

BAB III

PERANCANGAN MOTOR *SWITCHED RELUCTANCE* DAN KONVERTER *C-DUMP* BERBASIS MIKROKONTROLER dsPIC40F4012

3.1. Pendahuluan

Tugas akhir ini akan menjelaskan tentang pensaklaran konverter *C-Dump*, cara mengontrol dan mengoperasikan motor *Switched Reluctance* menggunakan konverter *C-Dump* tipe *energy efficient*. Teknik pensaklaran dalam kontrol konverter sangat diperlukan untuk menjalankan motor *Switched Reluctance*. Pemberian sinyal yang berurutan pada saklar konverter akan menentukan perputaran dari motor *Switched Reluctance*. Untuk mode pensaklaran dari konverter *C-Dump* memiliki empat mode. Dari ke empat mode ini harus dihidupkan secara berurutan. Sehingga dengan menghidupkan secara berurutan dapat menentukan pergantian tiap fasa dan motor dapat berputar dengan benar.

3.2. Konstruksi Motor *Switched Reluctance*

Motor *Switched Reluctance* memiliki kelebihan yang terdapat pada motor tersebut seperti struktur yang sederhana dengan konstruksi tidak terdapat belitan pada sisi rotor dan tidak terdapat magnet permanen yang tertanam pada rotor. Bagian stator motor *Switched Reluctance* berupa kutub yang menonjol atau disebut *salient pole*.

Motor yang telah dibuat memodifikasi dari motor induksi di mana memodifikasi bentuk rotor dan belitan yang terdapat pada stator. Bentuk rotor dimodifikasi dengan membelah beberapa bagian dan menjadi beberapa kutub-kutub yang menonjol sebanyak delapan kutub. Dan untuk belitan pada stator dililit ulang sesuai dengan jumlah pada stator yaitu berjumlah 12 stator.

3.2.1. Konstruksi Rotor Motor *Switched Reluctance*

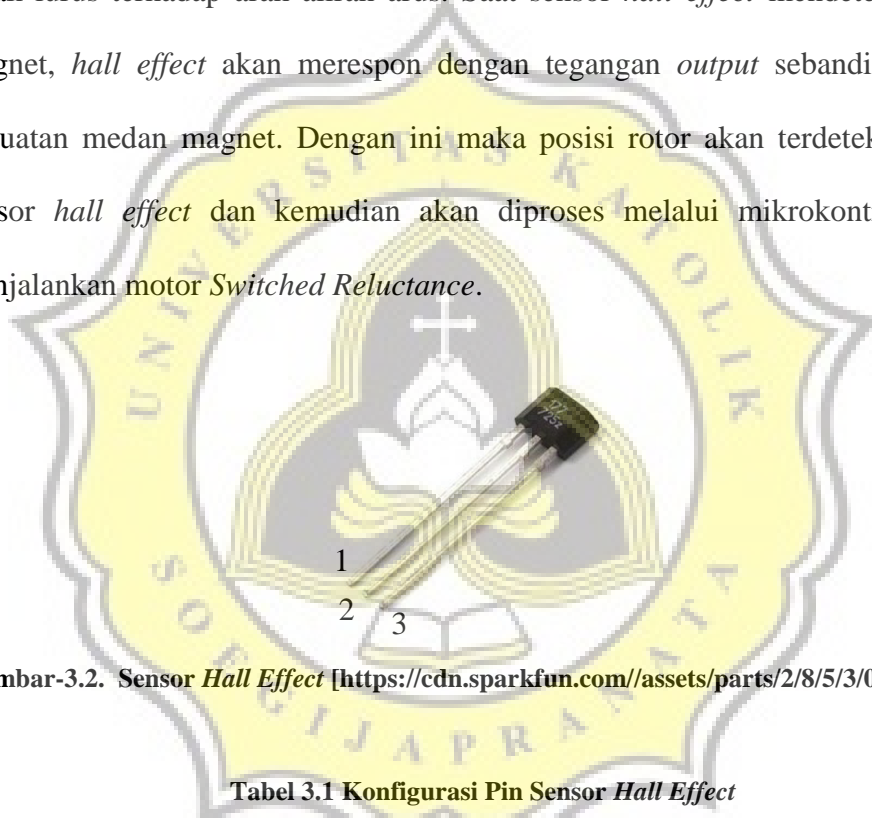
Pada motor *Switched Reluctance* memiliki beberapa bagian utama. Salah satunya adalah rotor. Rotor adalah bagian yang diam pada motor *switched reluctance*. Rotor motor ini berupa tumpukan lempengan inti besi. Saat sebelum memodifikasi bagian rotor pada motor *switched reluctance*, rotor ini merupakan jenis sangkar tupai. Rotor dimodifikasi dengan memotong / membelah beberapa bagian sehingga membentuk kutub-kutub yang menonjol. Saat proses pemotongan rotor, dilakukan dengan cara menandai sudut-sudut potong dan kemudian dilakukan pemotongan dengan presisi agar rotor dapat berputar dan berjalan dengan benar. Berikut gambar dari rotor motor *Switched Reluctance* yang telah dimodifikasi.



Gambar-3.1. Konstruksi rotor motor *Switched Reluctance*

3.2.2. Prinsip Kerja *Hall Effect* Sensor

Untuk menjalankan motor *Switched Reluctance* membutuhkan sebuah sensor. Sensor yang digunakan menggunakan jenis sensor *hall effect*. Kegunaan sensor yang dipakai untuk mengetahui letak posisi rotor terhadap stator. Elemen *hall effect* terbuat dari lembaran berbahan konduktif dengan koneksi *output* yang tegak lurus terhadap arah aliran arus. Saat sensor *hall effect* mendeteksi medan magnet, *hall effect* akan merespon dengan tegangan *output* sebanding dengan kekuatan medan magnet. Dengan ini maka posisi rotor akan terdeteksi melalui sensor *hall effect* dan kemudian akan diproses melalui mikrokontroler guna menjalankan motor *Switched Reluctance*.



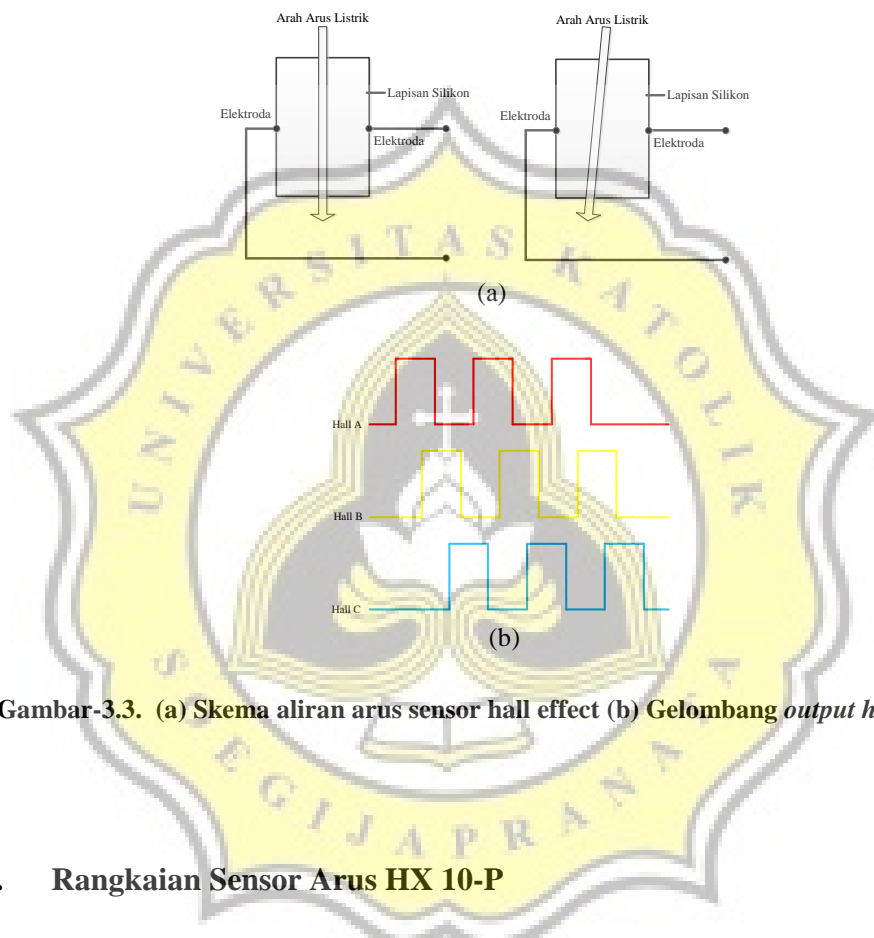
Gambar-3.2. Sensor *Hall Effect* [<https://cdn.sparkfun.com//assets/parts/2/8/5/3/09312-1.jpg>]

Tabel 3.1 Konfigurasi Pin Sensor *Hall Effect*

Nama	Nomer Pin	Fungsi
VCC	1	Sumber Tegangan
VOU	2	Sinyal Keluaran
GND	3	Ground

Pada prinsipnya, sensor *hall effect* terdiri dari dua elektroda dan terdapat lapisan silikon di mana akan dihasilkan perbedaan tegangan saat lapisan silikon

dialiri oleh arus. Jika tidak diindikasikan adanya medan magnet yang terdeteksi maka arah arus listrik yang mengalir akan berada di tengah – tengah dan akan dihasilkan tegangan 0V dikarenakan tidak terdapat beda tegangan antara elektroda kiri dan kanan.

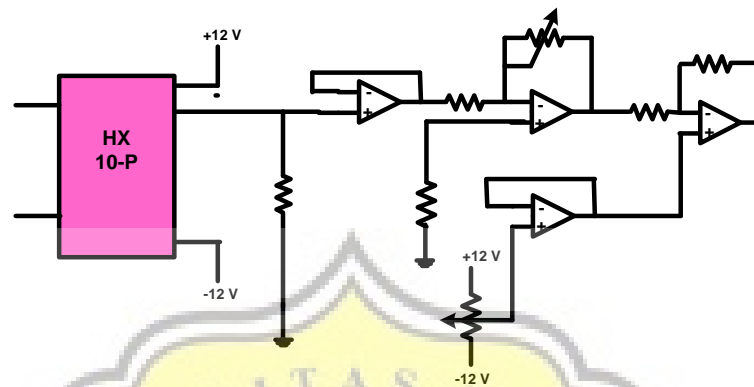


Gambar-3.3. (a) Skema aliran arus sensor hall effect (b) Gelombang output hall effect

3.3. Rangkaian Sensor Arus HX 10-P

Untuk mendapatkan hasil data dari keluaran motor *switched reluctance* membutuhkan sebuah sensor arus. Sensor dalam artian sebagai alat yang mampu membaca suatu besaran tegangan, suatu letak dan posisi dan besar arus. Dengan difungsikannya sensor arus ini maka sensor dapat digunakan untuk membaca hasil data dari motor sehingga mendapatkan hasil data keluaran motor tersebut. Dengan data yang telah didapat yang nantinya akan membuktikan bahwa posisi sebuah sensor dapat mempengaruhi terhadap arus yang dibutuhkan motor *Switched*

Reluctance. Oleh sebab itu penulis menggunakan sensor arus HX 10-P sebagai alat ukur yang digunakan.

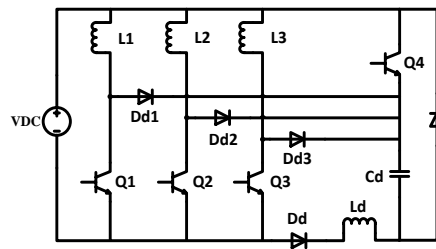


Gambar-3.4. Skema blok sensor arus

Prinsip kerja dari sensor arus ini untuk mendeteksi arus kemudian akan diterjemahkan berupa tegangan dengan perbandingan yang dapat diatur sesuai yang akan digunakan. Tegangan yang telah ditetapkan nantinya akan dibaca sebagai arus yang akan mengalir ke dalam sistem. Sensor arus ini dipasang pada *driver* dan motor *Switched Reluctance*.

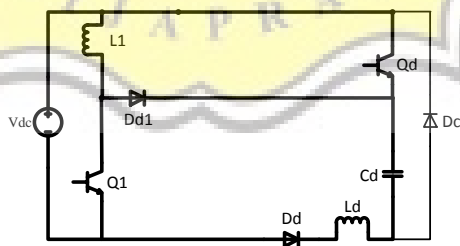
3.4. Konverter *C-Dump*

Untuk menghasilkan putaran pada motor *Switched Reluctance* membutuhkan medan magnet yang dihasilkan pada stator. Untuk menghasilkan medan magnet membutuhkan suatu alat yang dapat mengubah pola pensaklaran pada motor dan untuk mengatur pola pensaklaran dibutuhkan suatu konverter. Konverter di sini berfungsi untuk mengubah urutan fasa tiap fasa yang aktif. Konverter yang digunakan menggunakan jenis konverter *C-Dump*.



Gambar-3.5. Rangkaian Konverter C-Dump

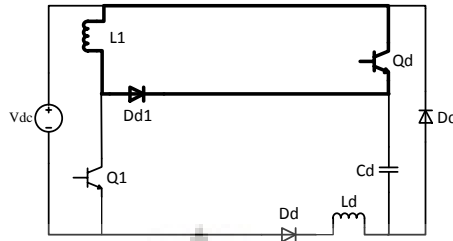
Pada Gambar-3.4 memperlihatkan skema rangkaian dari Konverter *C-Dump* tipe *energy efficient* di mana memiliki empat buah saklar sebagai kontrol pensaklaran, sebuah kapasitor dan induktor. Fungsi dari saklar yang terdapat pada konverter untuk mengontrol pergantian fasa yang dialiri oleh arus. Fungsi kapasitor di sini untuk menyimpan tegangan saat saklar dalam kondisi dimatikan. Pada rangkaian ini, terdapat sebuah induktor. Fungsi induktor untuk menyimpan energi dan untuk kapasitor memiliki fungsi yaitu untuk menyimpan tegangan saat saklar dalam kondisi dimatikan. Pada konverter *C-Dump* tipe *efficient energy* terdapat empat saklar yang berfungsi sebagai kontrol di beberapa mode operasi konverter. Berikut disajikan empat mode operasi dari konverter ini.



Gambar-3.6. Rangkaian Konverter C-Dump saat Mode Konduksi

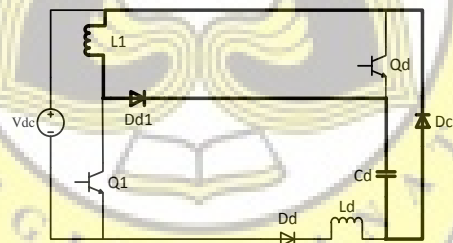
Saat mode konduksi, fasa L_1 mulai *magnetize* di mana saklar Q_1 dan Q_d *on*. Tegangan dari kapasitor dialirkan ke sumber melewati induktor L_d sampai tegangan kapasitor turun ke level tegangan sumber. Saat fasa L_1 telah memenuhi

perintah yang ditetapkan, maka konverter akan mengalami pergantian perintah atau mode operasi *chopping*.



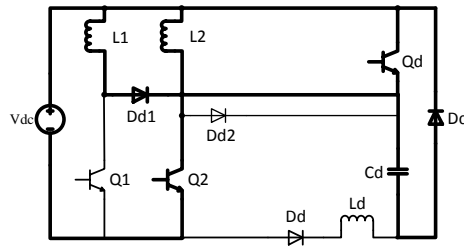
Gambar-3.7. Rangkaian Konverter C-Dump saat Mode *Freewheeling*

Saat saklar Q_1 *off* dan Q_d *on*, maka konverter mengalami mode *freewheeling*. Mode ini terjadi karena arus tidak dapat melewati saklar Q_1 karena kondisi saklar Q_1 *off* dan akan mengalir ke saklar Q_d yang menjadikannya mode *freewheeling*. Arus tetap dipertahankan pada kondisi ini di mana saklar Q_d antara *on* dan *off*.



Gambar-3.8. Rangkaian Konverter C-Dump saat Mode Komutasi I

Ketika saklar Q_1 dan Q_d *off*, kapasitor akan menerima dan menyimpan tegangan melalui D_{d1} . Kapasitor akan terus menyimpan dan mengalirkan tegangan jika saklar Q_d belum dihidupkan.



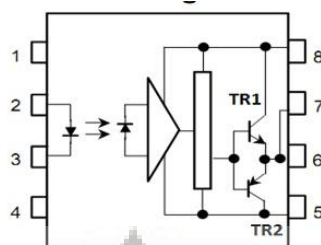
Gambar-3.9. Rangkaian Konverter *C-Dump* saat Mode Komutasi II

Dioda D_d memblokir arus *demagnetized* yang mengalir melalui sumber DC. Saat fasa L_1 sedang *demagnetize*, fasa L_2 *magnetized* dengan mengubah saklar Q_2 *on*. *Freewheeling* melalui saklar Q_d tidak dimulai sampai fasa L_1 telah sepenuhnya mengalami *demagnetized*. Selama periode ini, arus melalui fasa L_2 dipertahankan pada nilai perintah dengan membuang energi ekstra ke dalam kapasitor.

3.5. Rangkaian Driver

Rangkaian *driver* dibutuhkan untuk menjalankan motor *Switched Reluctance* di mana *driver* memiliki fungsi sebagai penghubung dan juga pengaman antara rangkaian daya dan rangkaian kontrol. Pada *driver* ini yang akan bertugas untuk menyalakan MOSFET dengan perintah DSC yang telah ditentukan. Rangkaian *driver* memiliki empat buah TLP250 dan sebuah IC *buffer* tipe 74HC541N. Pada IC *buffer* ini memiliki fungsi sebagai penguat dan penyangga dari keluaran dsPIC30f4012 agar tidak terjadi penurunan saat proses pensaklaran *driver* berjalan agar selalu optimal. Pada rangkaian *buffer* memiliki dua buah gerbang NOT yang berfungsi saat sinyal dari mikrokontroler bernilai 4V diteruskan ke gerbang NOT pertama akan bernilai 0V lalu diteruskan ke gerbang

NOT selanjutnya dan menghasilkan nilai 5V. Sedangkan untuk *optocoupler* TLP250 memerlukan tegangan masukan sebesar +12V agar dapat beroperasi.



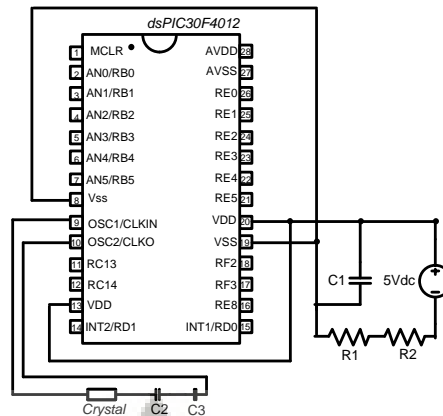
Gambar-3.10. Rangkaian *optocoupler* TLP250

Keterangan :

- Pin 1 dan 4 tidak terhubung dan tidak difungsikan
- Pin 2 sebagai *input* sinyal PWM
- Pin 3 berfungsi sebagai *ground*
- Pin 5 berfungsi sebagai *ground* dari catu daya
- Pin 6 dan 7 berfungsi sebagai *output* dari sinyal PWM
- Pin 6 berfungsi sebagai *input* catu daya (+12V)

3.6. Blok Kontrol

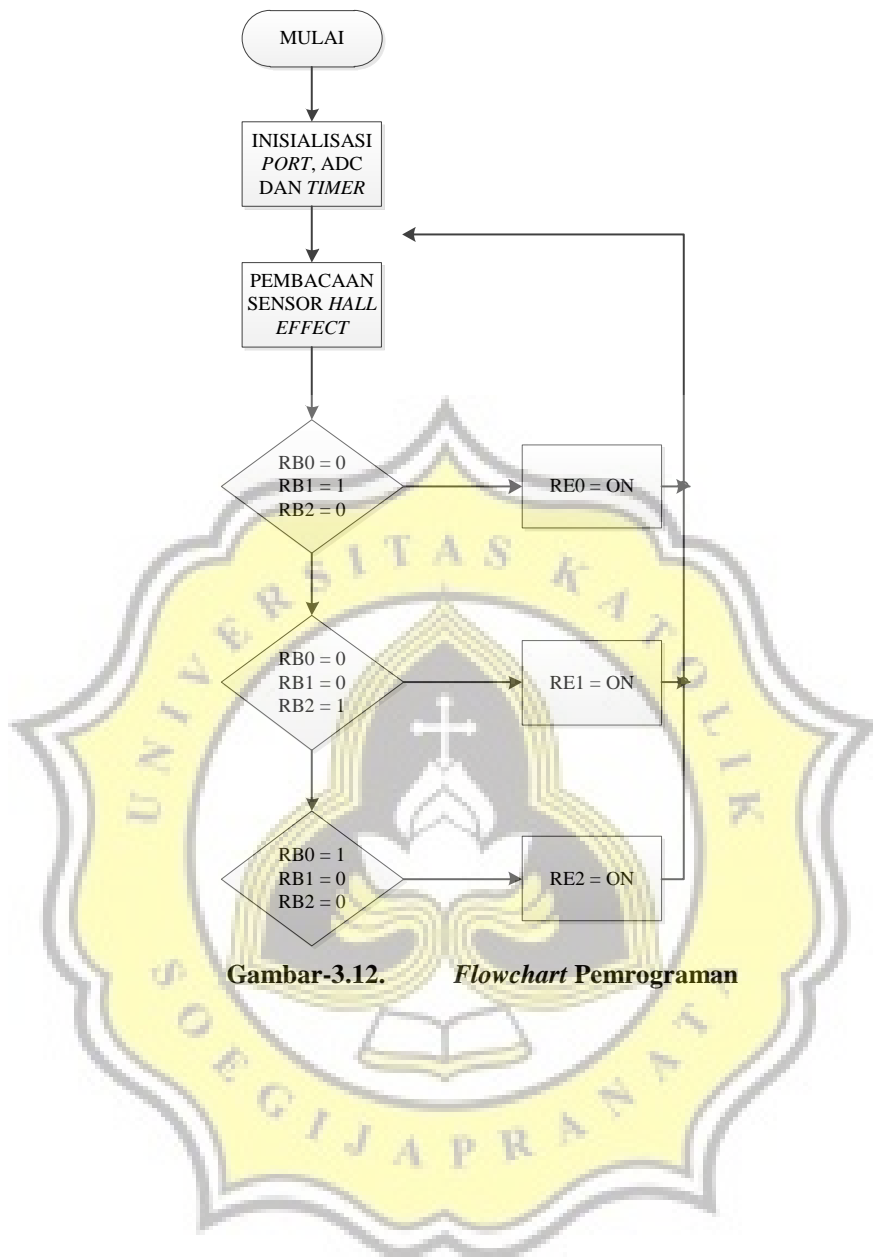
Blok kontrol yang terdapat pada sistem ini berbasis digital di mana menggunakan *Digital Signal Controller* (DSC) tipe dsPIC30F4012. Pada sistem mikrokontroler ini dilengkapi dengan adanya kapasitor dan sebuah *crystal* sebagai pembangkit *clock* dari mikrokontrol tersebut.



Gambar-3.11. Skema mikrokontroler dsPIC30F4012

dsPIC30f4012 adalah mikrokontrol yang memiliki lebar data 16 bit yang di mana memiliki fungsi untuk mengolah sinyal digital yang dilengkapi oleh pengaturan 30 MIPS instruksi yang dibuat oleh *Microchip Technology*. Sebagai pengolah sinyal digital yang memiliki frekuensi tinggi, maka mikrokontrol ini cocok untuk digunakan sebagai kendali motor *Switched Reluctance*.

Pemrograman awal adalah inialisasi *timer interrupt* sebagai awal eksekusi program, lalu inialisasi pada *Port*. Pada inialisasi *port* ditentukan *port* yang memiliki fungsi sebagai masukan dan *port* yang berfungsi sebagai keluaran. Hasil pembacaan dari *hall effect* kemudian dikelompokkan menjadi beberapa bagian dan diteruskan ke *driver* untuk mengerakkan motor. Berikut adalah diagram alur (*flowchart*) dari pemrograman.



Gambar-3.12. *Flowchart Pemrograman*