

# KINERJA TURBIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR MALEA DI DESA RANDAN BATU KECAMATAN MAKALE SELATAN KABUPATEN TANA TORAJA

Petrus Sampelawang, Nofrianto Pasae  
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kisten Indonesia Toraja  
e-mail: petrussampelawang@ukitoraja.ac.id

## ABSTRAK

*PT Malea Energi yang merupakan anak perusahaan dari Kalla Group yang memfokuskan mensuplai kebutuhan energi listrik di Tana Toraja. Tersedianya energi listrik PT Malea, yang mengandalkan PLTA merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan pasokan listrik di wilayah Tana Toraja. PLTA Malea berada di Kecamatan Makale Selatan, kabupaten Tana Toraja yang dibangun sejak 2006 diatas areal seluas 2,7 hektare. PLTA Malea menggunakan tiga unit turbin francis. Namun seiring dengan bertambahnya waktu, banyak pembangkit listrik tenaga air di Indonesia yang mengalami penurunan fungsi dan kinerjanya. Demikian pula halnya dengan PLTA Malea, keandalan serta efektifitas kinerjanya menurun yang diakibatkan oleh debit inflow dari sungai Sa'dan dan faktor lain seperti kerugian hidrolis dan mekanis pada turbin. Melihat fenomena ini maka perlu dilakukan penelitian terhadap kinerja pengoperasian PLTA Malea, sehingga diperoleh unjuk kerja yang baik agar pengelolaan air secara optimal dapat tercapai. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa, Parameter yang mempengaruhi kinerja turbin yaitu Head Loses Mayor sebesar 1,806 dan Head Loses Minor sebesar 0,092. Efisiensi turbin yang beroperasi dari bulan Juli 2016 sampai Juni 2017, efisiensinya rata-rata 87,83 %*

*Kata kunci : PLTA Malea, turbin francis, efisiensi, debit, head losses*

## I. PENDAHULUAN

Dalam usaha mengantisipasi kekurangan energi listrik maka pemerintah berusaha mencari sumber energi alternatif lainnya. Sumber energi alternatif ini di harapkan nantinya akan dapat menggantikan kedudukan sumber energi yang masih mengandalkan pembangkit berbahan bakar fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam yang tersedia dalam jumlah terbatas dan suatu saat akan habis, sementara permintaan akan energi listrik terus bertambah sehingga pemanfaatan energi sekarang ini diarahkan pada penggunaan energi yang ada di alam. Adapun sumber energi alternatif yang telah dimanfaatkan sekarang adalah energi angin, energi matahari, energi gelombang, energi nuklir dan energi air.

Untuk saat ini energi air yang paling tepat untuk digunakan di Indonesia utamanya di pedesaan karena kondisi lingkungan yang memandai dan biaya pengoperasiannya murah sehingga dapat mengurangi penggunaan energi fosil yang

semakin terbatas jumlahnya. Dengan wilayah yang beriklim tropis dengan curah hujan yang tinggi dan kondisi alam yang bergunung-gunung dengan aliran sungai yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai pembangkit tenaga listrik. sehingga sangat tepat untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga air.

Tenaga air adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam bentuk energi mekanis maupun energi listrik. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan suatu air terjun atau aliran air sungai

Dalam pengoperasiannya, kinerja PLTA Malea dipengaruhi oleh parameter-parameter seperti head, debit, daya dan efisiensi. Kerugian head diakibatkan oleh *trashrack*, *entrance*, dan rugi-rugi aliran dalam *penstock* (adanya gesekan fluida dengan dinding dalam *penstock*, belokan pipa, dan perubahan luas penampang)

sehingga mengurangi head yang dapat mempengaruhi kinerja yang dihasilkan.

## II. TEORI DASAR

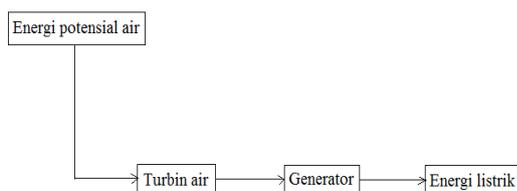
Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) adalah pembangkit yang menggunakan energi potensial dan kinetik dari air untuk menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dibangkitkan ini biasa disebut sebagai hidroelektrik.

Cara kerja pembangkit listrik tenaga air adalah dengan mengkonversikan tenaga air menjadi tenaga mekanik dalam turbin air. Kemudian turbin air memutar generator yang membangkitkan tenaga listrik. Sementara air yang tadi digunakan untuk memutar turbin air dikembalikan ke alirannya. Besarnya energi yang dapat dikonversikan menjadi energi listrik bergantung pada ketinggian jatuh air (*head*) dan begitu pula pemilihan turbin untuk PLTA.

Secara luas, pembangkit listrik tenaga air tidak hanya terbatas pada air dari sebuah waduk atau air terjun, melainkan juga meliputi pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air dalam bentuk lain seperti tenaga ombak. Hidroelektrisitas adalah sumber energi terbarukan.

Kinerja merupakan hasil kerja (output) yang dapat terukur dan dapat dibandingkan dengan standar yang telah ditentukan

Prinsip dasar pembangkit listrik tenaga air adalah memanfaatkan energi potensial yang dimiliki oleh aliran air pada jarak ketinggian tertentu dari tempat instalasi pembangkit listrik. Sebuah skema pembangkit listrik tenaga mikrohidro memerlukan dua hal yaitu, debit air dan ketinggian jatuh (*head*) untuk menghasilkan tenaga yang dapat dimanfaatkan. Hal ini adalah sebuah sistem konversi energi dari bentuk ketinggian dan aliran (energi potensial) ke dalam bentuk energi mekanik dan energi listrik.



Gambar 1. Skema Suatu PLTA

## Parameter yang mempengaruhi kinerja

### a. Daya hidrolis (*gross power*)

Daya hidrolis (*gross power*) merupakan daya yang mampu dihasilkan oleh energi air berdasarkan tinggi jatuh (*head*) dan debit dari aliran air tersebut (Sula, 2015).

Daya hidrolis, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$P_h = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{\text{gross}} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

Q = Debit air (m<sup>3</sup>/s)

G = Percepatan Gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

H = Head (m)

$\rho$  = Massa Jenis (Kg/m<sup>3</sup>)

### b. Head Efektif

Head efektif adalah hasil pengurangan antara head gross dengan kerugian – kerugian yang terjadi sepanjang saluran (Muis, 2010 )

$$H_{\text{eff}} = H_{\text{gross}} - H_{\text{losses}} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

H<sub>losses</sub> = Kerugian Head sepanjang saluran  
= h<sub>1</sub> + h<sub>2</sub> + h<sub>3</sub> + h<sub>4</sub> + h<sub>5</sub>

h<sub>1</sub> = Trashrack (m)

h<sub>2</sub> = Inlet penstock (m)

h<sub>3</sub> = Gesekan dinding penstock (m)

h<sub>4</sub> = Belokan (m)

h<sub>5</sub> = Outlet penstock (m)

### c. Daya air (P<sub>w</sub>)

Daya air merupakan daya yang dihasilkan oleh air yang tergantung pada tinggi jatuh air (*head*) dan debit aliran (Q) (Sula,2015)

$$P_w = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{\text{eff}} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

Q = Debit air (m<sup>3</sup>/s)

g = Percepatan Gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

H<sub>eff</sub> = Head efektif (m)

$\rho$  = Massa Jenis (Kg/m<sup>3</sup>)

### d. Efisiensi Turbin ( $\eta_T$ )

Untuk mendapatkan besaran efisiensi turbin digunakan grafik perbandingan debit dan efisiensi turbin (menurut jenis turbin).

### e. Daya Turbin (P<sub>T</sub>)

Daya turbin merupakan daya yang dihasilkan oleh poros turbin yaitu daya air (P<sub>w</sub>) dikalikan dengan efisiensi turbin ( $\eta_T$ ) (Sula,2015)

$$P_T = \rho \cdot Q \cdot H_{\text{eff}} \cdot \eta_T \dots \dots \dots (4)$$

- Q = Debit air (m<sup>3</sup>/s)
- g = Percepatan Gravitasi (m/s<sup>2</sup>)
- H<sub>eff</sub> = Head efektif (m)
- ρ = Massa Jenis (Kg/m<sup>3</sup>)
- η<sub>T</sub> = Efisiensi Turbin

**f. Daya Generator (P<sub>G</sub>)**

Daya generator merupakan hasil perkalian antara daya turbin dengan efisiensi generator (Sula, 2015)

$$P_G = \rho \cdot Q \cdot H_{eff} \cdot \eta_T \cdot \eta_G \dots \dots \dots (5)$$

- Q = Debit air (m<sup>3</sup>/s)
- g = Percepatan Gravitasi (m/s<sup>2</sup>)
- H<sub>eff</sub> = Head efektif (m)
- ρ = Massa Jenis (Kg/m<sup>3</sup>)
- η<sub>T</sub> = Efisiensi Turbin
- η<sub>G</sub> = Efisiensi Generator

**g. Efisiensi Turbin**

Efisiensi turbin sebagai perbandingan antara daya yang dihasilkan/dibangkitkan turbin dengan daya yang dihasilkan air (sula,2015)

$$\eta_T = \frac{P_{turbin}}{P_a} \times 100 \% \dots \dots \dots$$

(6)

**h. Efisiensi mekanis (η<sub>m</sub>)**

Efisiensi mekanis diperoleh dari perbandingan antara daya aktual dengan daya teoritis pada kondisi yang sama (Sula,2015)

$$\eta_m = \frac{P_{aktual}}{P_{teoritis}} \times 100 \% \dots \dots \dots (7)$$

P<sub>Aktual</sub> = Daya turbin (KWh)

P<sub>teoritis</sub> = Daya Teori tubin (KWh)

**III. METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Juni 2017 di Lembang Randan Batu, Kecamatan Makale Selatan, Kabupaten Tana Toraja.

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang

diperoleh langsung dari objek penelitian. Data sekunder adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan peneliti dari berbagai sumber seperti buku, laporan, jurnal dan lain-lain.

Adapun data pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Debit Aliran
2. Daya Turbin
3. Head



Gambar 2. : Turbin PLTA Malea  
Sumber :PT. Malea Energy

**IV. HASIL**

Hasil analisa yang diperoleh dari perhitungan dengan mengambil data pada Bulan Juni Tahun 2017 seperti berikut ini :

- Head terukur ( H<sub>tot</sub>) : 60 m
- Percepatan Gravitasi (g) : 9,81m/s<sup>2</sup>
- Kerapatan fluida ( ρ ) : 998,2 kg/m<sup>3</sup>
- Efisiensi Generator ( η<sub>G</sub> ) : 0,95 %
- Diameter Penstock ( d ) : 1,5 m
- Efisiensi Turbin ( η<sub>T</sub> ) : 92 %

Tabel 1 Data Debit air dan daya air bulan Juli 2016 sampai Juni 2017

No.	Bulan	Debit, Q(m <sup>3</sup> /s)	Daya,P (kWh)
1	Juli	6,027	2910
2	Agustus	5,782	2780
3	September	5,429	2608
4	Oktober	6,276	3060
5	Nopember	6,387	3141
6	Desember	6,791	3419
7	Januari	6,697	3349
8	Februari	6,591	3257
9	Maret	6,498	3205
10	April	6,31	3102
11	Mei	6,182	3013
12	Juni	6,153	2989

Tabel 2 Data hasil perhitungan pada bulan Juli 2016 sampai Juni 2017

No.	Bulan	$\eta_T$ (%)	$\eta_m$ (%)	$\Delta P_o$ (%)
1	Juli	94,7	92,7	6,65
2	Agst	85,3	92,73	7,27
3	Sep	77,05	92,98	7,78
4	Okt	88,67	94,5	5,2
5	Nop	90,75	95,5	4,21
6	Des	97,46	97,91	1,5
7	Jan	95,01	97,3	2,08
8	Feb	91,39	96,25	3,38
9	Mar	88,58	96,3	3,7
10	April	84,64	96,1	4,35
11	Mei	81,06	95,44	5,37
12	Juni	79,39	95,25	5,86

Berdasarkan tabel 2 hasil perhitungan di atas menunjukkan hubungan debit dan P output turbin, dimana nilai dari debit aliran (Q) 5,429 m<sup>3</sup>/s hingga 6.791 m<sup>3</sup>/s akan menghasilkan daya turbin (P<sub>Turbin</sub>) pada nilai antara 2828 KWh hingga 3463 KWh, ini menunjukkan bahwa besarnya debit aliran berpengaruh terhadap daya keluar turbin.

Efisiensi turbin ( $\eta_T$ ) minimum terjadi pada bulan September 2016 sebesar 77,05 % dan efisiensi turbin ( $\eta_{Turbin}$ ) maksimum cenderung terjadi pada bulan Desember 2016 mencapai 90,60 %.

Efisiensi mekanis turbin ( $\eta_m$ ) minimum terjadi pada debit 5,429 sebesar 92,22 % dan efisiensi mekanis turbin ( $\eta_m$ ) maksimum cenderung terjadi pada debit 6,791 mencapai 98,50 %.

## V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa : Parameter yang mempengaruhi kinerja turbin

yaitu Head Loses Mayor dan Head Loses Minor sebagai berikut:

a) Head Loses Mayor = 1,806 m

b) Head Loses Minor = 0,902 m

2. Efisiensi turbin yang beroperasi dari bulan Juli 2016 sampai Juni 2017, efisiensinya rata-rata 87,833%

## VI. REFERENSI

Arismunandar, Wiranto. 2004. *Penggerak Mula Turbin ITB*. Bandung.

Dougherty, RL dan Ingersoll. 1954. *Fluid Mechanhis With Engieenering Aplication*.

Dandekar, M.M dan Sharma, K. N. 1991. *Pembangkit Listrik Tenaga Air*. Erlangga, Jakarta.

David G. Ullman. 1992. *The Mechanical design Process*. Mc Graw hill International Editions.

Fritz Dietzel, Dakso Sriyono. 2006. *Turbin Pompa dan Kompresor*. Penerbit Erlangga. Jakarta.

Himbaran, Syukuri. 2006. *Merencanakan Turbin Air*. Jurusan Mesin Universitas Hassanuddin Makassar.

Ichwan Arnan, Wenney Nasten (analisis kinerja roda air sudu lengkung).

Me Graw Hill Book Compeny, New York Toronto London

Reuben M. Olso, Steven J. Wraight. 1990. *Essentials of Engineering Fluid Mechanics*. Harper & Row Publisher, inc.

Streeter, L. Viktor dan Wylie, Benyamin, E, Arko Prijono. 1988. *Mekanika Fluida*. Erlangga. Jakarta.

Victor I, Streeter. 1985. *Fluid Mechanics*. McGraw-Hill, Inc.