

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang pemodelan sistem sebagai dasar untuk penelitian. Penelitian kali ini akan dilakukan perbaikan tegangan pada sistem distribusi listrik dengan DVR yang disebabkan oleh *voltage sag*. DVR sebagai *device* untuk memperbaiki tegangan yang turun harus dikontrol agar dapat menginjeksikan tegangan dengan baik. Kontroler pada DVR ini menggunakan PI dengan *tuning* algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO). Pemodelan dan simulasi sistem distribusi listrik dengan DVR dilakukan pada Matlab R2016a. Berikut langkah-langkah dalam pemodelan dan simulasi sistem distribusi listrik.

3.1 Study Literatur

Literatur yang digunakan untuk menyusun tugas akhir ini ialah jurnal, buku teks, dan buku manual yang terkait dengan penelitian.

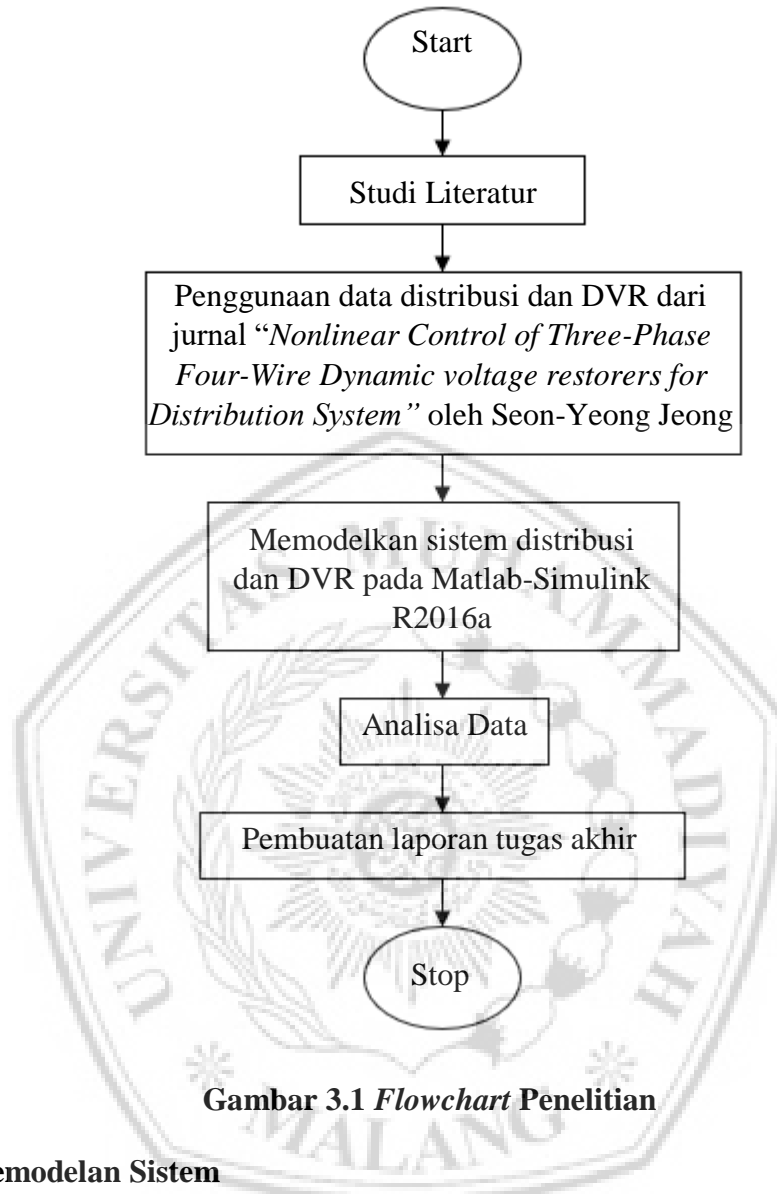
3.2 Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data pada jurnal “*Nonlinear Control of Three-Phase Four-Wire Dynamic voltage restorers for Distribution System*” yang ditulis oleh Seon-Yeong Jeong dkk. Data ini ditunjukkan pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Parameter Grid, DVR, dan Beban

<i>System</i>	<i>Parameters</i>	<i>Values</i>
Grid	<i>AC grid voltage</i>	220 V / 60 Hz
DVR	<i>DC input voltage</i>	311 V
	<i>Neutral inductance</i>	0.5 mH
	<i>Filter inductance</i>	3 mH
	<i>Filter capacitance</i>	100 μ F
	<i>Transformer ratio</i>	1:1
Loads	<i>RL Load</i>	50 Ω / 1 mH
	<i>Nonlinear Load</i>	3 single-phase diode rectifier supply resistive loads: 50 Ω ; 50 Ω ; 1 k Ω

3.3 Flowchart Penelitian



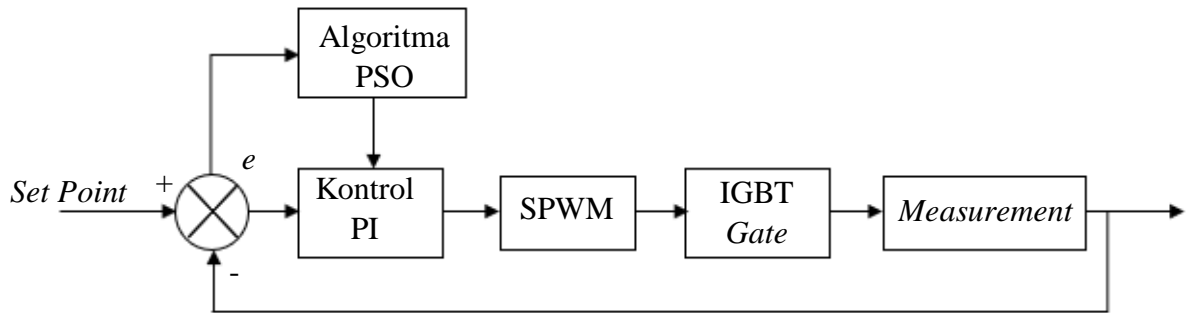
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

3.4 Pemodelan Sistem

Pemodelan sistem menggunakan Matlab-Simulink R2016a

3.4.1 Pemodelan Sistem

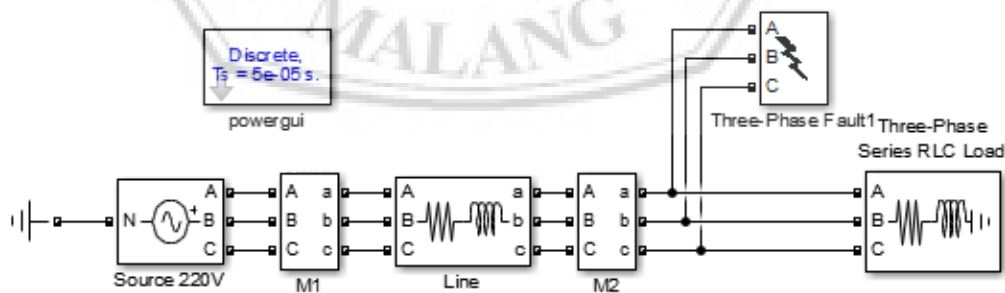
Tahap pertama yang dilakukan adalah memodelkan sistem distribusi dengan DVR secara sederhana. Pemodelannya menggunakan diagram blok seperti pada gambar 3.2 untuk menjadi acuan dalam membuat simulasi



Gambar 3.2 Diagram Blok Pemodelan Sistem

3.4.2 Pemodelan Sistem Distribusi Listrik Tanpa DVR

Pemodelan ini dibuat untuk melihat *voltage sag* pada beban saat terjadi gangguan. Gambar 3.2 merupakan sistem distribusi listrik 3 fasa. Untuk data yang digunakan menggunakan data pada tabel 3.1 dengan sedikit modifikasi. Listrik yang digunakan pada sistem distribusi mengikuti sistem distribusi di Indonesia yaitu tegangan 220/380 V dan frekuensi 50 Hz. Kemudian beban juga dilakukan modifikasi. Terdapat beban konsumen dan beban pada *line*. Terdapat beban pada line, dikarenakan pada kabel atau kawat terdapat beban RL yang disebabkan oleh panjang dan jenis kabel atau kawat tersebut. Nilai RL beban pada line ini yaitu 1 Ω dan 1 mH. Untuk nilai beban di ujung sistem atau beban konsumen ada sedikit modifikasi juga. Nilai beban yang asalnya 50 Ω dan 1 mH diubah menjadi daya aktif dan reaktif sebesar 410W dan 877 VAR. Modifikasi ini dilakukan untuk menyesuaikan kondisi nyata sistem distribusi listrik.

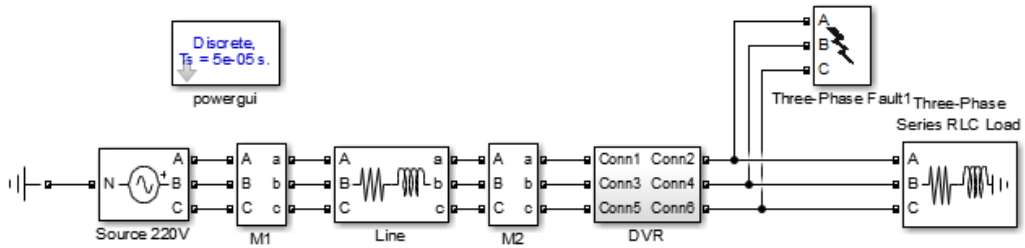


Gambar 3.3 Sistem Distribusi Listrik Tanpa DVR

3.4.3 Pemodelan Sistem Jaringan Distribusi Dengan DVR

Setelah pemodelan tanpa DVR disimulasikan, langkah selanjutnya menambahkan DVR pada pemodelan tersebut seperti pada gambar 3.3.

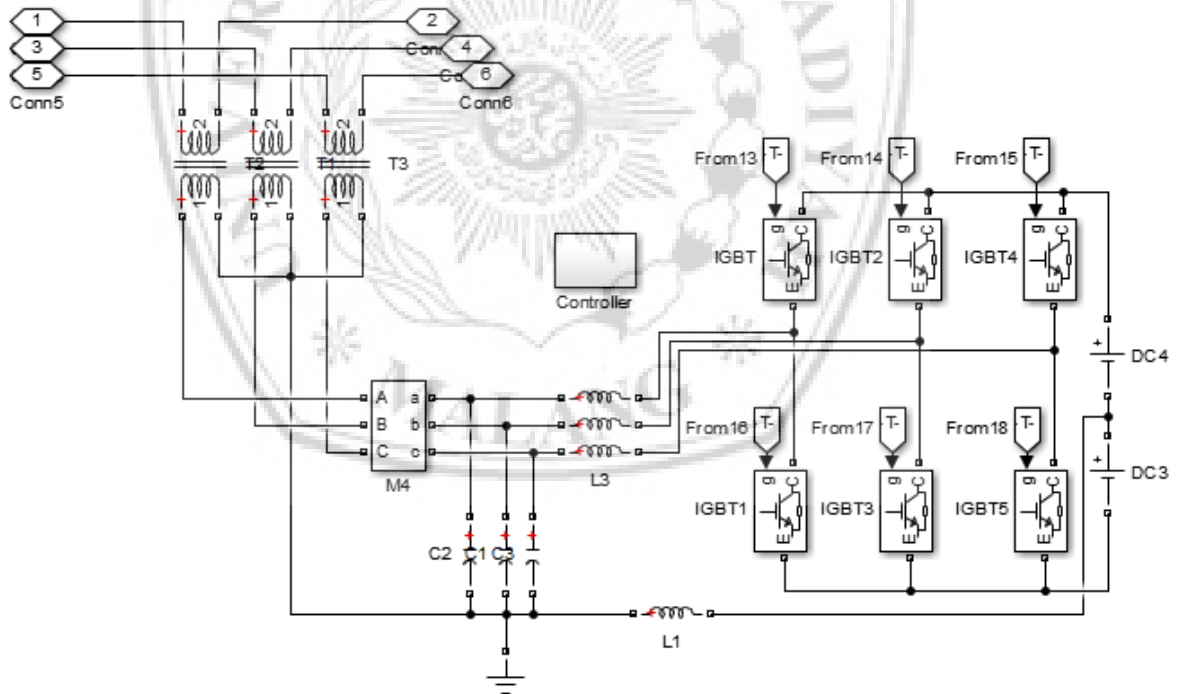
Pemodelan ini bertujuan untuk memperbaiki *voltage sag* yang diakibatkan gangguan pada sistem distribusi listrik.



Gambar 3.4 Sistem Distribusi Listrik dengan DVR

3.5 Pemodelan DVR

Penambahan DVR disini berfungsi sebagai kompensator memperbaiki *voltage sag*. Gambar 3.4 merupakan rangkaian DVR yang terdiri dari sumber tegangan DC, rangkaian filter LC, rangkaian seri trafo, rangkaian IGBT atau inverter, dan kontroler untuk mengatur IGBT.



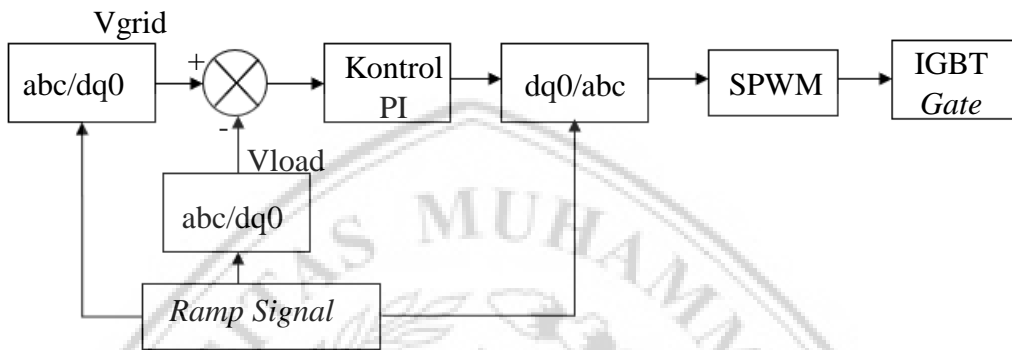
Gambar 3.5 Dynamic Voltage Restorer (DVR)

Trafo injeksi pada DVR dirangkai seri pada sistem distribusi. Trafo ini untuk menginjeksikan tegangan yang tepat pada sistem ketika terjadi penurunan tegangan. Tegangan pada trafo berasal dari sumber DC yang diubah menjadi AC melalui inverter pada DVR. Inverter dikontrol sedemikian rupa

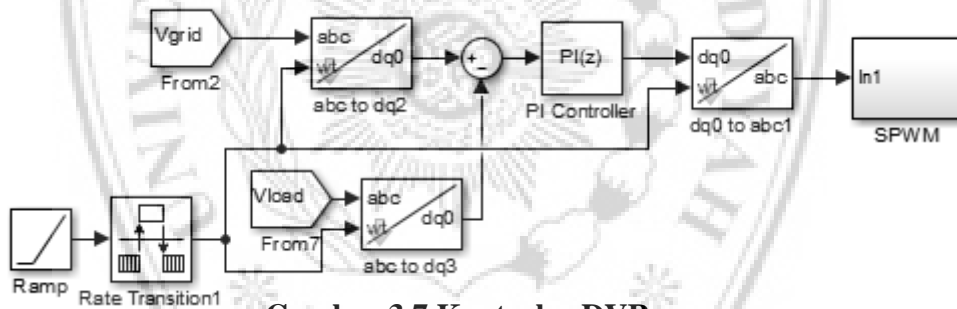
agar besar, fasa, dan frekuensi tegangannya tepat. Penggunaan filter LC untuk mengurangi harmonisa yang tidak diinginkan pada saat penginjeksian tegangan.

3.6 Pemodelan Kontrol Pada Inverter

Kontroler pada DVR harus handal agar tegangan yang diinjeksikan tepat. Besar tegangan, fasa, dan frekuensinya harus tepat. Gambar 3.7 merupakan rangkaian kontroler pada DVR menggunakan *PI Controller*.



Gambar 3.6 Diagram Blok Kontroler DVR



Gambar 3.7 Kontroler DVR

Ketika terjadi *voltage sag*, tegangan gangguan pada beban dikirim pada kontroler DVR dan diubah menjadi tegangan $dq0$. Tegangan ini kemudian dibandingkan dengan tegangan referensi yang diubah juga menjadi tegangan $dq0$. Tegangan referensi ini yaitu tegangan pada sumber sebelum melewati terjadi *short circuit*. Proses perubahan tegangan abc menjadi dq0 didapatkan dari persamaan

$$V_d = V_a \sin(\omega t) - V_b \cos(\omega t) \quad (3-1)$$

$$V_q = V_a \cos(\omega t) + V_b \sin(\omega t) \quad (3-2)$$

$$V_0 = V_c \quad (3-3)$$

Ketika terjadi *voltage sag*, sistem kontrol pada DVR akan bekerja. Sinyal gangguan akan dihasilkan karena terdapat perbedaan antara tegangan gangguan pada beban dengan tegangan referensi. Kemudian sinyal gangguan melewati PI Controller. PI Controller akan melakukan optimasi berupa nilai tegangan yang harus diinjeksikan. Setelah melewati PI Controller, sinyal tegangan *dq0* ini akan diubah kembali menjadi tegangan abc dengan persamaan

$$V_a = V_d \sin(\omega t) + V_q \cos(\omega t) + V_0 \quad (3-4)$$

$$V_b = V_d \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) + V_q \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) + V_0 \quad (3-5)$$

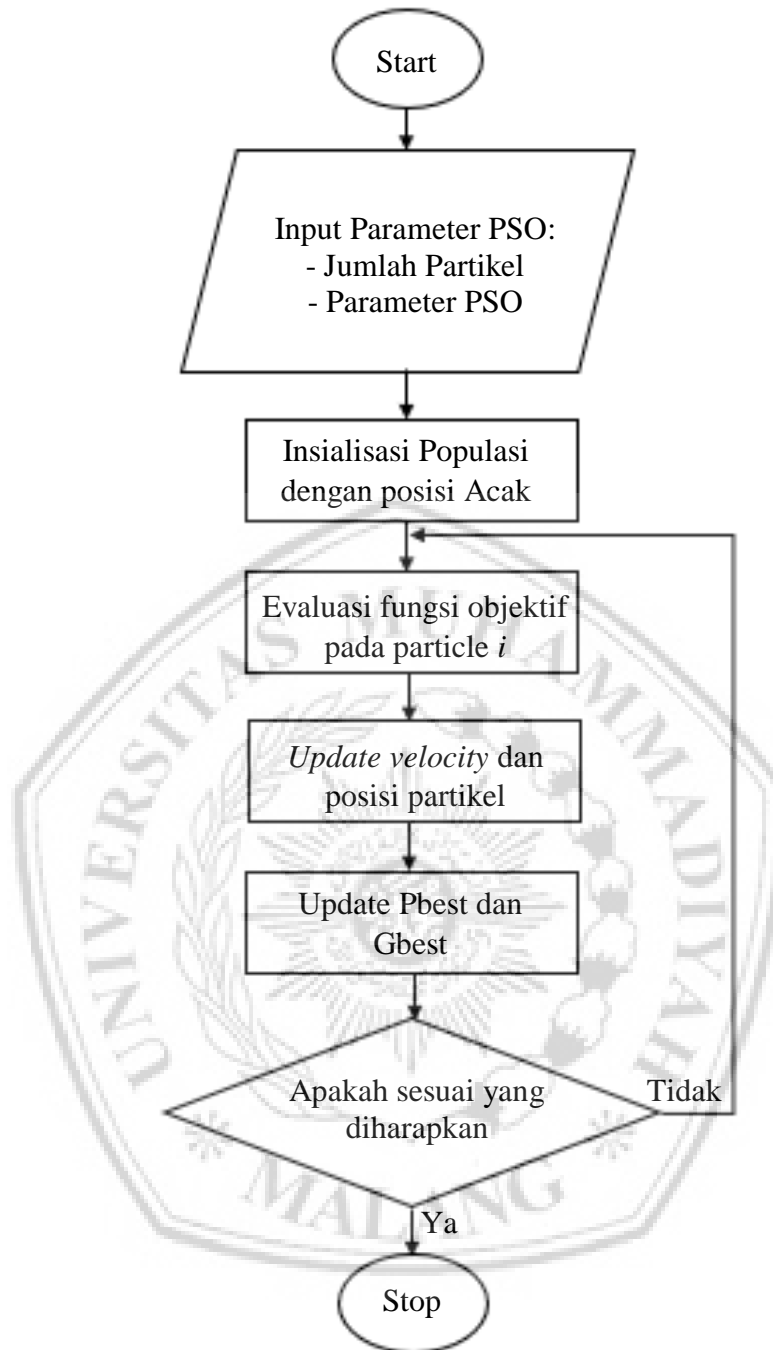
$$V_c = V_d \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) + V_q \cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) + V_0 \quad (3-6)$$

Hasil perubahan tegangan *dq0* menjadi abc kemudian diterima oleh SPWM sebagai input. Kontroler ini juga terdapat sinyal ramp dan *rate transition* yang digunakan untuk menghasilkan nilai ωt . Nilai ωt ini yang digunakan untuk melakukan proses perubahan sinyal abc menjadi *dq0* maupun sebaliknya. Keluaran sinyal dari SPWM dikirim ke IGBT untuk menghasilkan tegangan injeksi pada DVR.

3.7 Desain Kontroler DVR Menggunakan PI Dengan *Tunning* PSO

Penggunaan PSO sebagai *tunning* PI digunakan untuk mendapatkan nilai K_p dan K_i yang tepat. Gambar 3.8 merupakan flowchart PSO dan berikut langkah-langkah PI *tunning* PSO untuk memperbaiki tegangan ketika terjadi *voltage sag*. Untuk mendapatkan nilai global best pada PSO, digunakan perhitungan *Integral of Square Error* (ISE) untuk menghitung nilai error pada pemodelan sistem distribusi listrik yang dibuat. Untuk persamaan ISE sebagai berikut

$$ISE = \int_0^{\infty} e(t)^2 dt \quad (3-7)$$



Gambar 3.8 Flowchart Algoritma PSO

1. Menentukan parameter awal PSO seperti c dan w
2. Menentukan nilai K_p dan K_i dengan *trial and error*
3. Menentukan banyaknya *swarm*
4. Menentukan posisi awal masing-masing *swarm* (sumbu $x=K_p$, sumbu $y=K_i$)
5. Mencoba nilai posisi K_p dan K_i masing-masing *swarm* dan lihat responnya

6. Ambil nilai *error* dengan menggunakan persamaan ISE dari masing-masing *swarm*
7. Tentukan *objective function* dari masing-masing *swarm*. Nilai yang paling kecil merupakan *swarm* yang paling optimal. Nilai tersebut adalah pbest dan gbest. Pbest adalah nilai paling optimal di *swarm* tersebut dan gbest adalah nilai optimal dari keseluruhan *swarm*
8. Cek apakah solusi yang sekarang sudah bagus. Jika nilai *error* semakin kecil maka hasil tersebut sudah bagus. Jika belum maka diulang dengan memperbarui iterasi $i = i + 1$ dengan cara menghitung nilai baru dari pbest dan gbest.

