

Studi Analisa *Governor* Terhadap Sistem Pembebanan pada Generator PLTM Gumanti 3 PT. Supraco Mitra Energie

Fahmi Zikra*, Rosnita Rauf, Budiman

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Universitas Ekasakti, Padang

*Email : fahmizikra233@gmail.com

ABSTRAK

PLTM Gumanti-3 merupakan pembangkit listrik tenaga air yang memanfaatkan head 116 m dan debit 4,8 m³/s dari Sungai Gumanti. Pembangkit ini memiliki dua unit turbin Francis yang digerakkan generator sinkron 3 fasa berkapasitas 4794 kVA, 6300 V, 750 rpm. Energi listrik dari generator dinaikkan tegangannya menjadi 20 kV melalui trafo 6000 kVA untuk disalurkan ke PT PLN. Penelitian ini menganalisis kestabilan sistem tenaga, khususnya pengaturan beban oleh generator dan governor, menggunakan metode deskriptif. Hasil menunjukkan hubungan linier antara arus dan daya semu di sisi 6,3 kV, arus tertinggi 306 A menghasilkan daya semu 3.388,03 kVA (pukul 11:00), sedangkan arus 287 A menghasilkan 3.177,66 kVA (pukul 10:00). Pada sisi 21,7 kV, daya semu puncak mencapai 6.782,29 kVA dengan arus rata-rata 181,5 A. Fluktuasi tegangan kecil (21,6 kV) tidak berpengaruh signifikan terhadap daya semu. Arus primer dan sekunder transformator menunjukkan kestabilan yang sebanding. Daya aktif berbanding lurus dengan debit air, dengan puncak 3.354,15 kW pada debit 4,21 m³/s (pukul 11:00 dan 16:00). Pada pukul 00:00, daya aktif 3.058,20 kW dengan debit 3,84 m³/s, dan pada pukul 19:00 menurun menjadi 3.310,31 kW dengan debit 4,16 m³/s. Hal ini menunjukkan governor bekerja efektif menjaga kestabilan kecepatan turbin dan performa sistem. Secara keseluruhan, PLTM Gumanti-3 beroperasi stabil dengan pengendalian governor yang efisien.

Kata Kunci: PLTM, Generator, Governor, Arus, Daya Semu, Daya Reaktif, Faktor Daya

1. PENDAHULUAN

Pengembangan PLTM selalu memanfaatkan aliran air dengan ketinggian tertentu yang kemudian digunakan untuk menghasilkan energi listrik dari turbin dan generator. Jika semakin besar debit air yang mengalir, maka semakin besar pula energi listrik yang berpotensi dihasilkan. Salah satu PLTM di Indonesia yang memanfaatkan potensi ini terletak di Sumatra Barat, tepatnya di Desa Sariak Alahan Tigo, Kecamatan Hiliran Gumanti, Kabupaten Solok. Pembangkit listrik ini dioperasikan oleh PT. Supraco Mitra Energie, yang memanfaatkan tinggi jatuh air (*head*) dan debit air Sungai Gumanti sebagai sumber energi mekanik untuk turbin.

Generator listrik merupakan mesin pengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Energi mekanik yang dihasilkan turbin dari air yang memiliki tinggi jatuh tertentu (*head*) diubah menjadi energi listrik oleh generator. Dalam proses ini, diperlukan arus penguat untuk menghasilkan medan magnet pada kumparan medan di rotor generator. Medan magnet ini akan menentukan besarnya tegangan keluaran generator, yang perlu disesuaikan dengan beban. Oleh karena itu, parameter seperti arus eksitasi, tegangan keluaran, daya aktif, faktor daya, frekuensi, dan tinggi jatuh air (*head*) harus dianalisis untuk memastikan sistem pembangkitan bekerja sesuai kebutuhan.

Penyesuaian beban pada pembangkit dilakukan oleh governor yang mengatur kecepatan turbin dengan mengendalikan jumlah air yang masuk ke turbin. Governor berfungsi menjaga kestabilan frekuensi agar sesuai dengan standar sistem kelistrikan. Stabilitas ini sangat dipengaruhi oleh *head*, di mana *head* yang konstan memastikan pasokan energi mekanik ke turbin tetap stabil. Kecepatan turbin yang stabil, pada gilirannya, akan meningkatkan efisiensi eksitasi dalam menghasilkan medan magnet

yang sesuai. Hubungan ini penting karena kestabilan eksitasi langsung memengaruhi tegangan keluaran generator yang digunakan oleh konsumen. Oleh karenanya frekuensi yang di bangkitkan sama dengan yang digunakan oleh konsumen, dan frekuensi akan berkurang apabila kebutuhan daya yang digunakan oleh konsumen lebih besar dari yang dibangkitkan.

Dengan melihat besarnya potensi air tiap daerah di Indonesia terutama di daerah Sumatra Barat yaitu di Desa Sariak Alahan Tigo Kecamatan Hiliran Gumanti Kabupaten Solok telah ada sebuah PLTM. Namun keseimbangan antara pembangkitan dan beban sangat mempengaruhi kestabilan sistem tenaga listrik pada saat pengoprasian governor yang terkadang bekerja tidak stabil, maka dilakukan analisa pada generator dan governor untuk mengetahui tegangan pada waktu yang telah ditentukan. Oleh karena itu, dilakukan analisis pada generator dan governor, termasuk pengumpulan data daya aktif, arus, tegangan generator, faktor daya, frekuensi, dan tinggi jatuh air (head), untuk mengevaluasi kinerja eksitasi dan governor dalam menjaga stabilitas sistem pembangkitan.

2. METODE

2.1 Jenis Penelitian

Jenis Penelitian ini termasuk Penelitian Deskriptif, yang bertujuan untuk mengatur beban pada unit I PLTM Gumanti PT. Supraco Mitra Energie dengan mengatahui tegangan menggunakan alat ukur

2.2 Alat Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data adalah bagian paling penting dalam sebuah penelitian karena tujuan utama dari penelitian adalah mendapatkan data. Teknik pengumpulan data adalah metode atau cara yang di gunakan dalam proses penelitian untuk mengumpulkan data dan informasi yang di perlukan oleh peneliti dalam rangka untuk mencapai tujuan penelitian. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data dilapangan, mengumpulkan data dari laporan perusahaan, mengalisa data yang telah dikumpulkan dan melakukan analisa eksitasi dan governor.

2.3 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini berupa analisis deskriptif, yaitu suatu teknik untuk mengungkapkan dan memaparkan data yang dikumpulkan. Dari data yang dikumpulkan kemudian di lakukan perhitungan dan analisa data secara deskriptif yaitu dengan cara memaparkan secara objektif dan sistematis situasi yang ada di lapangan.

Variasi data yang telah diperoleh akan diolah dan dianalisis untuk mendapatkan hasil analisa dan penggambaran grafik pada tiap variasi data, pengambilan kesimpulan dan saran, berupa analisa data harian perbandingan arus terhadap daya semu, perhitungan arus sekunder dan arus primer dan perhitungan debit air.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Sistem Kelistrikan

1. Berdasarkan Data Generator Sinkron 3 Phasa PLTM Gumanti-3, Dimana:

$$S = 4794 \text{ kVA}$$

$$V = 6300 \text{ V}$$

$$I = 439,3 \text{ A}$$

$$Nr = 750 \text{ Rpm}$$

$$Pf = 0,8$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$\text{Maka Arus, } I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{4794 \text{ kVA}}{1,73 \cdot 6,3 \text{ kV}} = 439,85 \text{ A}$$

Maka Daya Aktif

$$\begin{aligned} P &= S \cdot \cos \varphi \\ &= 4794 \text{ kVA} \times 0,8 \\ &= 3.835,2 \text{ kW} \end{aligned}$$

Diketahui Kecepatan Putaran Generator, Nr = 750 rpm

Maka Jumlah Kutubnya adalah

$$\begin{aligned} Nr &= \frac{120 \cdot f}{P} \\ P &= \frac{201,5}{Nr} = \frac{120,5}{750} = 8 \text{ Kutub} \end{aligned}$$

2. Berdasarkan Data Trafo Distribusi PLTM Gumanti-3, Dimana:

$$S = 6000 \text{ kVA}$$

$$V_p = 6300 \text{ V}$$

$$V_s = 20000 \text{ V}$$

Maka Arus Primer

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_p} = \frac{6000 \text{ kVA}}{1,73 \cdot 6,3 \text{ kV}} = 550,51 \text{ A}$$

$$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_s} = \frac{6000 \text{ kVA}}{1,73 \cdot 20 \text{ kV}} = 173,41 \text{ A}$$

Berdasarkan data arus beban PLTM Gumanti-3, maka daya semu generator di sisi tegangan 6,3 kV adalah:

Data arus beban PLTM Gumanti-3 pada jam 00:00 adalah:

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I_{rata-rata}$$

$$S = \sqrt{3} \cdot 6,4 \text{ kV} \cdot 279 \text{ A}$$

$$S = 3.089,09 \text{ kVA}$$

Dengan cara yang sama seperti di atas, maka diperoleh seperti Tabel 1:

Tabel 1. Hasil Perhitungan Daya Semu Disisi Tegangan 6,4 kV

No	Jam	Tegangan (kV)	I _{rata-rata} (A)	Daya Semu (kVA)
1	00:00	6,4	279	3.089,09
2	01:00	6,4	303	3.354,82
3	02:00	6,4	299	3.310,53
4	03:00	6,4	298	3.299,46
5	04:00	6,4	290	3.210,88

No	Jam	Tegangan (kV)	I _{rata-rata} (A)	Daya Semu (kVA)
6	05:00	6,4	294	3.255,17
7	06:00	6,4	297	3.288,38
8	07:00	6,4	297	3.288,38
9	08:00	6,4	297	3.288,38
10	09:00	6,4	296	3.277,31
11	10:00	6,4	287	3.177,66
12	11:00	6,4	306	3.388,03
13	12:00	6,4	305	3.376,96
14	13:00	6,4	304	3.365,89
15	14:00	6,4	305	3.376,96
16	15:00	6,4	304	3.365,89
17	16:00	6,4	306	3.388,03
18	17:00	6,4	303	3.354,82
19	18:00	6,4	302	3.343,74
20	19:00	6,4	302	3.343,74
21	20:00	6,4	298	3.299,46
22	21:00	6,4	300	3.321,60
23	22:00	6,4	297	3.288,38
24	23:00	6,4	289	3.199,81

3. Berdasarkan data arus beban PLTM Gumanti-3, maka daya semu trafo di sisi tegangan 20 kV adalah:

Data arus beban PLTM Gumanti-3 pada jam 00:00 adalah:

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I_{rata-rata}$$

$$S = \sqrt{3} \cdot 21,7 \text{ kV} \cdot 170,8 \text{ A}$$

$$S = 6.412 \text{ kVA}$$

Dengan cara yang sama seperti diatas, maka diperoleh hasilnya pada Tabel 2:

Tabel 2. Hasil Perhitungan Daya Semu Disisi Tegangan 21,7 kV

No	Jam	Tegangan (kV)	I _{rata-rata} (A)	Daya Semu (kVA)
1	00:00	21,7	170,8	6.412,00
2	01:00	21,7	172,4	6.472,07
3	02:00	21,7	172,3	6.468,31
4	03:00	21,7	172,9	6.490,84
5	04:00	21,7	165,4	6.209,68
6	05:00	21,7	170,8	6.412,00
7	06:00	21,7	172,2	6.464,56
8	07:00	21,7	171,0	6.419,51
9	08:00	21,7	171,6	6.442,04
10	09:00	21,6	173,2	6.472,14
11	10:00	21,6	176,4	6.591,72
12	11:00	21,6	181,5	6.782,29
13	12:00	21,6	180,6	6.748,66
14	13:00	21,6	180,2	6.733,71

No	Jam	Tegangan (kV)	I _{rata-rata} (A)	Daya Semu (kVA)
15	14:00	21,6	180,7	6.752,40
16	15:00	21,6	180,1	6.729,98
17	16:00	21,6	181,7	6.75240
18	17:00	21,7	178,1	6.686,05
19	18:00	21,7	177,5	6.663,53
20	19:00	21,7	177,6	6.667,28
21	20:00	21,7	178,2	6.689,81
22	21:00	21,7	176,0	6.607,22
23	22:00	21,7	174,7	6.558,43
24	23:00	21,7	170,0	6.381,97

4. Arus data pada trafo di sisi tegangan 6,4 kV adalah 279 A, dan arus data pada trafo di sisi tegangan 21,7 kV adalah 170,8 A.

$$\text{Berdasarkan Perbandingan Tranformasi Trafo, } a = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_p}{I_s}$$

$$\text{Maka, } a = \frac{6,4 \text{ kV}}{21,7 \text{ kV}} = \frac{I_p}{I_s} = 0,295$$

Maka, Arus

$$I_p = 279 \text{ A}$$

Maka,

$$I_s = a \cdot I_p = 0,295 \cdot 279 = 82,31 \text{ A}$$

Maka daya semu trafonya disisi tegangan 20 kV adalah :

$$S = \sqrt{3} \cdot V_s \cdot I_s$$

$$S = \sqrt{3} \cdot 21,7 \cdot 82,31$$

$$S = 3.089,99 \text{ kVA}$$

Dengan cara yang sama seperti di atas, maka diperoleh hasilnya seperti Tabel 3:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Arus Sekunder Transformator

No	Jam	Rasio Tranformasi (a)	I _{Primer} (A)	I _{Sekunder} (A)
1	00:00	0,295	279	82,31
2	01:00	0,295	303	89,39
3	02:00	0,295	299	88,21
4	03:00	0,295	298	87,91
5	04:00	0,295	290	85,55
6	05:00	0,295	294	86,73
7	06:00	0,295	297	87,62
8	07:00	0,295	297	87,62
9	08:00	0,295	297	87,62
10	09:00	0,295	296	87,32
11	10:00	0,295	287	84,67
12	11:00	0,295	306	90,27
13	12:00	0,295	305	89,98
14	13:00	0,295	304	89,68
15	14:00	0,295	305	89,98
16	15:00	0,295	304	89,68
17	16:00	0,295	306	90,27

No	Jam	Rasio Tranformasi (a)	I _{Primer} (A)	I _{Sekunder} (A)
18	17:00	0,295	303	89,39
19	18:00	0,295	302	89,09
20	19:00	0,295	302	89,09
21	20:00	0,295	298	87,91
22	21:00	0,295	300	88,50
23	22:00	0,295	297	87,62
24	23:00	0,295	289	86,26

3.2 Perhitungan Governer

1. Berdasarkan Data Aliran Air PLTM Gumanti-3

$$\begin{aligned} \text{Debit Aliran Air (Q)} &= 4,8 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{Tinggi Jatuh Air (H)} &= 116 \text{ Meter} \\ \text{Efisiensi Total PLTM} &= 70\% (0,7) \\ \text{Daya Semu Generator (S)} &= 4794 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Maka Daya Aktif:

$$\begin{aligned} (P) &= S \cdot \cos \varphi \\ P &= 4794 \text{ kVA} \cdot 0,8 \\ P &= 3.835,2 \text{ kW} \end{aligned}$$

Maka, $P = g \cdot Q \cdot H \cdot \eta$

$$\begin{aligned} P &= 9,81 \cdot 4,8 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 166 \text{ m} \cdot 0,7 \\ P &= 3.823,55 \text{ kW} \text{ Atau } \frac{3.823,55}{0,8} = 4.779 \text{ kVA} \end{aligned}$$

2. Pengaruh Daya Aktif Terhadap Governer

$$Q = \frac{P}{9,81 \cdot H \cdot \eta}$$

Berdasarkan Data PLTM Gumanti-3 Pada Jam 00:00, Diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Tegangan (V)} &= 6,4 \text{ kV} \\ \text{Arus (Irata-rata)} &= 279 \text{ A} \\ \cos \varphi &= 0,99 \end{aligned}$$

Dimana:

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi$$

Maka:

$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3} \cdot 6,4 \text{ kV} \cdot 279 \text{ A} \cdot 0,99 \\ &= 3.058,20 \text{ kW} \end{aligned}$$

Selanjutnya,

$$Q = \frac{3.058,20}{9,81 \cdot 116 \cdot 0,7} = 3,84 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dengan cara yang sama seperti di atas, maka diperoleh seperti Tabel 4:

Tabel 4. Hasil Perhitungan Pengaruh Daya Aktif Terhadap Governer

No	Jam	Tegangan (kV)	Irata-rata	Cos φ	Daya Aktif (kW)	Debit Air (m ³ /s)
1	00:00	0,295	6,4	279	0,99	3.058,20
2	01:00	0,295	6,4	303	0,99	3.321,27
3	02:00	0,295	6,4	299	0,99	3.277,42
4	03:00	0,295	6,4	298	0,99	3.266,46

No	Jam	Tegangan (kV)	Irata-rata	Cos φ	Daya Aktif (kW)	Debit Air (m ³ /s)
5	04:00	0,295	6,4	290	0,99	3.178,77
6	05:00	0,295	6,4	294	0,99	3.222,62
7	06:00	0,295	6,4	297	0,99	3.255,50
8	07:00	0,295	6,4	297	0,99	3.255,50
9	08:00	0,295	6,4	297	0,99	3.255,50
10	09:00	0,295	6,4	296	0,99	3.244,54
11	10:00	0,295	6,4	287	0,99	3.145,89
12	11:00	0,295	6,4	306	0,99	3.354,15
13	12:00	0,295	6,4	305	0,99	3.343,19
14	13:00	0,295	6,4	304	0,99	3.332,23
15	14:00	0,295	6,4	305	0,99	3.343,19
16	15:00	0,295	6,4	304	0,99	3.332,23
17	16:00	0,295	6,4	306	0,99	3.354,15
18	17:00	0,295	6,4	303	0,99	3.321,27
19	18:00	0,295	6,4	302	0,99	3.310,31
20	19:00	0,295	6,4	302	0,99	3.310,31
21	20:00	0,295	6,4	298	0,99	3.266,46
22	21:00	0,295	6,4	300	0,99	3.288,38
23	22:00	0,295	6,4	297	0,99	3.255,50
24	23:00	0,295	6,4	289	0,99	3.167,81

3.3 Perhitungan Debit Air Terhadap Turbin

Rumus yang dipakai untuk perhitungan debit air adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{P}{9,81 \cdot H \cdot \eta}$$

Dengan rumus di atas, maka diperoleh hasilnya seperti Tabel 5 berikut ini:

Tabel 5. Debit Air terhadap Daya Turbin

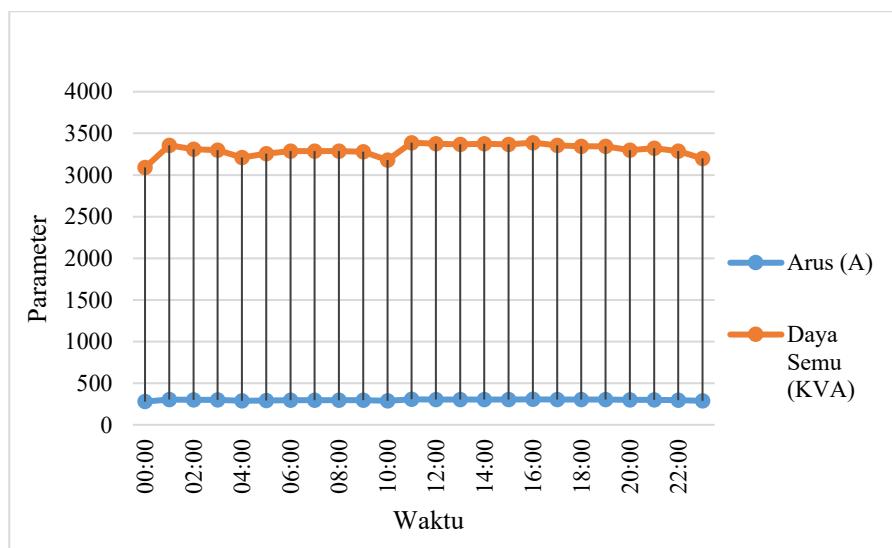
Jam	P (kW)	Q (m ³ /s)
00:00	3250	4.08
01:00	3308	4.15
02:00	3313	4.16
03:00	3138	3.94
04:00	3233	4.06
05:00	3284	4.12
06:00	3298	4.14
07:00	3275	4.11
08:00	3281	4.12
09:00	3250	4.08
10:00	3380	4.24
11:00	3376	4.23
12:00	3380	4.24
13:00	3364	4.22
14:00	3362	4.22
15:00	3347	4.20

Jam	P (kW)	Q (m ³ /s)
16:00	0,295	6,4
17:00	0,295	6,4
18:00	0,295	6,4
19:00	0,295	6,4
20:00	0,295	6,4
21:00	0,295	6,4
22:00	0,295	6,4
23:00	0,295	6,4

3.4 Analisa

- Pengaruh Perubahan Arus Terhadap Daya Semu Disisi Tegangan 6,3 kV

Di sisi tegangan 6,4 kV, hubungan antara arus dan daya semu menunjukkan korelasi yang jelas. Pada pukul 00:00, arus sebesar 279 A menghasilkan daya semu 3.089,09 KVA, yang kemudian meningkat pada pukul 01:00 menjadi 303 A, dengan daya semu mencapai 3.354,82 KVA. Meskipun ada fluktuasi kecil dalam arus, seperti pada pukul 02:00 dan 03:00, di mana arus menurun sedikit menjadi 299 A dan 298 A, daya semu tetap relatif stabil di kisaran 3.310 KVA dan 3.299 KVA. Namun, pada pukul 10:00, meskipun arus turun menjadi 287 A, daya semu mengalami penurunan yang lebih besar menjadi 3.177,66 KVA. Sebaliknya, pada pukul 11:00, dengan arus meningkat menjadi 306 A, daya semu kembali naik menjadi 3.388,03 KVA. Fluktuasi ini menunjukkan bahwa perubahan arus secara langsung memengaruhi daya semu, meskipun faktor daya atau beban yang berbeda dapat mempengaruhi nilai daya semu pada waktu tertentu. Secara keseluruhan, hubungan antara arus dan daya semu di sisi tegangan 6,3 kV dapat dilihat sebagai linear, dengan peningkatan arus berbanding lurus dengan peningkatan daya semu.

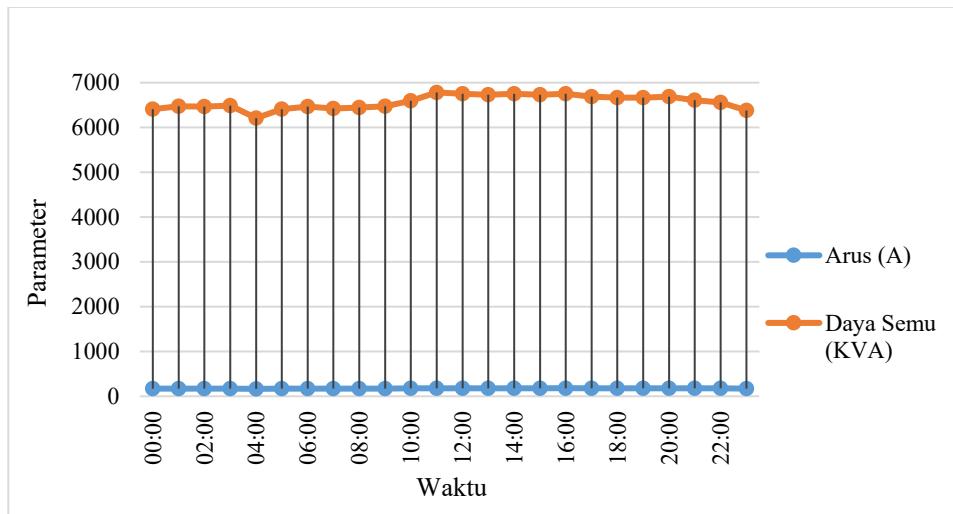


Gambar 1. Grafik Pengaruh Perubahan Arus Terhadap Daya Semu Disisi Tegangan 6,4 kV

2. Pengaruh Perubahan Arus Terhadap Daya Semu Disisi Tegangan 21,7 kV

Berdasarkan data yang diberikan mengenai daya semu di sisi tegangan 21,7 kV. Daya semu bervariasi sepanjang hari, dengan nilai tertinggi tercatat pada pukul 11:00 sebesar 6.782,29 kVA dan terendah pada pukul 23:00 sebesar 6.381,97 kVA. Secara

umum, daya semu menunjukkan fluktuasi yang sejalan dengan perubahan arus rata-rata. Pada jam-jam tertentu, seperti pukul 11:00 dan 16:00, daya semu mengalami peningkatan signifikan, yang berhubungan dengan peningkatan arus rata-rata (181,5 A pada pukul 11:00 dan 181,7 A pada pukul 16:00).



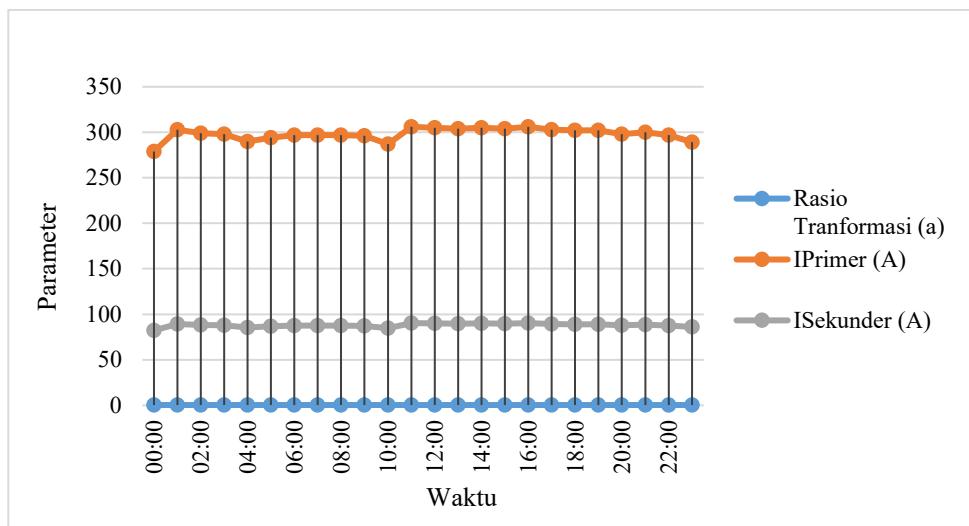
Gambar 2. Grafik Pengaruh Perubahan Arus Terhadap Daya Semu Disisi Tegangan 21,7 kV

Daya semu cenderung meningkat seiring dengan peningkatan arus. Sebagai contoh, pada pukul 00:00, dengan arus rata-rata 170,8 A, daya semu tercatat 6.412,00 kVA, dan pada pukul 10:00, dengan arus rata-rata 176,4 A, daya semu meningkat menjadi 6.591,72 kVA. Meskipun demikian, pada beberapa titik, seperti antara pukul 17:00 dan 23:00, daya semu sedikit menurun meskipun arus tetap relatif stabil. Hal ini bisa dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti beban atau fluktuasi tegangan.

Tegangan tetap konstan di 21,7 kV untuk sebagian besar waktu, dengan sedikit penurunan menjadi 21,6 kV pada beberapa jam, seperti pukul 09:00 hingga 23:00. Penurunan kecil pada tegangan ini tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap daya semu, yang tetap dalam kisaran yang cukup stabil.

- Pengaruh Arus Primer Terhadap Arus Sekunder

Berdasarkan hasil perhitungan arus sekunder transformator, dapat diamati bahwa arus sekunder cenderung berfluktuasi sepanjang hari. Rasio transformasi (a) yang digunakan tetap konstan pada nilai 0,295, yang menunjukkan hubungan tetap antara arus primer dan sekunder pada transformator. Arus primer bervariasi antara 279 A pada pukul 00:00 hingga 306 A pada pukul 11:00, sedangkan arus sekunder yang dihitung berdasarkan rasio transformasi ini berkisar antara 82,31 A pada pukul 00:00 hingga 90,27 A pada pukul 11:00 dan 16:00.

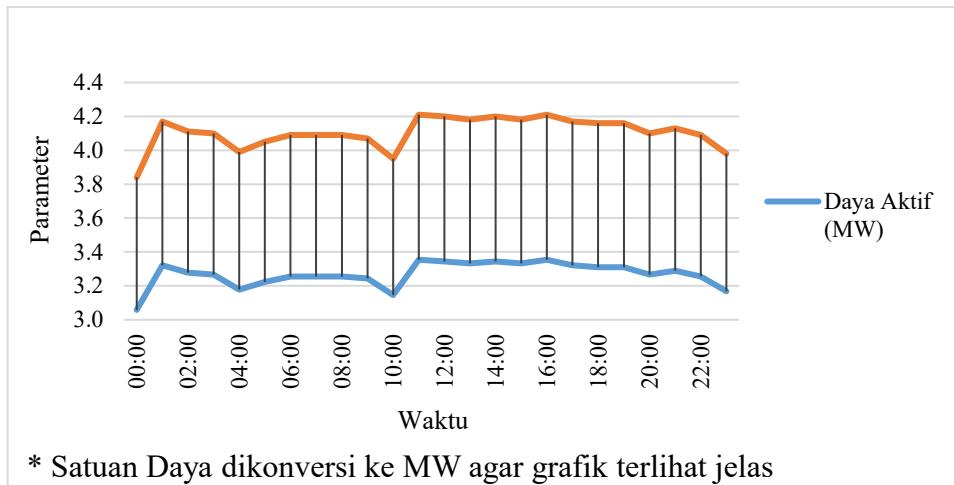


Gambar 3. Grafik Pengaruh Arus Primer Terhadap Arus Sekunder

Secara umum, arus sekunder menunjukkan pola yang sebanding dengan arus primer, di mana arus sekunder lebih rendah dibandingkan dengan arus primer, sesuai dengan rasio transformasi yang digunakan. Fluktuasi arus primer dari jam ke jam, misalnya antara 279 A pada pukul 00:00 dan 306 A pada pukul 11:00, diikuti dengan perubahan arus sekunder yang berada dalam rentang 82,31 A pada pukul 00:00 hingga 90,27 A pada pukul 11:00 dan 16:00. Arus sekunder cenderung lebih stabil pada beberapa jam, seperti pada pukul 07:00 hingga 09:00, di mana arus sekunder tetap sekitar 87,62 A. Selain itu, perbedaan kecil pada nilai arus sekunder dapat terjadi meskipun arus primer mengalami perubahan. Hal ini terlihat pada pukul 05:00, di mana arus primer tercatat 294 A, sementara arus sekunder hanya 86,73 A. Perbedaan kecil pada nilai arus sekunder ini dapat dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti perubahan beban atau fluktuasi arus primer yang tidak selalu berbanding lurus dengan perubahan arus sekunder pada rasio transformasi yang konstan.

- Pengaruh Daya Aktif Terhadap Governer

Berdasarkan hasil perhitungan pengaruh daya aktif terhadap governor, kita dapat mengamati fluktuasi yang signifikan pada daya aktif dan debit air sepanjang hari. Pada pukul 00:00, daya aktif tercatat sebesar 3.058,20 kW dengan debit air 3,84 m³/s. Angka ini meningkat pada pukul 01:00, di mana daya aktif tercatat sebesar 3.321,27 kW dan debit air meningkat menjadi 4,17 m³/s. Fluktuasi daya aktif ini tetap terjadi di jam-jam berikutnya, dengan sedikit penurunan pada pukul 02:00 menjadi 3.277,42 kW, sementara debit air sedikit berkurang menjadi 4,11 m³/s. Puncak daya aktif tercatat pada pukul 11:00 dan 16:00, masing-masing sebesar 3.354,15 kW dengan debit air 4,21 m³/s, menunjukkan bahwa pada jam-jam tersebut, pembangkit memerlukan aliran air yang lebih besar untuk menghasilkan daya yang lebih tinggi.



Gambar 4. Grafik Pengaruh Daya Aktif Terhadap Governor

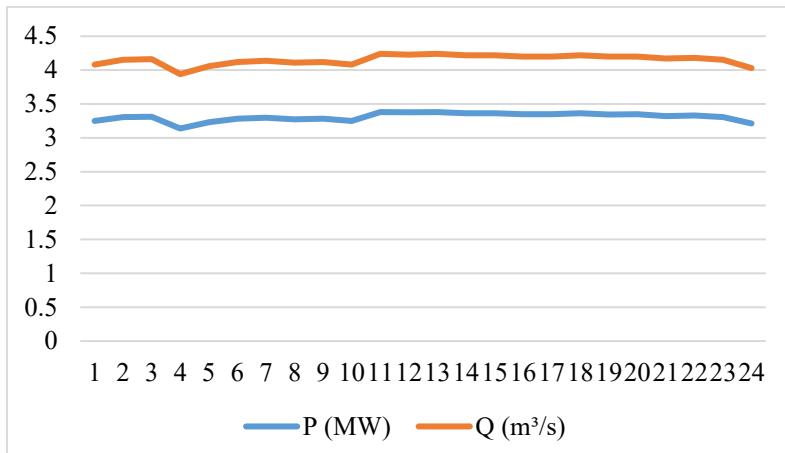
Pada pukul 17:00 dan 18:00, meskipun daya aktif sedikit berkurang menjadi 3.321,27 kW dan 3.310,31 kW, debit air masih cukup stabil di angka 4,16 m³/s. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun daya aktif sedikit menurun, aliran air yang besar tetap diperlukan untuk menjaga kelancaran operasi turbin. Ketika memasuki malam hari, pada pukul 23:00, daya aktif menurun menjadi 3.167,81 kW dengan debit air 3,98 m³/s, mencerminkan penurunan permintaan daya dan pengurangan debit air.

Fluktuasi daya aktif ini secara keseluruhan menunjukkan adanya hubungan langsung antara daya yang dihasilkan dan debit air yang digunakan oleh turbin. Ketika daya aktif meningkat, debit air juga cenderung meningkat untuk mengimbangi kebutuhan daya tersebut. Oleh karena itu, penghitungan debit air yang tepat sangat penting dalam operasi pembangkit hidroelektrik untuk memastikan turbin bekerja secara efisien dan menghasilkan daya sesuai dengan kebutuhan beban. Selain itu, hal ini juga memastikan bahwa pembangkit dapat beroperasi secara optimal sepanjang waktu, dengan menghindari kelebihan atau kekurangan aliran air yang dapat berdampak pada kinerja dan umur panjang turbin.

- 5. Debit Air Terhadap Turbin

Debit air bervariasi antara 3,94–4,24 m³/s seiring perubahan daya keluaran dari 3.138–3.380 kW. Variasi debit yang relatif kecil menunjukkan bahwa operasi turbin PLTM Gumanti berlangsung stabil selama periode pengamatan 24 jam. Dengan efisiensi total 70%, turbin mampu mengubah energi potensial air pada head 116 meter menjadi daya listrik sekitar 3,3 MW dengan debit air rata-rata 4 m³/s.

Secara umum, hasil ini menegaskan bahwa PLTM beroperasi pada kondisi normal dan efisien, dengan debit air terhadap turbin sesuai dengan kapasitas rancangannya. Untuk akurasi yang lebih tinggi, disarankan dilakukan pengukuran debit aktual menggunakan flowmeter serta pencatatan head nyata agar dapat mengonfirmasi kesesuaian antara perhitungan teoritis dan kondisi operasi sebenarnya.



Gambar 5. Grafik Debit Air Terhadap Daya Turbin

Berdasarkan hasil perhitungan, debit air yang digunakan turbin berkisar antara 3,94 m³/s hingga 4,24 m³/s, dengan debit tertinggi terjadi pada saat daya turbin mencapai 3.380 kW dan debit terendah pada 3.138 kW. Perbedaan debit sebesar 0,30 m³/s atau sekitar 7,1% dari rata-rata menunjukkan bahwa pasokan air ke turbin relatif stabil. Peningkatan daya yang sebanding dengan kenaikan debit mengindikasikan hubungan yang linier dan efisiensi turbin yang konsisten pada head 116 meter, sehingga PLTM beroperasi dalam kondisi optimal dan andal.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat disimpulkan adalah hubungan antara arus dan daya semu di sisi tegangan 6,3 kV menunjukkan kecenderungan linier, di mana peningkatan arus berbanding lurus dengan peningkatan daya semu. Pada pukul 11:00, arus tertinggi 306 A menghasilkan daya semu tertinggi 3.388,03 kVA, sementara pada pukul 10:00, penurunan arus menjadi 287 A menyebabkan daya semu turun menjadi 3.177,66 kVA. Daya semu di sisi tegangan 21,7 kV meningkat seiring dengan peningkatan arus. Nilai maksimum tercatat pada pukul 11:00 sebesar 6.782,29 kVA, seiring dengan arus rata-rata 181,5 A. Meskipun ada penurunan daya semu antara pukul 17:00 dan 23:00, fluktuasi ini tidak terpengaruh signifikan oleh penurunan tegangan yang kecil (21,6 kV). Arus sekunder menunjukkan fluktuasi yang sebanding dengan perubahan arus primer, sesuai dengan rasio transformasi yang tetap konstan sebesar 0,295. Arus primer bervariasi antara 279 A pada pukul 00:00 hingga 306 A pada pukul 11:00, sementara arus sekunder berkisar antara 82,31 A hingga 90,27 A. Meskipun terdapat fluktuasi, arus sekunder cenderung stabil pada beberapa waktu, seperti antara pukul 07:00 dan 09:00, di mana nilai arus sekunder tetap sekitar 87,62 A. Hubungan antara daya aktif dan debit air menunjukkan pola yang langsung berhubungan. Puncak daya aktif tercatat pada pukul 11:00 dan 16:00 dengan nilai 3.354,15 kW, yang diikuti dengan debit air maksimum sebesar 4,21 m³/s.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami ucapkan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, berkat karunia-Nya kami dapat menyelesaikan penelitian ini. Kami ucapkan terima kasih kepada dosen yang telah membimbing kami sehingga terciptanya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ardo, B. (2022). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Desa Tanjung Raman Talang Air Selepas Kecamatan Pendopo Kabupaten Empat Lawang. *TEKNO (Civil Engineering, Electrical Engineering and Industrial Engineering)*, 19(1), 8–92. <https://doi.org/10.33557/jtekno.v19i1.1665>
- [2] Azizah Karim, N., Purwito, & Hamdani. (2021). Analisis Pengoperasian Governor Sebagai Pengatur Kestabilan Frekuensi Pada PLTU Mamuju 2 x 25 MW. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, 147–151.
- [3] Farhan, M., Hidayat, R., & Saragih, Y. (2021). Pengaruh Pembebanan Terhadap Arus Eksitasi Generator Unit 2 PLTMH Curug. *JURNAL SIMETRIK*, 11(1), 398–403.
- [4] Febrian, A., Handayani, Y. S., & Priyadi, I. (2023). Studi Analisis Eksitasi Untuk Mengatur Tegangan Keluaran Generator Dan Governor Untuk Mengatur Beban Pada Unit 3 di ULPTA Tes PT PLN Indonesia Power. *Jurnal Andalas: Rekayasa Dan Penerapan Teknologi*, 3(2), 8–13. <https://doi.org/10.25077/jarpet.v3i2.62>
- [5] Indriani, A., Julianto, R., Hendra, & Tajung, A. (2019). Optimalisasi Performansi Generator Sinkron Gerak Translasi dan Rotasi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut. *FORTEI*, 127–132.
- [6] Istanto, Y. H. (2019). Analisis Pengaruh Arus Eksitasi pada Generator Sinkron Terhadap Pembebanan di PLTA Wlingi PT PJB UP Brantas. *Jurnal Qua Teknika*, 9(1), 43–55.
- [7] Matondang, N. N. S., & Yusniati. (2020). Analisis Sistem Pembebanan pada Generator di PT. PLN (Persero) Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Titi Kuning. *Semnastek UISU*, 59–64.
- [8] Rimbawati, Harahap, P., & Putra, K. U. (2019). Analisis Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Terhadap Karakteristik Generator (Aplikasi Laboratorium Mesin-Mesin Listrik Fakultas Teknik-Umsu). *Jurnal Teknik Elektro*, 2(1), 37–44.
- [9] Simanjorang, I. B., Siahaan, I. S., & Hutabarat, J. L. (2021). Studi Analisis Eksitasi dan Governor Untuk Mengatur Tegangan dan Frekuensi Keluaran Generator Pada PLTMH Aek Raisan I. *In Telecommunications & Control System-ELPOTECS Jurnal ELPOTECS | (Vol. 4, Issue 2)*