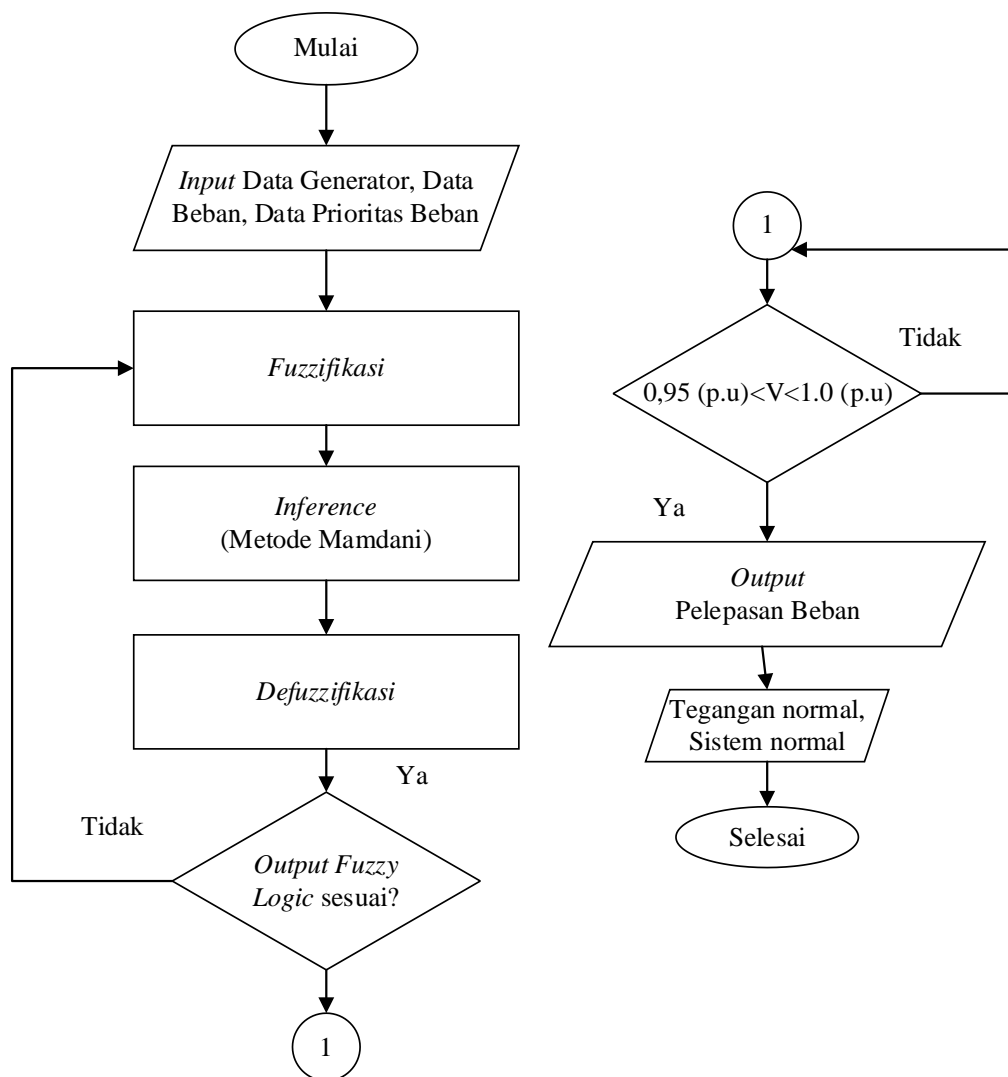


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian berguna untuk memberikan informasi dari awal dilakukannya penelitian hingga selesai. Tahapan yang dilakukan selama penelitian digambarkan secara singkat pada Gambar 3.1. Berikut ini merupakan diagram alir penelitian sebagai gambaran umum mengenai penelitian yang dilakukan di PT Dian Swastatika Sentosa Serang *Power Plant*.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan Gambar 3.1 menunjukkan diagram alir proses *fuzzy logic* hingga didapatkan *output* pelepasan beban dan sistem kembali normal. Penelitian ini menggunakan *fuzzy logic* dengan menggunakan dua buah *input* dengan *member function* segitiga dan trapesium. Aturan *fuzzy* diatur sedemikian rupa supaya hasil *output* sesuai yang diinginkan, pada penelitian ini menggunakan aturan *fuzzy* 5x5. Setelah dapat nilai *output* yang diinginkan. Analisis *load shedding* dilakukan ketika model *fuzzy* sudah terbentuk yang kemudian dilakukan pengujian sesuai dengan parameter yang dijadikan *input*.

Perancangan skenario ini melakukan pemadaman generator yang akan mengakibatkan tidak stabilnya tegangan dan menyebabkan *voltage collapse* dalam sistem yang sudah diatur dalam nominal yang diizinkan dalam batas standar SPLN No. 1:1995 Pasal 4 sebesar -10% s.d. +5%, jika perubahan tegangan melewati batas standar tersebut akan dilakukan mekanisme pelepasan beban dengan menggunakan *fuzzy logic*. Pelepasan beban akan dilakukan secara bertahap sampai tegangan dinyatakan dalam kondisi normal kembali.

3.2. Waktu dan Tempat

Waktu pengerjaan skripsi ini adalah dimulai pada bulan September 2022, bertempat di SRC Konsentrasi Sistem Tenaga Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dan PT Dian Swastatika Sentosa Serang *Power Plant*.

3.3. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Satu unit Laptop dengan spesifikasi *Intel Core I5, processor 2.50 GHz*, dan sistem operasi *Windows 10 Pro 64 bit* sebagai media perancangan dan pengujian simulasi.
2. Perangkat lunak *MatLab R2016b* sebagai perangkat lunak untuk mendapatkan nilai dari pelepasan beban menggunakan metode *fuzzy logic* dan perangkat lunak ETAP 12.6.0 digunakan untuk analisis respon tegangan sistem.

3.4. Pembangkit PT Dian Swastatika Sentosa

Pembangkitan tegangan yang dilakukan oleh PT Dian Swastatika Sentosa Serang *Power Plant* sebesar 11 kV kemudian akan dinaikan oleh transformator *step up* menjadi 20 kV setelah itu akan disalurkan pada beban yang terdapat pada PT Indah Kiat *Pulp* dan *Paper*, adapun jenis-jenis bebanya dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data Beban

No	Unit	Daya Beban (MW)	Keterangan
1	H2 (PM4 +PM5)	15,2	-
2	H3 (PM3)	8,8	-
3	H4 (PM6)	10,2	-
4	H5 (<i>Finishing</i>)	2,5	-
5	H6 (<i>Utility-2</i>)	5	-
6	H7 (PM2)	13,4	-
7	H8 (SP 1/1 + AOCC5)	0	Disuplai PLN
8	H9 (<i>Utility-1 + Converting Printing</i>)	8	-
9	H10 (<i>New HV Trafo Stand By</i>)	0	<i>Stand By</i>
10	H11 (PM1)	9	-
11	H12 (Caco3 + Dip 1.2)	0	Disuplai PLN
12	H13 (SP 1/2)	7,8	-
13	H14 (SP 3/6)	15	-
14	H15 (<i>Incenerator</i>)	0,4	-
15	H16 (<i>HV Aux trafo Stand By</i>)	0	<i>Stand By</i>
16	H17 (AOCC 3/4 + SP5/6)	14	-
17	<i>Stationary Co-Gen</i>	16,8	-
Total		128,1	

Tabel 3.1 merupakan data-data beban yang terdapat pada PT Dian Swastatika Sentosa Serang *Power Plant*. Unit pembebanan H5, H10, H12, H15, H16 dan *stationary co-gen* tidak masuk kedalam skema pelepasan beban menggunakan *under frequency relay*. Unit beban H10 merupakan saluran untuk transformator *high voltage* yang kondisinya *stand by*. Unit H16 merupakan transformator *high voltage* yang digunakan untuk internal proses pembangkitan PT Dian Swastatika Sentosa Serang *Power Plant* yang kondisinya *stand by*. Unit H5, H12, H15 dan *stationary co-gen* memiliki jenis prioritas *critical* dan selalu dijaga kontinuitas penggunaan daya listriknya sehingga dalam pelepasan beban menggunakan pelepasan beban

manual. Adapun generator yang digunakan PT Dian Swastatika Sentosa Serang *Power Plant* berjumlah empat buah, untuk data generator dapat ditinjau pada Tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3.2 Data Generator Sinkron

No	Generator	Mode Operasi	Rating (MW)	Tegangan (kV)	Power Factor
1	G#1	PV	35	11	0.8
2	G#2	PV	35	11	0.8
3	G#3	PV	35	11	0.8
4	G#6	Swing	70	11	0.8
	Total		175		

Berdasarkan Tabel 3.2 pembangkitan PT Dian Swastatika Sentosa Serang *Power Plant* dengan jumlah generator 4 unit memiliki daya operasi pembangkitan total yaitu 128,1 MW dengan faktor daya untuk semua unit generator 0,8. Mode operasi generator unit 6 pada simulasi ETAP adalah mode *swing*, tegangan kerja generator tersebut dirancang selalu konstan dan menjadi tegangan dasar atau *base voltage* bagi sistem sedangkan untuk generator unit 1, 2, dan 3 mode operasi generator yang digunakan pada simulasi ETAP yaitu mode *voltage control*. Generator dengan mode ini memiliki *automatic voltage regulator (AVR)* yang mengatur *exciter* untuk beroperasi pada tegangan konstan.

3.5. Metode Penelitian

Metode penelitian berisi langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur bertujuan untuk mencari referensi yang dapat membantu dalam melaksanakan penelitian. Literatur yang digunakan berupa skripsi, jurnal penelitian, thesis, dan buku mengenai kestabilan tegangan, tegangan jatuh, pelepasan beban dan *fuzzy logic*.
2. Studi bimbingan berupa tanya jawab dengan dosen pembimbing mengenai hal-hal yang dirasa sulit selama mengerjakan skripsi.
3. Pengambilan data pada tahap ini dimaksudkan untuk mengamati data yang di analisis. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data *single line*

diagram, spesifikasi saluran sistem, data pembebanan trafo, tegangan, rugi daya, dan pelepasan beban.

4. Proses gangguan beban lebih merupakan penambahan beban pada sistem yang disebabkan oleh *tripnya* generator sehingga sistem mengalami kondisi *overload*.
5. Proses pembuatan *fuzzy logic*, hasil dari pembuatan kemudian digunakan untuk mendapatkan nilai optimum pelepasan dengan parameter yang telah ditentukan.
6. Nilai pelepasan beban dan respon tegangan, nilai pelepasan beban adalah *output* dari penelitian ini dengan membandingkan respon tegangan sebelum dan sesudah dilakukannya pelepasan beban ketika terjadi gangguan.
7. Pembuatan laporan, tahap pembuatan laporan ini terbagi kedalam dua tahap yakni tahapan untuk seminar usul dan tahapan untuk laporan akhir yang digunakan untuk seminar hasil. Pembuatan laporan ini merupakan tahap yang bertujuan untuk menuliskan hasil dan mempertanggung jawabkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan.

3.6. Skenario Gangguan Beban Lebih

Skenario gangguan beban lebih dilakukan dengan adanya gangguan yang terjadi pada generator sehingga menyebabkan padamnya generator. Penyusunan skenario ini dilakukan untuk mengetahui kondisi tegangan sistem ketika terjadi gangguan dan akan dilakukan pelepasan beban ketika jumlah daya generator dengan jumlah daya yang dibutuhkan oleh beban tidak seimbang, kemudian akan dilihat respon tegangan yang terjadi ketika sebelum melakukan pelepasan beban dan setelah melakukan pelepasan beban. Adapun kombinasi skenario padamnya generator dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Skenario Kombinasi Generator Padam

No	G#1	G#2	G#3	G#6
1	ON	ON	OFF	Ref
2	ON	OFF	ON	Ref
3	OFF	ON	ON	Ref
4	ON	OFF	OFF	Ref
5	OFF	ON	OFF	Ref
6	OFF	OFF	ON	Ref
7	OFF	OFF	OFF	Ref

Tabel 3.3 merupakan kombinasi skenario pelepasan beban, adapun generator 6 merupakan generator yang diatur menjadi mode *swing* sehingga bus yang terdapat pada generator 6 digunakan sebagai bus referensi untuk melihat respon yang terjadi pada sistem. Skenario 1 dengan dipadamkannya generator 3, skenario 2 dengan dipadamkannya generator 2, skenario 3 dengan dipadamkannya generator 1, skenario 4 dengan dipadamkannya generator 2 dan generator 3, skenario 5 dengan dipadamkannya generator 1 dan generator 3, skenario 6 dengan dipadamkannya generator 1 dan generator 2, dan skenario 7 dengan dipadamkannya semua generator.

3.7. Metode *Fuzzy logic*

Menentukan variabel *input* dan *output* yang digunakan untuk nilai masukan ke dalam proses logika *fuzzy*, membentuk fungsi keanggotaan, membentuk aturan logika *fuzzy*, serta menentukan nilai semesta pembicara. Menentukan nilai semesta pembicara setiap variabel harus diketahui nilai minimum dan maksimumnya. Sementara variabel *input* dan *output* yang digunakan dalam penelitian ini ialah nilai dari daya beban lebih, daya suplai generator dan daya pelepasan beban. Adapun nilai *input* dan *output* ditunjukkan pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Nilai Variabel *Input* dan *Output*

Daya beban lebih (MW)	Daya generator (MW)	Daya pelepasan beban (MW)
29	99,1	29,77307187
29,1	99	29,87427575
29,2	98,9	29,97547969
40,8	87,3	41,71559587
58,1	70	59,22626593
58,2	69,9	59,32748965
58,3	69,8	59,42871345
69,8	58,3	71,0699117
69,9	58,2	71,17114355
70	58,1	71,27237546
87,3	40,8	88,78655108
98,9	29,2	100,5313447
99	29,1	100,632597
99,1	29	100,7338495

Berdasarkan Tabel 3.4 dapat diketahui bahwa semesta pembicaraan dari setiap variabel seperti dari 29 sampai 99,1 untuk semesta pembicaraannya sebesar 20 sampai 100 oleh karena itu dilakukan pembulatan terdekat dari nilai minimum dan maksimum.

3.7.1. Membentuk Fungsi Keanggotaan

Membentuk fungsi keanggotaan sangat penting karena akan mempengaruhi nilai dari *output*, didalam fungsi keanggotaan terdapat beberapa hal yaitu fungsi *input* dan *output* yang dimana didalamnya terdapat variabel berupa daya beban lebih, daya generator dan daya dari pelepasan beban yang didapatkan dari *fuzzy*, kemudian terdapat beberapa fungsi keanggotaan yang dipakai, setelah itu ada himpunan *fuzzy* yang digunakan untuk menentukan jumlah dari aturan *fuzzy*, dan kemudian terdapat *domain* yang dimana *domain* itu merupakan nilai dari setiap parameter yang disesuaikan sedemikian rupa. Adapun tabel fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Fungsi Keanggotaan Himpunan *Fuzzy*

Fungsi	Variabel	Fungsi keanggotaan	Himpunan <i>Fuzzy</i>	Domain
Input	Daya beban lebih	Segitiga	SK	[10 16 30]
		Segitiga	K	[30 40 50]
		Segitiga	S	[39 77 90]
		Segitiga	B	[54 74 90]
		Trapesium	SB	[85 95 100 100]
	Daya generator	Trapesium	SK	[0 20 25 35]
		Segitiga	K	[30 40 50]
		Segitiga	S	[40 83 90]
		Segitiga	B	[67 79 90]
		Trapesium	SB	[85 95 100 100]
Output	Daya pelepasan beban	Segitiga	SR	[10 20 50]
		Segitiga	R	[20 35 70]
		Segitiga	S	[35 47 82]
		Segitiga	T	[66 103 105]
		Trapesium	ST	[85 100 110 110]

Berdasarkan Gambar 3.5 dapat dilihat bahwa fungsi keanggotaan dari setiap variabel yang digunakan adalah fungsi segitiga dan trapesium, sedangkan untuk nilai *domain* digunakan untuk parameter nilai dari suatu fungsi keanggotaan untuk mendapatkan nilai yang sesuai dengan nilai yang diinginkan dan agar memperkecil nilai eror yang dihasilkan.

3.7.2. Membentuk Aturan Logika *Fuzzy*

Melakukan pembuatan aturan-aturan *fuzzy* untuk setiap variabel, aturan tersebut dibuat secara merata dengan mengkombinasikan semua kemungkinan yang ada. Aturan-aturan tersebut dibuat untuk mendapatkan nilai keakuratan yang diinginkan. Karena terdapat 5 himpunan *fuzzy* pada setiap fungsi keanggotaan maka terdapat total 25 aturan yang terbentuk. Aturan-aturan tersebut dapat ditinjau pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Aturan Logika *Fuzzy*

	SB	B	S	K	SK
SK	SR	SR	SR	R	S
K	SR	SR	R	S	T
S	SR	R	S	T	ST
B	R	S	T	T	ST
SB	S	T	ST	ST	ST

Berdasarkan Tabel 3.6 terdapat 25 aturan *fuzzy* dengan dua variabel *input* dan satu variabel *output*. Himpunan untuk input berupa SK (sangat kecil), K (kecil), S (sedang), B (besar), SB (sangat Besar). Himpunan untuk *output* berupa SR (sangat rendah), R (Rendah), S (sedang), T (tinggi), ST (sangat tinggi).

3.7.3. Mendesain *Fuzzy Logic*

Proses berikutnya setelah membentuk fungsi keanggotaan dan aturan *fuzzy* yaitu mendesain *fuzzy logic*. Tahapan membuat desain *fuzzy logic* dapat dilihat pada Lampiran H. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Membuka *software* MATLAB dan mengetikkan *fuzzy* pada *command windows* untuk memunculkan *fuzzy logic designer*.
2. Memasukan variabel *input* (daya beban lebih dan daya generator) dan *output* (daya pelepasan beban).
3. Memasukan fungsi keanggotaan dan himpunan *fuzzy* yang sudah dibuat ke dalam *fuzzy logic designer* dengan cara mengklik dua kali pada setiap blok variabel. Setelah itu klik *Edit* dan pilih *Add MFs* kemudian pilih *trimf* pada *MF type* untuk membuat fungsi segitiga kemudian pilih 4 pada *number of MFs* dan pilih *trapmf* untuk membuat fungsi trapesium kemudian pilih 1 pada *number of MFs*. Fungsi keanggotaan yang digunakan *input* daya beban lebih dan *output* daya pelepasan beban yaitu empat buah fungsi segitiga dan sebuah fungsi trapesium, sedangkan untuk *input* daya generator yaitu tiga buah fungsi keanggotaan segitiga dan dua buah fungsi keanggotaan trapesium.

4. Memasukan nilai pada *range*, *params*, dan *name*. Kolom *range* diisi dengan semesta pembicaraan, kemudian kolom *params* diisi dengan domain yang telah ditentukan dan kolom *name* diisi dengan nama himpunan *fuzzy* dari variabel *input* yaitu SK, K, S, B, SB dan *output* yaitu SR, R, S, T, ST.
5. Memasukan aturan-aturan *fuzzy*. Tahapan ini menunjukkan aturan-aturan logika *fuzzy* yang telah dibuat sebelumnya, kemudian dimasukkan ke dalam *Rule Editor*, dengan mengklik *Edit* lalu pilih *Rules*.
6. Memasukan nilai-nilai variabel *input* kedalam *Rule viewer*. Setelah semua sistem *fuzzy* selesai didesain kita dapat melihat nilai yang dihasilkan dari beberapa variabel dengan cara mengklik *View* lalu pilih *Rules* kemudian masukan nilai-nilai variabel *input*. Kolom *input* pada pojok kiri bawah merupakan kolom untuk memasukan nilai *input*, dan hasilnya dapat dilihat pada bagian pojok kanan atas.

3.8. Pemilihan Unit Pelepasan Beban

Pemilihan unit beban untuk melepas beban harus memprioritaskan beban dan jumlah beban pada PT Dian Swastika Sentosa. Tahap pelepasan beban ditunjukkan pada Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.7 Tahapan Pelepasan Beban

Tahap	Unit Pembebanan	Jumlah beban (MW)
I	H13 (SP 1/2)	7,8
	H14 (SP3/6)	15
	H17 (AOCC 3/4+SP 5)	14
II	H11 (PM 1)	9
	H7 (PM 2)	13,4
	H3 (PM 3)	8,8
	H8 (SP 1/1 + AOCC 5)	0
III	H2 (P M 4 + PM5)	15,2
	H4 (PM 6)	10,2

Berdasarkan Tabel 3.7 dapat diketahui tahap pelepasan beban, unit pembebanan dan jumlah beban. Tahap I beban yang dilepas yaitu H13 (SP 1/2), H14 (SP3/6), H17 (AOCC 3/4+SP 5) dengan total beban yang dilepas sebesar 36,8 MW. Tahap II beban yang dilepas yaitu H11 (PM 1), H7 (PM 2), H3 (PM 3), H8 (SP 1/1 + AOCC 5) dengan total beban yang dilepas sebesar 68 MW. Tahap III beban yang dilepas yaitu H2 (P M 4 + PM5), H4 (PM 6) dengan total beban yang dilepas sebesar 93,4 MW.