

STUDY ALIRAN DAYA TERHADAP PENAMBAHAN UNIT PLTM SALIDO

Oleh:

Zulkarnaini, *, Riki Reynaldi Barta**

*Dosen Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri

**Mahasiswa Teknik Elektro, Fakultas teknologi Industri

Institut Teknologi Padang

Jl. Gajah Mada, Kandis Nanggalo, Padang E-mail. zul3eva@yahoo.co.id

Abstrak

Sistem aliran daya listrik sangat penting sekali, dimana suplay tenaga listrik dari gardu Induk Pauh Limo ke pembangkit listrik tenaga mikro(PLTM) Salido melalui beberapa busbar dan terminal. Dalam aliran daya listrik masalah pengaturan beban dari Gardu Induk Pauh Limo ke pembangkit listrik tenaga mikro Salido perlu diperhitungkan karena daya listrik yang dibangkitkan harus selalu sama dengan daya listrik yang dibutuhkan oleh pelanggan. Penelitian ini membahas mengenai perhitungan beban pendistribusian yang disalurkan ke jaringan distribusi 20 kV pada generator, dengan menganalisa perhitungan pembebanannya menggunakan software Aelectrical Design System Analisis (EDSA). Dengan melakukan hasil simulasi, maka didapatkan tegangan pada Gardu Hubung (GH) Painan saat tanpa PLTM , Beban Luara Waktu Beban Puncak (LWBP) tegangan adalah 15,86 kV dan Waktu Beban Puncak (LWBP) didapatkan tegangan 15,35 kV. Sedangkan pada saat menggunakan PLTM pada (LWBP) besar tegangan adalah 16.04 kV dan pada WBP besar tegangan adalah 16.00 kV. dengan perbandingan drop tegangan pada GH, Teluk Bayur yaitu 0.04V, pada Bus 3 0,03V, Bus 4 0.08V, sedangkan Bus 5, Bus 6 dan GH Painan masing-masing 0.18V. maka dapat diketahui baik itu daya aktif, daya reaktif dan daya semu.

Kata Kunci : Aliran Daya, Distribusi 20 kV, PLTM

Abstract

The flow of electric power system is very important, where the supply of electricity from the substation Parent Pauh Limo to micro power plants (micro power) Salido through several busbars and terminals. In the electric power flow problem setting load of substation Pauh Limo to Salido micro power plants need to be accounted for electrical power generated must always be equal to the electric power required by the customer. This study discusses the distributed load calculation pendistribusian ke jaringan 20 kV distribution on the generator, by analyzing the assignment calculation using software Aelectrical Design System Analisis (EDSA). By performing the simulation results, the obtained voltage at the substation (GH) Painan time without micro power, Expenses Luara peak load time (OPLT) is 15.86 kV voltage and peak load time (OPLT) obtained 15.35 kV voltage. Meanwhile, when using the micro power (OPLT) of the voltage was 16.04 kV and at a great PLT is 16.00 kV voltage. by comparison of the voltage drop on GH, Gulf Bayur is 0.04V, at 3 0,03V Bus, Bus 4 0.08V, while the Bus 5, Bus 6 and GH Painan 0.18V respectively. it can be seen that both the active power, reactive power and apparent power.

Keywords: Power Flow, Distribution 20 kV, PLTM

1. Pendahuluan

Tingginya permintaan energi listrik sementara potensi sumber daya alam yang terbatas dan tingginya biaya pembangkitan menjadi salah satu permasalahan yang terus diperbincangkan dan harus dipecahkan oleh sarjana-sarjana elektro. Salah satu cara yang telah dilakukan adalah dengan menerapkan teknologi pembangkit tersebar (Distributed Generation) yang biasa disingkat DG. Pembangkit tersebar atau DG dapat didefinisikan sebagai suatu pembangkitan energi listrik skala kecil dengan kapasitas

dibawah 20 kV yang terpisah dengan pembangkit utama, terhubung ke sistem pada saluran distribusi untuk mensuplai daya aktif sebagai atau keseluruhan bagi konsumen.

Dengan adanya DG, masalah kekurangan pasokan energi listrik dan tingginya biaya pembangkitan daya listrik dapat diatasi, Selain itu DG juga memberikan manfaat lain pada sistem tenaga listrik yaitu DG dapat mengurangi jatuh tegangan dan rugi-rugi daya pada saluran.

Pembangkit Listrik Tenaga Mini hydro (PLTM) Salido adalah salah satu DG yang

berada di daerah Pesisir Selatan. PLTM ini memiliki 2 unit generator 400 kVA yang telah beroperasi dan juga telah terhubung ke system kelistrikan PLN melalui saluran 20 KV yang dipasok dari gardu induk Pauh Limo dan sebuah generator 350 kVA yang merupakan generator lama yang digunakan untuk memasok daya untuk beban local, yaitu sebuah pabrik es dan untuk keperluan sendiri. sebagai mana diaplikasikan secara luas, sebuah pembangkit tersebar banyak difokuskan untuk menghasilkan daya aktif saja. Daya aktif yang dibangkitkan diharapkan semaksimal mungkin, sehingga nilai penjualan daya ke PLN menjadi lebih besar. Dengan demikian secara tidak langsung PLN pun diuntungkan karena dapat membantu mengurangi kebutuhan pembangunan pembangkit-pembangkit baru.

Dari segi lingkungan PLTM merupakan teknologi yang ramah lingkungan. pemanfaatan tenaga air sebagai sumber energi pembangkit tenaga listrik mengurangi pembangkitan dengan bahan bakar fosil yang menghasilkan emisi gas karbon yang berbahaya bagi lingkungan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Studi Literatur

Perhitungan tentang jatuh tegangan pada jaringan distribusi 20 kV feeder Bungus dan pembangkitan daya PLTM Salido, dari hasil simulasi kelistrikan terhadap pembebanan feeder Bungus menghasilkan jatuh tegangan yang besar. Ini dikarenakan saluran-saluran distribusi ini memiliki tipe radial yang sangat panjang sehingga jatuh tegangan menjadi sangat besar dan pada saat terjadi beban puncak, hasil simulasi memperlihatkan tegangan terukur pada Gardu Hubung Painan mencapai 12.373 kV. *Fajri Hakim (2009)*

Penelitian tentang perbaikan jatuh tegangan pada jaringan distribusi 20 kV feeder Selatan, dimana hasil penelitian ini didapatkan bahwa setelah dilakukan pengaturan besar tegangan keluar dari gardu induk dan tap changer pada transformator distribusi maka besar tegangan gardu induk yang akan menghasilkan tegangan yang paling maksimal adalah 20 kV. Pada tegangan disaluran udara tegangan menengah yang panjang saluran dimana tegangan rendah saat beban puncak kurang dari 95 % dapat dilakukan dengan memasang kapasitor shunt pada jaringan, pengaturan besar

tegangan keluar dari gardu induk, pengaturan sadapan pada transformator distribusi dan pengguna Automatic Voltage Regulator (AVR). *Fery Adly (2004)*

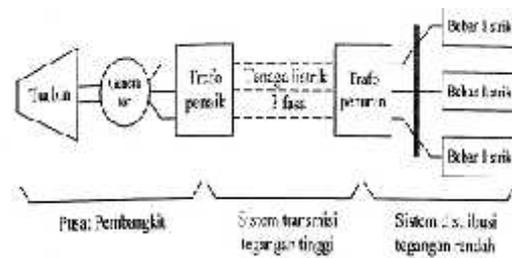
2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sistem Distribusi

Sistem distribusi merupakan bagian akhir dari system tenaga listrik. Jaringan distribusi menghubungkan system transmisi dan konsumen pada jaringan tegangan rendah. Fungsinya adalah mendistribusikan tenaga listrik dari gardu ke pusat-pusat beban.

Komponen - komponen sistem distribusi terdiri dari :

- Jaringan subtransmisi
- Gardu induk distribusi
- Penyulang utama (primary feeder)
- Trafo distribusi
- Jaringan sekunder
- Sambungan pelayanan (service drops)



Gambar 1. Sistem Penyaluran Listrik Kekonsumen

2.2.2 Karakteristik Listrik Saluran Distribusi

Yang dimaksud karakteristik listrik disini adalah konstanta-konstanta saluran, yaitu tahanan R dan induktansi L

- Tahanan (R)
Resistansi dari saluran merupakan penyebab utama dari rugi-rugi daya (power loss) dari suatu saluran listrik. Resistansi yang dimaksudkan yaitu resistansi efektif yang sama dengan resistansi arus searah (DC).

$$R = \rho \frac{l}{A} \text{ (ohm)}$$

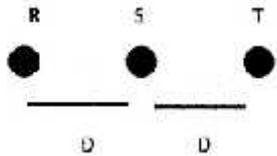
Dimana :

ρ = Resistansi (ohm-meter)

l = Panjang kawat (meter)

A = Luas penampang kawat (m²)

- Induktansi (L)
Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai induktansi penghantar pada saluran distribusi tiga kawat dengan jarak yang sama antar kawat fasa



Gambar 2. Penghantar 3 Fasa

2.2.3 Generator Distribusi (DG)

Suatu pembangkitan energi listrik yang terintegrasi ke jaringan melalui saluran distribusi dan terletak dekat dengan pusat beban

Keuntungan yang diharapkan dengan pemanfaatan teknologi DG adalah:

- Dari sudut pandang ekonomi
 - DG dapat mendukung kebutuhan akan peningkatan beban dengan memasang pada lokasi-lokasi tertentu sehingga dapat mengurangi atau menghindari kebutuhan akan pembangunan saluran transmisi dan distribusi baru.
 - DG mudah dalam perakitannya dimanapun sebagai modul, sehingga menguntungkan
- Dari Sudut Pandang Operasional
 - DG dapat membantu dalam dalam kontinuitas dan reliabilitas sistem. DG bisa digunakan sebagai unit standby untuk menyuplai listrik dalam keadaan darurat.
 - Kapasitas DG bervariasi, mulai dari ukuran mikro hingga ukuran besar sehingga dapat dipasang pada jaringan distribusi tegangan menengah atau tegangan rendah yang memberikan fleksibilitas dalam hal ukuran dan kedudukan DG pada jaringan distribusi.

2.2.4 Jatuh Tegangan Dan Rugi-Rugi Daya Pada Saluran

Rugi-rugi dalam sistem tenaga Listrik dapat ditinjau dari dua segi:

- Rugi-rugi daya adalah rugi-rugi yang mengakibatkan daya yang diterima di sisi penerima lebih kecil dari pada daya yang dibangkitkan karena terjadinya

jatuh tegangan disepanjang saluran. Rugi-rugi ini terdiri dari rugi-rugi daya aktif berupa panas, dan rugi-rugi daya reaktif yang menyebabkan tidak tercapainya pengiriman daya secara maksimal.

- Rugi-rugi energi, yaitu besarnya rugi-rugi daya dalam periode waktu tertentu, berdasarkan penyebabnya dibedakan atas dua:
 - Rugi-rugi teknis dipengaruhi sifat teknis penghantar seperti tahanan, konduktivitas, temperatur, dan lain-lain.
 - Rugi-rugi non teknis, rugi-rugi yang tidak dipengaruhi sifat teknis Penghantar

2.2.5 Generator Sinkron Terhubung Ke Jaringan Kuat

Jika sebuah generator dihubungkan pada sebuah jaringan listrik yang sangat besar, maka jaringan tersebut dianggap sebagai jaringan kuat. Jaringan kuat adalah suatu jaringan yang memiliki kekuatan yang "tak terhingga", sehingga baik tegangan atau frekuensinya tidak dapat dipengaruhi oleh generator yang disambungkan padanya. Jaringan kuat juga memiliki kemampuan untuk menerima berapapun besar daya yang dibangkitkan generator yang terhubung padanya.

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\theta$$

Dimana :

- P = daya aktif yang di hasilkan generator
- V = tegangan terminal
- I = arus saluran
- Cos θ = faktor daya sistem

2.2.6 Cara Memparalel Generator

Syarat - syarat yang harus dipenuhi untuk memparalel dua buah generator atau lebih ialah:

- Polaritas dari generator harus sama dan tidak bertentangan setiap saat terhadap satu Sama lain
- Nilai efektif tegangan harus sama.
- Tegangan Generator yang diparalelkan mempunyai bentuk gelombang yang sama.
- Frekuensi kedua generator atau frekuensi generator dengan jala-jala harus sama.

- Urutan fasa dari kedua generator harus sama.

2.2.7 Studi Aliran Daya

Studi aliran daya adalah studi yang dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai aliran daya atau tegangan sistem dalam kondisi operasi lunak. Informasi ini sangat dibutuhkan guna mengevaluasi unjuk kerja sistem tegangan dan menganalisa kondisi pembangkitan maupun pembebanan. Analisis ini juga memerlukan informasi aliran daya dalam kondisi normal maupun darurat.

Masalah aliran daya mencakup perhitungan aliran dan tegangan sistem pada terminal tertentu atau bus tertentu. Representasi fasa tunggal selalu dilakukan seimbang. Didalam study aliran daya, bus – bus dibagi dalam 3 macam, yaitu :

- Slack bus atau swing bus atau bus referensi
- Voltage controlled bus atau bus generator
- Load bus atau bus beban

3. Metodologi Penelitian

3.1 Jenis Studi Kasus

Adapun jenis study kasus dalam penelitian ini adalah studi aliran daya terhadap penambahan unit PLTM Salido dengan menggunakan EDSA 2005

3.2 Data-data yang Dibutuhkan

- Single line diagram GI Pauh Limo ke PLTM Salido
- Data beban Sub-sistem 20 kV Pesisir Selatan Ranting Painan – Ranting Balai Selasa

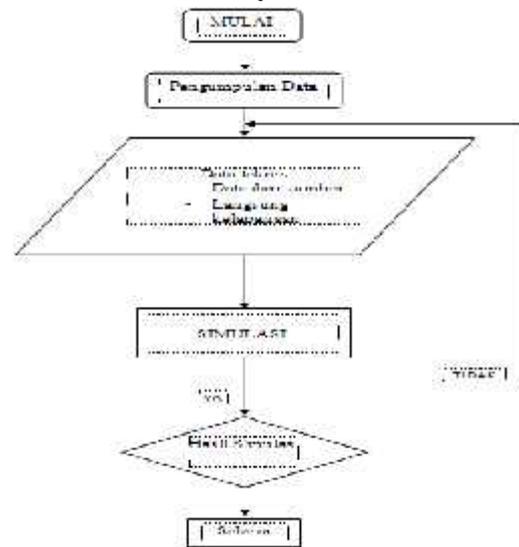
3.3 Metode Analisa Data

Metode analisa data adalah dengan menggunakan data – data pada Gardu Induk Pauh limo dengan materi kajian terdiri dari :

- Melakukan perhitungan jatuh tegangan dan pasokan daya listrik dari GI Pauh Limo dan PLTM Salido.
- Melakukan perhitungan dan pasokan daya listrik dari GI Pauh Limo dan PLTM Salido dengan penambahan unit generator PLTM Salido dengan penambahan generator PLTM Salido dan efek tegangan yang terjadi ke jaringan PLN.

- Membandingkan hasil perhitungan yang didapat dari beberapa cara pembangkit daya tersebut.
- Menganalisa hasil hitungan, untuk melihat pengaruh unit generator untuk meningkatkan optimasi penyaluran daya oleh PLTM Salido dan efek teganganyang terjadi ke sistem.

3.4 Metode Jalannya Penelitian



Gambar 3. Flow Chart Jalannya Penelitian

4. Analisa Dan Pembahasan

4.1 Umum

Sistem interkoneksi yang dilakukan saat ini, menjamin terpenuhinya ketersediaan listrik pada sumbagselteng. Pada cakupan lebih kecil sumatera barat interkoneksi yang dilakukan saat ini, diharapkan dapat menjawab permasalahan yang ada.

Pada saat ini penulis hanya membahas studi aliran daya terhadap penambahan unit PLTM Salido dan untuk mengetahuinya dilakukan simulasi dengan program EDSA technical 2005.

Data yang digunakan adalah single line diagram GI Pauh limo ke PLTM Salido, data beban sub-sistem 20 kV Pesisir Selatan Ranting Painan – Ranting Balai Selasa.

4.2 Deskripsi Data

Pemodelan aliran daya sistem kelistrikan pesisir selatan dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari penambahan unit PLTM sampai ke beban.

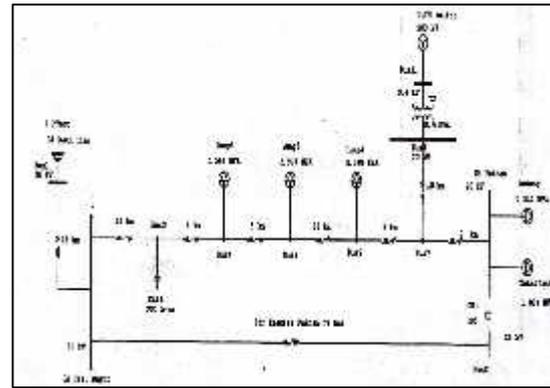
Data yang digunakan dalam bentuk table adalah :

- Data beban sub-sistem Pesisir selatan

- Data impedansi penghantar tegangan 20 kV
- Single line diagram GI Pauh Limo ke PLTM Salido.

Tabel 1. Data Impedansi Penghantar Tegangan 20 kV

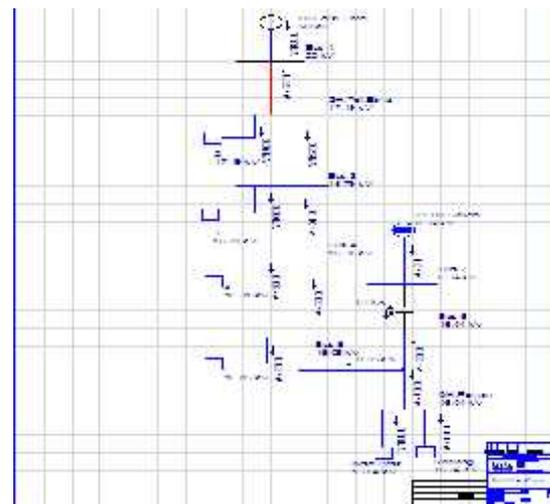
IMPEDANSI PENGHANTAR TEGANGAN 20 KV (SPI.N 44 : 1985)				
UKURAN PENAMPANG (mm ²)	20 Impedansi Urutan Positif (ohm/km)		20 Impedansi Urutan Nol (ohm/km)	
	R	jX	R	jX
N/A				
A2C 16	1.8382	0.4038	1.9852	1.6310
A2C 35	0.8403	0.3791	0.5883	1.6966
A2C 50	0.5882	0.3677	0.7362	1.6552
A2C 70	0.4202	0.3572	0.5682	1.6447
A2C 95	0.3098	0.3484	0.4574	1.6338
A2C 120	0.2451	0.3378	0.3931	1.6250
A2C 150	0.1961	0.3306	0.3441	1.618
A2C 185	0.159	0.3239	0.307	1.6114
A2C 240	0.1225	0.3157	0.2705	1.6032
A3C 18	2.0141	0.4038	2.1641	1.6911
A3C 35	0.8217	0.379	1.0697	1.6565
A3C 50	0.6452	0.3679	0.7932	1.6553
A3C 70	0.4608	0.3572	0.6088	1.6447
A3C 95	0.3356	0.3398	0.4876	1.6324
A3C 120	0.2658	0.3378	0.4168	1.6251
A3C 150	0.2162	0.3305	0.3631	1.618
A3C 185	0.1744	0.3238	0.3224	1.6114
A3C 240	0.1344	0.3168	0.2824	1.6033
N2KSEFGBY 70	0.4337	0.1221	0.3238	0.1139
N2KSEFGBY 95	0.3126	0.1161	0.2591	0.1131
N2XSEFGBY 120	0.2530	0.1177	0.2596	0.1177
N2YSEFGBY 150	0.2080	0.1139	0.2060	0.1139
N2XSEFGBY 185	0.1640	0.1101	0.1640	0.1101
N2XSEFGBY 240	0.1250	0.1057	0.1256	0.1057



Gambar 4. Sumber PLN Cabang Padang

Hasil Running EDSA

Pada running pemodelan EDSA terlihat beberapa sistem feeder / bus – bus yang menunjukkan aliran daya pada sisi kirim yaitu dari GI Pauh limo dan sebagai generator sebagai sumber cadangan dengan tegangan menengah 20 kV. Dapat dilihat pada lampiran runing dibawah ini pada saat beban puncak 17.00 WIB.



Gambar 10. Diagram Simulasi EDSA Interkoneksi PLTM Salido

4.3 Validasi Program EDSA

Kalibrasi Program

Kevalidasian program dilakukan dengan mengkalibrasi program dengan cara membandingkan hasil pelaksanaan program EDSA yang dilakukan dalam studi ini dengan hasil pelaksanaan program yang ada di buku Power System Analisis (Saadat.H 1999,Hal 213) untuk kasus yang sama

4.4 Analisa Dan Pembahasan

Untuk mengetahui besar daya dan tegangan yang sampai pada beban oleh itu dilakukan simulasi dengan pemograman yang secara otomatis didalamnya telah menghitung secara NR dan menampilkan besarnya losses dan drop tegangan yang terjadi pada jaringan yang nilainya dapat dilihat pada lampiran dan dalam bentuk gambar.

Hasil penelitian ini berupa hasil eksekusi program EDSA, dengan data penelitian yang diambil dari PLN Cabang Padang

Pembangkitan Daya PLTM SALIDO

Tabel 2. Data Saluran Feeder Bungus

Jenis Penghantar	AAAC 240 mm ²
Resistansi	0,1344 ohm/km
Resistansi	0,3158 ohm/km
Diameter	2,7 cm

4.5 Analisa Data Drop Tegangan

a) Drop Tegangan Pada Luar Waktu Beban Puncak (LWBP)

Tabel 3. Drop Tegangan Pada Masing– Masing bus tanpa PLTM dan Memakai PLTM

NO	Nama Beban	Perbandingan Drop Tegangan	
		Tanpa PLTM	Memakai PLTM
1	GH.Tel.Bayur	16.85	17.19
2	Bus 3	16.38	16.79
3	Bus 4	15.79	16.31
4	Bus 5	15.38	16.05
5	Bus 6	15.37	16.04
6	GH.Painan	15.37	16.04



Gambar 5. grafik saat LWBP tanpa PLTM dan memakai PLTM

Dari grafik diatas dapat dianalisa pada saat tanpa PLTM dan memakai PLTM pada waktu luar beban puncak dengan perbandingan tegangan pada GH Teluk Bayur yaitu 0.34 V, pada Bus 3 yaitu 0.61, Bus 4 0.52, sedangkan Bus 5, Bus 6 dan GH Painan masing-masing 0.67.

Terlihat tegangan yang terjadi pada Luar waktu beban puncak tanpa memakai PLTM tegangan pada GH.Teluk Bayur 16.85 kV sedangkan pada saat memakai PLTM tegangannya 17.19 kV, Jadi kenaikan tegangan pada saat Luar waktu beban puncak kecil sekali kenaikanya pada saat memakai PLTM.

b) Drop Tegangan Pada Waktu Beban Puncak (WBP)

Tabel 3. Drop Tegangan Pada Masing–

Masing Bus memakai PLTM dan Tanpa PLTM

NO	Nama Beban	Perbandingan Drop Tegangan	
		Tanpa PLTM	Memakai PLTM
1	GH.Tel.Bayur	17.17	17.21
2	Bus 3	16.75	16.80
3	Bus 4	16.23	16.31
4	Bus 5	15.87	16.05
5	Bus 6	15.86	16.04
6	GH.Painan	15.86	16.04



Gambar 6. grafik saat WBP tanpa PLTM dan memakai PLTM

Dari grafik diatas dapat dianalisa pada saat tanpa PLTM dan memakai PLTM pada waktu beban puncak dengan perbandingan tegangan pada GH Teluk Bayur yaitu 0.04 V, pada Bus 3 yaitu 0.03, Bus 4 0.08, sedangkan Bus 5, Bus 6 dan GH Painan masing-masing 0.

Terlihat tegangan yang terjadi pada waktu beban puncak tanpa memakai PLTM tegangan pada GH.Teluk Bayur 17.17 kV sedangkan pada saat memakai PLTM tegangannya 17.21 kV, Jadi kenaikan tegangan pada saat beban puncak besar sekali pada saat memakai PLTM. Tetapi penurunan tegangan semakin besar pada GH.painan disebabkan oleh panjangnya saluran tegangannya adalah tanpa memakai PLTM 15.86 kV sedangkan pada saat memakai PLTM 16.04 kV.

Kesimpulan

Dari hasil simulasi dan analisa droop tegangan dengan menggunakan program EDSA maka didapatkan hasil adalah sebagai berikut :

- Pada saat tanpa PLTM dan memakai PLTM pada waktu luar beban puncak dengan perbandingan tegangan pada GH Teluk Bayur yaitu 0.34 V, pada Bus 3 yaitu 0.61, Bus 4 0.52, sedangkan Bus 5, Bus 6 dan GH Painan masing-masing 0.67.
- Pada saat tanpa PLTM dan memakai PLTM pada waktu beban puncak dengan perbandingan tegangan pada GH Teluk Bayur yaitu 0.04 V, pada Bus 3 yaitu 0.03, Bus 4 0.08, sedangkan Bus 5, Bus 6 dan GH Painan masing-masing 0.18.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adly Fery.(2004). **“Jatuh Tegangan Pada Jaringan Distribusi 20 kV Feeder Selatan”**Padang.ITP
- [2] Basri,H.(1997).”**Dasar – Dasar System Distribusi”**.Jakarta Selatan: ISTN
- [3] D,William & Stevenson Junior. (1990).”**Analisa Sistem Tenaga Listrik”** Terjemahan : Kamal Idris.Edisi keempat. Jakarta.Erlangga.
- [4] Hutaaruk,TS.(1985).”**Transmisi Daya Listrik** “.Jakarta: Erlangga
- [5] Hakim,Fajri (2009),”**Penambahan PLTM Salido Untuk Peningkatan Optimasi Penyaluran Daya Kejaringan PLN** “. Padang. Unand.
- [6] Kadir,Abdul.”**Mesin Singkron**”. Jakarta : Djambatan
- [7] Saadat, H. (1999) ,”**Power System Analisis**”International Edision EPRI, Mc Graw Hill, New York.