



**ANALISIS ALIRAN DAYA PADA SISTEM JARINGAN TRANSMISI
SULSELBAR DENGAN MASUKNYA TRANSMISI BARU DARI G.I
PUNNAGAYA KE G.I DAYA BARU 275 KV**



TUGAS AKHIR

*Disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan
Program Strata Satu Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas
Hasanuddin
Makassar*

Oleh:

MUH. FACHRUSY SYAKIRIN MUHIDDIN

D411 14 512

**PROGRAM STUDI DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN**

2019



LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS ALIRAN DAYA PADA SISTEM JARINGAN TRANSMISI
SULSELBAR DENGAN MASUKNYA TRANSMISI BARU DARI G.I
PUNNAGAYA KE G.I DAYA BARU 275 KV**

Disusun oleh :

MUH. FACHRUSY SYAKIRIN MUHIDDIN

D41114512

Disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan

Program Strata Satu Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin

Makassar

Disahkan oleh :

Pembimbing I

Dr. Indar Chaerah Gunadin, ST.MT

Nip. 197311181998031001

Pembimbing II

Ir. Hj. Zaenab Muslimin, MT

Nip. 196602011992022002

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Elektro

Prof. Dr. Ir. H. Salama Manjang, MT

Nip. 196212311990031024



ABSTRAK

Semakin berkembangnya suatu kota, maka kebutuhan energi listrik akan semakin meningkat, maka dari itu sistem tenaga listrik harus memiliki kualitas yang baik diantaranya tegangan yang berada dalam batas toleransi. Tegangan sistem harus diperhatikan dalam batas toleransi $\pm 5\%$ dan $\pm 10\%$. Dengan nilai tegangan yang berada dalam batas kestabilan, maka kualitas suplai daya dalam sistem tenaga listrik akan lebih optimal. Tugas akhir ini membahas mengenai kestabilan tegangan sebelum dan sesudah masuknya transmisi baru dari G.I Punnagaya ke G.I Daya baru. Tujuan tugas akhir ini untuk menganalisis tegangan dan *Losses System* serta menganalisis sistem Sulselbar jika diberi skenario gangguan di Bus Tallasa – Sungguminasa, Bus Jeneponto – Bulukumba dan Bus Tello – Sungguminasa pada salah satu *line* transmisi sebelum dan sesudah masuknya transmisi baru. Pada simulasi analisis tegangan menggunakan dua skenario sistem, yaitu pada beban puncak siang pukul 14.00 WITA dan beban puncak malam pukul 19.00 WITA, untuk analisis *Losses System* menggunakan 24 skenario yaitu pada tiap jam. Hasil simulasi diperoleh bahwa kondisi kestabilan tegangan pada sistem Sulselbar berada pada kondisi normal atau stabil. Hal ini ditunjukkan nilai tegangan berada dalam batas toleransi yaitu -10% dan $+5\%$. Analisis *Losses System* di tiap jam juga menurun, di waktu 14.00 sebelum masuknya transmisi baru *Losses* sebesar 38,5 MW dan setelah masuknya transmisi baru sebesar 36,3 dengan selisih 2,2 MW. Dengan adanya transmisi baru disistem Sulselbar, maka kualitas tegangan jadi lebih baik, *Losses System* menurun dan bisa mengatasi ketika ada terjadi gangguan pada bus Tallasa – Sungguminasa, Jeneponto – Bulukumba dan Tello – Sungguminasa tidak akan mengalami *Blackout* karena adanya transmisi baru.

Kata kunci : kestabilan tegangan, *Losses System*, transmisi baru, *Blackout*



ABSTRACT

The more a city develops, The Electrical energy needs will also increase, therefore the power system must have good quality, including voltage within the tolerance limit. The system voltage must be considered within the tolerance limit of $\pm 5\%$ and $\pm 10\%$. With the voltage value is within the stability limit, the quality of the power supply in electrical power system will be more optimal. This thesis discusses about the stability of the voltage before and after the entry of new transmission from G.I Punnagaya to G.I Daya baru. The purpose of thesis is to analyze the voltage and losses system and also analyze Sulselbar system using simulation if given disturbances on Tallasa-Sungguminasa bus. Jeneponto-Bulukumba bus, and tello-sungguminasa bus on one of the transmission line before and after the entry of the new transmission. In voltage analyze simulation using two system scenario, that is at afternoon peak load at 14.00 WITA and peak load on night at 19.00 WITA, used for losses system analysis using 24 scenarios that is every hour. The result from simulation show that the voltage stability on Sulselbar system is in normal or stable condition. This is showed by the voltage value within tolerance limit of -10% and $+ 5\%$. The Losses System analysis in each hour also decreased, at 14.00 before the entry of new Losses transmissions of 38.5 MW and after the entry of new transmissions amounted to 36.3 with a difference of 2.2 MW. With the new transmission in the Sulselbar system, the quality of the voltage gets better, the Losses System decreases and can overcome when there is a disturbance on the Tallasa bus - Sungguminasa, Jeneponto - Bulukumba and Tello - Sungguminasa will not experience Blackout due to a new transmission.

Key word : Stability voltage, losses system, new transmission, blackout.



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahiim. Alhamdulillahirabbil'aalamin. Segala puji bagi Allah subhanahu wata'ala atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Aliran Daya pada Sistem Jaringan Transmisi Sulsebar Dengan Masuknya Transmisi Baru dari G.I Punngaya ke G.I Daya Baru 275 kV ”. Tugas Akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Strata-1 di Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, ada berbagai kendala dan hambatan yang didapati oleh penulis baik kendala teknik maupun nonteknis. Namun berkat bantuan dari berbagai pihak yang terlibat, Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, kerendahan hati penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Orangtua tercinta, Ibunda Ir. Islahwaty Israil dan Ayahanda Muhiddin Conna yang senantiasa mendoakan, memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.
2. Saudara penulis Muh. Dipta Chandra Dinis Putra Muhiddin dan Muh. Asraf Arif Muhiddin atas segala dukungan dan saran yang diberikan.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Salama Manjang, MT. selaku ketua Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Indar Chaerah Gunadin, ST.,MT. selaku Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan bimbingan, motivasi dan saran selama penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.



5. Ibu Ir. Hj. Zaenab Muslimin, MT selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan bimbingan, motivasi dan saran selama penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh dosen, staf pengajar dan pegawai Departemen Teknik Elektro atas segala ilmu, bantuan dan kemudahan yang diberikan selama penulis menempuh proses perkuliahan.
7. Seluruh pihak PT. PLN (Persero) Unit Pengatur Beban Sulselbar yang telah membantu dalam memperoleh data-data yang diperlukan.
8. Kepada Nur Admarina yang telah memberikan sebagian waktunya untuk menemani dan memberikan motivasi.
9. Kepada seluruh anggota Relay Rangers yang telah menghibur dan memotivasi dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
10. Seluruh teman-teman RECTIFIER'14 yang telah memberikan semangat dan dukungan.
11. Seluruh pihak yang telah memberikan dukungan yang tidak sempat penulis sebutkan.

Demikian ungkapan terima kasih penulis kepada seluruh pihak. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Akhir kata, semoga penelitian ini bermanfaat bagi penulis sendiri, institusi dan masyarakat.

Gowa, April 2019

Penulis



DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Metode Penelitian	6
1.7 Sistematika Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Sistem Tenaga Listrik	8
2.2 Konsep Dasar Keandalan Sistem	9
2.3 Kestabilan Sistem Tenaga Listrik	10
2.3.1 Kestabilan Keadaan Tetap (<i>Steady State Stability</i>)	11
2.3.2 Kestabilan Dinamis (<i>Dynamic Stability</i>)	12
2.3.3 Kestabilan Perali (<i>Transient Stability</i>)	13
2.4 Transmisi Tenaga Listrik	14
2.5 Kategori Saluran Transmisi	17
2.6 Waktu Kritis Pemutusan	19



2.7	Sistem Kelistrikan Sulawesi Selatan	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		23
3.1	Jenis Penelitian	23
3.2	Lokasi Penelitian	23
3.3	Waktu Penelitian	24
3.4	Diagram Alir Penelitian	24
3.5	Perencanaan Simulasi	25
3.6	Data Sistem Suselbar	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Simulasi Profil Tegangan	31
4.1.1	Simulasi Profil Tegangan pada Beban Puncak Siang	31
4.1.2	Simulasi Profil Tegangan pada Beban Puncak Malam	34
4.2	Hasil Simulasi <i>Losses System</i>	36
4.2.1	Simulasi <i>Losses System</i> pada Tiap Jam	36
4.3	Analisis Gangguan Transmisi pada Sistem Suselbar	38
4.3.1	Analisis Gangguan Transmisi dari Tallasa – Sungguminasa.	39
4.3.2	Analisis Gangguan Transmisi dari Jenepono – Bulukumba..	42
4.3.3	Analisis Gangguan Transmisi dari Tello – Sungguminasa	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		50
5.1	Kesimpulan	50
5.2	Saran	51

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Sistem Tenaga Listrik	8
Gambar 2.2 Kondisi Stabil dan Tidak Stabil	12
Gambar 2.3 Diagram Blok Umum Sistem Tenaga Listrik	14
Gambar 2.4 Saluran Listrik Udara Tegangan Tinggi	18
Gambar 2.5 Saluran Listrik Bawah Tanah dan Bawah Laut	19
Gambar 2.6 Peta Sistem Kelistrikan Eksisting Provinsi Sulawesi Selatan dan Rencana Pengembangannya	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3.2 Single Line Diagram Sistem Sulselbar	30
Gambar 4.1 Profile Tegangan Bus Transmisi Sebelum dan Sesudah pada Beban Puncak Siang	32
Gambar 4.2 Profile Tegangan Bus Transmisi Sebelum dan Sesudah pada Beban Puncak Malam	34
Gambar 4.3 <i>Losses System</i> pada Tiap Jam	37
Gambar 4.4 Simulasi Gangguan Transmisi pada Bus Tallasa ke Bus Sungguminasa Sebelum Pemasangan Transmisi Baru	39
Gambar 4.5 Simulasi Gangguan Transmisi pada Bus Tallasa ke Bus Sungguminasa Setelah Pemasangan Transmisi Baru	40
Gambar 4.6 Grafik Batang Simulasi Gangguan Transmisi pada Bus Tallasa ke Bus Sungguminasa Sebelum dan Setelah Pemasangan Transmisi Baru	40



Gambar 4.7 Simulasi Gangguan Transmisi pada Bus Jeneponto ke Bus Bulukumba
Sebelum Pemasangan Transmisi Baru 43

Gambar 4.8 Simulasi Gangguan Transmisi pada Bus Jeneponto ke Bus Bulukumba
Setelah Pemasangan Transmisi Baru 43

Gambar 4.9 Grafik Batang Simulasi Gangguan Transmisi pada Bus Jeneponto ke Bus
Bulukumba Setelah Pemasangan Transmisi Baru 44

Gambar 4.10 Simulasi Gangguan Transmisi pada Bus Tello ke Bus Sungguminasa
Sebelum Pemasangan Transmisi Baru..... 47

Gambar 4.11 Simulasi Gangguan Transmisi pada Bus Tello ke Bus Sungguminasa
Sebelum Pemasangan Transmisi Baru 47

Gambar 4.12 Grafik Batang Simulasi Gangguan Transmisi pada Bus Tello ke Bus
Sungguminasa Sebelum dan Sesudah Pemasangan Transmisi Baru 48



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rincian Pembangkit Eksisting di Provinsi Sulawesi Selatan	16
Tabel 2.2 Rincian Pembangkit Eksisting di Provinsi Sulawesi Selatan	21
Tabel 3.1 Data Impedansi Saluran Sistem Sulselbar	27
Tabel 3.2 Data Bus Sistem Sulselbar	28
Tabel 3.3 Data Beban Sistem Sulselbar	29
Tabel 4.1 Profil Tegangan Bus Transmisi Sebelum dan Sesudah pada Beban Puncak Siang	33
Tabel 4.2 Profile Tegangan Bus Transmisi Sebelum dan Sesudah pada Beban Puncak Malam	35
Tabel 4.3 <i>Losses System</i> pada Tiap Jam.....	37
Tabel 4.4 Daya disetiap Transmisi pada Gangguan Bus Tallasa ke Bus Sungguminasa Sebelum dan Setelah Pemasangan Transmisi Baru	41
Tabel 4.5 Daya disetiap transmisi pada Bus Jeneponto ke Bus Bulukumba Sebelum dan Setelah Pemasangan Transmisi Baru	44
Tabel 4.6 Daya disetiap transmisi pada Bus Tello ke Bus Sungguminasa Sebelum dan Setelah Pemasangan Transmisi Baru.....	48



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik saat ini semakin besar. Peradaban yang semakin maju menuntut pemanfaatan energi yang cukup besar di segala bidang. Energi yang paling banyak dibutuhkan saat ini adalah energi listrik karena banyaknya keunggulan yang dimiliki energi listrik dibandingkan energi lainnya, yaitu dikarenakan sifatnya yang fleksibel dan mudah dikonversi menjadi bentuk energi lain. Energi listrik tidak timbul langsung begitu saja, dibutuhkan pengoperasian sistem tenaga agar dapat menghasilkan energi listrik. Dalam pengoperasiannya, sistem tenaga listrik pada umumnya memiliki pusat pembangkitan terdiri dari beberapa generator. Generator ini yang nantinya mendistribusikan tenaga listrik ke konsumen.

Energi Listrik adalah sumber energi yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat sehingga dalam penyaluran energi tersebut harus benar – benar handal. Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang paling penting untuk menunjang kehidupan manusia saat ini dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari, baik dalam rumah tangga maupun dalam bisnis. Secara umum dapat dikatakan bahwa energi listrik merupakan salah satu prasyarat kehidupan manusia, dan perkembangan kehidupan manusia memerlukan penyediaan energi listrik. Oleh sebab itu ketersediaan energi listrik yang cukup dan berkualitas merupakan tuntutan yang harus dipenuhi oleh PLN (Perusahaan Listrik Negara). Sistem kelistrikan antar pusat-pusat pembangkit dan pusat-pusat beban pada umumnya terpisah dalam



ratusan bahkan ribuan kilometer. Hal ini terjadi karena beban (konsumen) terdistribusi di setiap tempat, sementara lokasi pembangkitan umumnya terletak di pusat-pusat sumber energi (PLTA) dan di lokasi yang memudahkan transportasi bahan bakar (PLTU), yang biasanya dibangun di tepi laut. Oleh karena itu tenaga listrik yang dibangkitkan harus disalurkan melalui kawat – kawat saluran transmisi.

Saluran – saluran transmisi membawa tenaga listrik dari pusat-pusat pembangkitan ke pusat – pusat beban melalui saluran tegangan tinggi 150 kV atau melalui saluran transmisi tegangan ekstra tinggi 500 kV. Trafo *step down* akan menurunkan tegangan ini menjadi tegangan subtransmisi 70 kV yang kemudian di gardu induk diturunkan lagi menjadi tegangan distribusi primer 20 kV. Pada gardu induk distribusi yang tersebar di pusat-pusat beban tegangan diubah oleh trafo distribusi menjadi tegangan rendah 220/380 V. Saluran transmisi dilihat dari jarak atau panjangnya dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu:

1. Saluran transmisi jarak pendek (short line), adalah saluran yang panjangnya kurang dari 80 km.
2. Saluran transmisi jarak menengah (medium line), adalah saluran yang panjangnya antara 80 – 240 km.
3. Saluran transmisi jarak jauh (long line), adalah saluran yang panjangnya lebih dari 240 km.

Daya listrik akan selalu mengalir menuju beban karena itu dalam hal ini aliran daya juga merupakan aliran beban. Pada saluran transmisi tegangan ekstra tinggi terdapat rugi – rugi tegangan dan rugi – rugi daya yang disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah faktor korona dan faktor kebocoran isolator yang biasanya



banyak terjadi pada saluran transmisi tegangan ekstra tinggi, sehingga mengakibatkan tegangan mengalami penurunan atau biasa disebut dengan jatuh tegangan.

Peningkatan kualitas dilakukan dari setiap segi, baik dari segi pembangkitan, transmisi, sampai pada distribusi tenaga listrik. Namun, saat sekarang ini semakin sering terjadi perubahan beban. Adanya perubahan beban mengakibatkan tidak stabilnya sistem energi listrik. Ketidakstabilan sistem energi listrik tentu saja mengganggu pasokan kualitas energi listrik bahkan dapat mengakibatkan menurunnya kualitas energi listrik itu sendiri.

Pemasangan transmisi baru pada suatu sistem tenaga merupakan salah satu langkah menanggulangi ketidakstabilan tegangan akibat adanya penambahan beban. Penulisan tugas akhir ini dititikberatkan pada pengaruh pemasangan saluran transmisi baru terhadap kestabilan pada sistem tenaga, dalam hal ini penulis mengambil studi kasis sistem interkoneksi Sulselbar.

Dasar pemikiran diatas mendasari penulis untuk mengajukan Tugas Akhir ini dengan judul:

**“ANALISIS ALIRAN DAYA PADA SISTEM JARINGAN TRANSMISI
SULSELBAR DENGAN MASUKNYA TRANSMISI BARU DARI G.I
PUNNAGAYA KE G.I DAYA BARU 275 KV”**



1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan, maka penelitian ini akan dilakukan simulasi terhadap hasil data yang telah didapat. Sehingga perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menganalisis profil tegangan pada bus transmisi Sistem Sulsebar sebelum dan sesudah masuknya transmisi ?
2. Bagaimana aliran daya jaringan transmisi Sistem Sulsebar sebelum dan sesudah masuknya transmisi baru dari GI punnagaya ke GI daya baru ?
3. Bagaimana menganalisis jaringan transmisi di sistem Sulsebar ketika diberi gangguan pada transmisi dari bus Tallasa ke Sungguminasa, bus Jenepono ke bus Bulukumba dan bus Tello ke bus Sungguminasa pada keadaan sebelum dan sesudah masuknya transmisi baru?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dari tugas akhir ini adalah:

1. Menganalisis profil tegangan pada bus transmisi Sulsebar sebelum dan sesudah masuknya transmisi.
2. Menganalisis aliran daya jaringan transmisi Sulsebar sebelum dan sesudah masuknya transmisi baru dari GI punnagaya ke GI daya baru
3. Menganalisis jaringan transmisi di sistem Sulsebar ketika diberi gangguan pada transmisi dari bus Tallasa ke Sungguminasa, bus Jenepono ke bus Bulukumba dan bus Tello ke bus Sungguminasa pada keadaan sebelum dan sesudah masuknya transmisi baru.



1.4 Manfaat Penelitian

1. Sebagai bahan masukan terhadap PT. PLN Wilayah Sulselrabar dalam sistem kelistrikan Sulawesi Selatan saat pemasangan transmisi baru.
2. Dapat menjadi dasar untuk penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan pemasangan transmisi baru.

1.5 Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil pembahasan yang terarah, maka penulis perlu membatasi masalah yang akan dibahas. Adapun Batasan masalah pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Data eksisting sistem Sulselbar diperoleh dari Unit Pengatur Beban PT. PLN Wilayah Sulselrabar.
2. Aliran daya sistem Sulselbar setelah pemasangan transmisi baru akan ditampilkan menggunakan *Power World*.
3. Analisa simulasi gangguan dari Tallasa – Sungguminasa, Jenepono – Bulukumba dan Tello – Sungguminasa hanya membahas dan membandingkan apakah terjadi *blackout* atau tidak pada keadaan sebelum dan sesudah pemasangan transmisi baru serta melihat daya disetiap transmisi sistem Sulselbar.



1.6 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini antara lain :

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan cara mencari serta mempelajari buku – buku, jurnal dan penelitian yang telah dilakukan yang berkaitan dengan permasalahan yang terdapat pada penelitian ini.

2. Pengumpulan Data

Berupa pengambilan data sekunder yang digunakan sebagai data pendukung dalam penelitian ini.

3. Metode Analisis Data

Analisis data ini dilakukan dengan cara mensimulasikan data yang telah diperoleh sehingga menghasilkan simpulan sementara mengenai penelitian ini.

4. Kesimpulan

Kesimpulan ini diperoleh setelah didapatkan hasil dari simulasi atau pengolahan data yang dimana menunjukkan hasil akhir dari permasalahan penelitian ini.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terbagi menjadi 5 bab dengan rincian setiap bab adalah sebagai berikut :



BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisikan tentang teori dasar atau teori umum yang membahas tentang hal – hal yang terkait dengan kestabilan tegangan pada jaringan transmisi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisikan tentang perencanaan dan pengambilan data di PT. PLN (Persero) Wilayah Sulselbar. Serta diagram alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi pembahasan mengenai hasil penelitian terkait kestabilan tegangan pada sistem jaringan transmisi Sulselbar dengan masuknya transmisi baru berdasarkan hasil simulasi dengan skenario yang telah ditetapkan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

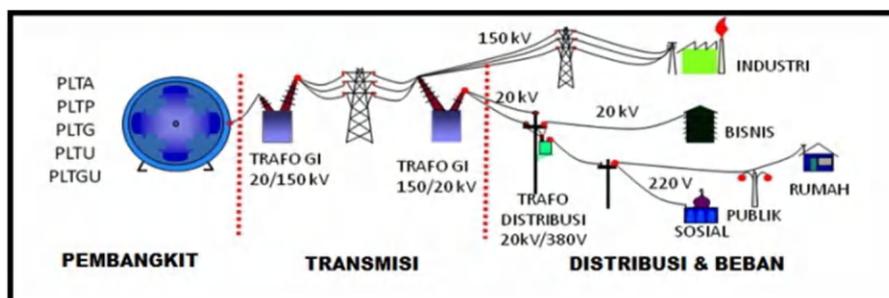
Bab ini berisikan kesimpulan pembahasan hasil penelitian dan saran – saran untuk perbaikan dan penyempurnaan tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik adalah suatu sistem yang mempunyai fungsi untuk menyalurkan tenaga listrik ke pelanggan yang terdiri dari empat komponen yaitu pembangkitan, transmisi, disiribusi dan beban. Pada Gambar 2.1 akan diperlihatkan skema penyaluran energi listrik mulai dari pembangkitan hingga ke pusat beban. Adapun penjelasan dari tiap komponen akan dibahas secara singkat.



Gambar 2.1 Skema Sistem Tenaga Listrik

Fungsi masing – masing komponen secara garis besar adalah sebagai berikut:

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 dan lain – lain menjadi energi listrik.

2. Transmisi

Merupakan komponen yang berfungsi menyalurkan daya atau energi dari pusat pembangkit ke pusat beban.



3. Distribusi

Merupakan komponen yang berfungsi mendistribusikan energi listrik ke lokasi konsumen energi listrik.

4. Beban

Adalah peralatan listrik dilokasi konsumen yang memanfaatkan energi listrik dari sistem tersebut.

II.2 Konsep Dasar Keandalan Sistem

Keandalan adalah istilah yang digunakan untuk mendeskripsikan kemampuan sistem dalam menyalurkan listrik ke beban dalam jumlah yang sesuai atau dapat diterima (Hajek dalam Irawati, 1999:20).

Menurut Willis (2004 : 103), keandalan yaitu kemampuan sistem dalam mengirim daya secara terus menerus sehingga kebutuhan konsumen atau pelanggan cukup dan terpenuhi.

Secara umum, keandalan didefinisikan sebagai kemungkinan (Probability) dari suatu sistem yang mampu bekerja dalam jangka waktu yang telah ditentukan dan sesuai dengan kondisi operasi tertentu, dengan kata lain keandalan dapat disebut kecukupan atau ketersediaan (availability). Keandalan memiliki sifat non deterministic (terjadi secara kebetulan) tapi probabilistic (sesuatu yang bersifat acak, tidak pasti, namun dapat dianalisa dengan menggunakan teori probabilitas).

Terdapat tiga faktor yang dapat mendefinisikan keandalan sistem jika dipengaruhi oleh beberapa gangguan, yaitu:



1. Kemungkinan (Probability)
Angka yang menyatakan berapa kali gangguan terjadi dalam waktu tertentu pada suatu sistem atau saluran
2. Bekerja dengan baik (Performance)
Menunjukkan kriteria kontinuitas saluran sistem penyaluran tenaga listrik tanpa mengalami gangguan
3. Periode waktu
Periode waktu merupakan lama saluran bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya. Semakin lama saluran digunakan, maka akan semakin banyak kemungkinan terjadinya kegagalan.

II.3 Kestabilan Sistem Tenaga Listrik

Kestabilan sistem tenaga listrik secara luas dapat didefinisikan sebagai kemampuan dari satu sistem tenaga listrik untuk tetap berada dalam kondisi seimbang dalam operasi normal dan dapat memperoleh kembali kondisi seimbang setelah sistem mengalami gangguan. Oleh karena itu, perlu pengklasifikasian kestabilan sistem tenaga berdasarkan faktor kontribusi yang menyebabkan ketidakstabilan.

Tujuan dari adanya kestabilan sistem tenaga itu sendiri khususnya pada kestabilan sudut rotor adalah ketika terjadi gangguan pada rotor, maka rotor dapat mempertahankan atau kembali ke keadaan normalnya dengan kecepatan yang konstan. Artinya, pada kondisi ini kecepatan rotor yang menyimpang dari kecepatan sinkron harus dalam waktu yang singkat. Jika penyeimbangan kecepatan rotor yang terlalu lama dapat membuat mesin menjadi rusak.



Berdasarkan sifat dan besarnya gangguan, analisis kestabilan dibagi menjadi 3 macam, yaitu :

1. Kestabilan Keadaan Tetap (*Steady State Stability*)
2. Kestabilan Dinamis (*Dynamic Stability*)
3. Kestabilan Peralihan (*Transient Stability*)

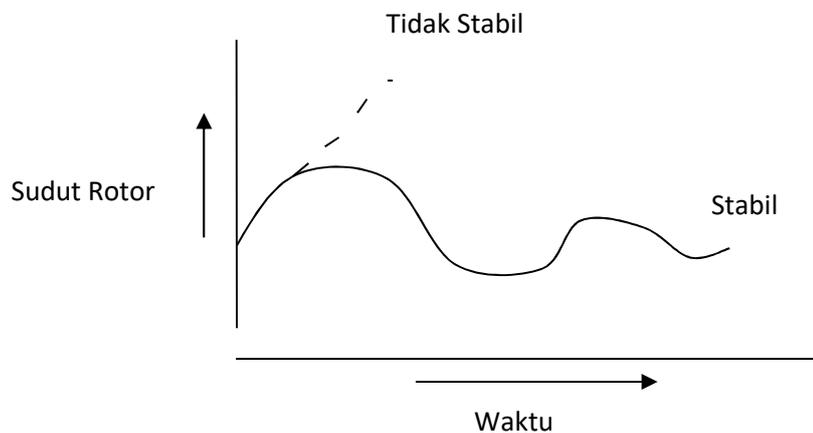
II.3.1 Kestabilan Keadaan Tetap (Steady State Stability)

Kestabilan keadaan tetap merupakan kemampuan suatu sistem tenaga listrik dalam menerima gangguan kecil pada kondisi tetap. Kestabilan keadaan tetap ini sangat tergantung pada 4 karakteristik komponen yang terdapat pada sistem tenaga listrik yaitu: (1) Pembangkit, (2) Beban, (3) Jaringan Transmisi dan (4) Kontrol sistem. Model pembangkit yang sederhana dengan sumber tegangan yang konstan digunakan pada kestabilan ini karena hanya menerima gangguan kecil di sekitar titik keseimbangannya.

Ketika daya yang dikirim dari generator meningkat, maka rotor akan mendahului sumbu referensi medan putarnya dan mengakibatkan adanya momen inersia di bagian yang berputar. Ketika kondisi sistem stabil, terjadi osilasi rotor yang teredam. Jika osilasi rotor tidak teredam, maka mesin akan kehilangan sinkronisasinya. Hal ini berdampak pada tidak stabilnya suatu sistem.

Pada Gambar 2.2 dapat dilihat grafik hubungan antara kestabilan dan ketidakstabilan sudut rotor terhadap waktu. Kondisi berada pada keadaan stabil apabila gangguan osilasi rotor dapat teredam. Sedangkan, kondisi berada keadaan

tidak stabil apabila osilasi ini tidak teredam saat terjadi gangguan yang mengakibatkan mesin akan kehilangan sinkronisasinya.



Gambar 2.2 Kondisi Stabil dan Tidak Stabil

II.3.2 Kestabilan Dinamis (Dynamic Stability)

Kestabilan Dinamis merupakan kemampuan suatu sistem tenaga listrik untuk kembali ke keadaan normalnya setelah diberi gangguan yang relatif kecil secara tiba-tiba dalam waktu yang lama. Analisa kestabilan dinamis lebih kompleks karena memasukkan komponen kontrol otomatis dalam perhitungannya.

Ketika terjadi gangguan, governor penggerak awal akan bekerja untuk menaikkan atau menurunkan daya input guna mengembalikan keseimbangan antara daya yang masuk dengan beban listrik yang ada. Periode ketika governor mulai bekerja sampai dengan terjadinya kondisi keseimbangan inilah yang disebut kestabilan dinamis.

Pada periode tersebut, governor membuka atau menutup katup untuk menaikkan atau menurunkan daya yang masuk pada penggerak mula. Ketika



governor mendeteksi adanya penurunan kecepatan, maka katup uap akan terbuka untuk menaikkan kecepatan. Akan tetapi, saat menaikkan kecepatan akan terjadi ketidakseimbangan dimana daya mekanik akan melebihi beban. Ketika kecepatan melebihi batas normal, maka governer akan berusaha untuk menurunkan kecepatannya. Sebagai hasilnya, terjadi osilasi pada daya masuk dan putaran rotor. Apabila osilasi ini teredam, maka sistem akan menjadi stabil.

II.3.3 Kestabilan Peralihan (Transient Stability)

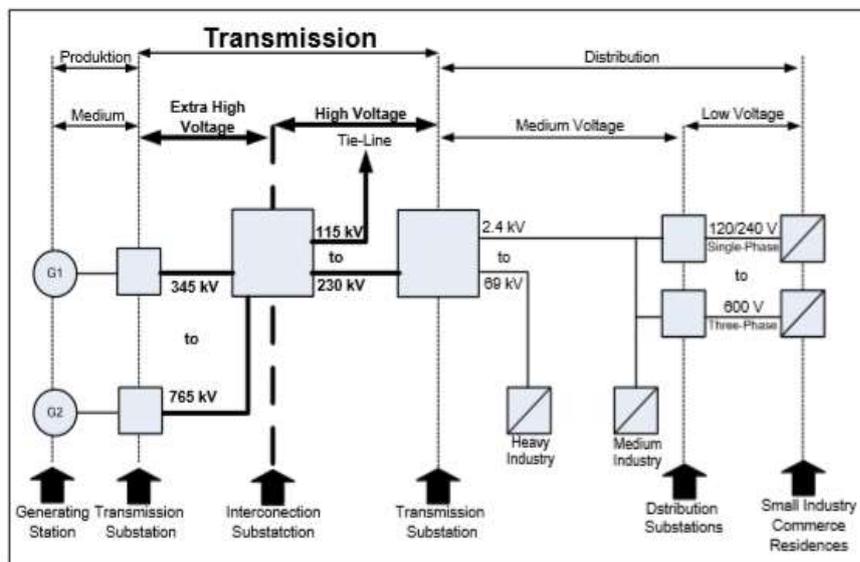
Kestabilan Peralihan merupakan kemampuan suatu sistem dalam mencapai titik keseimbangan atau sinkronisasi setelah mengalami gangguan yang besar sehingga sistem kehilangan stabilitasnya karena gangguan terjadi diluar kemampuan sistem. Analisa kestabilan peralihan adalah analisis yang utama untuk melihat respon ketika diberikan gangguan berupa:

1. Perubahan beban yang mendadak karena terputusnya unit pembangkit
2. Perubahan pada jaringan transmisi misalnya gangguan hubung singkat atau pemutusan saklar.

Setelah terlepasnya pembangkitan, tidak ada keseimbangan antara daya mekanik dengan beban listrik. Pada kondisi kurangnya daya mekanik, momen inersia rotor yang berputar memberikan energi tersimpan yang mengakibatkan putaran generator akan menurun begitu pula frekuensinya. Apabila beban lepas, maka kecepatan mesin akan bertambah atau frekuensinya meningkat. Respon eksitasi juga sangat mempengaruhi kestabilan sistem. Gangguan pada sistem biasanya diikuti dengan turunnya tegangan dan kembalinya tegangan ke kondisi normal dalam waktu yang cepat.

11.4 Transmisi Tenaga Listrik

Transmisi tenaga listrik merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari pusat pembangkit tenaga listrik (Power Plant) hingga ke pusat beban melalui jaringan distribusi sehingga dapat disalurkan sampai pada konsumen listrik. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Diagram blok umum sistem tenaga listrik

Gambar 2.3 menunjukkan blok diagram dasar dari sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik, yang terdiri dari dua stasiun pembangkit (generating station) yang disimbolkan G1 dan G2, beberapa substation yaitu hubungan antar substation (interconnecting substation) dan untuk bagian komersial perumahan (commercial residential), dan industrial loads. Transmisi berada pada bagian yang diberi arsir tebal. Fungsi dari bagian transmisi substation menyediakan servis untuk menaikkan dan menurunkan tegangan pada saluran tegangan yang ditransmisikan serta meliputi regulasi tegangan. Standarisasi range tegangan internasional yaitu 345 kV hingga 765 kV untuk Saluran tegangan Ekstra Tinggi



dan 115 kV hingga 230 kV untuk saluran tegangan Tinggi. Standarisasi tegangan Transmisi listrik di Indonesia adalah 500 kV untuk Saluran ekstra Tinggi dan 150 kV untuk saluran Tegangan tinggi.

Pada sistem tenaga listrik, jarak antara pembangkit dengan beban yang cukup jauh, akan menimbulkan penurunan kualitas tegangan yang diakibatkan oleh rugi-rugi daya pada jaringan. Sehingga dibutuhkan suatu peralatan untuk memperbaiki kualitas tegangan dan diletakkan pada saluran yang mengalami jatuh tegangan. SVC (Static Var Compensator) berfungsi sebagai pemelihara kestabilan tetap pada kondisi steady state dan dinamika tegangan dalam batasan yang sudah ditentukan pada jaringan transmisi berjarak jauh dan berbeban tinggi (heavily loaded). Synchronous Condenser, sebagai generator pensuplai arus gangguan, dan transformer dengan tap yang variabel. Ini adalah jenis khusus transformator listrik yang dapat menambah atau mengurangi jumlah gulungan kawat, sehingga meningkatkan atau menurunkan medan magnet dan tegangan keluaran dari transformator.

Distribution Substation, pada bagian ini merubah tegangan aliran listrik dari tegangan medium menjadi tegangan rendah dengan transformator step-down, dimana memiliki tap otomatis dan memiliki kemampuan untuk regulator tegangan rendah. Tegangan rendah meliputi rentangan dari 120/240V single phase sampai 600V, 3 phase. Bagian ini melayani perumahan, komersial dan institusi serta industri kecil.

Interconnecting substation, pada bagian ini berfungsi untuk melayani sambungan percabangan transmisi dengan tegangan yang berbeda serta untuk

mempertahankan kestabilan pada keseluruhan jaringan. Setiap substation selalu memiliki Circuit Breakers, Fuses, lightning arresters sebagai pengaman peralatan.

Energi listrik yang ditransmisikan didesain pada tegangan ekstra tinggi (Extra High Voltage), tegangan tinggi (High Voltage), tegangan sedang (Medium Voltage) dan tegangan rendah (Low Voltage). Klasifikasi nilai tegangan ini dibuat berdasarkan skala standarisasi tegangan yang di tunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Rincian pembangkit eksisting di Provinsi Sulawesi Selatan.

Kelas Tegangan	Dua Kabel	Tiga Kabel	Empat Kabel
Tegangan Rendah (LV)	120 Single Phase	123 /240 Single phase 480 V 600 V	120 / 208 277 / 480 347 / 600
Tegangan Medium (MV)		2400 4160 4800 6900 13800 23000 24500 46000 69000	7200 / 12470 7620 / 13200 7970 / 13800 14400 / 24940 19920 / 34500
Tegangan Tinggi (HV)		115000 138000 161000 230000	
Tegangan Extra Tinggi (EHV)		345000 500000 735000 – 765000	



Kategori sistem distribusi listrik dibagi menjadi 2, yaitu :

1. Sistem Transmisi, dimana saluran tegangan berkisar antara 115kV sampai dengan 800kV
2. Sistem Distribusi, dimana rentang tegangan berkisar antara 120V sampai dengan 69kV.

Distribusi listrik ini dibagi lagi menjadi tegangan menengah (2,4kV sampai 69kV) dan tegangan rendah (120V sampai 600V).

II.5 Kategori Saluran Transmisi

Berdasarkan dari cara pemasangannya, saluran transmisi dibagi menjadi dua kategori, yaitu:

- a. Saluran Udara (*Overhead Lines*),

Saluran transmisi yang menyalurkan energi listrik melalui kawat-kawat yang digantung pada isolator antara menara atau tiang transmisi.

Keuntungan dari saluran transmisi udara antara lain :

1. Mudah dalam perbaikan
2. Mudah dalam perawatan
3. Mudah dalam mengetahui letak gangguan
4. Lebih murah

Kerugian :

1. Karena berada diruang terbuka, maka kehandalan pada saluran ini tergantung pada kondisi cuaca, dengan kata lain mudah terjadi gangguan dari luar, seperti gangguan hubung singkat, gangguan aka adanya sambaran petir, dan gangguan lainnya.

2. Dari segi estetika / keindahan kurang, sehingga saluran transmisi bukan pilihan yang ideal untuk transmisi di dalam kota, dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Saluran listrik udara tegangan tinggi

- b. Saluran kabel bawah tanah (*underground cable*),

Saluran transmisi yang menyalurkan energi listrik melalui kabel yang berada di dalam tanah. Banyak yang menyukai jenis saluran ini karena untuk pemasangan di dalam kota tidak mengganggu keindahan kota atau dengan kata lain dari segi estetika lebih bagus dibandingkan dengan jenis saluran udara. Kelebihan lainnya ialah tidak mudah mengalami gangguan akibat kondisi cuaca atau kondisi alam. Namun tetap memiliki kekurangan, antara lain mahal dalam hal instalasi, investasi serta sulitnya menentukan titik gangguan dan perbaikannya. Terlihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Saluran Listrik Bawah Tanah dan Bawah Laut

II.6 Waktu Kritis Pemutusan

Waktu kritis pemutusan merupakan waktu maksimum suatu gangguan (kondisi tidak normal) untuk segera mungkin diputuskan dari sebuah sistem. Hal ini bertujuan untuk meminimalisir pengaruh yang dapat ditimbulkan oleh gangguan agar sistem tetap dalam kondisi stabil.

Kecepatan pemutusan gangguan terdiri dari:

- a) Kecepatan kerja relai
- b) Kecepatan buka pemutus tenaga (CB)
- c) Untuk relai tertentu, termasuk waktu kirim sinyal teleproteksi

Untuk waktu kritis pemutusan CB itu sendiri adalah waktu kritis pemutusan dari CB apabila terjadi gangguan dan jika CB tidak segera trip maka akan memberikan pengaruh yang besar pada sistem. Dalam hal ini, waktu kritis pemutusan dari CB termasuk waktu pemadaman busur api oleh media pemadaman yang digunakan oleh CB. Juga tetap memperhitungkan kecepatan kerja relai karena CB merupakan salah satu komponen sistem proteksi pada relai.



Waktu kritis pemutusan dapat ditentukan dengan melihat grafik sudut rotor pada mesin-mesin sinkron. Karena waktu kritis sudut rotor pada beberapa pembangkit merupakan waktu terdekat ke kondisi tidak stabil. Maka waktu kritis ini merupakan tolak ukur dalam melihat kondisi kestabilan transien sebuah sistem.

II.7 Sistem Kelistrikan Sulawesi Selatan

Sistem kelistrikan Provinsi Sulawesi Selatan saat ini terdiri dari sistem interkoneksi 70 kV, 150 kV, 275 kV dan sistem isolated 20 kV serta sistem tegangan rendah 220 Volt di pulau-pulau terpencil. Sistem interkoneksi tersebut merupakan bagian dari sistem interkoneksi Sulawesi Bagian Selatan (Sulbagsel), dipasok dari PLTU, PLTA, PLTG/GU, PLTD dan PLTMH. Transmisi 275 kV digunakan untuk transfer energi dari PLTA Poso ke sistem Sulselbar melalui GI Palopo. Sedangkan sistem kecil isolated 20 kV dan 220 Volt di pulau-pulau seperti di Kabupaten Selayar, Kabupaten Pangkep, dipasok dari PLTD setempat. Sistem kelistrikan di Kabupaten Selayar dan pulau-pulau di Kabupaten Pangkep, dilayani PLTD BBM dan sebagian dilayani oleh PLTM. Rasio jumlah pelanggan rumah tangga berlistrik PLN pada Tahun 2015 untuk Provinsi Sulawesi Selatan adalah sebesar 88,30%. Table 2.2 berikut adalah rincian pembangkit eksisting di Provinsi Sulawesi Selatan, sedangkan Gambar 2.6 adalah peta sistem kelistrikan eksisting Provinsi Sulawesi Selatan dan rencana pengembangannya. (RUPTL PLN, 2017)



Gambar 2.6 Peta sistem kelistrikan eksisting Provinsi Sulawesi Selatan dan rencana pengembangannya.

Tabel 2.2 Rincian pembangkit eksisting di Provinsi Sulawesi Selatan.

No	Sistem/Pembangkit	Jenis	Jenis Bahan Bakar	Pemilik	Kapasitas Terpasang (MW)	Daya Mampu Neto (MW)	Beban Puncak (MW)
1	Sulsel	Bakaru 1	PLTA	Air	PLN	63,0	63,0
		Bakaru 2	PLTA	Air	PLN	63,0	63,0
		Bili Bili	PLTA	Air	PLN	20,0	19,4
		Sawitto	PLTM	Air	PLN	1,6	1,0
		Balla Mamasa	PLTM	Air	PLN	0,7	0,5
		Kalukku mamuju	PLTM	Air	PLN	1,4	0,0
		Bonehau mamasa	PLTM	Air	PLN	4,0	0,0
		Budong2 mamuju	PLTM	Air	PLN	2,0	0,0
		Barru #1	PLTU	Batubara	PLN	50,0	40,0
		Barru #2	PLTU	Batubara	PLN	50,0	40,0
		Westcan	PLTG	BBM	PLN	0,0	0,0
		Alsthom 1	PLTG	BBM	PLN	0,0	0,0
		Alsthom 2	PLTG	BBM	PLN	0,0	0,0
		GE 1	PLTG	BBM	PLN	33,4	25,0



		GE 2	PLTG	BBM	PLN	33,4	28,0	
		Mitsubishi 1	PLTD	BBM	PLN	12,6	8,0	
		Mitsubishi 2	PLTD	BBM	PLN	12,6	8,0	
		SWD 1	PLTD	BBM	PLN	12,4	8,0	
		SWD 2	PLTD	BBM	PLN	12,4	8,0	
		GT 11	PLTG	Gas	IPP	42,5	36,0	
		GT 12	PLTG	Gas	IPP	42,5	36,0	
		ST 18	PLTG U	CC Gas	IPP	50,0	38,0	
		GT 21	PLTG	Gas	IPP	60,0	50,0	
		GT 22	PLTG	Gas	IPP	60,0	50,0	
		ST 28	PLTG U	CC Gas	IPP	60,0	50,0	
		Suppa	PLTD	BBM	IPP	62,2	51,5	
		Jeneponto# 1	PLTU	Batubara	IPP	125,0	100,0	
		Jeneponto# 2	PLTU	Batubara	IPP	125,0	100,0	
		Tangka Manipi Sinjai	PLTM	Air	IPP	10,0	10,0	
		Simbuang Luwu	PLTM	Air	IPP	3,0	2,0	
		Siteba Palopo	PLTM	Air	IPP	7,5	5,0	
		Malea Tator	PLTM	Air	IPP	14,0	10,0	
		Ranteballa palopo	PLTM	Air	IPP	2,4	2,0	
		Bungin Enrekang	PLTM	Air	IPP	3,0	2,5	
		Poso 1	PLTA	Air	IPP	65,0	40,0	
		Poso 2	PLTA	Air	IPP	65,0	40,0	
		Poso 3	PLTA	Air	IPP	65,0	0,0	
		Saluanoa Luwu	PLTM	Air	IPP	2,0	1,5	
		Tallasa	PLTD	BBM	Sewa	80,0	75,0	
		Tallo Lama	PLTD	BBM	Sewa	20,0	20,0	
		Sawatama Masamba	PLTD	BBM	Sewa	4,0	4,0	
Total Sistem Sulsel						1.340,6	1.035,4	934,0
2	Isolate d	Selayar	PLTD	BBM	PLN	10,1	6,8	6,3
		Malili (PT Vale excess Power)	PLTA	Air	Sewa	8,0	8,0	8,0
Total Sistem Sulsel						18,1	14,8	14,3
Total						1.358,7	1.050,2	948,3

Sumber : RUPTL PLN 2017-2026