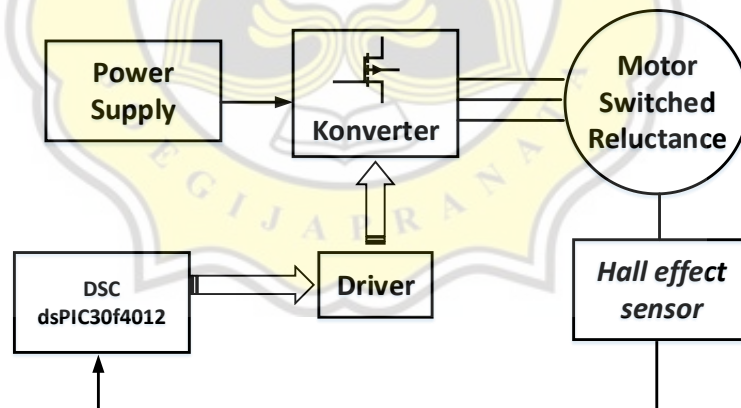


## BAB III

### RANCANGAN DESAIN DAN IMPLEMENTASI MOTOR SWITCHED RELUCTANCE

#### 3.1. Pendahuluan

Pada tugas akhir ini dibahas mengenai perbandingan kinerja Motor *Switched Reluctance* yang dioperasikan menggunakan konverter *asymmetric* dan konverter  $N+1$ . DSC dsPIC30f4012 dipakai untuk mengatur sinyal pengaktifan konverter dan sensor *hall effect* sebagai penentu posisi rotor. Pada Gambar 3.1 ditunjukkan diagram blok sistem. Setelah Motor *Switched Reluctance* diuji coba dengan kedua konverter tersebut, hasilnya akan dibandingkan dengan melihat bentuk gelombang tegangan dan arus fasa serta kecepatan motor dalam RPM.

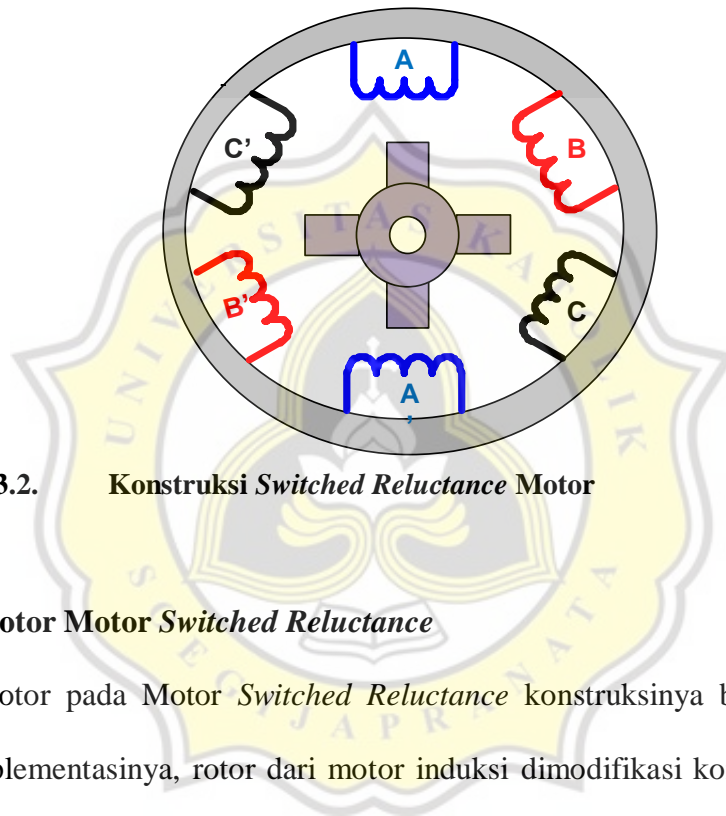


Gambar 3.1. Diagram blok sistem

Berdasarkan Gambar 3.1. sistem ini terdiri dari beberapa blok, yaitu blok sensor, blok rangkaian daya (konverter), blok *driver*, blok kontrol dengan menggunakan DSC dsPIC30f4012.

### 3.2. Desain Motor *Switched Reluctance*

Pada bab ini penulis akan menjelaskan tentang konstruksi Motor *Switched Reluctance* 6/4. Prototip Motor *Switched Reluctance* 6/4 ini merupakan motor induksi yang telah dimodifikasi. Gambaran konstruksi Motor *Switched Reluctance* ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Konstruksi *Switched Reluctance* Motor

#### 3.2.1 Rotor Motor *Switched Reluctance*

Rotor pada Motor *Switched Reluctance* konstruksinya berupa inti besi. Pada implementasinya, rotor dari motor induksi dimodifikasi konstruksinya agar sesuai dengan rotor ideal pada Motor *Switched Reluctance*. Jarak antar kutub rotor diatur sedemikian rupa karena semakin renggang jarak antar kutub rotor maka akan menghasilkan torka yang lebih besar. Selain itu lebar kutub rotor pun harus diatur karena jika lebar kutub rotor dibanding dengan luas lilitan stator terlalu sempit maka dapat terjadi kesalahan pembacaan posisi rotor pada sensor *hall effect*. Hal ini harus dihindari karena dapat menyebabkan rotor tersebut berada pada posisi statis (tidak bergerak) sehingga perputaran rotor tidak lancar.

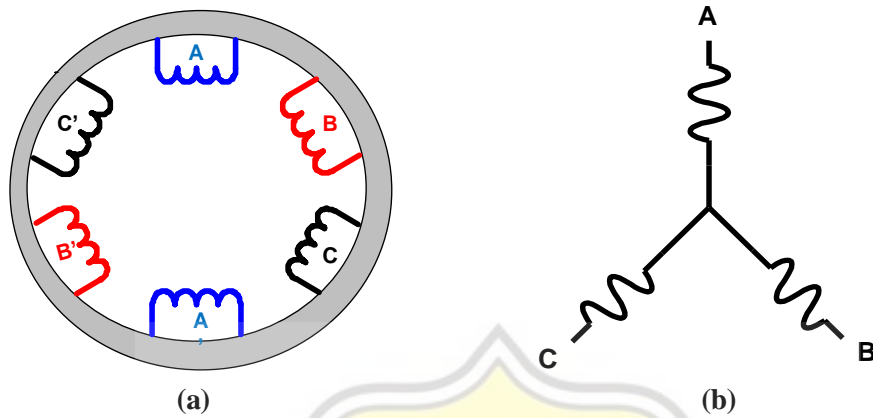
Ketika belitan pada bagian stator menerima eksitasi dari tegangan sumber, maka akan tercipta medan magnet pada kutub stator tersebut dan timbul fluksi magnet. Dengan munculnya fluksi magnet, maka rotor akan dipaksa untuk bergerak menuju posisi di mana nilai reluktansinya minimum. Pada saat bersamaan, ketika nilai reluktansi minimum maka nilai induktasi pada belitan stator tersebut maksimum. Kondisi ini terjadi pada saat kutub rotor segaris lurus dengan kutub stator. Pada saat kondisi rotor tidak segaris lurus dengan kutub stator, terjadilah hal sebaliknya, yaitu reluktansi bernilai maksimum dan induktansi bernilai minimum. Dari proses tersebutlah yang menyebabkan terjadinya perputaran pada rotor. Pada konstruksinya jumlah rotor dan stator tidak boleh sama. Hal ini guna menghindari kemungkinan semua kutub rotor berada pada posisi segaris lurus dengan kutub stator. Jika semua kutub rotor segaris lurus dengan kutub stator, maka akan menyebabkan rotor tidak bergerak dan tidak menghasilkan torsi awal.

### **3.2.2. Stator Motor *Switched Reluctance***

Stator dari Motor *Switched Reluctance* ini dimodifikasi dari stator motor induktansi. Stator ini berjumlah 6 kutub dan masing masing kutub dibelit oleh kawat tembaga dengan jumlah 300 lilitan untuk setiap kutubnya. Setiap stator selanjutnya akan dialiri arus listrik secara bergantian sesuai dengan pola pensaklaran pada konverter, sehingga menghasilkan medan magnet.

Stator pada Motor *Switched Reluctance* 6/4 ini dirangkai dengan rangkaian bintang. Dua buah stator akan dipasang secara seri dan membentuk segitiga. Di

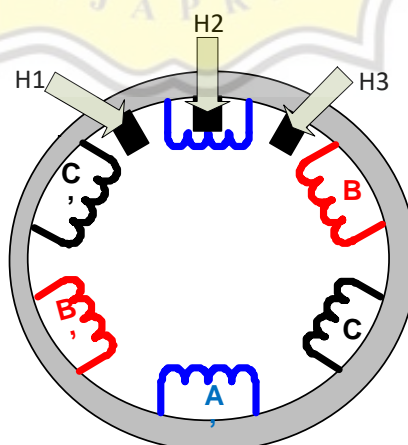
mana stator A dihubungkan dengan stator A' , B dihubungkan dengan stator B' , dan C dihubungkan dengan stator C'.



Gambar 3.3. (a) Stator *Switched Reluctance Motor*, (b) Hubungan Bintang

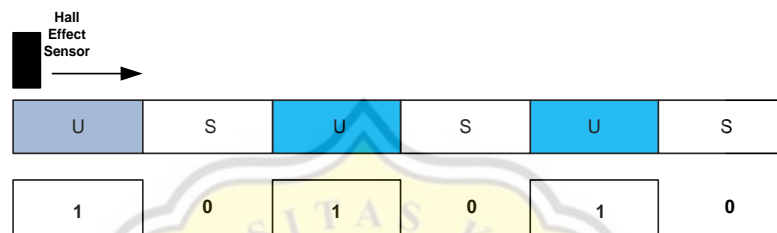
### 3.3. Deteksi Sensor *Hall effect*

Pada Motor *Switched Reluctance* dibutuhkan suatu sensor yang berfungsi untuk mendeteksi posisi rotor. Deteksi posisi rotor inilah yang akan digunakan sebagai dasar pengaktifan saklar pada konverter. Dikarenakan rotor Motor *Switched Reluctance* berupa inti besi, maka untuk mendeteksi posisi rotor diperlukan magnet neodim yang diletakkan pada sisi luar rotor. Sensor magnet yang digunakan pada alat ini adalah sensor *hall effect*.



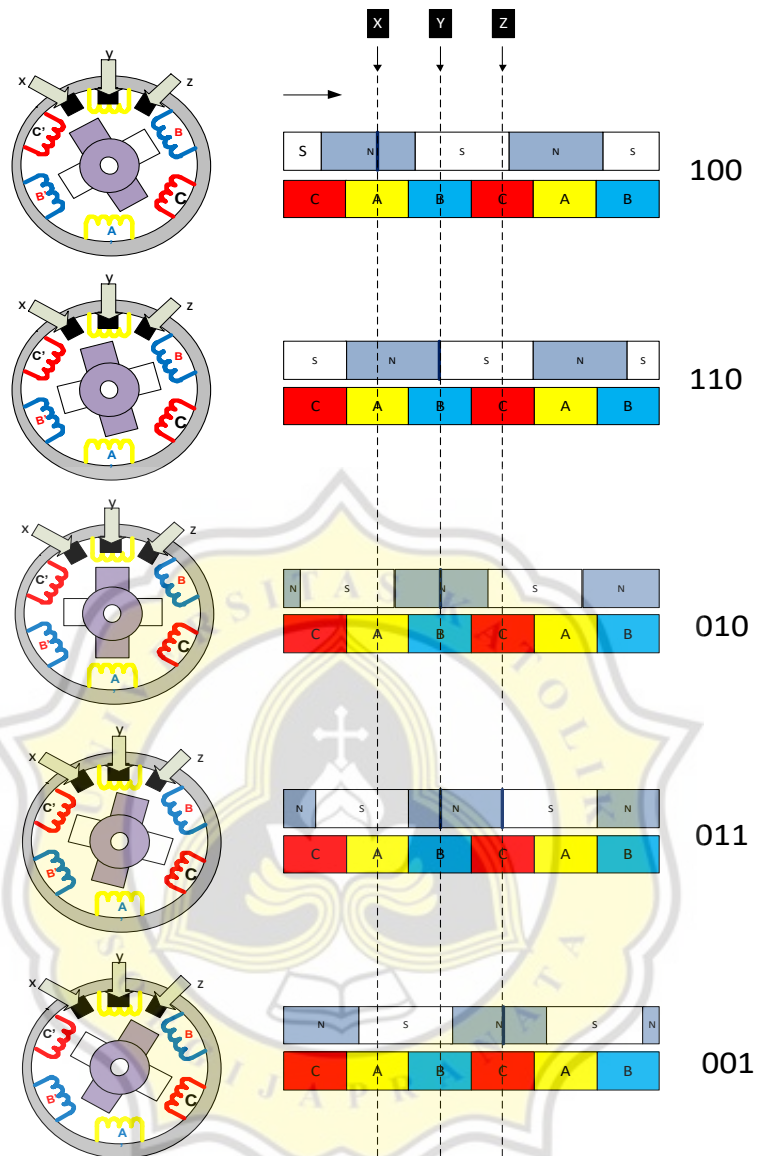
Gambar 3.4. Posisi *hall effect*

Pada realisasinya, diasumsikan sensor *hall effect* memberikan keluaran berlogika ‘1’ saat mendeteksi kutub magnet utara (N) dan berlogika “0” pada saat kutub magnet selatan (S). Pada alat ini menggunakan tiga sensor *hall effect* yang masing-masing sensornya diletakkan dengan jarak  $30^{\circ}$ . H1 pada posisi sudut  $60^{\circ}$ , H2 pada posisi sudut  $90^{\circ}$ , H3 pada posisi  $\theta = 120^{\circ}$  terhadap stator.



**Gambar 3.5.** Sinyal keluaran *hall effect* sensor terhadap kutub magnet

Peletakan sensor dengan jarak masing  $30^{\circ}$  akan menghasilkan 6 kemungkinan keluaran dari sensor *hall effect*, yaitu 100, 110, 010, 011, 001 dan 101. Dari enam data keluaran sensor itu, akan menjadi masukan pada blok kontrol. Dari blok kontrol inilah kemudian akan diolah proses pensaklaran konverter untuk mengoperasikan motor. Konfigurasi *hall effect* terhadap posisi rotor dapat dilihat pada Gambar 3.6.



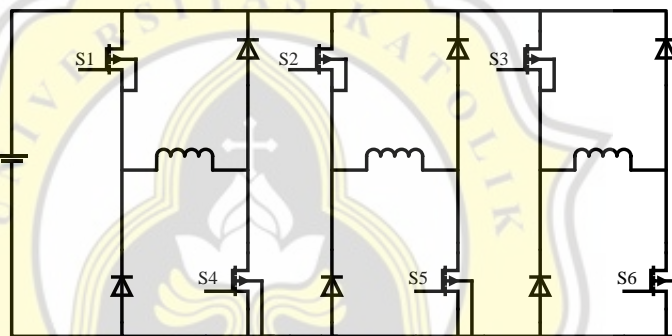
Gambar 3.6. Konfigurasi *hall effect* terhadap posisi rotor

### 3.4. Rangkaian Daya

Rangkaian daya pada alat ini berupa konverter. Konverter digunakan untuk mengatur eksitasi tegangan sumber pada setiap stator Motor *Switched Reluctance*. Konverter terdiri dari beberapa saklar yang hidup matinya tergantung pada sinyal masukan yang didapatkan dari rangkaian kontrol. Pada alat ini, konverter yang digunakan adalah jenis *asymmetric* dan  $N+1$ .

### 3.4.1 Konverter *Asymmetric*

Pada Gambar 3.7. ditunjukkan topologi konverter *asymmetric* untuk Motor *Switched Reluctance* tiga fasa. Konverter jenis ini memiliki 2 saklar dan 2 dioda pada tiap fasanya dan dapat dikontrol secara bebas/independen. Pada tiap fasanya, saklar bagian atas dapat digunakan untuk melakukan kontrol pensaklaran PWM, sedangkan saklar bagian bawah digunakan untuk mengatur pergantian pengaktifan fasa.

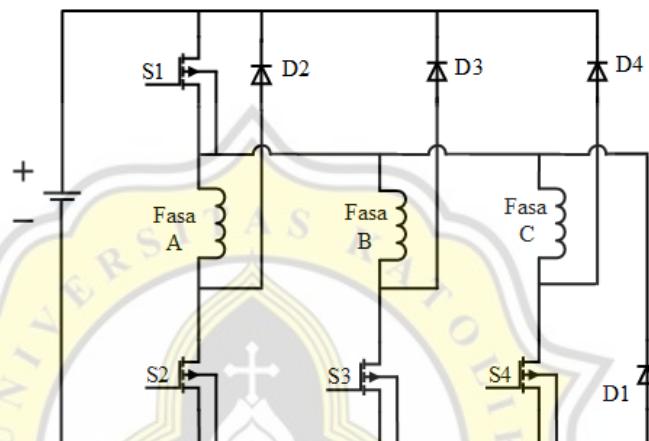


**Gambar 3.7.** Topologi Konverter *Asymmetric*

Terdapat tiga mode operasi yang dapat dilakukan dengan konverter ini, *magnetizing*, *freewheeling* dan *demagnetizing*. Ketika S1 dan S4 ON, maka akan terjadi proses *magnetizing*. Ketika S1 ON dan S4 OFF, maka akan terjadi proses *freewheeling*, di mana arus fasa akan mengalir melalui S1 dan D1. Lalu ketika S1 dan S4 OFF, maka akan terjadi proses *demagnetizing*, di mana arus fasa akan kembali ke sumber DC melalui D1 dan D4. Begitu juga berlaku untuk fasa yang lain.

### 3.4.2. Konverter N+1

Pada Gambar 3.8. ditunjukkan topologi konverter N+1 untuk Motor *Switched Reluctance* tiga fasa. Konverter jenis ini memiliki 4 saklar dan 4 dioda penyearah untuk operasinya. S1 digunakan sebagai *common*, sedangkan S2, S3, S4 digunakan untuk mengatur pergantian pengaktifan fasa.



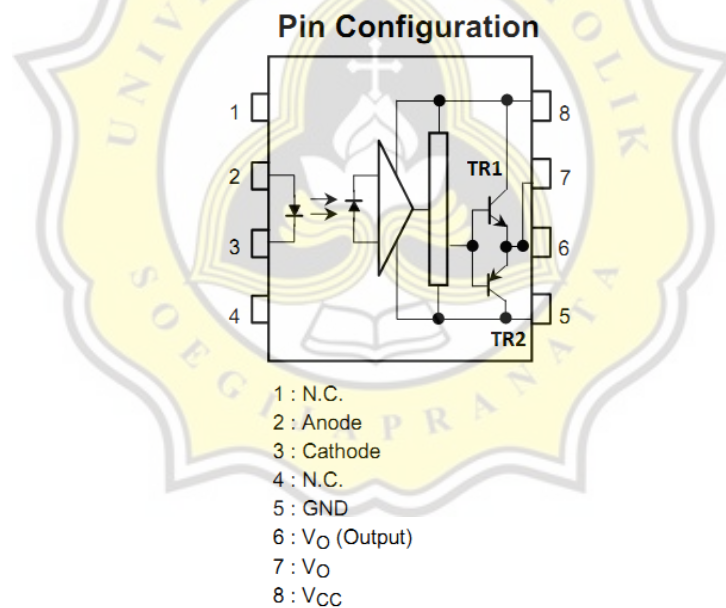
**Gambar 3.8.** Topologi Konverter N+1

Ketika S1 dan S2 ON, maka arus akan mengalir ke fasa A (*magnetizing*). Ketika S1 dan S2 OFF maka arus akan mengalir melalui D1 dan D2 dan kembali ke sumber DC (*demagnetizing*). Namun, supaya motor dapat berputar konstan, setelah fasa A mati, fasa B dan fasa C harus segera hidup secara bergantian. Dengan demikian berarti S1 akan selalu ON dan arus pada fasa A akan mengalir melalui D2 dan S1 (*freewheeling*). Hal ini menyebabkan arus pada tiap fasa tidak akan mati secara cepat ketika terjadi komutasi. Inilah yang membedakan konverter N+1 dan konverter *asymmetric*. Meskipun jumlah penggunaan saklar dan dioda pada konverter N+1 lebih sedikit, namun tiap fasanya tidak dapat di kontrol secara independen seperti konverter *asymmetric*.



### 3.5. Rangkaian *Driver* TLP250

*Driver* TLP250 digunakan untuk mengaktifkan saklar pada konverter yang nantinya akan mengatur pengaktifan belitan pada stator motor. Proses pengaktifan saklar pada TLP250 diawali dengan deteksi 3 sensor *hall effect* terhadap posisi rotor. Sinyal keluaran sensor akan diolah oleh DSC, selanjutnya sinyal hasil olahan DSC akan dikeluarkan ke *driver* TLP250 melalui IC *buffer*. Jumlah IC TLP250 tergantung pada jumlah saklar pada konverter yang digunakan. Pada alat ini, untuk konverter *asymmetric* menggunakan enam IC TLP250, sedangkan konverter N+1 menggunakan empat IC TLP250.



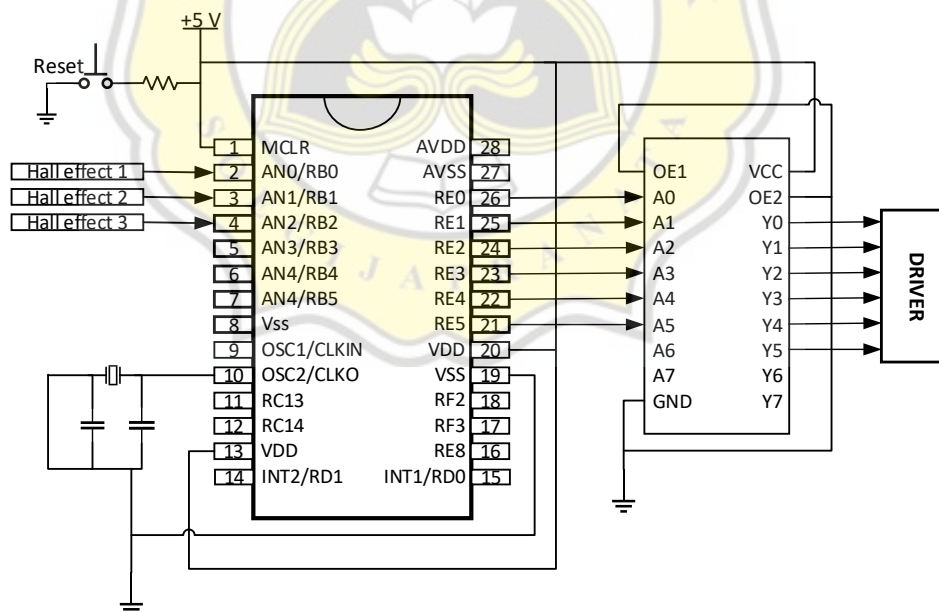
**Gambar 3.9. Konfigurasi PIN TLP250**

Catu daya +12 V dibutuhkan *Optocoupler* TLP250 untuk beroperasi pada kaki 8 sebagai +  $V_{dd}$  dan kaki 5 sebagai *ground*. Sedangkan untuk input sinyal positif berada di kaki 2 dan *ground* input sinyal pada kaki 3. Hasil sinyal dikeluarkan melalui kaki 6 dan 7. Hasil sinyal yang berasal dari dsPIC30f4012

disalurkan menuju *optocoupler* TLP250 melalui resistor sebagai penghambat arus yang masuk. *Optocoupler* TLP250 akan mengeluarkan sinyal yang sama bentuknya dengan sinyal dari dsPIC30f4012 namun tegangannya 12 V. Sinyal inilah yang selanjutnya akan mengaktifkan saklar pada konverter.

### 3.6. Rangkaian Kontrol

Rangkaian kontrol pada alat ini menggunakan DSC tipe dsPIC30f4012. Untuk implementasinya dirancanglah sistem minimum dari rangkaian kontrol yang terdiri dari dsPIC30f4012 dan *crystal* 7,3728 Mhz sebagai *oscillator* serta IC 74HC541 sebagai *buffer*. IC *buffer* ini berfungsi agar tegangan sinyal keluaran dari DSC dapat stabil sebelum masuk ke rangkaian *driver*.



Gambar 3.10. Sistem minimum DSC dsPIC30f4012

Program yang digunakan untuk mengontrol pola pensaklaran konverter Motor *Switched Reluctance* disusun menggunakan perangkat lunak *mikroC PRO*

*for dsPIC*. Bahasa pemrograman yang digunakan pada perangkat lunak ini adalah bahasa C. Alur pemrogramannya diawali dengan inisialisasi *PORT*, *Timer Interrupt* dan *ADC*. Setelah itu DSC akan membaca sinyal masukan dari sensor *hall effect* mengenai posisi rotor. Sinyal dari *hall effect* yang diterima di *PORTB* kemudian diolah untuk mengeksekusi program pensaklaran yang telah dibuat. Program yang telah dieksekusi dikeluarkan ke IC *buffer* melalui *PORTE*. Keluaran dari DSC berupa sinyal kotak sebesar 5 V yang saling tergeser  $120^\circ$  untuk pola pensaklaran konverter.

