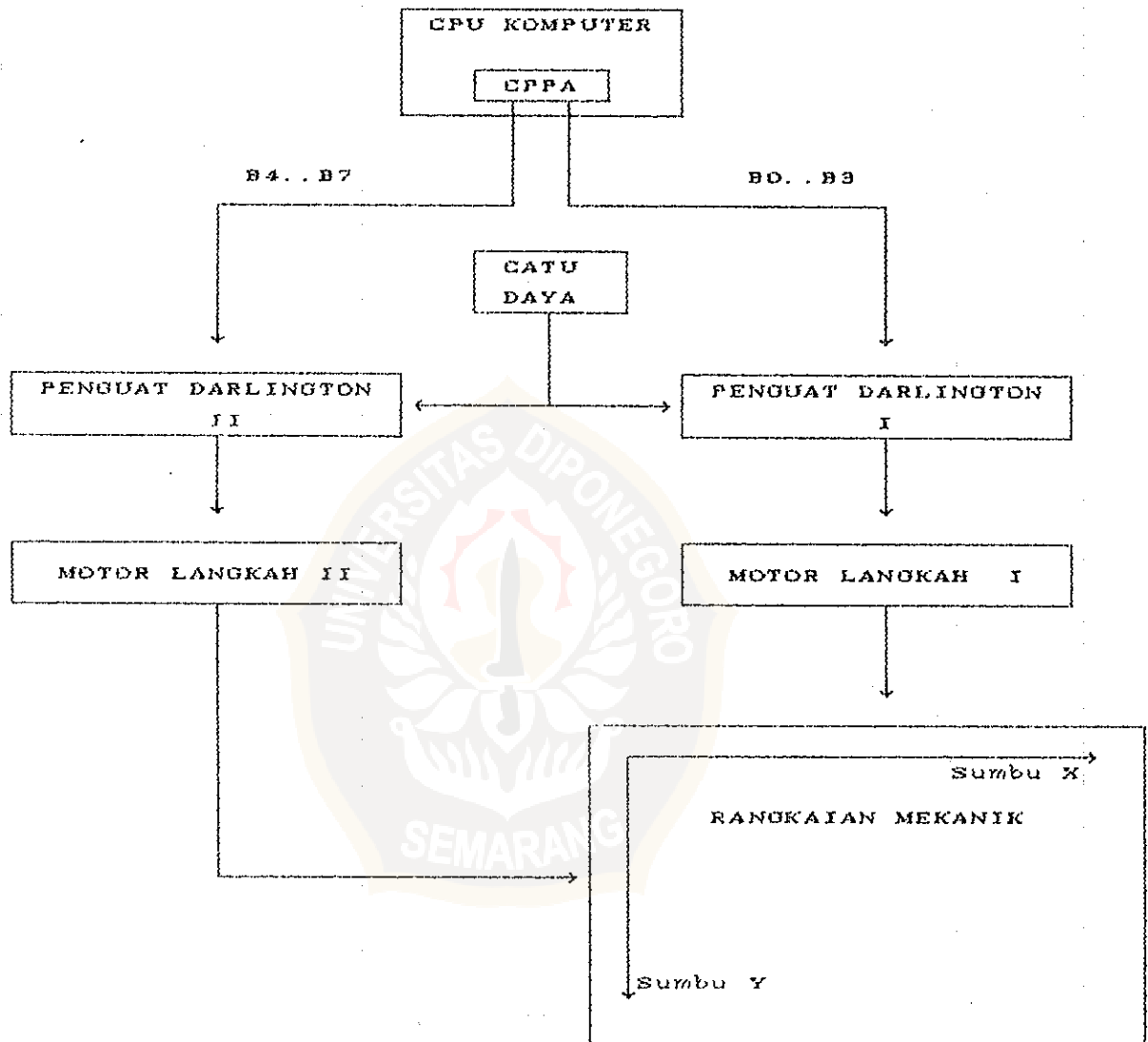


BAB III PERANCANGAN ALAT

3.1. Perangkat Keras



Gambar 3.1. Blok Rangkaian Penggerak Sensor

3.1.1. *Card Parallel Printer Adapter (CPPA).*

Seperti telah dijelaskan di atas bahwa hampir semua jenis komputer pribadi dilengkapi dengan sarana untuk menghubungkan antara komputer dengan peralatan lain sebagai penunjang yaitu *Card Parallel Printer Adapter (CPPA)*. CPPA ini umumnya digunakan untuk menghubungkan antara komputer dengan printer, tetapi dalam skripsi ini CPPA difungsikan untuk keperluan lain yaitu untuk menggerakkan dua buah motor langkah yang dikopel pada rangkaian mekanik untuk menggerakkan dua buah lengan ke arah sumbu X dan sumbu Y.

CPPA terdiri dari 25 pin/kaki, delapan diantaranya adalah sebagai output atau keluaran, yaitu pada bit B0..B7. Delapan bit keluaran ini menempati posisi pada kaki ke-2 sampai ke-9, dan sebagai ground pada kaki ke-18 sampai dengan ke-25 pada konektor D-Shell. Dari delapan bit keluaran ini dibagi menjadi dua bagian yang masing-masing terdiri dari empat bit, yaitu bagian pertama pada bit B0..B3 yang akan menggerakkan motor I dan bagian kedua pada bit B4..B7 yang akan menggerakkan motor II, dan sebagai ground dapat diambil dari salah satu bit antara kaki ke-18 sampai ke-25.

Dari kedelapan bit keluaran ini, masing-masing mempunyai tegangan keluaran sebesar 5 Volt dan arus sebesar antara 69,5 - 70,5 mA. Dengan kondisi

seperti ini belum mampu untuk mengoperasikan kedua motor langkah, untuk itu perlu dikuatkan lebih dulu. Hal ini dapat ditangani dengan menggunakan penguat darlington yang akan menguatkan arus dan tegangan keluaran dari CPPA yang belum mampu untuk mengoperasikan kedua motor langkah tadi. Dalam hal ini penguatan dilakukan terhadap semua bit keluaran dari CPPA.

3.1.2. Perancangan Penguat Darlington.

Sinyal keluaran dari bit-bit CPPA ini merupakan masukan bagi penguat darlington. Penguat menggunakan delapan pasang transistor yang masing-masing terdiri dari satu transistor BD 242 dan satu transistor BD 138. Setiap pasang transistor dipasangkan secara hubungan darlington dua transistor, dan setiap pasang ini digunakan untuk penguatan setiap masukan pada motor langkah. Rangkaian penguat tersebut terlihat pada gambar 3.2.

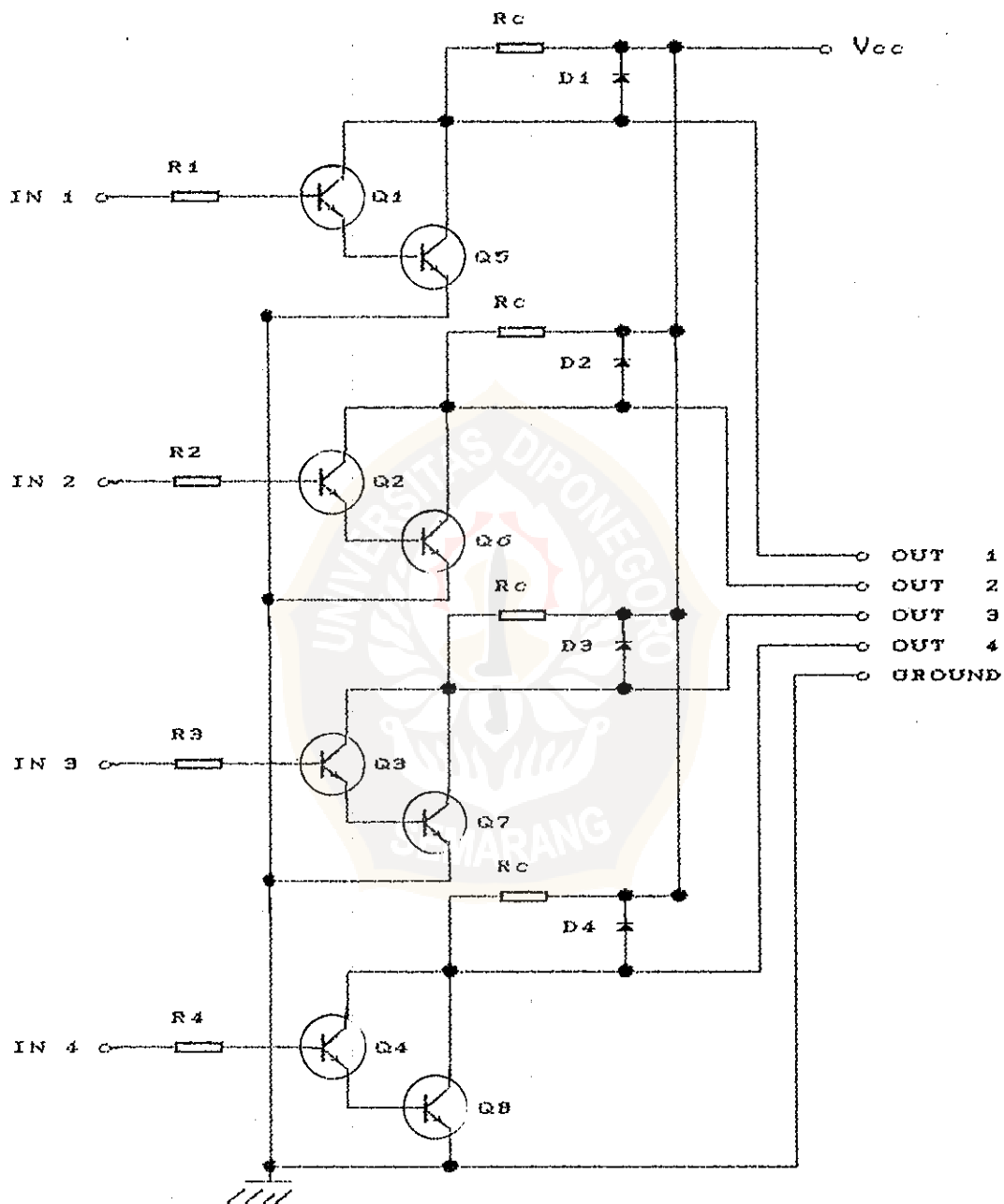
Dari gambar 3.2. dapat dilihat

$$\begin{aligned}
 I_{C_2} &= \beta_2 i_{B_2} \\
 &= \beta_2 i_{E_1} \\
 &= \beta_2 (1 + \beta_1) i_{B_1}
 \end{aligned}$$

Akibatnya kedua transistor dapat dianggap sebagai satu transistor dengan penguatan arus

sebesar :

$$\beta_{tot} = \beta_2 (1 + \beta_1) \approx \beta_2 \beta_1$$



Gambar 3.2. Rangkaian Penguat Darlington

Dalam rangkaian penguat diambil nilai $R_1..R_4$ adalah 100 ohm dan R_c adalah 100 ohm sedangkan dioda $D_1..D_4$ adalah 1N4001 yang dalam rangkaian ini berguna untuk menyalurkan lonjakan tegangan tinggi kembali ke catu daya agar transistor tidak cepat rusak. Lonjakan tegangan ini terjadi saat pengosongan arus pada setiap kumparan. Kedua transistor mempunyai faktor penguatan arus sebesar 100, sehingga untuk kedua transistor yang dihubungkan darlington mempunyai faktor penguatan arus sebesar 10^4 .

Dari rangkaian diatas dapat diuraikan sedikit tentang penguatan dari penguat darlington di atas sebagai berikut

$$\beta_{tot} = 10^4$$

$$R_{it} = h_{ie_1} + (1 + \beta_1)h_{ie_2}$$

$$h_{ie_1} = r_{b_1} + (1 + \beta_1) r_{e_1} \quad r_{b_1} = r_{b_2} = 25 \Omega$$

$$h_{ie_2} = r_{b_2} + (1 + \beta_2) r_{e_2} \quad r_{e_2} = 25/I_{E_2}$$

$$I_{E_2} + I_{C_2} = \frac{V_{cc} - V_{ce}}{R_c}$$

$$I_{C_2} = \frac{12}{100} = 120 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned} h_{ie_2} &= 25 + (101) 25 / 120 \\ &= 46 \Omega \end{aligned}$$

$$I_{C_1} = 120 / 100 = 1,2 \text{ mA} = I_{B_2}$$

$$I_{C_1} = I_{E_1}$$

$$\begin{aligned} h_{ie_1} &= 25 + (101) 25 / 1,2 \\ &\approx 2 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{i1} &= h_{ie_1} + (1 + \beta_1)h_{ie_2} \\ &= 6,6 \text{ K}\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_v &= \frac{V_o}{V_i} = K_i \frac{R_o}{R_i} \\ &= 10^4 \frac{100}{6,6 \cdot 10^3} \\ &\approx 151 \end{aligned}$$

Rangkaian penguat darlington ini dapat bekerja untuk mengoperasikan motor langkah pada tegangan catu antara 10 - 24 volt. Agar rangkaian penguat ini dapat bekerja dengan baik dibutuhkan tegangan input stasioner sebesar 1,4 volt (Malvino,1986). Dengan tegangan masukan dari komputer sebesar 5 volt sudah lebih dari cukup untuk memicu penguat darlington, karena $V_{be(sat)}$ dari transistor daya rendah hanya sekitar 0,1 volt (Malvino,1986). Jadi transistor ini bekerja pada daerah aktif.

3.1.3. Perancangan Rangkaian Mekanik

Rangkaian mekanik ini akan menggerakkan dua buah lengan yang masing-masing akan bergerak ke arah sumbu X dan sumbu Y. Dari kedua lengan ini setiap lengan digerakkan oleh sebuah motor langkah.

Agar motor langkah dapat menggeser lengan, baik sepanjang sumbu X maupun sumbu Y maka motor langkah ini akan dihubungkan dengan batang ulir dengan menggunakan empat buah roda gigi sebagai penghubung, yaitu dua buah roda gigi besar dilekatkan pada kedua motor langkah dan dua buah roda gigi yang kecil dilekatkan pada kedua batang ulir. Putaran dari motor langkah akan memutar batang ulir, sedang pada lengan telah dipasangkan sebuah baut yang sesuai dengan batang ulir. Karena batang ulir dibuat pada kondisi diam maka putaran dari batang ulir ini akan menggeser baut yang terpasang pada lengan. Dengan bergesernya baut berarti lengan juga akan bergeser. Satu putaran batang ulir akan menggeser baut sejauh 1,46 mm. Sedangkan satu putaran dari motor langkah (200 step) akan memutar batang ulir sebanyak 3,75 kali, karena perbandingan jumlah gigi pada roda gigi besar yang terpasang pada motor langkah dan jumlah gigi pada roda gigi kecil yang terpasang pada batang ulir adalah 60 : 16. Dengan demikian dapat dibuat suatu persamaan matematis untuk perubahan

gerak dari rotasi ke translasi, yaitu sebagai berikut :

$$\text{Step} = \frac{R_M}{R_B} \frac{P_B}{S}$$

dimana : Step = jarak yang ditempuh untuk 1 step putaran motor langkah (mm/step)

R_M = Jumlah gigi pada roda gigi motor langkah

R_B = Jumlah gigi pada roda gigi batang ulir

P_B = Jarak pergeseran untuk 1 putaran batang ulir (mm)

S = Jumlah step motor langkah

Sedangkan untuk memperoleh jumlah step untuk menempuh 1 mm dapat dituliskan persamaannya sebagai berikut :

$$\text{mm} = \frac{R_B}{R_M} \frac{S}{P_B}$$

dimana mm = Step yang dibutuhkan untuk menempuh jarak translasi 1 mm (step/mm)

Dari nilai-nilai di atas dapat dibuat suatu hubungan untuk setiap step dari motor langkah akan menempuh jarak 0,027 mm. Untuk bisa menempuh jarak 1 mm berarti motor harus berputar sebanyak 37 step. Dengan demikian untuk bisa menggeser lengan sejauh 20 cm baik pada arah sumbu X maupun sumbu Y diperlukan 7306 step dari putaran motor langkah.

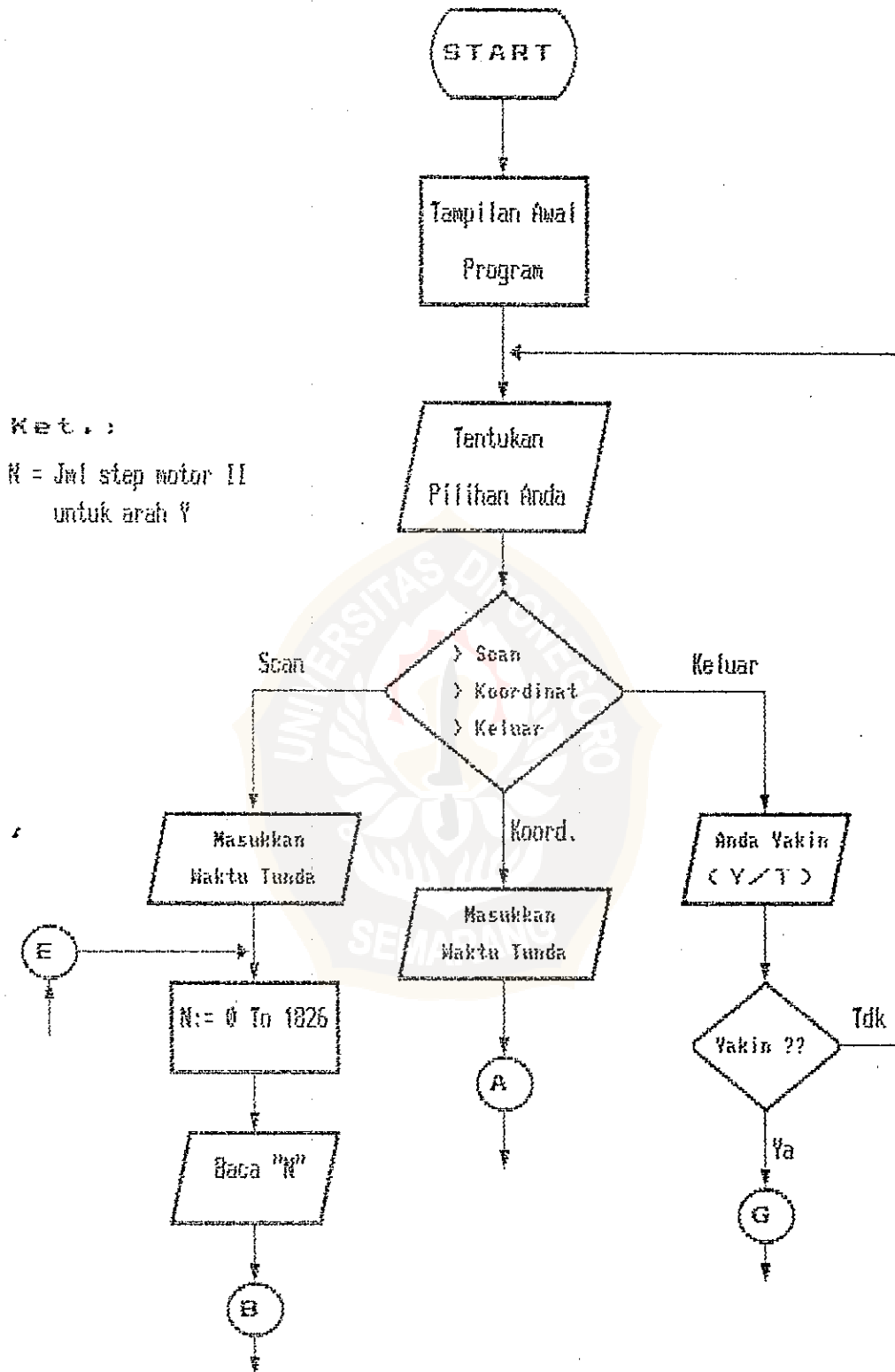
3.2. Perangkat Lunak.

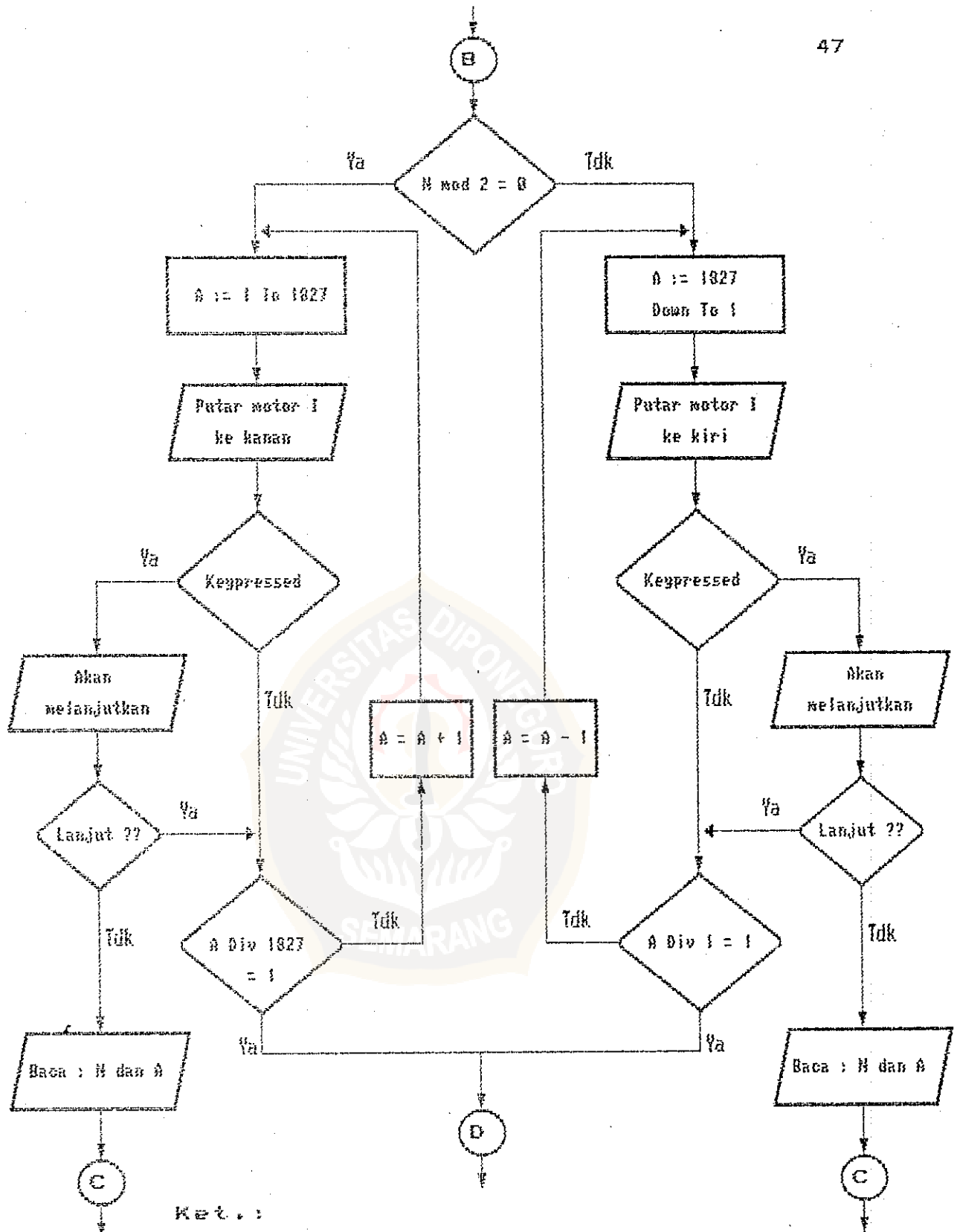
3.2.1. Diagram Alir

Diagram alir merupakan skema atau urutan kerja dari suatu program yang akan dibuat. Diagram alir dibuat untuk mempermudah seorang pembuat program (*programer*) dalam membuat sebuah program. Untuk program-program yang kecil dan singkat dimungkinkan tidak banyak menemui kesulitan meskipun tanpa membuat diagram alir terlebih dahulu. Tetapi untuk program-program yang lebih panjang dan rumit seorang pembuat program akan menemui banyak kesulitan apabila tidak membuat diagram alir terlebih dahulu. Dengan membuat diagram alir seorang pembuat program akan dapat mengantisipasi segala sesuatu yang harus dibuat dalam program, sehingga program akan lebih terstruktur.

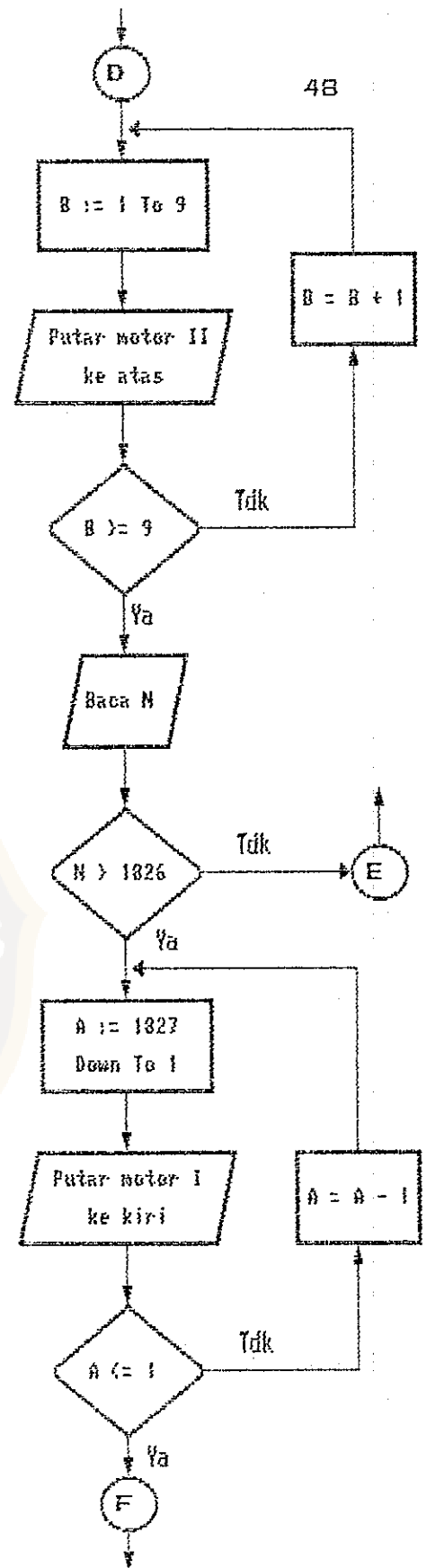
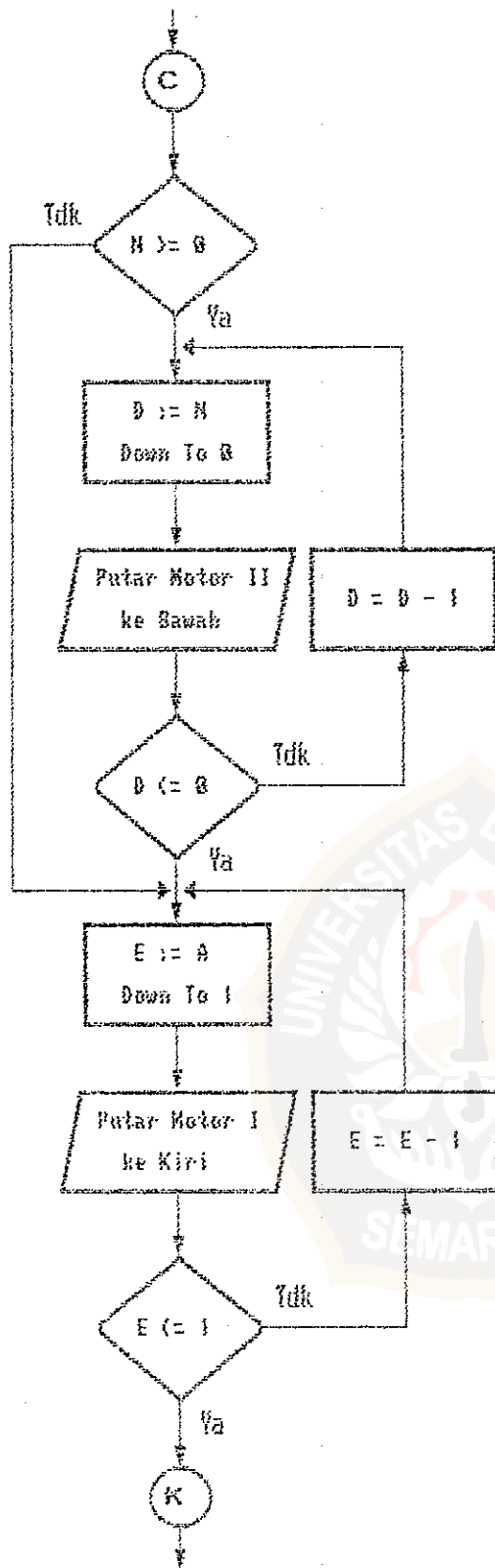
Dalam pembuatan program untuk pengoperasian dua buah motor langkah sebagaimana yang menjadi tujuan dalam skripsi ini, telah dibuat diagram alir yang menggambarkan urutan kerja dari program utama.

Tahap pertama merupakan tampilan awal dari program yaitu pilihan operasi yang dapat ditentukan oleh operator. Diagram alir untuk program tersebut adalah sebagai berikut :



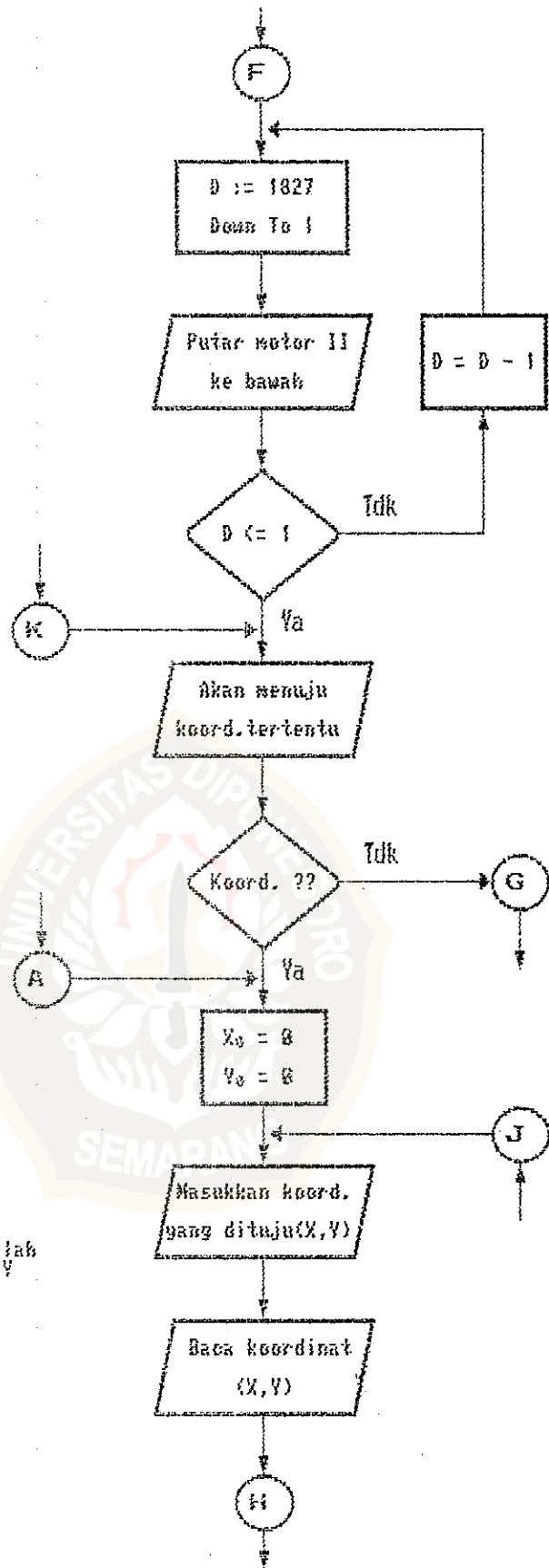


Ket. :
 A = Jml step motor I
 untuk arah X

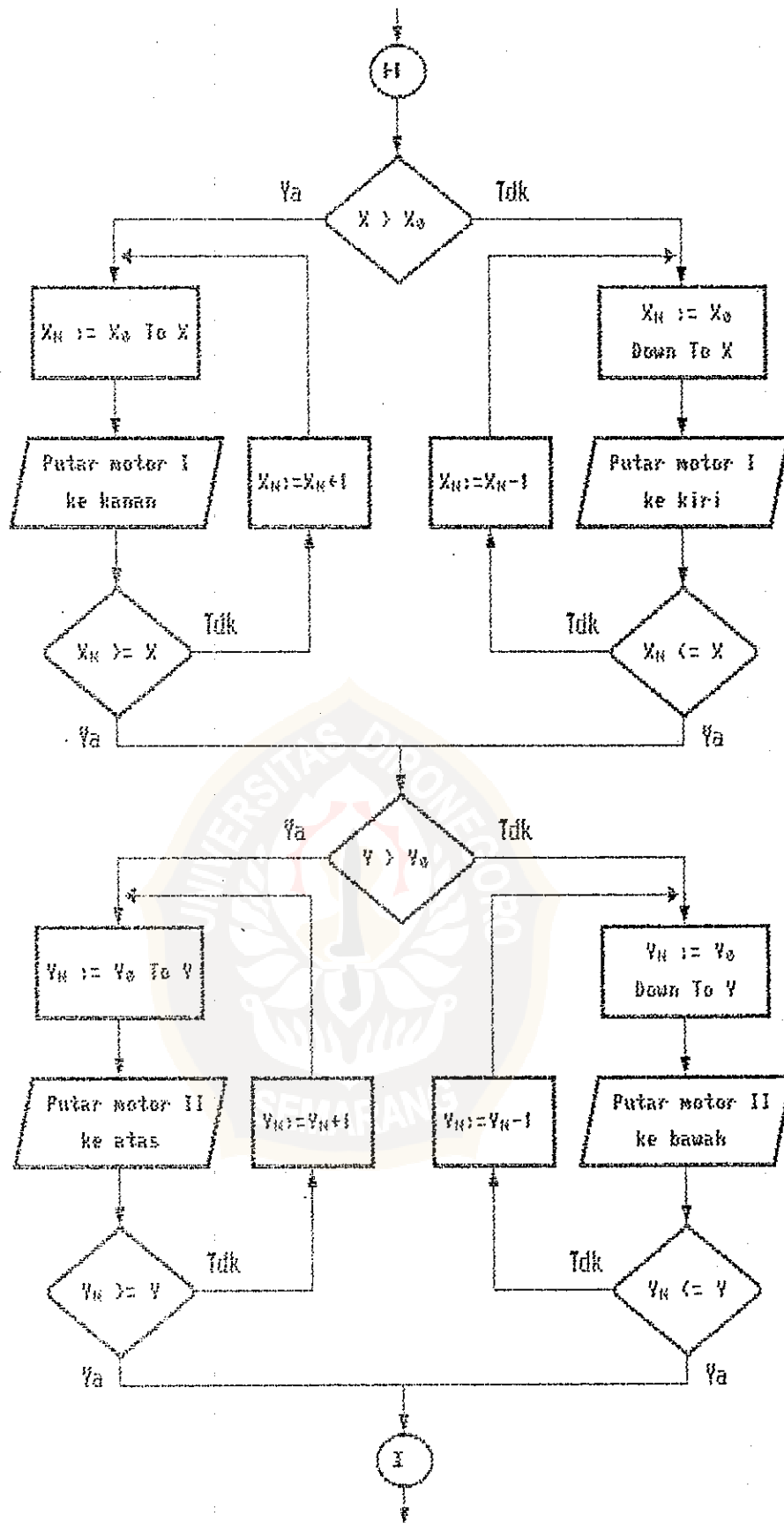


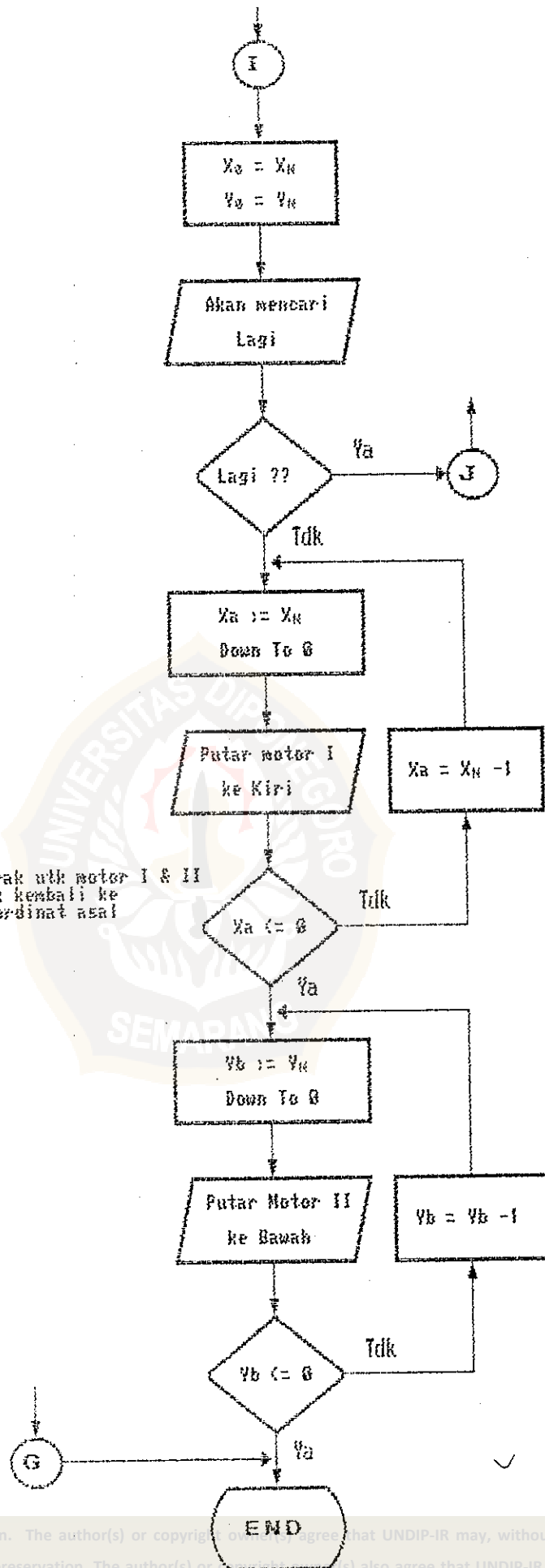
Ket. :

- B = Jml step motor II utk menempuk 1 mm
- D = Jml step motor II utk kembali ke awal
- E = Jml step motor I utk kembali ke awal



K ≡ t. :
 X_0, Y_0 = Koord. asal
 X_k, Y_k = Koord. setelah menempuh X, Y





Ket. :

Xa, Yb = Jarak utk motor I & II
utk kembali ke
koordinat asal

3.2.2. Program Pengoperasian Kedua Motor Langkah

Pada perancangan perangkat lunak ini dalam tampilan awal program setelah dijalankan akan menampilkan menu pilihan, sehingga operator dapat menentukan pilihan operasi yang akan dilakukan. Pada menu pilihan ini akan menampilkan pilihan operasi *scanning*, menuju koordinat tertentu (X,Y) atau akan keluar. Pada menu ini operator tinggal menekan huruf depan dari pilihan maka program akan melakukan operasi sesuai dengan pilihan operator.

Jika operator menentukan pilihan *scanning* maka program akan melakukan operasi *scanning* dari koordinat (0,0) menuju ke (200,0) kemudian naik 1 mm ke (200,1) dan kembali ke koordinat (0,1) dan seterusnya sampai pada koordinat (200,200). Apabila selama program bekerja kemudian ditekan sembarang tombol maka operasi akan berhenti, jika operator tidak ingin meneruskan *scanning* maka tinggal menekan tombol "T" maka koordinat titik potong antara lengan sumbu X dan lengan sumbu Y akan kembali ke koordinat (0,0).

Seandainya operator memilih operasi menuju pada koordinat tertentu maka operator diminta untuk menentukan koordinat yang akan dituju (X_n, Y_n). Setelah operator memberikan koordinat yang dituju maka program akan memberikan perintah pada komputer untuk melakukan operasi memutar kedua

motor agar kedua lengan bergerak menuju pada koordinat yang diinginkan.

Dengan menggunakan perangkat lunak/program Turbo Pascal yang dilengkapi dengan fasilitas pengalamatan berupa port dapat digunakan untuk meraih suatu alamat pada CPPA, yaitu dengan alamat 378H. Dengan memberikan nilai tertentu pada port alamat yaitu port [378], oleh perangkat lunak nilai tersebut akan berlaku sebagai keluaran dari komputer ke perangkat antar muka yang dalam hal ini CPPA.

CPPA yang terdiri dari 25 kaki akan diambil 8 bit keluaran (B0..B7) dan sebuah ground. 8 bit keluaran ini akan dibagi menjadi dua bagian yang masing-masing terdiri dari 4 bit yang akan menggerakkan sebuah motor langkah. Karena motor langkah dapat beroperasi jika ada masukan arus secara bergantian dan teratur antara bit ke-1 sampai dengan bit ke-4, maka keluaran dari CPPA juga harus dibuat agar memberikan nilai keluaran yang bergantian dan teratur.

Dalam hal ini B0..B7 digunakan untuk mengoperasikan motor I dan B4..B7 untuk mengoperasikan motor II. Dengan memberikan nilai yang besarnya 2^n yang mengikuti perintah port maka akan diperoleh nilai keluaran seperti yang diharapkan yaitu untuk mengoperasikan motor

langkah. Dalam hal ini n merupakan bilangan bulat antara 0 sampai 7.

Dengan menggunakan fungsi 2^n , berarti akan bernilai real. Padahal pada alamat 378H tidak mengenal bilangan real tetapi hanya mengenal bilangan desimal yang bulat/integer, sehingga untuk pengalamatan harus menggunakan bilangan integer. Fungsi tersebut dapat diubah dalam bentuk lain dengan menggunakan fasilitas yang tersedia pada Turbo Pascal yang berupa struktur perulangan "For", sehingga didapat :

```
Function MotorI(p,q : byte):integer;
Motor := 1;
For I := 1 To q Do
Motor := Motor * 2
MotorI := Motor;
end;
```

Dengan menggunakan struktur perulangan seperti tersebut di atas dapat menangani masalah pemberian nilai integer pada lokasi alamat 378H. Dari aplikasi blok statement di atas dapat dilihat bahwa perulangan dilakukan mulai dari 1, yang akan memberikan nilai pada BO = 2, padahal nilai pertama yang harus diberikan pada BO agar memberikan nilai logika 1 adalah 1 pada lokasi alamat 378H. Hal ini dapat diatasi dengan menggunakan penyeleksian kondisi "If - Then" yaitu khusus untuk pemberian nilai pada BO..B3, agar BO bernilai logika 1 maka harus memberikan nilai 1 desimal pada lokasi alamat

378H dengan penyeleksian kondisi yaitu :

```
Function Motor0(r,s : byte):integer;
Begin
Motor := 0;
For J := 0 To s Do
Motor := Motor * 2 + 1;
Motor0 := Motor;
end;
```

Jika diambil dari program yang sudah terlampir, yaitu :

```
Begin
For B := 0 To 3 Do
Begin
If B := 0 Then
Port[$378] := Motor0(2,B)
ELSE
Port[$378] := MotorI(2,B);
end;
end;
```

Dengan menggunakan struktur perulangan dan penyeleksian kondisi ini diharapkan nilai keluaran pada CPPA seperti dalam tabel 3.1a.

Jika diharapkan pemutaran motor langkah berlawanan maka hanya tinggal membalik pemberian nilai n, yaitu mulai dari 7 turun sampai 0, maka akan diperoleh keluaran seperti pada tabel 3.1b.

Jika pada tabel 3.1a. akan memutar motor langkah ke kanan maka dengan tabel 3.1b. motor akan berputar ke kiri.

Tabel 3.1a. Tabel nilai keluaran dari B0..B7 pada CPFA untuk B mulai dari 0 sampai dengan 7.

B	nilai Des	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
1	2	0	0	0	0	0	0	1	0
2	4	0	0	0	0	0	1	0	0
3	8	0	0	0	0	1	0	0	0
4	16	0	0	0	1	0	0	0	0
5	32	0	0	1	0	0	0	0	0
6	64	0	1	0	0	0	0	0	0
7	128	1	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 3.1b. Tabel nilai keluaran dari B0..B7 pada CPFA untuk B dari 7 sampai dengan 0.

B	Nilai Des	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
7	128	1	0	0	0	0	0	0	0
6	64	0	1	0	0	0	0	0	0
5	32	0	0	1	0	0	0	0	0
4	16	0	0	0	1	0	0	0	0
3	8	0	0	0	0	1	0	0	0
2	4	0	0	0	0	0	1	0	0
1	2	0	0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	1

Seperti sudah dijelaskan di depan, salah satu faktor yang menentukan kecepatan pergeseran kedua lengan adalah waktu tunda. Dalam program ini waktu tunda digunakan untuk memberikan selang waktu pemberian arus antara bit yang satu dengan bit berikutnya pada motor langkah.

Untuk rangkaian mekanik yang telah dibuat kecepatan pergantian pemberian arus antara masing-masing bit paling kecil adalah 50 ms. hal ini disebabkan karena untuk waktu yang lebih kecil lagi motor langkah tidak dapat beroperasi secara normal, karena sebelum selesai pengosongan arus pada kumparan bit yang pertama, kumparan bit yang kedua sudah mendapat arus masukan. Sehingga yang seharusnya kumparan bit yang pertama sudah tidak terjadi kemagnetan dan hanya kumparan bit yang kedua yang terjadi kemagnetan tetapi karena pergantian yang sangat cepat maka kumparan yang pertama masih termagnetisasi meskipun tidak sebesar pada kumparan bit yang kedua. Hal inilah yang menyebabkan putaran motor langkah tidak normal.