

# INTERKONEKSI DAYA LISTRIK TENAGA MINIHIDRO TUKAD BALIAN TABANAN DENGAN JARINGAN LISTRIK PLN MENGGUNAKAN SIMULINK

I G. P. A. Wartama<sup>1</sup>, I W. A. Wijaya<sup>2</sup>, I G. N Janardana<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana

Email : [wartama2008@gmail.com](mailto:wartama2008@gmail.com)<sup>1</sup>, [artawijaya@ee.unud.ac.id](mailto:artawijaya@ee.unud.ac.id)<sup>2</sup>, [janardana@unud.ac.id](mailto:janardana@unud.ac.id)<sup>3</sup>

## Abstrak

PLTM Tukad Balian merupakan pembangkit listrik yang direncanakan oleh PT Bali Energi Indonesia. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui analisis kebutuhan daya apabila diinterkoneksi ke jaringan listrik PLN, dengan menggunakan simulink. Model simulink disesuaikan dengan keadaan yang direncanakan oleh PT Bali Energi Indonesia. Pada debit air sebesar  $1,25 \text{ m}^3/\text{s}$  daya mekanik yang dibutuhkan sebesar  $405,9 \text{ kW}$ , menghasilkan arus yang dapat diinterkoneksi sebesar  $48,13 \text{ Ampere}$ . Sedangkan untuk debit air  $10,55 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan besarnya daya mekanik yang dibutuhkan sebesar  $3.410,4 \text{ kW}$  menghasilkan arus yang dapat diinterkoneksi sebesar  $166,55 \text{ Ampere}$ . Arus yang dihasilkan PLTM Tukad Balian dapat dijual ke PLN sebesar  $166,55 \text{ Ampere}$  dengan daya mekanik  $3.410,4 \text{ kW}$  pada debit air  $8,35 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**Kata Kunci :** PLTM Tukad Balian, Interkoneksi, Simulink.

## Abstract

Tukad Balian Micro Hydro Power is a power plant planned by PT Bali Energi Indonesia. This research was conducted to determine the needs analysis when interconnected to the power grid, using Simulink. Simulink models in tune with the planned by PT Bali Energi Indonesia. In the water discharge of  $1.25 \text{ m}^3 / \text{s}$  mechanical power required is  $405.9 \text{ kW}$ , generates a current that can be interconnected at  $48.13 \text{ Ampere}$ . As for the water flow  $10.55 \text{ m}^3 / \text{s}$  the amount of mechanical power required is  $3410.4 \text{ kW}$  generates a current that can be interconnected at  $166.55 \text{ Ampere}$ . The resulting flow of Tukad Balian micro power can be sold to PLN amounted to  $166.55 \text{ Ampere}$  with mechanical power  $3.410,4 \text{ kW}$  with water flow of  $8.35 \text{ m}^3 / \text{s}$ .

**Keywords:** PLTM Tukad Balian, Interconnection, Simulink

## 1. Pendahuluan

Di Indonesia, khususnya di Bali ditemukan beberapa lokasi yang memiliki potensi sumber daya air yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga minihidro (PLTMH), khususnya pada daerah yang berada di hulu Daerah Aliran Sungai (DAS). PLTMH Tukad Balian membutuhkan daya mekanik sebesar  $\leq 3.410,4 \text{ kW}$ . Kajian ini dilakukan pada analisa hasil perencanaan PLTMH di desa Lumbung Kauh, Tabanan yang dikelola oleh PT. Bali Energi Indonesia. Pada beban minimum 10% dengan  $\cos \phi$  0,8 daya nyata  $300.000 \text{ watt}$  besarnya daya mekanik yang dibutuhkan sebesar  $405,9 \text{ kW}$ , dengan debit air sebesar  $1,25 \text{ m}^3/\text{s}$ . Sedangkan untuk beban maksimum 100% dengan daya nyata  $3.000.000 \text{ watt}$  besarnya daya mekanik yang dibutuhkan sebesar  $3.410,4 \text{ kW}$  dengan debit air sebesar  $10,55 \text{ m}^3/\text{s}$  [1].

Tukad balian memiliki luas aliran sungai (DAS) sekitar  $149 \text{ km}^2$  dan ketinggian  $35,56 \text{ meter}$  dengan lebar sekitar  $20 \text{ meter}$  [2]. PLTM yang rencana-

kan diharapkan mampu melayani kebutuhan listrik masyarakat desa Lumbung Kauh.

Berdasarkan hasil perencanaan pembangunan PLTM di Desa Lumbung Kauh oleh PT. Bali Energi Indonesia dalam penelitian ini dibahas tentang simulasi unjuk kerja PLTM Tukad Balian dengan software MATLAB agar, dapat diketahui arus yang terbangkitkan jika diinterkoneksi, dengan jaringan listrik PLN. Penelitian ini dianalisis mengenai hasil simulasi PLTM Tukad Balian menggunakan simulink MATLAB.

## 2. Kajian Pustaka

Teori yang digunakan untuk mendukung pembuatan karya ilmiah ini sebagai berikut.

### 2.1 PLTM

PLTM (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro) adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (*resources*) penghasil listrik adalah yang memiliki kapasitas aliran dan ketinggian

tertentu serta instalasi. Pembangkit listrik kecil yang dapat menggunakan tenaga air dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan/*head* (dalam meter) dan jumlah debit airnya ( $m^3/detik$ ). Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik [3].

## 2.2 Tenaga Air

Air merupakan salah satu sumber energi, karena tersimpan energi potensial (pada air jatuh) dan energi kinetik (pada air mengalir). Tenaga air (*hydropower*) adalah energi yang diperoleh dari air mengalir. Air yang mengalir akan menggerakkan turbin dan poros yang berputar tersebut akan menggerakkan generator kemudian menghasilkan energi listrik.

## 2.3 Turbin Air

Turbin air adalah alat untuk mengubah energi potensial menjadi energi mekanik kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator [4].

Jenis-jenis turbin tersebut adalah ;

- Turbin *Pelton* dan *Impuls* digunakan pada head yang tinggi.
- Turbin *Francis* dan turbin Kaplan digunakan pada head yang rendah sampai menengah [5].

## 2.4 Generator

Generator berfungsi apabila suatu penghantar diputar dalam sebuah medan magnet sehingga memotong garis gaya magnet maka pada ujung penghantar tersebut akan ditimbulkan garis gaya listrik (GGL) yang mempunyai satuan volt[4].

## 2.5 Pemodelan Sistem Dinamik dengan Simulink

*Simulink* merupakan program (*software*) tambahan dari MATLAB yang dibuat oleh Math Works Inc. Salah satu fitur dari matlab untuk mensimulasi suatu desain atau model yang bersifat dinamis ataupun tertanam, simulasi ditunjukkan untuk menunjukkan kinerja dari suatu desain atau model sistem yang telah dirancang yang sesuai hasil yang diinginkan. *Software* ini dirancang dengan tampilan grafis atau biasa disebut dengan *software* dengan *Graphical User Interface* (GUI). Komponen - komponen yang disediakan oleh *simulink* dalam *library* dikelompokkan sesuai kebutuhan dalam *BLOCKSET GROUP*.

Kebutuhan simulasi sistem tenaga listrik, model dari komponen-komponen dapat dipilih dari *group SimPowerSystem*. Suatu blok dalam *simulink* melambangkan sistem dinamik dasar yang terdiri atas suatu *set input*, *set state* dan *set output*

## 3. METODE PENELITIAN

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan di Laboratorium Dasar Teknik Tenaga Listrik Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Bukit-Jimbaran, Badung penelitian dilaksanakan pada bulan Juli 2015 sampai Desember 2015.

Tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Pengumpulan data yang berkaitan dengan penelitian Tukad Balian berupa debit air, data generator.
- Membuat model yang akan disimulasikan dalam sistem PLTM dapat dilihat pada Gambar 6.
- Melakukan analisis data yang dihasilkan dari simulasi PLTM Tukad Balian.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

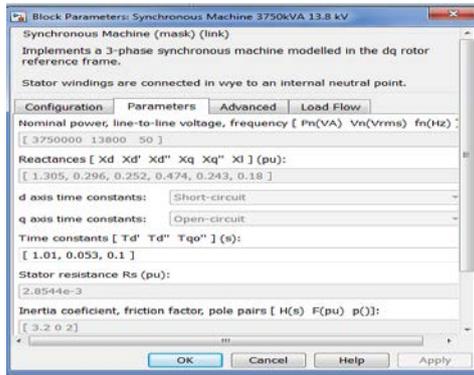
### 4.1 Profil Desa Lumbung Kauh

Lokasi pembangunan pembangkit listrik tenaga minihidro Tukad Balian yang direncanakan oleh PT Bali Energi Indonesia terletak di aliran sungai Tukad Balian, Desa Lumbung Kauh, Kecamatan Selemadeg Barat, Kabupaten Tabanan. Sungai Tukad Balian memiliki lebar  $\pm 20 m$  dan luas daerah aliran sungai adalah sekitar  $149 km^2$ [2]. Sungai Tukad Balian merupakan salah satu sungai terbesar di Kabupaten Tabanan yang mempunyai potensi debit rata-rata tahunan sebesar  $6,50 m^3/detik$  dan kondisi topografi yang ada sampai saat ini masih belum dimanfaatkan untuk pembangkit tenaga listrik. Sebagai upaya pengembangan manfaat potensi sumber daya air tersebut, direncanakan pembangkit listrik tenaga minihidro di Desa Lumbung Kauh.

### 4.2 Simulasi Pemilihan Generator PLTM Tukad Balian

Besarnya rating generator dimodelkan sebagai generator sinkron PLTM Tukad Balian adalah sebesar  $2 \times 1875 kVA = 3750 kVA$ . Data generator tersebut akan diisikan pada parameter generator untuk membuat generator yang sesuai dengan generator digunakan pada PLTM Tukad

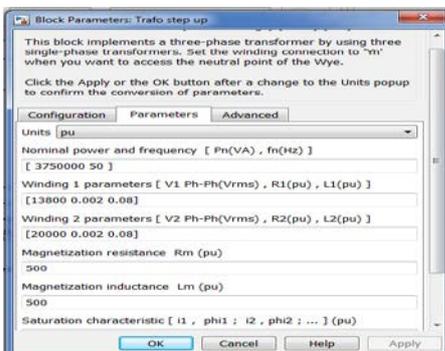
Balian pada *simulink* dilihat pada Gambar 1.



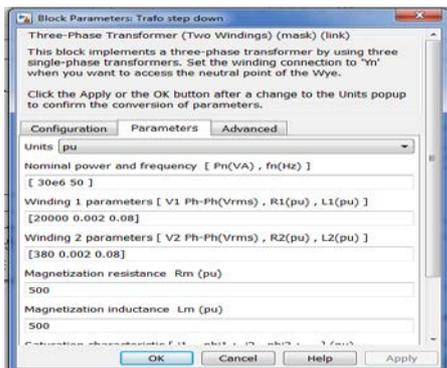
Gambar 1. Simulasi Pemilihan Generator Tukad Balian

### 4.3 Simulasi Pemilihan Trafo PLTM Tukad Balian

Besarnya rating trafo dimodelkan sebagai transformator PLTM Tukad Balian adalah pada trafo step up tegangan di naikan dari tegangan 13,8 kV ke 20 kV kemudian pada trafo step down tegangan diturunkan dari tegangan 20 kV ke tegangan 380 V. Data trafo tersebut akan dimasukkan pada parameter trafo untuk membuat trafo yang sesuai digunakan pada PLTM Tukad Balian pada *simulink* dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Parameter trafo step up PLTM

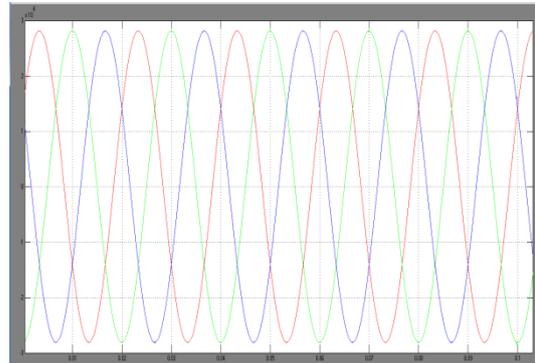


Gambar 3. Parameter trafo step down PLTM

## 4.4 Analisis Hasil Simulasi

### 4.4.1 Analisis Tegangan pada PLTM

Suatu sistem pembangkit listrik dapat terinterkoneksi pada jaringan PLN apabila tegangan dari pembangkit tersebut sama besarnya dengan tegangan PLN. Besarnya tegangan yang akan disinkronisasikan yaitu sebesar 20 kV. Berikut ini adalah hasil dari sinkronisasi tegangan pada PLTM Tukad Balian dengan PLN menggunakan *simulink* dilihat pada Gambar 4.

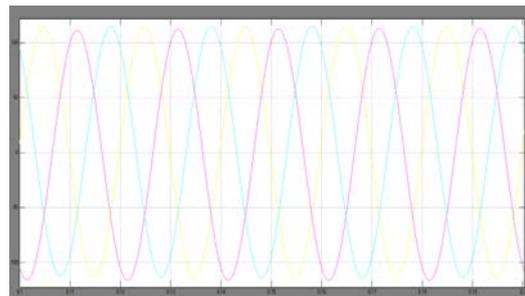


Gambar 4. Hasil Sinkronisasi Tegangan

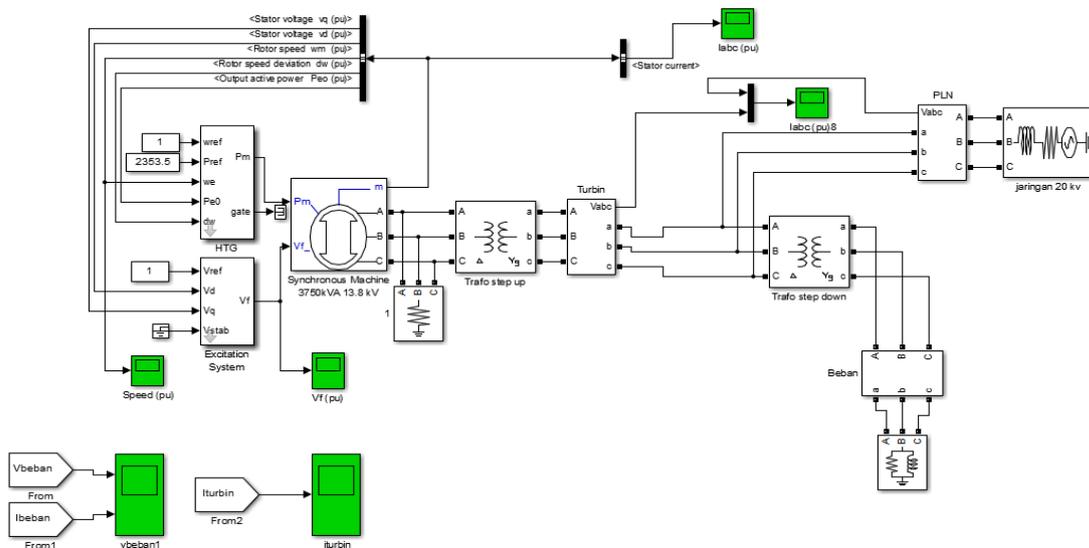
Dari hasil gambar diatas menunjukkan bahwa tegangan telah disinkronisasikan besarnya tegangan 20 kV.

### 4.4.2 Analisis Arus pada PLTM

Perubahan daya mekanik tentunya diakibatkan oleh terjadinya perubahan aliran debit air . Setiap terjadinya perubahan daya mekanik dapat di tampilkan pada *scope* yang menampilkan gelombang besarnya arus yang berubah ubah bila terjadi perubahan beban dan daya mekanik yang berubah-ubah. Gambar gelombang besarnya arus yang dihasilkan PLTM Tukad Balian dapat dilihat pada gambar hasil simulasi gelombang besarnya arus yang dihasilkan PLTM Tukad Balian yang ditunjukkan oleh gambar 5. Hasil simulasi dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 5. Arus yang dihasilkan 48,18 Ampere



Gambar 6. Simulasi Interkoneksi PLTM Tukad Balian

Tabel 1. Hasil Simulasi

NO	Pmec (kW)	Arus (A)		Tegangan (V)	
		Generator (Out)	Beban (In)	Generator	Trafo
1	405,9	48,18	726,28	13800	20000
2	715,13	72,56	1450,81	13800	20000
3	1030,5	90,88	1756,83	13800	20000
4	1352	112,99	2890,06	13800	20000
5	1679,7	118,77	3606,41	13800	20000
6	2013,5	128,55	4319,45	13800	20000
7	2353,5	139,17	5029,83	13800	20000
8	2699,7	141,53	5737,46	13800	20000
9	3015,9	142,88	6442,4	13800	20000
10	3410,4	166,55	7142	13800	20000

Dari simulasi pada Gambar 6. Tegangan pada pembangkit di sinkronisasikan dengan tegangan PLN kemudian disambungkan ke beban. Didapat hasil simulasi yang ditunjukkan oleh Tabel 1. Dengan daya mekanik yang berubah dan beban yang berubah didapat nilai arus yang berbeda pada hasil simulasi PLTM Tukad Balian. Aliran rencana debit air yang di desain oleh PT. Bali Energi Indonesia sebesar  $6,32 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $7,85 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $9,50 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dengan daya mekanik  $2013,5 \text{ kW}$ , aliran rencana debit air  $6,32 \text{ m}^3/\text{s}$  maka arus yang dihasilkan sebesar  $128,59 \text{ Ampere}$ . Pada saat daya mekanik  $2353,5 \text{ kW}$  aliran

rencana debit air sebesar  $7,85 \text{ m}^3/\text{s}$  menghasilkan arus sebesar  $141.532 \text{ Ampere}$ . Sedangkan dengan daya mekanik  $3015,9 \text{ kW}$ , aliran rencana debit air  $9,50 \text{ m}^3/\text{s}$  maka arus yang dihasilkan sebesar  $144,55 \text{ Ampere}$ .

### 5 SIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan didapat simpulan sebagai berikut:

1. Pada debit air sebesar  $1,25 \text{ m}^3/\text{s}$  daya mekanik yang dibutuhkan sebesar  $405,9 \text{ kW}$ , menghasilkan arus yang dapat diinterkoneksi sebesar  $48,13$

*Ampere*. Sedangkan untuk debit air  $10,55 \text{ m}^3/\text{s}$  besarnya daya mekanik yang dibutuhkan sebesar  $3.410,4 \text{ kW}$  menghasilkan arus yang dapat diinterkoneksi sebesar  $166.55 \text{ Ampere}$ .

2. Arus yang dihasilkan PLTM Tukad Balian dapat dijual ke PLN sebesar  $166.55 \text{ Ampere}$  dengan daya mekanik  $3.410,4 \text{ kW}$  dan debit air  $8,35 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## 6 DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. G. Suharthama, "ANALISA DAYA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINIHIDRO TUKAD BALIAN, TABANAN MENGGUNAKAN SIMULINK," *J. Ilm. Mhs. SPEKTRUM*, vol. 2, no. 2, May 2015.
- [2] SSM, "Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga MiniHydro (PLTM) TukadBalian." PT Bali Energi Indonesia, 2013.
- [3] Anonim, "Kebijakan Pengembangan Energi Terbarukan dan Konservasi Energi." Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2003.
- [4] W. C. on E. Publications, *Small-Scale Hydro-Power: Watt Committee: report number 15*. CRC Press, 2003.
- [5] "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011."