

SKRIPSI

**ANALISIS KESTABILAN FREKUENSI SISTEM SULAWESI BAGIAN
SELATAN AKIBAT LEPASNYA SALAH SATU PUSAT PEMBANGKIT**

Disusun dan diajukan oleh :

Almand Paskah Darmayanto

D411 16 512



DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**Analisis Kestabilan Frekuensi Sistem Sulawesi Bagian Selatan Akibat
Lepasnya Salah Satu Pusat Pembangkit**

Disusun dan diajukan oleh

ALMAND PASKAH DARMAYANTO


D411 16 512

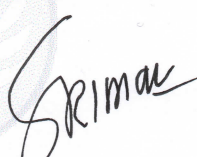
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi
Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada Tanggal 9 Agustus 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


M. Bachtiar Nappu, ST.MT.M.Phil.Ph.D
19760406 200312 1 002


Dr. Ir. Hj. Sri Mawar Said, MT.
19601106 198601 2 001

Ketua Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Ir. Dewiani, MT.
19691026 199412 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini, nama Almand Paskah Darmayanto, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “ANALISIS KESTABILAN FREKUENSI SISTEM SULAWESI BAGIAN SELATAN AKIBAT LEPASNYA SALAH SATU PUSAT PEMBANGKIT”, adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggung jawabkan segala resiko.

Gowa, 18 Agustus 2021

Yang membuat pernyataan,



Almand P. Darmayanto
NIM : D411 16 512

KATA PENGANTAR

Segala puji atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul : “Analisis Kestabilan Frekuensi Sistem Sulawesi Bagian Selatan Akibat Lepasnya Salah Satu Pusat Pembangkit”.

Tujuan penulisan skripsi ini untuk memenuhi sebagai syarat menyelesaikan studi bagi mahasiswa program S-1 diprogram Studi Teknik Elektro Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini.

Terlesaikannya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis mengucapkan banyak terima kasih bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai. Maka, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Keluarga saya yang saya cintai yang terus memberikan doa, memberika motivasi, dan memberikan dukungan dari segi moril maupun materi kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi saya ini.
2. Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, MT, Ketua Departemen Teknik Elektro

3. Bapak M. Bachtiar Nappu, ST., MT., Ph.D dan Ibu Dr.Ir.Hj. Sri Mawar Said, MT selaku dosen pembimbing skripsi saya yang telah memberikan bimbingan dan kritik hingga dapat terselesaikannya skripsi ini.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Nadjamuddin Harun, M.Si dan Ibu Ardiaty Arief, ST., MTM., Ph.D selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang sangat berguna dalam penyusunan skripsi.
5. Bapak/Ibu dosen dan staff di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin khususnya program Studi Teknik Elektro yang telah banyak membantu saya selama menjalani masa studi.
6. Seluruh pihak PT. PLN (Persero) UPB Makassar.
7. Kepada teman-teman KMKO Teknik 2016 atas semua doa dan dukungannya.
8. Kepada teman-teman syahrul college (Vicky, Alman, Dave, Onan, Dammang, Gafur, Yudi, Ryan, Cahya, Syarwan, Mutiah) yang selalu menjadi teman cerita.
9. Kepada teman-teman EXCITER16 untuk kebersamaannya.
10. Kepada semua pihak yang terlibat dan tidak dapat saya sebut satu persatu, terima kasih yang tak terhingga atas semua dukungan dan bantuannya.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua, amin.

Makassar, Agustus 2021

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Metode Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Skema Sistem Tenaga Listrik [3].....	7
2.2 Fungsi Komponen Sistem Tenaga Listrik.....	7
2.3 Level Tegangan Pada Sistem Tenaga Listrik [3]	8
2.4 Sistem Interkoneksi [3]	10
2.5 Sumber Energi Terbarukan [4].....	11
2.6 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu [4]	12
2.7 Kestabilan Sistem Tenaga Listrik [5].....	14
2.7.1 Kestabilan Frekuensi [6].....	18
2.7.2 Pengontrolan Frekuensi Sistem [7]	19
2.8 Governor	21
2.8.1 Kebutuhan Sistem Pengatur	22
2.8.2 Droop atau Regulasi	22
2.9 Automatic Generation Control	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1 Judul Penelitian	25

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian	25
3.3 Pengambilan Data	25
3.4 Alur Penelitian	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Skenario Simulasi.....	28
4.2 Data Sistem Sulbagsel.....	28
4.3 Hasil Simulasi	31
4.3.1 Simulasi dalam keadaan tanpa gangguan	32
4.3.2 Simulasi PLTU Jeneponto Lepas	34
4.3.2.1 Lepasnya 1 Unit PLTU Jeneponto.....	34
4.3.2.2 Lepasnya 2 Unit PLTU Jeneponto.....	42
4.3.3 Simulasi PLTA Bakaru Lepas	50
4.3.3.1 Lepasnya 1 Unit PLTA Bakaru	50
4.3.3.2 Lepasnya 2 Unit PLTA Bakaru	58
4.3.4 Simulasi PLTB Jeneponto Lepas.....	66
4.3.4.1 Simulasi PLTB Jeneponto Lepas pada beban puncak siang.....	66
4.3.4.2 Simulasi PLTB Jeneponto Lepas pada Beban Puncak Malam.....	70
4.3.5 Simulasi PLTB Sidrap Lepas.....	74
4.3.5.1 Simulasi PLTB Sidrap Lepas Pada Beban Puncak Siang.....	74
4.3.5.2 Simulasi PLTB Jeneponto Lepas Pada Beban Puncak malam	78
4.3.6 Simulasi Governor Sebagai Frequency Control	81
4.3.6.1 Simulasi PLTU Jeneponto Lepas.....	82
4.3.6.2 Simulasi PLTA Bakaru Lepas	102
4.3.6.3 Simulasi PLTB Jeneponto Lepas.....	122
4.3.6.4 Simulasi PLTB Sidrap Lepas.....	132
4.3.7 Simulasi Dengan Kecepatan Angin PLTB Tolo dan PLTB Sidrap yang berubah-ubah.....	141
BAB V Kesimpulan Dan Saran.....	178
5.1 Kesimpulan	178
5.2 Saran.....	179
DAFTAR PUSTAKA	180
Lampiran 1 Data Sistem Sulbagsel	182

1. Data pembangkit	182
2. Lampiran data transformator	184
3. Data beban Sistem Sulbagsel	188
4. Grafik Output PLTB Tolo dan PLTB dengan kecepatan angin berubah - ubah pada tahun 2020 menggunakan data dari website NASA.	191

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pembagian Level Tegangan	8
Gambar 2. 2 Sistem Interkoneksi [3]	10
Gambar 2. 3 Kontrol Frekuensi Sistem [7].	21
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	27
Gambar 4. 1 Single Line Diagram Sistem Sulbagsel.....	30
Gambar 4. 2 Grafik simulasi frekuensi kondisi tanpa pada beban puncak siang..	33
Gambar 4. 3 Grafik simulasi frekuensi kondisi tanpa pada beban puncak malam	33
Gambar 4. 4 Grafik simulasi frekuensi pada bus 275 kV lepasnya 1 unit PLTU Jeneponto beban puncak siang	35
Gambar 4. 5 Grafik simulasi frekuensi pada bus 150 kV lepasnya 1 unit PLTU Jeneponto beban puncak siang	36
Gambar 4. 6 Grafik simulasi frekuensi pada bus 20 kV lepasnya 1 unit PLTU Jeneponto beban puncak siang	37
Gambar 4. 7 Grafik simulasi frekuensi pada bus 275 kV lepasnya 1 unit PLTU Jeneponto beban puncak malam.....	39
Gambar 4. 8 Grafik simulasi frekuensi pada bus 150 kV lepasnya 1 unit PLTU Jeneponto beban puncak malam.....	40
Gambar 4. 9 Grafik simulasi frekuensi pada bus 20 kV lepasnya 1 unit PLTU Jeneponto beban puncak malam.....	41
Gambar 4. 10 Grafik simulasi frekuensi pada bus 275 kV lepasnya 2 unit PLTU Jeneponto beban puncak siang	43
Gambar 4. 11 Grafik simulasi frekuensi pada bus 150 kV lepasnya 2 unit PLTU Jeneponto beban puncak siang	44
Gambar 4. 12 Grafik simulasi frekuensi pada bus 20 kV lepasnya 2 unit PLTU Jeneponto beban puncak siang	45
Gambar 4. 13 Grafik simulasi frekuensi pada bus 275 kV lepasnya 2 unit PLTU Jeneponto beban puncak malam.....	47
Gambar 4. 14 Grafik simulasi frekuensi pada bus 150 kV lepasnya 2 unit PLTU Jeneponto beban puncak malam.....	48

Gambar 4. 15 Grafik simulasi frekuensi pada bus 20 kV lepasnya 2 unit PLTU Jeneponto beban puncak malam.....	49
Gambar 4. 16 Grafik simulasi frekuensi pada bus 275 kV lepasnya 1 unit PLTA Bakaru pada beban puncak siang	51
Gambar 4. 17 Grafik simulasi frekuensi pada bus 150 kV lepasnya 1 unit PLTA Bakaru pada beban puncak siang	52
Gambar 4. 18 Grafik simulasi frekuensi pada bus 20 kV lepasnya 1 unit PLTA Bakaru pada beban puncak siang	53
Gambar 4. 19 Grafik simulasi frekuensi pada bus 275 kV lepasnya 1 unit PLTA Bakaru pada beban puncak malam.....	55
Gambar 4. 20 Grafik simulasi frekuensi pada bus 150 kV lepasnya 1 unit PLTA Bakaru pada beban puncak malam.....	56
Gambar 4. 21 Grafik simulasi frekuensi pada bus 20 kV lepasnya 1 unit PLTA Bakaru pada beban puncak malam.....	57
Gambar 4. 22 Grafik simulasi frekuensi pada bus 275 kV lepasnya 2 unit PLTA Bakaru pada beban puncak siang	59
Gambar 4. 23 Grafik simulasi frekuensi pada bus 150 kV lepasnya 2 unit PLTA Bakaru pada beban puncak siang	60
Gambar 4. 24 Grafik simulasi frekuensi pada bus 20 kV lepasnya 2 unit PLTA Bakaru pada beban puncak siang	61
Gambar 4. 25 Grafik simulasi frekuensi pada bus 275 kV lepasnya 2 unit PLTA Bakaru pada beban puncak malam.....	63
Gambar 4. 26 Grafik simulasi frekuensi pada bus 150 kV lepasnya 2 unit PLTA Bakaru pada beban puncak malam.....	64
Gambar 4. 27 Grafik simulasi frekuensi pada bus 20 kV lepasnya 2 unit PLTA Bakaru pada beban puncak malam.....	65
Gambar 4. 28 Grafik simulasi frekuensi pada bus 275 kV lepasnya PLTB Jeneponto pada beban puncak siang.....	67
Gambar 4. 29 Grafik simulasi frekuensi pada bus 150 kV lepasnya PLTB Jeneponto pada beban puncak siang.....	68

Gambar 4. 30 Grafik simulasi frekuensi pada bus 20 kV lepasnya PLTB Jeneponto pada beban puncak siang.....	69
Gambar 4. 31 Grafik simulasi frekuensi pada bus 275 kV lepasnya PLTB Jeneponto pada beban puncak malam	71
Gambar 4. 32 Grafik simulasi frekuensi pada bus 150 kV lepasnya PLTB Jeneponto pada beban puncak malam	72
Gambar 4. 33 Grafik simulasi frekuensi pada bus 20 kV lepasnya PLTB Jeneponto pada beban puncak malam	73
Gambar 4. 34 Grafik simulasi frekuensi pada bus 275 kV lepasnya PLTB Sidrap pada beban puncak siang.....	75
Gambar 4. 35 Grafik simulasi frekuensi pada bus 150 kV lepasnya PLTB Sidrap pada beban puncak siang.....	76
Gambar 4. 36 Grafik simulasi frekuensi pada bus 20 kV lepasnya PLTB Sidrap pada beban puncak siang.....	77
Gambar 4. 37 Grafik simulasi frekuensi pada bus 275 kV lepasnya PLTB Sidrap pada beban puncak malam	78
Gambar 4. 38 Grafik simulasi frekuensi pada bus 150 kV lepasnya PLTB Sidrap pada beban puncak malam	79
Gambar 4. 39 Grafik simulasi frekuensi pada bus 20 kV lepasnya PLTB Sidrap pada beban puncak malam	80
Gambar 4. 40 Grafik simulasi frekuensi pada bus 275 kV lepasnya 1 unit PLTU Jeneponto pada beban puncak siang dengan aksi Governor	82
Gambar 4. 41 Grafik simulasi frekuensi pada bus 150 kV lepasnya 1 unit PLTU Jeneponto pada beban puncak siang dengan aksi Governor	83
Gambar 4. 42 Grafik simulasi frekuensi pada bus 20 kV lepasnya 1 unit PLTU Jeneponto pada beban puncak siang dengan aksi Governor	84
Gambar 4. 43 Grafik simulasi frekuensi pada bus 275 kV lepasnya 1 unit PLTU Jeneponto pada beban puncak malam dengan aksi Governor.....	87
Gambar 4. 44 Grafik simulasi frekuensi pada bus 150 kV lepasnya 1 unit PLTU Jeneponto pada beban puncak malam dengan aksi Governor.....	88

Gambar 4. 45 Grafik simulasi frekuensi pada bus 20 kV lepasnya 1 unit PLTU Jeneponto pada beban puncak malam dengan aksi Governor.....	89
Gambar 4. 46 Grafik simulasi frekuensi pada bus 275 kV lepasnya 2 unit PLTU Jeneponto pada beban puncak siang dengan aksi Governor	92
Gambar 4. 47 Grafik simulasi frekuensi pada bus 150 kV lepasnya 2 unit PLTU Jeneponto pada beban puncak siang dengan aksi Governor	93
Gambar 4. 48 Grafik simulasi frekuensi pada bus 20 kV lepasnya 2 unit PLTU Jeneponto pada beban puncak siang dengan aksi Governor	94
Gambar 4. 49 Grafik simulasi frekuensi pada bus 275 kV lepasnya 2 unit PLTU Jeneponto pada beban puncak malam dengan aksi Governor.....	97
Gambar 4. 50 Grafik simulasi frekuensi pada bus 150 kV lepasnya 2 unit PLTU Jeneponto pada beban puncak malam dengan aksi Governor.....	98
Gambar 4. 51 Grafik simulasi frekuensi pada bus 20 kV lepasnya 2 unit PLTU Jeneponto pada beban puncak malam dengan aksi Governor.....	99
Gambar 4. 52 Grafik simulasi frekuensi pada bus 275 kV lepasnya 1 unit PLTA Bakaru pada beban puncak siang dengan aksi Governor.....	102
Gambar 4. 53 Grafik simulasi frekuensi pada bus 150 kV lepasnya 1 unit PLTA Bakaru pada beban puncak siang dengan aksi Governor.....	103
Gambar 4. 54 Grafik simulasi frekuensi pada bus 20 kV lepasnya 1 unit PLTA Bakaru pada beban puncak siang dengan aksi Governor.....	104
Gambar 4. 55 Grafik simulasi frekuensi pada bus 275 kV lepasnya 1 unit PLTA Bakaru pada beban puncak malam dengan aksi Governor	107
Gambar 4. 56 Grafik simulasi frekuensi pada bus 150 kV lepasnya 1 unit PLTA Bakaru pada beban puncak malam dengan aksi Governor	108
Gambar 4. 57 Grafik simulasi frekuensi pada bus 20 kV lepasnya 1 unit PLTA Bakaru pada beban puncak malam dengan aksi Governor	109
Gambar 4. 58 Grafik simulasi frekuensi pada bus 275 kV lepasnya 2 unit PLTA Bakaru pada beban puncak siang dengan aksi Governor.....	112
Gambar 4. 59 Grafik simulasi frekuensi pada bus 150 kV lepasnya 2 unit PLTA Bakaru pada beban puncak siang dengan aksi Governor.....	113

Gambar 4. 60 Grafik simulasi frekuensi pada bus 20 kV lepasnya 2 unit PLTA Bakaru pada beban puncak siang dengan aksi Governor.....	114
Gambar 4. 61 Grafik simulasi frekuensi pada bus 275 kV lepasnya 2 unit PLTA Bakaru pada beban puncak malam dengan aksi Governor	117
Gambar 4. 62 Grafik simulasi frekuensi pada bus 150 kV lepasnya 2 unit PLTA Bakaru pada beban puncak malam dengan aksi Governor	118
Gambar 4. 63 Grafik simulasi frekuensi pada bus 20 kV lepasnya 2 unit PLTA Bakaru pada beban puncak malam dengan aksi Governor	119
Gambar 4. 64 Grafik simulasi frekuensi pada bus 275 kV lepasnya PLTB Jeneponto pada beban puncak siang dengan aksi Governor	122
Gambar 4. 65 Grafik simulasi frekuensi pada bus 150 kV lepasnya PLTB Jeneponto pada beban puncak siang dengan aksi Governor	123
Gambar 4. 66 Grafik simulasi frekuensi pada bus 20 kV lepasnya PLTB Jeneponto pada beban puncak siang dengan aksi Governor	124
Gambar 4. 67 Grafik simulasi frekuensi pada bus 275 kV lepasnya PLTB Jeneponto pada beban puncak malam dengan aksi Governor.....	127
Gambar 4. 68 Grafik simulasi frekuensi pada bus 150 kV lepasnya PLTB Jeneponto pada beban puncak malam dengan aksi Governor	128
Gambar 4. 69 Grafik simulasi frekuensi pada bus 20 kV lepasnya PLTB Jeneponto pada beban puncak malam dengan aksi Governor	129
Gambar 4. 70 Grafik simulasi frekuensi pada bus 275 kV lepasnya PLTB Sidrap pada beban puncak siang dengan aksi Governor	132
Gambar 4. 71 Grafik simulasi frekuensi pada bus 150 kV lepasnya PLTB Sidrap pada beban puncak siang dengan aksi Governor	133
Gambar 4. 72 Grafik simulasi frekuensi pada bus 20 kV lepasnya PLTB Sidrap pada beban puncak siang dengan aksi Governor	134
Gambar 4. 73 Grafik simulasi frekuensi pada bus 275 kV lepasnya PLTB Sidrap pada beban puncak malam dengan aksi Governor.....	137
Gambar 4. 74 Grafik simulasi frekuensi pada bus 150 kV lepasnya PLTB Sidrap pada beban puncak malam dengan aksi Governor.....	138

Gambar 4. 75 Grafik simulasi frekuensi pada bus 150 kV lepasnya PLTB Sidrap pada beban puncak malam dengan aksi Governor	139
Gambar 4. 76 Grafik Kecepatan Angin PLTB Tolo dan PLTB Sidrap	174
Gambar 4. 77 Grafik Daya Output PLTB Tolo dan PLTB Sidrap.....	175
Gambar 4. 78 Grafik Frekuensi Output PLTB Tolo dan PLTB Sidrap	176
Gambar 4. 79 Grafik Frekuensi Output PLTB Tolo dan PLTB Sidrap	176

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Nilai Kompensasi Oleh pembangkit Lain Ketika PLTU Jenepono Unit 1 Lepas Dari Sistem pada Beban Puncak Siang.....	85
Tabel 4. 2 Nilai Kompensasi Oleh pembangkit Lain Ketika PLTU Jenepono Unit 1 Lepas Dari Sistem pada Beban Puncak Malam	90
Tabel 4. 3 Nilai Kompensasi Oleh pembangkit Lain Ketika PLTU Jenepono Unit 1 dan 2 Lepas Dari Sistem pada Beban Puncak siang	95
Tabel 4. 4 Nilai Kompensasi Oleh pembangkit Lain Ketika PLTU Jenepono Unit 1 dan 2 Lepas Dari Sistem pada Beban Puncak malam.....	100
Tabel 4. 5 Nilai Kompensasi Oleh pembangkit Lain Ketika PLTA Bakaru Unit 1 Lepas Dari Sistem pada Beban Puncak siang	105
Tabel 4. 6 Nilai Kompensasi Oleh pembangkit Lain Ketika PLTA Bakaru Unit 1 Lepas Dari Sistem pada Beban Puncak malam.....	110
Tabel 4. 7 Nilai Kompensasi Oleh pembangkit Lain Ketika PLTA Bakaru Unit 1 dan 2 Lepas Dari Sistem pada Beban Puncak siang	115
Tabel 4. 8 Nilai Kompensasi Oleh pembangkit Lain Ketika PLTA Bakaru Unit 1 dan 2 Lepas Dari Sistem pada Beban Puncak malam	120
Tabel 4. 9 Nilai Kompensasi Oleh pembangkit Lain Ketika PLTB Jenepono Lepas Dari Sistem pada Beban Puncak siang	125
Tabel 4. 10 Nilai Kompensasi Oleh pembangkit Lain Ketika PLTB Jenepono Lepas Dari Sistem pada Beban Puncak malam.....	130
Tabel 4. 11 Nilai Kompensasi Oleh pembangkit Lain Ketika PLTB Sidrap Lepas Dari Sistem pada Beban Puncak siang.....	135
Tabel 4. 12Nilai Kompensasi Oleh pembangkit Lain Ketika PLTB Jenepono Lepas Dari Sistem pada Beban Puncak siang	140
Tabel 4. 13 Simulasi Pada Beban Puncak Malam.....	141
Tabel 4. 14 Simulasi Pada Beban Puncak Siang.....	157

ABSTRAK

Almand Paskah Darmayanto, Analisis Kestabilan Frekuensi Sistem Sulbagsel Akibat Lepasnya Salah Satu Pusat Pembangkit (Dibimbing oleh M. Bachtiar Nappu dan Sri Mawar Said).

Seiring dengan berkembangnya zaman, kebutuhan manusia akan ketersediaan energi listrik akan meningkat setiap waktunya. Untuk dapat memenuhi seluruh kebutuhan tersebut dibutuhkan pembangkitan yang sesuai dengan jumlah beban yang harus disuplai agar terjadi keseimbangan antara pembangkit dan beban. Daya disalurkan menggunakan saluran transmisi dari pembangkit ke beban. Sistem tenaga listrik dikatakan andal jika mampu menyediakan energi listrik secara terus – menerus. Sejatinya, energi listrik yang disalurkan harus memiliki frekuensi yang konstan, namun pada kenyataannya frekuensi kadang berubah – ubah karena terjadi perubahan beban sehingga frekuensi harus tetap dijaga pada batas toleransinya. Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk mengetahui kestabilan frekuensi sistem Sulbagsel apabila salah satu pusat pembangkit lepas. Simulasi dilakukan pada beban puncak siang dan beban puncak malam. Ketika terjadi gangguan salah satu pusat pembangkit lepas maka terjadi pelanggaran frekuensi yang mengakibatkan terjadinya gangguan pada sistem berupa pelepasan beban secara terpaksa untuk merespon kehilangan daya ketika salah satu pusat pembangkit lepas. Untuk itu diperlukan solusi dalam hal ini untuk mengkompensasi daya yang hilang dengan mengaktifkan governor pada pembangkit lain sehingga tidak perlu terjadi pelepasan beban yang tentu akan merugikan konsumen.

Kata kunci : Frekuensi, kestabilan, Pembangkit

ABSTRACT

Almand Paskah Darmayanto, Analysis of the Frequency Stability of the Sulbagsel System Due to the Loss of One Power Plant (Supervised by M. Bachtiar Nappu and Sri Mawar Said).

Along with the development of the times, the human need for the availability of electrical energy will increase every time. To be able to meet all of these needs, generation is needed in accordance with the amount of load that must be supplied so that there is a balance between the generator and the load. Power is distributed using a transmission line from the generator to the load. An electric power system is said to be reliable if it is able to provide electrical energy continuously. In fact, the electrical energy that is distributed must have a constant frequency, but in fact the frequency sometimes changes due to changes in the load so that the frequency must be kept within the tolerance limit. The purpose of this research is to determine the frequency stability of the South Sulawesi system if one of the generating centers is disconnected. Simulations were carried out at day peak load and night peak load. When there is a disturbance in one of the generating centers, a violation occurs which results in disturbance to the system if it occurs suddenly to lose power when one of the generating centers is disconnected. For this reason, it is necessary in this case to compensate for the lost power by activating the governor in other generators so that it does not need to incur a burden that will harm consumers.

Keywords: Frequency, stability, generator

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada Sistem tenaga listrik, terdapat empat unsur penting. Pertama, adanya suatu unsur pembangkit tenaga listrik. Tegangan yang dihasilkan oleh pusat tenaga listrik itu biasanya merupakan tegangan menengah (TM). Kedua, suatu sistem transmisi, lengkap dengan gardu induk. Karena jarak yang biasanya jauh, maka diperlukan tegangan tinggi (TT), atau tegangan ekstra tinggi (TET). Ketiga, adanya saluran distribusi, yang biasanya terdiri atas saluran distribusi primer dengan tegangan menengah (TM) dan saluran distribusi sekunder dengan tegangan rendah (TR). Keempat, adanya unsur pemakaian atau utilitas, yang terdiri atas instalasi pemakaian tenaga listrik. Instalasi rumah tangga biasanya memakai tegangan rendah, sedangkan pemakaian besar seperti industri mempergunakan tegangan menengah atau tegangan tinggi [1].

Energi terbarukan berasal dari proses alami dan kemungkinannya tidak akan ada habisnya. Pengembangan sumber energi terbarukan di Indonesia seperti energi surya, energi angin, energi air, biomassa, energi panas bumi dan energi gelombang laut memiliki potensi yang sangat besar. Penyebarannya di seluruh Indonesia cukup banyak dan tidak terbatas. Jika energi-energi ini dapat diolah dan dimanfaatkan maka negeri ini tidak akan lagi krisis energi listrik.

PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) merupakan salah satu sumber energi terbarukan (*renewable energy*) yang banyak tersedia di Indonesia.

Berdasarkan data dari Departemen ESDM tahun 2006, Indonesia mempunyai potensi energi angin sebesar 9.29 GW dan sudah terpasang sebesar 0.0005 GW. Saat ini pemerintah telah mengeluarkan roadmap pemanfaatan energi terbarukan yang menargetkan kapasitas terpasang energy terbarukan hingga tahun 2025 mencapai 17%. Jumlah ini merupakan gambaran potensi pasar yang cukup besar dalam pengembangan energi terbarukan di masa datang [2]

Salah satu usaha dalam memanfaatkan energi terbarukan di Sulawesi Selatan yaitu pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) di Sidrap dan di Jeneponto. Pembangkit listrik ini mengkonversi energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin. Jenis pembangkit energi angin tergolong baru di Indonesia walaupun pembangkit energi angin sudah lama dimanfaatkan oleh Negara maju seperti Belanda, Inggris, Australia, dan lain-lain.

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Sidrap dan Jeneponto merupakan PLTB pertama di Indonesia yang terbesar, tidak banyak negara di Asia yang memiliki pembangkit listrik jenis ini. Daya yang dihasilkan cukup besar yakni PLTB Sidrap dengan kapasitas 75 MW dan PLTB Jeneponto dengan kapasitas 60 MW. Listrik yang dihasilkan dari pembangkit tersebut akan disalurkan ke PLN melalui jaringan interkoneksi Sulawesi Selatan. Jaringan ini menyambungkan ke saluran transmisi PLN 150 kV.

Sistem transmisi merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga listrik hingga ke saluran distribusi listrik sehingga dapat disalurkan sampai pada konsumen pengguna listrik. Penyebab utama ketidakstabilan

frekuensi adalah ketidakmampuan sistem tenaga untuk memenuhi permintaan daya aktif. Sedangkan beban sistem yang berupa daya aktif selalu berubah sepanjang waktu. Untuk mempertahankan frekuensi dalam batas toleransi yang diperbolehkan, penyediaan daya aktif (pembangkit) harus selalu disesuaikan dengan beban daya aktif.

Berdasarkan pemaparan diatas maka dibuatlah sebuah penelitian yang berjudul “Analisis Kestabilan Frekuensi Sisten Sulawesi Bagian Selatan akibat Hilangnya Salah Satu Pusat Pembangkit”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kestabilan frekuensi sistem Sulbagsel dalam keadaan normal tanpa gangguan?
2. Bagaimana kestabilan frekuensi sistem Sulbagsel ketika beban puncak siang dan beban puncak malam setelah lepasnya salah satu pembangkit?
3. Bagaimana solusi untuk mempertahankan kestabilan frekuensi apabila terjadi ketidakstabilan?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk menganalisa kestabilan frekuensi sistem Sulbagsel dalam keadaan normal tanpa gangguan
2. Untuk menganalisa kestabilan frekuensi sistem Sulbagsel Ketika salah satu pembangkit lepas saat beban puncak siang dan beban puncak malam.

3. memberi solusi bagaimana mempertahankan kestabilan sistem apabila terjadi kondisi salah satu pembangkit lepas.

1.4 Batasan Masalah

1. Perkiraan beban yang digunakan berdasarkan data dari PT.PLN (Persero).
2. Sistem kelistrikan yang dianalisis adalah sistem jaringan transmisi tegangan tinggi Sulbagsel.
3. Tidak memperhatikan faktor ekonomis.

1.5 Metode Penelitian

1. Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan cara mengadakan studi dari buku, internet, dan sumber bahan pustaka, atau informasi lainnya yang dapat menunjang penelitian.

2. Pengambilan data

Dilakukan pengambilan data pada industri tempat melakukan penelitian.

3. Pengelompokan data, yang bertujuan untuk :

- a. Mengumpulkan dan mengelompokkan data agar lebih mudah dianalisis.
- b. Mengetahui kekurangan data sehingga kerja menjadi efisien.

4. Pengolahan data

Dikerjakan dengan menerapkan dan melakukan simulasi serta melakukan beberapa perhitungan dan penggambaran, yang selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel.

5. Analisa hasil pengolahan data

Dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh simpulan sementara. Selanjutnya simpulan sementara ini akan diolah lebih lanjut pada bab pembahasan.

6. Simpulan

Diperoleh setelah dilakukan korelasi antara hasil pengolahan dengan permasalahan yang diteliti. Simpulan ini merupakan hasil akhir dari semua masalah yang dibahas.

1.6 Sistematika Penulisan

Penyusunan proposal ini memiliki sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Ini berisi tentang penguraian secara singkat latar belakang, rumusan masalah, tujuan, ruang lingkup, batasan masalah serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan tentang teori penunjang yang relevan untuk bahan penelitian yang diperoleh dari sumber referensi untuk menyusun kerangka teori dan konseptual.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini berisi tentang waktu dan tempat penelitian, metode pengambilan data, analisa data, dan langkah-langkah penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi pembahasan yang ada pada rumusan masalah.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Skema Sistem Tenaga Listrik [3]

Sistem Tenaga Listrik adalah suatu sistem yang terdiri dari beberapa komponen berupa pembangkitan, transmisi, distribusi dan beban yang saling berhubungan dan berkerja sama untuk melayani kebutuhan tenaga listrik bagi pelanggan sesuai kebutuhan.

Sistem transmisi merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga listrik hingga ke saluran distribusi listrik sehingga dapat di salurkan sampai pada konsumen pengguna listrik. Penyebab utama ketidakstabilan frekuensi adalah ketidakmampuan sistem tenaga untuk memenuhi permintaan daya aktif. Sedangkan beban sistem yang berupa daya aktif selalu berubah sepanjang waktu. Untuk mempertahankan frekuensi dalam batas toleransi yang diperbolehkan, penyediaan daya aktif (pembangkit) harus selalu disesuaikan dengan beban daya aktif.

2.2 Fungsi Komponen Sistem Tenaga Listrik

Fungsi masing-masing komponen secara garis besar adalah sebagai berikut [3]:

1. Pembangkitan merupakan komponen yang berfungsi membangkitkan tenaga listrik, yaitu mengubah energi yang berasal dari sumber energi lain

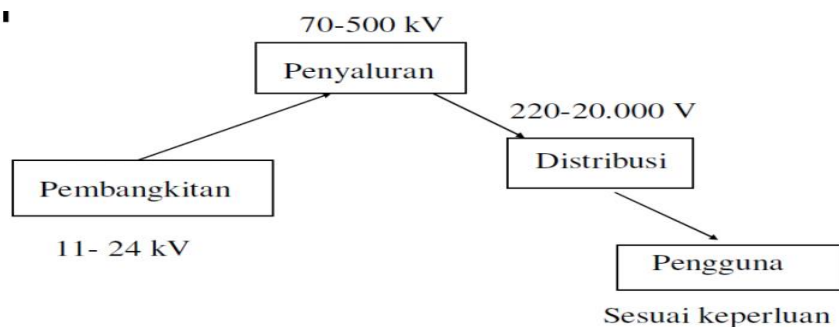
misalnya: air, batu bara, panas bumi, minyak bumi dll. menjadi energi listrik.

2. Transmisi merupakan komponen yang berfungsi menyalurkan daya atau energi dari pusat pembangkitan ke pusat beban.
3. Distribusi merupakan komponen yang berfungsi mendistribusikan energi listrik ke lokasi konsumen energi listrik.
4. Beban adalah peralatan listrik di lokasi konsumen yang memanfaatkan energi listrik dari sistem tersebut.

Tujuan dari sistem tenaga listrik ini adalah mengupayakan penyediaan dan pengiriman daya listrik serendah mungkin dan tetap memperhatikan mutu serta keandalan yang ditinjau dari tegangan, frekuensi dan jumlah gangguan yang terjadi.

2.3 Level Tegangan Pada Sistem Tenaga Listrik [3]

Pada suatu sistem tenaga listrik, tegangan yang digunakan pada masing-masing komponen dapat berbedabeda sesuai dengan kepentingannya. Dengan kata lain, setiap komponen pada sistem tenaga listrik mempunyai level tegangan yang berbeda-beda yang dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut ini:



Gambar 2. 1 Pembagian Level Tegangan

Pada sistem pembangkitan, level tegangan disesuaikan dengan spesifikasi generator pembangkit yang digunakan, biasanya berkisar antara 11 s/d 24 kV. Untuk pembangkit yang berkapasitas lebih besar biasanya menggunakan level tegangan yang lebih tinggi. Hal ini dilakukan agar arus yang mengalir tidak terlalu besar. Karena untuk kapasitas daya tertentu, besar arus yang mengalir berbanding terbalik dengan tegangannya. Level tegangan pada pembangkit biasanya tidak tinggi, karena semakin tinggi level tegangan generator, jumlah lilitan generator harus lebih banyak lagi. Dengan lilitan yang lebih banyak mengakibatkan generator menjadi lebih besar dan lebih berat sehingga dinilai tidak efisien.

Pada sistem saluran transmisi biasanya digunakan level tegangan yang lebih tinggi. Hal ini karena fungsi pokok saluran transmisi adalah menyalurkan daya, sehingga yang dipentingkan adalah sistem mampu menyalurkan daya dengan efisiensi yang tinggi atau rugi-rugi daya dan turun tegangannya kecil. Upaya yang dilakukan adalah mempertinggi level tegangan agar arus yang mengalir pada jaringan transmisi lebih kecil. Level tegangan saluran transmisi lebih tinggi dari tegangan yang dihasilkan generator pembangkit. Tegangan saluran transmisi umumnya berkisar antara 70 s/d 500 kV. Untuk menaikkan tegangan dari level pembangkit ke level tegangan saluran transmisi diperlukan transformator penaik tegangan.

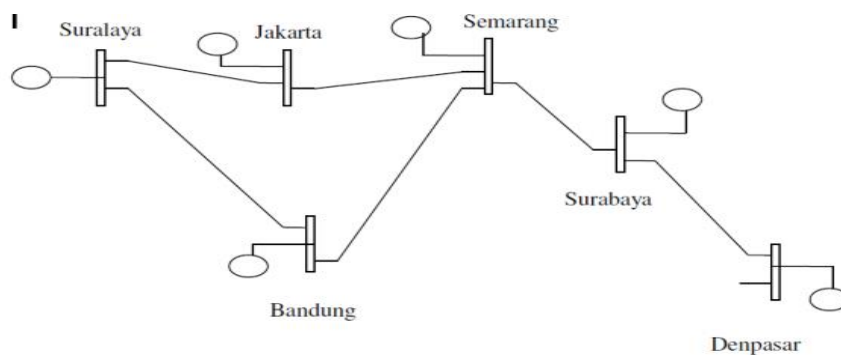
Pada jaringan distribusi biasanya menggunakan tegangan yang lebih rendah dari tegangan saluran transmisi. Hal ini karena daya yang didistribusikan oleh masing-masing jaringan distribusi biasanya relatif kecil dibanding dengan daya yang disalurkan saluran transmisi, dan juga menyesuaikan dengan tegangan

pelanggan atau pengguna energi listrik. Level tegangan jaringan distribusi yang sering digunakan ada dua macam, yaitu 20 kV untuk jaringan tegangan menengah (JTM) dan 220 V untuk jaringan tegangan rendah (JTR). Dengan demikian diperlukan gardu induk yang berisi trafo penurun tegangan untuk menurunkan tegangan dari saluran transmisi ke tegangan distribusi 20 kV. Diperlukan juga trafo distribusi untuk menurunkan tegangan dari 20 kV ke 220V sesuai tegangan pelanggan.

Level tegangan beban pelanggan menyesuaikan dengan jenis bebannya, misalnya beban industri yang biasanya memerlukan daya yang relatif besar biasanya menggunakan tegangan menengah 20 kV, sedang beban rumah tangga dengan daya yang relatif kecil, biasanya menggunakan tegangan rendah 220 V [3].

2.4 Sistem Interkoneksi [3]

Gambaran tentang sistem interkoneksi dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut ini:



Gambar 2. 2 Sistem Interkoneksi [3]

Sistem Tenaga Listrik yang diuraikan di atas adalah gambaran secara sederhana, yaitu satu sistem pembangkitan yang melayani satu sistem beban. Sistem yang demikian disebut sistem tunggal. Namun dalam prakteknya kadang

Suatu sistem tenaga listrik terdiri dari beberapa sistem pembangkit untuk melayani beberapa macam beban yang ada pada lokasi yang berlainan. Untuk memperoleh kualitas pelayanan yang lebih baik, maka seluruh sistem haruslah saling berhubungan atau interkoneksi sehingga dapat dikendalikan dari satu tempat. Demikian pula kebutuhan daya dapat dilayani dari pembangkit mana saja sekalipun lokasinya jauh dari pusat beban.

Untuk mendapatkan sistem yang demikian setiap pembangkit dan pusat beban harus saling berhubungan. Sistem yang demikian disebut sebagai sistem interkoneksi. Dengan sistem ini di harapkan kualitas pelayanan dapat menjadi lebih baik. Dengan sistem interkoneksi, sistem tenaga listrik menjadi lebih kompleks, sehingga biaya pembangunan dan operasionalnya menjadi lebih besar dan pengelolaannya menjadi lebih rumit. Dengan demikian sistem interkoneksi hanya digunakan pada sistem tenaga listrik dengan daya besar dan memerlukan standar kualitas pelayanan yang tinggi [3].

2.5 Sumber Energi Terbarukan [4]

Energi terbarukan merupakan energi yang berasal dari alam dan tidak akan pernah habis, seperti energi air, matahari, angin dan energi lainnya. Energi terbarukan adalah energi yang paling bersih yang ada di dunia ini. Tenaga angin, tenaga matahari dan tenaga air adalah potensi-potensi alam yang paling baik

dimaanfaatkan untuk membangkitkan aliran listrik di daerah pedesaan yang cukup terpencil. Energi pasang surut dan energi panas bumi adalah energi yang sulit dikembangkan di beberapa tempat karena penyebarannya belum merata. Contohnya sumber panas bumi sekitar 40% dari sumber total dunia. Namun energi ini hanya terdapat di tempat-tempat tertentu yang tidak merata penyebarannya di Indonesia. Terkonogi energi terbarukan yang masih juga dikembangkan saat ini adalah energi ombak.

Salah satu energi yang paling potensial dan cukup besar dalam menghasilkan energi listrik adalah energi angin. Setiap tiupan atau hembusan kecepatan angin disertai dengan energi kinetik (gerak) yang mampu menggerakkan sesuatu. Salah satu contoh pemanfaatan energi angin adalah pada kapal layar. Kapal layar memanfaatkan energi angin untuk mendorong kapal dan membuat kapal bergerak. Contoh lain pemanfaatan energi angin adalah pada kincir angin, yang digunakan untuk memutar turbin sehingga dapat menghasilkan energi listrik. Dalam pemanfaatan potensi angin di suatu daerah ketika ingin membuat pembangkit yang menggunakan angin sebagai penggerak utamanya dibutuhkan data/informasi yang aktual.

2.6 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu [4]

Angin adalah udara yang bergerak karena adanya perbedaan tekanan di permukaan bumi ini. Angin akan bergerak dari suatu daerah yang memiliki tekanan tinggi ke daerah yang memiliki tekanan yang lebih rendah. Angin yang bertiup di permukaan bumi ini terjadi akibat adanya perbedaan penerimaan radiasi surya, sehingga mengakibatkan perbedaan suhu udara. Adanya perbedaan suhu tersebut

meebabkan perbedaan tekanan, akhirnya menimbulkan gerakan udara. Perubahan panas antara siang dan malam merupakan gaya gerak utama sistem angin harian, karena beda panas yang kuat antara udara di atas darat dan laut atau antara udara diatas tanah tinggi 2) (pegunungan) dan tanah rendah (lembah).

Proses pemanfaatan energi angin dilakukan melalui dua tahapan konversi energi, pertama aliran angin akan menggerakkan rotor (baling baling) yang menyebabkan rotor berputar selaras dengan angin yang bertiup, kemudian putaran dari rotor dihubungkan dengan generator, dari generator inilah dihasilkan arus listrik. Jadi proses tahapan konversi energi bermula dari energi kinetik angin menjadi energi gerak rotor kemudian menjadi energi listrik. Besarnya energi listrik yang dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya adalah sebagai berikut [4]:

1. Rotor (kincir), rotor turbin sangat bervariasi jenisnya, diameter rotor akan berbanding lurus dengan daya listrik. Semakin besar diameter semakin besar pula listrik yang dihasilkan, dilihat dari jumlah sudut rotor (baling-baling), sudut dengan jumlah sedikit berkisar antara 3 - 6 buah lebih banyak digunakan.
2. Kecepatan angin, kecepatan angin akan mempengaruhi kecepatan putaran rotor yang akan menggerakkan generator.
3. Jenis generator, generator terbagi dalam beberapa karakteristik yang berbeda, generator yang cocok untuk Sistem Konversi Energi Angin

(SKEA) adalah generator yang dapat menghasilkan arus listrik pada putaran rendah.

Listrik yang dihasilkan dari Sistem Konversi Energi Angin akan bekerja optimal pada siang hari dimana angin berhembus cukup kencang dibandingkan dengan pada malam hari, sedangkan penggunaan listrik biasanya akan meningkat pada malam hari. Untuk mengantisipasi sistem ini sebaiknya tidak langsung digunakan untuk keperluan produk-produk elektronik, namun terlebih dahulu disimpan dalam satu media seperti baterai atau aki sehingga listrik yang keluar besarnya stabil dan bisa digunakan kapan saja.

2.7 Kestabilan Sistem Tenaga Listrik [5]

Suatu sistem tenaga listrik yang baik harus memenuhi beberapa syarat, seperti “*Reliability, Quality, dan Stability*”

- *Reliability* adalah “kemampuan suatu sistem untuk menyalurkan daya atau energi secara terus menerus”.
- *Quality* adalah “kemampuan sistem tenaga listrik untuk menghasilkan besaran-besaran standar yang ditetapkan untuk tegangan dan frekuensi”.
- *Stability* adalah “kemampuan dari sistem untuk kembali bekerja secara normal setelah mengalami suatu gangguan”.

Dalam sistem tenaga listrik yang baik maka ketiga syarat tersebut harus dipenuhi yaitu sistem harus mampu memberikan pasokan listrik secara terus

menerus dengan standar besaran untuk tegangan dan frekuensi sesuai dengan aturan yang berlaku dan harus segera kembali normal bila sistem terkena gangguan.

Untuk jaringan yang sangat kompleks dimana beberapa pembangkit terkoneksi satu sama lain maka keluaran daya listrik berupa besaran seperti tegangan dan frekuensi haruslah diperhatikan agar tidak ada pembangkit yang kelebihan beban dan pembangkit lain kekurangan beban.

Sistem tenaga listrik mempunyai variasi beban yang sangat dinamis dimana setiap detik akan berubah-ubah, dengan adanya perubahan ini pasokan daya listrik tetap dan harus dipasok dengan besaran daya yang sesuai, bila pada saat tertentu terjadi lonjakan atau penurunan beban yang tidak terduga maka perubahan ini sudah dapat dikategorikan kedalam gangguan pada sistem tenaga listrik yakni kondisi tidak seimbang antara pasokan listrik dan permintaan energi listrik akibat adanya gangguan baik pada pembangkit ataupun pada sistem transmisi sehingga mengakibatkan kerja dari pembangkit yang lain menjadi lebih berat. Untuk itu perlu dilakukan penelaahan kestabilan agar pembangkit yang terganggu tidak terlepas dari sistem.

Analisis kestabilan biasanya digolongkan kedalam tiga jenis, tergantung pada sifat dan besarnya gangguan yaitu [5] :

1. Kestabilan Keadaan Tetap (*Steady State Stability*)

Kestabilan keadaan tetap adalah "kemampuan sistem tenaga listrik untuk menerima gangguan kecil yang bersifat gradual, yang terjadi disekitar titik keseimbangan pada kondisi tetap". Kestabilan ini tergantung pada karakteristik komponen yang

terdapat pada sistem tenaga listrik antara lain: pembangkit, beban, jaringan transmisi, dan kontrol sistem itu sendiri. Model pembangkit yang digunakan adalah pembangkit yang sederhana (sumber tegangan konstan) karena hanya menyangkut gangguan kecil disekitar titik kesetimbangan.

2. Kestabilan Dinamis (*Dinamic Stability*)

Kestabilan Dinamis adalah: “kemampuan sistem tenaga listrik untuk kembali ketitik keseimbangan setelah timbul gangguan yang relatif kecil secara tiba-tiba dalam waktu yang lama”. Analisa kestabilan dinamis lebih kompleks karena juga memasukkan komponen kontrol otomatis dalam perhitungannya.

3. Kestabilan Peralihan (*Transient Stability*)

Kestabilan peralihan adalah: “kemampuan sistem untuk mencapai titik keseimbangan/sinkronisasi setelah mengalami gangguan yang besar sehingga sistem kehilangan kestabilan karena gangguan terjadi diatas kemampuan sistem”. Analisa kestabilan peralihan merupakan analisis yang utama untuk menelaah perilaku sistem daya misalnya gangguan yang berupa:

- a. Perubahan beban yang mendadak kerana terputusnya unit pembangkit.
- b. Perubahan pada jaringan transmisi misalnya gangguan hubung singkat atau pemutusan saklar (*Switching*).

Sistem daya listrik masa kini jauh lebih luas, ditambah interkoneksi antar sistem yang rumit dan melibatkan beratus-ratus mesin yang secara dinamis saling

mempengaruhi melalui perantara jala-jala tegangan ekstra tinggi, mesin-mesin ini mempunyai sistem penguatan yang berhubungan.

Kisaran masalah yang dinalisis banyak menyangkut gangguan yang besar dan tidak lagi memungkinkan menggunakan proses kelinearan. Masalah kestabilan peralihan dapat lebih lanjut dibagi kedalam “kestabilan ayunan pertama (*first swing*) dan ayunan majemuk (*multi swing*).

Kestabilan ayunan pertama didasarkan pada model generator yang cukup sederhana tanpa memasukkan sistem pengaturannya, biasanya periode waktu yang diselidiki adalah detik pertama setelah timbulnya gangguan pada sistem. Bila pada sistem, mesin dijumpai tetap berada dalam keadaan serempak sebelum berakhirnya detik pertama, ini dikategorikan sistem masih stabil.

Kestabilan sistem tenaga listrik diklasifikasikan berdasarkan beberapa hal di bawah ini [5]:

- a. Sifat alami dari ketidakstabilan yang dihasilkan terkait dengan parameter sistem utama dimana ketidakstabilan bisa diamati.
- b. Ukuran gangguan dianggap menunjukkan metode perhitungan dan prediksi ketidakstabilan yang paling sesuai.
- c. Divais, proses dan rentang waktu yang harus diambil untuk menjadi pertimbangan dalam menentukan kestabilan.

2.7.1 Kestabilan Frekuensi [6]

Pada sistem tenaga listrik, frekuensi merupakan indikator dari keseimbangan antara daya yang dibangkitkan dengan total beban sistem. Frekuensi sistem akan turun bila terjadi kekurangan pembangkitan atau kelebihan beban. Penurunan frekuensi yang besar dapat mengakibatkan kegagalan-kegagalan unit-unit pembangkitan secara beruntun yang menyebabkan kegagalan sistem secara total. Pelepasan sebagian beban secara otomatis dengan menggunakan relay frekuensi (*under frequency relay*) dapat mencegah penurunan frekuensi dan mengembalikannya ke kondisi frekuensi yang normal. Dengan semakin berkembangnya sistem tenaga listrik dan dengan adanya pembangkit-pembangkit baru yang masuk dalam sistem interkoneksi, maka penyetelan relay frekuensi sudah perlu ditinjau kembali.

Salah satu karakteristik pada sistem tenaga listrik yang sangat penting untuk dijaga kestabilannya adalah frekuensi. Pentingnya menjaga frekuensi berkaitan erat dengan upaya untuk menyediakan sumber energi yang berkualitas bagi konsumen. Pasokan energi dengan frekuensi yang berkualitas baik akan menghindarkan peralatan konsumen dari kerusakan (umumnya alat hanya dirancang untuk dapat bekerja secara optimal pada batasan frekuensi tertentu saja 50 Hz s.d 60 Hz) [6].

Ketidakseimbangan antara pembangkit dan beban akan menyebabkan frekuensi bergeser dari nilai normalnya. Dalam hal ini ketika pembangkitan > beban maka frekuensi sistem akan >50 Hz, begitu pula sebaliknya. Oleh karena perlu selalu dijaga keadaan yang seimbang antara pembangkitan dan beban agar tercipta frekuensi sistem yang normal 50Hz.

Penanganan ketika terjadi keadaan dimana frekuensi < 50 Hz dapat dilakukan dengan cara :

1. Menambahkan total jumlah energi yang di suplai ke sistem melalui cara menambahkan unit pembangkit yang bekerja.
2. Memanfaatkan fasilitas LFC (*Load Frequency Control*)/AGC yang mengendalikan putaran generator sesuai dengan fluktuasi beban. Ketika beban besar maka AGC akan memberikan bahan bakar lebih banyak agar unit pembangkit dapat membangkitkan energi sesuai yang dibutuhkan oleh beban.
3. Apabila unit pembangkit sudah beroperasi maksimal, maka dengan terpaksa harus dilakukan pengurangan beban melalui *manual load shedding* (pelepasan beban) atau melalui relai UFR yang bekerja ketika frekuensi sistem berada dibawah nilai settingnya [6].

2.7.2 Pengontrolan Frekuensi Sistem [7]

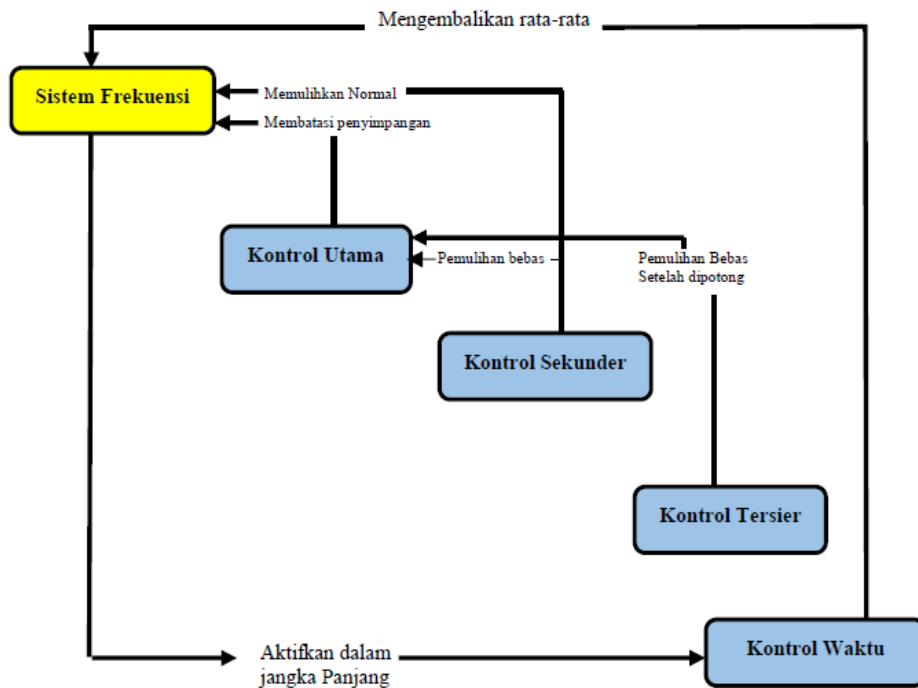
Kebutuhan mendasar bagi stabilitas sistem tenaga listrik yakni untuk memastikan frekuensi dan level tegangan sistem tidak jauh berbeda dari batas *Steady State*-nya. Frekuensi sistem dalam sistem tenaga listrik pada umumnya tidak berada dalam kondisi seimbang, hal ini dikarenakan kebutuhan daya berganti secara terus-menerus. Pada sebuah sistem kelistrikan, daya yang dibangkitkan harus sebanding dengan kebutuhan daya. Jika tidak, maka akan terjadi kekurangan daya. Ketika kebutuhan daya melebihi daya yang dibangkitkan, frekuensi sistem akan menurun dan akan mengalami kenaikan ketika daya yang dibangkitkan melebihi

kebutuhan daya. Frekuensi sistem tenaga listrik secara langsung sepadan dengan kecepatan rotasi generator, dimana hubungan persamaanya adalah sebagai berikut:

$$f = \frac{p \times n}{60}$$

Dimana f adalah frekuensi sistem, p adalah jumlah kutub pada generator dan n adalah kecepatan rotasi mesin sinkron. Secara praktik, pengurangan kecepatan generator dapat mengatur frekuensi sistem. Pada umumnya generator dilengkapi dengan *governor* untuk mengawasi dan mendeteksi kecepatan secara konstan. Pada sebuah sistem tenaga listrik terpisah yang memiliki sebuah generator tunggal, ketika beban meningkat, kebutuhan energi yang ditambahkan menunjang inersia dari generator listrik. Hasilnya, kecepatan generator akan berkurang dan oleh karena itu frekuensi sistem akan berkurang.

Fungsi utama *governor* adalah untuk membuka pintu turbin sehingga kecepatan turbin meningkat. Kecepatan turbin yang meningkat akan meningkatkan frekuensi. frekuensi sistem dalam hal ini akan kembali dalam jangkauan nilai yang memungkinkan. Untuk interkoneksi sistem tenaga listrik, pengaturan frekuensi diatur oleh sebuah mekanisme kontrol untuk mengembalikan frekuensi sistem selama kondisi kontinjensi. Berbagai tindakan pengontrolan yang diperlukan dalam mengembalikan frekuensi sistem untuk menghindari *blackout* sistem tenaga listrik yang dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut ini:



Gambar 2. 3 Kontrol Frekuensi Sistem [7].

2.8 Governor

Governor adalah pengontrol penting dalam pembangkit listrik karena mengatur kecepatan turbin, daya dan berpartisipasi dalam pengaturan frekuensi jaringan. Ini adalah antarmuka operator utama

- a) Untuk memulai turbin dari kondisi diam,
- b) Untuk memvariasikan beban pada turbo-generator saat berada di bar (Tersinkronisasi) dan
- c) Untuk melindungi turbin dari kerusakan jika ada yang tidak aman kondisi operasi.

Kondisi tunak dan perilaku respon dinamis dari turbin dipengaruhi terutama oleh karakteristik sistem Pemerintahan. [8]

2.8.1 Kebutuhan Sistem Pengatur

Beban pada turbo-generator tidak tetap konstan tetapi bervariasi sesuai kebutuhan konsumen (Grid). Adanya ketidaksesuaian yang terus menerus antara pembangkitan dan permintaan dalam jaringan yang lebih besar menghasilkan variasi frekuensi dan memerlukan penyesuaian pembangkitan yang berkelanjutan pada generator turbo. Jika tidak, kecepatan / frekuensi akan beresilasi yang merupakan indikasi kualitas daya yang buruk. Keadaan frekuensi sistem yang tidak berubah dan percepatan nol menunjukkan bahwa pembangkitan memenuhi permintaan sistem.

Sistem pengaturan menyediakan pengaturan / penyesuaian ini, ketika turbo-generator berada pada jeruji, dengan mengontrol aliran masuk uap ke turbin. Peraturan tersebut digambarkan oleh berbagai logika kontrol dan dengan mengoperasikan katup kontrol di turbin. Katup penghenti yang disediakan dalam sistem pengaturan melindungi turbin jika terjadi kondisi yang tidak aman dengan menghalangi aliran uap ke turbin. [8]

2.8.2 Droop atau Regulasi

Droop dapat didefinisikan sebagai persentase perubahan kecepatan untuk perubahan beban. Setiap kali ada ketidakcocokan kekuatan, kecepatan berubah. Seperti disebutkan sebelumnya, sistem pengatur merasakan perubahan kecepatan ini dan menyesuaikan bukaan katup yang pada gilirannya mengubah keluaran daya. Tindakan ini berhenti setelah ketidakcocokan daya menjadi nol. Tapi kesalahan kecepatan tetap ada. Apa yang seharusnya menjadi perubahan output daya untuk perubahan kecepatan ditentukan oleh 'regulasi'. Jika 4% perubahan

kecepatan menyebabkan 100% perubahan output daya, maka regulasi tersebut dikatakan 4% (dalam per unit 0,04). [8]

2.9 Automatic Generation Control

Dalam sistem tenaga, penyimpangan frekuensi terutama disebabkan oleh ketidakcocokan daya nyata antara pembangkitan dan beban, sedangkan variasi tegangan disebabkan oleh ketidakseimbangan daya reaktif dalam sistem. Daya reaktif yang dihasilkan dekat dengan persyaratan karena hanya melibatkan biaya modal tetapi tidak ada biaya bahan bakar dan tidak diekspor ke jalur yang harus dihindari kerugian transmisi yang besar. Namun, untuk keberhasilan pengoperasian sistem tenaga, keseimbangan daya aktif dapat dicapai dengan mengendalikan generasi dan itu disebut kontrol generasi otomatis (AGC). Loop kontrol dari kedua parameter ini, oleh karena itu, diasumsikan dipisahkan. Selain itu, penyimpangan frekuensi yang berkelanjutan secara langsung mempengaruhi operasi sistem tenaga, keamanan, keandalan, dan efisiensi dengan merusak peralatan, menurunkan kualitas kinerja beban, saluran transmisi kelebihan beban, dan pemicu perlindungan sistem tenaga yang tidak diinginkan perangkat.

AGC adalah proses kontrol signifikan yang beroperasi secara konstan untuk menyeimbangkan pembangkitan dan beban dalam daya sistem dengan biaya minimum. AGC bertanggung jawab untuk kontrol frekuensi dan pertukaran daya, serta pengiriman ekonomi. AGC menyediakan mekanisme yang efektif untuk menyesuaikan pembangkitan untuk meminimalkan frekuensi penyimpangan dan mengatur aliran listrik tie-line. Sistem AGC menyadari perubahan generasi dengan mengirimkan sinyal ke unit pembangkit di bawah kendali. Kinerja sistem AGC

sangat tergantung pada seberapa cepat dan unit pembangkit secara efektif merespon perintah. Namun, karakteristik respons unit pembangkit terkait dengan banyak faktor, seperti jenis unit, bahan bakar, strategi pengendalian, dan titik operasi. Sejak frekuensi yang dibangkitkan pada jaringan sistem tenaga listrik sebanding dengan kecepatan putaran generator, masalah kontrol frekuensi dapat langsung diubah menjadi masalah kontrol kecepatan generator turbin satuan. Ini awalnya dilakukan dengan menambah mekanisme pengatur yang merasakan kecepatan generator, dan menyesuaikan katup input untuk mengubah output daya mekanis untuk melacak perubahan beban dan untuk memulihkan nominal nilai frekuensi. [9]