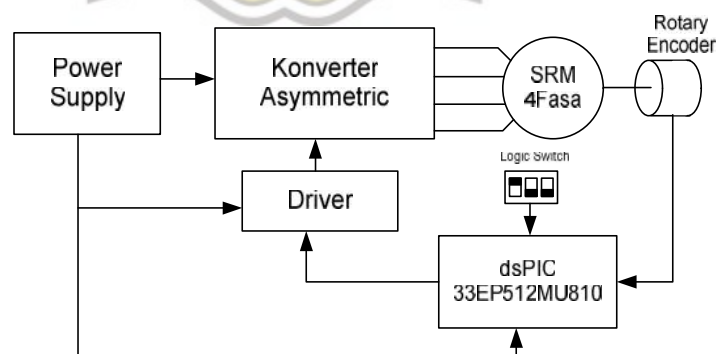


BAB III

PERANCANGAN KENDALI PERGESERAN SUDUT FASA MENGUNAKAN *ROTARY ENCODER* PADA SRM

3.1. Pendahuluan

Pada bab ini menjelaskan tentang perancangan kendali pergeseran sudut fasa menggunakan *rotary encoder* pada SRM dan juga rangkaian-rangkaian pendukung. Beberapa rangkaian yang digunakan dalam laporan Tugas Akhir ini meliputi rangkaian *asymmetric*, rangkaian *driver*, rangkaian sensor arus, rangkaian *power supply* dan blok kendali. Pada bab ini juga membahas proses penentuan sudut fasa menggunakan *rotary encoder* sebagai deteksi posisi rotor. Penentuan sudut fasa digunakan sebagai pengoperasian SRM dengan memberikan eksitasi stator melalui konverter *asymmetric*. Perancangan kendali pergeseran sudut fasa menggunakan *rotary encoder* pada SRM ditunjukkan blok diagram pada Gambar-3.1.

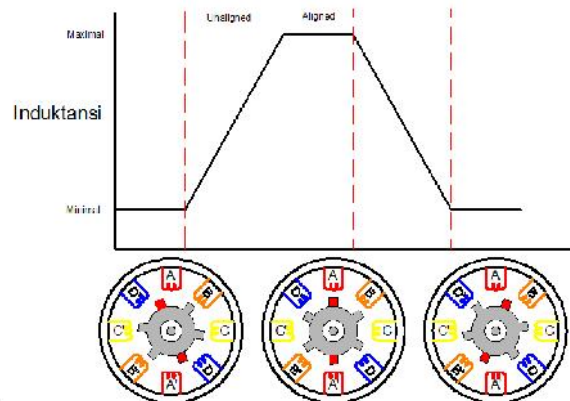


Gambar-3.1 Blok diagram perancangan kendali SRM

Berdasarkan Gambar-3.1 perancangan kendali SRM dibagi menjadi beberapa blok bagian. Blok *power supply* digunakan sebagai penyalur tegangan untuk blok konverter *asymmetric*, *driver*, dan mikrokontroler dsPIC 33EP512MU810. Blok konverter *asymmetric* digunakan sebagai pensaklaran eksitasi sekuensial yang menggerakkan SRM. *Rotary encoder* digunakan sebagai informasi posisi rotor pada SRM dengan menghasilkan pulsa serial yang akan diolah oleh mikrokontroler dsPIC 33EP512MU810. Blok mikrokontroler dsPIC33EP512MU810 digunakan sebagai pengolah sinyal digital yang digunakan sebagai pengatur pensaklaran pada konverter *asymmetric* dengan mengatur *output logic switch* dalam memilih kondisi pergeseran yang diinginkan. Blok driver digunakan sebagai penguat sinyal dari mikrokontroler dsPIC 33EP512MU810 dan *optocoupler* dalam menjalankan pensaklaran MOSFET pada konverter *asymmetric*.

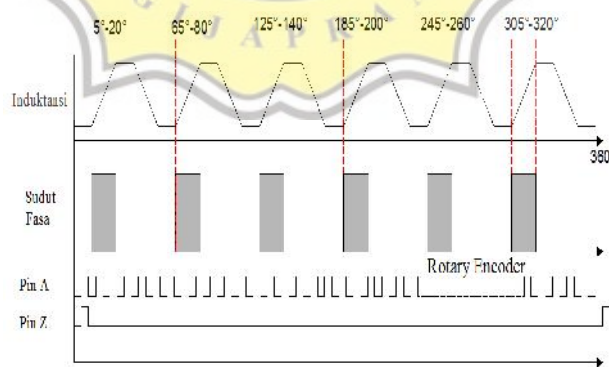
3.2. Penentuan Sudut Fasa menggunakan *Rotary Encoder*

Penentuan sudut fasa dapat diketahui dengan karakteristik profil induktansi pada SRM. Ketika posisi rotor dan stator dalam posisi *unaligned* (tidak sejajar) maka kondisi ini SRM mengalami induktansi minimum. Pada proses posisi rotor mendekati stator, induktansi SRM mulai meningkat hingga posisi stator dan rotor *aligned* (sejajar), dan induktansi akan menurun ketika rotor menjauhi stator. Proses penyalaan sudut fasa berada saat rotor mendekati stator sehingga SRM dapat beroperasi. Pada Gambar-3.2 ditunjukkan posisi rotor terhadap profil induktansi.



Gambar-3.2 Posisi rotor terhadap profil induktansi

Proses penyalan sudut fasa SRM membutuhkan *rotary encoder* sebagai pendeteksi posisi rotor. Dalam satu putaran atau 360 derajat, *rotary encoder* menghasilkan 2000 pulsa pada pin A dan 1 pulsa pada pin Z. Pada satu putaran terdapat enam kondisi induktansi setiap fasa. Proses induktansi dan pendeteksian sudut fasa dengan *rotary encoder* dalam satu putaran SRM ditunjukkan pada Gambar-3.3.



Gambar-3.3 Pendeteksian posisi rotor dengan *rotary encoder*

Penentuan nilai pulsa pada *rotary encoder* yang digunakan untuk menyalakan sudut fasa dapat menggunakan persamaan sesuai dengan Persamaan (3-1).

$$N_p = \frac{J_p \times \alpha_{on}}{360} \quad (3-1)$$

di mana

N_p = Nilai pulsa

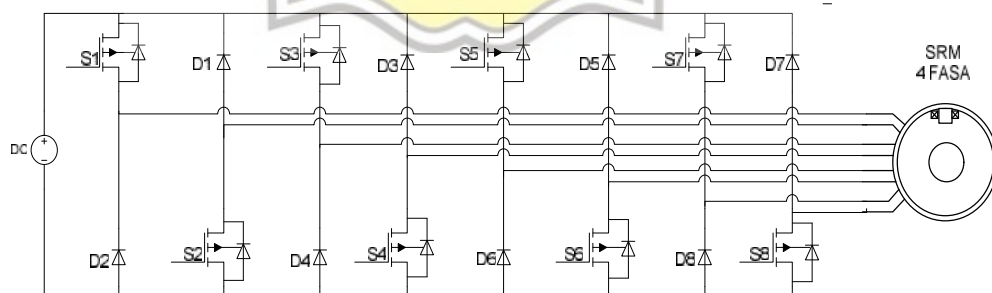
J_p = Jumlah pulsa

α_{on} = Nilai sudut penyalan

360 = Sudut mekanik dalam satu putaran.

3.3. Rangkaian Konverter *Asymmetric*

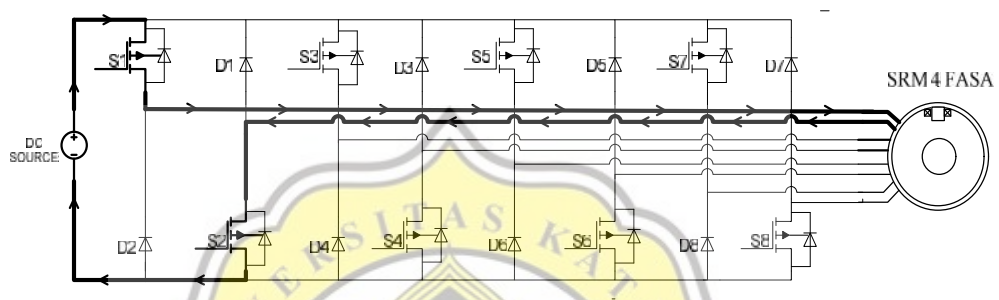
Pada dasarnya SRM membutuhkan konverter yang digunakan sebagai proses eksitasi secara sekuensial. Konverter yang digunakan merupakan konverter *asymmetric* empat fasa, terdiri dari delapan MOSFET dan delapan dioda cepat yang ditunjukkan pada Gambar-3.4. Konverter *asymmetric* digunakan karena memiliki kelebihan dalam pengendaliannya yang mudah, terhindar dari hubung singkat dan dapat dikontrol secara *independent*.



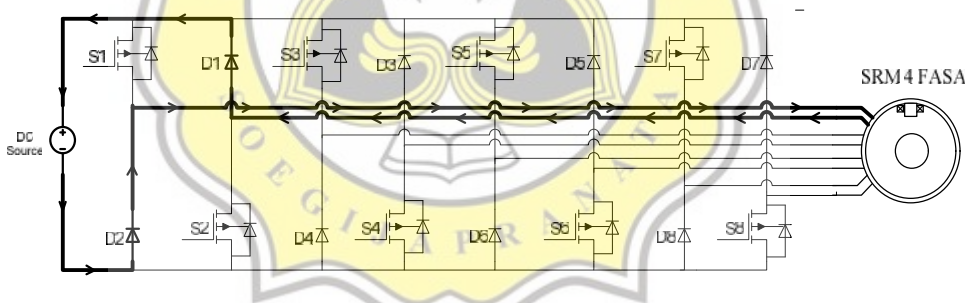
Gambar-3.4 Rangkaian konverter *asymmetric* 4 fasa

Prinsip kerja dari rangkaian *asymmetric* dalam laporan Tugas Akhir ini menggunakan metode *magnetizing* dan *demagnetizing*. Metode *magnetizing*

bekerja saat kondisi saat S1 *ON*, arus yang mengalir akan menuju belitan fasa lalu menuju S2 dan kembali ke sumber seperti yang ditunjukkan Gambar-3.5. Metode *demagnetizing* bekerja saat S1 dan S2 *OFF*, arus yang tersimpan pada belitan fasa akan mengalir menuju D1 dan D2 dan menghasilkan tegangan negatif yang ditunjukkan pada Gambar-3.6.



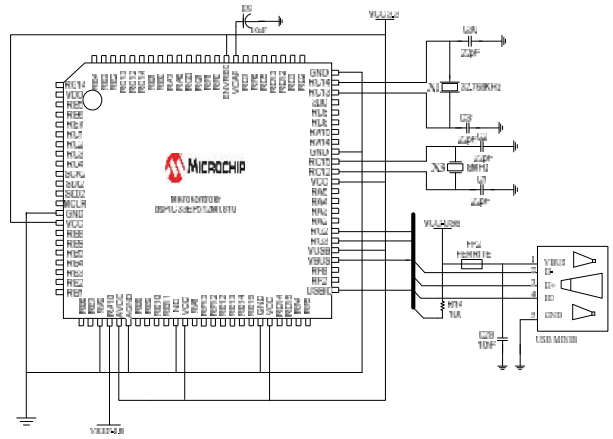
Gambar-3.5 Mode operasi *magnetizing* konverter *asymmetric*



Gambar-3.6 Mode operasi *demagnetizing* konverter *asymmetric*

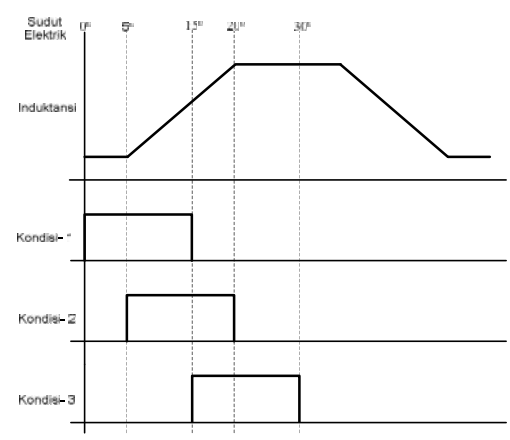
3.4. Blok Kendali

Dalam penelitian Tugas Akhir ini kontrol yang digunakan berbasis mikrokontroler dsPIC 33EP512MU810. Mikrokontroler ini menggunakan *system mininum* yang terdiri dari komponen kapasitor dan *crystal oscilator* 8 Mhz dan 32 Khz sebagai pembangkit clock *eksternal* dan juga *micro USB port* untuk memasukan program pada mikrokontroler yang ditunjukkan pada Gambar-3.7.



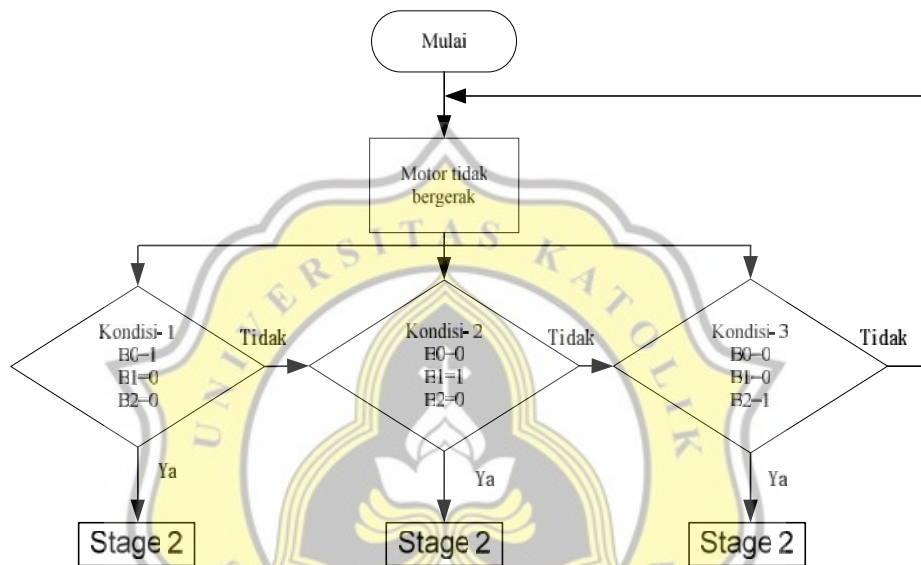
Gambar- 3.7 System minimum dsPIC 33EP512MU810

Mikrokontroler dsPIC 33EP512MU810 yang digunakan memiliki karakteristik arsitektur 16 bits, 70 *Mega Instruction Per Second* (MIPS) dan memori RAM 53 KB. Mikrokontroler dsPIC 33EP512MU810 dapat mengolah sinyal digital yang mempunyai frekuensi tinggi sehingga cocok sebagai basis pergeseran sudut fasa SRM dalam mengatur pensaklaran. Dalam penelitian Tugas Akhir ini proses pemberian sudut fasa dibagi menjadi tiga kondisi untuk mengetahui sudut yang optimal menggunakan *rotary encoder* yang ditunjukkan pada Gambar-3.8.



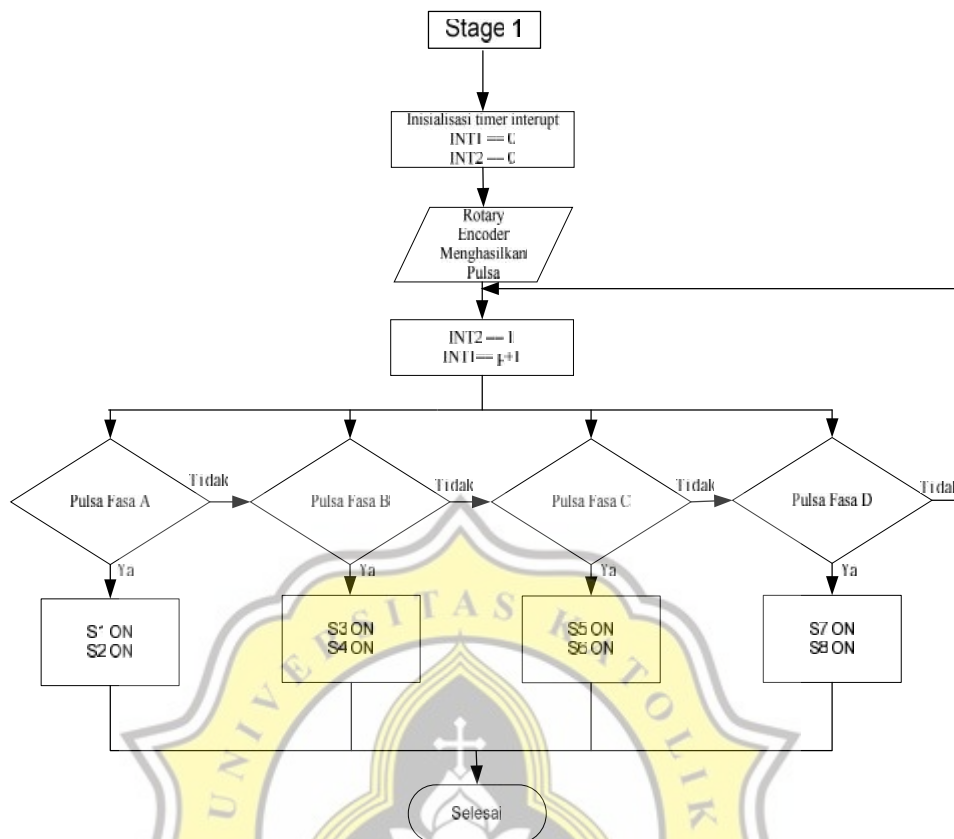
Gambar- 3.8 Pergeseran sudut fasa dengan tiga kondisi

Pergeseran sudut fasa yang terbagi menjadi tiga kondisi, Kondisi-1 berada pada interval 0° hingga 15° ($on = 0^\circ$ $off = 15^\circ$), Kondisi-2 sudut digeser kekanan 5° dari Kondisi-1 ($on = 5^\circ$ $off = 20^\circ$), dan Kondisi-3 sudut digeser 10° ke kanan dari Kondisi-2 ($on = 15^\circ$ $off = 30^\circ$). *Flowchart* Proses pergeseran sudut fasa menggunakan *rotary encoder* ditunjukkan pada Gambar-3.9.



Gambar-3.9 *Flowchart* pergeseran sudut fasa Tahap-1

Proses pergeseran sudut fasa dibagi menjadi dua tahap, tahap pertama yang disajikan pada Gambar-3.8 merupakan tahap awal yang digunakan untuk memilih kondisi pergeseran sudut yang diinginkan. Pengaturan pergeseran sudut fasa menggunakan *logic-switch* untuk memilih kondisi yang dihubungkan ke PORT B dsPIC 33EP512MU810. Kondisi-1 terpenuhi jika nilai dari PORT B0 =1, B1=0, dan B2=0. Kondisi-2 terpenuhi jika PORT B0=0, B1=1, dan B2=0. Kondisi-3 terpenuhi jika PORT B0=0, B1=0, B2=1, jika nilai yang ditentukan tidak sesuai maka motor tidak bergerak dan tidak diteruskan ke tahap kedua.



Gambar-3.10 Flowchart pergeseran sudut fasa Tahap-2

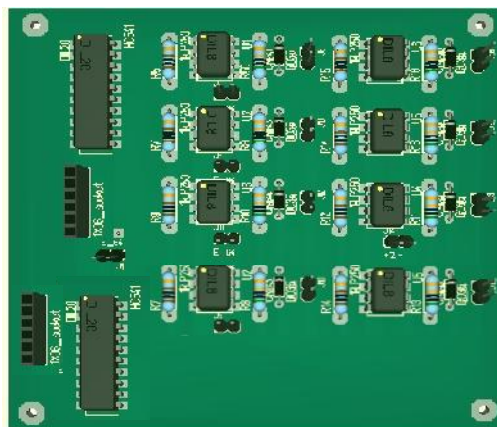
Tahap kedua merupakan lanjutan dari tahap pertama setelah memilih kondisi yang diinginkan. Pada tahap ini Pulsa Pin-A dan Pin-Z pada *rotary encoder* dihubungkan pada *eksternal Interrupt* pada mikrokontroler ($INT1 = \text{PIN-A}$, $INT2 = \text{PIN-Z}$). Pada tahap ini nilai dari $INT1$ dan $INT2$ masih nol hingga *rotary encoder* menghasilkan pulsa. Setelah *rotary encoder* menghasilkan pulsa, nilai pada $INT2$ terpenuhi dan $INT1$ mulai menghitung pulsa pada *rotary encoder*. Pulsa yang telah ditentukan pada setiap kondisi digunakan sebagai pensaklaran sekuensial pada konverter *asymmetric* untuk menyalakan setiap fasa. Pada Gambar-3.10 proses pensaklaran untuk Fasa A dilakukan dengan hanya menghidupkan S1 dan S2, untuk

Fasa B menghidupkan S3 dan S4, Fasa C menghidupkan S5 dan S6, dan fasa D menghidupkan S7 dan S8.

3.5. Rangkaian Driver

Rangkaian *driver* terdiri dari komponen TLP 250 dan IC *buffer* yang digunakan sebagai penghubung antara rangkaian mikrokontroler dengan rangkaian daya. IC *buffer* yang digunakan bertipe 74HC541N yang digunakan sebagai penguat gelombang sinyal dari mikrokontroler agar tidak mengalami penurunan tegangan. Sedangkan TLP 250 digunakan sebagai *optocoupler* atau isolasi tegangan untuk memisahkan ground antara rangkaian daya dan rangkaian mikrokontroler.

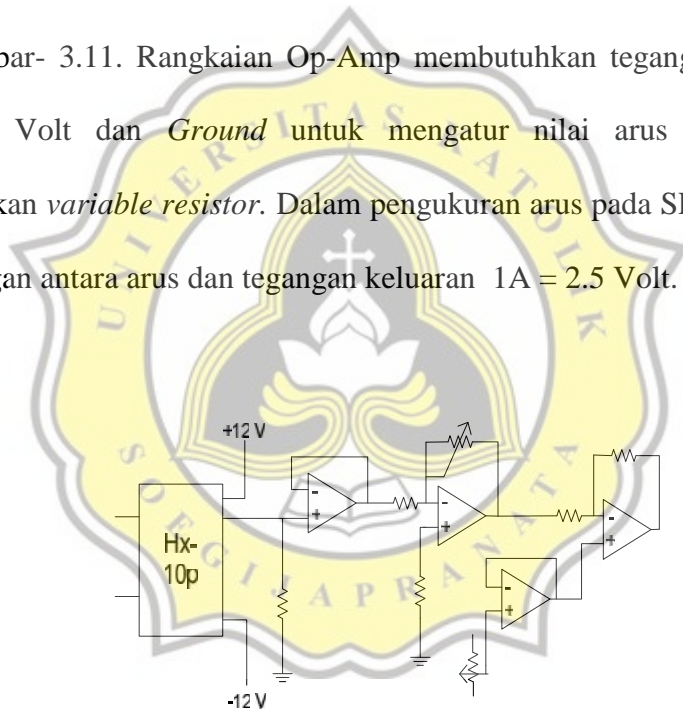
Rangkaian *driver* menggunakan delapan TLP 250 yang disesuaikan dengan penggunaan MOSFET pada rangkaian daya dan dua IC *buffer* 74HC541N sebagai penguatan sinyal dari mikrokontroler. IC *buffer* 74HC541N membutuhkan tegangan masukan 5 Volt dan TLP 250 membutuhkan tegangan minimal 10 Volt yang dicatu oleh rangkaian *power supply*. Rancangan skema rangkaian *driver* TLP 250 dan IC *buffer* 74HC541N ditunjukkan pada Gambar- 3.11.



Gambar- 3.11 Skema rangkaian *driver*

3.6. Rangkaian Sensor Arus

Sensor arus LEM HX 10-P digunakan untuk mendeteksi arus pada SRM sehingga dapat diketahui bentuk gelombang arus. Sensor ini mempunyai batas maksimal pembacaan arus 10A dan menghasilkan keluaran berupa tegangan apabila dialiri arus. Dalam mendeteksi arus pada SRM, sensor arus LEM HX 10-P membutuhkan rangkaian tambahan berupa rangkaian Op-Amp yang digunakan sebagai penguat, pengatur nilai *offset* dan batas nilai nol seperti yang ditunjukkan pada Gambar- 3.11. Rangkaian Op-Amp membutuhkan tegangan masukan +12 Volt, -12 Volt dan *Ground* untuk mengatur nilai arus yang diinginkan menggunakan *variable resistor*. Dalam pengukuran arus pada SRM menggunakan perbandingan antara arus dan tegangan keluaran $1A = 2.5 \text{ Volt}$.

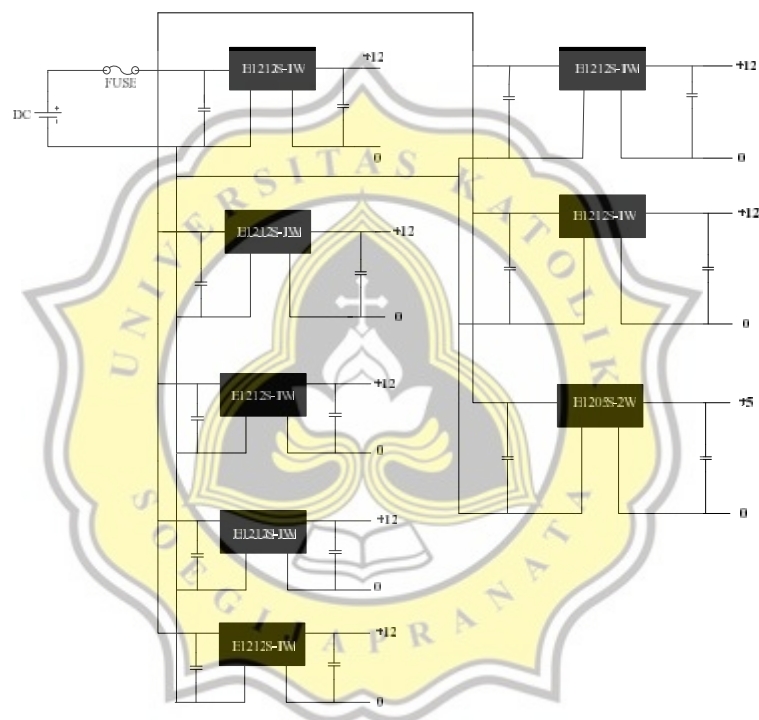


Gambar-3.12 Skema rangkaian sensor arus

3.7. Rangkaian Power supply

Dalam mengoperasikan SRM dibutuhkan *supply* tegangan terhadap setiap blok rangkaian. Pada rancangan rangkaian *power supply* terdiri dari tujuh keluaran dengan amplitudo tegangan yang berbeda yaitu 12Volt dan 5Volt. Enam buah keluaran 12Volt yang digunakan sebagai *suply* tegangan TLP 250 dan *rotary*

encoder. Sedangkan- keluaran 5Volt yang digunakan sebagai *supply* tegangan mikrokontoler dsPIC 33EP512MU810. Rangkaian ini menggunakan komponen DC-DC *isolated regulator* B1212S-1W dan B1205S-2W sebagai isolasi tegangan masukan terhadap tegangan keluaran. Skema rangkaian *power supply* ditunjukkan pada Gambar-3.13.



Gambar-3.13 Skema rangkaian *power supply*