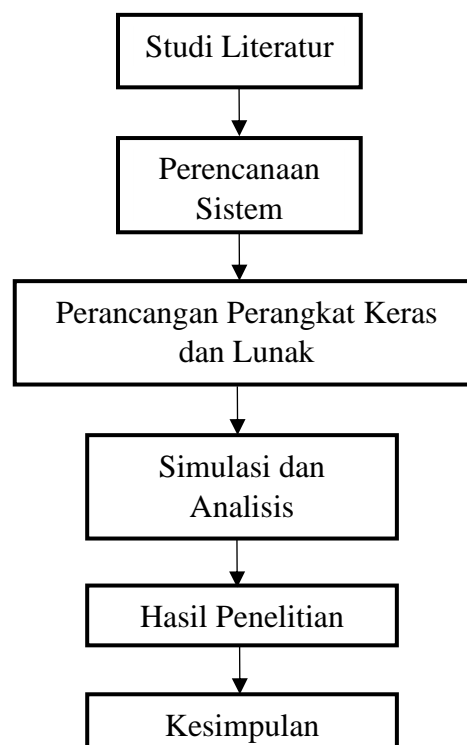


## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Prosedur Penelitian

Pada prosedur penelitian ini akan menjelaskan setiap tahapan yang akan ditempuh dalam menyelesaikan penelitian ini. Dengan mendasar pada rumusan masalah yang ada yaitu: bagaimana cara membuat rancangan rangkaian Cycloconverter dengan pemicuan SCR, bagaimana cara membuat pengaturan program mikrokontroler pemicuan SCR serta bagaimana perbandingan tegangan hasil simulasi dengan perhitungan. Dimana untuk itu dibutuhkan langkah tiap langkah nya yang terdiri dari, Studi Literatur sebagai penunjang teori teori yang dibutuhkan dalam pembuatan penelitian ini, kemudian akan dilanjutkan dengan Perencanaan Sistem, kemudian Perancangan Perangkat Keras, dilanjutkan dengan Simulasi dan Analisis, dengan begitu mendapatkan Penelitian yang kemudian akan ditarik kesimpulannya

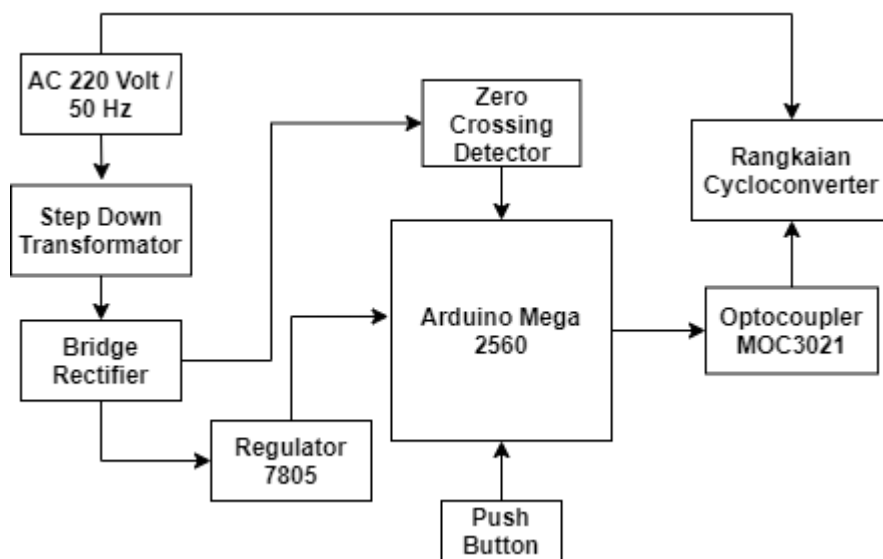


Gambar 3. 1 *Diagram Alir Penelitian Keseluruhan*

Pada gambar 3.1 dijelaskan, dalam merancang sistem ini dilakukan persiapan yang mencakup pencarian data yang menjadi dasar dalam

pekerjaan sistem ini yaitu berupa rangkaian *cycloconverter* yang merupakan elektronika daya dalam sistem kontrol dan *zero crossing detector*, dan data mengenai rangkaian mikrokontroler sistem ini yang dilakukan dengan cara membaca jurnal, membaca karya-karya sebelumnya yang berhubungan dengan sistem ini, kemudian melakukan pencarian di internet. Kemudian pada sistem ini akan dilakukan simulasi yang didapatkan dari karya sebelumnya, yang setelah itu akan dilakukan analisis dari hasil simulasi yang telah dilakukan.

### 3.2 Blok Diagram Sistem



Gambar 3. 2 Blok Diagram Sistem

Gambar 3.2 diatas merupakan blok diagram dari sistem keseluruhan yang menjadi bahan penelitian. Dimana didalam blok diagram ini akan dijelaskan setiap peran yang termasuk kedalamnya dimulai dengan power supply AC 220 Volt / 50 Hz yang berfungsi sebagai sumber tegangan untuk menjalankan sistem lainnya, yang akan dijelaskan satu per satu seperti dibawah ini:

1. Ketika masukan tegangan sumber / *power supply* sebesar AC 220 Volt / 50Hz masih terlalu besar untuk spesifikasi sistem lainnya, maka dibutuhkan *Step Down Transformator* untuk mengecilkan tegangan tersebut agar bisa diterima tanpa membuat sistem lainnya menjadi terbakar/*overflow*

2. Bridge rectifier ini berfungsi sebagai penyearah arus bolak balik menjadi arus searah, dengan bahasa sederhananya adalah merubah tegangan AC menjadi tegangan DC, dimana perbedaan dari tegangan AC dan DC adalah tegangan AC memiliki arus bolak balik dan membentuk gelombang sinus, sedangkan untuk tegangan DC memiliki arus searah dengan parameter konstan
3. Regulator 7805 ini berfungsi untuk menurunkan tegangan DC menjadi sebesar 5 volt sesuai dengan tegangan maksimum yang bisa diterima oleh mikrokontroler sehingga tidak akan terbakar/rusak
4. *Zero Crossing Detector* ini berfungsi untuk mendeteksi tegangan 0 yang akan menjadi sinyal *Low/High* yang diperuntukkan untuk diterima oleh Mikrokontroler/Arduino nantinya
5. Push Button merupakan komponen kontrol secara manual yang memberikan informasi pada Arduino untuk memberi perintah mode kecepatan kepada motor induksi nantinya
6. Mikrokontroler/Arduino Mega 2560 ini merupakan sebagai otak dari sistem ini dimana menggunakan bahasa pemrograman C/Assembly yang berfungsi untuk mengatur jalannya setiap sistem/blok agar bekerja sesuai dengan cara kerjanya masing-masing
7. Rangkaian Cycloconverter berfungsi sebagai pengubah frekuensi dari power supply
8. Optocoupler MOC 3021 ini berfungsi sebagai rangkaian saklar pemicu SCR dari sinyal Arduino

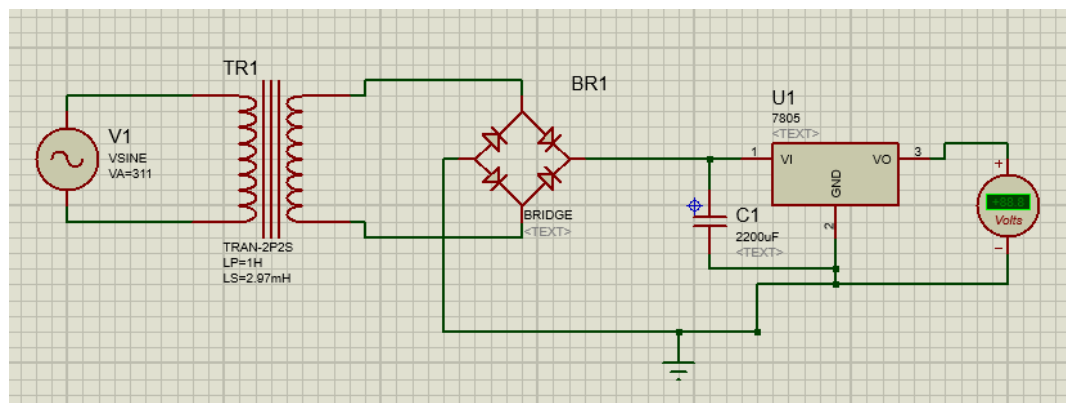
### **3.3 Perancangan Perangkat Keras**

Pada perancangan perangkat keras, dilakukan dengan menggunakan aplikasi Proteus dan PSIM dikarenakan mudahnya dalam mendesain dan mencari *Library* komponen yang dibutuhkan, serta dapat tersinkronisasi dengan program Mikrokontroller.

#### **3.3.1 Rangkaian *Power Supply***

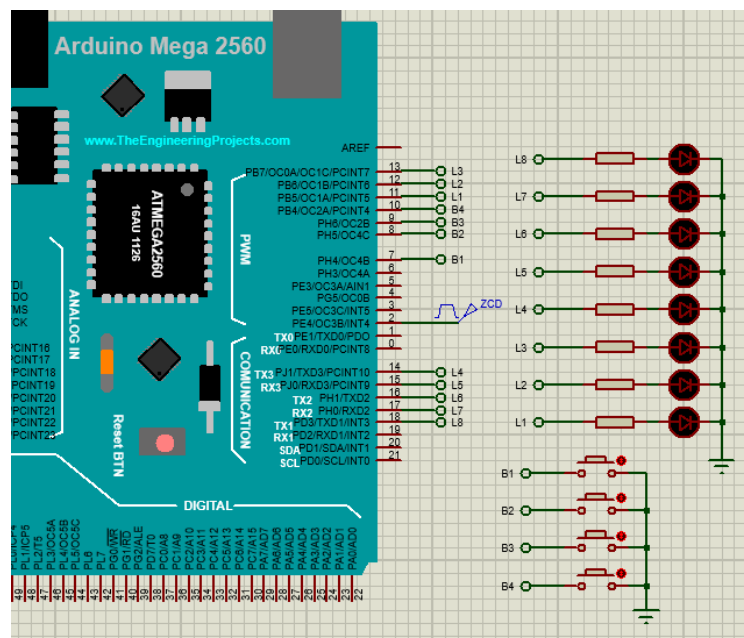
Kebutuhan tegangan masukan diperlukan untuk masing-masing rangkaian pendukung sistem cycloconverter yaitu 5VDC untuk tegangan operasi Mikrokontroller, pemberi kondisi *High and Low* dari *Zero Crossing*

*Detector*, dan pengaktifan basis transistor rangkaian penyulutan SCR. Tegangan 5VDC didapatkan dengan cara memperkecil dan mengonversi tegangan 220 VAC menggunakan *Step Down Transformer* dan metode dioda jembatan serta IC regulator tegangan. Untuk mengatasi *ripple* dari perubahan AC to DC menggunakan komponen kapasitor keramik yang dapat melinearkan bentuk gelombang keluaran. Rangkaian *Power Supply* dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut.



Gambar 3. 3 *Power Supply*

### 3.3.2 Rangkaian Sistem Kontrol



Gambar 3. 4 *Rangkaian Mikrokontroler*

Ditunjukkan pada Gambar 3.4 merupakan rangkaian menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 yang terhubung dengan *Power Supply*

Ibnu Hanifah Alem, 2021

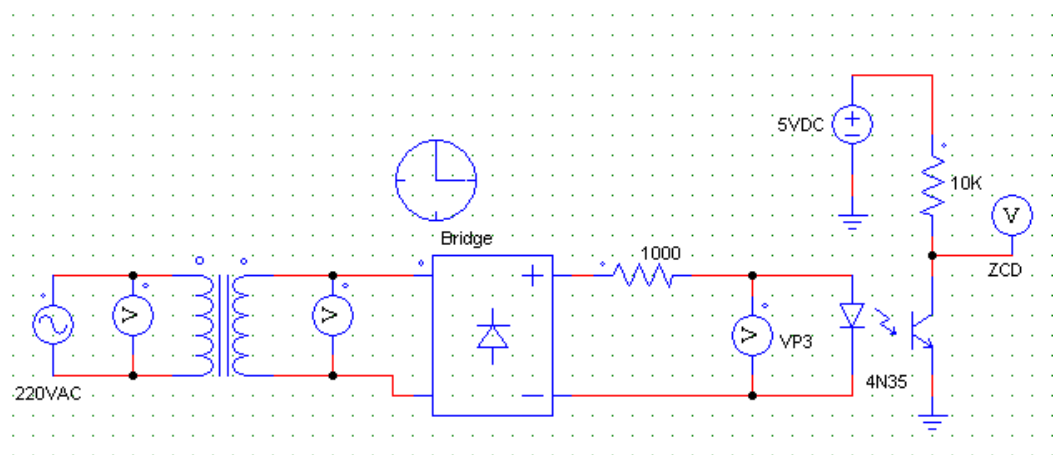
**PERANCANGAN RANGKAIAN CYCLOCONVERTER SATU FASA MENGGUNAKAN METODE PHASE ANGLE CONTROL BERBASIS ARDUINO**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

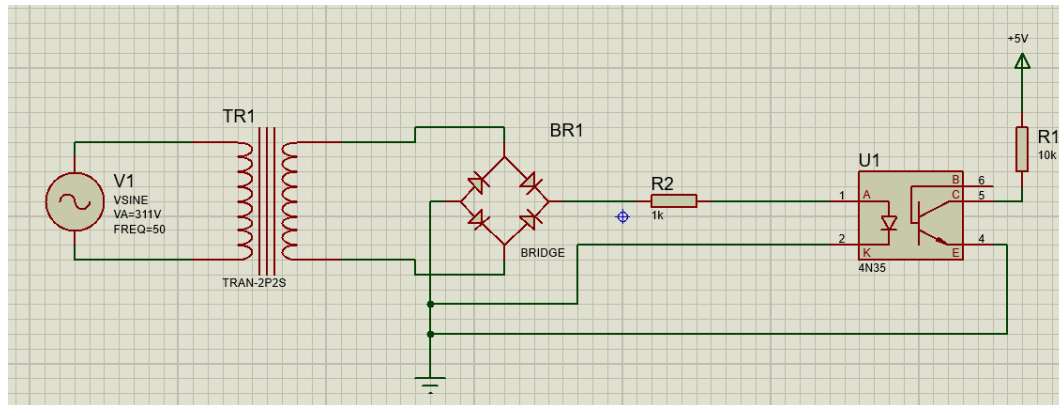
5v, 4 buah Push button sebagai masukan mode frekuensi *Cycloconverter*, input dari rangkaian *Zero Crossing Detector*, dan 8 pin output yang mengarah ke 8 buah LED. Komponen LED ditujukan sebagai pengganti arah sebenarnya dengan tujuan penyederhanaan simulasi. Pada keseluruhan sistem, pin ini mengarah ke rangkaian pemicuan SCR. Mikrokontroler Arduino Mega akan di program berdasarkan mode pengaturan sudut tembak SCR yang akan diperintahkan secara manual menggunakan push button.

### 3.3.3 Rangkaian Zero Crossing Detector

*Zero crossing detector* digunakan untuk memberi sinyal *High* dan *Low* secara terus menerus sebagai informasi untuk menentukan sudut tembak SCR secara akurat berdasarkan persilangan titik nol dari gelombang sinus 220 VAC yang digunakan untuk beban utama. Frekuensi sinyal yang didapat menjadi dua kali lipat frekuensi tegangan jala-jala dikarenakan satu siklus gelombang mengalami dua kali persilangan titik tegangan nol.



Gambar 3. 5 Rangkaian simulasi Zero Crossing Detector

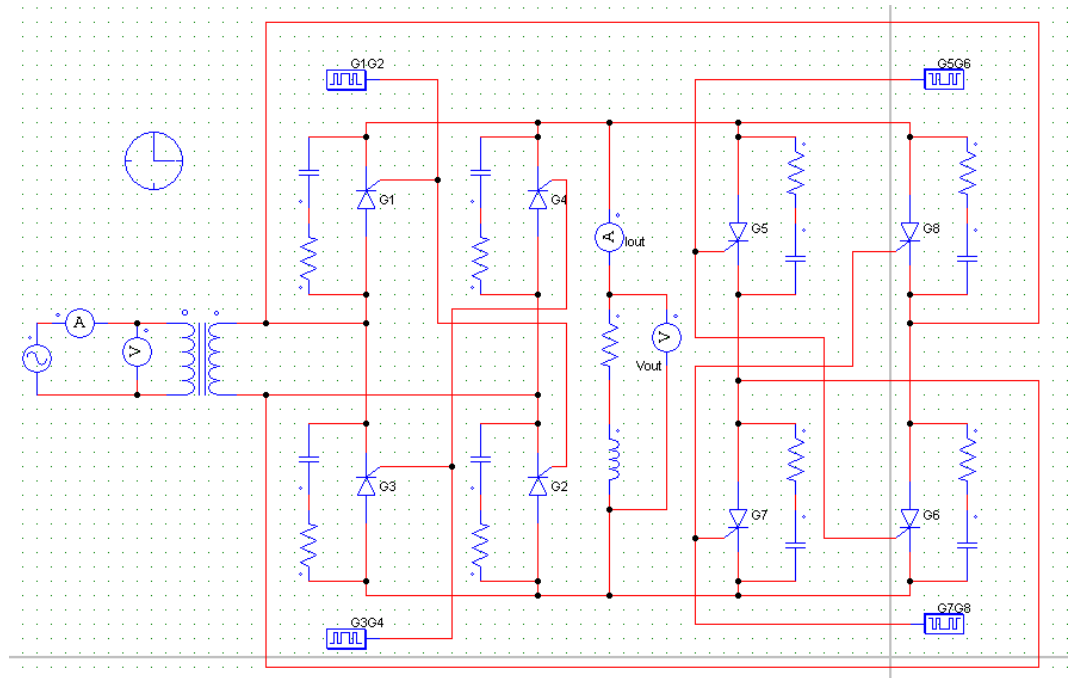


Gambar 3. 6 Rangkaian Schematic Zero Crossing Detector

Optocoupler diperlukan sebagai perantara terisolasi antara sumber 220VAC dengan pin Mikrokontroler yang membutuhkan bentuk sumber tegangan yang berbeda. Tegangan jala-jala diubah menjadi DC dan diturunkan tegangannya sesuai kebutuhan LED dari optocoupler yang tanpa merubah sifat osilasinya, dikarenakan titik nol tegangan merupakan informasi yang ditujukan rangkaian ini. Rangkaian simulasi dapat dilihat pada gambar 3.5 dan 3.6.

### 3.3.4 Rangkaian Cycloconverter

Rangkaian ini terbagi menjadi dua konverter utama yang merupakan topologi konverter periode positif dan konverter periode negatif. Masing-masing konverter terdiri dari empat buah komponen SCR (*Silicon Controlled Rectifier*). Komponen SCR memiliki cara kerja seperti dioda dan memiliki kaki (gate) yang harus dipicu menggunakan tegangan kecil agar SCR masuk ke mode *forward bias*. Pemicuan komponen SCR ini disimulasikan menggunakan komponen khusus penembak sudut fasa pada aplikasi PSIM berupa *Gating Block*. Pemicuan SCR ditunjukkan pada gambar 3.7 berikut ini:



Gambar 3. 7 Skematik Cycloconverter

Pada gambar 3.7 skematik *Cycloconverter* diatas terdapat 8 SCR yang terbagi menjadi 2 kelompok, dengan masing masing kelompok terdiri dari 4 SCR. Dimana fungsinya dari kelompok SCR pertama adalah untuk membuat gelombang selalu diatas garis 0 (positif), dan untuk kelompok SCR kedua bertugas untuk membuat gelombang selalu dibawah garis 0 (negatif). Waktu pengaktifan SCR dapat diatur dengan menentukan sudut tembak untuk mempengaruhi tegangan keluaran dan memperkecil harmonisa. Sudut tembak didapatkan dari output empat buah komponen *Gating Block* yang dikoneksikan bercabang ke dua komponen SCR per masing-masing *Gating Block*. Komponen *Gating Block* ini merupakan substitusi rangkaian pemberi sinyal picu sebenarnya untuk simulasi rangkaian *Cycloconverter*.

### 3.3.5 Komponen Elektronika Daya SCR

Dalam pembuatan rangkaian cycloconverter menggunakan komponen SCR MCR12-DCMT4 dengan bentuk seperti gambar 3.8, dijelaskan pada datasheet bahwa SCR MCR12-DCMT4 memiliki spesifikasi  $I_{rms}$  mencapai 12 A dan  $V_{peak}$  mencapai 600-800 volt.



Gambar 3. 8 SCR

(Sumber : *Datasheet* SCR MCR12-DCMT4 )Tabel 3. 1 *Pin Assignment* SCR MCR12-DCMT4

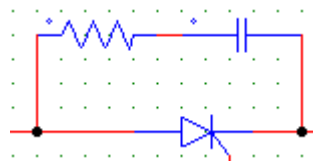
<i>Pin Assignment</i>	
1	Katoda
2	Anoda
3	Gate
4	Anoda

Komponen SCR membutuhkan rangkaian proteksi untuk melindungi SCR dari efek  $dv/dt$ . Rangkaian RC Snubber digunakan untuk meminimalisir efek  $dv/dt$  dengan cara memasang resistor dan kapasitor secara parallel dengan SCR seperti gambar 3.9. Untuk mencari nilai  $R_s$  (Resistansi) dan  $C_s$  (Kapasitansi) didalam rangkaian maka menggunakan rumus dibawah ini:

$$C_s = \frac{1}{2L} = \left( \frac{0.564 \times V_m}{\frac{dv}{dt}} \right)^2$$

$V_m$  = Tegangan maksimum suplai

$$R_s = 2 \times 0.65 \sqrt{\frac{L}{C_s}}$$

Gambar 3. 9 *Snubber Circuit*

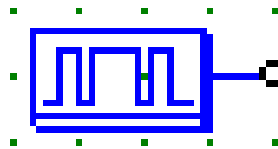


### 3.4 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak akan ditulis menggunakan bahasa Java di aplikasi Arduino IDE yang dapat diterapkan programnya melalui aplikasi Proteus. Sudut yang telah ditentukan diuji coba menggunakan aplikasi PSIM menggunakan *Gating Block*.

#### 3.4.1 Penentuan Sudut Tembak *Gating Block*

Simulasi rangkaian *Cycloconverter* pada aplikasi PSIM menggunakan SCR yang dikontrol menggunakan komponen khusus bernama *Gating Block*. komponen ini secara khusus dapat diatur untuk mengeluarkan sinyal tembak dengan memasukan nilai frekuensi, jumlah titik tembak, dan sudut fasa yang dibutuhkan. Bentuk dari komponen ini dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3. 10 *Gating Block*

Bentuk gelombang pulsa yang diberikan komponen *Gating Block* untuk kaki gate SCR digunakan sebagai acuan dalam perancangan program serta algoritma mikrokontroller pada aplikasi Proteus. Pada penelitian ini, delapan buah komponen SCR di inisialisasikan menjadi G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, dan G8. Penulis juga menggunakan empat variasi kondisi keluaran *Cycloconverter* yang merupakan variabel frekuensi. Variabel frekuensi yang telah ditentukan adalah  $F/2$ ,  $F/3$ ,  $F/4$ , dan  $F/5$ . Untuk masing-masing variabel frekuensi, telah ditentukan jumlah titik dan sudut tembak yang memiliki pola khusus untuk masing-masing variabel frekuensi yang telah ditentukan. Parameter masing-masing dapat dilihat pada tabel 3.2, 3.3, 3.4, dan 3.5.

Tabel 3. 2 Sudut tembak Gating Block keluaran F/2

No.	SCR	Frekuensi	No. of Points	Switching point
1.	G1 dan G2	25	2	10 30
2.	G3 dan G4	25	2	100 120
3.	G5 dan G6	25	2	190 210
4.	G7 dan G8	25	2	280 300

Tabel 3. 3 Sudut tembak Gating Block keluaran F/3

No.	SCR	Frekuensi	No. of Points	Switching point
1.	G1 dan G2	16.66	4	10 30 130 150
2.	G3 dan G4	16.66	2	70 90
3.	G5 dan G6	16.66	2	250 270
4.	G7 dan G8	16.66	4	190 210 310 330

Tabel 3. 4 Sudut tembak Gating Block keluaran F/4

No.	SCR	Frekuensi	No. of Points	Switching point
1.	G1 dan G2	12.5	4	10 30 100 120
2.	G3 dan G4	12.5	4	55 75 145 165
3.	G5 dan G6	12.5	4	190 210 280 300
4.	G7 dan G8	12.5	4	235 255 325 345

Tabel 3. 5 Sudut tembak Gating Block keluaran F/5

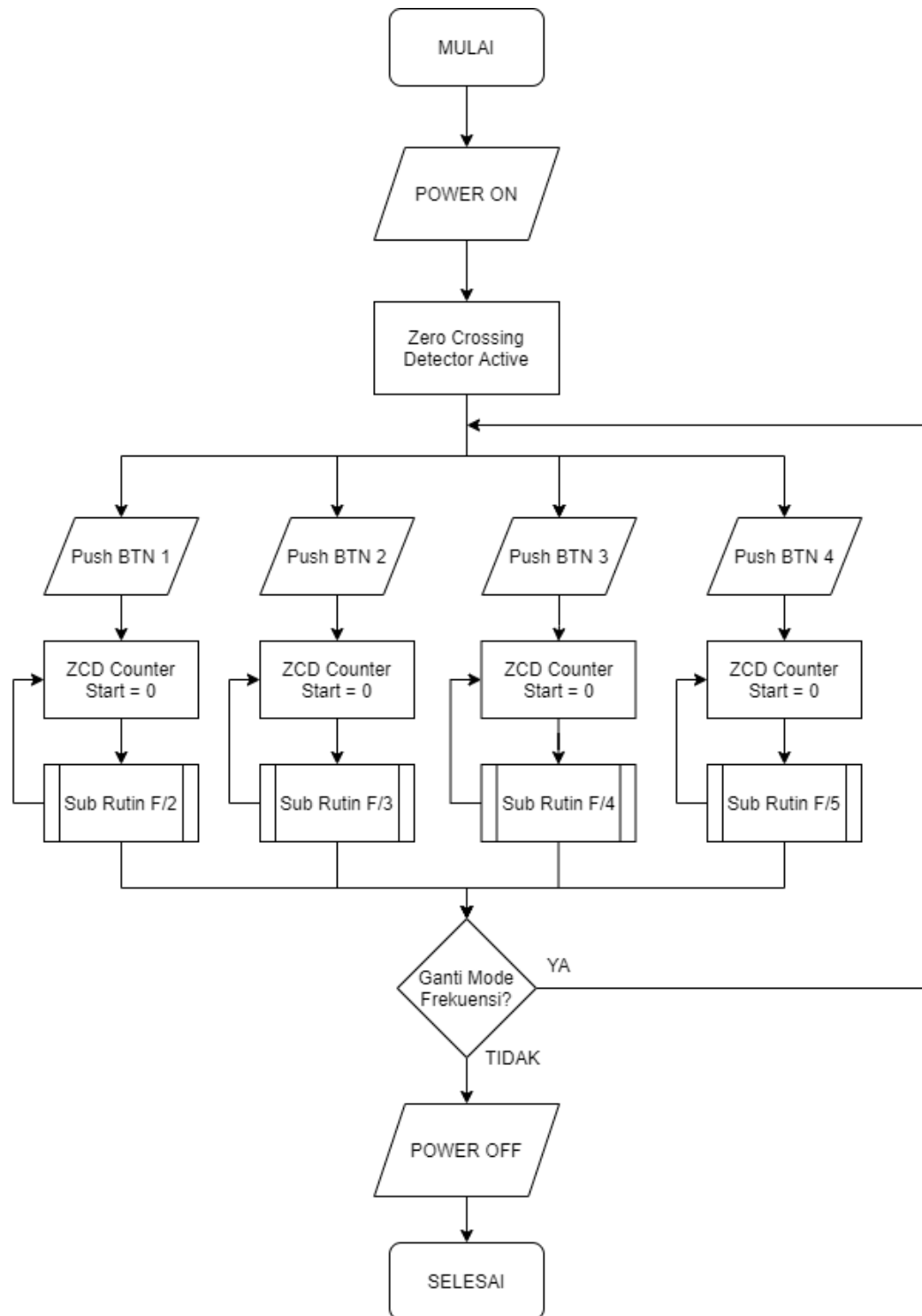
No.	SCR	Frekuensi	No. of Points	Switching point
1.	G1 dan G2	10	6	10 30 82 102 154 174
2.	G3 dan G4	10	4	46 66 118 138
3.	G5 dan G6	10	4	226 246 298 318

4.	G7 dan G8	10	6	190 210 262 282 334 354
----	-----------	----	---	----------------------------

### 3.4.2 Penulisan Program Arduino IDE

Penulis menggunakan aplikasi Arduino IDE untuk menuliskan program ke mikrokontroller Arduino Mega 2560. Secara umum, program ditulis untuk memberikan keluaran sudut tembak dari 8 pin output Arduino menuju terminal gate untuk mengaktifkan masing-masing SCR. Sudut tembak yang telah ditentukan untuk masing-masing mode output frekuensi didapatkan dengan menggunakan metode *trial and error* dari konversi skala 10 sampai 125 nilai analog Arduino menjadi sudut tembak yang tepat.

Berikut merupakan diagram alir program sistem kontrol pulsa SCR melalui mikrokontroller Arduino Mega.



Gambar 3. 11 *Diagram Alir Program*

Diagram alir pada gambar 3.11 menjelaskan cara kerja dari sistem kontrol setiap tahapannya. Pada tahapan awal menjelaskan mengenai *power on* yang dimaksud adalah *power supply* yang aktif untuk menjadi sumber tegangan untuk menjalankan rangkaian lainnya. Rangkaian *Zero Crossing*

Ibnu Hanifah Alem, 2021

**PERANCANGAN RANGKAIAN CYCLOCONVERTER SATU FASA MENGGUNAKAN METODE PHASE ANGLE CONTROL BERBASIS ARDUINO**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

*Detector* kemudian aktif memberikan sinyal persilangan tegangan titik nol pada Arduino yang dibaca dengan mode *Attach Interrupt* yang mampu membaca setiap *RISING* sinyal yang diberikan. Variasi kondisi kemudian diatur dengan menekan *push button* yang mengarahkan ke proses sub rutin yang berkorelasi dengan perhitungan jumlah *RISING* yang terdeteksi. Masing-masing kondisi sub rutin dari *push button* diperlihatkan pada tabel 3.6 berikut.

Tabel 3. 6 kondisi Sub rutin

Push Button	Sub rutin
BTN 1	A, B, C, D
BTN 2	A, B, A, D, C, D
BTN 3	A, B, A, B, C, D, C, D
BTN4	A, B, A, B, A, D, C, D, C, D

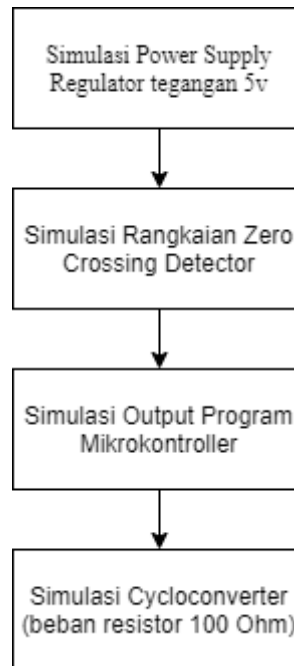
Masing-masing huruf pada sub rutin merupakan kondisi *High* sinyal pulsa yang diberikan pada kaki gate SCR secara berpasang-pasangan. Setiap perpindahan kondisi *High* merupakan hasil dari respon deteksi *RISING Zero Crossing Detector* dengan masing-masing klasifikasi huruf memiliki sudut tembak yang telah ditentukan pada setiap *push button*. Klasifikasi pasangan kaki gate SCR dapat dilihat pada tabel 3.7 berikut.

Tabel 3. 7 Klasifikasi pulsa pemicu

Pasangan	Variabel
Gate 1 & 2	A
Gate 3 & 4	B
Gate 5 & 6	C
Gate & & 8	D

### 3.5 Tahap Simulasi dan Analisis

Simulasi dilakukan pada setiap rangkaian dan hasil pada masing-masing blok diamati. Simulasi dilakukan dalam beberapa tahap:



Gambar 3. 12 Tahap Simulasi Sistem Cycloconverter

Setiap blok rangkaian diuji dengan simulasi menggunakan aplikasi Proteus dan analisis sirkuit dan hasil keluaran. Tahapan simulasi dan analisis pada gambar 3.12 dijelaskan seperti berikut:

1. Simulasi Power Supply Regulator tegangan 5v dilakukan pada aplikasi Proteus dengan menampilkan hasil tegangan di masing-masing komponen yang berpengaruh pada jatuh naiknya tegangan beserta analisisnya sampai keluaran akhir yaitu tegangan 5V
2. Simulasi Rangkaian Zero Crossing Detector dilakukan pada aplikasi Proteus dengan menampilkan sinyal hasil keluaran menggunakan osiloskop beserta analisis cara kerja dari rangkaian ini
3. Program Arduino *Phase Angle Control* memerlukan metode *Trial and Error* untuk mendapatkan sudut penembakan gating SCR yang tepat. Sudut tembak yang telah ditentukan terlebih dahulu disimulasikan menggunakan aplikasi PSIM dengan menampilkan keluaran sinyal hasil dari penentuan sudut. Kemudian dilakukan perbandingan dengan hasil *Trial and Error* pada aplikasi Proteus
4. Simulasi rangkaian *Cycloconverter* menggunakan aplikasi PSIM dengan menampilkan sinyal keluaran menggunakan SIMVIEW.

Analisis dilakukan pada sistem seperti perbandingan penggunaan *Snubber* dan perbandingan keluaran *Vrms* hasil simulasi dengan keluaran *Vrms* hasil perhitungan.