

ANALISA DAYA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINIHIDRO TUKAD BALIAN, TABANAN MENGUNAKAN SIMULINK

W.G. Suharthama,¹ I W.A Wijaya,² I G.N Janardana³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

mailto: yandesprint@yahoo.co.id¹, artawijaya@ee.unud.ac.id², janardana@ee.unud.ac.id³

ABSTRAK

PLTM Tukad Balian merupakan pembangkit listrik yang direncanakan oleh PT Bali Energi Indonesia tetapi sampai tahun 2014 belum dapat terealisasi karena pembebasan lahan. Hasil perencanaan PT Bali Energi Indonesia, penelitian ini membahas simulasi unjuk kerja generator untuk mengetahui besarnya daya mekanik PLTM Tukad Balian jika terjadi perubahan beban menggunakan model simulink. Hasil simulink beban 80% didapat debit air sebesar 8.35 m³/s dengan aliran rencana debit air PT Bali Energi Indonesia sudah mampu menyuplai beban yang dibutuhkan.

Kata Kunci : PLTM Tukad Balian, simulink, generator

1. PENDAHULUAN

Provinsi Bali adalah salah satu provinsi di Indonesia yang mengembangkan sumber energi listrik yang terbarukan. Provinsi Bali memiliki wilayah sungai dengan Nomor Kode 03.01.A3, yang terdiri dari 391 daerah aliran sungai (DAS) dengan luas DAS keseluruhan 5.617,04 km². Berdasarkan kondisi topografi Wilayah Sungai Bali terdapat empat danau alam dengan luas permukaan yaitu, Danau Batur : 16,6 km², Danau Beratan: 3,8 km², Danau Tamblingan: 1,4 km² dan Danau Buyan: 4,8 km² [1].

Desa Lumbung Kauh, Kabupaten Tabanan dengan memanfaatkan aliran Tukad Balian dilakukan perencanaan pembangunan pembangkit listrik tenaga minihidro namun sampai tahun 2014 belum dapat terealisasi karena pembebasan lahan. Berdasarkan sensus pada tahun 2008 jumlah penduduk Desa Lumbung Kauh adalah sebanyak 1.411 jiwa.

Tukad Balian memiliki lebar ± 20 meter dan luas aliran sungai (DAS) sekitar 149 km², debit air rata-rata 7,80 m³/s, dan head (ketinggian) 35,56 m [2]. PLTM yang direncanakan ini diharapkan memiliki kemampuan untuk melayani masyarakat di Desa Lumbung Kauh yang belum teraliri listrik.

Berdasarkan hasil perencanaan pembangunan PLTM di Desa Lumbung Kauh

oleh PT Bali Energi Indonesia, dalam penelitian ini akan dibahas mengenai simulasi unjuk kerja generator PLTM Tukad Balian dengan software MATLAB agar dapat diketahui daya mekanik yang dibutuhkan terhadap perubahan beban listrik. Penelitian ini dianalisis mengenai hasil simulasi PLTM Tukad Balian menggunakan simulink MATLAB.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Mukthahir

Penelitian tentang pembangkit listrik tenaga minihidro saat ini telah banyak dilakukan terutama berkaitan tentang perencanaan pembangunan PLTM, rancang bangun alat pengaturan debit air. Penelitian ini akan dibahas tentang pembangkit listrik tenaga minihidro yang disimulasikan pada simulink program software MATLAB.

Penelitian mengenai Studi Perencanaan PLTMH 1x12 kW sebagai Desa Mandiri Energi di Desa Karangsewu, Cisewu, Garut, Jawa Barat. Menyimpulkan daya terbangkitkan 103,88 kW dengan debit air 1,282 m³/detik dan daya terbangkit terendah sebesar 12,07 kW dengan debit air 0,149 m³/detik [3].

Penelitian mengenai *Matlab Based Simulation of Components of Small Hydro-Power Plants* mengembangkan model pembangkit listrik tenaga mikrohidro skala

kecil untuk listrik pedesaan menggunakan simulasi MATLAB. Hasil simulasi menunjukkan kemungkinan bahwa sumber energi terbarukan atau alternatif akan menggantikan sumber energi konvensional di masa depan untuk daerah pedesaan [4].

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro

Pembangkit listrik tenaga minihidro merupakan salah satu pembangkit listrik yang membangkitkan energi listrik menggunakan energi air sebagai sumber penghasil energi listrik. PLTM adalah pembangkit yang ramah lingkungan karena menggunakan energi terbarukan (*renewable*) yaitu, air sebagai media utama. PLTM membutuhkan aliran air yang baik dan ketinggian air (*head*) menghasilkan daya mekanik memutar turbin dalam menghasilkan energi listrik. PLTM diharapkan mampu menjamin pasokan berkelanjutan yang dapat diandalkan dalam penyediaan energi listrik.

2.3 Bagian – Bagian PLTM

PLTM adalah pembangkit listrik yang ramah lingkungan dan mampu menyediakan listrik secara kontinu. PLTM memiliki biaya yang cukup tinggi dan memerlukan waktu yang cukup lama dalam pembangunannya. PLTM memiliki beberapa bagian-bagian dalam membangkitkan energi listrik, yaitu :

1. Tenaga Air

Tenaga air (*hydropower*) adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Air yang mengalir dengan kapasitas tertentu disalurkan dengan ketinggian tertentu menuju rumah instalasi (rumah turbin). Di rumah instalasi, air tersebut akan menggerakkan turbin dan mengubahnya menjadi energi mekanik menyebabkan berputarnya poros turbin. Poros yang berputar tersebut akan menggerakkan generator yang menghasilkan energi listrik

2. Turbin Air

Aplikasi yang tersedia dari semua jenis turbin air memiliki kecocokan untuk besarnya kapasitas daya listrik pada pembangkit listrik. Jenis-jenis turbin tersebut adalah:

- a. Turbin *Francis* dan Turbin *Kaplan* untuk *head* yang rendah sampai menengah.

- b. Turbin Pelton dan Impuls untuk *head* yang tinggi [5].

Besarnya daya mekanik yang dihasilkan di turbin dapat dihitung:

$$P = \eta_t \times g \times Q_d \times H_n \dots \dots \dots (1)$$

3. Generator

Generator berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator yang sesuai dengan kapasitas minihidro adalah jenis generator *synchronous* dengan eksitasi sendiri yang memiliki poros horizontal. Generator hanya dapat dibebani hingga beban 80% [6].

4. Bendungan

Konstruksi bendungan bertipe bendungan tetap dengan pasangan batu.

5. Struktur Pengambilan (*Intake Structure*)

Struktur pengambilan adalah struktur untuk mengalihkan air ke dalam pipa atau air dari sungai menuju ke jalur air. Aliran air harus mampu mengalihkan jumlah yang diperlukan ke *penstock* (pipa pesat) tanpa menghasilkan dampak negatif pada lingkungan sekitarnya dan dengan kehilangan tinggi (*head loss*) sekecil mungkin.

6. Bak pengendap dan bak penenang (*settling basin*)

Bak pengendap dan bak penenang berfungsi untuk mengontrol debit air dalam pipa pesat (*penstock*) dan sebagai penyaringan terakhir sampah dan endapan partikel padat agar tidak masuk ke dalam turbin.

7. Pipa pesat (*penstock*)

Pipa pesat berfungsi mengalirkan air dari bak penenang ke turbin dan mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik.

8. Rumah Pembangkit (*power house*)

Rumah pembangkit merupakan bangunan yang memuat perangkat-perangkat penting yang menentukan operasi PLTM. Rumah pembangkit berfungsi untuk melindungi peralatan mekanikal-elektrikal seperti turbin, generator, dan peralatan kontrol dari perubahan cuaca.

9. *Trailrace*

Air dalam pipa, melewati turbin di *power house*, kembali ke sungai melalui sebuah *trailrace*.

2.5 Perhitungan Beban

Daya semu, daya reaktif dan daya aktif adalah daya yang berpengaruh terhadap beban listrik, perhitungan besarnya daya semu, daya reaktif, dan daya aktif yaitu :

$$S = V \times I \dots\dots\dots (2)$$

$$P = S \times \cos \varphi \dots\dots\dots (3)$$

$$Q = P \times \sin \varphi \dots\dots\dots (4)$$

2.6 Pemodelan Sistem Dinamik dengan Simulink

Simulink merupakan program (*software*) tambahan dari MATLAB yang dibuat oleh MathWorks Inc. Rancangan tersebut, membuat pengguna *simulink* dapat menampilkan komponen yang digunakan secara visual sekaligus menyesuaikan dengan parameter yang dibutuhkan dan kemudian menganalisis hasil simulasinya. Komponen yang digunakan dapat diambil langsung dari *library* yang disertakan dalam *software* atau diimport dari *script* yang dibuat dengan MATLAB.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan data-data yang berkaitan dengan penelitian berupa data debit air aliran Tukad Balian, data generator, dan data beban listrik.
2. Membuat model yang akan mempresentasikan hubungan antara komponen-komponen dalam sistem PLTM, sesuai dengan kondisi yang akan disimulasikan.
3. Mensimulasikan kondisi PLTM untuk mengetahui besarnya daya mekanik apabila terjadi perubahan beban.
4. Melakukan analisis data yang dihasilkan dari simulasi dan perhitungan PLTM Tukad Balian.

4. PEMBAHASAN

4.1 Profil Desa Lumbung Kauh

Desa Lumbung Kauh memiliki 4 (empat) batas desa yaitu: sebelah utara Desa Mundeh, sebelah timur Tukad Balian, sebelah selatan Desa Lalanglinggah dan barat Desa Mundeh. Desa Lumbung Kauh dibagi menjadi beberapa banjar yaitu: Banjar Nagasari, Banjar Yehsilah, Banjar Delodceking, dan Banjar Bejo. Jumlah penduduk Desa

Lumbung Kauh berdasarkan sensus pada tahun 2008 sebanyak 1.411 jiwa.

4.2 Perencanaan PLTM Tukad Balian

Hasil perencanaan yang dilakukan PT Bali Energi Indonesia dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil perencanaan PT Bali Energi Indonesia

Kondisi	Tinggi Jatuh (m)	Tinggi Bersih (m)	Aliran Rencana, Qd (m ³ /s)	Power (MW)	Energi GWh FDC Modifikasi Lokal	Plant Faktor (%)
1	39	35,80	6,32	2,5	13,1888	75,3 %
2	39	35,80	7,85	2,5	15,341	70,1%
3	39	35,80	9,50	3,0	17,245	65,6%

Tabel 1 menjelaskan tinggi kotor jatuh air, tinggi bersih jatuh air, besarnya aliran rencana debit air, pembangkitan energi listrik (*power*), produksi energi listrik tahunan (GWh), faktor pembangkitan (*plant faktor*) yang direncanakan PT Bali Energi Indonesia.

4.3 Simulasi Generator Sinkron pada PLTM Tukad Balian dengan Perubahan Beban

Generator sinkron pada PLTM Tukad Balian dengan daya 3750 kVA beroperasi dengan beban 10% sampai 100% beban penuh dengan faktor daya 0,8, maka hasil daya beban tersebut dengan persamaan (2),(3),(4) masing-masing beban pada dilihat pada tabel 2.

$$S = 3750 \text{ kVA} \times \text{beban}$$

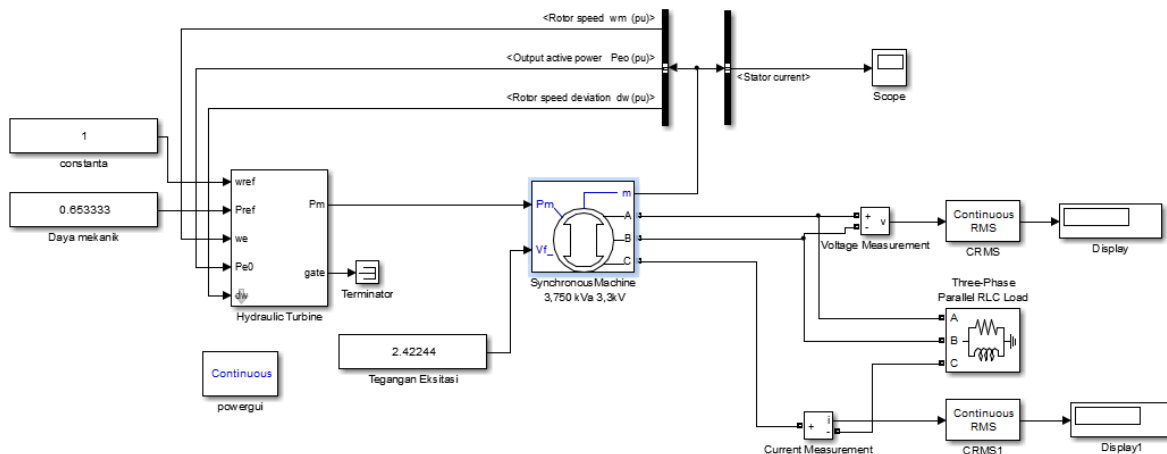
$$P = S \times \cos \varphi (0,8)$$

$$Q = P \times \sin \varphi (0,8)$$

Tabel 2 Hasil pembebanan generator

Beban (%)	Daya Nyata (watt)	Daya Reaktif (VAR)
10%	300000	225000
20%	600000	450000
30%	900000	675000
40%	1200000	900000
50%	1500000	1125000
60%	1800000	1350000
70%	2100000	1575000
80%	2400000	1800000
90%	2700000	2025000
100%	3000000	2250000

Dari tabel 2 hasil pembebanan generator akan diinputkan kedalam blok beban 3 fasa pada simulink. Hasil simulasi dapat dilihat pada tabel 3.



Gambar 1 Simulasi Generator Sinkron PLTM Tukad Balian

Tabel 3 Hasil simulasi

Beban	Arus (In)	Tegangan (V)	Pmec (kW)	S _{beban} (VA)	P _{beban} (Watt)	Q _{beban} (VAR)
10%	65.608	3300	405.9	375000	300000	225000
15%	98.412	3300	559.74	562500	450000	337500
20%	131.22	3300	715.13	750000	600000	450000
25%	164.02	3300	872.05	937500	750000	562500
30%	196.82	3300	1030.5	1125000	900000	675000
35%	229.63	3300	1190.5	1312500	1050000	787500
40%	262.43	3300	1352	1500000	1200000	900000
45%	295.24	3300	1515.1	1687500	1350000	1012500
50%	328.04	3300	1679.7	1875000	1500000	1125000
55%	360.84	3300	1845.9	2062500	1650000	1237500
60%	393.65	3300	2013.5	2250000	1800000	1350000
65%	426.45	3300	2182.8	2437500	1950000	1462500
70%	459.26	3300	2353.5	2625000	2100000	1575000
75%	492.06	3300	2525.8	2812500	2250000	1687500
80%	524.86	3300	2699.7	3000000	2400000	1800000
85%	557.67	3300	2875	3187500	2550000	1912500
90%	590.47	3300	3051.9	3375000	2700000	2025000
95%	623.8	3300	3230.4	3562500	2850000	2137500
100%	656.08	3300	3410.4	3750000	3000000	2250000

Hasil simulasi telah diketahui besarnya daya mekanik untuk dapat menghasilkan daya mekanik tersebut dibutuhkan debit air. Perhitungan debit air yang dibutuhkan untuk

menghasilkan daya mekanik tersebut dihitung menggunakan persamaan 1.

$$P = \eta_t \times g \times Q_d \times H_n$$

$$Q_d = \frac{P}{\eta_t \times g \times H_n}$$

Persamaan diatas dapat diketahui besarnya debit air yang dibutuhkan pada tabel 4.

Tabel 4 Debit Air yang Dibutuhkan

Beban (%)	Debit Air (m ³ /s)
10%	1,2563
20%	2,2133
30%	3,1894
40%	4,1844
50%	5,1987
60%	6,2318
70%	7,2841
80%	8,3556
90%	9,4456
100%	10,555

Hasil simulasi pada beban minimum 10% dengan $\cos \phi$ 0,8 daya nyata 300 kW besarnya daya mekanik yang dibutuhkan sebesar 405,9 kW, debit air sebesar 1,25 m³/s. Beban maksimum 100% dengan daya nyata 3 MW besarnya daya mekanik yang dibutuhkan sebesar 3,410,4 kW dengan debit air sebesar 10,55 m³/s. Aliran rencana debit air PLTM Tukad Balian 6,32 m³/s mampu dibebani hingga beban 60% dengan daya nyata 1,8 MW, debit air 7,85 m³/s mampu dibebani hingga beban 75% dengan daya nyata 2,25 MW, dan debit air 9,50 m³/s mampu dibebani hingga beban 90% dengan daya nyata 2,7 MW. Jika terjadi beban maksimum 100% debit air rata-rata aliran yang direncanakan tidak mampu menyuplai air yang dibutuhkan. Menurut PUIL 2011 generator hanya dapat dibebani hingga beban 80% dengan debit air sebesar 8,35 m³/s daya mekanik sebesar 2699,7 kW. Jadi debit air 8,35 m³/s yang direncanakan PT Bali Energi Indonesia sudah mampu menyuplai daya listrik sebesar 2.4 MW.

5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi, maka dapat disimpulkan adalah beban minimum 10 % membutuhkan daya mekanik 405,9 kW dengan debit air 1,25 m³/s dan beban

maksimum 100% membutuhkan daya mekanik 3.410,4 kW dengan debit air 10,55 m³/s. Apabila terjadi beban maksimum 100% PLTM tidak mampu dibebani hingga 100%. Berdasarkan aliran rencana debit air PLTM Tukad Balian sudah mampu dibebani hingga 80% dengan daya mekanik 2699,7 kW dan debit air 8,35 m³/s,

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim. 2014. Balai Wilayah Sungai Bali-Penida. Denpasar: Erlangga.
- [2] SSM. 2013. Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hydro (PLTM) Tukad Balian, Kabupaten Tabanan, Indonesia. Jakarta: PT Bali Energi Indonesia.
- [3] Saka, A. 2008. Studi Perencanaan PLTMH 1 x 12 kW sebagai Desa Mandiri Energi di Desa Karangsewu, Cisewu, Garut, Jawa Barat. Surabaya: ITS Surabaya.
- [4] Sharma, P.P., S. Chatterji, dan Singh, B. 2013. *Matlab Based Simulation Of Components Of Small Hydro-Power Plants*. India: VSRD International Journal of Electrical, Electronics & Communication Engineering, Vol. III Issue VIII.
- [5] Watt, Committee. 2005. *Small-Scale-Hydro-Power*. London: Taylor & Francis e-Library.
- [6] Badan Standarisasi Nasional. 2011. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011)*. Jakarta. Yayasan PUIL.