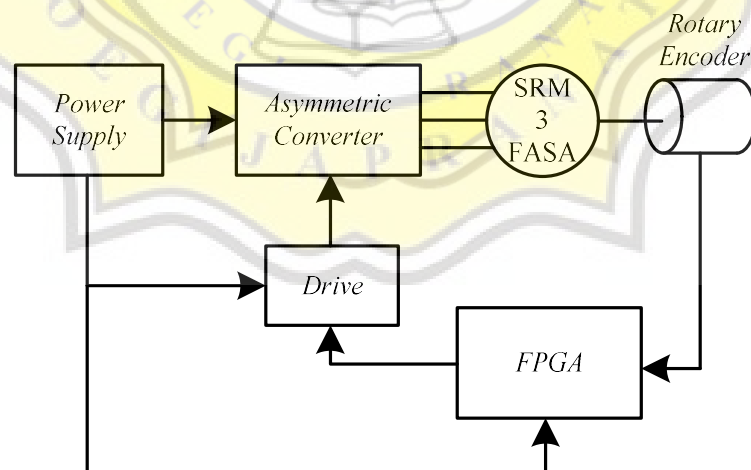


BAB III

RANCANG KENDALI OPTIMALISASI TORQA PADA SRM MENGUNAKAN *ROTARY ENCODER*

3.1 Pendahuluan

Pada bab akan dijelaskan tentang desain kendali penggerak pada *SRM* dengan deteksi *rotary encoder* dan juga rangkaian pendukungnya. Laporan Tugas Akhir ini menggunakan beberapa rangkaian meliputi rangkaian *power supply*, rangkaian sensor arus, rangkaian *driver*, blok kendali dan rangkaian konverter *asymmetric*. Penentuan sudut fasa juga dibahas pada bab ini tentang deteksi posisi rotor menggunakan *rotary encoder*. Eksitasi stator dari konverter *asymmetric* yang digunakan sebagai metode pengoperasian *SRM* dengan hasil dari penentuan sudut fasa. Berikut adalah desain penggerak *SRM* sebagai kendali optimalisasi torqa menggunakan *rotary encoder* seperti desain blok diagram berikut Gambar- 3.1.



Gambar-3.1 Blok diagram penggerak *SRM*

Berdasarkan Gambar-3.1 Desain kendali *SRM* terdiri dari beberapa rangkaian blok. Tegangan pada blok driver disuplai oleh rangkaian blok catu daya, kontrol *FPGA* dan rangkaian konverter *asymmetric*. Sakelar eksitasi stator berurutan yang digunakan untuk menggerakkan *SRM* disuplai dari blok konverter *asymmetric*. Kontrol *FPGA* akan memproses pulsa serial yang akan dibangkitkan oleh *rotary encoder* sebagai deteksi informasi posisi rotor pada *SRM*. Pengolahan sinyal digital dilakukan oleh blok *FPGA* sebagai pengatur pensakelaran pada konverter *asymmetric* dalam memilih kondisi pergeseran yang diinginkan. Sinyal dari *FPGA* dan *optocoupler* diatur oleh blok *driver* yang digunakan sebagai penguatan sinyal untuk melakukan pensakelaran MOSFET pada konverter *asymmetric*.

3.2 Konstruksi Switched Reluctance Motor

Tugas Akhir ini menggunakan *SRM* yang digunakan seperti pada umumnya, yang disebut *SRM* 3 fasa. *Rotary encoder* digunakan pada Tugas Akhir ini karena akurasi sensor hall effect yang kurang maksimal ditandai dengan terbatasnya sudut deteksinya. Konstruksi *SRM* yang digunakan pada penelitian ini memiliki konstruksi yang sederhana karena rotor dan stator yang berupa inti besi, tidak menggunakan sikat dan magnet permanen sehingga mempermudah pengguna dalam perawatannya dan memiliki umur yang relatif lebih panjang dibandingkan dengan motor listrik lainnya. Konstruksi *SRM* yang terdiri dari stator dan rotor dijelaskan pada sub-bab berikut.

3.2.1 Konstruksi Rotor *SRM*

Konstruksi pada *SRM* yang akan dibahas pada bab ini adalah rotor. Rotor adalah bagian pada *SRM* yang memiliki bagian menonjol dan dapat berputar yang terbuat dari bahan inti besi. Reluktansi maksimum pada motor terjadi karena celah udara yang ada pada motor, maka rotor yang ada pada *SRM*. Pada penelitian ini rotor *SRM* mempunyai delapan kutub dengan jarak 45 derajat terhadap kutub rotor lainnya seperti yang ditunjukkan Gambar-3.1.

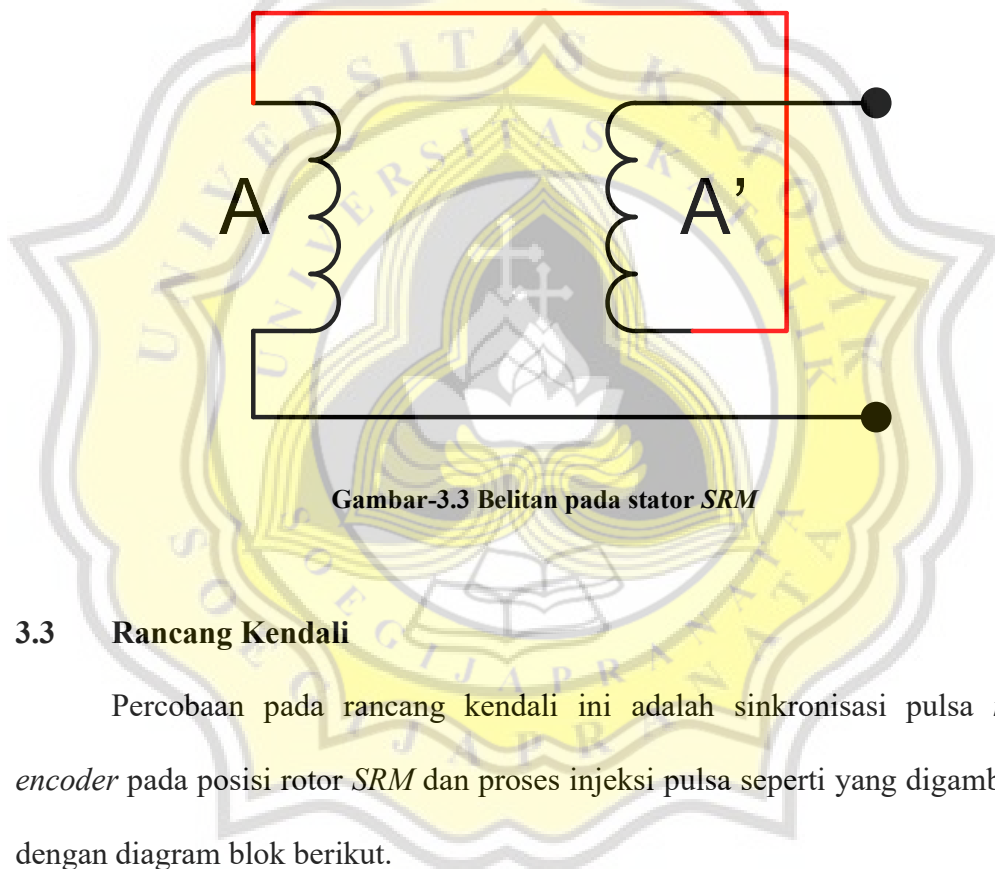


Gambar-3.2 Konstruksi pada rotor *SRM*

3.2.2 Konstruksi Stator *SRM*

Bagian pada *SRM* yang tidak bergerak adalah stator, konstruksinya berupa belitan. Jumlah kutub stator pada perancangan Tugas Akhir ini mempunyai 12 kutub dengan jarak antar kutubnya 30 derajat. Stator berfungsi untuk

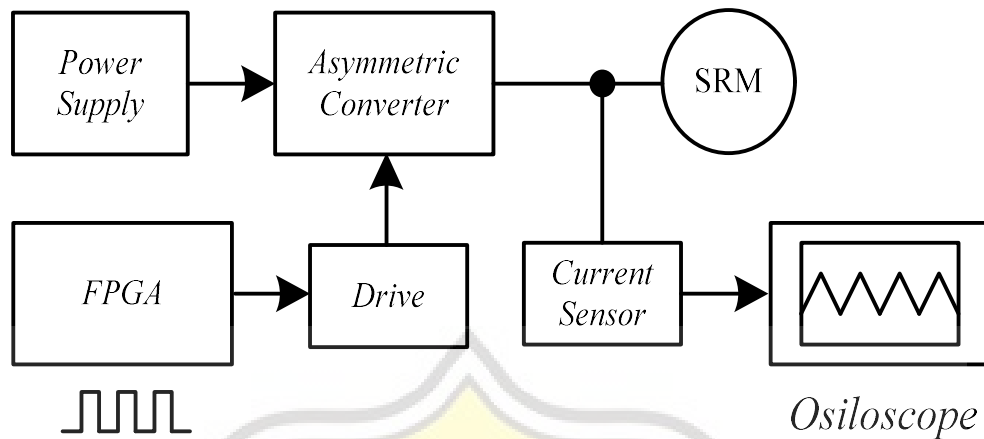
membangkitkan medan magnet dengan mengalirkan arus listrik dan menarik rotor terdekat. Jumlah kutub stator dan rotor pada *SRM* harus berbeda, jika berada pada jumlah yang sama, maka motor tidak dapat berputar. Belitan stator pada *SRM* dihubungkan dengan cara seri dan memiliki kutub magnet dengan arah yang berlawanan atau berbeda, sehingga memudahkan untuk menarik rotor. Belitan pada stator ditampilkan pada Gambar-3.2.



Gambar-3.3 Belitan pada stator *SRM*

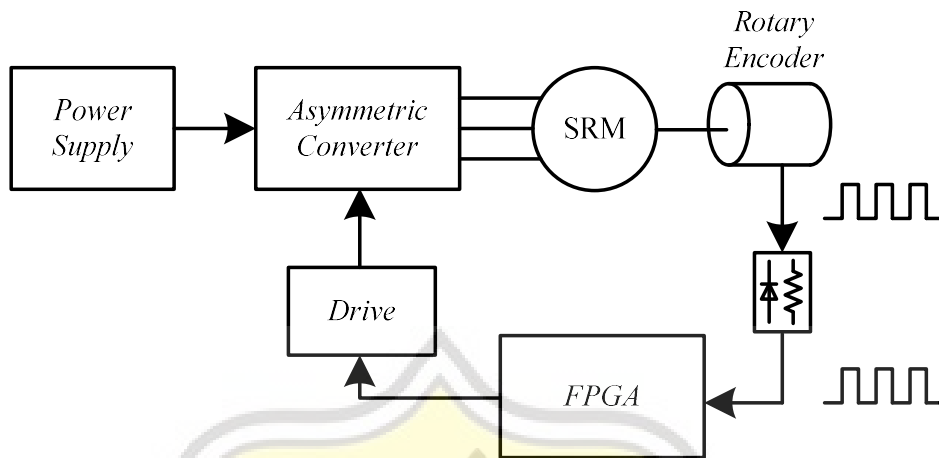
3.3 Rancang Kendali

Percobaan pada rancang kendali ini adalah sinkronisasi pulsa *rotary encoder* pada posisi rotor *SRM* dan proses injeksi pulsa seperti yang digambarkan dengan diagram blok berikut.



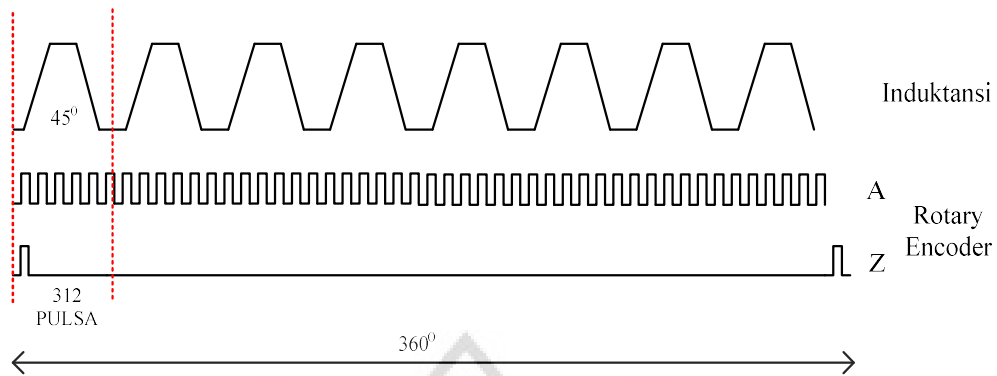
Gambar-3.4 Blok diagram injeksi pulsa

Diagram blok pada Gambar 3.4 merupakan proses injeksi pulsa yang menjadi tahap awal pada perancangan penggerak *SRM*. Deteksi posisi rotor adalah tujuan dari proses injeksi pulsa, belitan stator diberi pulsa frekuensi tinggi melalui konverter *asymmetric* yang akan menghasilkan impuls arus untuk dibandingkan dengan profil induktansi *SRM*. Pulsa *rotary encoder* disinkronkan dengan posisi rotor *SRM* yang merupakan langkah kedua untuk menentukan sudut fasa operasi *SRM*, lalu *FPGA* akan mengolah pulsa dari *rotary encoder*. Hal ini akan memberikan eksitasi stator untuk *SRM* yang menghasilkan pola penyalan berurutan dalam konverter *asymmetric*.



Gambar-3.5 Blok diagram sinkronisasi posisi rotor dengan pulsa rotary encoder

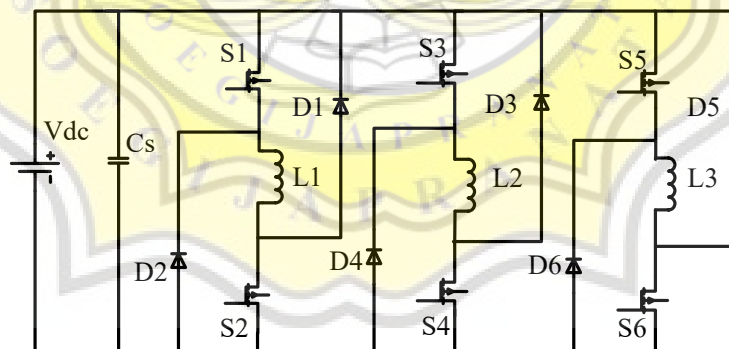
Pulsa dari *rotary encoder* yang dibandingkan dengan profil induktansi *SRM* merupakan bagian dari proses sinkronisasi yang terjadi. Langkah pertama untuk mengetahui informasi posisi rotor yang tepat adalah dengan memetakan profil induktansi ke salah satu fasa yang terkait dengan pulsa *rotary encoder* dan sinkronisasi menggunakan dua sinyal keluaran dari *rotary encoder*. Pulsa PinA menghasilkan 2500 pulsa dan pulsa PinZ berupa impuls sebagai tanda interval satu putaran. *SRM* yang digunakan memiliki delapan buah rotor, sehingga satu putaran menghasilkan delapan nilai induktansi maksimum seperti yang ditunjukkan pada Gambar-3.6. Setiap nilai induktansi maksimum dipisahkan oleh 45 derajat elektrik atau 312 pulsa *rotary encoder* ($2500 / \text{jumlah kutub rotor}$).



Gambar-3.6 Profil induktansi SRM dengan pulsa rotary encoder

3.4 Rangkaian Konverter *Asymmetric*

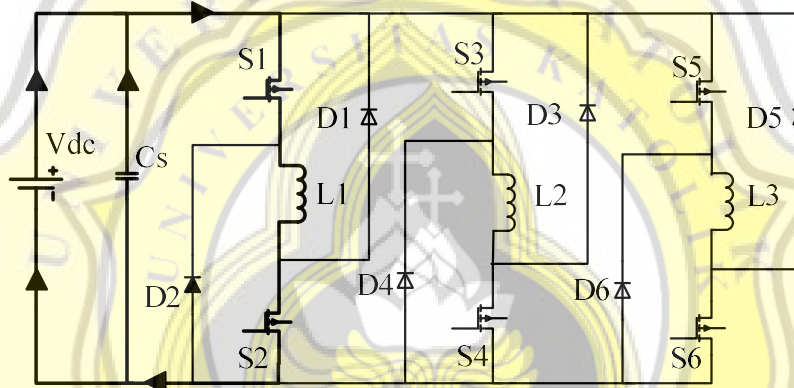
Agar SRM bisa bekerja konverter dibutuhkan untuk menghasilkan proses eksitasi secara sekuensial. Pada penelitian ini menggunakan konverter jenis *asymmetric* tiga fasa yang terdiri dari enam MOSFET dan enam dioda kecepatan tinggi, seperti terlihat pada Gambar 3.7. konverter *asymmetric* digunakan karena mudah dikontrol, menghindari korsleting, dan dapat dikontrol secara mandiri.



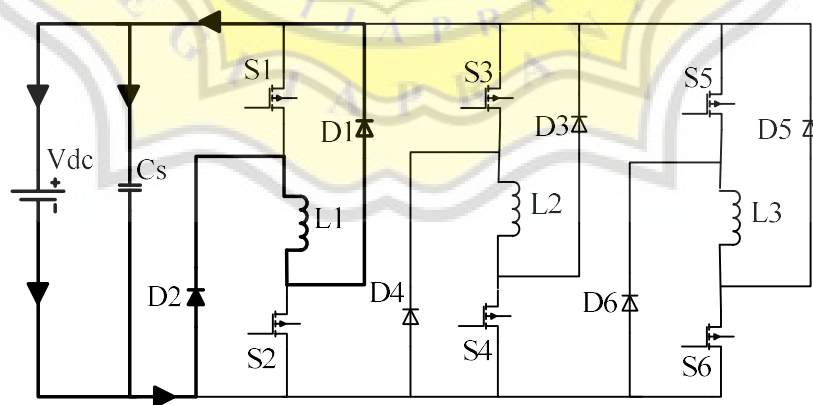
Gambar-3.7 Rangkaian konverter *asymmetric*

Mode *magnetizing* dan mode *demagnetizing* adalah metode yang digunakan dalam laporan Tugas Akhir ini sebagai bagian dari prinsip kerja rangkaian

konverter *asymmetric*. Berdasarkan Gambar 3.7 telah ditunjukkan bahwa mode *magnetizing* bekerja ketika S1 menyala maka arus melalui belitan fasa akan mengalir kemudian menuju S2, dan kembali ke sumbernya seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.8. Mode berikutnya adalah mode *demagnetizing* yang beroperasi saat S1 dan S2 mati, hal tersebut menyebabkan arus yang berada didalam belitan fasa akan menuju D1 dan D2 yang akan menghasilkan tegangan negatif seperti Gambar-3.9.



Gambar-3.8 Mode *magnetizing*

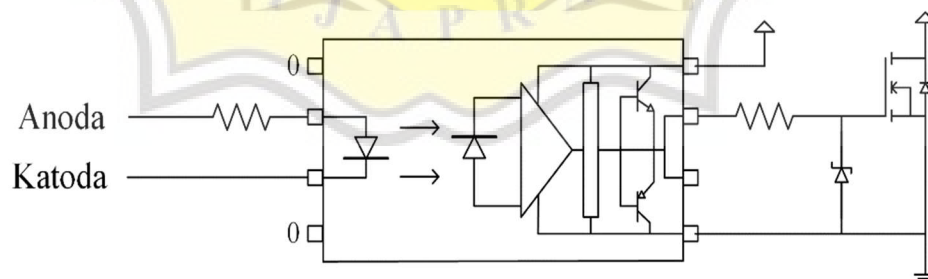


Gambar-3.9 Mode *demagnetizing*

3.5 Rangkaian Driver Optocoupler

Rangkaian *driver* pada alat Tugas Akhir ini terdapat *optocoupler* didalamnya yang berfungsi sebagai penghubung antara pengontrol sinyal digital *FPGA* dan unit daya. TLP250 digunakan sebagai *optocoupler* untuk memisahkan sistem *grounding* antara catu daya saat bekerja pada tegangan tinggi dan arus tinggi dengan pengontrol sinyal digital *FPGA* yang bekerja dengan tegangan rendah dan arus yang rendah. Rangkaian *driver* TLP250 mampu dioperasikan dengan tegangan minimal 10V yang terhubung ke rangkaian daya.

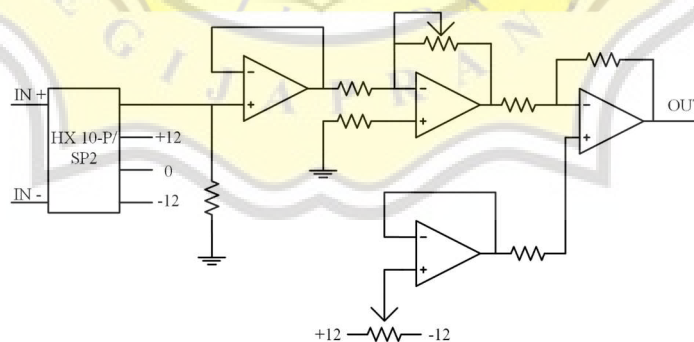
Fungsi utama dari rangkaian ini adalah untuk mengatur pensaklaran rangkaian MOSFET sesuai dengan program *FPGA*. Rangkaian ini menggunakan optocoupler tipe TLP250, dan sinyal input dari TLP250 adalah sinyal digital. Jika *FPGA* mensuplai tegangan 5VDC maka logika 1 menghasilkan tegangan tersebut. Sebaliknya, jika *FPGA* tidak mensuplai tegangan, Logika 0 tidak akan menghasilkan tegangan. Tegangan input TLP250 akan menyesuaikan *FPGA* dan tegangan output memiliki catu daya terpisah. Berikut rangkaian *driver* menggunakan *optpcoupler* tipe TLP250 yang ditunjukkan pada Gambar 3.10.



Gambar-3.10 Skema rangkaian *driver* TLP 250

3.6 Rangkaian Sensor Arus

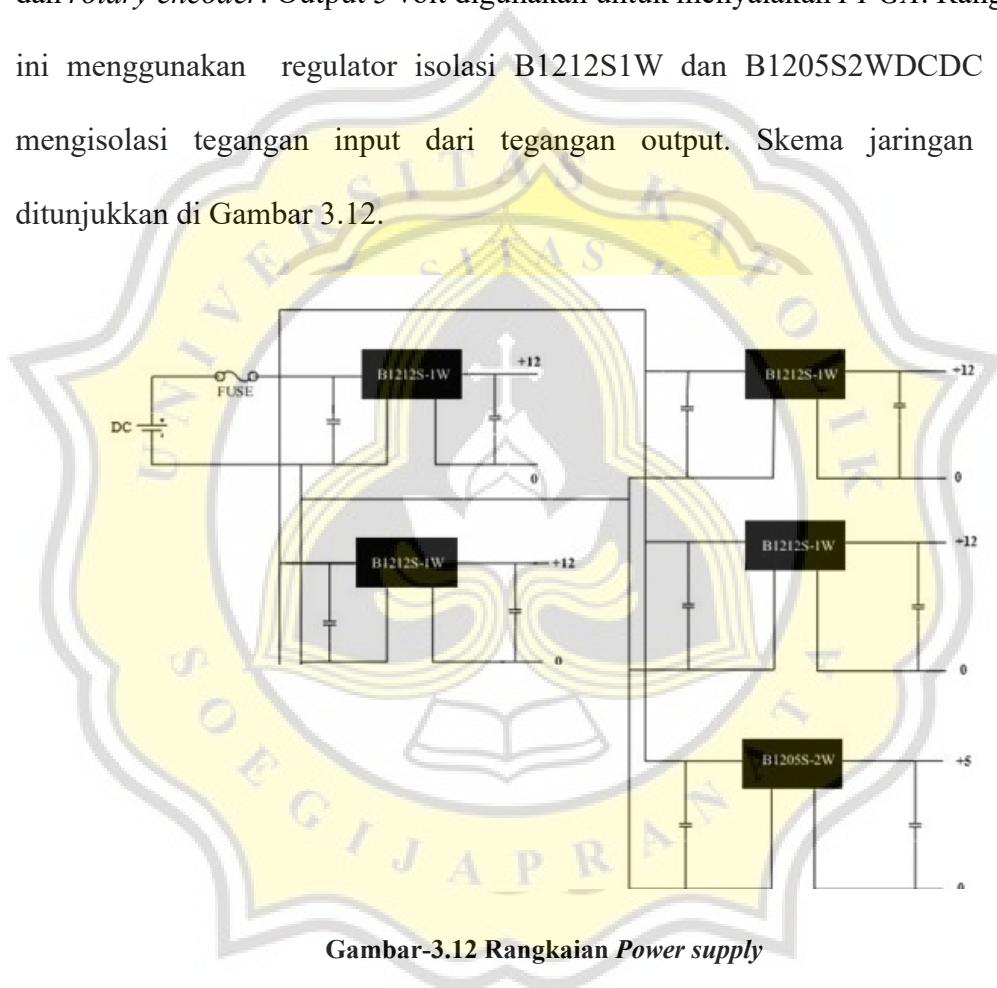
Dalam mendeteksi sebuah arus pada rangkaian tentunya dibutuhkan sebuah alat yang dinamakan sensor arus. Arus yang masuk ke dalam baterai dan mendeteksi suatu beban biasanya menggunakan sensor arus. *Current Transformer (CT)* adalah jenis sensor arus yang digunakan dalam penelitian ini dengan tipe LEM HX-10P. Sensor ini mempunyai kemampuan deteksi tegangan 12V dan arus maksimal sebesar 10A. Sensor arus jenis ini membutuhkan *power supply* simetris karena bisa bekerja menggunakan tegangan +12V dan -12V. Sensor arus jenis ini bekerja dengan mengubah nilai hasil dari arus menjadi tegangan. Rangkaian sensor arus ini memiliki rangkaian *op-amp* tambahan yang berfungsi sebagai pengatur *dc-offset*, penguat dan gain dari keluaran tegangan sensor. Sensor arus ini digunakan oleh penelitian ini untuk menghasilkan impuls arus, yang bertujuan untuk menemukan posisi induktansi pada *SRM*. Berikut ini merupakan rangkaian sensor arus LEM HX-10P seperti pada Gambar 3.11.



Gambar-3.11 Rangkaian *OP-AMP* dengan sensor HX 10-P/SP2

3.7 Rangkaian *Power supply*

Dalam pengoperasian *SRM*, setiap *IC driver* akan memerlukan catu daya. Amplitudo pada rancangan rangkaian daya terdiri dari lima keluaran berbeda yaitu 12 dan 5 volt. Empat output 12 volt digunakan untuk memberi daya pada TLP250 dan *rotary encoder*. Output 5 volt digunakan untuk menyalakan *FPGA*. Rangkaian ini menggunakan regulator isolasi B1212S1W dan B1205S2WDCDC untuk mengisolasi tegangan input dari tegangan output. Skema jaringan listrik ditunjukkan di Gambar 3.12.



Gambar-3.12 Rangkaian *Power supply*