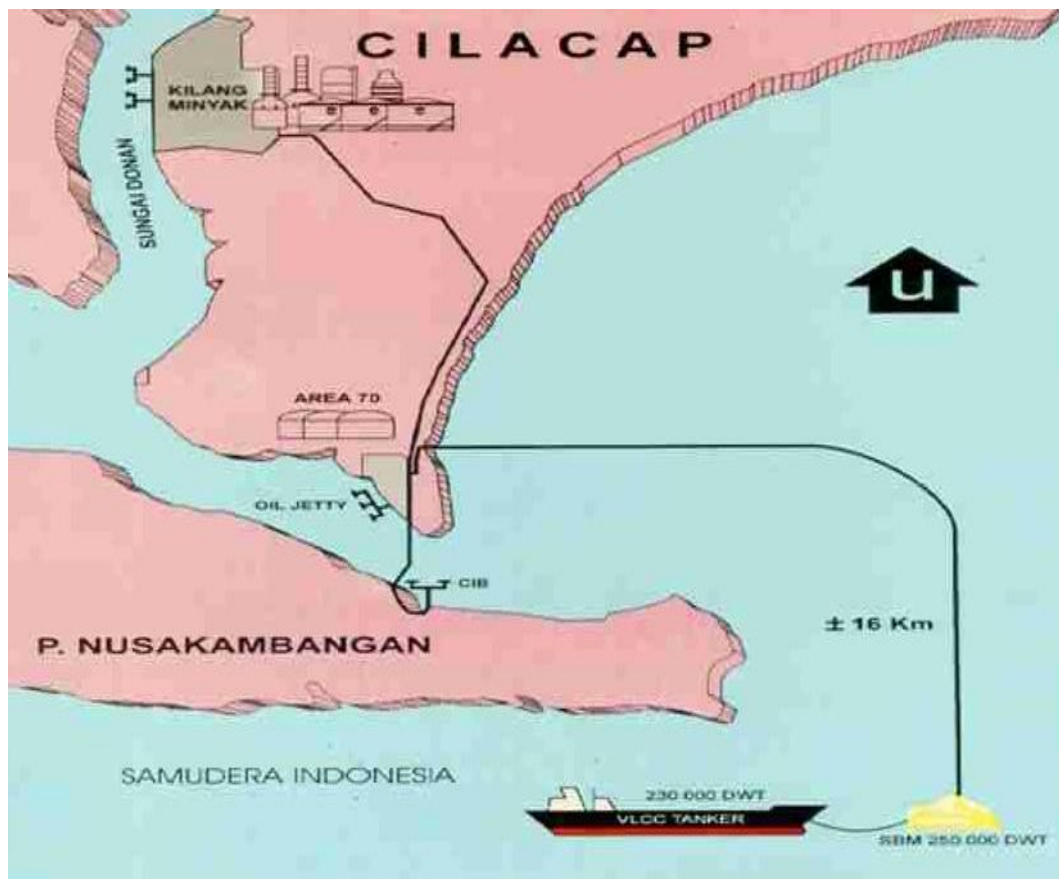


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian tugas akhir berada di PT Pertamina (Persero) RU IV Cilacap, Jl. Letjen Haryono MT. 77 Lomanis, Cilacap, Jawa Tengah, Indonesia.



Gambar 3.1 Lokasi penelitian tugas akhir

3.2 Waktu Penelitian

Penelitian tugas akhir dilaksanakan pada bulan September-Oktober 2016 dari tanggal 7 September 2016 sampai dengan tanggal 17 Oktober 2016.

3.3 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

a. Perangkat keras (*Hardware*)

Perangkat keras (*hardware*) yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini terdiri dari:

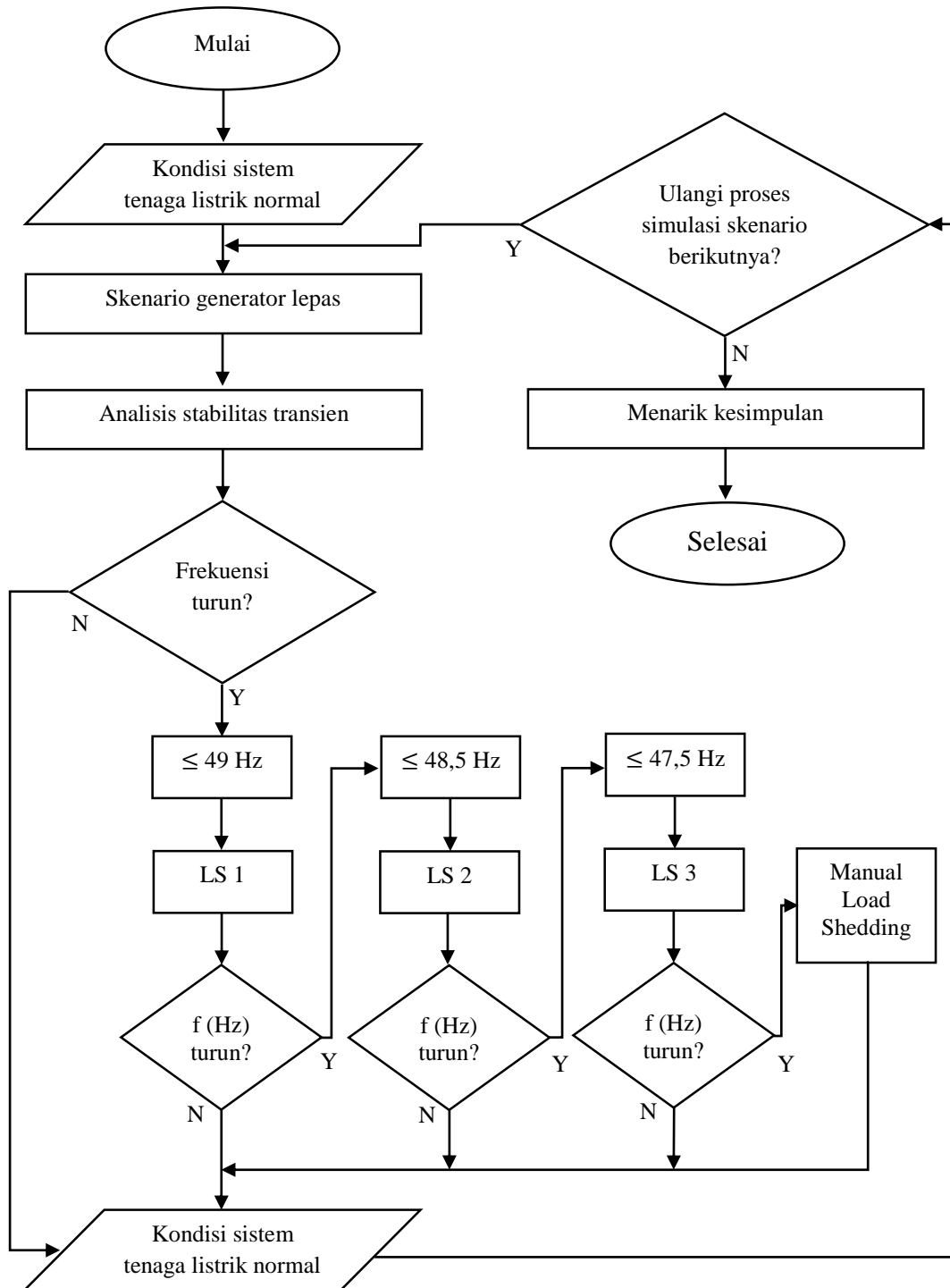
1. Laptop Sony Vaio SVF 14212SGW.
2. *Processor* Intel(R) *Core*(TM) i3-3217U CPU @ 1.80GHz (4 CPUs)-1.8GHz.
3. RAM 2GB.
4. *Harddisk* 500GB.
5. *Mouse* Logitech M185.

b. Perangkat lunak (*Software*)

Perangkat lunak (*software*) yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. *Microsoft Windows 7 Ultimate* 64-bit (6.1, *Built* 7601), sebagai perangkat lunak sistem operasi dan simulasi.
2. Program aplikasi sebagai perangkat lunak bantu dalam perancangan dan analisis sistem tenaga listrik.

3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

3.5 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini jenis data yang digunakan ada dua macam, yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data primer

Data primer merupakan data yang diperoleh dari hasil studi dan pengamatan langsung di PT Pertamina RU IV Cilacap. Metode yang digunakan untuk mendapatkan data primer adalah dengan melakukan wawancara (*interview*) dan pengamatan secara langsung di lapangan. Data primer yang diperlukan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. *Single line diagram* sistem tenaga listrik PT Pertamina RU IV Cilacap.
- b. Pengamatan secara langsung ketika terjadi generator lepas dari sistem tenaga listrik PT Pertamina RU IV Cilacap.

2. Data sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh melalui referensi pustaka yang berhubungan dengan penelitian tugas akhir ini. Data sekunder yang diperlukan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Kapasitas masing-masing generator.
- b. Total kebutuhan daya PT Pertamina RU IV Cilacap.
- c. Data kemampuan pembangkitan generator.
- d. Data pengkabelan (*wiring*).
- e. Data pencatatan pembebanan rata-rata tiap *substation*.
- f. Data *setting governor* pembangkit.
- g. Daftar urutan pelepasan beban berdasarkan frekuensi.

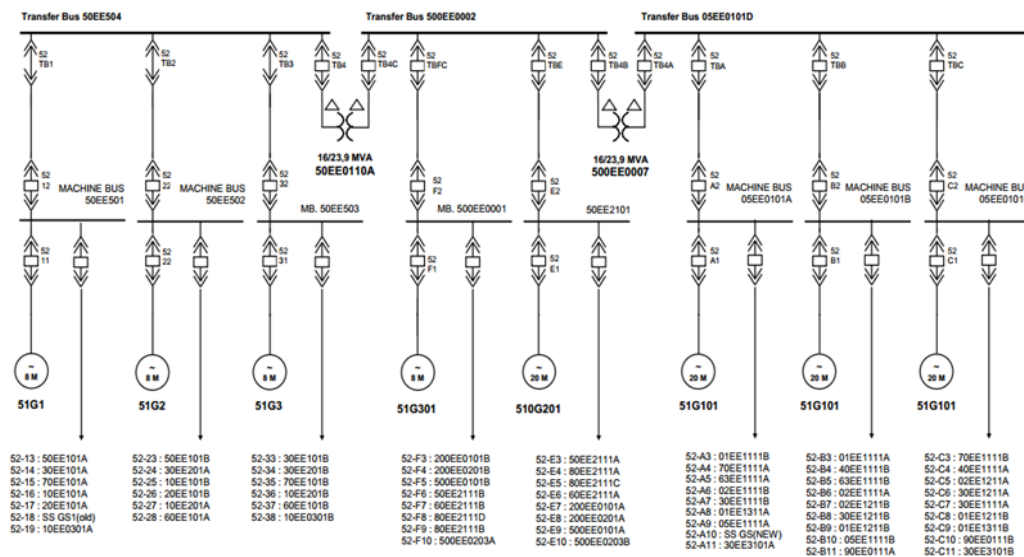
3.5.1 PT Pertamina RU IV Cilacap

PT Pertamina RU IV Cilacap merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang pengolahan minyak bumi dan gas. PT Pertamina RU IV Cilacap memiliki unit pembebanan, unit pembebanan tersebut antara lain sebagai berikut:

- | | |
|--------------------|--------------------|
| a. Unit FOC I | g. Unit UTL II |
| b. Unit LOC I | h. Unit Terminal 2 |
| c. Unit UTL I | i. Unit LOC III |
| d. Unit Terminal 1 | j. Unit KPC |
| e. Unit FOC II | k. Unit Community |
| f. Unit LOC II | |

3.5.2 Sistem Tenaga Listrik PT Pertamina RU IV Cilacap

PT Pertamina RU IV Cilacap memiliki tiga unit area pembangkit, pembangkit area 50 (*Utilities I*), pembangkit area 05 (*Utilities II*), dan pembangkit area 500 (*Utilities IIA*). Pada pembangkit area 50 terdapat tiga unit generator masing-masing dengan kapasitas 8 MW, pembangkit area 05 terdapat tiga unit generator masing-masing dengan kapasitas 20 MW, sedangkan pada area 500 terdapat dua unit generator masing-masing dengan kapasitas 8 MW dan 20 MW, sehingga total daya yang terpasang adalah 112 MW. Masing-masing area tersebut saling terinterkoneksi, sehingga kehandalan dalam pemenuhan kebutuhan listrik untuk kebutuhan dalam kilang sangat baik. Tegangan yang dibangkitkan oleh pembangkit adalah 13,8 kV, sedangkan untuk jaringan distribusi tegangannya adalah 3,45 kV dan 400 V.



Gambar 3.3 Single line diagram sistem tenaga listrik PT Pertamina RU IV Cilacap

3.5.3 Sistem Pembangkit Tenaga Listrik

Pembangkit tenaga listrik yang digunakan pada kilang PT Pertamina RU IV Cilacap menggunakan turbin uap sebagai penggerak mula (*prime mover*). Masing-masing area pembangkitan memiliki kapasitas dan pengaturan governor yang berbeda-beda antara lain sebagai berikut:

a. Utilities I

Generator-generator yang terdapat dalam sistem tenaga listrik utilities I PT Pertamina RU Cilacap diatur sebagai berikut:

Tabel 3.1 Pengaturan generator utilities I

No	Generator	Mode	Kapasitas	Operasi (MW)	Tipe Governor	Mode Governor	Tipe Exciter
1	51G1	Voltage control	8 MW	6	505	Droop	AC3
2	51G2	Voltage control	8 MW	6	505	Droop	AC3
3	51G3	Voltage control	8 MW	6	505	Droop	AC3

Pembangkit pada utilities I memiliki tiga unit generator dengan kapasitas 8 MW dengan faktor daya 0,8. Untuk daya maksimal yang bisa dibangkitkan tiap-tiap generator adalah 8 MW dengan kontrol menggunakan governor, sedangkan untuk daya operasi pembangkitan rata-rata masing-masing generator adalah 6 MW. Pada utilities I ini memiliki governor dengan karakteristik *droop*, dimana kecepatan turbin akan selalu konstan dengan berbagai variasi beban, sehingga daya keluaran generator tetap.

Pada simulasi ETAP, mode operasi yang digunakan generator yang ada di utilities I adalah *voltage control*. Generator dengan mode ini memiliki *automatic voltage regulator* (AVR) yang mengatur *exciter* untuk beroperasi pada tegangan konstan.

b. Utilities II

Generator-generator yang terdapat dalam sistem tenaga listrik utilities II PT Pertamina RU Cilacap diatur sebagai berikut:

Tabel 3.2 Pengaturan generator utilities II

No	Generator	Mode	Kapasitas	Operasi (MW)	Tipe Governor	Mode Governor	Tipe Exciter
1	051G101	<i>Voltage control</i>	20 MW	13	505	<i>Droop</i>	AC3
2	051G102	<i>Voltage control</i>	20 MW	13	505	<i>Droop</i>	AC3
3	051G103	<i>Voltage control</i>	20 MW	13	505	<i>Droop</i>	AC3

Pembangkit pada utilities II memiliki tiga unit generator dengan kapasitas 20 MW dengan faktor daya 0,8. Untuk daya maksimal yang bisa dibangkitkan tiap-tiap generator adalah 20 MW, sedangkan untuk pembangkitan rata-rata masing-masing generator adalah 13 MW. Ketika terjadi gangguan pada generator lain yang

dapat mengakibatkan suplai generator yang ada di utilities II meningkat hingga melebihi kapasitas, maka skema pelepasan beban akan bekerja. Pengaturan governor yang digunakan pada ketiga generator yang ada di utilities II adalah *droop*, dimana kecepatan turbin akan selalu konstan dengan berbagai variasi beban, sehingga daya keluaran generator tetap.

Pada simulasi ETAP, mode operasi yang digunakan generator adalah mode *voltage control*. Generator dengan mode ini memiliki *automatic voltage regulator* (AVR) yang mengatur *exciter* untuk beroperasi pada tegangan konstan.

c. Utilities IIA

Generator-generator yang terdapat dalam sistem tenaga listrik utilities IIA PT Pertamina RU Cilacap diatur sebagai berikut:

Tabel 3.3 Pengaturan generator utilities IIA

No	Generator	Mode	Kapasitas	Operasi (MW)	Tipe Governor	Mode Governor	Tipe Exciter
1	51G301	<i>Voltage control</i>	8 MW	6	505	<i>Droop</i>	AC3
2	51G201	<i>Swing</i>	20 MW	14,72	505	<i>Isoch</i>	AC3

Pembangkit pada utilities IIA memiliki dua unit generator dengan kapasitas 20 MW dan 8 MW dengan faktor daya 0,8. Untuk daya maksimal yang bisa dibangkitkan tiap-tiap generator adalah 20 MW dan 8 MW, sedangkan untuk pembangkitan rata-rata masing-masing generator adalah 14,72 MW dan 6 MW. Ketika terjadi gangguan pada generator lain yang dapat mengakibatkan suplai generator yang ada di utilities IIA meningkat hingga melebihi kapasitas, maka skema *load shedding* akan bekerja. Pengaturan governor yang digunakan pada

generator 51G301 yang ada di utilities IIA adalah *droop*, dimana kecepatan turbin akan selalu konstan dengan berbagai variasi beban, sehingga daya keluaran generator tetap, sedangkan untuk generator 51G201 mode governor yang digunakan adalah *isochronous*, dimana governor akan menyesuaikan nilai *output* daya mekanik turbin supaya sesuai dengan daya listrik yang dibutuhkan sistem.

Pada simulasi ETAP, mode operasi yang digunakan generator yang ada di utilities IIA adalah *voltage control* dan *swing*. Generator dengan mode *voltage control* memiliki *automatic voltage regulator* (AVR) yang mengatur *exciter* untuk beroperasi pada tegangan konstan. Untuk generator 51G201 beroperasi pada mode *swing* dan merupakan generator referensi, generator dengan mode ini akan berusaha memenuhi kekurangan aliran daya pada sistem dimana nilai dan sudut tegangan terminal generator akan dijaga tetap berada pada nilai operasi tertentu

3.5.3.1 Mode Operasi Generator

Pada perangkat lunak ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*), mode operasi generator dibedakan menjadi 4, yaitu:

a. *Swing*

Untuk studi aliran daya, sebuah generator dengan mode *swing* akan berusaha memenuhi kekurangan aliran daya pada sistem dimana nilai dan sudut tegangan terminal generator akan dijaga tetap berada pada nilai operasi tertentu. Salah satu dari mesin yang beroperasi pada mode *swing* akan dipilih sebagai mesin referensi untuk keseluruhan sistem. Sehingga harus ada minimal satu mesin *swing* yang terhubung dengan sistem pada diagram satu garis (*single line diagram*). Selain

itu, tegangan rating generator *swing* digunakan sebagai basis tegangan pada bus yang terhubung dengan generator tersebut. Untuk studi analisis transien, generator *swing* menjadi mesin referensi untuk keseluruhan sistem, misalnya jika sudut dari sumber tegangan internal generator diset 0, maka sudut tegangan seluruh mesin sinkron pada sistem akan menjadi relatif terhadap mesin referensi ini.

b. *Voltage control*

Generator *voltage control* merupakan generator mode *droop* (nilai MW konstan) dengan sebuah *automatic voltage regulator* (AVR) yang mengatur *exciter* untuk beroperasi pada tegangan konstan. Selama studi aliran daya, jika MVAR generator yang dihitung berada di luar batas kemampuan MVAR generator, maka nilai MVAR akan diset sama dengan batasnya dan mode generator akan berubah menjadi MVAR Control.

c. *MVAR control*

Dengan MVAR control, generator diset dengan nilai MW dan MVAR yang konstan. Generator MVAR control berarti generator mode *droop* (nilai MW konstan) dengan pengaturan *exciter* yang juga konstan (tanpa aksi AVR).

d. *PF control*

Pada mode ini, governor beroperasi pada mode *droop* sehingga keluaran MW generator sama dengan pengaturan MW. Sebaliknya, *exciter* AVR menyesuaikan pengaturan faktor daya (*Power Factor* = PF). Intinya adalah, mode ini menjaga agar keluaran generator memiliki daya listrik (MW) dan PF yang konstan.

3.5.3.2 Governor

Generator 51G1, 51G2, 51G3, 51G301, 051G101, 051G102, dan 051G103 diatur pada mode *droop*, sedangkan generator 51G201 diatur pada mode *isochronous*. Pada mode *isochronous*, *set point* putaran governor ditentukan berdasarkan kebutuhan daya listrik sistem pada saat itu (*real time*). Kemudian melalui internal proses di dalam governor (sesuai dengan control logika dari manufaktur), governor akan menyesuaikan nilai output daya mekanik turbin supaya sesuai dengan daya listrik yang dibutuhkan sistem. Pada saat terjadi perubahan beban, governor akan menentukan *set point* yang baru sesuai dengan keadaan aktual beban. Dengan pengaturan putaran ini diharapkan frekuensi listrik generator tetap berada di dalam interval yang bisa diterima dan generator tidak keluar dari sinkronisasi. Sedangkan pada mode *droop*, governor sudah memiliki *set point* daya mekanik yang besarnya sesuai dengan rating generator atau menurut kebutuhan. Dengan adanya pengaturan yang konstan ini, output daya listrik generator nilainya tetap dan adanya perubahan beban tidak akan mengakibatkan perubahan putaran turbin.

Governor turbin seluruh generator dimodelkan dengan tipe 505 pada simulasi ETAP, yang merupakan model governor umum turbin uap. Model ini dapat digunakan untuk mempresentasikan penggerak utama yang bervariasi dan dikendalikan oleh governor PID.

3.5.3.3 Exciter

Pada penelitian tugas akhir ini tipe *exciter* yang digunakan untuk generator 51G1, 51G2, 51G3, 51G301, 51G201, 051G101, 051G102, dan 051G103 diatur pada tipe AC3 dalam simulasi menggunakan perangkat lunak ETAP.

3.5.4 Sistem Transmisi dan Distribusi

PT Pertamina RU Cilacap dalam sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik menggunakan tegangan 13,8 kV, 3,45 kV, dan 400 V. Frekuensi yang digunakan dalam sistem ini adalah 50 Hz.

3.5.5 Jenis Beban PT Pertamina RU IV Cilacap

Jenis beban yang terdapat pada sistem tenaga listrik PT Pertamina RU IV Cilacap antara lain motor induksi, perumahan, proses produksi, serta lampu penerangan kilang dan area pembangkitan listrik.

Menurut Nugraheni (2011) pelepasan beban adalah fenomena pada sistem tenaga listrik yang mengijinkan beberapa beban keluar dari sistem untuk tercapainya kestabilan sistem tenaga listrik. Adapun jumlah dan pemilihan beban yang dilepas harus diperhitungkan terlebih dahulu dan ditentukan sesuai dengan kebutuhan dan tingkat prioritas beban tersebut bagi sistem. Pada suatu sistem tenaga listrik yang dimiliki oleh perusahaan minyak bumi dan gas, tingkat prioritas beban yang dilepaskan dapat dilihat dari:

- a. Besar daya yang diserap
- b. Jumlah minyak atau gas yang dihasilkan setiap hari

- c. Tingkat kesulitan pengasutan
- d. Kualitas minyak atau gas yang dihasilkan

Pada sistem tenaga listrik PT Pertamina RU IV Cilacap jenis beban yang dimiliki terdiri dari dua jenis, yaitu:

- a. Motor induksi

Motor induksi pada sistem tenaga listrik PT Pertamina RU IV Cilacap digunakan untuk proses produksi kilang. Motor induksi yang digunakan pada proses produksi kilang memiliki inersia yang kecil, sehingga ketika terjadi gangguan tidak akan memberikan efek yang signifikan terhadap sistem. Dalam simulasi menggunakan ETAP beban motor ini disajikan dalam suatu kumpulan beban motor (*lumped load*) dengan persentase beban motor (*motor load*) 100% dan beban statis (*static load*) 0% yang memiliki faktor daya 0,82.

- b. Lampu penerangan, perumahan, dan telekomunikasi

Beban lain selain motor induksi yang terdapat di PT Pertamina RU IV Cilacap adalah lampu penerangan, perumahan, telekomunikasi, dan komputerisasi yang memiliki daya tidak terlalu besar bila dibandingkan dengan motor induksi. Dalam simulasi ETAP, beban jenis ini disajikan dalam bentuk kumpulan beban (*lumped load*) dengan kombinasi beban motor (*motor load*) 0% dan beban statis (*static load*) 100% dengan faktor daya 0,92.

Tabel 3.4 Daftar rata-rata beban tiap *substation* 13,8 kV/3,45 kV

No	Substation	Feeder	KW	MW	Cos ϕ	MVA
1	10-SS-1	10EE101A	1000	1.0	0.82	1.220
		10EE101B	610	0.6	0.82	0.732
2	10-SS-2	10EE201A	1510	1.5	0.82	1.829
		10EE201B	700	0.7	0.82	0.854
3	20-SS-1	20EE101A	1200	1.2	0.82	1.463
		20EE101B	1400	1.4	0.82	1.707
4	30-SS-1	30EE101A	400	0.4	0.82	0.488
		30EE101B	80	0.08	0.82	0.098
5	30-SS-2	30EE201A	800	0.8	0.82	0.976
		30EE201B	200	0.2	0.82	0.244
6	50-SS-1	50EE101A	1119	1.1	0.82	1.341
		50EE101B	1041.7	1.0	0.82	1.220
7	60-SS-1	60EE101A	625	0.6	0.82	0.732
		60EE101B	704.2	0.7	0.82	0.854
8	70-SS-1	70EE101A	41.7	0.04	0.82	0.051
		70EE101B	700	0.7	0.82	0.854
9	10-SS-3	10EE0301A	990	1.0	0.82	1.220
		10EE0301B	270	0.3	0.82	0.366
10	200-SS-1	200EE0101A	1130	1.1	0.82	1.341
		200EE0101B	510	0.5	0.82	0.610
11	200-SS-2	200EE0201A	2420.8	2.4	0.82	2.927
		200EE0201B	1791.7	1.8	0.82	2.195
12	500-SS-1	500EE0101A	228.3	0.2	0.82	0.244
		500EE0101B	559.5	0.6	0.82	0.732
13	500-SS-2	500EE0203A	-----	-----	-----	-----
		500EE0203B	-----	-----	-----	-----

Tabel 3.4 Daftar rata-rata beban tiap *substation* 13,8 kV/3,45 kV (lanjutan)

No	Substation	Feeder	KW	MW	Cos ϕ	MVA
14	50-SS-21	50EE2111A	1054.6	1.1	0.82	1.341
		50EE2111B	1304.2	1.3	0.82	1.585
15	60-SS-21	60EE2111A	100	0.1	0.82	0.122
		60EE2111B	132.5	0.1	0.82	0.122
16	80-SS-21A	80EE2111A	2400	2.4	0.82	2.927
		80EE2111B	2425	2.4	0.82	2.927
17	80-SS-21B	80EE2111C	3400	3.4	0.82	4.146
		80EE2111D	1100	1.1	0.82	1.341
18	01-SS-11	01EE1111A	2916.7	2.9	0.82	3.537
		01EE1111B	4250	4.3	0.82	5.244
19	01-SS-12	01EE1211A	2240	2.2	0.82	2.683
		01EE1211B	2800	2.8	0.82	3.415
20	01-SS-13	01EE1311A	1041.7	1.0	0.82	1.220
		01EE1311B	1166.7	1.2	0.82	1.463
21	30-SS-31	30EE3105A	2000	2.0	0.82	2.439
22	02-SS-11	02EE1111A	700	0.7	0.82	0.854
		02EE1111B	500	0.5	0.82	0.610
23	02-SS-12	02EE1211A	1016.7	1.0	0.82	1.220
		02EE1211B	400	0.4	0.82	0.488
24	05-SS-11	05EE1111A	1560	1.6	0.82	1.951
		05EE1111B	1125	1.1	0.82	1.341
25	90-SS-1	90EE0111A	1856.2	1.9	0.82	2.317
26	30-SS-11	30EE1111A	1000	1.0	0.82	1.220
		30EE1111B	2800	2.8	0.82	3.415
27	30-SS-12	30EE1211A	354.2	0.4	0.82	0.488
		30EE1211B	300	0.3	0.82	0.366

Tabel 3.4 Daftar rata-rata beban tiap *substation* 13,8 kV/3,45 kV (lanjutan)

No	Substation	Feeder	KW	MW	Cos ϕ	MVA
28	40-SS-11	40EE1111A	620	0.6	0.82	0.732
		40EE1111B	900	0.9	0.82	1.098
29	63-SS-11	63EE1111A	1840	1.8	0.82	2.195
		63EE1111B	1800	1.8	0.82	2.195
30	70-SS-11	70EE1111A	700	0.7	0.82	0.854
		70EE1111B	125	0.1	0.82	0.122
32	GUNUNG SIMPING 1	60EE505A	1230	1.2	0.92	1.304
33	GUNUNG SIMPING 2	60EE505B	1420	1.4	0.92	1.522
33	KATILAYU	-----	156.3	0.2	0.92	0.217
34	GRIYA PATRA	60EE505C	13.7	0.01	0.92	0.012
35	RSPC	60EE505D	330.3	0.3	0.92	0.326
36	APT	60EE505E	145	0.1	0.92	0.109
37	BOILER	50EE206A	1689	1.7	0.82	2.073
38	LOMANIS	30EE201B	517.5	0.5	0.92	0.543
39	HEAD OFFICE	30EE201B	183.7	0.2	0.92	0.217
40	NEW HEAD OFFICE	30EE1111A	198.7	0.2	0.92	0.217
TOTAL			71844.6	70.9	-----	85.896

Beban total sistem tenaga listrik PT Pertamina RU IV Cilacap sebesar $\pm 70,9$ MW dengan persebaran beban seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.4. Beban-beban tersebut berupa beban dinamis dan statis. Beban dinamis mencakup:

- a. Kompresor, pompa-pompa, dan motor-motor pada area kilang produksi dimodelkan sebagai *lumped load* dengan tipe beban 100% motor 0% beban statis dan dengan faktor daya 0,82.
- b. Utilities dan *Camp* dimodelkan sebagai *lumped load* dengan tipe beban 0% motor dan 100% beban statis dengan faktor daya sebesar 0,92.

3.5.6 Skema Pelepasan Beban PT Pertamina RU IV Cilacap

Skema pelepasan beban akibat frekuensi rendah yang diberlakukan pada sistem tenaga listrik PT Pertamina RU IV Cilacap dilakukan menjadi tiga tahap pelepasan beban, tahap pelepasan beban dengan menggunakan UFR (*Under Frequency Relay*) adalah sebagai berikut:

- a. Tahap Pertama

Pelepasan beban tahap pertama dilakukan ketika frekuensi sistem tenaga listrik turun pada nilai 49 Hz. Jumlah beban yang dilepas pada tahap pertama adalah sebagai berikut:

Tabel 3.5 Skema pelepasan beban tahap pertama

No	Area	Frekuensi (Hz)	CB	Feeder	Beban	Daya (MW)
1	05	49.0	52-A10	60-GS-1	Community	1.4
2	05	49.0	52-C7	30-SS-11	32P101A/B/C	0.1
3	05	49.0	52-C7	30-SS-11	36P101A/B/C	0.8
4	05	49.0	52-C7	30-SS-11	37P101A/B	-----
5	05	49.0	-----	30-SS-12	36P103A/B/C	0.1
Total beban yang dilepaskan (MW)						2.4

b. Tahap Kedua

Pelepasan beban tahap kedua dilakukan ketika frekuensi sistem tenaga listrik turun pada nilai 48,5 Hz. Jumlah beban yang dilepas pada tahap kedua adalah sebagai berikut:

Tabel 3.6 Skema pelepasan beban tahap kedua

No	Area	Frekuensi (Hz)	CB	Feeder	Beban	Daya (MW)
1	50	48.5	52-14	30EE101A	30-SS-1-A	0.4
2	50	48.5	52-33	30EE101B	30-SS-1-B	0.08
3	50	48.5	52-24	30EE201A	30-SS-2-A	0.8
4	50	48.5	52-34	30EE201B	30-SS-2-B	0.2
5	50	48.5	52-35	70EE101B	70-SS-1-B	0.7
6	50	48.5	52-17	20EE101A	20-SS-1-A	1.2
7	50	48.5	52-26	20EE101B	20-SS-1-B	1.4
8	05	48.5	-----	-----	New Drum Plant	-----
9	05	48.5	52-C4	40EE1111A	40-SS-11-A	0.6
10	05	48.5	52-B4	40EE1111B	40-SS-11-B	0.9
11	05	48.5	52-A4	70EE1111A	70-SS-11-A	0.7
12	05	48.5	52-B6	02EE1111A	02-SS-11-A	0.7
13	05	48.5	52-A6	02EE1111B	02-SS-11-B	0.5
14	05	48.5	52-B7	02EE1211B	02-SS-12-B	0.4
15	05	48.5	52-B11	80EE2111D	80-SS-21-D	1.1
16	500	48.5	52-E4	80EE2111A	80-SS-21-A	2.4
17	500	48.5	52-E5	80EE2111C	80-SS-21-C	3.4
18	500	48.5	52-E6	60EE2111A	60-SS-21-A	0.1
Total beban yang dilepaskan (MW)						15.58

c. Tahap Ketiga

Pelepasan beban tahap ketiga dilakukan ketika frekuensi sistem tenaga listrik turun pada nilai 47,5 Hz. Jumlah beban yang dilepas pada tahap ketiga adalah sebagai berikut:

Tabel 3.7 Skema pelepasan beban tahap ketiga

No	Area	Frekuensi (Hz)	CB	Feeder	Beban	Daya (MW)
1	500	47.5	52-E7	200EE0101A	200-SS-1-A	1.1
2	500	47.5	52-F3	200EE0101B	200-SS-1-B	0.5
3	50	47.5	52-16	10EE101A	10-SS-1-A	1.0
4	50	47.5	52-25	10EE101B	10-SS-1-B	0.6
5	50	47.5	52-27	10EE201A	10-SS-2-A	1.5
6	50	47.5	52-36	10EE201B	10-SS-2-B	0.7
7	50	47.5	52-19	10EE301A	10-SS-3-A	1.0
8	50	47.5	52-38	10EE301B	10-SS-3-B	0.3
Total beban yang dilepaskan (MW)						6,7

3.5.7 Pengaturan UFR (*Under Frequency Relay*)

Pada penelitian tugas akhir ini untuk mensimulasikan skenario gangguan berupa lepasnya generator dari sistem tenaga listrik PT Pertamina RU IV Cilacap dan untuk melihat stabilitas transien yaitu frekuensi dan tegangan digunakan perangkat lunak ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*) dengan menggunakan fitur *Transient Stability Analysis*. Komponen yang digunakan untuk mendeteksi ketika terjadi penurunan frekuensi pada sistem tenaga listrik adalah

UFR (*Under Frekuensi Relay*). Untuk itu perlu dilakukan beberapa pengaturan pada

UFR (*Under Frekuensi Relay*). Pengaturan tersebut antara lain sebagai berikut:

- a. Frekuensi *pick-up*
- b. Waktu tunda
- c. Pemutus tenaga yang terkait

Berikut ini merupakan pengaturan UFR (*Under Frequency Relay*) yang digunakan pada simulasi:

Tabel 3.8 Pengaturan UFR (*Under Frequency Relay*)

No	Area	CB	Relay	%Hz	f(Hz)	Waktu Tunda (s)	Beban	Daya (MW)
1	05	52-A10	81AX	98	49.0	0.1	Community	1.4
2	05	52-C7	81AX	98	49.0	0.1	32P101A/B/C	0.1
3	05	52-C7	81AX	98	49.0	0.1	36P101A/B/C	0.8
4	05	52-C7	81AX	98	49.0	0.1	37P101A/B	-----
5	05	-----	-----	98	49.0	0.1	36P103A/B/C	0.1
6	50	52-14	81AX1	97	48.5	0.1	30-SS-1-A	0.4
7	50	52-33	81AX1	97	48.5	0.1	30-SS-1-B	0.08
8	50	52-24	81AX1	97	48.5	0.1	30-SS-2-A	0.8
9	50	52-34	81AX1	97	48.5	0.1	30-SS-2-B	0.2
10	50	52-35	81AX1	97	48.5	0.1	70-SS-1-B	0.7
11	50	52-17	81AX2	97	48.5	0.1	20-SS-1-A	1.2
12	50	52-26	81AX2	97	48.5	0.1	20-SS-1-B	1.4
13	05	-----	-----	97	48.5	0.1	New Drum Plant	-----
14	05	52-C4	81AX2	97	48.5	0.1	40-SS-11-A	0.6
15	05	52-B4	81AX2	97	48.5	0.1	40-SS-11-B	0.9
16	05	52-A4	81BX	97	48.5	0.1	70-SS-11-A	0.7

Tabel 3.8 Pengaturan UFR (*Under Frequency Relay*) (lanjutan)

No	Area	CB	Relay	%Hz	f(Hz)	Waktu Tunda (s)	Beban	Daya (MW)
17	05	52-B6	81BX	97	48.5	0.1	02-SS-11-A	0.7
18	05	52-A6	81CX	97	48.5	0.1	02-SS-11-B	0.5
19	05	52-B7	81CX	97	48.5	0.1	02-SS-12-B	0.4
20	05	52-B11	81DX	97	48.5	0.1	80-SS-21-D	1.1
21	500	52-E4	81AX	97	48.5	0.1	80-SS-21-A	2.4
22	500	52-E5	81AX	97	48.5	0.1	80-SS-21-C	3.4
23	500	52-E6	81AX	97	48.5	0.1	60-SS-21-A	0.1
24	500	52-E7	81BX	95	47.5	0.1	200-SS-1-A	1.1
25	500	52-F3	81BX	95	47.5	0.1	200-SS-1-B	0.5
26	50	52-16	81BX1	95	47.5	0.1	10-SS-1-A	1.0
27	50	52-25	81BX1	95	47.5	0.1	10-SS-1-B	0.6
28	50	52-27	81BX2	95	47.5	0.1	10-SS-2-A	1.5
29	50	52-36	81BX2	95	47.5	0.1	10-SS-2-B	0.7
30	50	52-19	81BX2	95	47.5	0.1	10-SS-3-A	1.0
31	50	52-38	81BX2	95	47.5	0.1	10-SS-3-B	0.3

3.5.8 Kombinasi Generator Lepas

Pada penelitian tugas akhir ini akan membahas tentang analisis stabilitas transien sistem tenaga listrik PT Pertamina RU IV Cilacap dan untuk mengembalikan sistem tenaga listrik ke dalam kondisi normal dilakukan pelepasan beban berdasarkan penurunan frekuensi sistem. Dalam simulasi ini akan dilakukan beberapa skenario generator lepas pada saat terdapat satu generator sedang dilakukan perawatan yaitu generator 51G1 dari sistem tenaga listrik yang menyebabkan beban lebih sehingga stabilitas sistem tenaga menjadi tidak stabil.

Beberapa skenario generator lepas dalam pembangkitan minimum dari sistem tenaga listrik yang akan disimulasikan pada perangkat lunak ETAP adalah sebagai berikut:

Tabel 3.9 Kombinasi generator lepas

No	51G1	51G2	51G3	51G301	51G201	051G101	051G102	051G103
1	OFF	X	√	√	√	√	√	√
2	OFF	X	X	√	√	√	√	√
3	OFF	X	X	X	√	√	√	√
4	OFF	√	√	√	√	X	√	√
5	OFF	√	√	√	√	X	X	√
6	OFF	X	√	√	√	√	√	X
7	OFF	√	X	X	√	√	X	√
8	OFF	X	√	√	√	X	√	X
9	OFF	X	X	X	√	√	X	√
10	OFF	√	√	√	√	X	X	X

Keterangan:

X	: Generator <i>trip</i>
√	: Generator aktif beroperasi
OFF	: Generator <i>maintenance (OFF)</i>
√	: Generator referensi