

BAB IV

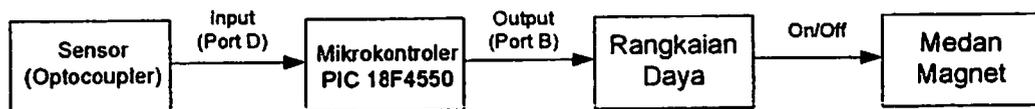
HASIL PENELITIAN dan PEMBAHASAN

4.1 Pendahuluan

Pada bab ini penulis akan membahas lebih lanjut setelah perancangan dan konsep pada bab sebelumnya telah diaplikasikan ke sebuah bidang nyata. Realisasi dalam bentuk foto dan analisa hasil kerja dari MLSR ini akan dibahas secara mendetail pada bab ini.

4.2 Blok Diagram

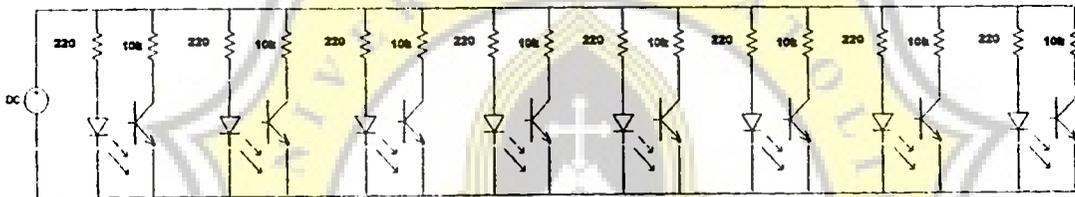
Pada blok diagram ini ditunjukkan sistem kerja dari MLSR, dimana berawal dari sensor sebagai masukan pada mikrokontroller melalui *port D*, kemudian masukan logika akan diprogram oleh mikrokontroller dan akan dikeluarkan melalui *port B*. Keluaran tersebut berfungsi untuk mengaktifkan saklar pada MOSFET dan medan magnet stator akan bekerja.



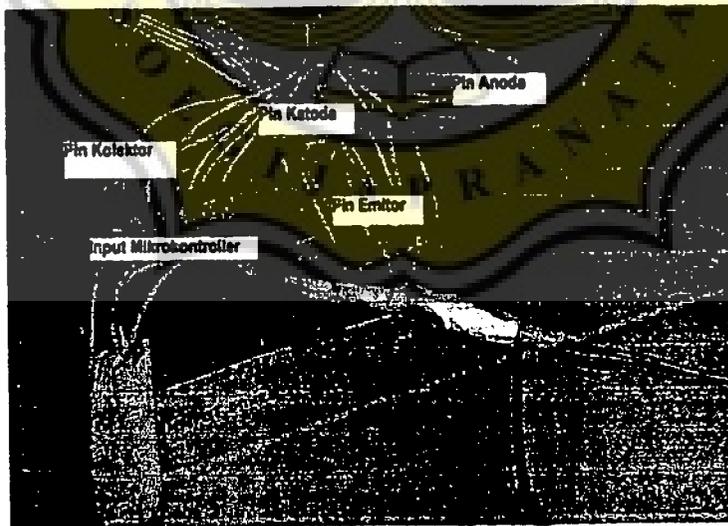
Gambar 4.1 Blok diagram sistem kerja dari motor linier *switch reluctance*

4.3 Realisasi rangkaian *driver* pada sensor (*optocoupler*)

Rangkaian *driver* ini merupakan sumber tegangan dari sensor *optocoupler* H21A3 yang digunakan. Terdapat delapan sensor *optocoupler* itu sendiri, kemudian terdapat pula masing-masing enam buah resistor senilai 10 kilo Ohm yang berfungsi untuk catu daya pada *receiver* supaya dapat membuat arus toleransi senilai 0,00005 Ampere dan 220 ohm yang berfungsi sebagai catu daya untuk LED pada sensor *optocoupler*



Gambar 4.2 Gambar rangkaian *driver* sensor *optocoupler*



Gambar 4.3 Foto rangkaian *driver* sensor *optocoupler*.

4.4 Realisasi rangkaian Mikrokontroler PIC 184550

Rangkaian Mikrokontroler PIC 18F4550 ini memiliki empat *port* input dan output. Pada pengerjaan tugas akhir ini penulis menggunakan dua dari empat buah *port* yang tersedia yaitu *port* D sebagai masukan dan *port* B sebagai keluaran. Terdapat masing-masing delapan buah pin pada kedua *port* tersebut. Pin-pin pada *port* B dipakai sebagai masukan pada sensor *optocoupler*, sedangkan pin-pin pada *port* D dipakai untuk keluaran yang dihubungkan pada rangkaian buffer dan MOSFET. Tiap pin akan masuk pada inputan IC Schmitt *trigger* SN74LS14. Rangkaian ini membutuhkan catu daya DC +5 Volt dan *ground* agar dapat berfungsi sebagai pengendali sensor *optocoupler* dan saklar pada MOSFET.



Gambar 4.4 Foto rangkaian mikrokontroler

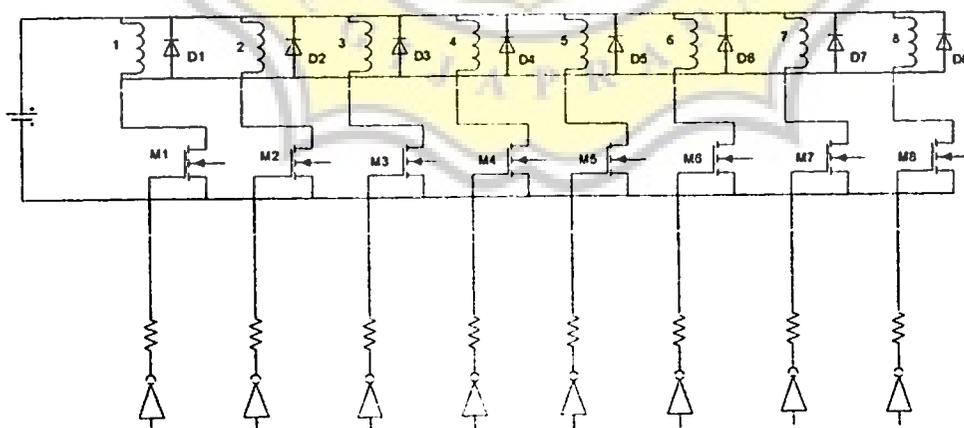
4.5 Realisasi rangkaian Buffer dan MOSFET

Rangkaian ini bekerja sebagai penerus keluaran dari *port* mikrokontroler. Komponen-komponen pada rangkaian ini terdiri dari tiga buah IC Schmitt *trigger*,

delapan buah resistor, delapan buah dioda, dan delapan buah MOSFET. Rangkaian ini berguna untuk mensaklarkan arus pada tiap lilitan stator sebesar 8 Ampere. Pada setiap keluaran nantinya harus melalui IC Schmitt *trigger* supaya logika yang digunakan sebagai pemacu pada MOSFET lebih dipertegas. Sedangkan MOSFET itu sendiri bekerja sebagai saklar untuk mengatur tegangan dan arus pada stator.



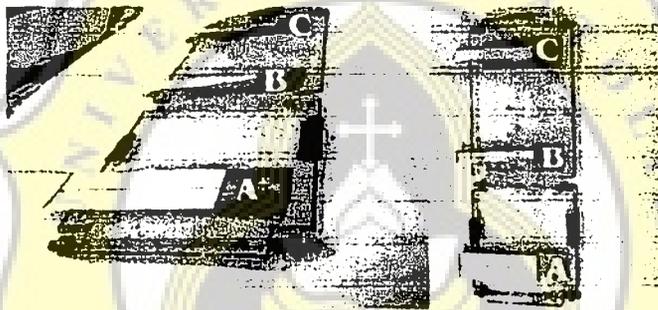
Gambar 4.5 Foto rangkaian buffer



Gambar 4.6 Gambar skematik rangkaian buffer

4.6 Realisasi motor linier *switch reluctance*

Realisasi MLSR dalam tiap detail bagiannya adalah sebagai berikut, dimana gambar dibawah ini merupakan *mover* atau rotor (tampak atas dan samping) yang akan bergerak ketika ditarik oleh stator, *mover* ini terbuat dari lempengan akrilik dengan sembilan buah lempengan besi yang disusun menjadi tiga bagian. Lidah terbuat dari kertas yang sudah disusun sedemikian rupa hingga pergerakan motor akan lancar dan tidak macet atau terganggu.



Gambar 4.7 Foto realisasi dari rotor atau *mover* yang digunakan

Sedangkan gambar dibawah ini merupakan gambar detail sebuah stator dari total delapan stator yang digunakan.



Gambar 4.8 Foto realisasi dari stator yang digunakan

Kemudian berikut adalah gambar keseluruhan dari alat tugas akhir ini. Tampak ada *mover* dengan 3 rotor dan lintasan dengan 8 stator dan 8 sensor *optocoupler* lengkap dengan rangkaian mikrokontroler, rangkaian buffer dan mosfet. Alat tugas akhir ini disusun dua tingkat guna untuk memperringkas bentuk dan lebih menghemat ruang.



Gambar 4.9 Foto realisasi dari lintasan motor linier *switch reluctance*

4.7 Realisasi tiap langkah dari motor linier *switch reluctance*

Pada dasarnya, rotor berjumlah tiga buah ini hanya membutuhkan satu buah medan magnet saja untuk bergerak, namun dalam beberapa langkah, akan dijumpai ada dua buah medan magnet stator yang bekerja dikarenakan untuk mengantisipasi penggunaan sensor yang akan diaplikasikan nanti dapat mempengaruhi pergerakan dari motor itu sendiri. Dimana nantinya lidah akan dapat menyentuh sensor yang sama beberapa kali, sehingga supaya tidak mengganggu pergerakannya, dalam satu langkah dapat mengaktifkan dua magnet, namun salah satu magnet yang diaktifkan

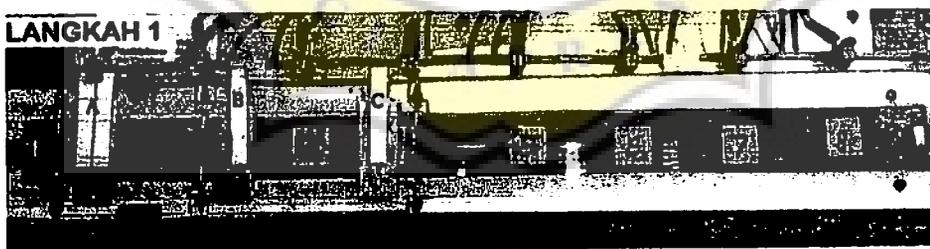
tidak akan mempengaruhi pergerakan motor ini dikarenakan jaraknya yang tidak akan terjangkau oleh rotor.

4.7.1 Langkah maju

Langkah maju ini terdiri dari 13 langkah. Setiap langkah dari *mover* akan didasari saat lidah dari *mover* menyentuh sensor optocoupler yang akan mengendalikan magnet, sehingga *mover* tersebut dapat beregerak sesuai dengan program.

Langkah 1

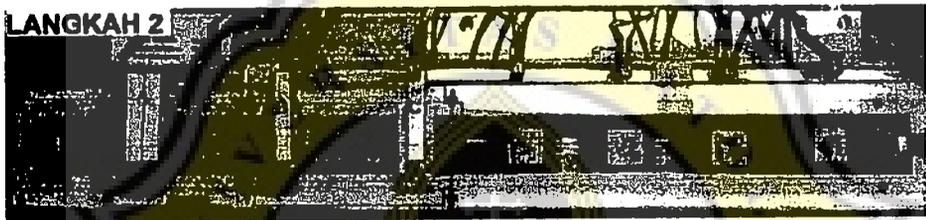
Ini merupakan kondisi awal dari tiap langkah yang akan dilalui. Pada kondisi ini, sensor *optocoupler* F0 akan aktif karena tersentuh oleh lidah dari *mover* dan akan mengaktifkan magnet urutan nomor 4 sekaligus sebagai pemanggil dari program maju, sehingga rotor C akan tertarik oleh magnet nomor 4



Gambar 4.10 Langkah pertama

Langkah 2

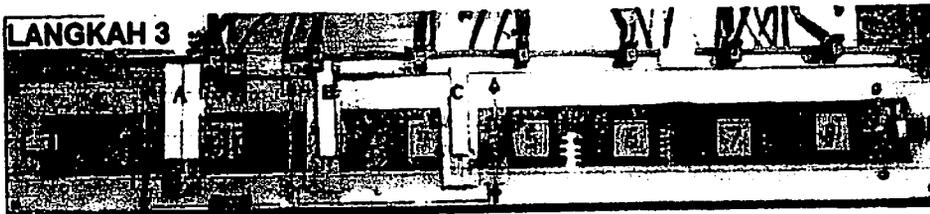
Setelah langkah pertama tadi, *mover* akan bergerak maju satu langkah hingga lidah pada bagian depan akan menyentuh sensor F3. Sensor F3 akan mengaktifkan magnet urutan ketiga dan ketujuh, magnet ketujuh tidak akan mempengaruhi pergerakan dari *mover* sehingga rotor B akan tertarik pada magnet urutan ketiga dan *mover* akan bergerak maju satu langkah.



Gambar 4.11 Langkah ke 2

Langkah 3

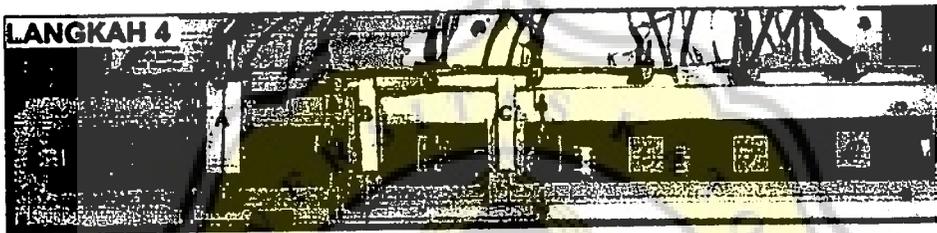
Setelah langkah kedua, *mover* akan bergerak maju satu langkah hingga lidah pada bagian tengah akan menyentuh sensor F2. Sensor F2 akan mengaktifkan magnet urutan kedua dan keenam, magnet keenam tidak akan mempengaruhi pergerakan dari *mover* sehingga rotor A akan tertarik pada magnet urutan kedua dan *mover* akan bergerak maju satu langkah.



Gambar 4.12 Langkah ke 3

Langkah 4

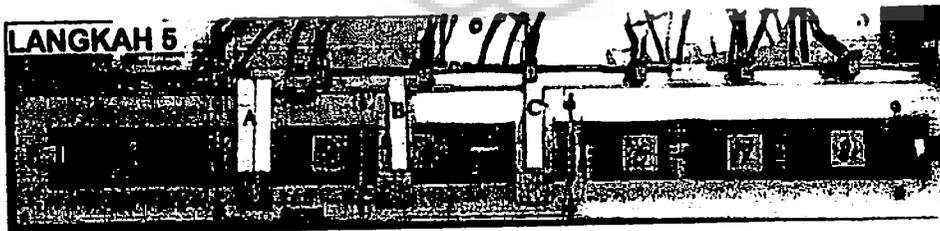
Setelah langkah ketiga, *mover* akan bergerak maju satu langkah hingga lidah pada bagian belakang akan menyentuh sensor F1. Sensor F1 akan mengaktifkan magnet urutan kelima, sehingga rotor C akan tertarik pada magnet urutan kelima dan *mover* akan bergerak maju satu langkah.



Gambar 4.13 Langkah ke 4

Langkah 5

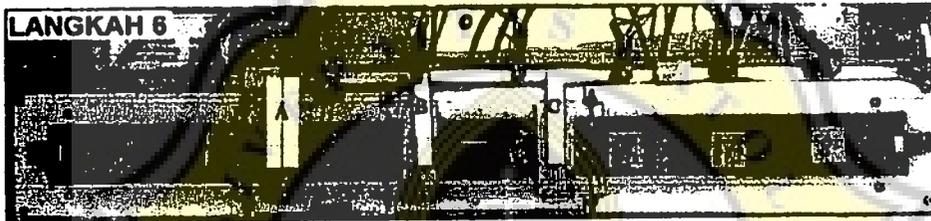
Setelah langkah keempat, *mover* akan bergerak maju satu langkah hingga lidah pada bagian depan akan menyentuh sensor F4. Sensor F4 akan mengaktifkan magnet urutan keempat dan kedelapan, magnet kedelapan tidak akan mempengaruhi pergerakan dari *mover* sehingga rotor B akan tertarik pada magnet urutan keempat dan *mover* akan bergerak maju satu langkah.



Gambar 4.14 Langkah ke 5

Langkah 6

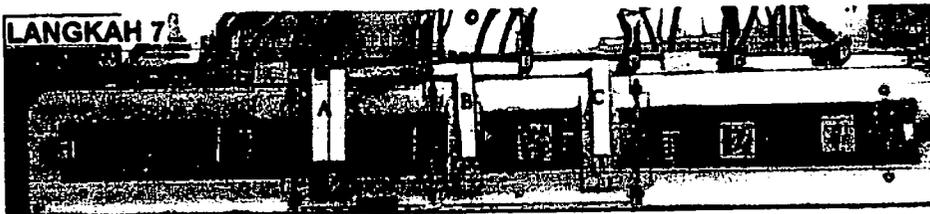
Setelah langkah kelima, *mover* akan bergerak maju satu langkah hingga lidah pada bagian tengah akan menyentuh sensor F3. Sensor F3 akan mengaktifkan magnet urutan ketiga dan ketujuh, magnet ketujuh tidak akan mempengaruhi pergerakan dari *mover* sehingga rotor A akan tertarik pada magnet urutan ketiga dan *mover* akan bergerak maju satu langkah.



Gambar 4.15 Langkah ke 6

Langkah 7

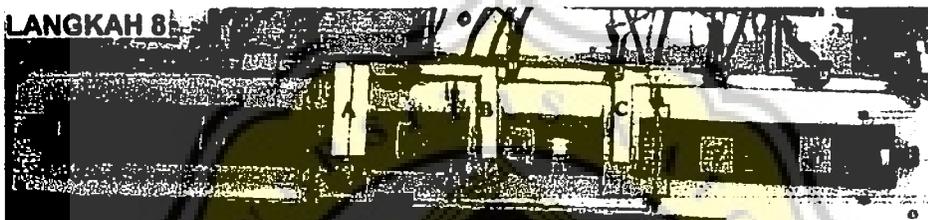
Setelah langkah keenam, *mover* akan bergerak maju satu langkah hingga lidah pada bagian belakang akan menyentuh sensor F2. Sensor F2 akan mengaktifkan magnet urutan kedua dan keenam, magnet kedua tidak akan mempengaruhi pergerakan dari *mover* sehingga rotor C akan tertarik pada magnet urutan keenam dan *mover* akan bergerak maju satu langkah.



Gambar 4.16 Langkah ke 7

Langkah 8

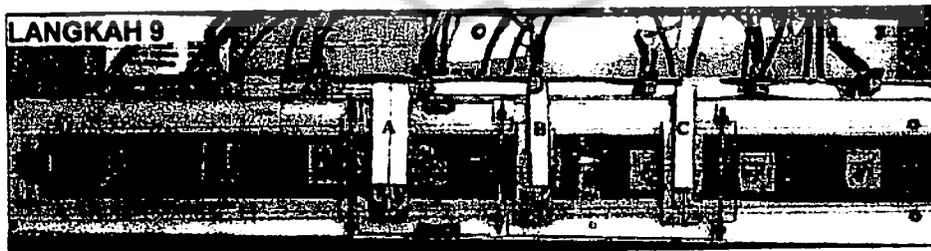
Setelah langkah ketujuh, *mover* akan bergerak maju satu langkah hingga lidah pada bagian depan akan menyentuh sensor F5. Sensor F5 akan mengaktifkan magnet urutan kelima sehingga rotor B akan tertarik pada magnet urutan kelima dan *mover* akan bergerak maju satu langkah.



Gambar 4.17 Langkah ke 8

Langkah 9

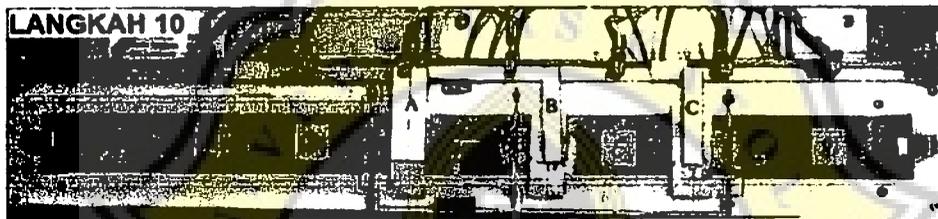
Setelah langkah kedelapan, *mover* akan bergerak maju satu langkah hingga lidah pada bagian tengah akan menyentuh sensor F4. Sensor F4 akan mengaktifkan magnet urutan keempat dan kedelapan, magnet kedelapan tidak akan mempengaruhi pergerakan dari *mover* sehingga rotor A akan tertarik pada magnet urutan keempat dan *mover* akan bergerak maju satu langkah



Gambar 4.18 Langkah ke 9

Langkah 10

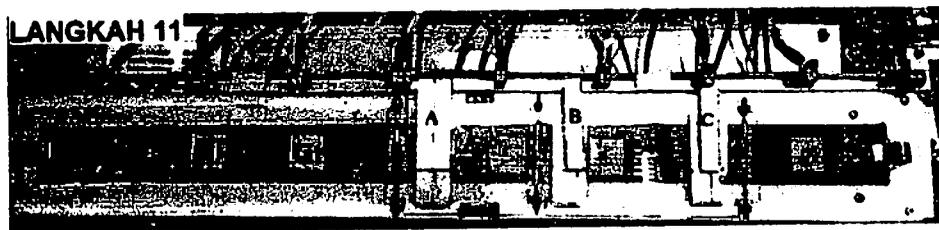
Setelah langkah kesembilan, *mover* akan bergerak maju satu langkah hingga lidah pada bagian belakang akan menyentuh sensor F3. Sensor F3 akan mengaktifkan magnet urutan ketiga dan ketujuh, magnet ketiga tidak akan mempengaruhi pergerakan dari *mover* sehingga rotor C akan tertarik pada magnet urutan ketujuh dan *mover* akan bergerak maju satu langkah.



Gambar 4.19 Langkah ke 10

Langkah 11

Setelah langkah kesepuluh, *mover* akan bergerak maju satu langkah hingga lidah pada bagian depan akan menyentuh sensor F6. Sensor F6 akan mengaktifkan magnet urutan keenam sehingga rotor B akan tertarik pada magnet urutan keenam dan *mover* akan bergerak maju satu langkah.



Gambar 4.20 Langkah ke 11

Langkah 12

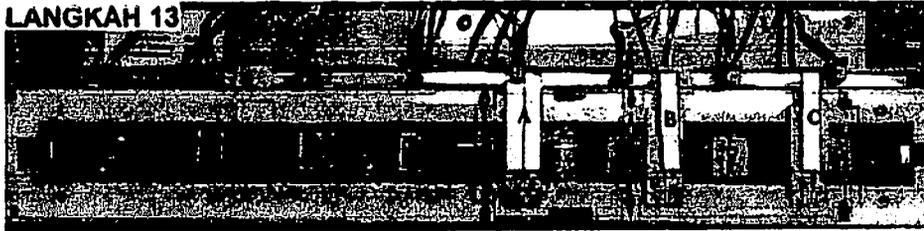
Setelah langkah kesebelas, *mover* akan bergerak maju satu langkah hingga lidah pada bagian belakang akan menyentuh sensor F5. Sensor F5 akan mengaktifkan magnet urutan kelima sehingga rotor A akan tertarik pada magnet urutan kelima dan *mover* akan bergerak maju satu langkah.



Gambar 4.21 Langkah ke 12

Langkah 13

Setelah langkah kedua belas, *mover* akan bergerak maju satu langkah hingga lidah pada bagian belakang akan menyentuh sensor F4. Sensor F4 akan mengaktifkan magnet urutan keempat dan kedelapan, magnet keempat tidak akan mempengaruhi pergerakan dari *mover* sehingga rotor C akan tertarik pada magnet urutan kedelapan dan *mover* akan bergerak maju satu langkah. Ini merupakan langkah terakhir untuk gerak maju, setelah langkah ketiga belas, lidah akan menyentuh sensor F7 dan akan mengaktifkan program untuk bergerak mundur



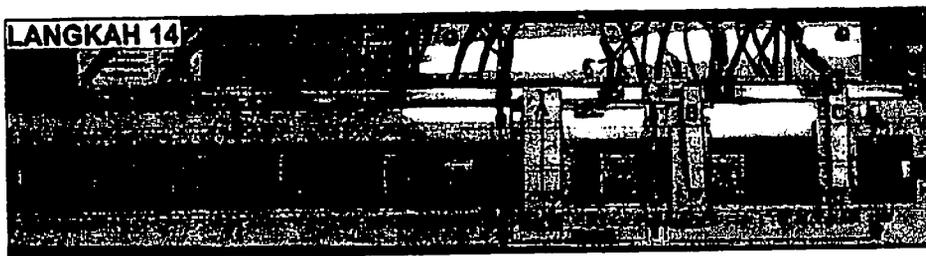
Gambar 4.22 Langkah ke 13

4.7.2 Langkah Mundur

Pada simulasi langkah mundur ini, urutan lidah bagian depan dan belakangnya akan ditukar guna memudahkan pemahaman pada tiap langkahnya. Langkah mundur ini dimulai dari stator urutan paling kanan hingga kembali pada posisi awal, yaitu posisi paling kiri.

Langkah 14

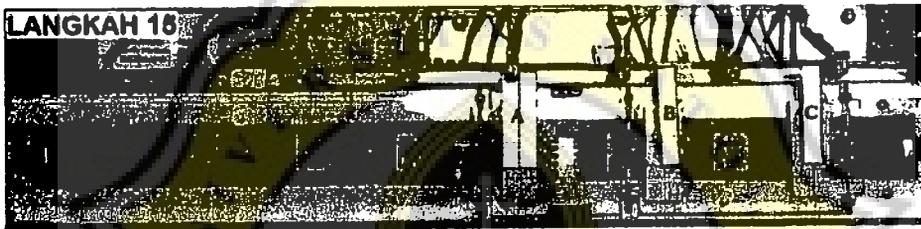
Setelah langkah ketiga belas, *mover* akan bergerak maju satu langkah dan mencapai ujung kemudian lidah pada bagian belakang akan menyentuh sensor F7. Sensor F7 akan mengaktifkan magnet urutan kelima, sehingga rotor A akan tertarik pada magnet urutan kedelapan dan *mover* akan bergerak mundur satu langkah.



Gambar 4.23 Langkah ke 14

Langkah 15

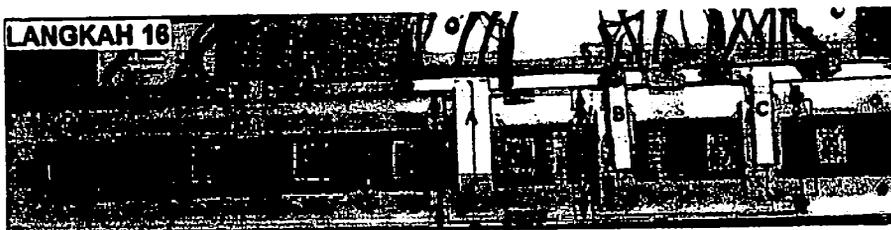
Setelah langkah keempat belas, *mover* akan bergerak mundur satu langkah hingga lidah pada bagian depan akan menyentuh sensor F4. Sensor F4 akan mengaktifkan magnet urutan keenam dan kedua, magnet kedua tidak akan mempengaruhi pergerakan dari *mover* sehingga rotor B akan tertarik pada magnet urutan keenam dan *mover* akan bergerak mundur satu langkah.



Gambar 4.24 Langkah ke 15

Langkah 16

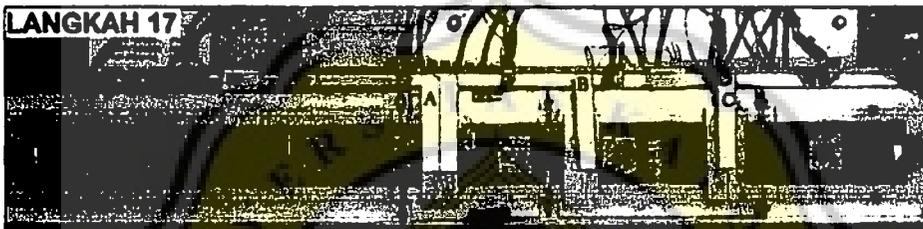
Setelah langkah kelima belas, *mover* akan bergerak mundur satu langkah hingga lidah pada bagian tengah akan menyentuh sensor F5. Sensor F5 akan mengaktifkan magnet urutan ketujuh dan ketiga, magnet ketiga tidak akan mempengaruhi pergerakan dari *mover* sehingga rotor B akan tertarik pada magnet urutan ketujuh dan *mover* akan bergerak mundur satu langkah.



Gambar 4.25 Langkah ke 16

Langkah 17

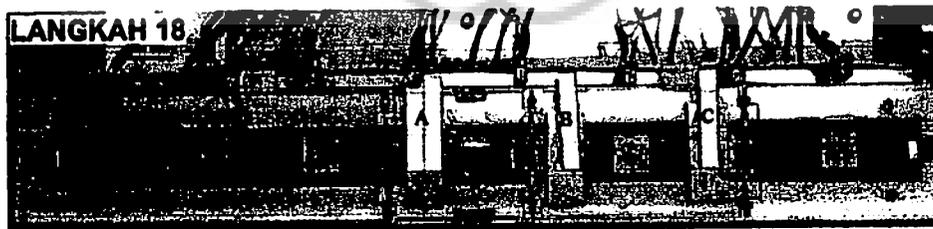
Setelah langkah keenam belas, *mover* akan bergerak mundur satu langkah dan lidah pada bagian belakang akan menyentuh sensor F6. Sensor F6 akan mengaktifkan magnet urutan keempat, sehingga rotor A akan tertarik pada magnet urutan keempat dan *mover* akan bergerak mundur satu langkah.



Gambar 4.26 Langkah ke 17

Langkah 18

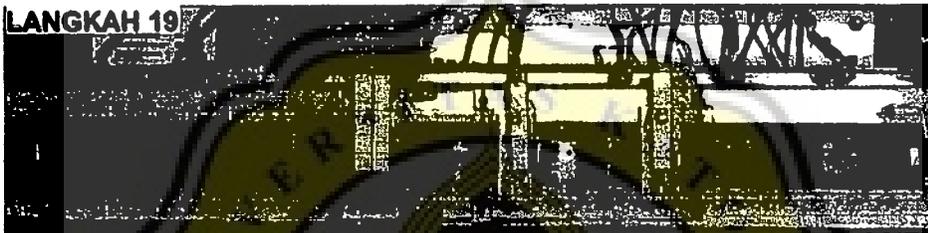
Setelah langkah ketujuh belas, *mover* akan bergerak mundur satu langkah hingga lidah pada bagian tengah akan menyentuh sensor F3. Sensor F3 akan mengaktifkan magnet urutan kelima dan pertama, magnet pertama tidak akan mempengaruhi pergerakan dari *mover* sehingga rotor B akan tertarik pada magnet urutan kelima dan *mover* akan bergerak mundur satu langkah.



Gambar 4.27 Langkah ke 18

Langkah 19

Setelah langkah kedelapan belas, *mover* akan bergerak mundur satu langkah dan lidah pada bagian tengah akan menyentuh sensor F4. Sensor F4 akan mengaktifkan magnet urutan keenam, sehingga rotor C akan tertarik pada magnet urutan keenam dan *mover* akan bergerak mundur satu langkah.



Gambar 4.28 Langkah ke 19

Langkah 20

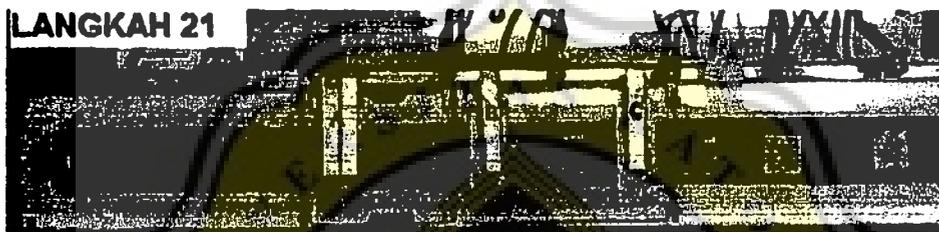
Setelah langkah kesembilan belas, *mover* akan bergerak mundur satu langkah hingga lidah pada bagian belakang akan menyentuh sensor F5. Sensor F5 akan mengaktifkan magnet urutan ketiga dan ketujuh, magnet ketujuh tidak akan mempengaruhi pergerakan dari *mover* sehingga rotor A akan tertarik pada magnet urutan ketiga dan *mover* akan bergerak mundur satu langkah.



Gambar 4.29 Langkah ke 20

Langkah 21

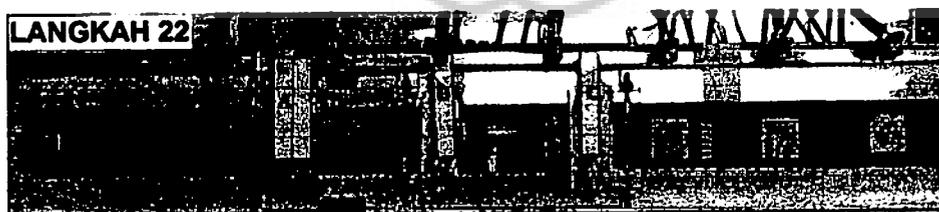
Setelah langkah kedua puluh, *mover* akan bergerak mundur satu langkah hingga lidah pada bagian depan akan menyentuh sensor F2. Sensor F2 akan mengaktifkan magnet urutan keempat sehingga rotor B akan tertarik pada magnet urutan keempat dan *mover* akan bergerak mundur satu langkah.



Gambar 4.30 Langkah ke 21

Langkah 22

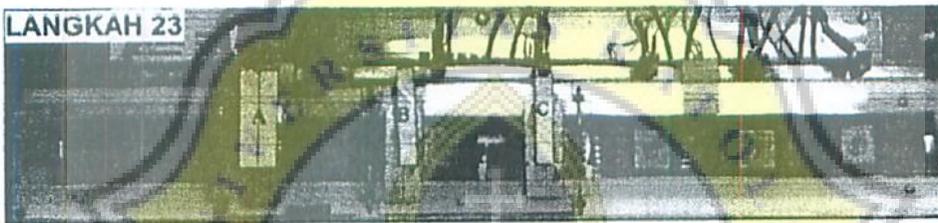
Setelah langkah kedua puluh satu, *mover* akan bergerak mundur satu langkah hingga lidah pada bagian tengah akan menyentuh sensor F3. Sensor F3 akan mengaktifkan magnet urutan kelima dan pertama, magnet pertama tidak akan mempengaruhi pergerakan dari *mover* sehingga rotor C akan tertarik pada magnet urutan kelima dan *mover* akan bergerak mundur satu langkah.



Gambar 4.31 Langkah ke 22

Langkah 23

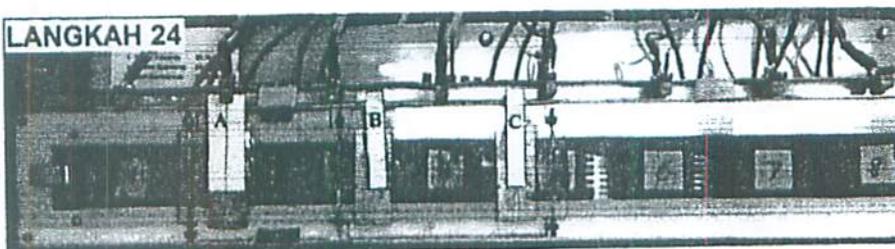
Setelah langkah kedua puluh dua, *mover* akan bergerak mundur satu langkah hingga lidah pada bagian belakang akan menyentuh sensor F4. Sensor F4 akan mengaktifkan magnet urutan kedua dan keenam, magnet keenam tidak akan mempengaruhi pergerakan dari *mover* sehingga rotor A akan tertarik pada magnet urutan kedua dan *mover* akan bergerak mundur satu langkah.



Gambar 4.32 Langkah ke 23

Langkah 24

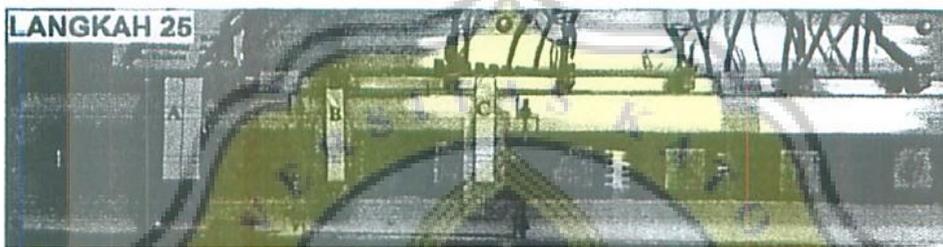
Setelah langkah kedua puluh tiga, *mover* akan bergerak mundur satu langkah hingga lidah pada bagian depan akan menyentuh sensor F1. Sensor F1 akan mengaktifkan magnet urutan ketiga sehingga rotor B akan tertarik pada magnet urutan ketiga dan *mover* akan bergerak mundur satu langkah



Gambar 4.33 Langkah ke 24

Langkah 25

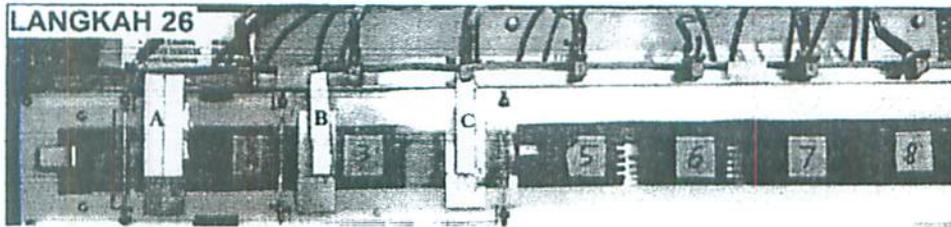
Setelah langkah kedua puluh empat, *mover* akan bergerak mundur satu langkah hingga lidah pada bagian tengah akan menyentuh sensor F2. Sensor F2 akan mengaktifkan magnet urutan keempat sehingga rotor C akan tertarik pada magnet urutan keempat dan *mover* akan bergerak mundur satu langkah



Gambar 4.34 Langkah ke 25

Langkah 26

Setelah langkah kedua puluh lima, *mover* akan bergerak mundur satu langkah hingga lidah pada bagian belakang akan menyentuh sensor F3. Sensor F3 akan mengaktifkan magnet urutan pertama dan kelima, magnet kelima tidak akan mempengaruhi pergerakan dari *mover* sehingga rotor A akan tertarik pada magnet urutan pertama dan *mover* akan bergerak mundur satu langkah. Ini merupakan langkah terakhir dalam satu “perputaran” MLSR. Setelah langkah ini, lidah bagian depan akan kembali menyentuh sensor F0 dan akan kembali menjalankan program maju, seterusnya berulang-ulang.



Gambar 4.35 Langkah ke 26

4.8 Hasil pengujian arus dan tegangan

Pada pengujian ini, penulis memberi sumber arus sebesar 10 Ampere dan tegangan sebesar 10 Volt. Dengan masukan tersebut, motor dapat berjalan dalam kecepatan yang stabil.



Gambar 4.36 Foto sumber arus dan tegangan

4.9 Pembahasan

Setelah membuat simulasi, perancangan, dan pengujian pada tugas akhir ini, penulis kini akan membahas lebih dalam secara keseluruhan dari alat ini. Dimulai dari bagaimana sebuah stator tersebut dapat bekerja sehingga dapat menarik *mover* dan membuat MLSR beroperasi dengan baik. Sebuah medan magnet stator akan

dapat aktif apabila telah dialiri arus, dalam hal ini mengacu pada rumus gaya Lorentz dimana $F = B.I.L$, maka besarnya sebuah medan magnet tersebut ditentukan oleh panjang kawat dan besarnya arus masukan. Pada tugas akhir ini penulis menentukan besar medan magnet tersebut dengan cara memperbesar arus masukannya. Medan magnet yang besar akan lebih kuat menarik rotor sehingga motor akan bergerak lebih cepat.

Pada alat tugas akhir ini, dibutuhkan delapan sensor untuk dapat beroperasi secara lancar, lancar dalam hal ini disebabkan oleh lidah yang terpasang pada *mover* harus mengenai sensor tersebut agar *mover* dapat bergerak. Alat tugas akhir ini membutuhkan sensor sebanyak delapan buah, dimana peletakan sensor tersebut dari awal sudut kiri pada magnet pertama hingga letak paling ujung kanan pada stator urutan ke delapan. Apabila sensor tersebut tidak mencapai ke sisi stator urutan ke delapan maka motor akan berhenti ditengah lintasan. Dikarenakan penulis membutuhkan langkah yang relatif banyak untuk motor ini agar bisa bergerak maju dan mundur (yaitu sejumlah 26 langkah), maka dibutuhkanlah banyak pula sensor *optocoupler* agar lebih banyak program yang dijalankan untuk menghidupkan stator sehingga langkah dari *mover* bisa lebih maksimal ujung ke ujungnya.

Pada halaman berikutnya akan ada tabel yang akan menunjukkan bagaimana sensor bekerja terhadap magnet pada tiap langkah. Angka yang dicetak tebal merupakan magnet yang menarik *mover*. Tabel dibagi menjadi dua jenis langkah yaitu langkah maju dan mundur yang masing-masing terdiri dari 13 langkah.

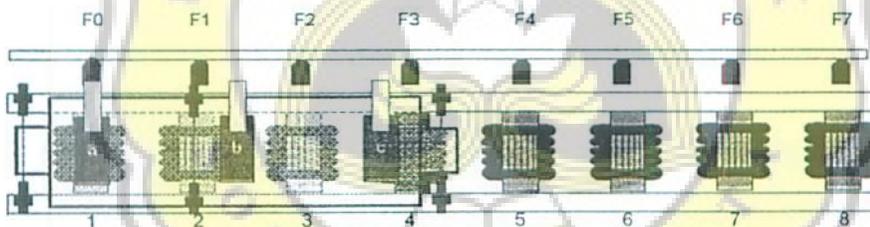
Tabel 4.1 Data cara kerja tiap sensor dan magnet pada langkah maju

LANGKAH MAJU			
LANGKAH	SENSOR	MAGNET	
1	F0	4	-
2	F3	3	7
3	F2	2	6
4	F1	5	-
5	F4	4	8
6	F3	3	7
7	F2	6	2
8	F5	5	-
9	F4	4	8
10	F3	7	3
11	F6	6	-
12	F5	5	-
13	F4	8	4
LANGKAH MUNDUR			
14	F7	5	-
15	F4	6	2
16	F5	7	3
17	F6	4	-
18	F3	5	1
19	F4	6	-
20	F5	3	7
21	F2	4	-
22	F3	5	1
23	F4	2	6
24	F1	3	-
25	F2	4	-
26	F3	1	5

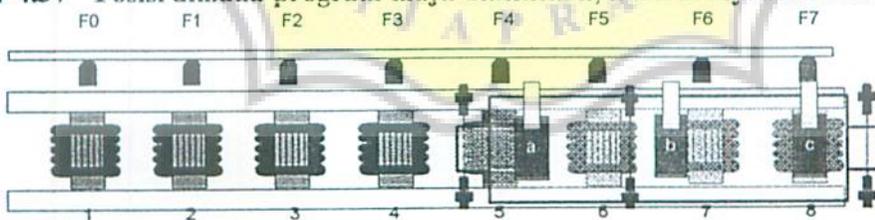
Apabila dalam sebuah sensor dapat menjalankan dua magnet, maka hal tersebut disebabkan oleh karena jika setiap sensor harus menjalankan satu magnet, maka dibutuhkan lebih banyak sensor dan peletakan dari lidah mover harus diperbanyak. Maka dari situ penulis mengantisipasinya dengan membuat satu sensor dapat menjalankan dua magnet bersamaan, tapi hanya satu yang menarik mover.



Jarak dari tiap sensor tersebut sudah diperhitungkan dengan jarak lidah. Sehingga laju dari *mover* dapat berjalan sesuai dari perancangan sebelumnya. Dalam system kerja MLSR ini penulis membuat dua program untuk maju dan mundur. Program tersebut dibuat terpisah langkah maju dan mundurnya, dalam artian program maju dan mundur tidak menjadi satu program melainkan terpisah menjadi dua program dengan perintah *void main*. Apabila pada langkah awal dimana lidah akan menyentuh sensor paling sudut kiri (F0) maka perintah program maju akan diaktifkan, dan ketika lidah pada *mover* menyentuh sensor paling kanan (F7) maka perintah program maju tidak akan berlaku lagi seperti di reset dan akan menjadi program mundur.



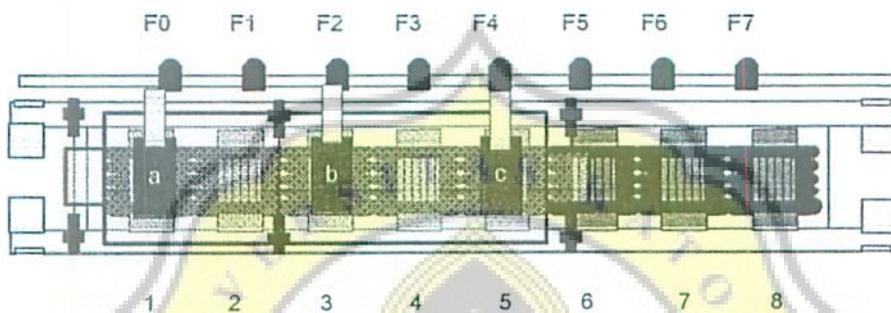
Gambar 4.37 Posisi dimana program maju diaktifkan, lidah menyentuh sensor F0



Gambar 4.38 Posisi dimana program mundur diaktifkan, lidah menyentuh sensor F7

Pada ukuran rotor atau *mover* ini penulis juga sudah mengukur sedemikian rupa sehingga posisi rotor dan stator yang akan tarik menarik dapat akurat. Penulis

sebelumnya menyebutkan bahwa lebar antar stator tersebut adalah 4 cm. Jarak tersebut telah diperhitungkan, setelah pada awalnya penulis menggunakan jarak selebar 2 cm dan dengan memakai *mover* yang sama maka yang terjadi adalah seperti gambar berikut:



Gambar 4.39 Posisi stator yang tidak tepat membuat *mover* tidak bisa bekerja sempurna

Tampak pada gambar diatas, dimana posisi rotor A terkunci pada stator 1, rotor B dan C ada pada posisi “tanggung”. Walaupun dari gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa rotor C ataupun B masih dapat ditarik oleh stator, namun hasilnya adalah motor akan berjalan dengan langkah yang tidak sempurna dan tidak ideal. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah rotor yang dibuat penulis pada tugas akhir ini berjumlah 3 buah. Dimana pembagian letak rotor tersebut sudah diperhitungkan dan mengharuskan untuk memperlebar jarak stator tersebut agar motor dapat berjalan lancar.