

## PEMANFAATAN PEMANDIAN UMUM UNTUK PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK MIKROHIDRO ( PLTMh ) MENGGUNAKAN KINCIR TIPE *OVERSHOT*

Jatmiko, Hasyim Asy'ari, Aryo Hendarto P  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
jkintung@yahoo.com

### ABSTRAKSI

*Pembuatan pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini bertujuan untuk mengetahui keluaran tegangan yang dihasilkan dari pemanfaatan kincir tipe overshoot pada pemandian umum di daerah Jatinom, Klaten, Jawa Tengah dan sekaligus memanfaatkan energi terbarukan secara optimal terutama air.*

*Pemanfaatan Pemandian Umum Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro ini menggunakan kincir tipe overshoot. Desain kincir dibuat sedemikian rupa agar dapat memutar rotor alternator secara maksimal, karena kincir digunakan sebagai penggerak awal. Sistem pembangkit ini memanfaatkan alternator sebagai pembangkit listrik, kemudian diubah dengan memakai inverter untuk mendapatkan keluaran AC.*

*Tegangan yang dihasilkan alternator tergantung pada diameter pipa dan kecepatan air, untuk diameter 10 cm dan kecepatan air 2,22 m/s mampu memutar turbin dengan kecepatan sebesar 3230 rpm. Debit air sebesar 0,07427 (m<sup>3</sup>/s) jika dibebani lampu 14 watt, 23 watt, dan 37 watt mampu mengeluarkan tegangan rata-rata sebesar 11,3 volt sebelum inverter dan 216,67 volt setelah inverter, sedangkan dengan diameter 6 cm dan kecepatan air 1,85 m/s mampu memutar turbin dengan kecepatan sebesar 1600 rpm. Debit air sebesar 0,005228 (m<sup>3</sup>/s) jika dibebani lampu 14 watt, 23 watt, dan 37 watt mampu mengeluarkan tegangan rata-rata sebesar 12,4 volt sebelum alternator dan 212,67 volt setelah inverter.*

**Kata kunci :** *Pemandian umum, PLTMh, kincir tipe overshoot, alternator*

### 1. Pendahuluan

Mikrohidro atau yang dimaksud dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti, saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan jumlah debit air. Mikrohidro merupakan sebuah istilah yang terdiri dari kata mikro yang berarti kecil dan hidro yang berarti air. Secara teknis, mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sebagai sumber energi), turbin dan generator. Mikrohidro mendapatkan energi dari aliran air yang memiliki perbedaan ketinggian tertentu. Pada dasarnya, mikrohidro

memanfaatkan energi potensial jatuhnya air (*head*). Semakin tinggi jatuhnya air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Di samping faktor geografis (tata letak sungai), tinggi jatuhnya air dapat pula diperoleh dengan membendung aliran air sehingga permukaan air menjadi tinggi. Air dialirkan melalui sebuah pipa pesat ke dalam rumah pembangkit yang pada umumnya dibangun di bagian tepi sungai untuk menggerakkan turbin atau kincir air mikrohidro. Energi mekanik yang berasal dari putaran poros turbin akan diubah menjadi energi listrik oleh sebuah generator. Mikrohidro bisa memanfaatkan ketinggian air yang tidak terlalu besar, misalnya dengan ketinggian air 2.5 meter

dapat dihasilkan listrik 400 watt. Relatif kecilnya energi yang dihasilkan mikrohidro dibandingkan dengan PLTA skala besar, berimplikasi pada relatif sederhananya peralatan serta kecilnya areal yang diperlukan guna instalasi dan pengoperasian mikrohidro. Hal tersebut merupakan salah satu keunggulan mikrohidro, yakni tidak menimbulkan kerusakan lingkungan. Perbedaan antara Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dengan mikrohidro terutama pada besarnya tenaga listrik yang dihasilkan, PLTA dibawah ukuran 200 KW digolongkan sebagai mikrohidro.

PLTMh baiknya digunakan pada daerah yang mempunyai syarat sebagai berikut: potensi energi air yang melimpah dan terdapat beda tinggi air di suatu wilayah atau alur sungai, baik berupa terjunan, alur sungai yang curam atau aliran air sungai yang bisa dibendung, maka disitu dapat dibangun PLTMH. Berdasarkan uraian tersebut, peneliti melakukan penelitian untuk memanfaatkan energi kinetik aliran sebagai sumber pembangkit di kota Klaten khususnya pada Pemandian Jolotundo karena wilayah tersebut mempunyai semua syarat dibangunnya PLTMh.

### 1.1. Kondisi Air

Air merupakan sumber energi yang murah dan relatif mudah didapat, karena pada air tersimpan energi potensial (pada air jatuh) dan energi kinetik (pada air mengalir). Tenaga air (*Hydropower*) adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanis maupun energi listrik. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan adanya suatu air terjun atau aliran air di sungai.

Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya *head* dan debit air. Dalam hubungan dengan *reservoir* air maka *head* adalah beda ketinggian antara muka air pada *reservoir* dengan muka air keluar dari kincir air/turbin air. Total energi yang tersedia

dari suatu *reservoir* air adalah merupakan energi potensial air yaitu:

$$E = mgh \dots\dots\dots(1)$$

dengan

*m* adalah massa air

*h* adalah *head* (m)

*g* adalah percepatan gravitasi  $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

Daya merupakan energi tiap satuan waktu  $\left(\frac{E}{t}\right)$ , sehingga persamaan (1) dapat dinyatakan sebagai:

$$\frac{E}{t} = \frac{m}{t} gh \dots\dots\dots(2)$$

Dengan mensubstitusikan *P* terhadap  $\left(\frac{E}{t}\right)$

dan mensubstitusikan  $\rho Q$  terhadap  $\left(\frac{m}{t}\right)$  maka:

$$P = \rho Qgh \dots\dots\dots(3)$$

dengan

*P* adalah daya (watt) yaitu

*Q* adalah kapasitas aliran  $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

$\rho$  adalah densitas air  $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$

Selain memanfaatkan air jatuh hydropower dapat diperoleh dari aliran air datar. Dalam hal ini energi yang tersedia merupakan energi kinetik:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \dots\dots\dots(4)$$

dengan

*v* adalah kecepatan aliran air  $\left(\frac{m}{s}\right)$

Daya air yang tersedia dinyatakan sebagai berikut:

$$P = \frac{1}{2}\rho Qv^2 \dots\dots\dots(5)$$

atau dengan menggunakan persamaan kontinuitas  $Q = Av$  maka

$$P = \frac{1}{2}\rho Av^3 \dots\dots\dots(6)$$

dengan,

A adalah luas penampang aliran air ( $m^2$ )

1.2 Kincir Air (*Water Wheel*)

Kincir air merupakan sarana untuk merubah energi air menjadi energi mekanik berupa torsi pada poros kincir. Ada beberapa tipe kincir air yaitu:

1. Kincir Air *Overshot*
2. Kincir Air *Undershot*
3. Kincir Air *Breastshot*
4. Kincir Air *Tub*

1.3 Kincir Air *Overshot*

Kincir air *Overshot* bekerja bila air yang mengalir jatuh ke dalam bagian sudu-sudu sisi bagian atas, dan karena gaya berat air roda kincir berputar. Kincir air *Overshot* adalah kincir air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis kincir air yang lain.

1.4 Kincir Air *Undershot*

Kincir air *undershot* bekerja bila air yang mengalir, menghantam dinding sudu yang terletak pada bagian bawah dari kincir air. Kincir air tipe *undershot* tidak mempunyai tambahan keuntungan dari *head*. Tipe ini cocok dipasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata. Tipe ini disebut juga dengan "*Vitruvian*". Disini aliran air berlawanan dengan arah sudu yang memutar kincir.

1.5 Kincir Air *Breastshot*

Kincir air *Breastshot* merupakan perpaduan antara tipe *Overshot* dan *undershot* dilihat dari energi yang diterimanya. Jarak tinggi jatuhnya tidak melebihi diameter kincir, arah aliran air yang menggerakkan kincir air disekitar sumbu poros dari kincir air. Kincir air jenis ini memperbaiki kinerja dari kincir air tipe *undershot*.

1.6 Kincir Air *Tub*

Kincir air *Tub* merupakan kincir air yang kincirnya diletakkan secara horisontal dan sudu-sudunya miring terhadap garis vertikal, dan tipe ini dapat dibuat lebih kecil dari pada tipe *Overshot* maupun tipe *undershot*. Karena arah gaya dari pancuran air menyamping maka, energi yang diterima oleh kincir yaitu energi potensial dan kinetik.

Tabel 1. Data potensi dan kapasitas daya kincir

No	Kedalaman air (cm)	Kecepatan air (m/dtk)	Daya (Kwh)
1	40	0.6	2.5
2	70	0.7	5
3	90	0.6	7.5
4	100	0.9	10

1.7 Pemilihan Turbin

Turbin air berperan untuk mengubah energi air (energi potensial, tekanan dan energi kinetik) menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Putaran poros turbin ini akan diubah oleh generator menjadi tenaga listrik. Berdasarkan prinsip kerjanya, turbin air dibagi menjadi dua kelompok:

1. Turbin impuls (cross-flow, pelton & turgo)

Turbin impuls jenis ini, tekanan pada setiap sisi sudu gerakanya lrunnernya - bagian turbin yang berputar - sama.

2. Turbin reaksi ( francis, Kaplan propeller)

Daerah aplikasi berbagai jenis turbin air relatif spesifik. Pada beberapa daerah operasi memungkinkan digunakan beberapa jenis turbin. Pemilihan jenis turbin pada daerah operasi yang *overlapping* ini memerlukan perhitungan yang lebih mendalam.

Secara umum hasil survey lapangan dapat dikategorikan pada *head* rendah dan medium.

1.8 Kriteria Pemilihan Jenis Turbin

Pemilihan jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis-jenis turbin, khususnya untuk suatu desain yang sangat spesifik. Pada tahap awal, pemilihan jenis turbin dapat diperhitungkan dengan mempertimbangkan parameter-parameter khusus yang mempengaruhi sistem operasi turbin, yaitu:

Tabel 2. Daerah Operasi Turbin

Jenis Turbin	Variasi Head, m
Kaplan	dan $2 < H < 20$
Propeller	
Francis	$10 < H < 350$
Pelton	$50 < H < 1000$
Crossfiow	$6 < H < 100$

Turgo  $50 < H < 250$

1. Faktor tinggi jatuhan air efektif (*Net Head*) dan debit yang akan dimanfaatkan untuk operasi turbin merupakan faktor utama yang mempengaruhi pemilihan jenis turbin, sebagai contoh : turbin pelton efektif untuk operasi pada *head* tinggi, sementara turbin propeller sangat efektif beroperasi pada *head* rendah.
2. Faktor daya (*power*) yang diinginkan berkaitan dengan *head* dan debit yang tersedia.
3. Kecepatan (putaran) turbin yang akan ditransmisikan ke generator. Sebagai contoh untuk sistem transmisi *direct couple* antara generator dengan turbin pada *head* rendah, sebuah turbin reaksi (propeller) dapat mencapai putaran yang diinginkan, sementara turbin pelton dan crossflow berputar sangat lambat (*low speed*) yang akan menyebabkan sistem tidak beroperasi.

Ketiga faktor tersebut seringkali diekspresikan sebagai "kecepatan spesifik :  $N_s$ ", yang didefinisikan dengan formula:

$$N_s = N \times P \times \cos \alpha \times H \dots \dots \dots (7)$$

dengan:

- $N_s$  = kecepatan spesifik
- $N$  = kecepatan putaran turbin, rpm
- $P$  = maksimum turbin output, kW
- $\cos \alpha$  = faktor daya yang diinginkan
- $H$  = *head* efektif, m

Output turbin dihitung dengan formula:

$$P = g \cdot Q \cdot H \cdot \eta \dots \dots \dots (8)$$

dengan:

- $P$  : Daya Output Alternator, Watt
- $g$  : Percepatan Gravitasi,  $m/s^2$
- $Q$  : Debit air,  $m^3/s$
- $H$  : *Head* efektif, m
- $\eta$  : efisiensi turbin\*

\*Keterangan:

- = 0.8 - 0.85 untuk turbin pelton
- = 0.8 - 0.9 untuk turbin francis
- = 0.7 - 0.8 untuk turbin cross
- = 0.8 - 0.9 untuk turbin propeller kaplan

### 1.9 Generator

Berdasarkan arus yang dihasilkan. Generator dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu generator AC dan generator DC. Generator AC menghasilkan arus bolak-balik (AC) dan generator DC menghasilkan arus searah (DC). Baik arus bolak-balik maupun searah dapat digunakan untuk penerangan dan alat-alat pemanas.

#### 1. Generator AC

Bagian utama generator AC terdiri atas magnet permanen (tetap), kumparan (solenoida). cincin geser, dan sikat. Pada generator. perubahan garis gaya magnet diperoleh dengan cara memutar kumparan di dalam medan magnet permanen. Karena dihubungkan dengan cincin geser, perputaran kumparan menimbulkan GGL induksi AC. Oleh karena itu, arus induksi yang ditimbulkan berupa arus AC. Adanya arus AC ini ditunjukkan oleh menyalnya lampu pijar yang disusun seri dengan kedua sikat. Sebagaimana percobaan Faraday, GGL induksi yang ditimbulkan oleh generator AC dapat diperbesar dengan cara:

- a. memperbanyak lilitan kumparan,
- b. menggunakan magnet permanen yang lebih kuat
- c. mempercepat perputaran kumparan, dan menyisipkan inti besi lunak ke dalam kumparan.

Contoh generator AC yang akan sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari adalah dinamo sepeda. Bagian utama dinamo sepeda adalah sebuah magnet tetap dan kumparan yang disisipi besi lunak. Jika magnet tetap diputar, perputaran tersebut menimbulkan GGL induksi pada kumparan. Jika sebuah lampu pijar (lampu sepeda) dipasang pada kabel yang menghubungkan kedua ujung kumparan. lampu tersebut akan dilalui arus induksi AC. Akibatnya, lampu tersebut menyala. Nyala lampu akan makin terang jika perputaran magnet tetap makin cepat (laju sepeda makin kencang).

#### 2. Generator DC

Prinsip kerja generator (dinamo) DC sama dengan generator AC. Namun, pada generator DC arah arus induksinya tidak berubah. Hal ini disebabkan cincin yang digunakan pada generator DC berupa cincin belah (komutator). Komutator menyebabkan terjadinya komutasi, peristiwa komutasi merubah arus yang dihasilkan generator menjadi searah. Berdasarkan sumber arus kemagnetan bagi kutub magnet buatan tersebut generator arus searah dapat dibedakan menjadi:

1. Generator dengan penguat terpisah, bila arus kemagnetan diperoleh dari sumber tenaga listrik arus searah di luar generator.
2. Generator dengan penguat sendiri, bila arus kemagnetan bagi kutub-kutub magnet berasal dari generator itu sendiri.

#### 1.11 Bagian Generator

Generator dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian generator yang berputar dan bagian generator yang tidak berputar.

Untuk bagian generator yang berputar disebut rotor, dan rotor ini terbagi atas:

- a. Poros jangkar ( Armatur )
- b. Inti Jangkar
- c. Komutator
- d. Kumbaran Jangkar

Bagian generator yang tidak berputar disebut stator dan stator ini terdiri atas:

- a. Kerangka Generator
- b. Kutub utama bersama belitannya
- c. Bantalan-bantalan poros
- d. Sikat arang ( *Pull Brush* )

#### 1. Rangka Stator

Rangka stator adalah salah satu bagian utama dari alternator yang terbuat dari besi tuang dan ini merupakan rumah dari semua bagian-bagian generator.

#### 2. Stator

Stator terdiri dari *stator core* (inti) dan kumbaran stator dan diletakkan pada *frame* depan dan belakang. *Stator core* dibuat dari beberapa lapis plat besi tipis dan mempunyai alur pada bagian dalamnya untuk menempatkan kumbaran stator.

#### 3. Rotor

Rotor berfungsi untuk membangkitkan medan magnet. Rotor berputar bersama poros, karena gerakannya maka disebut generator dengan medan magnet berputar. Rotor terdiri dari : inti kutub (*pole core*), kumbaran medan, *slip ring*, poros dan lain lain. Inti kutub berbentuk seperti cakar dan didalamnya terdapat kumbaran medan.

#### 4. Slip ring atau cincin geser

Dibuat dari bahan kuningan atau tembaga yang dipasang pada poros dengan memakai bahan isolasi. Slepring ini berputar secara bersama-sama dengan poros (as) dan rotor. Banyaknya *slip ring* ada 2 dan pada tiap-tiap *slip ring* dapat menggeser borstel positif dan borstel negatif, guna penguatan (*Excitation Current*) ke lilitan magnet pada rotor.

#### 1.12 Alternator

Pengubahan energi angin menjadi energi listrik pada alat – alat yang kecil dapat dilakukan memakai alternator mobil. Juga dalam teknik mobil terdapat gejala bahwa energi yang harus dibangkitkan pada jumlah putaran yang banyak berubah-ubah. Karena daya usaha yang dibangkitkan itu harus dapat diredam, maka dari itu alternator mempunyai konstruksi yang sederhana, dan selain itu terdapat beberapa kebaikan bila dibandingkan dengan dynamo. Kebaikan pada alternator ialah tidak terdapat bunga api antara sikat- sikat dan slip ring, disebabkan tidak terdapat komutator yang dapat menyebabkan sikat menjadi aus.

Alternator mempunyai rotor lebih ringan dan tahan terhadap putaran tinggi, dan *silicon diode* (*rectifer*) mempunyai sifat pengarahan arus, serta dapat mencegah kembalinya arus dari baterai ke alternator. Untuk mencegah kesalahpahaman, sebenarnya generator arus bolak-balik menghasilkan arus searah seperti dynamo arus searah dengan mempergunakan beberapa dioda. Disini alternator dapat disamakan dengan generator arus bolak-balik.

Bagian-bagian alternator mobil:

#### 1. Rangka Stator

Rangka stator adalah salah satu bagian utama dari alternator yang terbuat dari besi

tuang dan ini merupakan rumah dari semua bagian-bagian alternator.

## 2. Stator

Stator terdiri dari stator core (inti) dan kumparan stator dan diletakkan pada frame depan dan belakang. Stator core dibuat dari beberapa lapis plat besi tipis dan mempunyai alur pada bagian dalamnya untuk menempatkan kumparan stator.

## 3. Rotor

Rotor berfungsi untuk membangkitkan medan magnet. Rotor berputar bersama poros, karena gerakannya maka disebut alternator dengan medan magnet berputar. Rotor terdiri dari : inti kutub (pole core), kumparan medan, slip ring, poros dan lain lain. Inti kutub berbentuk seperti cakar dan didalamnya terdapat kumparan medan.

## 4. Slep ring atau cincin geser

Slep ring dibuat dari bahan kuningan atau tembaga yang dipasang pada poros dengan memakai bahan isolasi. Slepring ini berputar secara bersama-sama dengan poros (as) dan rotor. Banyaknya slep ring ada 2 dan pada tiap-tiap slep ring dapat menggeser borstel positif dan borstel negatif, guna penguatan (Excitation Current) ke lilitan magnet pada rotor.

## 5. Dioda

Dioda hanya dapat dialiri arus listrik secara satu arah saja. Prinsip inilah yang digunakan untuk merubah arus AC yang dibangkitkan di kumparan stator menjadi arus DC. Dioda yang digunakan pada alternator biasanya berbentuk butiran yang ditempatkan pada lempengan dari metal. Butiran yang digunakan adalah sebuah lempengan tipis yang terbuat dari silikon.

## 2. Metode Penelitian

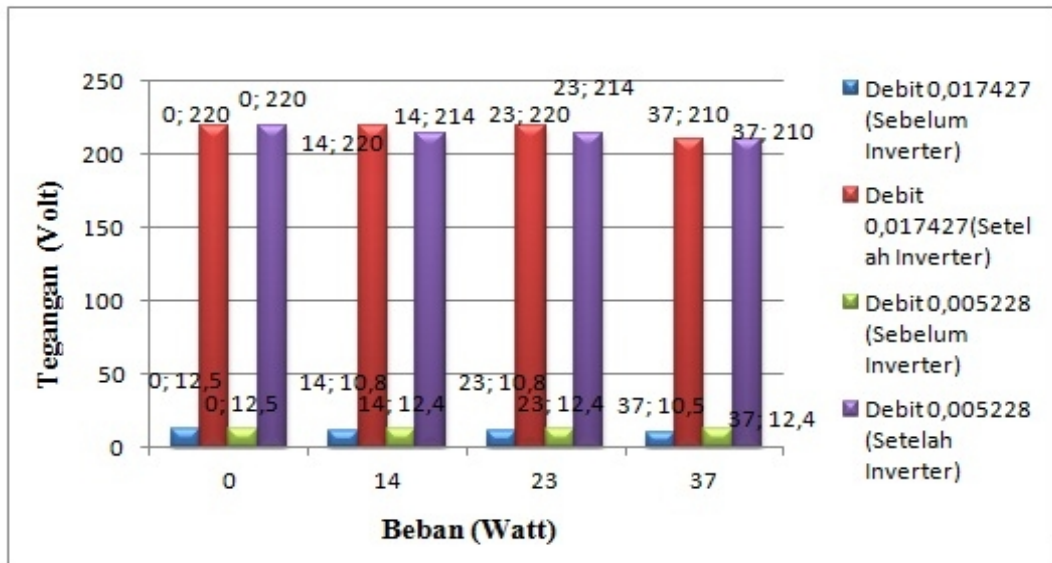
Secara keseluruhan penelitian diawali dari pengukuran diameter pipa penstock, kecepatan air, kecepatan putar turbin, dan tegangan. Perancangan Generator Magnet Permanen Kecepatan Rendah peralatan utama yang digunakan untuk mendukung penelitian ini adalah :

1. Multimeter untuk mengukur tegangan dan arus.
2. Tachometer untuk mengukur kecepatan putaran mesin (rotor).
3. Lampu Philips 14 W, 23 W dan 37 W.

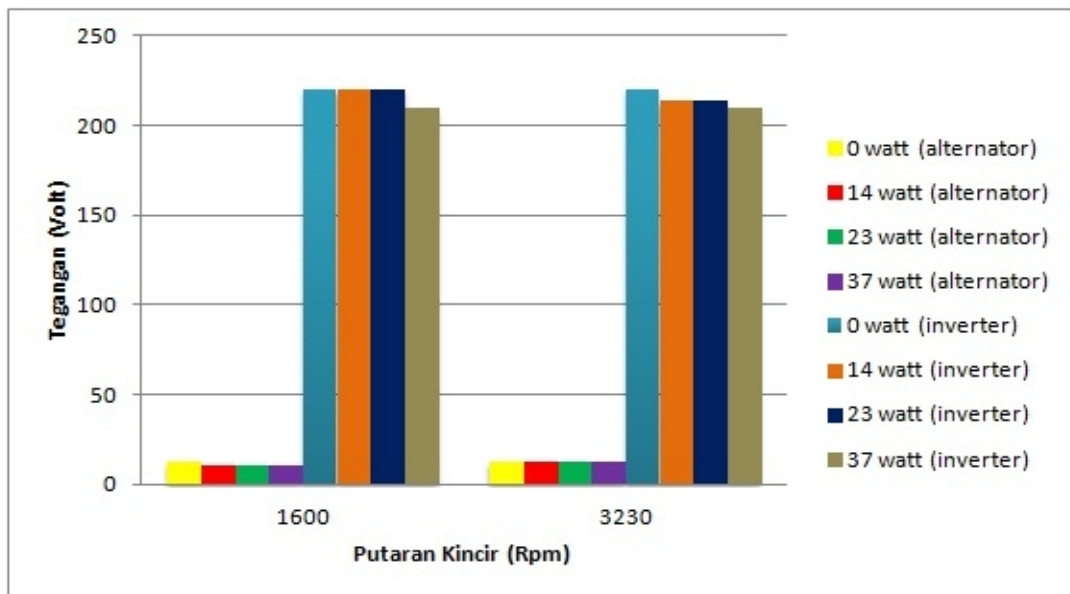
Pengujian dilakukan di Pemandian Umum Jolotundo, Desa Susuhan, Jatinom, Klaten, Jawa Tengah.

## 3. Hasil Penelitian dan Analisa

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian mengenai percobaan pembangkit listrik tenaga mikrohidro di Pemandian Umum Jolotundo, Desa Susuhan, Jatinom, Klaten, Jawa Tengah. Hasil data penelitian berdasarkan pada hasil pengujian pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan menggunakan turbin tipe overshoot di Pemandian Umum Jolotundo, Desa Susuhan, Jatinom, Klaten, Jawa Tengah. Hasil pengujian turbin air ditunjukkan pada Gambar 1, Pengukuran Turbin Air Pada Diameter 10 cm dan Kecepatan air 2,22 m/s dan Gambar 2. Pengukuran Turbin Air Pada Diameter 6 cm dan Kecepatan air 1,85 m/s.



Gambar 1. Pengukuran Tegangan Terhadap Beban pada Debit 0,017427 m<sup>3</sup>/s dan Debit 0,005228 m<sup>3</sup>/s



Gambar 2. Hasil Penelitian Kecepatan Turbin Air Terhadap Tegangan pada Beban Tertentu

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

dengan:

P : Daya Alternator, Watt

g : Percepatan Gravitasi, m/s<sup>2</sup>

Q : Debit air, m<sup>3</sup>/s

H : Head efektif, m

$\eta$  : efisiensi turbin\*

\*Keterangan

- = 0.8 - 0.85 untuk turbin pelton
- = 0.8 - 0.9 untuk turbin francis
- = 0.7 - 0.8 untuk turbin crossflow
- = 0.8 - 0.9 untuk turbin propeller kaplan

Besar kecilnya debit air dalam dalam perbedaan pipa, berdampak besar terhadap daya yang dihasilkan oleh alternator.

Semakin besar debit air maka daya yang dihasilkan oleh alternator semakin besar. Daya

alternator menurut perhitungan dapat dilihat pada Gambar 3. perbandingan daya alternator menurut perhitungan.

Air adalah salah satu bentuk energi yang tersedia di alam, Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro mengkonversikan energi air menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin air. Cara kerjanya cukup sederhana, energi air yang memutar turbin air, diteruskan untuk memutar alternator, sehingga akan menghasilkan energi listrik. Berdasarkan prinsip tersebut perhitungan energi kinetik dapat dilakukan dengan mengacu pada debit air.

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

dengan:

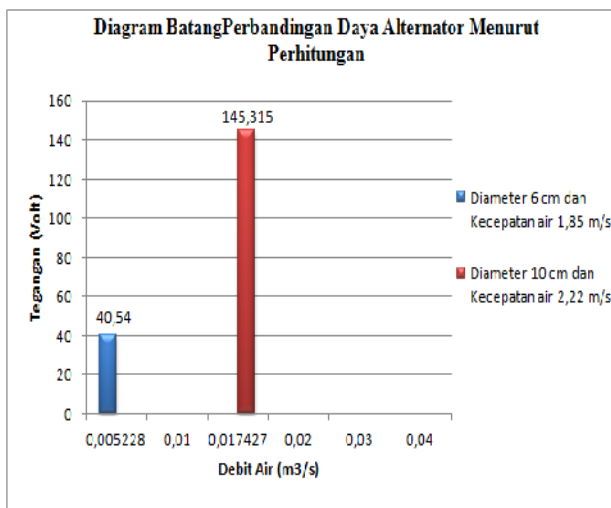
$P$  : Daya kinetik, Watt

$\rho$ : Densitas air,  $\text{kg/m}^3$

$A$  : Luas penampang aliran air,  $\text{m}^2$

$V$  : Kecepatan aliran air,  $\text{m/s}$

Penelitian pertama menggunakan pipa *Penstock* dengan luas penampang  $0,00785 \text{ m}^2$  dan debit air yang bekerja pada turbin air  $0,017427 \text{ m}^3/\text{s}$ , serta densitas air sebesar  $1000 \text{ kg/m}^3$ . Energi kinetik yang dihasilkan alternator dapat dilihat pada Tabel 4.5 Energi Kinetik Air Pada Pada Diameter 10 cm dan Kecepatan air  $2,22 \text{ m/s}$ .



Gambar 3. Diagram Batang Perbandingan Daya Alternator Menurut Perhitungan.

Tabel 1. Daya Kinetik Air Pada Diameter 10 cm dan Kecepatan air  $2,22 \text{ m/s}$

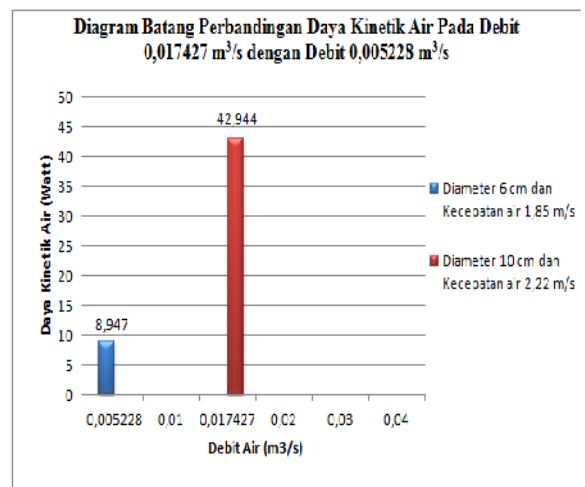
Luas Penampang ( $\text{m}^2$ )	Debit Air ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Kecepatan ( $\text{m/s}$ )	Daya Kinetik Air (Watt)
0,00785	0,017427	2,22	42,944

Tabel 2. Daya Kinetik Air Pada Diameter 6 cm dan Kecepatan air  $1,85 \text{ m/s}$

Luas Penampang ( $\text{m}^2$ )	Debit Air ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Kecepatan ( $\text{m/s}$ )	Daya Kinetik Air (Watt)
0,005228	0,005228	1,85	8,917

Sedangkan penelitian kedua menggunakan pipa *Penstock* dengan luas penampang  $0,00283 \text{ m}^2$  dan debit air yang bekerja pada turbin air  $0,005228 \text{ m}^3/\text{s}$ , serta densitas air sebesar  $1000 \text{ kg/m}^3$ . Energi kinetik yang dihasilkan alternator dapat dilihat pada Tabel 2 Energi Kinetik Air Pada Diameter 6 cm dan Kecepatan air  $1,85 \text{ m/s}$ .

Besar kecilnya debit air juga mempengaruhi kecepatan putar turbin air. Pengaruh debit air terhadap kecepatan putar turbin air ditunjukkan pada Gambar 4. Diagram Batang Perbandingan Daya Kinetik Air Pada Debit Air  $0,017427 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan Debit Air  $0,005228 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Gambar 4. Perbandingan Daya Kinetik Air.



Efisiensi yang dihasilkan turbin air sebenarnya tidak semaksimal pembangkit listrik tenaga fosil, dalam kenyataannya efisiensi turbin air hanya dapat mencapai 50%-70% dari efisiensi maksimalnya. Tetapi operasi pembangkitan listrik pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) sama sekali tidak menghasilkan emisi. Berbeda dengan pembangkit listrik dengan batubara, yang menghasilkan emisi karbon dioksida. Oleh karena itu selain bisa menjadi energi alternatif, pemanfaatan aliran air sungai sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) juga ramah terhadap lingkungan.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisa Pemanfaatan Pemandian Umum Untuk Pembangkit Tenaga Listrik Mikrohidro (PLTMh) Menggunakan Kincir Air Tipe Overshot di Pemandian Umum Jolotundo, Desa Susuhan, Jatinom, Klaten, Jawa Tengah, menunjukkan dengan diameter 10 cm dan kecepatan air 2,22 m/s mampu memutar turbin dengan kecepatan sebesar 3230 rpm. Debit air sebesar 0,017427 ( $m^3/s$ ) jika dibebani lampu 14 watt, 23 watt, dan 37 watt mampu mengeluarkan tegangan rata-rata sebesar 11,3 volt sebelum inverter dan 216,67 volt setelah inverter, sedangkan dengan diameter 6 cm dan kecepatan air 1,85 m/s mampu memutar turbin dengan kecepatan sebesar 1600 rpm. Debit air sebesar 0,005228 ( $m^3/s$ ) jika dibebani lampu 14 watt, 23 watt, dan 37 watt mampu mengeluarkan

tegangan rata-rata sebesar 12,4 volt sebelum inverter dan 212,67 volt setelah inverter.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Marsudi, Djiteng. 2005. *Pembangkit Energi Listrik*. Jakarta : Penerbit Erlangga
- Soetrisno. 1978. *Fisika Dasar - Mekanika*. Bandung: Penerbit ITB
- Damastuti, Anya P. 1997. *Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*. Sumber: [http://www.elsppat.or.id/download/file/w8\\_a6.pdf](http://www.elsppat.or.id/download/file/w8_a6.pdf)
- Djajusman Hadi, S.Sos., M.AB dan Budiharto, S.Pd. 1998. *Artikel kincir air kaki angsa dan inovasi listrik Mikrohidro*. Sumber: <http://www.kendali.net/>
- M.M Dandekar dan K.N. Sharma. 1991. *Buku Pembangkit Listrik tenaga Air*. Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia
- Nafis, Subhan. 2008. *Pemilihan Tipe Turbin pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)*. Sumber: [http://www.ccitonline.com/mechanical/tiki-read\\_article.php?articleId=29](http://www.ccitonline.com/mechanical/tiki-read_article.php?articleId=29)
- Satriyo, Puguh Adi, ST. *Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Untuk Daerah Terpencil*. Puslitbang Iptekhan Balitbang Dephan. Sumber: [www.lin.go.id/Sutisna](http://www.lin.go.id/Sutisna), Nanang, 2004, Departemen Energi Kembangkan Sistem Mikrohidro (17 April 2004)
- Yuliarto, Brian, 2008, *Teknologi Sel Surya untuk Energi Masa Depan*.