

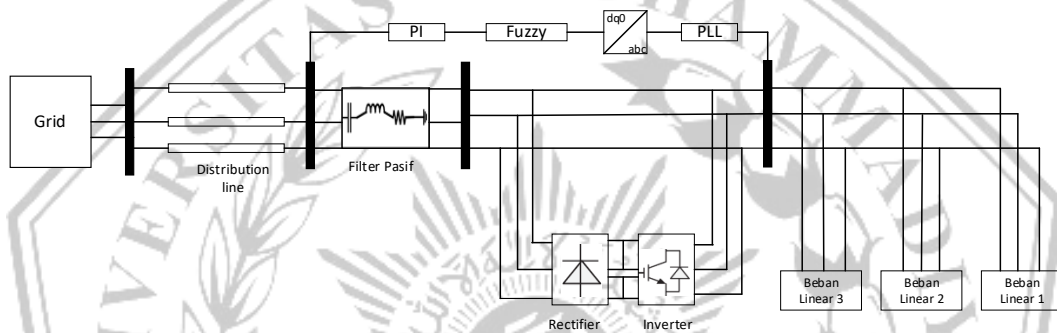
## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan mengembangkan model kontrol sistem distribusi tiga fasa yang berbasis UPFC menggunakan kontrol *fuzzy-PI* untuk meningkatkan tegangan pada jaringan distribusi. Langkah-langkah penelitian sebagai berikut:

#### 3.1 Perancangan Sistem

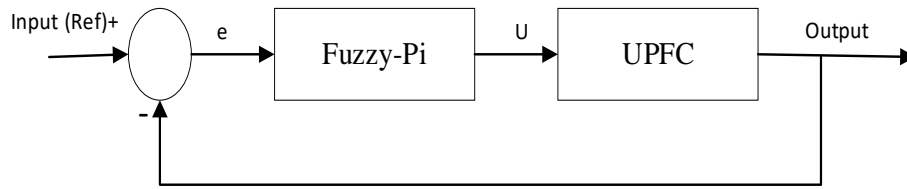
Penggunaan UPFC sebagai kontrol tegangan dalam system jaringan distribusi dengan menggunakan *controller fuzzy PI*, pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem Kontrol UPFC dengan *Fuzzy-PI* pada sistem Jaringan Distribusi

Terlihat pada gambar 3.1, penggunaan UPFC sebagai kontrol tegangan pada sumber yang mengalir melalui kabel distribusi menuju ke beban. Penggunaan kabel ini akan mengakibatkan arus yang terus berubah-ubah, maka dengan menggunakan UPFC yang terdiri dari *Rectifier* dan *Inverter* dapat mengontrol aliran daya aktif dan reaktif secara efisien.

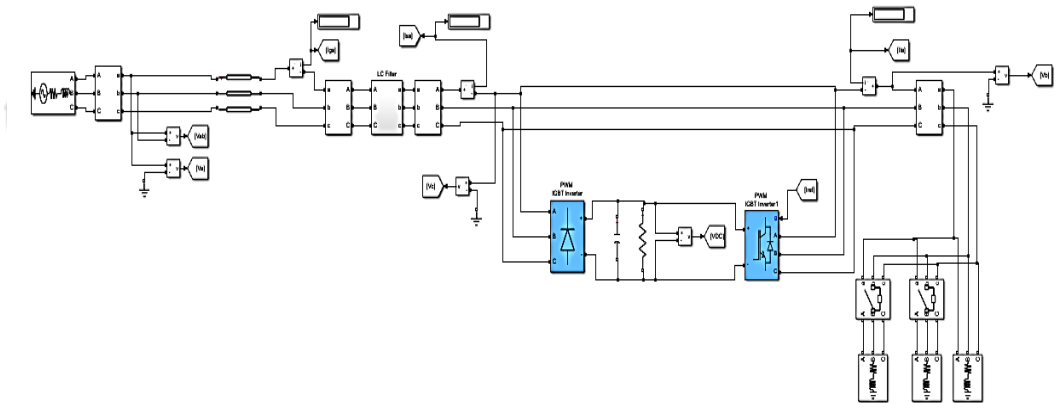
Manfaat Penggunaan controller *Fuzzy-PI* adalah untuk mengontrol bagian AC pada UPFC yang terhubung dengan beban, yang bertujuan untuk menjaga stabilitas tegangan. Secara keseluruhan controller pada UPFC yang digunakan pada penelitian ini terdapat pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem Kontrol UPFC dengan *Fuzzy-PI*

### 3.2 Perancangan Model

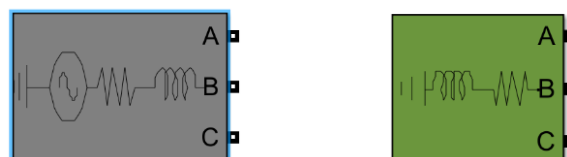
Memfaatkan perangkat lunak MATLAB/*Simulink* guna merancang model UPFC yang bertujuan untuk pengontrolan tegangan dengan cara mengkompensasi beban. Pada Gambar 3.3 merupakan pemodelan UPFC pada jaringan distribusi dengan menggunakan *Simulink* matlab.



Gambar 3.3 Pemodelan UPFC pada Jaringan Distribusi Tiga Fasa Menggunakan *Simulink*

#### 3.2.1 Pemodelan pada Sumber dan Beban

Berikut ini merupakan gambar model dari beban dan sumber pada *simulink* matlab jaringan distribusi 3 fasa



Gambar 3.4 Pemodelan Sumber dan Beban Pada *Simulink*

Pada sumber tegangan yang digunakan ialah sumber dan beban tiga fasa

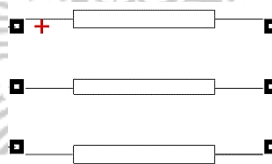
Sumber dan beban terdapat parameter yang harus di perhatikan. Berikut merupakan tabel dari sumber dan beban:

**Tabel 3.1** Parameter Sumber dan Beban

Tegangan Sumber	$380 V_{RMS}$
Frekuensi	50 Hz
RL Sumber	$1\mu\pi 1\mu H$
RL Beban 1	$5e^3\pi 100 H$
RL Beban 2	$1,5e^3\pi 1000 H$
RL Beban 3	$5e^3\pi 3000 H$

### 3.2.2 Pemodelan *Distribusi Line*

Pada jalur dari sumber menuju ke beban melalui distribusi *line* yang berperan dalam menyalurkan daya ke beban, mengakibatkan arus berubah-ubah. Pada Gambar 3.6 merupakan pemodelan pada distribusi *line*.



Gambar 3.5 Pemodelan pada Distribusi *Line*

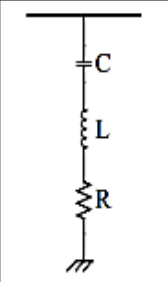
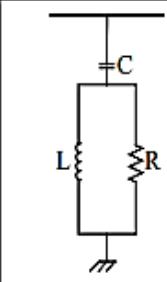
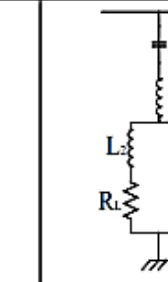
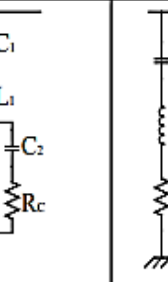
Pada distribusi *line* terdapat parameter resistansi, induktansi dan kapasitansi. Berikut merupakan tabel parameter distribusi *line*:

**Tabel 3.2** Parameter pada Distribusi *Line*

Resistansi	$0.1153 \pi/\text{km}$
Induktansi	$1.048e-3 \pi/\text{km}$
Kapasitansi	$11.33e-9 \pi/\text{km}$
<i>Line length</i>	15 km
Frekuensi	50 Hz

### 3.2.3 Pemodelan Pasif Filter

Filter pasif memiliki tujuan untuk mengurangi arus harmonik dan memperbaiki faktor daya. Filter Pasif LC terdiri dari komponen seperti Induktor dan Kapasitor yang dihubungkan secara paralel. Secara Umum, filter pasif dapat di kelompokkan menjadi beberapa jenis, *low pass filter*, *high pass filter*, *band pass filter* { }.

Jenis Filter	Low-Pass Filter	High-Pass Filter	Band-Pass Filter	Tuned-Filter
Configuration				

Gambar 3.6 Jenis-jenis Filter Pasif

### 3.2.4 Perancangan LC Filter

Penggunaan Lc filter ditempatkan sebelum UPFC yang berfungsi untuk memperkecil harmonisa yang tinggi [18]. Untuk mendapatkan nilai dari induktor dan kapasitor dapat digunakan persamaan berikut :

$$C = \frac{1}{2 \times \pi \times f \times x_c} = 4e^{-3} F \quad (3.1)$$

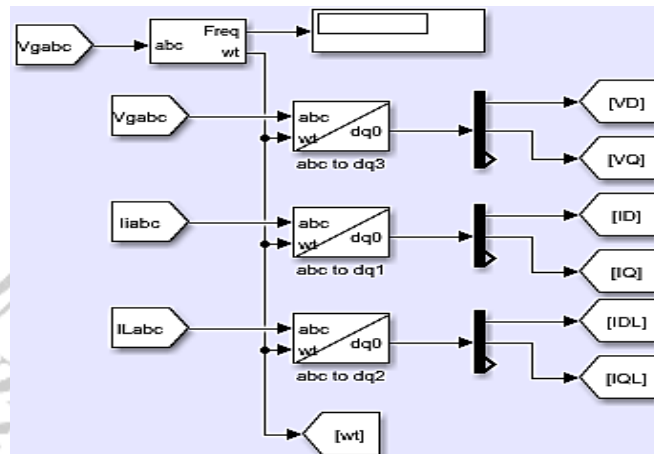
$$L = \frac{X_L}{2 \times \pi \times f} = 4e^{-3} H \quad (3.2)$$

### 3.2.5 Simulink dari Phase Locked Loop (PLL)

PLL memiliki peran penting dalam pengoperasian konverter AC/DC dan DC/AC untuk menghasilkan sinyal referensi yang terkait dengan sistem AC secara terkoordinasi. Sinyal referensi tersebut berfungsi untuk mengatur pembentukan pulsa.

Dalam sistem tiga fasa, keberadaan PLL menjadi signifikan karena memungkinkan pengukuran sinyal arus dan tegangan yang diinginkan.

Penggunaan PLL membawa manfaat dalam menghilangkan harmonisa internal, walaupun dapat memiliki dampak negatif pada sistem satu fasa. Sudut fasa rata-rata dari PLL dalam sistem tiga fasa cenderung lebih besar dibandingkan sistem satu fasa. Lebih lanjut, jika terjadi ketidaksimbangan tegangan, PLL dapat menghasilkan berbagai harmonisa yang beragam.

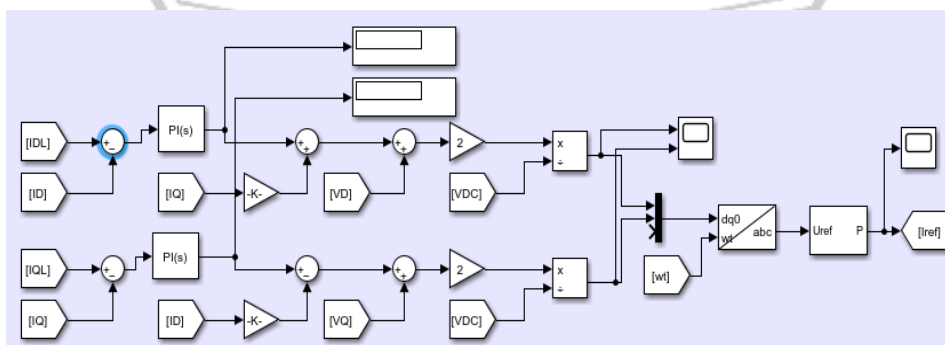


Gambar 3.7 Blok Simulink *Phase Locked Loop* (PLL)

Pada *Phase Locked Loop* (PLL) menggunakan teori dq0 yang merupakan pendekatan matematis untuk menganalisis sinyal dalam sistem.

### 3.3 Simulink dari Kontroller UPFC dengan PI Kontroller

*Proportional-Integral* (PI) *Controller* pada sistem UPFC berfungsi untuk mengontrol keluaran pada UPFC. Parameter PI di tentukan dengan metode trial dan eror. Untuk penggunaan kontroller dari PI pada UPFC terdapat 2 input yang harus dikontrol yaitu IDL dan IQL yang memiliki nilai parameter yang sama.



Gambar 3.8 Blok Simulink Kontroller UPFC dengan PI Kontroller

Pada *Proportional-Integral* (PI) *Controller* terdapat parameter yang perlu di perhatikan. Berikut merupakan tabel PI :

**Tabel 3.3 Parameter PI**

Proportional	1.15
Integral	0.08

### 3.4 Simulink dari Kontroler *Fuzzy*-PI dengan UPFC

Pada langkah selanjutnya, Penerapan kontroler FLC yang berperan dalam meningkatkan performa kontroler PI, yang dikenal sebagai *fuzzy-PI*. *Fuzzy PI* merupakan Hasil gabungan antara kontroler PI dengan FLC. Dalam Penelitian ini menerapkan pendekatan *fuzzy* mamdani dengan dua variabel masukan, yaitu error ( $e$ ) dan turunan error ( $\Delta e$ ), serta menghasilkan satu variabel keluaran, yakni  $K'_p$  atau  $K'_i$ . Selain itu, sistem ini memiliki dua variabel masukan tambahan, yaitu IDL dan IQL. Setiap variabel masukan diatur oleh dua kontroler, yaitu  $K'_p$  dan  $K'_i$ , yang memanfaatkan nilai keanggotaan dari kontroler PI yang optimal. Metode pendekatan *fuzzy mamdani* diterapkan dalam penelitian ini, dengan rentang parameter  $K_p \in 1,15$  di ambil dari parameter P kemudian  $1,15-(1,15 \times 10\%)=1,035$  dan untuk parameter  $K_i \in 0,08$  di ambil dari parameter I lalu  $0,08-(0,08 \times 10\%)=0,072$  jadi parameter  $K_p \in [1,15 ; 1,035]$  dan  $K_i \in [0,08 ; 0,072]$ ; untuk menentukan parameter pengendalian PI pada *fuzzy* sesuai persamaan yang disajikan :

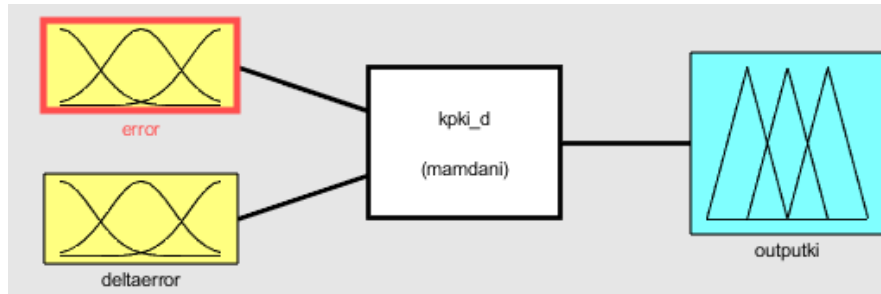
$$K'_p = \frac{K_p - K_{pmin}}{K_{pmax} - K_{pmin}} = \frac{K_p - 1,035}{1,15 - 1,035} \quad (3.1)$$

$$K'_i = \frac{K_i - K_{imin}}{K_{imax} - K_{imin}} = \frac{K_i - 0,072}{0,08 - 0,072} \quad (3.2)$$

Dari persamaan diatas dapat diperoleh nilai parameter kontroler PI pada *fuzzy* sebagai berikut :

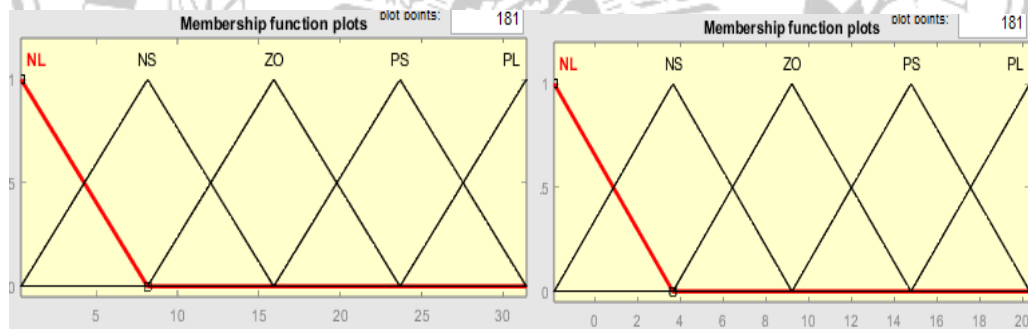
$$K_p = 1,15K'_p + 1,035K_i = 0,08K'_i + 0,072 \quad (3.3)$$

Kemudian untuk menampilkan membership function fuzzy bisa di klik pada command window matlab bertuliskan “fuzzy” akan muncul bagian inferensi dari metode *fuzzy* yang melibatkan dua input dan satu output yang akan diatur



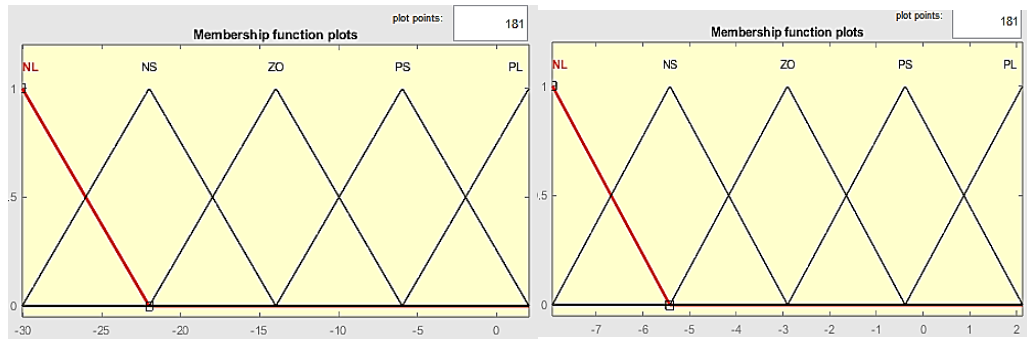
Gambar 3.9 Blok Bagian *Inferensi Fuzzy*

Dalam penelitian ini, diajukan perancangan untuk fungsi keanggotaan input yang terdiri dari 5 variabel *linguistik fuzzy*, yang diperlihatkan dalam Diagram 3.10 dan 3.11. Variabel yang digunakan untuk input error, turunan error, dan output adalah NL (*Negative Large*), NS (*Negative Small*), ZO (*Zero*), PS (*Positive Small*), dan PL (*Positive Large*).



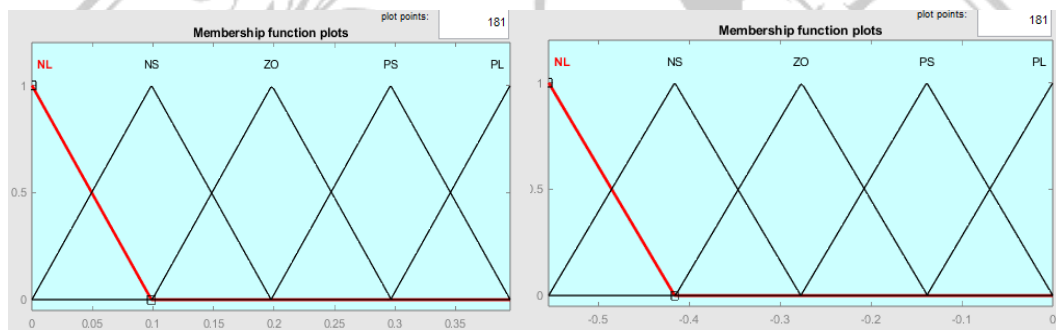
Gambar 3.10 *Membership Fuction* dari eror dan *derivative* eror pada IDL

Terlihat dari gambar 3.10, nilai keanggotaan untuk data error ( $e$ ) dan derivative error ( $\Delta e$ ) IDL. Hasil error ( $e$ ) kontroler PI dengan range nilai sebesar 0,3937 sampai 31,43 dan hasil data dari derivative error ( $\Delta e$ ) memiliki range nilai  $-1,9039$  hingga 20,33.



Gambar 3.11 *Membership Function* dari *error* dan *derivative error* pada IQL

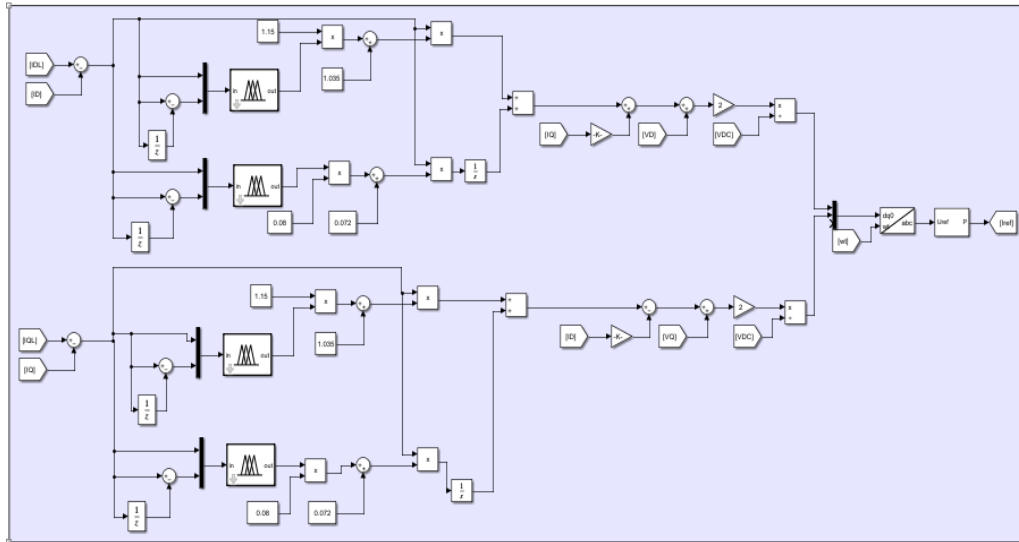
Di gambar 3.12, ditunjukkan nilai keanggotaan untuk data *error* ( $e$ ) dan *derrivative error* ( $\Delta e$ ) IQL. Analisis Hasil *error* ( $e$ ) kontroler PI dengan range nilai sebesar  $-30,0374$  sampai  $2,072$  dan hasil data dari *derrivative error* ( $\Delta e$ ) memiliki range nilai  $-7,938$  hingga  $2,132$ .



Gambar 3.12 *Membership Function* dari  $K'p$  dan  $K'i$  pada Output IDL dan IQL

Untuk output  $K'p$  dan  $K'i$  pada IDL memiliki range nilai sebesar 0 sampai 0.3951. Dan pada hasil output  $K'P$  dan  $K'i$  IQL memiliki range nilai  $-0.5547$  sampai 0. Penggunaan hasil dari nilai -nilai output ini adalah hasil yang optimal.





Gambar 3.13 Blok *Simulink* dari Kontroler *Fuzzy-PI* pada UPFC

Pada Gambar 3.9, terlihat bahwa blok dari *Simulink* penggabungan dari kontroler *fuzzy-PI* pada sistem dengan menggunakan 25 rule base. Terdapat rule yang pertama pada sistem yaitu IF error NL dan delta error PS then  $K'p$  is NS, dan seterusnya sampai dengan rule ke-25. Penggunaan dari kombinasi pada masukkan *error*, *derivative error* dan juga keluaran, yang terlihat pada Tabel 3.4

**Tabel 3.4** Rule Base dari FLC

$\Delta e$ \ $e$	NL	NS	ZO	PS	PL
PL	ZO	PL	PS	PL	PL
PS	NS	ZO	PS	PS	PL
ZO	NS	NS	ZO	PS	PS
NS	NL	NS	NS	ZO	PS
NL	NL	NL	NS	NS	ZO