

## Analisa Aliran Beban dalam Rangka Persiapan Interkoneksi Sistem PLTMH di Durian Tibarau Pasaman Barat

Cahayahati<sup>1</sup>, Ija Darmana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta, Jalan Gajah Mada no.19 Olo Nanggalo Padang 25143, Indonesia

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received December 16, 2022

Revised Februari 28, 2023

Accepted Februari 28, 2023

#### Keywords :

PLTMH

Sistem Interkoneksi

Aliran Daya

Adaptive Newton Raphson

ETAP 12.6

### ABSTRACT

In Durian Tibarau, West Pasaman, there are 6 Micro Hydro Power Plants (MHPP) with a total installed capacity of 234.5 kVA or 187.6 kW, 3 Phase, 400 V, 50 Hz. The 6 MHPP are adjacent to each operating location. For this reason, it is necessary to analyze the interconnection load flow of the MHPP system, to see the initial conditions of the voltage state, load flow and power losses. The formulation of the load flow equation is based on the power system of 6 MHPP buses, 6 load buses and 12 line, 400 Volt voltage. Completion of load flow analysis using the Adaptive Newton Raphson method with an iteration process and application of the Electrical Transient Analysis Program (ETAP) 12.6. The results of the load flow research show that the bus that is close to the generator is at nominal voltage while the bus that is far from the generator has a voltage drop. The biggest line power losses occur in the difference in bus voltage values from the sending side bus to the receiving side bus. The total power generated by MHPP is equal to the total consumer load plus the total line power losses.

Di Durian Tibarau, Pasaman Barat ada 6 unit Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) dengan total kapasitas terpasang 234,5 kVA atau 187,6 kW, 3 Phasa 400 V 50 Hz. Ke 6 unit PLTMH tersebut berdekatan letaknya beroperasi masing-masing. Untuk itu perlu dilakukan analisa aliran beban interkoneksi sistem PLTMH, untuk melihat kondisi awal keadaan tegangan, aliran beban dan rugi-rugi daya. Rumusan persamaan aliran beban berdasarkan sistem tenaga 6 bus PLTMH, 6 bus beban dan 12 saluran tegangan 400 Volt. Penyelesaian analisa aliran beban menggunakan metoda Adaptive Newton Raphson dengan proses iterasi dan aplikasi Electrical Transien Analisis Program (ETAP) 12.6. Hasil penelitian aliran beban menunjukkan bahwa bus yang dekat dengan pembangkit berada pada tegangan nominal sedangkan bus yang jauh dari pembangkit turun tegangannya. Hasil rugi-rugi beban saluran terbesar terjadi pada perbedaan nilai tegangan bus dari bus sisi kirim ke bus sisi terima. Total daya dibangkitkan PLTMH sama dengan total beban konsumen ditambah dengan total rugi-rugi daya saluran.

#### Corresponding Author:

Cahayahati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta, Jalan Gajah Mada no.19 Olo Nanggalo Padang 25143

Email: [cahayahati@bunghatta.ac.id](mailto:cahayahati@bunghatta.ac.id)

### 1. PENDAHULUAN

Studi aliran beban pada interkoneksi sistem tenaga listrik untuk melihat kemampuan sistem pembangkit menyalurkan daya ke titik beban. Hasil perhitungan aliran beban dapat dinyatakan sebagai kondisi awal tegangan, daya mengalir pada saluran dan rugi-rugi daya pada saluran. Pembahasan interkoneksi sistem tenaga listrik pada sistem skala besar dengan kapasitas pembangkit besar dan titik beban tersebar dengan jarak cukup jauh dari pusat pembangkit. Sedangkan studi aliran beban yang dibahas ini merupakan

interkoneksi sistem pembangkit skala kecil sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) menyalurkan daya ke beban pada tegangan rendah dan kapasitas daya kecil.

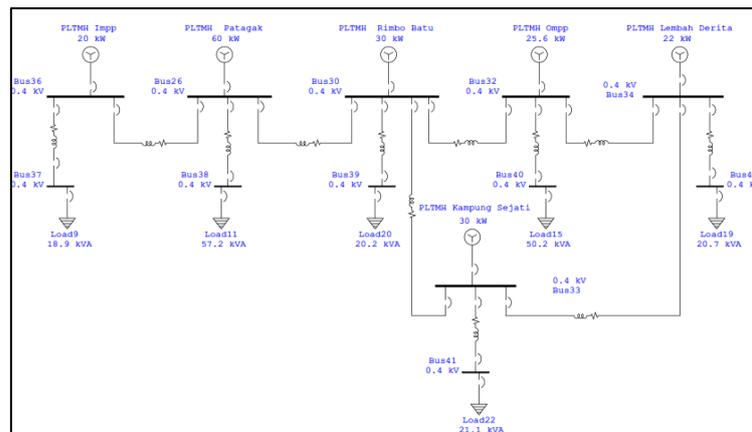
Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan pembangkit yang beroperasi memanfaatkan debit air sungai dan jatuh air didaerah terpencil. PLTMH beroperasi menyalurkan daya ke titik beban dengan jarak pendek sehingga tegangan operasi yang dibangkitkan sama dengan tegangan pada titik beban. Di Durian Tibarau Pasaman Barat Sumatera Barat beroperasi 6 unit PLTMH masing-masing beroperasi melayani 1 titik beban rumah dengan jarak berdekatan. Kondisinya ada PLTMH mempunyai kelebihan kapasitas yang dibangkitkan dari kebutuhan beban konsumen dan ada PLTMH kekurangan kapasitas daya yang dibangkitkan untuk disalurkan pada konsumen. Solusi untuk menyelesaikan keadaan ini dengan melakukan interkoneksi 6 unit PLTMH untuk melayani beban rumah di nagari.

Dalam menyelesaikan analisa aliran beban interkoneksi sistem 6 bus PLTMH, 6 bus beban dan 12 saluran pada sistem tegangan rendah memodelkan sistem interkoneksi dalam diagram satu garis. Data yang dibutuhkan adalah data 6 unit PLTMH, data 12 saluran jaringan dan 6 data beban dimasukkan dalam persamaan aliran daya menggunakan metode Adaptive Newton Raphson dalam aplikasi ETAP 12.6.

## 2. METODE

### 2.1. Model Sistem Interkoneksi PLTMH

Sistem Interkoneksi pada 6 unit PLTMH yang terdiri dari 1) PLTMH IMPP Kapasitas: 20 kW, 2) PLTMH Patagak Kapasitas: 60 kW, 3) PLTMH OMPP Kapasitas: 25.6 kW, 4) PLTMH Lembah Derita Kapasitas: 22 kW, 5) PLTMH Rimbo Batu Kapasitas: 30 kW dan 6) PLTMH Kampung Sejati Kapasitas terpasang: 30 kW dengan sistem 3 Phasa, 400 V, faktor daya 0,8 dan frekuensi 50 Hz. Sistem interkoneksi PLTMH ditampilkan dalam diagram satu garis 6 bus unit PLTMH, 6 bus beban dan 12 saluran digambar sebagai berikut:



**Gambar 1** Diagram Satu Garis Interkoneksi sistem PLTMH

Untuk menyelesaikan perhitungan aliran beban sistem interkoneksi 6 bus PLTMH, 6 bus Beban dan 12 saluran jaringan tegangan rendah memerlukan data pembangkit, data jaringan, data beban. Sedangkan untuk proses perhitungan menggunakan persamaan daya aktif dan reaktif, persamaan daya yang mengalir dan persamaan rugi-rugi aluran diselesaikan dengan metode Adaptive Newton Raphson dan aplikasi ETAP 12.6.

### 2.2. Persamaan Aliran Beban

Dalam menyelesaikan analisa aliran beban pada sistem interkoneksi PLTMH, bus sistem dibagi dalam tiga kategori, yaitu: 1) Bus referensi (swing bus) hanya satu bus dipilih bus mempunyai kapasitas daya terbesar sebagai bus penadah. 2) Bus P,V bus pembangkitan pada bus ini besaran tegangan  $[V]$ , dan daya aktif P ditetapkan sedangkan sudut fase tegangan  $\emptyset$ , dan daya reaktif Q dihitung dimana Q harus pada batas  $Q_{min} \leq Q \leq Q_{maks}$ . Bus beban (P-Q bus) pada bus ini daya aktif P dan daya reaktif Q ditetapkan dan besaran tegangan  $[V]$  dan sudut tegangan  $\emptyset$  bus dihitung.

Persamaan tegangan pada bus i dan bus j dan admitansi antara bus i dan j dinyatakan sebagai berikut:

$$V_i = e_i + jf_i \quad V_j = e_j + jf_j \quad Y_{ij} = G_{ij} - jB_{ij} \quad (1)$$

Persamaan aliran daya aktif  $P_i$  dan daya reaktif  $Q_i$  sistem 6 bus unit PLTMH, 6 bus beban sebagai berikut:

$$P_i = \sum_{j=1}^{12} \{e_i(e_j G_{ij} + f_j B_{ij}) + f_i(f_j G_{ij} - e_j B_{ij})\} \quad (2)$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^{12} \{f_i(e_j G_{ij} + f_j B_{ij}) - e_i(f_j G_{ij} - e_j B_{ij})\} \quad (3)$$

Dengan diketahui nilai konduktansi saluran  $G_{ij}$  dan susceptansi saluran  $B_{ij}$ , maka besar tegangan bus  $i$  ( $V_i$ ) dapat dihitung daya aktif  $P$  dan reaktif  $Q$  pada bus  $i$ .

Perbedaan daya aktif  $\Delta P_i^k$  sama dengan nilai daya aktif  $P_{i(jadwa)}$  yang dijadwalkan dikurang dengan nilai daya aktif  $P_i^k$  yang dihitung pada bus  $i$  dan Perbedaan daya reaktif  $\Delta Q_i^k$  sama dengan daya reaktif  $Q_{i(jadwa)}$  yang dijadwalkan dikurang dengan nilai daya reaktif  $Q_i^k$  yang dihitung pada bus  $i$ . persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta P_i^k &= P_{i(jadwa)} - P_i^k \\ \Delta Q_i^k &= Q_{i(jadwa)} - Q_i^k \quad i = 1, 2, \dots, n-1 \end{aligned} \quad (4)$$

Persamaan linier yang dibentuk untuk menyatakan hubungan antara perubahan daya aktif dan daya reaktif dengan tegangan kompleks bus dalam koefisien matriks Jacobian sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \Delta P_1 \\ \dots \\ \Delta P_{n-1} \\ \Delta Q_1 \\ \dots \\ \Delta Q_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_1}{\partial e_1} & \dots & \frac{\partial P_1}{\partial e_{n-1}} & \left[ \frac{\partial P_1}{\partial f_1} & \dots & \frac{\partial P_1}{\partial f_{n-1}} \right] \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial P_{n-1}}{\partial e_1} & \dots & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial e_{n-1}} & \left[ \frac{\partial P_{n-1}}{\partial f_1} & \dots & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial f_{n-1}} \right] \\ \frac{\partial Q_1}{\partial e_1} & \dots & \frac{\partial Q_1}{\partial e_{n-1}} & \left[ \frac{\partial Q_1}{\partial f_1} & \dots & \frac{\partial Q_1}{\partial f_{n-1}} \right] \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial e_1} & \dots & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial e_{n-1}} & \left[ \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial f_1} & \dots & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial f_{n-1}} \right] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta e_1 \\ \dots \\ \Delta e_{n-1} \\ \Delta f_1 \\ \dots \\ \Delta f_{n-1} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Tegangan bus yang diestimasi dan dihitung daya yang digunakan untuk menghitung arus bus dalam mengevaluasi elemen-elemen Jacobian. Persamaan linier (5) dapat diselesaikan untuk  $\Delta e_i$  dan  $\Delta f_i$ , Estimasi baru untuk tegangan bus sebagai berikut:

$$e_i^{k+1} = e_i^k + \Delta e_i^k \quad (6)$$

$$f_i^{k+1} = f_i^k + \Delta f_i^k \quad (7)$$

Dari persamaan 6 dan 7 didapat hasil tegangan kompleks pada setiap bus yang terakhir dari proses iterasi. Sedangkan daya aktif dan daya reaktif yang mengalir pada saluran menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_{ij} - jQ_{ij} = (e_i - jf_i) \left( \frac{(e_j + jf_j) - (e_i + jf_i)}{R_{pq} + jX_{pq}} \right) \quad (8)$$

$$P_{ji} - jQ_{ji} = (e_j - jf_j) \left( \frac{(e_j + jf_j) - (e_i + jf_i)}{R_{ij} + jX_{ij}} \right) \quad (9)$$

Daya aktif dan reaktif mengalir di saluran yang berada diantara bus i dan j, begitu juga sebaliknya daya aktif dan reaktif mengalir dari bus j ke bus i dapat dihitung berdasarkan nilai tegangan bus dan impedansi saluran yang didapat.

Persamaan rugi-rugi daya pada saluran dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

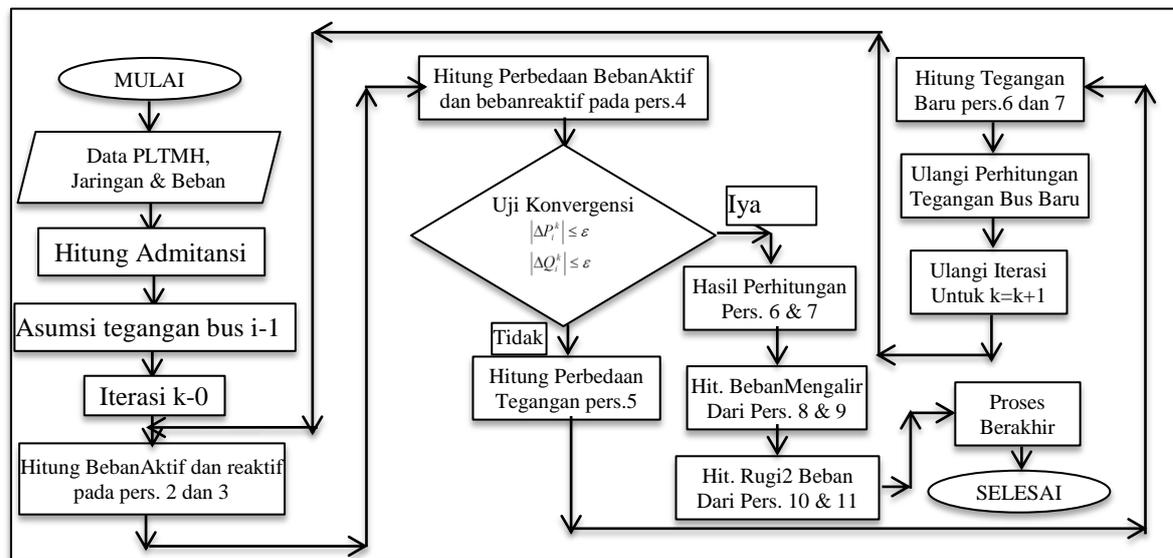
$$P_{rugi2} = P_{ij} + P_{ji} \quad (10)$$

$$Q_{rugi2} = Q_{ij} + Q_{ji} \quad (11)$$

Perhitungan rugi-rugi daya saluran  $P_{rugi2}$  yang berada diantara bus i dan bus j menggunakan hasil perhitungan daya yang mengalir dari bus i ke bus j ditambah daya yang mengalir dari bus j ke bus i. Total rugi-rugi daya aktif dan reaktif semua saluran menjadi hasil daya aktif dan reaktif pada slack bus.

### 2.3. Diagram Alir Adaptive Newton Raphson

Metode Newton –Raphson untuk penyelesaian studi aliran beban berdasarkan proses iterasi dengan pendekatan fungsi dengan deret Taylor non linear pada turunan kedua dan yang lebih tinggi dari deret dihilangkan atau persamaan linear. Berdasarkan persamaan aliran beban yang diselesaikan dengan metode Adaptive Newton Raphson dinyatakan dalam diagram alir sebagai berikut:



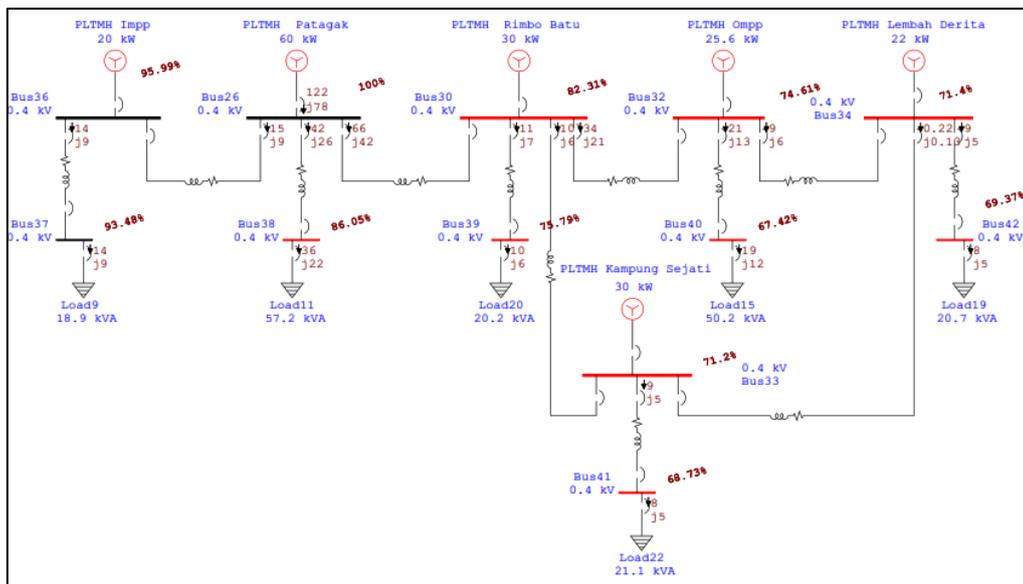
Gambar 2 Diagram Alir Aliran Beban Metode Adaptive Newton Raphson

Proses perhitungan aliran bebandengan metode iterasi Adaptive Newton Raphson dimulai dari data PLTMH, data jaringan dan data beban. Data tersebut digunakan untuk menghitung admitansi, dayaaktif dan reaktif pada bus, Perbedaan daya aktif dan reaktif, perbedaan tegangan. Hasil perhitungan didapat nilai tegangan pada 12 bus, daya mengalir pada 12 saluran dan rugi-rugi daya pada saluran. Proses iterasi akan berhenti (konvergensi) ketika nilai mutlak perbedaan daya aktif dan reaktif sudah lebih kecil atau sama dengan epsilon  $|\Delta P_i^k| \leq \epsilon$  dan  $|\Delta Q_i^k| \leq \epsilon$ .

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan aliran beban dengan metode Adaptive Newton Raphson menggunakan ETAP 12,6 sistem interkoneksi 6 bus PLTMH total daya 223,38 kVA, 6 bus beban total 188,3 kVA dan 12 saluran tegangan rendah 400 V, 3 phase 50 Hz dengan epsilon 0,0001 konvergensi pada iterasi 99.

Aliran beban sistem interkoneksi untuk tegangan bus terdapat pada bus 26 ada PLTMH Patagak sebagai bus Swing tegangan dijaga pada tegangan nominal 400 V atau 100%. Sedangkan 11 bus lainnya sebagai bus beban dengan tegangan drop lebih kecil 10 % terjadi pada bus 36 ada PLTMH IMPP nilai tegangan 383,96 V atau 95,99% dan bus 37 bus beban, nilai tegangan 373,92 V atau 93,48% kedua bus ini dekat dengan bus Swing. Sisa 9 bus lagi nilai tegangan bus drop lebih besar dari 10% terjadi pada bus 38 bus beban sebesar 344,2 V atau 86,05% dekat dengan swing bus, pada bus 30 bus ada PLTMH Rimbo Batu sebesar 329,24 V atau 82,31%, pada bus 39 bus beban sebesar 303,16 V atau 75,79%, pada bus 32 bus ada PLTMH OMPP sebesar 298,44 V atau 74,61%, pada bus 34 ada PLTMH Lembah Derita sebesar 285,6 V atau 71,4%, pada bus 42 bus beban sebesar 277,48 V atau 69,37%, pada bus 33 ada PLTMH Kampung Sejati sebesar 284,8 V atau 71,2%, pada bus 41 bus beban sebesar 274,92 V atau 68,73% dan pada bus 40 bus beban sebesar 269,68 V atau 67,42%. Jadi nilai drop tegangan terbesar terjadi pada bus 40 bus daya sebesar 130,32 V atau 32,58% kondisi menggambarkan keadaan tegangan sistem tidak bagus. Bentuk tampilan single line hasil perhitungan aliran beban sistem 6 bus PLTMH, 12 bus beban dan 12 saluran dapat dilihat pada Gambar 3 sebagai berikut:



Gambar 3 Hasil Aliran Beban 6 Bus PLTMH, 6 Bus Beban dan 12 Saluran

Hasil perhitungan aliran beban yang mengalir pada 12 saluran, nilai tegangan pada 12 bus tegangan 400 V sistem interkoneksi PLTMH dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut:

Daya yang mengalir pada 12 saluran tegangan 400 V pada tabel 1 diperlihatkan ada 24 keadaan daya yang mengalir pada saluran dengan dua arah. Aliran beban yang terbesar terjadi antara bus 26 dan bus 30 sebesar daya aktif 65.626 kW, daya reaktif 42.116 kVAR, arus 112.6 A, power faktor 84.2%. Penghantar yang digunakan kabel twisted 35 mm<sup>2</sup> dengan Kuat Hantar Arus (KHA) 180 A sedangkan arus mengalir 112,6 A, berarti baru sebesar 62,5% menghantar dilewati arus. Aliran daya yang terkecil terjadi antara bus 34 dan bus 33 sebesar daya aktif 0,215 kW, daya reaktif 0,132 kVAR, arus 0,5 A, power faktor 85.2%. Penghantar yang digunakan kabel twisted 35 mm<sup>2</sup> dengan Kuat Hantar Arus (KHA) 180 A sedangkan arus mengalir 0,5 A, power faktor 85,2%, berarti masih kecil arus melewati penghantar tersebut.

Hasil perhitungan rugi-rugi daya pada 12 saluran terlihat bahwa rugi-rugi daya terbesar pada saluran line 16 yang menghubungkan antara bus 26 dengan bus 30 sebesar 11,3 kW dan 7,9 kVAR. Rugi-rugi daya terkecil pada saluran line 20 yang menghubungkan antara bus 34 dengan bus 33 mendekati 0,0 kW dan 0,0 kVAR

**Tabel 1** Hasil Aliran Beban 12 Saluran 400 V

Bus ID	Voltage			Generation		Load		Load Flow				XFMR	
	V	% Mag	Ang	kW	kvar	kW	kvar	ID	kW	kvar	Amp	%PF	%Tap
* Bus26	400	100.000	0.0	122.3	77.7	0	0	Bus36	15.002	9.367	25.5	84.8	
								Bus30	65.626	42.116	112.6	84.2	
								Bus38	41.646	26.231	71.0	84.6	
Bus30	400	82.309	-0.4	0	0	0.0	0.0	Bus26	-54.285	-34.243	112.6	84.6	
								Bus32	33.746	21.336	70.0	84.5	
								Bus33	9.845	6.219	20.4	84.5	
								Bus39	10.705	6.695	22.1	84.8	
Bus32	400	74.608	-0.7	0	0	0.0	0.0	Bus30	-30.674	-19.204	70.0	84.8	
								Bus34	9.301	5.809	21.2	84.8	
								Bus40	21.381	13.400	48.8	84.7	
Bus33	400	71.199	-0.8	0	0	0.0	0.0	Bus30	-8.553	-5.322	20.4	84.9	
								Bus34	-0.215	-0.132	0.5	85.1	
								Bus41	8.780	5.463	21.0	84.9	
Bus34	400	71.399	-0.8	0	0	0.0	0.0	Bus32	-8.913	-5.540	21.2	84.9	
								Bus33	0.215	0.132	0.5	85.2	
								Bus42	8.702	5.411	20.7	84.9	
Bus36	400	95.989	-0.1	0	0	0	0	Bus26	-14.419	-8.963	25.5	84.9	
								Bus37	14.419	8.963	25.5	84.9	
Bus37	400	93.483	-0.2	0	0	14.1	8.7	Bus36	-14.054	-8.710	25.5	85.0	
Bus38	400	86.047	-0.4	0	0	36.0	22.3	Bus26	-35.999	-22.310	71.0	85.0	
Bus39	400	75.787	-0.7	0	0	9.9	6.1	Bus30	-9.882	-6.124	22.1	85.0	
Bus40	400	67.418	-1.0	0	0	19.4	12.0	Bus32	-19.381	-12.011	48.8	85.0	
Bus41	400	68.729	-0.9	0	0	8.5	5.3	Bus33	-8.485	-5.259	21.0	85.0	
Bus42	400	69.366	-0.9	0	0	8.5	5.2	Bus34	-8.462	-5.244	20.7	85.0	

**Tabel 2** Hasil Rugi-Rugi Daya 12 Saluran Tegangan 400 V

CKT / Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	kW	kvar	kW	kvar	kW	kvar	From	To	
Line4	15.0	9.4	-14.4	-9.0	0.6	0.4	100.0	96.0	4.01
Line16	65.6	42.1	-54.3	-34.2	11.3	7.9	100.0	82.3	17.69
Line24	41.6	26.2	-36.0	-22.3	5.6	3.9	100.0	86.0	13.95
Line17	33.7	21.3	-30.7	-19.2	3.1	2.1	82.3	74.6	7.70
Line19	9.8	6.2	-8.6	-5.3	1.3	0.9	82.3	71.2	11.11
Line25	10.7	6.7	-9.9	-6.1	0.8	0.6	82.3	75.8	6.52
Line18	9.3	5.8	-8.9	-5.5	0.4	0.3	74.6	71.4	3.21
Line26	21.4	13.4	-19.4	-12.0	2.0	1.4	74.6	67.4	7.19
Line20	-0.2	-0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	71.2	71.4	0.20
Line27	8.8	5.5	-8.5	-5.3	0.3	0.2	71.2	68.7	2.47
Line29	8.7	5.4	-8.5	-5.2	0.2	0.2	71.4	69.4	2.03
Line23	14.4	9.0	-14.1	-8.7	0.4	0.3	96.0	93.5	2.51
					26.0	18.1			

Pada saluran (Line 16) rugi-rugi daya besar dibandingkan dengan saluran yang karena perbedaan tegangan sisi kirim 100% dengan sisi terima 82,3% sebesar 17,7% dan daya yang mengalir pada line 16 besar 65,6 kW sementara ukuran penampang saluran sama dengan saluran yang lain 35 mm<sup>2</sup>. Pada saluran (line 20) rugi-rugi daya kecil mendekati nol karena perbedaan tegangan sisi kirim 71,2% dengan sisi terima 71,4% sebesar 0,2% dan daya yang mengalir pada line 20 kecil 0,2 kW dengan ukuran penampang saluran 35 mm<sup>2</sup>.

#### 4. KESIMPULAN

Aliran beban sistem interkoneksi PLTMH didapat tegangan terbesar pada bus 26 sebesar 400 Volt sebagai swing bus dan tegangan terkecil pada bus 40 (beban) sebesar 67,42% atau 268,68 Volt. Aliran beban terbesar pada saluran 16 (bus26-bus30) sebesar 65.63 kW dan 42.12 kVAr dan beban terkecil mengalir pada saluran 20 (bus33-bus34) sebesar 0,215 kW dan 0,132 kVAr. Total yang dibangkitkan oleh 6 unit PLTMH sebesar 122.3 kW dan 77.7 kVAr. Daya yang disalurkan ke beban sebesar 96.3 kW dan 59.7 kVAr dan total rugi-rugi saluran sebesar 26.0 kW dan 18.1 kVAr. Power Faktor di bus pembangkit dan beban diatas 84% Lagging, artinya beban bersifat induktif

## REFERENSI

1. E. Darmawan, D. Nugroho, *Analisa Koordinasi Over Current Relay Dan Ground Fault Relay Di Sistem Proteksi Feeder Gardu Induk 20 kV Jababeka*.
2. H. Suyono, R. N. Hasanah, Teguh Utomo, Markus D. Letik, *Analisa Stabilitas Sistem Beban Pada Interkoneksi PLTMH Ampelgading Di Gardu Induk Turen*. Desember 2012
3. I.G.N Rudy, I.W. Rinas, I.M. Suartika, *Analisa Setting Relay Pengaman Generator Pltg Di Pt Indonesia Power Ubp Bali Unit Pesanggaran*, Desember 2015
4. I G. P. A. Wartama, *Interkoneksi Daya Listrik Tenaga Minihidro Tukad Balian Tabanan Dengan Jaringan Listrik PLN Menggunakan Simulink*, 2015
5. N. Mayendra, Cahayahati and Arzul, 'Perencanaan Pemasangan Dan Koordinasi OCR dan GFR Pada Sistem Interkoneksi PLTMH Aplikasi Interkoneksi PLTMH Durian Timbarau Pasaman Barat Diploma thesis, Universitas Bung Hatta, 2021
6. R. A. Pribadi dan Cahayahati, *Perancangan Sistem Distribusi Interkoneksi Multi Pltmh Di Kawasan Durian Tibarau Vi Koto Utara, Kinali, Pasaman Barat*, September 2018.
7. S.Sukamta, A. Kusmanto, *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur*, Desember 2013
8. W. A. Nugroho, M. Facta, Karnoto, *Koordinasi Penempatan Peralatan Proteksi Jenis Arus Lebih (OCR) Dan Pelebur (FCO) Di Penyulang 20 kV dari GI 150/20 kV Mrica Banjarnegara*, Desember 2014
9. Zulkarnaini, Ujang Rahman Hakim, *Evaluasi Koordinasi Over Current Relay (OCR) Dan Ground Fault Relay (GFR) Pada Feeder GH Lubuk Buaya*, Februari 2014

## BIOGRAPHY OF AUTHORS



**Cahayahati** adalah staf pengajar di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta sejak tahun 1993. Menyelesaikan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bung Hatta tahun 1992, pendidikan S2 di Program Studi Elektroteknik Program Pasca Sarjana Institut Teknologi Bandung Tahun 1996. Bidang penelitian yang ditekuni saat ini adalah Sistem Tenaga Listrik. Email; cahayahati@bunghatta.ac.id



**Ija Darmana** adalah staf pengajar jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta sejak Tahun 1993. Menyelesaikan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bung Hatta tahun 1991, pendidikan S2 di Program Studi Elektroteknik Program Pasca Sarjana Institut Teknologi Bandung Tahun 1996, pendidikan S3 di Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang 2018. Bidang penelitian yang ditekuni saat ini adalah Sistem Tenaga Listrik. Email; ija.darmana@bunghatta.ac.id