

II. TEORI DASAR

1. TINJAUAN TENTANG TULANG

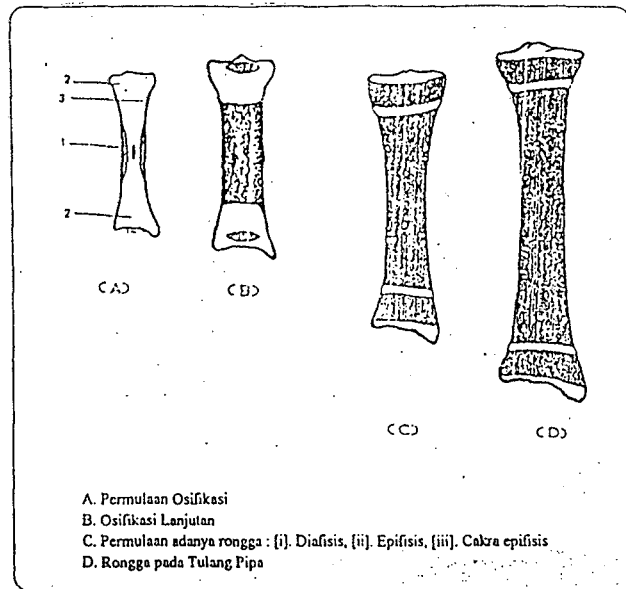
Tulang merupakan unsur yang utama sebagai pembentuk belulang. Rangka tubuh terbentuk oleh belulang, fungsi dari rangka tubuh sendiri adalah sebagai pelindung bagi organ tubuh manusia, misalnya otak dan jantung, selain itu Sumsum tulang berfungsi sebagai pembentuk sel-sel darah. Tempat penyimpanan dan pertukaran ion kalsium dan fosfat ada pada jaringan padat dari tulang.

Proses pembentukan tulang adalah kosentris, yaitu sel-sel tulang dibentuk dari arah dalam keluar. Matriks tulang terbentuk oleh adanya senyawa protein yang kemudian matriks akan mengalami pengerasan karena terdapat pula senyawa kapur dan posphor. Gambar 2-1 diperlihatkan proses penulangan atau disebut juga osifikasi.

Tulang menurut bentuknya dapat digolongkan menjadi empat macam, yaitu tulang panjang, tulang pendek, pipih, dan tulang taktentu.

- Tulang panjang

Gambar 2-2 memperlihatkan gambar tulang panjang. Tulang dapat disebut sebagai tulang panjang bila ukuran panjangnya lebih besar daripada ukuran lebar dan tebalnya. Contohnya antara lain femur, tibia, ulna, humerus, fibula, dan lain-lain.



GAMBAR 2-1¹

PROSES OSIFIKASI TULANG PIPA

Sendi terdapat pada hubungan ujung dua buah tulang panjang, bila hubungan tersebut dapat digerakkan.

Gambar 2-2 memperlihatkan proses perkembangan tulang panjang.

- Tulang pendek

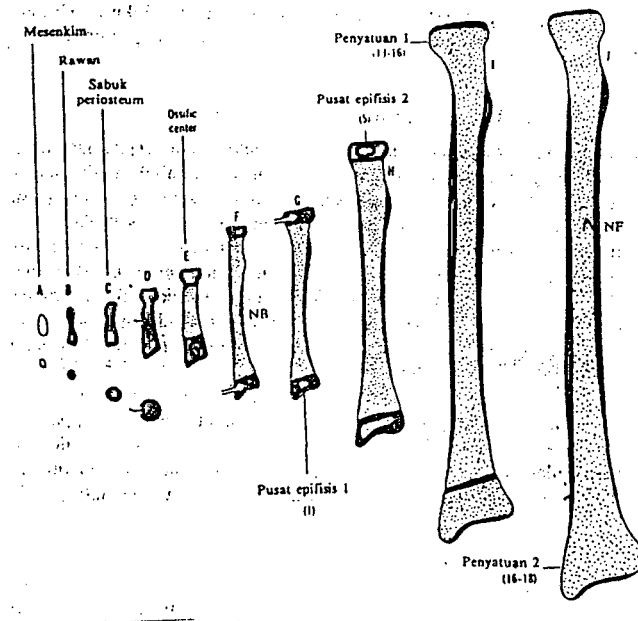
Bentuk tulang ini ketiga dimensinya kira-kira sama, terdapat pada tangan dan kaki, dan terdiri dari tulang spongiosa dan sumsum yang dilapisi selapis tipis tulang padat. Bagian luarnya dilapisi periosteum kecuali pada permukaan sendinya.

- Tulang pipih

Bentuk tulang ini lebih sering melengkung daripada

1. Prangtignjo S.J, dkk, Biologi jilid 2B, Balai Pustaka, Depdikbud jakarta, 1991, hal 57

datar, dan tipis. Contoh tulang ini adalah tulang iga, tulang dada (sternum), tulang-tulang kepala, dan belikat.



GAMBAR 2-2²

GAMBAR TULANG PANJANG

Permukaan sendi tulang ini diselaputi rawan dan pada tulang tertentu ditengkorak dilapisi jaringan fibrosa.

- Tulang tak tentu

Beberapa tulang tengkorak, tulang belakang, dan tulang panggul adalah contoh dari bentuk tulang tak tentu. Bentuk tulang ini tidak dapat digolongkan kedalam kelompok tulang lain. Tulang spangiosa yang diselaputi oleh selapis tipis tulang padat merupakan

bagian utama dari tulang tak tentu.

Pada orang dewasa terdapat tulang yang bersifat bingkas dan lentur. Tulang ini terdapat pada hidung, telinga, antar tulang rusuk, dada, sendi-sendi tulang dan lain sebagainya.

Artikulasi adalah hubungan antar tulang. Hubungan ini tidak memerlukan sendi bila tidak digunakan untuk suatu gerakan.

1.1 Bangun Mikroskopik Tulang

Tulang matang terdiri dari beberapa lapis, oleh karena itu disebut juga tulang berlapis. Lapisan atau lamela pada tulang padat tertata dalam sistem osteon yang mengandung lapisan melingkar, menyerupai tabung di dalam tabung seperti yang tampak pada Gambar 2-2. Jaringan yang biasanya mengandung sebuah pembuluh darah kecil diselimuti oleh tabung yang paling dalam. Panjang osteon dapat mencapai beberapa milimeter, dan jalannya memanjang atau agak menyerong pada tulang panjang. Osteon tidak terdapat pada lapisan trabekula tulang spongiosa, lapisan ini terdiri dari lembaran ceper atau agak melengkung.

Lakuna adalah ruang yang terdapat pada lapisan atau lamela. Lakuna berisikan osteosit. Pada lakuna inilah zat-zat makanan dari kapiler diserap melalui saluran kecil yang keluar dari setiap lakuna. Sel-sel tulang merupakan bagian terpenting

dari tulang. Bila sel-sel tulang mati maka tulang juga mati, demikian pula sebaliknya.

1.2 Patah Tulang

Putusnya jaringan tulang atau sendi disebut patah tulang. Pada orang dewasa patah tulang lebih sulit disembuhkan karena tulang telah menurun elastisitasnya dan deposit kalsiumnya semakin besar sehingga tulang menjadi lebih mudah patah. Hal ini berbeda bila patah tulang dialami oleh bayi atau anak-anak, karena jaringan kalogen dan jaringan elastis masih banyak dimiliki oleh mereka maka patah tulang akan menyambung kembali dengan cepat. Patah tulang secara aetiology dibagi dalam tiga golongan, yaitu:

1.2.1 Patah Tulang Traumatika. Patah tulang ini terjadi karena suatu kecelakaan. Misalnya patah tulang karena ditabrak.

1.2.2 Patah Tulang Pathological (patah tulang spontan). Patah tulang yang diakibatkan karena suatu penyakit. Misalnya penyakit metabolisme ekstrachitis, radang tulang, tumor tulang dan sebagainya.

1.2.3 Patah Tulang karena Tekanan. Patah tulang ini terjadi karena tulang mengalami tekanan yang

berulang-ulang. Bagaimana prosesnya belum dapat ditentukan secara tepat. Persamaan dari patah tulang ini adalah patah yang terjadi pada logam ketika mengalami 'kelelahan' oleh tekanan yang berulang kali.

1.3 Proses Penyembuhan Keretakan Tulang

Terapi patah tulang merupakan salah satu dampak positif yang diberikan oleh kemajuan teknologi pada bidang kesehatan.

Tulang dapat menunjukkan jenis kelamin, umur, dan riwayat kesehatan seseorang. Misalkan umur, dari tulang dapat dilihat apakah tulang-tulang panjang dan gerahan bungsu telah tumbuh secara penuh, dan apakah sambungan pada tulang tengkorak sudah lebur menjadi satu, selain itu bertambahnya kalsium sebanding dengan bertambahnya umur. Terapi patah tulang diberikan sebagai salah satu proses untuk mempercepat penyembuhan keretakan tulang atau patah tulang (hanya untuk tulang yang memang masih dapat disembuhkan).

Ada lima tahapan penyembuhan keretakan atau patah tulang, yaitu:

1.3.1 Stage of Haematoma (pendarahan). Pendarahan terjadi disekitar jaringan tulang yang mengalami keretakan atau patah. Pendarahan disebabkan karena terjadinya kerusakan dari otot-otot pembuluh darah

dan ujung-ujung tulang. Akan terjadi pembekuan pada haematoma dan terbentuk fibrin.

1.3.2 Stage of Subperiosteal and Endosteal Cellular Proliferation (granulasi). Setelah tahapan haematoma maka akan terbentuk jaringan granula. Jaringan granula dapat terjadi karena terbentuknya kapiler-kapiler baru dan proliferasi fibroblast. Patah tulang telah terselubung oleh sambungan serabut-serabut fibrin, tetapi penyambungan belum dalam bentuk tulang.

1.3.3 Stage of Callus. Pada tahapan ini jaringan tulang yang terbentuk sudah memiliki kekuatan. Hal ini dapat terjadi karena aktifitas end-osteum dan peri-osteum menyebabkan osteoblast berubah menjadi osteosit, kemudian menempati jaringan granula sehingga terbentuklah callus (jaringan tulang baru). Kumpulan jaringan-jaringan tersebut disebut primary callus , tetapi bentuk anatominya tidak sama dengan tulang normal.

1.3.4 Stage of Consolidation (Osifikasi). Pada tahapan ini terjadi endapan garam tulang inorganik pada callus. Bentuk struktur primary callus diubah oleh aktifitas osteoblast menjadi struktur tulang yang sama dengan tulang biasa.

1.3.5 Stage of Remodelling. Pada tahapan akhir ini maka tulang-tulang yang menonjol (tidak normal) oleh karena kontraksi otot-otot akan hilang dan tulang telah kembali pada keadaan normal.

Beberapa penyebab yang menghambat proses penyembuhan tulang antara lain:

- Terjadi infeksi karena pada bagian yang patah tidak terjaga kebersihannya atau dapat juga karena pada saat terjadi patah tulang luka yang terbuka menjadi kotor (patah tulang terbuka).
- Ada jaringan antara fragmen tulang yang terse- lip, disebut interposisi.
- Pasien menderita penyakit kronis, misalnya TBC.
- Istirahat dapat menghambat kesembuhan bila dilak- ukan dengan tidak benar, karena biasanya pasien diharuskan istirahat total dengan meng-gips bagian yang patah, disebut juga immobilisasi.
- Patah tulang terjadi pada bagian tulang yang mempunyai supply pembuluh darah sedikit.
- Otot-otot dan pembuluh darah disekitar patah tulang mengalami banyak kerusakan.
- Pada saat proses penyembuhan, ternyata jaringan tulang yang terbentuk tidak seperti jaringan tulang yang normal.

Beberapa kelainan yang terjadi pada sambungan patah tulang, biasa disebut juga dengan Malunion.

Kelainan tersebut berupa:

a. Bentuk sambungan tulang tidak normal

Jaringan tulang yang terhubung masih dapat disembuhkan, tetapi bentuknya berbeda dengan kondisi normal.

b. Delayed union

Proses penyembuhan akan memakan waktu agak lama karena sambungan antar tulang yang patah kurang tepat.

c. Non union

Kelaian ini menyebabkan tidak ada penyambungan antar tulang, sehingga aktifitas dari sel-sel berhenti.

1.4 Penyembuhan Keretakan Tulang Secara Elektris

Terapi penyembuhan secara elektris menimbulkan panas pada jaringan yang diterapi. Ada beberapa macam metoda yang dipakai untuk transfer panas ke dalam jaringan tersebut, tetapi yang bersifat elektromagnetis adalah sebagai berikut:

1.4.1 Short Wave Diathermy (Diatermi Gelombang Pendek). Metoda ini terbagi dalam dua cara sebagai berikut:

a. Teknik Kondensor (Conductor Technique)

Cara ini memanfaatkan elektrode yang diletakkan sebelah menyebelah seperti tampak pada Gambar 2-3, Karena pada elektrode diberi arus bolak-balik maka molekul-molekul tubuh mengalami

agitasi sehingga mengakibatkan kenaikan temperatur. Rumus yang sesuai dengan keadaan ini adalah hukum joule:

$$H = \frac{V \cdot i \cdot t}{0,24} \text{ (Hukum Joule)}^3$$

H = energi panas dalam kalori

V = tegangan dalam voltage

I = arus dalam ampere

T = waktu dalam detik

J = ekivalen Joule (1 Joule = 0,239 kal)

Cara ini memerlukan larutan elektrolit yang diberikan pada permukaan elektrode, akibatnya pada saat elektrode dialiri arus listrik maka terjadi medan listrik diantara kedua elektrode tersebut. Medan listrik yang terjadi menyebabkan vibrasi, elektrolit mengalami dipol dan timbullah panas pada jaringan.

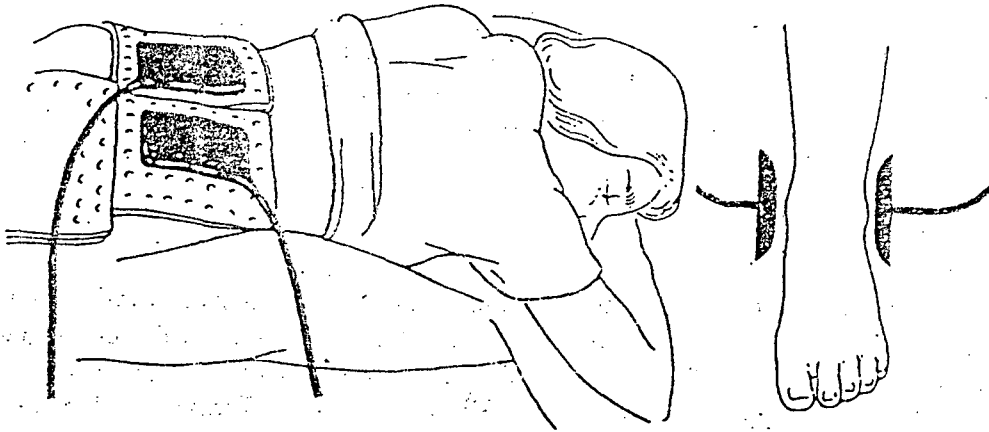
b. Inductothermy (Diatermi Metode Induksi)

Cara ini menyebabkan jaringan tubuh berada dalam medan magnet, karena bagian luar dari jaringan tersebut dililitkan kabel yang berariran listrik. Dengan demikian jaringan tubuh tidak berada dalam sirkuit. Arus yang mengalir pada kabel adalah arus bolak-balik.

1.4.2. Micro Wave Diathermy (Diatermi Gelombang Mikro). Cara serupa dengan dengan gelombang radio

3. dr. J.F. Gabriel, Fisika Kedokteran, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta, 1988, hal 252

yang memiliki frekwensi yang sangat tinggi. berdasarkan hasil penelitian frekwensi 900 MHz adalah frekwensi yang efektif untuk cara ini. Dipergunakan magnetron untuk menghasilkan frekwensi tersebut.



GAMBAR 2-3⁴

GAMBAR TEKNIK KONDENSOR

Dari metoda yang disebutkan di atas yang sesuai dengan tugas akhir ini adalah metoda diatermi gelombang pendek atau lebih tepatnya adalah tehnik kondensor (conductor technique).

Efek dari diatermi gelombang pendek menyebabkan terjadinya vibrasi dan panas sehingga mengakibatkan:

- * Meningkatkan metabolisme, menyebabkan suplai darah meningkat pula

- * Pelebaran pembuluh darah
- * Pembentukan kapiler-kapiler baru
- * Proliferasi sel-sel (aktifitas sel-sel dan peningkatan jumlah sel-sel)
- * Peningkatan mineralisasi
- * Peningkatan pH
- * Penurunan oksigen tension
- * Otot disekitar jaringan akan berkontraksi
- * Mencegah terjadinya infeksi karena sel darah putih akan meningkat dan antibodi pada daerah infeksi
- * menghambat pengaruh hormon parathyroid
Hormon ini menyerap kalsium yang dibutuhkan pada proses penyembuhan tulang.

Pemberian arus listrik pada jaringan dapat secara eksternal dan internal.

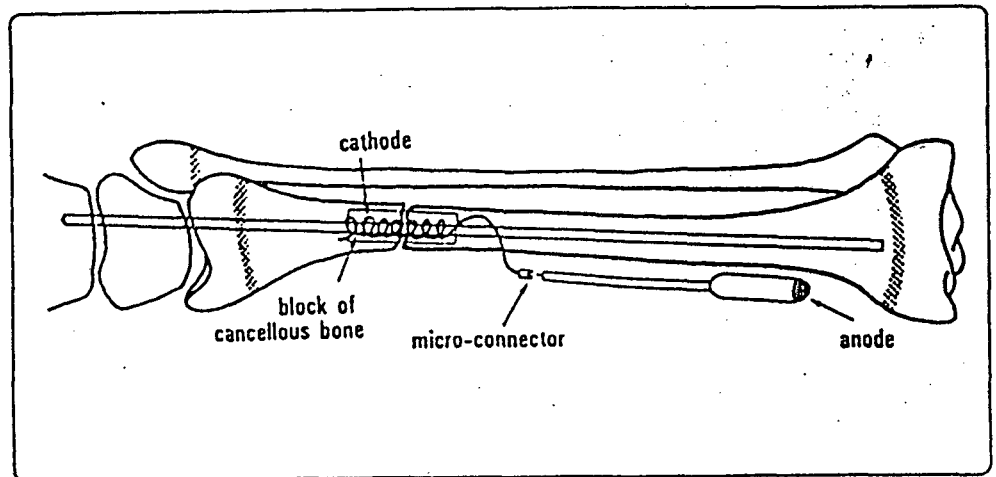
a. Secara eksternal adalah sebagai berikut:

- Inductive Coupling (Pulse electromagnetic Fields), cara ini serupa dengan tehnik inducothermy pada pembahasan sebelumnya.
- Capacitive Coupling, elektroda diletakkan pada masing-masing sisi yang akan disembuhkan, cara ini sama dengan tehnik kondensor yang telah disebutkan di atas.

b. Secara internal adalah sebagai berikut:

- Semi Invasive. Cara ini memerlukan pembedahan dengan tujuan menempatkan posisi tulang

secara tepat, kemudian setelah pembedahan selesai diperlukan gips atau alat penyangga lainnya. Terapi penyembuhan tetap dilakukan secara elektris, yang dilakukan dari luar.



GAMBAR 2-4⁵

PENYEMBUHAN DENGAN CARA TOTAL INVASIVE

- Total Invasive. Cara ini memerlukan pembedahan karena akan ditanamkan penyangga ke bagian tulang yang patah, kemudian arus listrik dialirkan melalui penyangga tersebut, seperti tampak pada Gambar 2-4.

Berikut ini diberikan besar arus listrik yang dapat menyebabkan shock pada manusia, berdasarkan

5. Denis c. Paterson, Robert B. Simonis, Electrical Stimulation in The Treatment of Congenital Pseudarthrosis of The Tibia, Journal Bone and Joint Surgery, hal 455

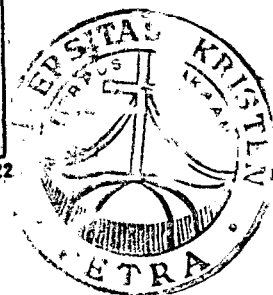
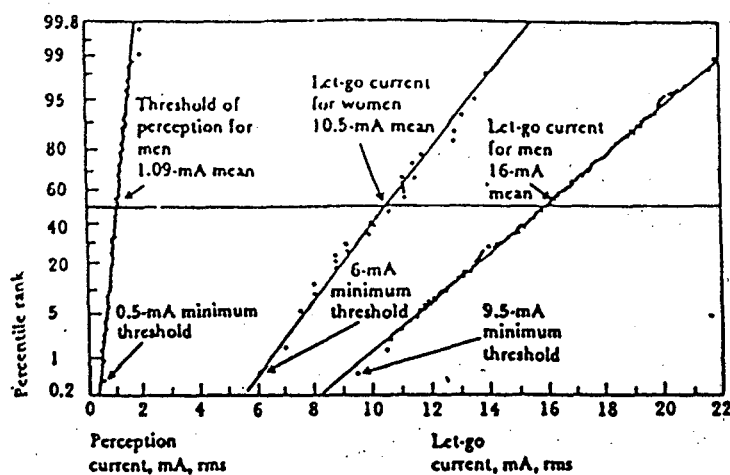
penelitian Dalziel pada tahun 1973:

a. Arus threshold rata-rata

Untuk laki-laki : 1.09 mA rms

Untuk perempuan : 0.7 mA rms

Arus threshold minimum : 500 uA rms



GAMBAR 2-5⁶

DISTRIBUSI ARUS THRESHOLD PERSEPSI DAN ARUS LET GO

b. Arus yang dapat menimbulkan shock (arus let go)

Untuk laki-laki : 16 mA rms

Untuk perempuan : 10.5 mA rms

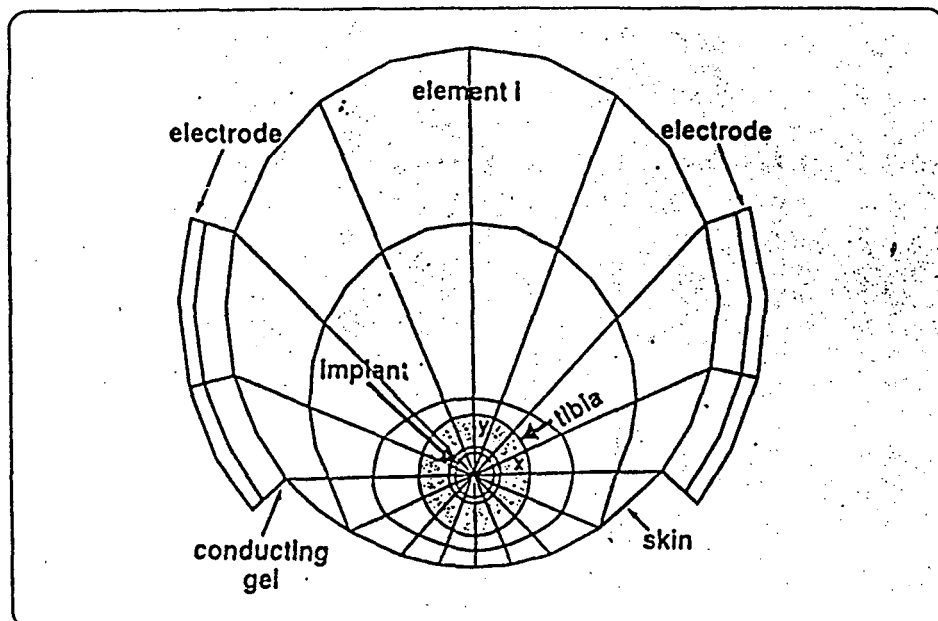
Arus threshold minimum adalah arus minimum yang dapat diukur pada saat mengalir tubuh manusia.

Gambar 2-5 menunjukkan hasil penelitian tersebut.

Pemasangan elektrode secara benar dapat dilihat pada Gambar 2-6, gel elektrolit dipakai untuk penyesuaian impedansi antara kulit dan elektrode.

6. Op. cit, dr. J.F. Gabriel, hal 274

Gambar 2-7 menggambarkan anatomi model cortical (lapisan tulang) dan trabecular dari tibia, yang penting untuk diketahui adalah antara dua elektrode tidak diperbolehkan adanya sumber arus, dengan demikian besar arus yang meninggalkan elektrode yang satu sama dengan arus yang masuk pada elektrode lainnya.



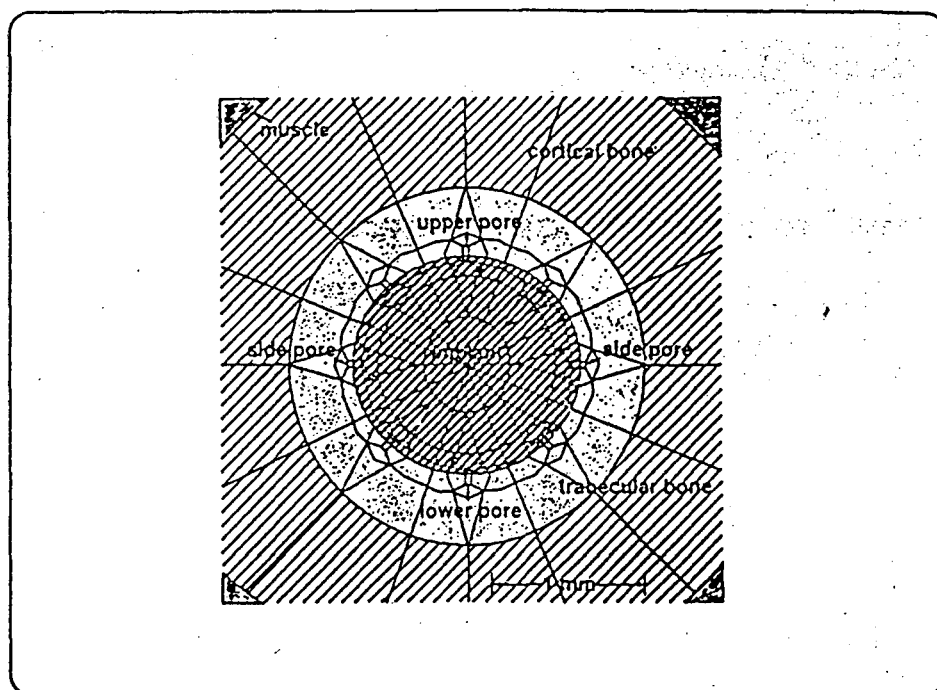
GAMBAR 2-6⁷

GAMBAR CARA PEMASANGAN ELEKTRODE

1.5 Tujuan Terapi Patah Tulang

Kesembuhan yang ingin dicapai oleh terapi ini adalah posisi tulang kembali seperti sediakala dan dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Adakalanya tulang dapat berfungsi kembali, tetapi bentuknya tidak seperti sebelumnya.

7. IEEE, Transactions on Biomedical Engineering, November 1992, hal 1170



GAMBAR 2-7⁸

ANATOMI MODEL COARTIAL DAN TRABECULAR

2. MIKROKONTROLER 89C52

Mikrokontroler 89C52 adalah anggota keluarga mikrokontroler MCS51 yang dirancang untuk keperluan aplikasi kontrol dalam industri. Mikrokontroler MCS-51 mempunyai banyak kelebihan dibandingkan dengan prosesor mikro biasa, diantaranya adalah adanya internal RAM, internal ROM, timer.

Mikrokontroler 89C52 dirancang dengan teknologi CMOS, sehingga dapat menghemat penggunaan daya yaitu dengan menurunkan frekwensi clock dari 12 MHz sampai

TABEL 2-1⁹

**DATA PENELITIAN TERAPI ELEKTRIS
MEMPERGUNAKAN METODE CAPACITIVE COUPLING**

Case	Age, Sex (Yrs.)	Location and Type of Fracture	Duration of Non-Union (Yrs.+Mos.)	Osteo myelitis	Prior Surgical Treatment	duration of Electrical Treatment (Wks.)	Time between Cessation of Electrical Tretment and Union (Wks.)
Recalcitrant non-union							
1	43,F	Ulna, open	3 + 5	No	Debrid.; bone graft x 2	46	0
2	16M	Carponavic, Schapoid,closed	1 + 4.5	No	Bone graft x 2	13	13
3	29,M	Tibia, open	1 + 10	No	Debrid.; bone graft x 2	29	0
4	39,M	Tibia, open	3 + 7	No	Debrid.; open reduc.; pins in plaster	29	5
5	28,M	Tibia, open	9 + 5	Yes	Debrid. x 3; Plate and screws; IM rod; bone graft x 2	27	0
6	38,F	Tibia, open	5 + 5	Yes	Debrid. x 5; Plate and screws; bone graft x 2	24	0
7	62,M	Tibia, open	14 + 9	Yes	Debrid. x 10; Plate and screws x 2; IM rod; bone graft x 3	36	0
8	43,M	Tibia, open	6 + 5	No	Debrid. x 2; screw fixat. x 2; bone graft	24	0
9	57,F	Tibia, open	1 + 10	No	Debrid.; bone graft	24	12
10	29,F	Clavicle, closed	2 + 8	No	Steinmann pin; bone graft	24	0
11	34,M	Tibia, open	1 + 6	Yes	Debrid. x 4; plate and screws; bone graft	25	12
12	61,F	Femur, closed	1 + 10	No	Plate and screws x 2; bone graft	31	0
13	24,F	Humerus, open	2 + 10	No	IM rod	25	10
14	39,F	Radius, closed	1 + 3	No		23	0
15	24,M	Humeral med., condyle,closed	0 + 10	No	Cancellous screws; bone graft; other	24	0
16	25,M	Tibia, closed	1 + 2	No	Hoffmann apparatus	24	12
17	34,F	Femur, closed	1 + 3	No	IM rod; bone graft	24	0
Routine non-unions							
18	34,F	Radius, open	1 + 8	No	Plate and screws	19	0
19	34,F	Ulna, open	1 + 8	No	Open reduc.	26	0
20	49,F	Tibia, open	0 + 11	No	Debrid.	22	17
21	36,F	Radius,closed	1 + 4	No	Plate and screws	12	0
22	56,F	Femoral, neck closed	1 + 3	No	Hip screw	15	0

9. Carl T. Brighton and solomon R. Pollack, Treatment of Recalcitrant Non-Union with a Capcitive Coupled Electrical Field, Vol 67-A, No.4, Journal of Bone and Joint Surgery Incorporated, April 1985, hal 577.

nilai berapapun, bahkan DC, tanpa mengalami kehilangan data atau register internal. Biasanya clock frekwensi yang digunakan adalah 11.0592 MHz.

89C52 juga memiliki fasilitas dua macam mode perangkat lunak, yaitu: Idle Mode, dimana CPU dibekukan tetapi serial port, timer, interrupt terus melaksanakan tugasnya dan Power Down Mode dimana RAM internal disimpan tetapi semua fungsi-fungsi lain tidak.

Untuk mengenal lebih jauh mikrokontroler MCS-51, dapat dilihat struktur arsitekturnya pada Gambar 2-8.

Mikrokontroler 89C52 memiliki konfigurasi sebagai berikut:

- Merupakan rancangan CMOS dengan daya rendah
- 8 bit Unit Pemroses Pusat (CPU)
- Memiliki fasilitas full duplex Universal Asynchronous Receiver. Transmitter yang dapat digunakan sebagai komunikasi serial dengan komputer.
- Memiliki tiga buah pewaktu/pencacah 16 bit.
- 5 sumber struktur interupsi dengan 2 tingkat prioritas.
- Memiliki On Chip Oscilator dan rangkaian clock.
- 32 jalur input output
- Memiliki RAM internal sebesar 256 byte.
- Memiliki ROM internal sebesar 8 kilobyte.
- 56K alamat untuk memori program eksternal
- 64K alamat untuk memori data eksternal

- Vss : Pin ground sumber tegangan
- Port 0 : Port 0 merupakan port input-output 8 bit dua arah. Port ini dapat digunakan sebagai multipleks bus ke alamat rendah dan bus data selama adanya akses ke memori program eksternal atau ke memori data eksternal.
- Port 1 : Port 1 merupakan port input-output 8 bit dua arah. Setiap pin dapat digunakan sebagai masukan atau keluaran tanpa tergantung dari pin lainnya.
- Port 2 : Port 2 merupakan port input-output 8 bit 2 arah. Port ini dapat digunakan sebagai bus alamat tinggi selama adanya akses ke memori program eksternal atau data eksternal.
- Port 3: Port ini merupakan port input-output 8 bit dua arah. Port ini berfungsi sebagai pin-pin istimewa bagi 89C52 yaitu sebagai berikut:
 - P3.0 (RxD) - Masukan penerimaan data serial
 - P3.1(TxD) - Keluaran pengiriman data serial
 - P3.2 (INT0) - Interupsi 0 eksternal
 - P3.3 (INT1) - Interupsi 1 eksternal
 - P3.4 (T0) - Masukan eksternal pewaktu/pencacah 0
 - P3.5 (T1) - Masukan eksternal pewaktu/pencacah 1
 - P3.6 (WR) - Strobe penulisan memori data eksternal.
 - P3.7 (RD) - Strobe pembacaan memori data eksternal.

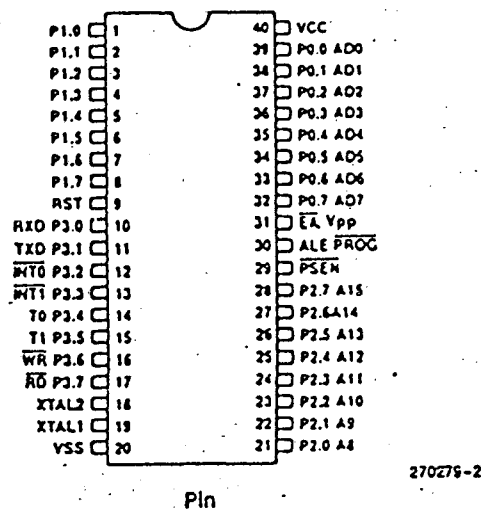
- RST/VPD. Pin ini berfungsi untuk mereset sistem 89C52. Perubahan taraf tegangan dari rendah ke tinggi akan mereset mikrokontroler.
- ALE/PROG. ALE (Address Latch Enable) digunakan untuk mengunci alamat rendah pada saat pengaksesan memori program eksternal selama operasi normal.
- PSEN. PSEN (Program Store Enable) adalah sinyal kendali yang menghubungkan memori program eksternal dengan bus selama operasi normal.
- EA/VDD. Untuk membedakan penggunaan memori program dan memori data eksternal atau internal. Bila dihubungkan dengan ground maka memori yang dapat diakses adalah memori eksternal, sedangkan bila dihubungkan dengan tegangan 5 volt DC maka memori yang diakses adalah memori internal. Untuk 89C52 maka pin ini dihubungkan dengan sumber tegangan 5 volt.
- XTAL1. Pin ini merupakan masukan ke penguat osilator berpenguat tinggi. Pin ini dihubungkan dengan kristal atau sumber osilator dari luar.
- XTAL2. Pin ini merupakan keluaran dari penguat osilator. Pin ini dihubungkan dengan kristal atau ground jika menggunakan sumber osilator eksternal.

2.2 Unit Pemroses Pusat (CPU)

Pada Gambar 2-10 memperlihatkan diagram blok

dari mikrokontroler keluarga MCS-51. Fungsi dari masing-masing blok pada gambar tersebut yaitu:

2.2.1 PC (Program Counter). PC merupakan register 16 bit yang digunakan untuk mengatur pengambilan instruksi yang akan dijalankan.



GAMBAR 2-9¹¹

KONFIGURASI PIN MIKROKONTROLLER 89C52

2.2.2 Dekoder instruksi. Bagian ini menerjemahkan setiap instruksi program dan membangkitkan sinyal yang akan mengatur fungsi dari setiap bagian pada CPU.

2.2.3 RAM Data Internal. RAM Data Internal yang dimiliki 89C52 sebesar 256 byte yang terdiri dari:

- Register Bank, yaitu terdapat empat buah

register bank terdiri dari 8 buah register (R0 - R7).

- 128 addressable bits, bagian ini berlokasi pada alamat 20H sampai 2FH.
- Stack dapat ditempatkan pada RAM data internal dengan jumlah stack sebesar RAM data internal tersebut.

2.2.4 Special Function Register. Register-register yang termasuk dalam register fungsi khusus ini adalah sebagai berikut:

- Register A, register ini berfungsi sebagai akumulator.
- Register B, register ini digunakan bersama register A untuk instruksi perkalian dan pembagian.

- Register Program Status Word (PSW)

Register ini meliputi bit-bit : carry (CY), auxiliary carry (AC), flag 0 (F0), pemilih register bank (RS0 dan RS1), over flow (OV) dan parity flag (P). Flag CY, AC dan OV pada umumnya menandakan keadaan dari operasi aritmatika yang terakhir. Flag P merupakan parity dari register A. Flag carry juga digunakan sebagai akumulator boolean untuk operasi bit. Dua bit pemilih register bank RS0 dan RS1 memungkinkan pengaksesan pada register bank yang berlainan, yaitu:

- (0,0) ----- Bank 0 (00H-07H)
 - (0,1) ----- Bank 1 (08H-0FH)
 - (1,0) ----- Bank 2 (10H-17H)
 - (1,1) ----- Bank 3 (18H-1FH)
- Penunjuk Stack (Stack Pointer/SP). SP adalah register 8 bit yang menunjukkan alamat dari data terakhir yang dimasukkan (push) ke stack, juga sebagai alamat data selanjutnya yang dikeluarkan (pop). Nilai SP akan bertambah selama push.
- Penunjuk Data (Data Pointer/DPTR). DPTR besarnya 16 bit yang terdiri dari penunjuk data tinggi (Data Pointer High/DPH) sebesar 8 bit dan penunjuk data rendah (Data Pointer Low/DPL) sebesar 8 bit. DPTR digunakan untuk pengalamatan register tak langsung untuk memindahkan konstanta-konstanta memori program eksternal, pemindahan data pada memori data eksternal dan untuk percabangan (branch) program sampai 64 Kilobyte.
- Port 0, 1, 2 dan 3. Empat buah port tersebut menghasilkan 32 jalur input-output untuk berhubungan keluar. Seluruh port dapat dialamati secara byte atau bit. Port 0 (P0) dan port 2 (P2) dapat digunakan untuk menambah jumlah memori luar. Port 3 berisi sinyal kontrol khusus seperti sinyal baca dan tulis. Port 1 (P1) hanya digunakan input-output.

- Register Prioritas Interupsi (Interupsi Priority Register/IP). IP berisi bit-bit kontrol untuk mengaktifkan interupsi pada taraf yang diinginkan.
- Register Penghidup Interupsi (Interupsi Enable Register/IE). IE menyimpan bit-bit untuk mengaktifkan lima sumber interupsi yang berisikan bit untuk menghidup/mematikan (enable/disable) setiap sumber interupsi.
- Register Mode pewaktu / Pencacah (Timer / Counter Mode Register atau TMOD). Salah satu kelebihan 89C52 dibandingkan dengan mikrokontroler lain dari keluarga yang sama adalah fasilitas timer/counter 16 bit sebanyak 3 buah. Pewaktu tersebut adalah Timer 0, Timer 1 dan Timer 2. Sebagai pewaktu isi registernya bertambah satu setiap siklus mesin. Sedangkan sebagai pencacah isi registernya bertambah satu setiap perubahan level dari high ke low pada pin T0, T1 dan T2.

Mode operasi yang disediakan untuk Timer 0 dan Timer 1 adalah sebanyak 4, yaitu mode 0, mode 1, mode 2 dan mode 3.

Timer 2 hanya terdapat pada 89C52, dimana timer 2 berfungsi sebagai pewaktu/pencacah dengan mengeset bit C/T2 pada SFR T2CON. Timer 2 beroperasi pada 3 mode, yaitu CAPTURE, AUTOLOAD dan BAUD RATE GENERATOR. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada

Tabel 2-2.

TABEL 2-2¹²

MODE OPERASI TIMER 2

RCLK+TCLK	CP/RL2	TR2	MODE
0	0	1	16-BIT AUTO RELOAD
0	1	1	16-BIT CAPTURE
1	X	1	BAUD RATE CENERATOR
X	X	0	(OFF)

- Register Kontrol Serial (Serial Control Register/SCON). SCON mempunyai bit-bit enable untuk penerimaan port serial. Pemilihan operasi dari port serial juga dilakukan dengan bit-bit pada register tersebut.

Kemampuan melakukan komunikasi serial secara full duplex dengan peralatan luar dilakukan dengan menggunakan standar kode ASCII, yaitu standar asynchronous frame. Untuk dapat melakukan komunikasi serial, diperlukan pengendali yang akan mengubah input/output dari/ke port serial 89C52 ke standar komunikasi RS-232C. Rangkaian pengendali digunakan dua buah transistor dengan beberapa komponen pasif yang harus dapat mengkonversikan level logika TTL 0 dan +5 Volt menjadi tegangan standar RS-232 yaitu minimum ± 3 Volt. komunikasi dapat dilakukan dengan kecepatan baud rate sampai maksimum 19,200.

 12. Microcontroller Handbook, (Sunnyvale:Advanced Micro Devices, 1988), p.2-2

Port serial dapat dioperasikan dalam 4 mode, yaitu:

* MODE 0 :

Serial data masuk dan keluar lewat RXD, TXD mengeluarkan shift clock. 8 bit transmit atau receive : 8 data bit (LSB dahulu). Baus rate adalah sebesar $1/12$ frekwensi penggetar.

* MODE 1 :

10 bit ditransmisikan (melalui TXD) atau diterima (melalui RXD) : Sebuah start bit (0), 8 data bit (LSB dahulu), dan sebuah stop bit (1). Saat penerimaan, stop bit masuk ke RB8 pada SFR SCON. Baud rate pada mode ini bervariasi.

* MODE 2 :

11 bit ditransmisikan (melalui TXD) atau diterima (melalui RXD) : sebuah start bit (0), 8 data bit (LSB dahulu), sebuah programmable data bit ke-9, dan sebuah stop bit (1). Saat transmisi, data bit ke-9 (TB8 di SCON) dapat ditandai dengan 0 atau 1. Baud rate dapat diprogram sebesar $1/32$ atau $1/64$ frekwensi penggetar.

* MODE 3 :

11 bit ditransmisikan (melalui TXD) atau diterima (melalui RXD) : sebuah start bit (0), 8 data bit (LSB dahulu), sebuah programmable data bit ke-9, dan sebuah stop bit (1). Pada kenyataannya, mode 3 sama persis dengan mode 2

kecuali baud ratenya. Baud rate pada mode 3 bervariasi.

Pada keempat mode, proses transmisi diawali oleh instruksi yang menggunakan SBUF sebagai register tujuan. Penerimaan diinisialisasi pada mode 0 dengan kondisi RI=0 dan REN=1. Penerimaan diinisialisasi pada mode mode lain setelah datangnya start bit jika REN=1.

2.2.5 Bagian Aritmatika. Bagian aritmatika dari prosesor membentuk beberapa fungsi manipulasi data yang dilaksanakan oleh ALU (Arithmetic Logic Unit), register A, B dan PSW.

2.2.6 Rangkaian Osilator. Rangkaian yang terdapat didalam serpih adalah rangkaian paralel anti resonansi dengan batas frekwensi mulai dari 1,2 Mhz sampai 12 MHz.

2.2.7 Prosesor Boolean. Prosesor boolean adalah prosesor bit yang berdiri sendiri, yang memiliki pasangan instruksi tersendiri, akumulator, bit RAM yang dapat dialamati (Bit addressable RAM) dan terminal masukan/keluaran. Prosesor boolean dapat juga membentuk operasi-operasi bit seperti set, clear, complement, jump-if-set, jump-if-not-set, jump-if-set-then-clear dan pemindahkan dari/ke carry.

2.3 Arithmetic Logic Unit

ALU dapat melakukan operasi-operasi aritmatika dan fungsi-fungsi logika dengan variabel-variabel 8 bit, seperti penambahan, pengurangan, perkalian, pembagian dan juga operasi-operasi logika AND, OR serta fungsi-fungsi lainnya seperti rotate, clear, complement, dan lain-lain. ALU juga dapat membuat keputusan kondisi suatu percabangan (Conditional Branching Decisions), dan memberikan data path serta register-register sementara yang digunakan untuk mentransfer data dalam sistem. Instruksi-instruksi lainnya dibuat dari fungsi-fungsi dasar ini.

Operasi-operasi dasar digabungkan dan dikombinasikan dengan logika yang diperlukan untuk membuat instruksi-instruksi kompleks seperti menaikkan (increment) register terpisah 16 bit. ALU juga dapat memanipulasi 1 bit data sama baiknya dengan 8 bit data. Bit-bit tunggal dapat di-set, cleared, complement, di-test dan digunakan dalam komputasi logika. ALU dengan kemampuan yang tinggi ini menyebabkan 89C52 dapat melakukan operasi kontrol secara real-time dan algoritma data yang intensif. Operasi-operasi terpisah sebanyak 51 buah memindahkan dan memanipulasi tiga tipe data yaitu boolean (1 bit), byte (8 bit) dan

address (16 bit). Ada sebelas mode pengalamatan, yaitu tujuh untuk data dan empat untuk kontrol urutan program. Operasi-operasi umumnya membolehkan beberapa mode pengalamatan.

3. LIQUID CRYSTAL DISPLAY (LCD)

LCD adalah modul display yang telah umum digunakan, karena mudah digunakan, sanggup menampilkan karakter ASCII yang tidak dapat ditampilkan oleh display lain, ukuran yang kecil sehingga mudah ditempatkan dalam rangkaian.

TABEL 2-3¹³

Simbol	Nama	Alamat
ACC	Akumulator	0E0H
B	Register B	0F0H
PSW	Program Status Word	0D0H
SP	Penunjuk Stack	081H
DPTR	Penunjuk Data 2 byte	082H
DPL	Byte Rendah	083H
DPH	Byte Tinggi	084H
P0	Port 0	080H
P1	Port 1	090H
P2	Port 2	0A0H
P3	Port 3	0B0H
IP	Kontrol Prioritas Interupsi	0B8H
IE	Kontrol Pemungkin Interupsi	0A8H
TMOD	Kontrol Mode Pewaktu/Pencacah	089H
TCON	Kontrol Pewaktu/Pencacah	088H
TH0	Pewaktu/Pencacah 0 byte Tinggi	08CH
TL0	Pewaktu/Pencacah 0 byte Rendah	08AH
TH1	Pewaktu/Pencacah 1 byte Tinggi	08DH
TL1	Pewaktu/Pencacah 1 byte Rendah	08BH
SCON	Kontrol Serial	088H
SBUF	Penyangga Data Serial	099H
PCON	Kontrol Power	087H

13. Microcontroller Handbook, (Sunnyvale:Advanced Micro Devices, 1988), p.2-2

3.1 Beberapa Tipe Modul LCD

LCD terbagi dalam tiga tipe, yaitu:

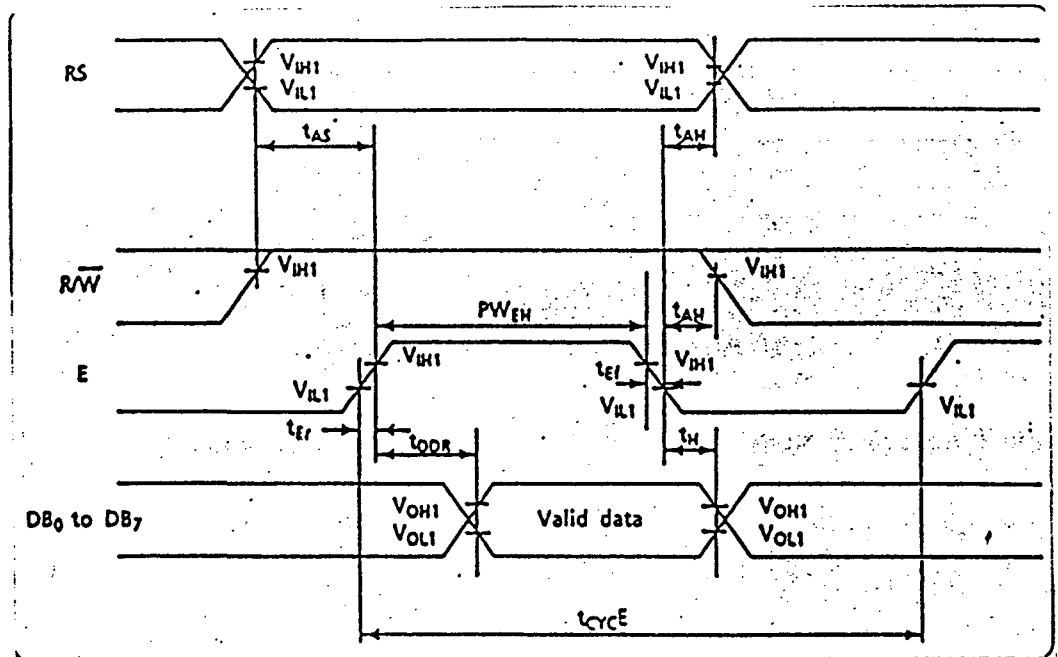
1. Tipe Panel (Panel LCD)
2. Tipe Karakter (Character LCD)
3. Tipe Grafik (Graphic LCD)

Pembagian LCD ini berdasarkan modul tampilan yang dihasilkan. Tipe panel dapat disetarakan dengan piranti seven segment. Tipe karakter dibatasi untuk menghasilkan tampilan dalam kode ASCII, yang terdiri dari sel (5x7) dot atau (5x11) dot untuk tiap karakter. Tipe grafik adalah tipe LCD yang paling mahal dibandingkan tipe lainnya, karena tipe ini berorientasi pada tiap sel, seperti yang digunakan pada komputer NOTEBOOK.

Sel-sel LCD tidak dapat dikemudikan begitu saja oleh tegangan logika dari input-output, karena itulah diperlukan IC khusus yang telah menjadi kelengkapan tiap modul LCD, kecuali untuk tipe panel. Hubungan antara I/O dan LCD ini harus difabrikasi secara khusus dalam Very Large Scale Integration (VLSI) tertentu. Semua tipe LCD siap dipakai tanpa harus menambahkan buffer.

3.1.1 LCD Tipe Karakter. LCD tipe ini harganya lebih murah bila dibandingkan dengan LCD tipe grafik, tapi kemampuan yang dimilikinya mampu

memenuhi keinginan pengguna display pada umumnya. LCD ini dapat dengan mudah dihubungkan ke CPU 4-bit atau 8-bit. Selain itu juga memiliki ROM yang berfungsi sebagai character generator dan RAM yang dapat dimanfaatkan untuk mendefinisikan karakter baru sesuai keinginan pemrogram.



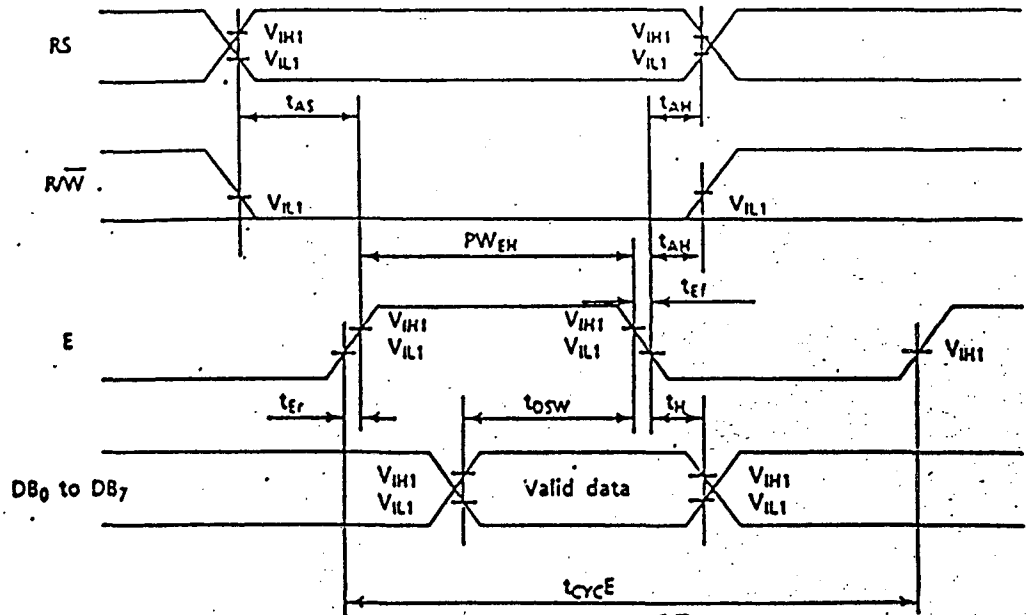
GAMBAR 2-10¹⁴

TIMING DIAGRAM UNTUK OPERASI READ DATA

Beberapa instruksi dimiliki oleh modul LCD ini, contohnya : read/write data, shift display, shift cursor, on/off cursor, blink character, clear display, home cursor.

Modul LCD tipe karakter ini membutuhkan rangkaian pengalamatan berdasarkan kontrol RD dan WR (Read

dan Write data) dengan IORQ (instruksi input-output request) dan butuh inisialisasi didalam program. Pemrosesan instruksi read dan write data memiliki aturan timing bus standard. Gambar 2-10 dan 2-11 menunjukkan timing diagram operasi read dan write modul LCD.



GAMBAR 2-11¹⁵

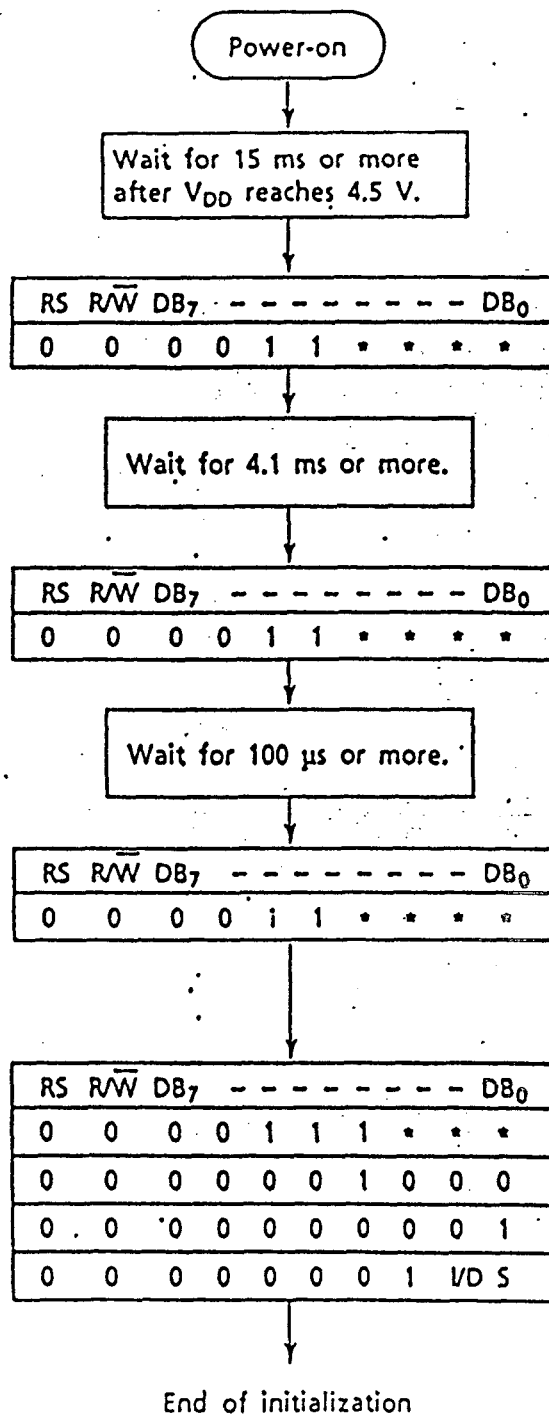
TIMING DIAGRAM UNTUK OPERASI WRITE DATA

Bila transfer data dilakukan dengan hanya menggunakan 4 bit, maka transfer data perlu dilakukan dua kali. Mula-mula yang ditransfer adalah 4 bit upper kemudian 4 bit lower. Data 4 bit tersebut dilakukan pada bus data DB7 - DB4. Bila transfer data menggunakan seluruh bit yang tersedia, yaitu 8 bit maka transfer data dilakukan sekali saja. Tabel 2-4 menunjukkan fungsi dan

jumlah jalur dari modul LCD.

GAMBAR 2-12¹⁶

BAGAN ALIR INISIALISASI LCD



TABEL 2-4¹⁷

FUNGSI PIN MODUL LCD

No	Symbol	Level	Function	
1	Vss	-	Power Supply	0V (GND)
2	Vcc	-		5V \pm 10 %
3	Vcc	-		for LCD Drive
4	RS	H/L	H: Data input L: Instruction Input	
5	R/W	H/L	H: Data Read L: Data Write	
6	E	H,H/L	Enable Signal	
7	DB0	H/L	Data Bus Line	
8	DB1	H/L		
9	DB2	H/L		
10	DB3	H/L		
11	DB4	H/L		
12	DB5	H/L		
13	DB6	H/L		
14	DB7	H/L		
15	V+BL	-	Back Light Supply	4 - 4.2V 50 - 200mA
16	V-BL	-		0V (GND)

Inisialisasi LCD harus dilakukan sesuai dengan flowchart seperti yang tampak pada gambar 2-12. Pengisian data yang sama dilakukan tiga kali berurutan dengan selang waktu yang berbeda, yaitu 15 milidetik, 4,1 milidetik dan 100 mikrodetik. Tujuan dari penulisan data yang berurutan ini adalah agar "Busy Flag" (BF) dari modul LCD ini dapat dibaca. Bit ini berguna untuk penulisan data yang berurutan, bila penulisan data pertama telah ditransfer maka penulisan data berikutnya harus

17. Ibid, hal 2

menunggu sampai bit ini memberi tanda siap untuk menerima data berikutnya.

TABEL 2-5¹⁸

INSTRUKSI SET LCD

INSTRUKSI	KODE									
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Clear Display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Cursor at Home	0	0	0	0	0	0	0	0	1	x
Entry Mode Set	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S
Display ON/OFF	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B
Cursor/Display Shift	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	x	x
Set Fungsi	0	0	0	0	1	DL	N	F	x	x
Baca Busy Flag	0	1	BF	Counter Alamat						
Tulis Data	1	0	Data Karakter yang ditulis							
Baca data	1	1	Data Karakter yang dibaca							

Tabel 2-5 memperlihatkan instruksi-instruksi yang terdapat dalam modul LCD. Instruksi ini dapat dimanfaatkan secara bebas untuk menghasilkan tampilan yang bagus sesuai dengan keinginan pemakai. Instruksi ini biasanya diikuti dengan kode biner yang mewakili karakter yang tersedia oleh modul LCD. Kode-kode biner yang tersedia untuk menghasilkan karakter dapat dilihat pada Tabel 2-6.

Keterangan untuk Tabel 2-5:

I/D : Arah gerakan cursor

1 - Increment (cursor bergerak ke kanan)

- 0 - Decrement (cursor bergerak ke kiri)
- S : Display digeser atau tidak
 - 1 - Dengan display shift
 - 0 - Tanpa display shift
- D : Display
 - 1 - Display ON
 - 0 - Display OFF
- C : Cursor
 - 1 - Cursor ON
 - 0 - Cursor OFF
- B : Blink (kedip)
 - 1 - Cursor yang ON berkedip
 - 0 - Cursor yang ON tidak berkedip
- S/C : 1 - Display digeser
 - 0 - Cursor digerakkan
- R/L : 1 - Geser ke kanan
 - 0 - Geser ke kiri
- DL : Panjang data
 - 1 - Panjang data 8 bit
 - 0 - Panjang data 4 bit
- N : Jumlah baris display
 - 1 - 1/16 duty
 - 0 - 1/8 dan 1/11 duty
- F : karakter font
 - 1 - [5x10] dot
 - 0 - [5x7] dot

TABEL 2-6¹⁹
BENTUK KARAKTER LCD

Upper bit 4 bit Lower bit 4 bit	0000	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1010	1011	1100	1101	1110	1111
xxxx0000	CG RAM (1)		0	1	P	~	P		—	9	3	0	D
xxxx0001	(2)	!	1	A	0	a	9	„	7	7	4	ä	q
xxxx0010	(3)	"	2	B	R	b	r	ƒ	ı	ı	ı	ß	ö
xxxx0011	(4)	#	3	C	S	c	s	ı	ı	ı	ı	æ	ø
xxxx0100	(5)	\$	4	D	T	d	t	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx0101	(6)	%	5	E	U	e	u	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx0110	(7)	&	6	F	V	f	v	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx0111	(8)	'	7	G	W	g	w	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx1000	(1)	(8	H	X	h	x	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx1001	(2))	9	I	Y	i	y	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx1010	(3)	*	:	J	Z	j	z	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx1011	(4)	+	;	K	C	k	c	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx1100	(5)	,	<	L	*	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx1101	(6)	—	=	M	I	m	i	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx1110	(7)	.	>	N	^	n	^	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx1111	(8)	/	?	O	_	o	_	ı	ı	ı	ı	ı	ı

19. Ibid, hal 11

4. OPTO COUPLER

Nama lain dari opto coupler adalah opto isolator. Dioda pemancar cahaya dan detektor peka cahaya merupakan bagian penting dari opto coupler. Dalam bentuknya yang paling sederhana opto coupler terdiri dari sebuah LED infra merah yang secara optik dihubungkan dengan, tetapi secara listrik diisolasikan dari phototransistor. Isolasi listriknya bisa menyampai 5 kV diantara masukan dan keluaran, sehingga merupakan peranti ideal untuk penerapan interface yang mengharuskan rangkaian kendali diisolasikan dari pencatu daya utama. Kelebihan lainnya adalah kekebalannya yang bagus terhadap desah karena isyarat tunggal-moda di masukan tidak akan menyebabkan LED beroperasi.

Isolasi peranti dapat berupa udara, gelas, plastik atau serat optik. Sedangkan detektornya dapat berupa photodiode, phototransistor, phototriac dan lain-lain.

5. OSCILLATOR

Rangkaian osilator ini mempergunakan rangkaian jembatan Wien. Osilator jembatan Wien terdiri atas penguat dengan umpan balik yang melalui jaringan penentu frekwensi berupa suatu jaringan geser fasa CR. Frekwensi rangkaian ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$f = (1/2\pi)RC^{20}$$

Untuk memantapkan output amplitudo gelombang sinus diadakanlah lintasan umpan balik negatif. Umpan balik negatif ini diperoleh dengan memasang dua buah dioda secara paralel dengan resistor umpan balik. Fungsi dari dioda ini adalah untuk memantapkan amplitudo output, jika amplitudo output meningkat maka dioda-dioda menghantar dan menurunkan penguatan.

6. SWITCH ANALOG 4066

Cara kerja IC ini adalah sebagai berikut:

tegangan supply diatur antara 3V sampai 15V. Tegangan supply ada 2 macam yaitu positif dan negatif terhadap ground. VDD adalah input untuk tegangan positif sedangkan VSS untuk tegangan negatif. Ada dua kemungkinan input tegangan supply ini, yaitu:

- Bila tegangan VSS langsung dihubungkan dengan ground maka tegangan VDD maksimum 15V terhadap ground.
- Bila tegangan VSS dihubungkan tegangan supply negatif maka tegangan VDD terhadap VSS (bukan ground) maksimum 15V.

Perbedaan tegangan VSS seperti tersebut diatas adalah bila memakai tegangan AC maka VSS harus

dihubungkan dengan tegangan negatif, bila VSS diground maka tegangan yang melewati IC ini hanya dapat dilewati oleh tegangan positif saja. Amplitudo tegangan AC tidak boleh melewati harga tegangan VDD ataupun VSS, bila tidak maka amplitudo tegangan yang melebihinya akan terpancung.

Setiap IC memiliki 4 pin yang dapat dipakai untuk mengontrol switch mana yang di-on-kan. Tegangan yang diperlukan untuk mengaktifkan pin kontrol ini tidak boleh terlalu kecil, dari percobaan yang telah dilakukan sebaiknya tidak lebih kecil dari $VDD-2$, akan lebih baik lagi bila dapat sama dengan tegangan VDD.