

## Studi Kelayakan Penyambungan Pembangkit Listrik Tenaga Energi Baru Terbarukan pada Jaringan Distribusi PT. PLN (Persero)

Andi Syofian<sup>1\*</sup>, Yultrisna<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut Teknologi Padang, Padang

<sup>2</sup>Politeknik Negeri Padang, Padang

E-mail: [andisyofianmt@gmail.com](mailto:andisyofianmt@gmail.com)

### ABSTRACT

*The Indonesia Government has a policy for the development of new energy generators to reduce greenhouse gas emissions. This is certainly a positive condition, the right momentum for all components of the nation concerned, to immediately consider and take serious steps to develop alternative energy sources for the future, parallel operations should not negatively impact existing existing electrical systems. The data collection was done to know the condition of the substation system field of intersection four, after the data collection and then done the processing / calculation of feeder load, analysis of existing power flow and impact analysis of connection to feeder load 1 city, feeder 2 Jambak, feeder 6 Lubuk Sikaping and feeder 4 Muara Kiawai (plan point of connection GH Muara Kiawai) which is simulated with software Etap 12.6. result of simulation of excuse network of power supply system of substation to feeder 1 City, feeder 2 Jambak, feeder 6 Lubuk Sikaping and feeder 4 Mura Kiawai before addition of MVP increase of 20,5 MW and after addition of 2 x 2.5 MW at feeder 4 Muara Kiawai got electricity supply of substation to feeder 1 City, feeder 2 Jambak, feeder 6 Lubuk Sikaping, and feeder 4 Muara Kiawai to 16,6 MW, with voltage at feeder end 1 City, feeder 2 Jambak, feeder 6 Lubuk Sikaping, and feeder 4 Muara Kiawai still in the normal range between 18 Kv to 21 Kv, where in this study after the addition of 2 x 2.5 MW generator obtained the most significant up voltage seen on Muara Kiawai feeder that is equal to 3.24%. Based on the results obtained PLTM Increase worthy to make the connection in the network 20 kV PLN feeder 4 Muara Kiawai.*

*Keywords: Point of connection, Feeder, Existing.*

### ABSTRAK

Pemerintah Indonesia memiliki kebijakan untuk pengembangan pembangkit listrik energi terbarukan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca, Tentu ini merupakan kondisi yang positif, momentum yang tepat bagi seluruh komponen bangsa terkait, untuk segera memikirkan dan mengambil langkah serius guna pengembangan sumber energi alternatif masa depan, penyambungan dan operasi parallel tidak boleh berdampak negatif terhadap sistem kelistrikan eksisting yang ada. Pengumpulan data dilakukan untuk mengetahui kondisi lapangan sistem gardu induk simpang empat, setelah pengumpulan data kemudian dilakukan pengolahan/perhitungan beban feeder, analisa aliran daya eksisting dan analisa dampak penyambungan terhadap beban feeder 1 Kota, feeder 2 Jambak, feeder 6 Lubuk Sikaping, dan feeder 4 Muara Kiawai (rencana titik penyambungan GH Muara Kiawai) yang di simulasikan dengan perangkat lunak Etap 12.6. hasil dari simulasi jaringan eksisting sistem suplai listrik gardu induk ke feeder 1 Kota, feeder 2 Jambak, feeder 6 Lubuk Sikaping dan feeder 4 Mura Kiawai sebelum penambahan PLTM Kenaikan sebesar 20,5 MW dan setelah dilakukan penambahan 2 x 2,5 MW pada feeder 4 Muara Kiawai didapat suplai listrik gardu induk ke feeder 1 Kota, feeder 2 Jambak, feeder 6 Lubuk Sikaping, dan feeder 4 Muara Kiawai menjadi 16,6 MW, dengan tegangan pada ujung feeder 1 Kota, feeder 2 Jambak, feeder 6 Lubuk Sikaping, dan feeder 4 Muara Kiawai masih dalam range normal yaitu antara 18 Kv sampai dengan 21 Kv, dimana dalam penelitian ini setelah dilakukan penambahan pembangkit 2 x 2,5 MW didapat tegangan naik yang paling signifikan terlihat pada feeder Muara Kiawai yaitu sebesar 3,24 %. Berdasarkan hasil yang didapatkan PLTM Kenaikan layak untuk melakukan penyambungan di jaringan 20 kV PLN feeder 4 Muara Kiawai.

**Kata kunci:** Titik penyambungan, Feeder, Eksisting.

### 1. PENDAHULUAN

Dewasa ini pengembangan dan penggunaan energi terbarukan (renewable energy) makin menjadi hal yang sangat penting. Apalagi dengan makin mengglobalnya isu emisi CO<sub>2</sub> yang kontra terhadap pelestarian lingkungan global. Gagap-gempita upaya diversifikasi sumber energi tak pelak merambah Indonesia menyusul ditandatanganinya Inpres No.1/2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati. Tentu ini merupakan kondisi

yang positif, momentum yang tepat bagi seluruh komponen bangsa terkait, untuk segera memikirkan dan mengambil langkah serius guna pengembangan sumber energi alternatif masa depan.

Pemerintah Indonesia memiliki kebijakan untuk mempromosikan pengembangan PLT EBT untuk diversifikasi sumber energi primer pembangkit listrik dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Permen No. 4/ESDM/2012 tentang "Harga Pembelian Tenaga Listrik oleh PT PLN (Persero)

dari Pembangkit Listrik yang Menggunakan Energi Terbarukan Skala Kecil dan Menengah atau Kelebihan Tenaga Listrik”, Permen No.17/ESDM/2013 tentang “Pembelian Tenaga Listrik oleh PT PLN (Persero) dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik”, Permen No.19/ESDM/2013 tentang “Pembelian Tenaga Listrik oleh PT PLN (Persero) dari Pembangkit Listrik Berbasis Sampah Kota”, dan Permen No. 12/ESDM/2014 tentang “Pembelian Tenaga Listrik dari Pembangkit Listrik Tenaga Air (hingga 10 MW) oleh PT Perusahaan Listrik Negara(Persero)”, menetapkan bahwa PLN harus membeli listrik dari PLT EBT yang berkualitas, guna memperkuat sistem penyediaan tenaga listrik setempat. Persyaratan ini juga berlaku untuk pemakai PLT EBT yang memiliki kelebihan tenaga listrik dan berkeinginan menjual kelebihan tenaga listrik tersebut ke PLN. Peraturan ini juga menjadi pedoman PLN untuk menandatangani Perjanjian Pembelian Tenaga Listrik (PJBL) dengan perusahaan pemilik PLT EBT dan menghubungkan PLT EBT ke Sistem Distribusi PLN. Tarif feed-in tenaga listrik dari PLT EBT yang akan dibeli PLN, ditetapkan oleh Menteri ESDM. PLT EBT yang terhubung ke Sistem Distribusi, jika tidak didesain dan dioperasikan dengan baik, dapat mempengaruhi keselamatan, keandalan dan kualitas daya listrik pada Sistem Distribusi PLN.

Dengan adanya peraturan direksi PT.PLN (PERSERO) dan penelitian terdahulu diatas serta pedoman ini penulis ingin mengangkat kajian tentang studi kelayakan penyambungan energi listrik terbarukan (PLTM Kenaikan 2 x 2,5 MW). Metode yang digunakan untuk melakukan penelitian kelayakan titik sambung ini dengan menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6.0 yang nantinya akan di analisa jaringan eksiting dari sistem gardu induk simpang empat serta analisa aliran daya setelah dan sebelum dikukan penyambungan energi listrik terbarukan (PLT EBT). Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk memastikan bahwa Penyambungan dan Operasi Paralel PLT EBT tidak berdampak negatif terhadap keandalan dan kualitas daya listrik dan agar bisa dikatakan layak berdasarkan standar PLN pada Sistem Distribusi Gardu Induk Simpang Empat 20 KV.

**2. METODE ALIRAN DAYA NEWTON RHAPSON**

Metode Newton atau yang biasa dikenal dengan metode Newton Raphson dapat digunakan untuk mencari akar dari suatu fungsi. Keunggulan metode ini adalah memiliki laju konvergensi kuadratik, sehingga metode ini lebih cepat untuk konvergen menuju akar pendekatan daripada metode lain yang

memiliki laju konvergensi linear. Pencarian akar dilihat dari tan gradien grafik suatu fungsi persamaan (turunan fungsi persamaan).

Pada dasarnya, algoritma metode Newton untuk mencari akar suatu fungsi f(x) dimulai dengan menentukan nilai awal iterasi terlebih dahulu, misalkan x = a. Pada setiap iterasi, metode Newton ini akan mencari suatu nilai katakanlah b yang berada pada sumbu-x. Nilai b ini diperoleh dengan menarik garis singgung fungsi f(x) di titik x = a ke sumbu-x.

Metode newton raphson adalah metode pendekatan yang menggunakan satu titik awal dan mendekatinya dengan memperhatikan slope atau gradien pada titik tersebut. Titik pendekatan ke n+1 dituliskan dengan :

$$x_{n+1} = \frac{x_n - f(x_n)}{f'(x_n)} \dots\dots\dots(1)$$

Langkah-langkah menentukan akar dengan metode Newton-Raphson. Dengan menggunakan x<sub>0</sub> sebagai tebakan awal, dilanjutkan dengan mencari titik (x<sub>0</sub>, f(x<sub>0</sub>)). Kemudian dibuat garis singgung dari titik (x<sub>0</sub>, f(x<sub>0</sub>)), sehingga diperoleh titik potong (x<sub>1</sub>, 0) antara sumbu-x dan garis singgung titik (x<sub>0</sub>, f(x<sub>0</sub>)). Kemudian dilanjutkan lagi dengan mencari titik (x<sub>1</sub>, f(x<sub>1</sub>)). Dari titik (x<sub>1</sub>, f(x<sub>1</sub>)) kemudian dibuat garis singgung, sehingga diperoleh titik potong (x<sub>2</sub>, 0) antara sumbu-x dan garis singgung titik (x<sub>1</sub>, f(x<sub>1</sub>)). Demikian seterusnya. Untuk lebih jelasnya, perhatikan langkah berikut.

$$f'(x_0) = \frac{f(x_0)}{x_0 - x_1} \dots\dots\dots(2)$$

Maka Iterasi pertama

$$x_1 = x_0 - \frac{f(x_0)}{f'(x_0)} \dots\dots\dots(3)$$

Dilanjutkan iterasi kedua

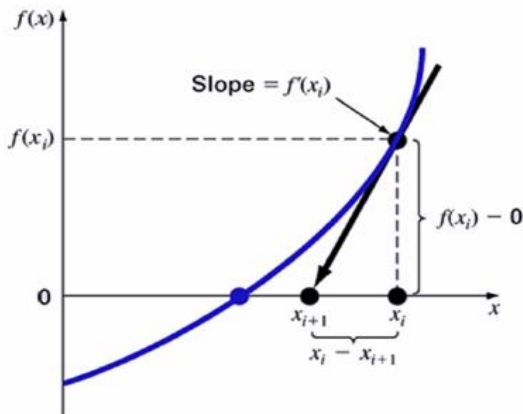
$$x_2 = x_1 - \frac{f(x_1)}{f'(x_1)} \dots\dots\dots(4)$$

Dan seterusnya, dengan cara yang sama didapat

$$X_{i-1} = x_i - \frac{f(x_i)}{f'(x_i)} \dots\dots\dots(5)$$

Iterasi dihentikan jika dua iterasi yang berurutan menghasilkan hampiran akar yang sama (jika selisih antara akar-akarnya relatif sama) atau |x<sub>i+1</sub> - x<sub>i</sub>| < nol.

Dari bentuk persamaan (3), terdapat penyebut f'(x<sub>i</sub>). Sehingga agar setiap iterasi tidak terjadi kesalahan (error), maka selama iterasi nilai



Gambar 1 Grafik akar persamaan Newton Rhapson

$f'(x_i)$  tidak boleh nol, karena pembagi tidak boleh nol. Berikut grafik yang didapat (gambar 1).

### 3. SIMULASI ETAP

Data-data yang dibutuhkan dalam studi ini mencakup beberapa hal yang nantinya akan disimulasikan di perangkat lunak ETAP 12.6.0 adalah:

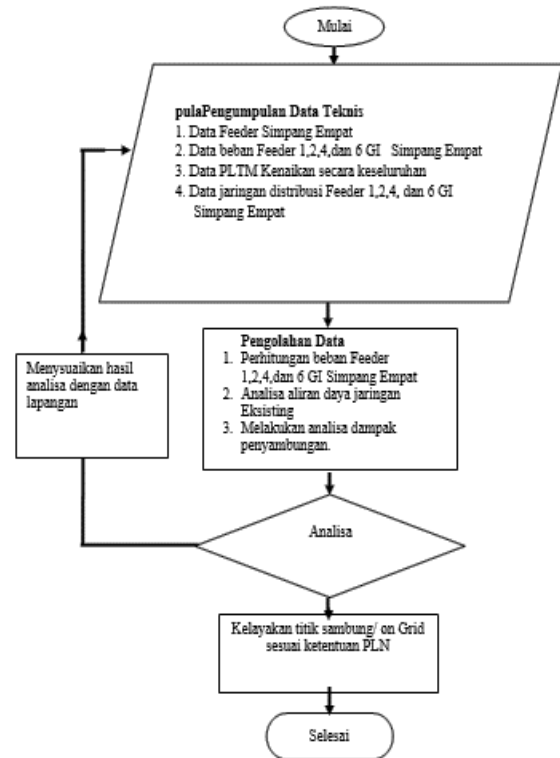
1. Single Line Diagram Gardu Induk Simpang Empat yang mencakup data trafo dan data beban feeder masing-masing.
2. Data jaringan tegangan menengah GI Simpang Empat.
3. Data PLTM Kenaikan dan jenis kawat yang digunakan, dan
4. Data-data penunjang lainnya.

Data-data tersebut diperoleh dengan cara melakukan observasi langsung kelapangan serta pengambilan data ke pihak terkait yakni PT. PLN (Persero) area Bukittinggi Rayon Pasaman, serta data gardu induk Simpang Empat. Metode yang digunakan untuk melakukan penelitian kelayakan titik sambung ini dengan menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6.0 yang nantinya akan di analisa jaringan eksiting dari sistem gardu induk simpang empat serta analisa aliran daya setelah dan sebelum dikukan penyambungan energi listrik terbarukan (PLT EBT). Diagram alir dari proses ini ditunjukkan pada gambar 2.

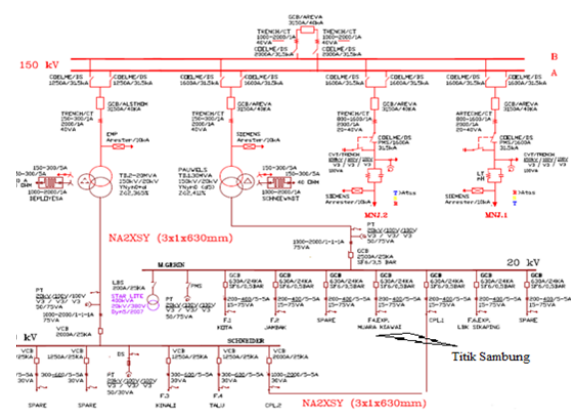
## 4. ANALISIS DATA

### 4.1 Data Beban PT. PLN (Persero)

PT. PLN (Persero) Gardu Induk Simpang Empat terletak di Simpang Empat Pasaman Barat. GI Simpang Empat termasuk dalam wilayah kerja PT. PLN (Persero) Tragi Bukittinggi dibawah naungan PT. PLN (Persero) Unit Pelayanan Transmisi Padang. Berdasarkan peraturan Direksi PT. PLN (Persero) Nomor: 0357. KDIR/2014. Untuk mengatur pengelolaan PLT EBT maka untuk pembangkit PLT EBT skala menengah 1 MW



Gambar 2 Diagram alir penelitian



Gambar 3 Single line diagram GI Simpang Empat

sampai 10 MW diizinkan untuk melakukan penyambungan dari pembangkit langsung ke jaringan distribusi terdekat. Untuk melakukan studi kelayakan titik sambung jaringan distribusi listrik PLT EBT maka harus melakukan kajian beban.

Untuk mengetahui data beban yang ditanggung jaringan distribusi terdekat dengan PLT EBT maka data tersebut dapat dilihat dari (Gambar 3) *Single Line Diagram*.

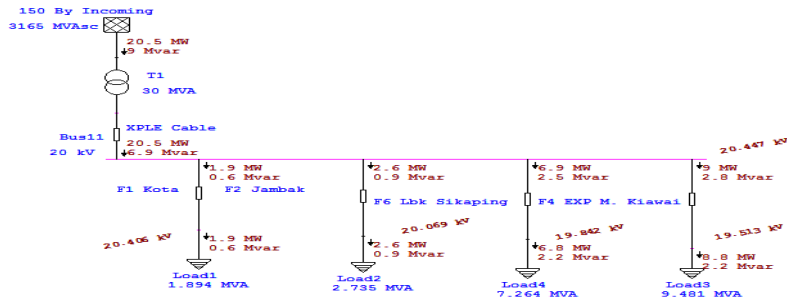
Beban puncak pemakaian listrik, diistilahkan dengan WBP (waktu beban puncak), dipetakan oleh PLN terjadi pada jam 17.00 - 22.00 (ada juga yang menyatakan dari jam 18.00 - 22.00) seperti terlihat pada tabel 1.

**Tabel 1** Data beban tertinggi pada trafo sisi 150/20 kV 30 MVA

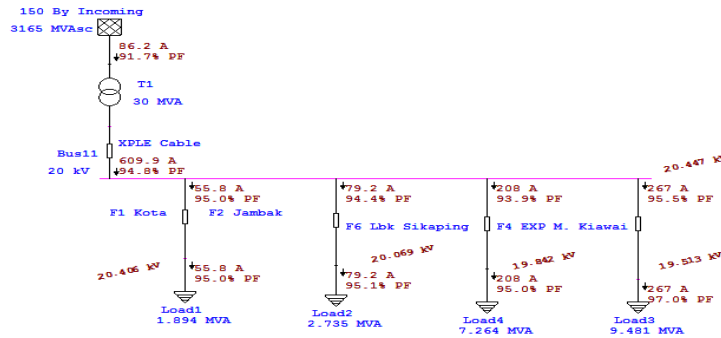
Sisi 150 kV	Jam	Kv	MW	Mvar	Ampere	Tem
TERTINGGI SIANG	17.00	150	14,8	3,8	58	64
TERTINGGI MALAM	19.30	148	20,5	6	83	65
Sisi 20 KV	Jam	kV	MW	Mvar	Ampere	Tem
TERTINGGI SIANG	17.00	20,4			426	
TERTINGGI MALAM	19.30	20,7			588	

**Tabel 2** Data yang diinputkan pada perangkat lunak ETAP

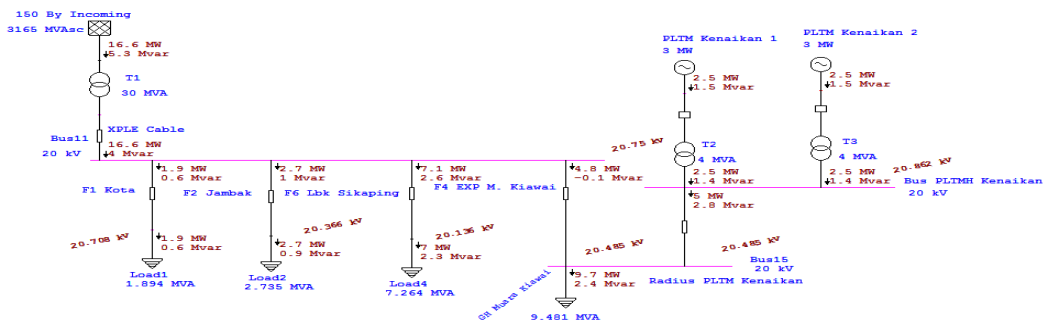
NO	Data- Data yang Di Inputkan Pada Software Etap 12.6.0		
1	Power Grid		Rating 150 KV, 3165 MVAsc Mode Operation Swing
2	Transformator		Rating 150 / 20 KV Kapasitas 30 MVA Seting Tap Changer 6 %
3	Kabel 20 KV to Incoming		Jenis XLPE 1/C 630 mm <sup>2</sup> Panjang Saluran 50 m, temp 60 C <sup>0</sup> Jenis AAAC 240 mm <sup>2</sup> . 3 Phasa
5	Kawat Fedder 1 Kota	Impedansi	Urutan positif (+) 0,1344 + j 0,3158 Urutan nol (0) 0,2824 + j 1,6034 Panjang Saluran 5,5 Km Temperatur saluran base 60 C <sup>0</sup> min 40 C <sup>0</sup> dan max 70 C <sup>0</sup> Load Static 1,8 dengan Mvar 0,59
6	Kawat Fedder 2 Jambak	Impedansi	Jenis AAAC 240 mm <sup>2</sup> . 3 Phasa Urutan positif (+) 0,1344 + j 0,3158 Urutan nol (0) 0,2824 + j 1,6034 Panjang Saluran 35,47 Km Temperatur saluran base 60 C <sup>0</sup> min 40 C <sup>0</sup> dan max 70 C <sup>0</sup> Load Static 2,6 dengan Mvar 0,85
7	Kawat Fedder Exp. Muara Kiawai	Impedansi	Jenis AAAC 240 mm <sup>2</sup> . 3 Phasa Urutan positif (+) 0,1344 + j 0,3158 Urutan nol (0) 0,2824 + j 1,6034 Panjang Saluran 27,68 Km Temperatur saluran base 60 C <sup>0</sup> min 40 C <sup>0</sup> dan max 70 C <sup>0</sup> Load Static 9,2 dengan Mvar 2,29
8	Kawat Fedder Exp. Lubuk Sikaping	Impedansi	Jenis AAAC 240 mm <sup>2</sup> . 3 Phasa Urutan positif (+) 0,1344 + j 0,3158 Urutan nol (0) 0,2824 + j 1,6034 Panjang Saluran 21,45 Km Temperatur saluran base 60 C <sup>0</sup> min 40 C <sup>0</sup> dan max 70 C <sup>0</sup> Load Static 6,9 dengan Mvar 2,27
9	PLTM 1- PLTM 2		Rating 3 MW, PF 85%, Voltage 6,3 dan poles 10 Seting Design 2,5 MW, 1,5 Mvar Operation Mode , PF Control Jenis AAAC 240 mm <sup>2</sup> . 3 Phasa
10	Kawat Fedder Exp. Muara Kiawai	Impedansi	Urutan positif (+) 0,1344 + j 0,3158 Urutan nol (0) 0,2824 + j 1,6034 Panjang Saluran 15 Km, Toleransi 10 % Temperatur saluran base 60 C <sup>0</sup> min 40 C <sup>0</sup> dan max 70 C <sup>0</sup>
11	Transformator PLTM 1- PLTM 2		Rating 6,3 KV/ 20 KV Kapasitas 4 MVA Seting Tap Changer 0 %



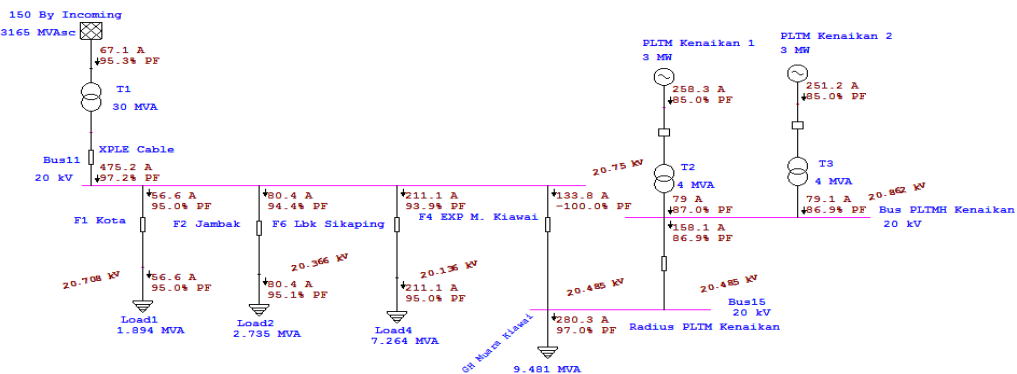
Gambar 4 Aliran daya jaringan eksisting ke 4 feeder GI Simpang Empat (HASIL dalam MW dan MVAR)



Gambar 5 Aliran daya jaringan eksisting ke 4 feeder GI Simpang Empat (hasil dalam Ampere dan factor daya)



Gambar 6 Aliran daya jaringan eksisting ke 4 feeder GI Simpang Empat setelah penambahan pembangkit 2 x 2,5 mw (hasil dalam MW dan MVAR)



Gambar 7 Aliran daya jaringan eksisting ke 4 feeder GI Simpang Empat setelah penambahan pembangkit 2 x 2,5 mw (hasil dalam MW dan MVAR)

4.2 Analisis Aliran Daya Eksisting

Aliran daya pada dari Power Grid ke trafo 2 Gardu Induk Simpang Empat sampai disalurkan pada ke 4 Feeder dapat dilihat pada analisa Etap (Gambar 4 dan 5).

4.3 Analisis Aliran Daya Eksisting Dengan Penambahan Pembangkit pada Feeder Muara Kiawai

Aliran daya dari Power Grid ke trafo 2 (30 MVA) Gardu Induk Simpang Empat sampai

disalurkan ke 4 Feeder dan dilakukan penyambungan pembangkit 2 x 2,5 MW pada Feeder 4 Muara Kiawai. Hasil analisa aliran daya GI Simpang Empat Setelah Penambahan Pembangkit 2 x 2,5 MW ke Feeder Muara Kiawai dengan software Etap 12.6.0 terlihat pada (Gambar 6 dan 7).

#### 4.4 Rekapitulasi Hasil Perbandingan Aliran Daya Sebelum dan Sesudah Penambahan

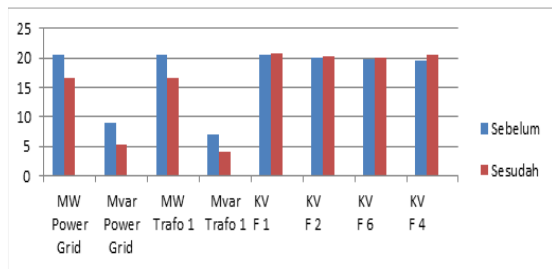
Dari hasil perbandingan yang diperlihatkan pada tabel 3 terlihat bahwa daya pada sisi kirim Gardu Induk untuk kondisi aliran daya jaringan eksisting sebelum dilakukan penambahan pembangkit yaitu sebesar 20,5 MW dan 9 Mvar, arus primer travo sebesar 86,2 A dengan cos phi 0,92. Pada Bus 20 KV terlihat daya sebesar 20,5 MW dan 6,9 Mvar dengan tegangan bus 20 KV yaitu 20,444 KV, arus total bus 609,9 A dengan cos phi 0,95. Pada Feeder 1 Kota terlihat daya pada sisi kirim 1,9 MW dan 0,6 Mvar, sisi ujung 1,9 MW dan 0,6 Mvar, untuk tegangan bus 20 KV yaitu 20,406 KV dan arus total 55,8 A dan cos phi 0,95. Pada Feeder 2 Jambak terlihat daya pada sisi kirim 2,6 MW dan 0,9 Mvar, dan sisi ujung yaitu 2,6 MW dan 0,9 Mvar dengan tegangan bus 20 KV sebesar 20,069 KV, arus totalnya yaitu 79,2 A dan cos phi 0,95. Pada Feeder 6 Lubuk Sikaping terlihat daya pada sisi kirim 6,9

MW dan 2,5 Mvar, sisi ujung 6,8 MW dan 2,2 Mvar, tegangan bus 20 KV yaitu 19,842 KV dengan arus total 208 A dan cos phi 0,95. Pada Feeder 4 Muara Kiawai terlihat daya pada sisi kirim 9 MW dan 2,8 Mvar, sisi ujung yaitu sebesar 8,8 MW dan 2,2 Mvar dengan tegangan bus 20 KV yaitu 19,513 KV, arus total 267 A dan cos phi 0,97.

Sedangkan kondisi aliran daya setelah penambahan pembangkit dari tabel tersebut terlihat bahwa daya pada sisi kirim Power Grid yaitu 16,6 MW dan 5,3 Mvar, arus primer trafo 1 sebesar 67,1 A dengan cos phi 0,95. Pada Bus 20 KV terlihat daya 16,6 MW dan 4 Mvar, tegangan bus 20,75 KV, arus total bus yaitu 475,2 A, dan cos phi 0,97. Pada Feeder 1 Kota terlihat daya pada sisi kirim 1,9 MW dan 0,6 Mvar, sisi ujung 1,9 MW dan 0,6 Mvar, untuk tegangan bus 20 KV yaitu 20,708 KV dan arus pada sisi kirim dan sisi ujung 56,6 A dan cos phi pada sisi kirim dan sisi ujung yaitu 0,95. Pada Feeder 2 Jambak terlihat daya pada sisi kirim 2,7 MW dan 1 Mvar, dan sisi ujung yaitu 2,7 MW dan 0,9 Mvar dengan tegangan bus 20 KV sebesar 20,366 KV, arus pada sisi kirim dan sisi ujung yaitu 80,4 A dan cos phi pada sisi kirim dan sisi ujung masing-masing – masing 0,94 dan 0,95. Pada Feeder 6 Lubuk Sikaping terlihat daya pada sisi kirim 7,1 MW dan 2,6 Mvar, sisi ujung 7 MW dan 2,3 Mvar,

**Tabel 3** Analisis aliran daya sebelum dan sesudah penambahan pembangkit

SEBELUM PENAMBAHAN (Jaringan Eksisting)									
	MW		Mvar		Voltage (KV)	Current		Cos Phi	
P.grid to travo	20,5		9			86,2		0,92	
Taravo to Bus	20,5		6,9		20,447	609,9		0,95	
	MW		Mvar			Current		Cos Phi	
	Awal	ujung	Awal	Ujung		awal	ujung	awal	ujung
F1 Kota	1,9	1,9	0,6	0,6	20,406	55,8 A		0,95	0,95
F2 Jambak	2,6	2,6	0,9	0,9	20,069	79,2 A		0,94	0,95
F6 L.Sikaping	6,9	6,8	2,5	2,2	19,842	208 A		0,94	0,95
F 4 M. Kiawai	9	8,8	2,8	2,2	19,513	267 A		0,96	0,97
SESUDAH PENAMBAHAN 2 X 2,5 MW									
	MW		Mvar		Voltage (KV)	Current (A)		Cos Phi	
P.grid to travo	16,6		5,3			67,1		0,95	
Taravo to Bus	16,6		4		20,75	475,2		0,97	
	MW		Mvar			Current		Cos Phi	
	awal	ujung	Awal	Ujung		awal	ujung	awal	ujung
F1 Kota	1,9	1,9	0,6	0,6	20,708	56,6	56,6	0,95	0,95
F2 Jambak	2,7	2,7	1	0,9	20,366	80,4	80,4	0,94	0,95
F6 L.Sikaping	7,1	7	2,6	2,3	20,136	211,1	211,1	0,94	0,95
F 4 M. Kiawai	4,8	9,7	-0,1 (exp)	2,4	20,485	133,8	280,3	1	0,97



**Gambar 8** Grafik Hasil Jaringan Eksisting Sebelum dan Sesudah Dilakukan Penambahan 2 x 2,5 MW

**Tabel 4** Nilai tegangan sebelum dan sesudah penyambungan PLTM Kenaikan

NO	Nama Feeder	Tegangan (KV) Sebelum Penambahan	Tegangan (KV) Sesudah Penambahan	Kenaikan Tegangan (%)
1	Feeder 1 Kota	20,406	20,708	1,48 %
2	Feeder 2 Jambak	20,069	20,366	1,48 %
3	Feeder 4 M. Kiawai	19,842	20,485	3,24 %
4	Feeder L. Sikaping	19,513	20,136	3,19 %

**Tabel 5** Data arus feeder dan incoming

	Sebelum Current (A)	Sesudah Current (A)
Feeder 1 Kota	55,8	56,6
Feeder 2 Jambak	79,2	80,4
Feeder 4 Muara Kiawai	208	280,3
Feeder 6 Lubuk Sikaping	267	211,1
Incoming 2	609,9	475,2

tegangan bus 20 KV yaitu 20,136 KV dengan arus sisi kirim dan sisi ujung kirim masing-masing 211,1 A dan  $\cos \phi$  sisi kirim dan sisi ujung kirim masing-masing 0,94 dan 0,95. Pada Feeder 4 Muara Kiawai terlihat daya pada sisi kirim 4,8 MW dan -0,1 Mvar (export), sisi ujung yaitu sebesar 9,7 MW dan 2,4 Mvar dengan tegangan bus 20 KV yaitu 20,485 KV, arus total sisi kirim dan ujung 133,8 A dan 280,3 A,  $\cos \phi$  pada sisi kirim dan ujung kirim sebesar 1 dan 0,97. Grafik perbandingan jaringan eksisting dengan penambahan energi listrik terbarukan (PLTM Kenaikan) terlihat pada gambar 8 di atas.

#### 4.5 Kelayakan Titik Penyambungan Dari Sisi Tegangan Eksisting Terhadap ke-4 Feeder

Pembangkit Listrik Tenaga Energi Baru Terbarukan tidak diperbolehkan secara aktif ikut mengatur tegangan pada Titik Sambung ketika sedang parallel dengan Sistem Distribusi PLN. Pengoperasian PLT EBT tidak diperbolehkan

menyebabkan gangguan sehingga tegangan layanan konsumen lain menjadi tidak memenuhi persyaratan-persyaratan pada Aturan Distribusi Tenaga Listrik PLN (+5% & -10%). Dengan kata lain berarti tegangan yang di perbolehkan berkisar 18 KV- 21 KV. Setelah dilakukan analisa menggunakan perangkat lunak Etap, maka didapat hasil seperti di tunjukkan pada tabel 4.

#### 4.6 Kelayakan Titik Penyambungan Dari Sisi Kawat Penghantar Eksisting

Hasil analisa aliran daya jaringan distribusi 4 feeder (feeder 1 Kota, feeder 2 Jambak, feeder 4 Muara Kiawai, feeder 6 Lubuk Sikaping) dan Incoming 2 Gardu Induk Simpang Empat, jaringan eksisting dengan penambahan daya pembangkit 2 x 2,5 MW, dengan menggunakan Etap 12.6.0 maka didapat hasil seperti ditunjukkan pada tabel 5.

Dari tabel tersebut dapat kita lihat terdapat arus tertinggi setelah dilakukan penambahan penyambungan pembangkit PLTM Kenaikan 2 x 2,5 MW pada Feeder 4 Muara Kiawai 280,3 A. Arus yang mengalir sebesar 280,3 A masih dibawah nilai KHA jenis kabel AAAC 240 mm<sup>2</sup> yaitu sebesar 525 A berdasarkan tabel diatas, maka diperoleh kesimpulan untuk tidak melakukan *Upgrading* jaringan 20 KV khususnya Feeder 4 Muara Kiawai.

### 5. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dan analisa yang telah dilakukan sebelumnya maka PLTM Kenaikan ini layak untuk merencanakan titik penyambungan distribusi listrik 20 KV pada tiang 11 m Feeder 4 Muara Kiawai karena, dengan penambahan 2 x 2,5 MW sangat berpengaruh menurunkan transfer daya dari dari Gardu Induk ke Feeder Kota, Feeder Jambak, dan Feeder Lubuk Sikaping daya aktif sebelumnya 20,5 MW, daya reaktif 6,9 Mvar menjadi daya aktif 16,6 MW dan daya reaktif 4 Mvar. Untuk tegangan pada ke (empat) 4 Feeder (Feeder 1 Kota, Feeder 2 Jambak, Feeder 4 Muara Kiawai, dan Feeder 6 Lubuk Sikaping), setelah atau sebelum dilakukan penyambungan masih memenuhi standar yang ditetapkan PLN, dan untuk kawat penghantar tidak perlu dilakukan *Upgrading* jaringan distribusi karena kuat hantar arus (KHA) jaringan eksisting masih mampu menahan total arus listrik dari on grid PLTM Kenaikan. Dengan didapat hasil layak terhadap perencanaan titik penyambungan jaringan distribusi 20 KV PLTM Kenaikan, maka hal ini juga dapat mendukung program pemerintah untuk menyediakan energi listrik pada masyarakat.

### 6. DAFTAR PUSTAKA

[1] Aswir Premadi, Fathul Ilmi (2016), "Analisa kualitas penyaluran daya pada sistem 20 kV Painan terhadap

- interkoneksi dengan PLTMH Lumpo 3 MW". ITP: Padang.
- [2] Erna Setia Wati. 2011. "Analisa Aliran Daya Saluran Distribusi 20 kV Unit Pelayanan PLN Balai Selasa" ITP: Padang.
- [3] Imam Kholid (2015) "Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Energi terbarukan Untuk Mendukung Substitusi BBM". Jurnal :Jakarta.
- [4] Menteri ESDM. 37/2008 " Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik Sumatera"PT. PLN (Persero): Jakarta.
- [5] Permen No. 12 / ESDM (2014)."Peraturan ESDM Tentang Pembelian Tenaga Listrik dari Pembangkit Listrik Tenaga Air". PT. PLN (Persero): Jakarta.
- [6] PT. PLN (Persero). (2014). "Pedoman Penambahan Pembangkit Listrik Energi Terbarukan ke Sistem Distribusi PLN". PT. PLN (Persero): Jakarta.
- [7] Rezi Purnonomo. 2016. "Studi Kelayakan titik Sambung PLTA KASKADE 3 MW Aplikasi GI Lubuk Alung" ITP: Padang.