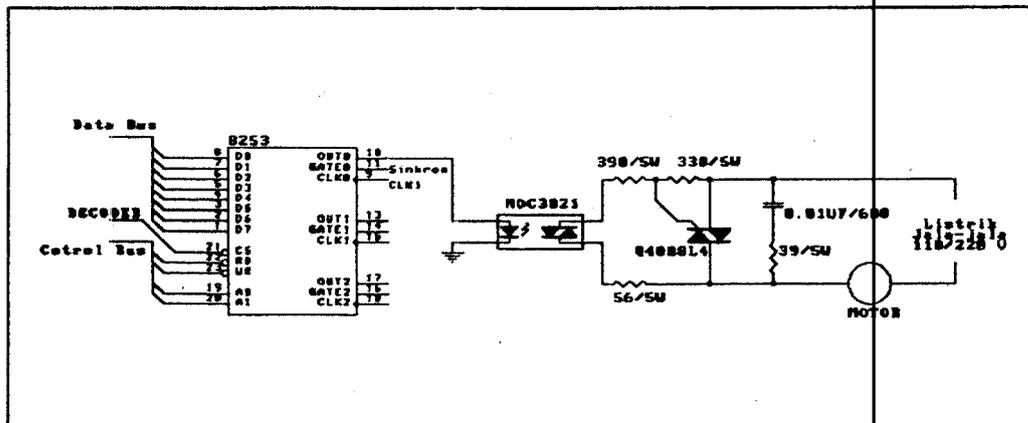


Gambar 3.19 Diagram siklus penyalan Optotriac dan Triac

Setelah optotriac ini aktif, maka mengalirilah arus trigger triac. Arus trigger triac ini juga cukup kecil, maka antara gate dan MT2 diberi resistor untuk memperkecil arus trigger triac tersebut.  $I_{\text{TRIGGER}}$  triac tersebut adalah 15 mA.

Selain itu triac tersebut diberi pengaman terhadap beban induktif, dengan menyusun resistor dan kapasitor seri antara MT1 dan MT2, untuk mengurangi pengaruh

perubahan tegangan yang melintasi triac ketika aliran arusnya dihambat.



Gambar 3.20 Rangkaian penggerak motor AC

### III.2. PERENCANAAN SOFTWARE

Software yang dibuat dalam tugas akhir ini pada prinsipnya mempunyai fungsi pokok, yaitu:

1. Menangani data pasien, untuk disimpan dan dipergunakan lagi dalam proses berikut atau untuk keperluan observasi medis.
2. Mengambil data hasil pengukuran dan melakukan perhitungan untuk menentukan proses selanjutnya.
3. Menampilkan hasil pengukuran baik berupa grafik maupun data pengukuran yang akan direkam dalam disket dan akan dicetak.

Pemrograman dibuat dalam bahasa Pascal 5.5 dimana dibuat modul-modul program secara terpisah terlebih dahulu, baru digabungkan dengan modul-modul itu berdiri sendiri dalam suatu file berekstension INC, sementara program utama disusun dalam UTAMA.PAS.

Fungsi fungsi yang menjadi menu pilihan yang terangkum dalam file-file berekstension INC secara umum dapat digambarkan sebagai berikut:

1. Program-program penanganan data pasien, terinci dalam modul-modul SETNEW.INC, SETOLD.INC dan DATAPAS.INC melayani pemasukan data pasien baru, pasien lama dengan memanfaatkan data proses sebelumnya, dan melihat/mencari file pasien lama.
2. Program pelaksanaan proses, dalam modul RANI.INC merupakan inti software yang mengatur proses model Ultrafiltrasi, dimulai dengan memberikan tampilan lembar Observasi sebagai mana layaknya di Rumah Sakit lengkap dengan data yang telah dimasukkan sebelumnya. Saat ini juga dilakukan pengukuran berat awal pasien, sekaligus perhitungan kelebihan berat dengan memanfaatkan data Berat Kering pasien. Setelah persiapan selesai, proses dimulai dengan memberi harga pwm tertentu pada pengaturan putaran motor mesin Saxxon, pengambilan waktu start dan lain-lain. Berikutnya setiap 1 menit sekali diambil data berat

dan diprogram ulang pwm sesuai perkembangan laju ultrafiltrasi yang diharapkan, sampai selesai proses karena tercapainya berat kering atau waktu habis.

3. Modul PRINTGR.INC dan PRINTOBS.INC akan melayani pencetakan hasil proses secara grafis maupun dalam bentuk laporan lembar Observasi.
4. Modul CALPSA.INC dan CALPWM.INC digunakan untuk mengkalibrasi peralatan dengan mengumpulkan data-data pengukuran secara terpisah.

Untuk menunjang efisiensi program juga dibuat unit - unit bantu, unit WINDOWKU untuk pembuatan tampilan Window dan unit APAKAH yang berisi procedure-procedure yang kerap digunakan pada sebagian program. Procedure yang terangkum dalam unit APAKAH antara lain procedure baca ADC, Konversi, Setting pwm, Hidden dan Rising cursor.

Selain itu dimanfaatkan juga unit-unit GKernel, GShell, GWindow, GDriver yang tersedia dalam Turbo Box Graphik sebagai alat bantu dalam pemrograman grafis.

## **BAB IV**

### **KALIBRASI DAN PENGUKURAN**

Untuk mengetahui hasil dari pembuatan alat ukur ini, dilakukan kalibrasi dan pengujian terhadap operasi rangkaian. Langkah-langkah yang ditempuh dapat disusun dalam bagian-bagian berikut ini.

#### **IV.1 KALIBRASI**

Sebelum peralatan digunakan untuk mendapatkan hasil yang dapat dipertanggungjawabkan, maka dilakukan kalibrasi alat terlebih dahulu. Bagian - bagian yang dikalibrasi adalah:

##### **1. Jembatan Wheatstone**

Untuk dua macam pengukuran maka terdapat duabwah jembatan Wheatstone yang masing-masing dilengkapi dengan penyeimbang jembatan. Kalibrasi atau penyeimbangan jembatan Wheatstone dilakukan dengan mengatur tahanan variabel yang ada sehingga output jembatan dalam keadaan tanpa beban adalah 0 mV.

##### **2. Modul Pengolah Sinyal Analog**

Dalam modul ini pertama kali dilakukan pengaturan offset nol pada penguat instrumentasi AD521 dengan cara memberi input 0 Volt pada kedua inputnya dan mengatur VR Offset yang sehingga outputnya 0 mV.

Pengaturan yang sama juga dilakukan terhadap unit penguat kedua yang menggunakan  $\mu A$  725 dan pada Low Pas Filter berinti LF 356.

Pengaturan penguatan pada penguat kedua kemudian dilakukan setelah mendapatkan data besar sinyal untuk beban maksimum pengukuran pada masing-masing sensor, untuk mendapatkan penguatan sesuai dengan kebutuhan. Langkah terakhir adalah pengaturan penambah tegangan offset untuk mengatur agar range pembacaan sesuai dengan perencanaan, yakni -5 sampai dengan +5 Volt.

### 3. Modul Analog to Digital Converter

Setting offset nol dilakukan pertama pada bagian sample and hold. Kemudian dilakukan setting terhadap ADC untuk mendapatkan ketelitian tinggi pada nilai LSB dan MSB-nya, dengan memberi nilai input -4.998 Volt dan kemudian + 4.998 Volt.

## IV.2 PENGUKURAN

Pengukuran atau pengambilan data dilakukan terdiri dari 4 bagian, yaitu:

1. Pengukuran output Sensor Berat
2. Pengukuran output Pengolah Sinyal Analog
3. Pengujian output Konverter Analog ke Digital
4. Pengukuran laju Ultrafiltrasi terhadap sinyal pwm pada pengaturan motor induksi mesin Saxxon.

#### IV.2.1 PENGUKURAN OUTPUT SENSOR BERAT

Tegangan keluaran dari sensor berat diukur dengan memberikan beban berat tertentu. Untuk keperluan demo model Ultrafiltrasi, maka sensor dibuat agar cukup sensitif untuk mendeteksi perubahan berat yang relatif kecil. Untuk itu pembuatan sensor mengacu pada berat terukur maksimal sekitar 5 Kg (pada model tempat tidur penimbang) dan 1 Kg (pada model penimbang hasil Ultrafiltrasi). Meskipun demikian sensor masih dapat mendeteksi berat yang lebih besar dengan beberapa penyesuaian pada offset dan penguatannya.

Test pembebanan dilakukan dengan memanfaatkan anak timbangan sebagai alat kalibrasi. Hasil Pengukuran dari sensor ini dapat dilihat pada tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

Tabel 4.1

Data Pengukuran Sensor Berat untuk Tempat Tidur Timbang

Berat ( Kilogram)	Tegangan output (mV)
0.000	0.242
0.500	0.617
1.000	0.887
1.500	1.337
2.000	1.690
2.500	2.067

3.000	2.277
3.500	2.782
4.000	3.020
4.500	3.285
5.000	3.627

Dari data tersebut, maka dapat dilihat kecenderungan persamaan yang dibentuk oleh data-data tersebut. Dari pengolahan data grafik dengan program MATH CAD dapat disimpulkan bahwa data-data tersebut dapat didekati dengan regresi linier, dengan rumus:

$$y = A + B x$$

dimana

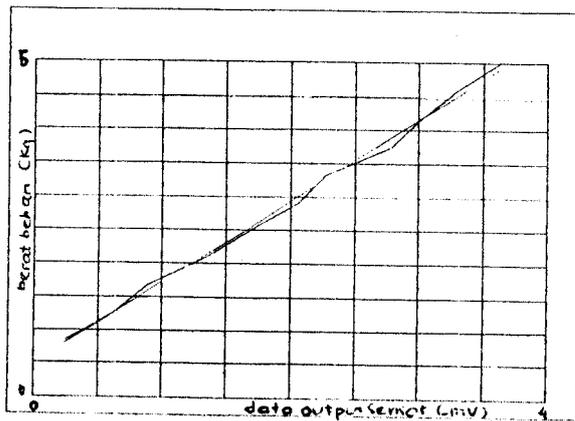
$$A = \frac{\sum Y \cdot \sum X^2 - \sum X \cdot \sum X \cdot Y}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$B = \frac{N \sum Y \cdot \sum X^2 - \sum X \cdot \sum Y}{N \sum X^2 - \sum X^2}$$

Dengan  $y$  = berat (dalam Kg) dan  $x$  = output sensor (dalam mV) didapat persamaan regresi linier:

$$y = - 0.404 + 1.463 * x$$

Hal ini berarti untuk tiap 1 mV kenaikan tegangan sensor ada perubahan berat sebesar 1.463 Kg atau sebaliknya ada perubahan tegangan 0.69 mV tiap kenaikan 1 Kg berat.



Gambar 4.1 Grafik data pengukuran dan regresi linier Sensor Berat untuk Tempat Tidur Timbang

Tabel 4.2

Data Pengukuran Sensor Berat untuk Penampung Hasil Ultrafiltrasi

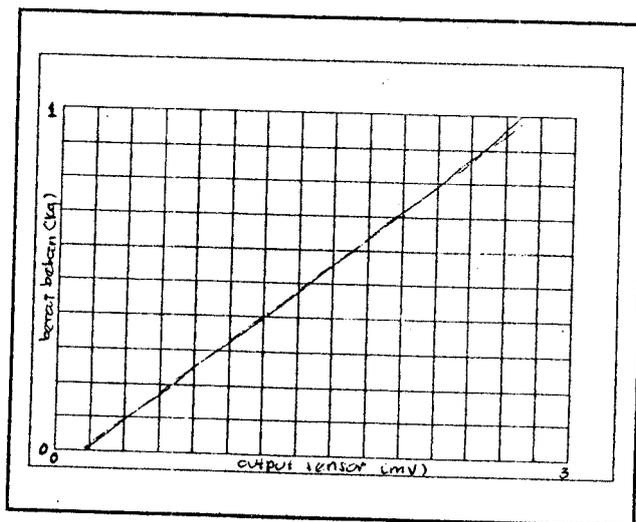
Berat (Kilogram)	Output Sensor (mV)
0.000	0.171
0.050	0.297
0.100	0.417
0.150	0.547
0.200	0.686
0.250	0.800
0.300	0.936
0.350	1.070
0.400	1.211
0.450	1.337
0.500	1.465
0.550	1.585
0.600	1.718

0.650	1.835
0.700	1.956
0.750	2.101
0.800	2.231
0.850	2.332
0.900	2.475
0.950	2.579
1.000	2.688

Dengan metode yang sama, didapatkan persamaan regresi linier

$$y = - 0.058 + 0.385 * x$$

Hal ini berarti untuk tiap 1 mV kenaikan data ada perubahan 0.385 Kg atau terjadi perubahan 2.6 mV untuk tiap kenaikan berat sebesar 1 Kg.



Gambar 4.2 Grafik data pengukuran dan regresi linier Sensor Berat untuk Pengukur hasil Ultrafiltrasi

#### IV.2.2 PENGUKURAN OUTPUT PENGOLAH SINYAL ANALOG

Setelah data pembacaan sensor diketahui, kemudian dilakukan pengaturan besar penguatan, dengan mempertimbangkan kemampuan baca ADC pada skala tegangan -5 Volt sampai dengan +5 Volt serta resolusi yang mencapai 10/4096 atau 2,4 Volt tiap bit perubahannya. Dari Pengaturan kedua penguat didapatkan hasil pengujian setelah dibaca lewat ADC sebagai berikut:

Tabel 4.3

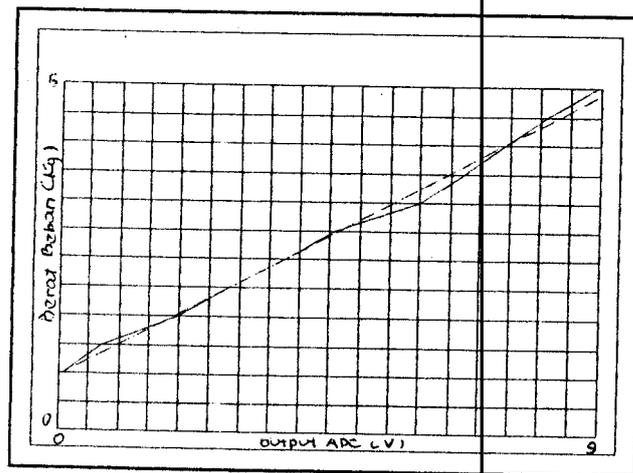
Data Pengukuran ADC untuk Tempat Tidur Timbang

Berat (Kilogram)	Hasil Penguatan (Volt)
0.000	0.068
0.500	0.732
1.000	1.970
1.500	2.839
2.000	3.761
2.500	4.562
3.000	6.000
3.500	6.729
4.000	7.421
4.500	8.099
5.000	8.943

Dari data tersebut, maka didapat regresi linier dari perubahan beban terhadap pengukuran output penguatan yaitu:

$$y = -0.038 + 0.546 * x$$

Hal ini berarti untuk tiap kenaikan 1 V data pengukuran ada kenaikan berat 0.546 Kg, atau ada perubahan sebesar 1.4 V untuk tiap perubahan berat 1 Kg.



Gambar 4.3 Grafik data pengukuran dan regresi linier hasil pembacaan ADC untuk Tempat Tidur Timbang

Tabel 4.4

Data Pengukuran Pengolah Sinyal Analog untuk Penampung Hasil Ultrafiltrasi

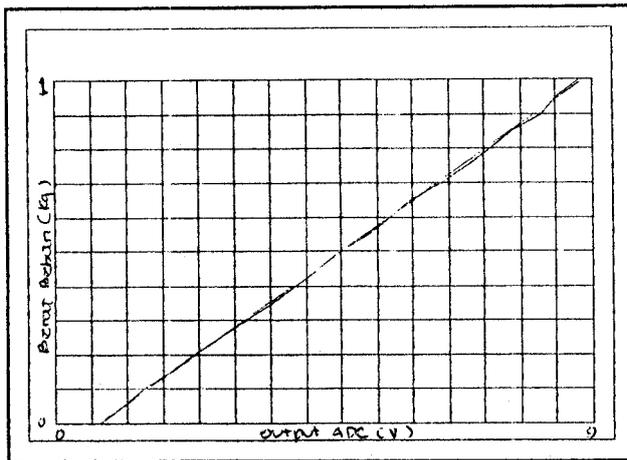
Berat (Kilogram)	Output ADC (V)
0.000	0.740
0.050	1.125
0.100	1.488
0.150	1.946

0.200	2.325
0.250	2.768
0.300	3.198
0.350	3.630
0.400	4.024
0.450	4.390
0.500	4.801
0.550	5.250
0.600	5.610
0.650	5.970
0.700	6.491
0.750	6.908
0.800	7.300
0.850	7.649
0.900	8.160
0.950	8.402
1.000	8.792

Dari data tersebut, maka didapat regresi linier dari pengukuran, yaitu:

$$y = -0.089 + 0.123 * x$$

Hal ini berarti untuk tiap perubahan 1 V data, ada perubahan berat sebesar 0.123 Kilogram, atau sebaliknya ada perubahan data pengukuran sebesar 8.1 V untuk tiap perubahan 1 Kg berat.



Gambar 4.4 Grafik data pengukuran dan regresi linier pembacaan ADC untuk Pengukur hasil Ultrafiltrasi

Terhadap hasil percobaan didapatkan bahwa sesungguhnya penguatan masih dapat ditingkatkan untuk lebih mendekatkan jangka hasil pengukuran yang sudah diperkuat dengan jangka kemampuan ADC untuk mengkonversi data. Hal ini akan meningkatkan sensitifitas, meski ada resiko membesarnya pula noise-noise yang tidak teredam oleh rangkaian filter yang ada.

#### IV.2.3 PENGUJIAN MODUL KONVERTER SINYAL ANALOG KE DIGITAL

Pengujian Modul dilaksanakan pertama kali terhadap komponen-komponen bantu yang ada, terhadap Multiplexser, rangkaian Sample and Hold, rangkaian timing dan buffer data. Setelah semuanya berjalan baik, baru diletakkan IC AD574 pada socket yang disediakan, dan dilakukan test untuk beberapa titik pengukuran.

Karena AD574 merupakan konverter 12 bit, maka data maksimumnya adalah 4096. Karenanya, untuk input maksimum 10 Volt, perubahan tegangan untuk setiap bitnya adalah  $10/4096 = 2,4$  mVolt. Jadi setiap kenaikan tegangan 2,4 mVolt pada input ADC, pada output ADC naik 1 bit.

Untuk mendapatkan nilai berat dalam gram berat, maka output ADC yang berupa level tegangan harus dikonversikan dengan mengalikan dengan konstanta pengali sesuai besarnya perubahan tegangan masing-masing sensor untuk perubahan setiap gram berat. Pengujian dilakukan kemudian dengan menerapkan secara langsung ADC untuk pembacaan data sample dari percobaan di atas dengan menampilkan tegangan output dari ADC dan hasil konversinya dalam gram berat.

#### IV.2.4 PENGUKURAN LAJU ULTRAFILTRASI TERHADAP SINYAL PWM

Pengukuran laju Ultrafiltrasi terhadap sinyal PWM (Pulse Width Modulation) dilakukan dalam model proses dengan melibatkan pengaturan putar motor pada besar pwm tertentu yang diinputkan. Karena proses biasanya diharapkan berjalan dalam tempo yang tak terlalu lama, maka hampir tidak pernah dilakukan Ultrafiltrasi dengan kekuatan yang lemah. Untuk itu pengukuran dilakukan pada sinyal pwm yang menghasilkan putaran motor tercepat, yang kemudian menghasilkan daya hisap terbesar, dalam hal ini diambil data untuk  $pwm = 1$  sampai  $pwm = 100$ .

Data yang didapat kemudian ditabulasikan untuk menentukan besarnya daya hisap pompa Saxxon, sesuai dengan parameter laju ultrafiltrasi yang didapat dengan pengukuran berat dan penentuan waktu proses. Dari data laju Ultrafiltrasi juga dapat dilakukan pengaturan ulang penguatan level tegangan jika diperlukan.

#### **IV.3 PENGUJIAN PROSES MODEL ULTRAFILTRASI**

Sebagai langkah terakhir setelah semua data terkumpul, adalah menguji semua parameter yang didapat dalam model proses Ultrafiltrasi dengan peralatan yang sudah disiapkan. Dengan melengkapi data pasien pada permulaan proses termasuk waktu proses yang diharapkan, akan diatur secara otomatis jalannya proses pengurangan berat badan yang berlebih sampai tercapai berat badan yang normal. Selama proses untuk waktu-waktu tertentu diberikan laporan.

---



---

**LEMBAR OBSERVASI PASIEN**


---



---

Nama	: Si Anu	Tanggal	: 1-10-1994
Jenis HF	: Ultrafiltrasi	Dialisis ke	: 4
Mesin	: Baxter2001	Berat Kering	: 4.37 Kg
Berat badan awal	: 4.45 Kg	Berat badan Akhir	: 4.37 Kg
Kenaikan berat badan	: 0.08 Kg	Penurunan berat badan	: 0.08 Kg
Lama Proses	: 8 menit		
Mulai Jam	: 9:41:10	Selesai Jam	: 9:49:10

---

WAKTU	BERAT BADAN (Kg)	BERAT HASIL UF (Kg)
9:41:10	4.45	0.00
9:42:10	4.44	0.00
9:43:10	4.43	0.00
9:44:10	4.43	0.01
9:45:10	4.41	0.02
9:46:10	4.40	0.03
9:47:10	4.39	0.04
9:48:10	4.38	0.05
9:49:10	4.37	0.06

---

**Gambar 4.5** Lembar Observasi Pasien

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **V.1 KESIMPULAN**

Setelah dilakukan pembahasan mulai dari Teori Penunjang hingga Pengujian dan Pengukuran pada Pemantau perubahan berat badan pada pasien Hemodialisa, maka dapat ditarik kesimpulan :

1. Pemakaian strain gage dengan memanfaatkan efek bending cukup dapat diandalkan untuk pengukuran berat badan secara langsung pada tempat tidur pasien Hemodialisa.
2. Penggunaan Instrumentasi Amplifier AD521 memenuhi syarat yang dibutuhkan sebagai penguat input kecil karena memiliki CMRR yang tinggi, impedansi input besar, impedansi output yang rendah serta linieritas yang tinggi.
3. Penggunaan ADC AD574 dalam mendeteksi perubahan berat yang kecil sangat membantu karena ADC ini memiliki resolusi yang cukup tinggi, yakni 2,4 mV dalam 10 V maksimal input dan unjuk kerjanya pun cukup baik.
4. Fasilitas monitoring pada tampilan Lembar Observasi akan sangat membantu dokter atau perawat dalam memantau perkembangan kondisi pasien selama

proses berlangsung.

## V.2 SARAN - SARAN

Alat pemantau perubahan berat badan pada pasien Hemodialisa ini masih jauh dari sempurna. Berikut ini diberikan beberapa saran yang diharapkan dapat berguna bagi penelitian dan pengembangan lebih lanjut dari Tugas Akhir ini.

1. Pemilihan specimen logam dan ukurannya sebaiknya lebih didekatkan lagi pada kebutuhan yang ada, sebisanya makin elastis sehingga makin peka terhadap pembebanan tetapi memiliki kekuatan yang cukup pula untuk menahan beban yang cukup besar.
2. Pemilihan strain gage dengan faktor gage yang lebih besar dianjurkan untuk meningkatkan sensitifitas pengukuran.
3. Kalibrasi dengan alat ukur yang memiliki ketelitian tinggi akan meningkatkan akurasi alat ukur yang direalisasi dalam Tugas Akhir ini.
4. Penyempurnaan mekanik tempat tidur timbang sangat diharapkan untuk mengatasi masalah-masalah mekanik yang timbul saat pengukuran dilakukan.
5. Penelitian lebih lanjut yang berkaitan dengan alat bantu proses Hemodialisa, misalnya otomatisasi pemantau perubahan keseimbangan zat yang tersangkut

dalam metabolisme tubuh, akan dapat mewujudkan otomatisasi pada proses Hemodialisa yang juga bertujuan meningkatkan pelayanan pada pasien. Namun hal ini tidak dimaksudkan untuk menggeser peran dokter dan perawat, karena pada beberapa kasus sering dibutuhkan keahlian dan pengalaman tersendiri yang tidak tergantikan oleh peralatan yang tercanggih sekalipun.

## DAFTAR PUSTAKA

Coughlin, Robert F., Frederick F. Driscoll, Operational Amplifiers Linier Integrated Circuits, Prentice Hall inc., Englewood Cliffs, New York, 1982.

Eggebrecht, Lewis C., Interfacing to the IBM Personal Computer, Howard W. Sams & co. inc., Indianapolis, 1983.

Hall, Douglas V., Microprocessors and Interfacing: Programming and Hardware, Second Edition, McGraw-Hill Inc, Singapore, 1987.

Ishak S, Dr., R. Moh. Yogiantoro, Dr., Hemodialisis, Surabaya, 1984.

Rabin, Pauline L. MD., William J. Stone MD., End-Stage Renal Disease, Academic Press Inc., New York, 1983.

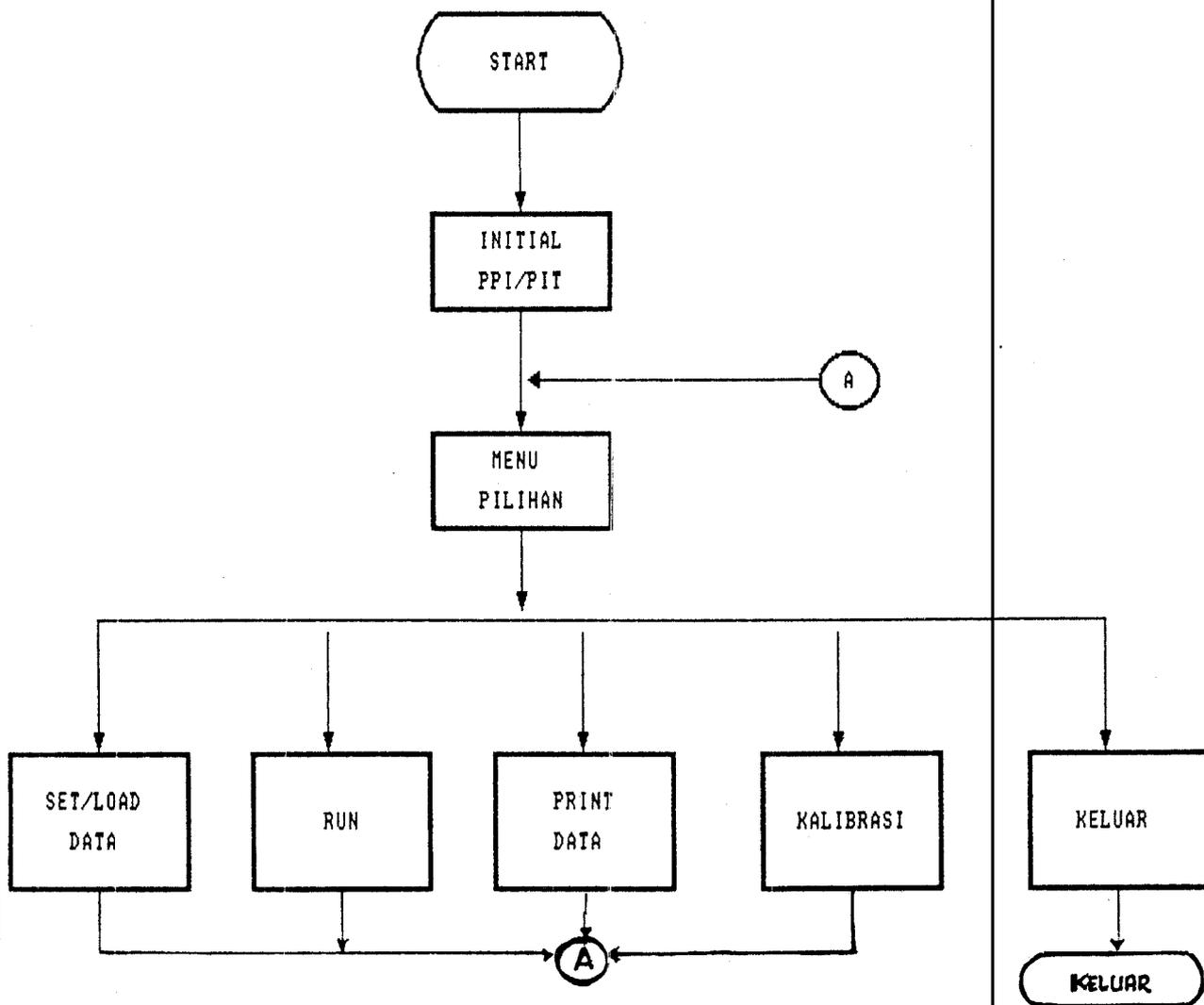
Steeman, J.P.M., Data Sheet Book 2, Uitgeversmaatschappij Elektuur B.V. (PT. Elex Media Komputindo), Netherlands (Jakarta), 1988.-

Uffenbeck, John, The 8086/8088 Family: Design, Programming and Interfacing, Prentice-Hall inc., USA, 1987.

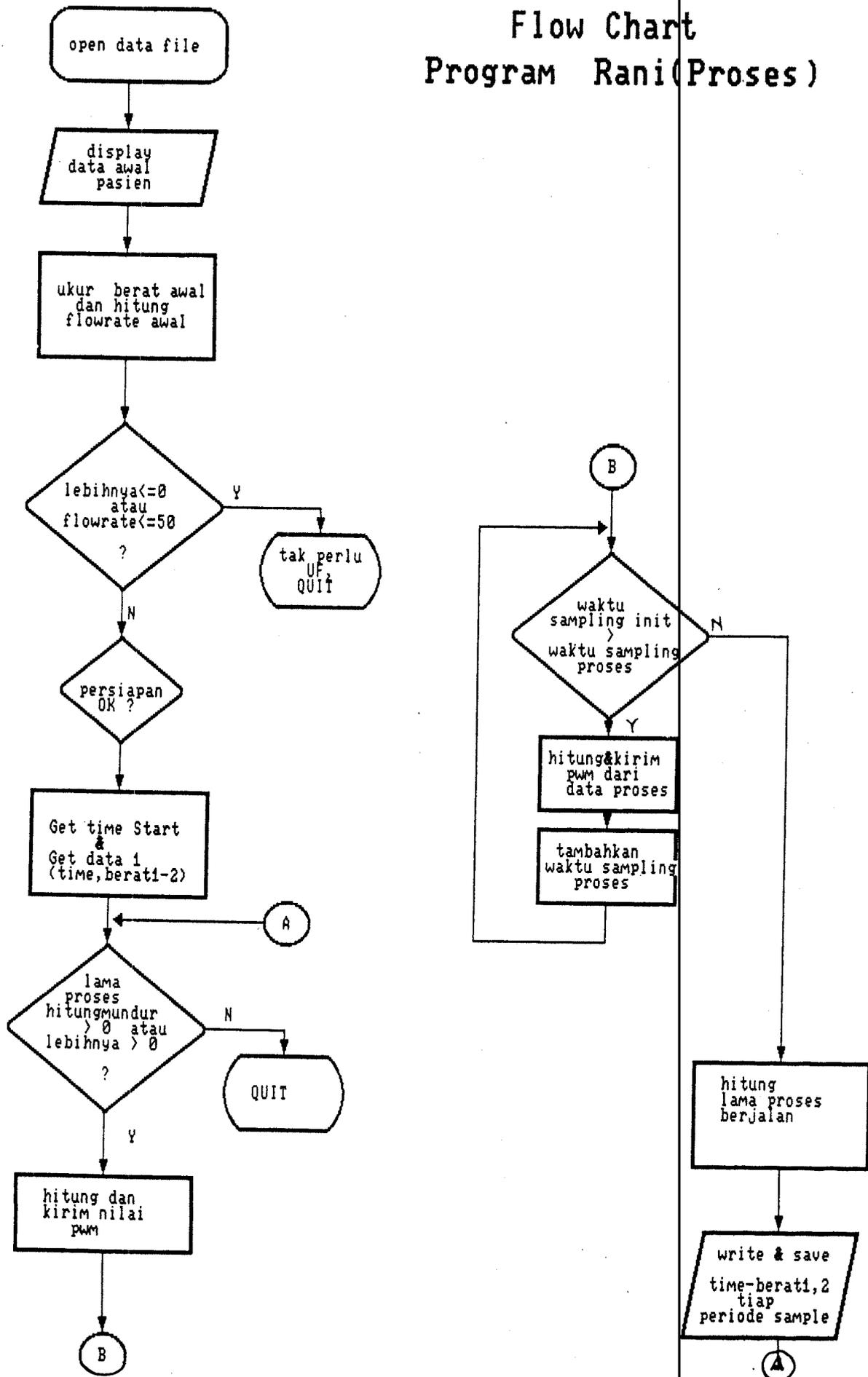
....Linier Data Book 2, National Semiconductor Corporation, 1988.

....The Pressure Strain and Force Handbook, Omega Technologies Company

# Flow Chart Program Utama



# Flow Chart Program Rani(Proses)



```

{*****}
{*      *}
{*      Program Pemantau Perubahan Berat Badan      *}
{*      Pada Pasien Hemodialisa                    *}
{*      _____                                    *}
{*      *}
{*      T U G A S   A K H I R                        *}
{*      *}
{*      by                                             *}
{*      *}
{*      Ardi Handojoseno, AM                         *}
{*      2882200902                                    *}
{*      JTE - FTI - ITS                              *}
{*      1994                                          *}
{*      *}
{*****}

```

```
($M 40000,0,0 )
```

```
Uses Crt, Dos;
```

```
Type
```

```
Pixel = Record
```

```
    Karakter :Char;
```

```
    Atribut  : Byte;
```

```
End;
```

```
BufferLayar = Array[1..25,1..80] of Pixel;
```

```
Buffer      = Array[0..511] of Byte;
```

```
String10   = String[11];
```

```
String30   = String[30];
```

```
Record_Menu = Record
```

```
    Lebar_Menu_Utama   : Array[1..5] of Byte;
```

```
    Posisi_Menu_Utama  : Array[1..5] of Byte;
```

```
    Karakter_Menu_Utama : Array[1..5] of Char;
```

```
    Posisi_Kar_Menu_Utama : Array[1..5] of Byte;
```

```
    Isi_Menu_Utama     : Array[1..5] of String10;
```

```
    Jumlah_Pilihan    : Array[1..5] of Byte;
```

```
    Lebar_Sub_Menu     : Array[1..5] of Byte;
```

```
    Karakter_Sub_Menu  : Array[1..5,1..3] of Char;
```

```
    Posisi_Kar_Sub_Menu : Array[1..5,1..3] of Byte;
```

```
    Isi_Sub_Menu       : Array[1..5,1..3] of String30;
```

```
End;
```

```
Const
```

```
Data_Menu : record_Menu =
```

```
( Lebar_Menu_Utama   : (4,3,5,11,4);
```

```
  Posisi_Menu_Utama  : (10,24,36,50,69);
```

```
  Karakter_Menu_Utama : 'FRPCG';
```

```
  Posisi_Kar_Menu_Utama : (10,24,36,50,69);
```

```
  Isi_Menu_Utama     : ('File','Run','Print',  
                        'Calibration','Quit');
```

```
  Jumlah_Pilihan    : (3,0,2,2,0);
```

```
  Lebar_Sub_Menu     : (12,0,16,21,0);
```

```

Karakter_Sub_Menu      : ('NOE',' ','DG ','AW ',' ');
Posisi_Kar_Sub_Menu    : ((5,5,3),(0,0,0),(1,1,0),(17,2,0),(0,0,0));
Isi_Sub_Menu           : (('set New data ','set Old data ',
                          'opEn old data'),(','',''),
                          ('Observation sheet','Graphik sheet ',''),
                          ('pengolah sinyal Analog',
                          'pWm ',''),
                          ('','',''))
);

```

```

Var
Reg          : Registers;
Layar        : BufferLayar Absolute $B800 : $0000;
LayarSimpan  : BufferLayar;
Jo           : Buffer;
I, J, Kolom1,Barisi, Kolom2,Baris2,
LebarMenuUtama,JumlahPilihan,
Pilih,PilihSebelum,PilihSub,PilihSubSebelum : Byte;
TekanMenu,TekanSubMenu,MenuAtauSub,
Selesai      : Char;

```

```

{$I SetNew.Inc}
{$I SetOld.Inc}
{$I OpenDat.Inc}{
{$I Rani.Inc}{
{$I PrintOb.Inc}{
{$I PrintGr.Inc}
{$I CalPSA.Inc}
{$I CalPWM.Inc}

```

```

{ ----- }
{ Fungsi perubah huruf kecil ke BESAR }
{ ----- }
Function HurufBesar(Huruf :String) : String;
Begin
  For I:= 1 To Length(Huruf) Do
    HurufBesar[I] := UpCase(Huruf[I]);
  HurufBesar[0]:=Huruf[0];
End;

```

```

{ ----- }
{ Set layar ke bentuk semula }
{ ----- }
Procedure BackScreen (Kolom1,Barisi,Kolom2,Baris2:Byte;
                      Var LayarSimpan : BufferLayar);
Var
  Posisi : Word;
Begin
  For I:=Barisi To Baris2 Do
    Begin
      For J :=Kolom1 To Kolom2 Do
        With LayarSimpan[I,J] Do

```

```

Begin
  Posisi := (((I-1)*80+J)-1)*2;
  Mem[$B800:$0000+Posisi] := Ord(Karakter);
  Mem[$B800:$0000+Posisi+1] := Atribut;
End;
End;
End;

```

```

{ ----- }
{ Merubah Atribut di layar }
{ ----- }

```

```

Procedure RubahAtribut(Kolom1,Baris1,Kolom2,Baris2,Atribut:Byte);
Var

```

```

  Posisi : Word;

```

```

Begin

```

```

  For I:=Baris1 To Baris2 Do

```

```

  Begin

```

```

    For J := Kolom1 To Kolom2 Do

```

```

    Begin

```

```

      Posisi := (((I-1)*80+J)-1)*2;

```

```

      Mem[$B800:$0000+Posisi] := Atribut;

```

```

    End;

```

```

  End;

```

```

End;

```

```

{ ----- }
{ Tampilan Sub Menu }
{ ----- }

```

```

Procedure TampilkanSubMenu(Pilih,Kolom1,Kolom2,JumlahPilihan : Byte;
  Var Data_Menu : Record_Menu );

```

```

Begin

```

```

  With Data_Menu do

```

```

  Begin

```

```

    GotoXY(Kolom1-1,3); TextBackground(7); TextColor(15); Write(Chr(213));

```

```

    For I:= Kolom1 To Kolom2 Do

```

```

    Begin

```

```

      TextBackground(7); TextColor(15); Write(Chr(205));

```

```

    End;

```

```

    TextBackground(7); TextColor(15); Write(Chr(184));

```

```

  For J:=1 To JumlahPilihan Do

```

```

  Begin

```

```

    GotoXY(Kolom1-1,3+J);TextBackGround(7);TextColor(15);Write(Chr(179));

```

```

    TextBackground(7);TextColor(0);Write(Isi_Sub_Menu[Pilih,J]);

```

```

    GotoXY(Kolom2+1,3+J);TextBackGround(7);TextColor(15);Write(Chr(179));

```

```

    GotoXY(Kolom1+Posisi_Kar_Sub_Menu[Pilih,J]-1,3+J);

```

```

    TextBackground(7);TextColor(4);Write(Karakter_Sub_Menu[Pilih,J]);

```

```

  End;

```

```

  GotoXY(Kolom1-1,4+Jumlah_Pilihan[Pilih]);

```

```

  TextBackground(7); TextColor(15); Write(Chr(212));

```

```

  For I := Kolom1 To Kolom2 Do

```

```

Begin
  TextBackground(7); TextColor(15); Write(Chr(205));
End;
TextBackground(7); TextColor(15); Write(Chr(190));

(
  GotoXY(Kolom1+1,5+Jumlah_Pilihan[Pilih]);
  For I := Kolom1 To Kolom2 Do
  Begin
    TextBackground(0); TextColor(8); Write(Chr(178));
  End;
)

  RubahAtribut(Kolom1,4,Kolom2,4,$20);
End;
End;

```

```

( @@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@ )
( @                               @ )
( @   M A I N   P R O G R A M   @ )
( @                               @ )
( @@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@ )
Begin
  ( membuat bentuk layar -----)

```

```

TextBackGround(7); TextColor(9);
Clrscr;
For I := 1 to 24 Do
Begin
  For J := 1 to 80 Do
  Begin
    GotoXY(J,I);
    Write(Chr(176));
  End;
End;
GotoXY(1,3); TextBackground(11); TextColor(14);
Write('          (C) by Ardi Handajo');
Write('seno, AM          ');
GotoXY(3,25); TextBackground(7); TextColor(10);
Write('          ');
Write('          TA/071994/JTE/FTI/ITS ');

```

```

( menampilkan pilihan menu utama -----)

```

```

GotoXY(1,2);TextBackGround(7);
Write('          ');
Write('          ');
For I := 1 to 5 Do
With Data_Menu Do
Begin
  GotoXY(Posisi_Menu_Utama[I],2);
  TextColor(0);Write(Isi_Menu_Utama[I]);
  GotoXY(Posisi_Kar_Menu_Utama[I],2);
  TextColor(4);Write(Karakter_Menu_Utama[I]);

```

```

End;

{ simpan bentuk layar di larik -----}
Move(Layar,LayarSimpan,4000);

{ nilai - nilai awal -----}
MenuAtauSub := 'M';
Pilih := 1;

{ membaca parameter yang ditulis -----}
If ParamCount > 0 Then
Begin
  MenuAtauSub := 'S';
  If (HurufBesar(ParamStr(1)) = 'FILE') Or
    (HurufBesar(ParamStr(2)) = 'FILE') Then Pilih := 1;
  If (HurufBesar(ParamStr(1)) = 'RUN') Or
    (HurufBesar(ParamStr(2)) = 'RUN') Then Pilih := 2;
  If (HurufBesar(ParamStr(1)) = 'PRINT') Or
    (HurufBesar(ParamStr(2)) = 'PRINT') Then Pilih := 3;
  If (HurufBesar(ParamStr(1)) = 'CALIBRATION') Or
    (HurufBesar(ParamStr(2)) = 'CALIBRATION') Then Pilih := 4;
  If (HurufBesar(ParamStr(1)) = 'QUIT') Or
    (HurufBesar(ParamStr(2)) = 'QUIT') Then Pilih := 5;
End;

{ tampilkan pilihan menu utama yang dipilih dengan atribut terang }
LebarMenuUtama := Data_Menu.Lebar_Menu_Utama[Pilih];
Kolom1 := Data_Menu.Posisi_Menu_Utama[Pilih];
RubahAtribut(Kolom1,2,Kolom1+LebarMenuUtama-1,2,$20);

Repeat
  { Posisi di menu Utama -----}
  While MenuAtauSub = 'M' Do
  Begin
    TekanMenu := ' ';
    PilihSebelum := Pilih;
    GotoXY(Kolom1,2);

    { seleksi tombol yang ditekan -----}
    TekanMenu := ReadKey;

    { jika yang ditekan tombol biasa }
    If TekanMenu <> #0 Then
    Begin
      MenuAtauSub := 'S';
      Case UpCase(TekanMenu) Of
        'F' : Pilih := 1;
        'R' : Pilih := 2;
        'P' : Pilih := 3;
        'L' : Pilih := 4;
        'Q' : Pilih := 5;
        #13 : Pilih := PilihSebelum;
      Else

```

```

        Begin
            Write(#7);
            MenuAtauSub := 'M';
        End;
    End; {Case UpCase(TekanMenu) }
End; {If TekanMenu <> #0}

{ jika yang ditekan tombol panah ----- }
If TekanMenu = #0 Then
Begin
    TekanMenu := ReadKey;
    Case TekanMenu Of
        #75 : {panah ke kiri}
            Begin
                If Pilih = 1 then
                    Pilih := 6
                Else
                    Pilih := Pilih - 1;
            End;
        #77 : {panah ke kanan}
            Begin
                If Pilih = 6 then
                    Pilih := 1
                Else
                    Pilih := Pilih + 1;
            End;
        Else
            Write(#7);
    End;
End;

{ tampilkan menu dipilih dengan atribut terang dan
kembalikan atribut menu sebelumnya ----- }
If Pilih <>PilihSebelum Then
Begin
    { kembalikan pilihan menu sebelumnya ke atribut asal }
    Kolom1 := data_Menu.Posisi_Menu_Utama[PilihSebelum];
    LebarMenuUtama := Data_Menu.Lebar_Menu_Utama[PilihSebelum];
    BackScreen(Kolom1,2,Kolom1+LebarMenuUtama,2,LayarSimpan);

    { tampilkan pilihan menu utama pilihan dengan terang }
    LebarMenuUtama := Data_Menu.Lebar_Menu_Utama[Pilih];
    Kolom1 := Data_Menu.Posisi_Menu_Utama[Pilih];
    RubahAtribut(Kolom1,2,Kolom1+LebarMenuUtama-1,2,#20);
End;

{ Quit program ...? }
If (UpCase(TekanMenu)='Q') or ((Pilih = 5) and (TekanMenu=#13)) Then
Begin
    Selesai := ' ';
    While Not ((Selesai='Y') Or (Selesai='N')) Do
    Begin
        TextBackGround(7);TextColor(14);
        GotoXY(30,12);
    End;
End;

```

```

Write('Are you sure (Y/N) ? ');Read(Selesai);
Selesai :=UpCase(Selesai);
End;

If Selesai = 'Y' Then Halt;
BackScreen(30,12,65,12,LayarSimpan);
MenuAtauSub := 'M';
End; { If UpCase(TekanMenu)='E' Or..}
End; {While MenuAtauSub = 'M'}

{ Posisi di Sub Menu ----- }
If MenuAtauSub = 'S' Then
Begin
PilihSebelum := Pilih;
PilihSub      := 1;

Kolom1 := Data_Menu.Posisi_Menu_Utama[Pilih];
Kolom2 := Kolom1 + Data_Menu.Lebar_Sub_Menu[Pilih];
JumlahPilihan := Data_Menu.Jumlah_Pilihan[Pilih];

{ tampilkan submenu pilihan }
TampilkanSubMenu(Pilih,Kolom1,Kolom2,JumlahPilihan,Data_Menu);

While MenuAtauSub = 'S' Do
Begin
PilihSubSebelum := Pilihsub;
TekanSubMenu := ReadKey;

{jika yang ditekan tombol biasa}
If TekanSubMenu <> #0 Then
Begin
MenuAtauSub := 'M';
For I := 1 To JumlahPilihan Do
Begin
{seleksi apakah tombol yang ditekan sama dengan kar. submenu}
If UpCase(TekanSubMenu) = Data_Menu.Karakter_Sub_Menu[Pilih,I]
Then Begin
PilihSub := I;
TekanSubMenu := #13;
End; {UpCae of..}
End; {For I=..}
End; { If TekanSubMenu ...}

{jika yang ditekan tombol panah}
If TekanSubMenu = #0 Then
Begin
TekanSubmenu := ReadKey;
Case TekanSubMenu Of
#75 : {panah ke kiri}
Begin
MenuAtauSub := 'M';
If Pilih = 1 then
Pilih := 6
Else

```

```

        Pilih := Pilih - 1;
    End;
#77 : {panah ke kanan}
    Begin
        MenuAtauSub := 'M';
        If Pilih = 6 then
            Pilih := 1
        Else
            Pilih := Pilih + 1;
        End;
#80 : {panah ke bawah}
    Begin
        If PilihSub < JumlahPilihan then
            PilihSub := PilihSub + 1
        Else
            PilihSub := 1;
        End;
#72 : {panah ke atas}
    Begin
        If PilihSub > 1 then
            PilihSub := PilihSub - 1
        Else
            PilihSub := JumlahPilihan;
        End;
    Else
        Write(#7);
    End; {Case TekanSubMenu Of}

End; {If TekanSubMenu =#0 }

{tampilkan dengan atribut terang sub menu yang akan dipilih}

If PilihSub <> PilihSubSebelum Then
    Begin
        { kembalikan pilihan menu sebelumnya ke atribut asal }
        RubahAtribut(Kolom1,PilihSubSebelum+3,Kolom2,PilihSubSebelum+3,$70);
        GotoXY(Kolom1+Data_Menu.Posisi_Kar_Sub_Menu[Pilih,
            PilihSubSebelum]-1,PilihSubSebelum+3);
        TextBackGround(7); TextColor(4);
        Write(Data_Menu.Karakter_Sub_Menu[Pilih,PilihSubSebelum]);
        TextBackGround(7); TextColor(0);

        { rubah atribut sub menu jadi terang }
        RubahAtribut(Kolom1,PilihSub+3,Kolom2,PilihSub+3,$20);
        GotoXY(Kolom1+Data_Menu.Posisi_Kar_Sub_Menu[Pilih,
            PilihSub]-1,PilihSub+3);
    End;

{ada sub menu yang akan dikerjakan}
If TekanSubMenu =#13 Then
    Begin
        {Hidden Cursor}
        Reg.AX :=2;
        Intr($33,Reg);
    End;

```

```

If Pilih = 1 Then
Begin
  If PilihSub=1 Then
  Begin
    SetNew;
  End;
  If PilihSub=2 Then
  Begin
    SetOld;
  End;
  If PilihSub=3 Then
  Begin
    OpenDat;
  End;
End;

If Pilih = 2 Then
Begin
  {Rani;}
  WriteLn;
  Write('Tekan Enter....');ReadLn;
End;

If Pilih = 3 Then
Begin
  If PilihSub=1 Then
  Begin
    {PrintOb;}
    WriteLn;
    Write('Tekan Enter....');ReadLn;
  End;
  If PilihSub=2 Then
  Begin
    {PrintBr;}
    WriteLn;
    Write('Tekan Enter....');ReadLn;
  End;
End;

If Pilih = 4 Then
Begin
  If PilihSub=1 Then
  Begin
    CalPSA;
  End;
  If PilihSub=2 Then
  Begin
    CalPWM;
  End;
End;

BackScreen(1,1,80,25,LayarSimpan);

End; {If TakanSubMenu = #13}

```

```
End; {While MenuAtauSub = 'S'}  
End; {If MenuAtauSub = 'S'}  
  
BackScreen(Kolom1-1,2,Kolom2+1,4+JumlahPilihan,LayarSimpan);  
  
{tampilkan pilihan menu utama terpilih dengan terang}  
LebarMenuUtama := Data_Menu.Lebar_Menu_Utama[Pilih];  
Kolom1 :=Data_Menu.Posisi_Menu_Utama[Pilih];  
RubahAtribut(Kolom1,2,Kolom1+LebarMenuUtama-1,2,#20);  
  
Until False;  
ClrScr;  
End. {Main Program }
```

DATA UJI BED WEIGHER			
No	Berat (gr)	Hasil Pembacaan (gr)	Error (%)
1	0	1	0.02
2	500	510	0.2
3	1000	1025	0.5
4	1500	1512	0.24
5	2000	2015	0.3
6	2500	2481	0.39
7	3000	3009	0.18
8	3500	3536	0.72
9	4000	4014	0.28
10	4500	4483	0.34
11	5000	4980	0.4

Data Uji Penimbang Hasil Ultrafiltrasi				
No	Berat (gr)	Hasil Pembacaan (gr)		Error (%)
1	0	4		0.4
2	50	49		0.1
3	100	95		0.5
4	150	147		0.3
5	200	199		0.1
6	250	251		0.1
7	300	302		0.2
8	350	353		0.3
9	400	397		0.3
10	450	449		0.1
11	500	498		0.2
12	550	550		0
13	600	605		0.5
14	650	650		0
15	700	709		0.9
16	750	761		1.1
17	800	809		0.9
18	850	852		0.2
19	900	912		1.2
20	950	945		0.5
21	1000	994		0.6

# OMEGA STRAIN GAGES

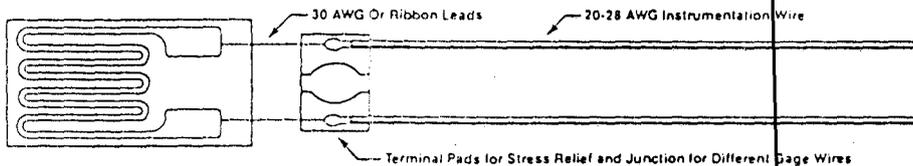
## FOIL GAGES



HIGHLIGHTED MODELS STOCKED FOR FAST DELIVERY

To Order (Specify Model Number)											
Type Series	Diagrams to actual size	Model No.	Price per pkg. of 10	Nominal resistance [Ohm]	Dimensions [mm]				Max. Permitted bridge energizing voltage [V rms]	Accessory Terminal Pads Part No.	Fig.
					grid			carrier			
✓ Encapsulated with Solder Pads (Accessory terminal pads are used for strain relief and connecting different gage wires.)  LY 41 Temperature characteristics matched to steel		SG-1.5/120-LY41	\$37	120	1.5	1.1	4.8	3.5	2.5	TP-1	1
		SG-2/350-LY41	45	350	2.0	1.8	7.5	4.5	4	TP-1	2
		SG-3/120-LY41	38	120	3.0	1.5	8.0	4.0	4	TP-2	3
		SG-3/350-LY41	64	350	3.0	2.5	8.0	6.0	8	TP-2	3
		SG-6/120-LY41	38	120	6.0	3.0	12.5	6.0	9	TP-3	4
		SG-7/350-LY41	62	350	7.0	3.5	14.0	8.0	15	TP-3	4
		SG-7/1000-LY41	129	1000	7.0	3.8	12.0	6.0	20	TP-3	4
		SG-13/120-LY41	60	120	12.5	5.0	23.0	10.0	15	TP-3	5
		SG-13/1000-LY41	109	1000	13.5	5.5	24.0	12.0	30	TP-3	5
		LY 43 Temperature characteristics matched to aluminum		SG-1.5/120-LY43	\$37	120	1.5	1.1	4.8	3.5	3
SG-2/350-LY43	45			350	2.0	1.8	7.5	4.5	5	TP-1	2
SG-3/120-LY43	38			120	3.0	1.5	8.0	4.0	6	TP-2	3
SG-3/350-LY43	64			350	3.0	2.5	8.0	6.0	8	TP-2	3
SG-6/120-LY43	38			120	6.0	3.0	12.5	6.0	10	TP-3	4
SG-7/350-LY43	62			350	7.0	3.5	14.0	8.0	15	TP-3	4
SG-7/1000-LY43	129			1000	7.0	3.8	12.0	6.0	20	TP-3	4
SG-13/120-LY43	60			120	12.5	5.0	23.0	10.0	15	TP-3	5
SG-13/1000-LY43	109			1000	13.5	5.5	24.0	12.0	30	TP-3	5

Typical Strain Gage Installation



To Order (Specify Model Number)											
Type Series	Diagrams to actual size	Model No.	Price per pkg. of 5	Nominal resistance [Ohm]	Dimensions [mm]				Max. Permitted bridge energizing voltage [V rms]	Accessory Terminal Pads Part No.	Fig.
					grid			carrier			
✓ Extra Long Gages for Inhomogeneous Material  ✓ Solder Pads, not Encapsulated (Accessory terminal pads are used for strain relief and connecting different gage wires.)  LY40 Temperature characteristics uncompensated		SG-30/120-LY40	\$41	120	24.5	8.0	41.0	13.0	20	TP-3	1
		SG-50/120-LY40	69	120	51.5	8.0	68.5	16.0	25	TP-3	2
		SG-100/240-LY40	126	240	101.5	6.6	115.0	16.5	30	TP-3	3
		SG-150/240-LY40	127	240	153.0	3.5	167.0	10.0	35	TP-3	4

Accessory terminal pads (TP-1, TP-2 and TP-3) \$10 each.

## RIWAYAT HIDUP



Ardi Handojoseno, AM. dilahirkan di Tegal pada tanggal 24 Mei 1969, putra kedua dari lima bersaudara, dari Bapak R.C.B. Soeparlan Sosrohandojo (alm) dan Ibu E.M. Rahayu Miranti, yang bertempat tinggal di jalan Jolotundo Baru III/10 Surabaya.

Terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya sejak tahun 1988 dengan nomor pokok 2882200902.

Pendidikan yang telah ditempuh selama ini:

- SD Pius, Tegal, 1976;
- SD Cahaya Nur, Kudus, 1977-1982;
- SMP Negeri I, Kudus, 1982-1985;
- SMA Kolese Loyola, Semarang, 1985-1988;
- Jurusan Teknik Elektro, FTI-ITS, Surabaya, 1988.

Selama menjadi mahasiswa pernah menjadi asisten Lab. Rangkaian Listrik dan Lab. Elektronika, Teknik Elektro ITS.