

PENGARUH JUMLAH *BLADE IMPELLER* TERHADAP PERFORMASI TURBIN MIKRO HIDRO 250 WATT

Galih Akbar Rizki, Haris Budiman, Asep Rachmat

*Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Majalengka
Jl. K.H. Abdul Halim No. 103 Majalengka Telp./Fax (0233)281496
E-Mail : incu.habibie@gmail.com*

ABSTRAK

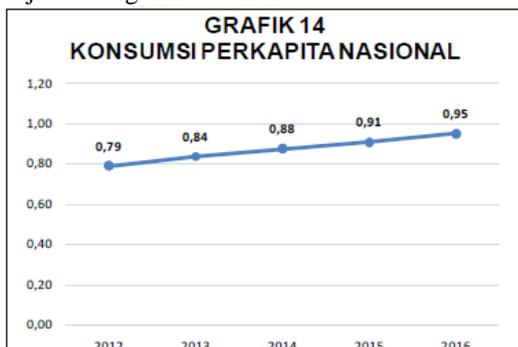
Energi listrik merupakan energi utama yang dibutuhkan bagi peralatan listrik/energi yang tersimpan dalam arus listrik dengan satuan ampere (A) dan tegangan listrik dengan satuan volt (V) dengan ketentuan kebutuhan konsumsi daya listrik dengan satuan watt (W) untuk menggerakkan motor, lampu penerangan, memanaskan, mendinginkan atau menggerakkan kembali suatu peralatan mekanik untuk menghasilkan bentuk energi lain. Konsumsi listrik Indonesia setiap tahunnya terus meningkat sejalan dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi nasional. Peningkatan kebutuhan listrik diperkirakan dapat tumbuh rata-rata 6,5%/tahun hingga tahun 2020. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) merupakan pembangkit listrik berskala kecil dengan *output* <100kW yang memanfaatkan potensi aliran air di pedesaan sebagai sumber tenaga misalnya saluran irigasi, PLTMH diharapkan mampu mensuplai energi listrik di daerah terpencil. Di dalam makalah penelitian ini dibahas mengenai proses kerja PLTMH kapasitas 250 Watt, konstruksi PLTMH kapasitas 250 Watt, pengaruh jumlah blade terhadap performa turbin, pengaruh *head* terhadap pemilihan jenis turbin, pengaruh debit terhadap putaran turbin, dan pengaruh putaran turbin terhadap tegangan yang dihasilkan oleh generator. Berdasarkan hasil pengamatan, proses pengujian dan analisis data, prinsip kerja PLTMH adalah memanfaatkan energi air sebagai sumber energi untuk menggerakkan turbin yang kemudian diteruskan oleh generator yang akan mengubah energi kinetik turbin menjadi energi listrik, kebocoran yang terjadi pada konstruksi turbin akan mempengaruhi kerja turbin, ketinggian *head* akan mempengaruhi pemilihan jenis turbin. Nilai tegangan yang dihasilkan oleh generator yang paling besar adalah 19,5 V dan yang paling rendah adalah 12,1 V dimana tegangan tersebut dipengaruhi oleh jenis *runner*, debit yang digunakan dan putaran yang dihasilkan oleh turbin.

Kata Kunci: energi listrik, PLTMH, *head*, turbin air, debit air, tegangan generator.

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Konsumsi listrik Indonesia setiap tahunnya terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan penduduk. Menurut data Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan edisi no. 30 Tahun Anggaran 2017 konsumsi listrik perkapita di Indonesia mengalami peningkatan dengan rata-rata 0,04 MWh dalam kurun waktu lima tahun yakni dari tahun 2012 – tahun 2016, Gambar 1. menunjukkan grafik peningkatan konsumsi listrik perkapita nasional di Indonesia. Selain itu di era digital ini semakin banyak aktivitas masyarakat yang dibantu dengan barang elektronik, konsumsi listrik Indonesia yang begitu besar akan menjadi suatu masalah bila dalam penyediaannya tidak sejalan dengan kebutuhan^[1].



Gambar 1. Grafik konsumsi listrik perkapita nasional

Dengan kemajuan teknologi yang ada saat ini dan juga adanya potensi pembangkit listrik di daerah terpencil terutama dari potensi air yang begitu melimpah oleh karena itu dikembangkanlah pembangkit listrik skala kecil yang disebut Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) yang diharapkan mampu mensuplai energi listrik ke rumah warga. Dengan PLTMH ini diharapkan masyarakat mampu meningkatkan kesejahteraan hidupnya, melaksanakan beberapa aktivitas dengan mudah baik itu untuk kebutuhan pertanian, ekonomi, sosial dan sebagainya. PLTMH merupakan pembangkit listrik berskala kecil dengan *output* <100kW yang memanfaatkan potensi aliran air di pedesaan sebagai sumber tenaga misalnya saluran irigasi

Kemampuan pemerintah yang terhalang oleh biaya yang tinggi untuk perluasan jaringan listrik, dapat membuat mikrohidro memberikan sebuah alternatif ekonomi ke dalam jaringan. Hal ini dikarenakan skema mikrohidro yang mandiri dapat menghemat dari jaringan transmisi, karena skema perluasan jaringan tersebut biasanya memerlukan biaya peralatan dan pegawai yang mahal.

Potensi sumber daya air yang melimpah di Indonesia karena banyak terdapatnya hutan hujan tropis, membuat kita harus mengembangkan potensi ini, karena air adalah sebagai sumber energi yang dapat terbarukan dan alami. Bila hal ini dapat terus dieksplorasi konversi air menjadi energi listrik sangat menguntungkan bagi negeri ini. Di Indonesia terdapat banyak PLTMH dan waduk untuk

menampung air, tinggal bagaimana kita dapat mengembangkan PLTMH menjadi lebih baik lagi dan efisien.

Turbin kaplan adalah turbin air jenis *propeller* yang memiliki *blade* dapat disesuaikan. Turbin ini dikembangkan pada tahun 1913 oleh profesor Austria Viktor Kaplan, yang mengkombinasikan secara otomatis baling-baling yang dapat disesuaikan otomatis dengan gerbang gawang (*wicket gates*) untuk mencapai efisiensi melalui berbagai tingkat dan aliran air.

Turbin *propeller* merupakan turbin reaksi aliran aksial. Turbin ini tersusun dari *propeller* seperti yang terdapat pada baling-baling perahu. *Propeller* tersebut biasanya mempunyai tiga hingga enam sudu. Turbin *propeller* banyak digunakan pada *head* yang rendah dengan volume air besar. Kemampuan *propeller* dapat digunakan pada bermacam-macam aliran air. Penyambungan turbin dengan generator biasanya terkoneksi langsung dengan menggunakan sabuk atau transmisi roda gigi. Turbin *propeller* secara luas digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga hidro dengan *head* (jatuhan air) 2–14 meter.

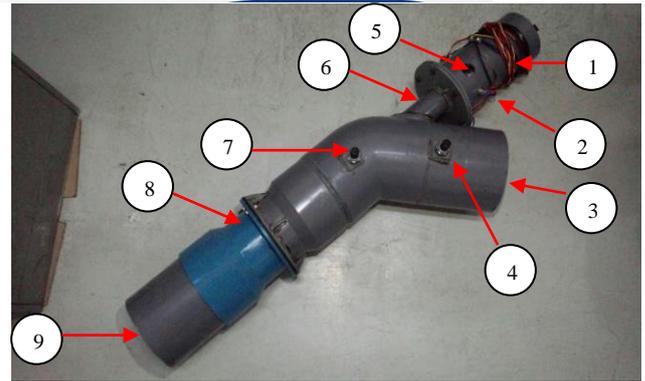
B. Tujuan

Tujuan makalah ini adalah memberikan informasi mengenai pengaruh karakteristik pemilihan *blade* yang sesuai untuk turbin air, dalam hal ini jumlah *blade impeller* terhadap performansi turbin air kapasitas 250 Watt.

METODOLOGI

Metodologi penelitian yang digunakan adalah dengan melakukan observasi lapangan secara langsung selama 1 (satu) bulan, dalam observasi lapangan penulis melakukan proses perakitan, pemasangan dan pengujian turbin *propeller* kapasitas 250 Watt yang dibuat dan dikembangkan oleh LIPI. Pada proses pengujian data yang diambil adalah debit air yang masuk dari alat *flow* meter, putaran yang dihasilkan oleh turbin dari alat *tacho* meter serta daya yang dihasilkan setiap 1 menit dengan perubahan frekuensi pada pompa, pengujian dilakukan dengan menggunakan 3 jenis sudu (*blade*) dengan jumlah sudu dan kemiringan sudu yang berbeda, pengujian dilakukan di Lab. *Hycorn* PPPPTK BMTI Cimahi. Objek penelitian dapat dilihat pada Gambar 2. dengan keterangan sebagai berikut:

1. Rumah generator
2. Sensor logger
3. *Input* air
4. Sensor tekanan titik 1
5. Lubang pengukuran putaran generator
6. Rumah poros
7. Sensor tekanan titik 2
8. Rumah *blade*
9. *Output* air



Gambar 2. Turbin Propeller kapasitas 250 Watt LIPI

Gambar 3. menunjukkan *blade* yang digunakan dalam penelitian.



Gambar 3. *Blade* yang digunakan pada saat penelitian

LANDASAN TEORI

A. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)

Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) merupakan lembaga non pemerintah yang memiliki tugas pokok sebagai berikut:

1. Membimbing perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang berakar di Indonesia agar dapat dimanfaatkan bagi kesejahteraan rakyat Indonesia pada khususnya dan umat manusia pada umumnya.
2. Mencari kebenaran ilmiah di mana kebebasan ilmiah, kebebasan penelitian serta kebebasan mimbar diakui dan dijamin, sepanjang tidak bertentangan dengan Pancasila dan UUD 1945.
3. Mempersiapkan pembentukan Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia (sejak 1991, tugas pokok ini selanjutnya ditangani oleh Menteri Negara Riset dan Teknologi dengan Keputusan Presiden (Keppres) No. 179 tahun 1991).

B. Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Pembangkit listrik tenaga air skala mikro pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros

turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan generator menghasilkan listrik. Sebuah skema 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) kedalam bentuk energi mekanik dan energi listrik (Donald, 1994).

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:

$$E_p = m \cdot g \cdot h \quad (1)$$

Dimana:

- E_p = Energi potensial
- m = massa air
- h = *head*
- g = percepatan gravitasi

Daya merupakan energi tiap satuan waktu $\frac{E}{t}$, sehingga persamaan (1) dapat dinyatakan sebagai : $\frac{E}{t} = \frac{m}{t} \cdot g \cdot h$. Dengan mensubstitusikan N_H terhadap $\frac{E}{t}$ dan mensubstitusikan $\rho \cdot Q$ terhadap $\frac{m}{t}$ maka :

$$N_H = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \quad (2)$$

Dimana:

- N_H = Daya hidrolik ke turbin (Watt)
- ρ = masa jenis air (kg/m^3)
- H = tinggi jatuh air efektif (m)
- Q = debit air (m^3/s)
- g = percepatan gravitasi (m/s^2)

Berdasarkan rumus di atas, daya yang dihasilkan adalah hasil kali dari tinggi jatuh dan debit air. Oleh karena itu berhasilnya pembangkitan tenaga air tergantung kepada usaha untuk mendapatkan tinggi jatuh air dan debit yang besar secara efektif dan ekonomis. Umumnya, untuk menghasilkan debit yang besar dibutuhkan fasilitas dengan ukuran yang besar pula, misalnya bangunan ambil air (*intake*), saluran air dan turbin^[2].

C. Kriteria Pemilihan Jenis Turbin

Berdasarkan Kecepatan Spesifik (N_s) Kecepatan spesifikasi (N_s) adalah kecepatan (putaran) turbin yang akan ditransmisikan ke generator. Faktor tersebut seringkali diekspresikan sebagai "kecepatan spesifik, N_s ", yang didefinisikan:

$$N_s = \frac{N\sqrt{P}}{H_{efs}^{5/4}} \quad (3)$$

dimana:

- N_s = Kecepatan spesifik turbin (rpm)
- N = Kecepatan putaran turbin (rpm)
- H_{efs} = Tinggi jatuh efektif (m)

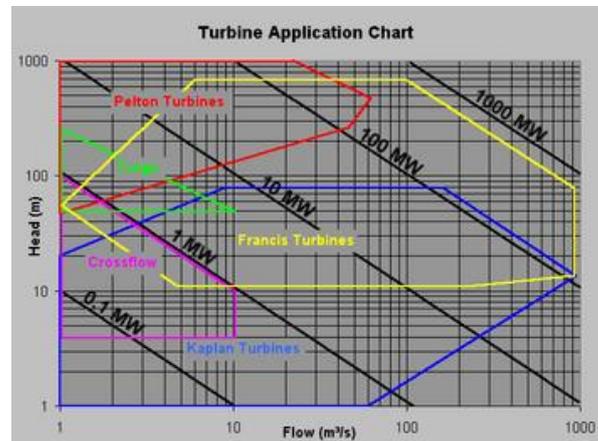
Tabel 1. Kecepatan spesifik turbin konvensional

No	Jenis Turbin	Kecepatan Spesifikasi
1	<i>Pelton</i> dan kincir air	$10 \leq N_s \leq 35$
2	<i>Francis</i>	$60 \leq N_s \leq 300$
3	<i>Cross-Flow</i>	$40 \leq N_s \leq 200$
4	<i>Kaplan dan propeller</i>	$250 \leq N_s \leq 1000$

(Penche, C, 1998)

D. Turbin Propeller

Turbin *propeller* merupakan turbin reaksi aliran aksial. Turbin ini tersusun dari *propeller* seperti yang terdapat pada baling-baling perahu. *Propeller* tersebut biasanya mempunyai tiga hingga enam sudu. Turbin *propeller* banyak digunakan pada *head* yang rendah dengan volume air besar. Kemampuan *propeller* dapat digunakan pada bermacam-macam aliran air. Penyambungan turbin dengan generator biasanya terkoneksi langsung dengan menggunakan sabuk atau transmisi roda gigi. Turbin *propeller* secara luas digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga hidro dengan *head* (jatuhan air) 2–14 meter. Gambar 4 menjelaskan bahwa turbin *propeller* merupakan turbin yang beroperasi pada *head* rendah dan dengan kapasitas air yang tinggi atau bahkan dapat beroperasi pada kapasitas yang rendah.



Gambar 4. Berbagai Macam Turbin dengan Perbandingan Debit dan *Head*-nya

Teknik mengkonversikan energi potensial air menjadi energi mekanik pada roda air turbin dilakukan melalui pemanfaatan kecepatan air. Tinggi tekanan total merupakan penjumlahan energi sebelum memasuki dan sesudah keluar turbin. Roda turbin sebagai inti dari turbin berfungsi sebagai penggerak mula dan mempunyai sudu-sudu dengan derajat tertentu agar bisa menggerakkan roda turbin. Pada turbin terjadi gaya yang timbul akibat fluida kerja sehingga sudu turbin tersebut harus dibuat sedemikian rupa agar terjadi perubahan momentum dari fluida kerja yang mengalir diantara sudu tersebut^[2].

PROSES PENGAMBILAN DATA DAN HASIL

A. Proses Pengambilan Data

Dalam proses pengambilan data dilakukan menggunakan alat yang berbeda, berikut ini adalah pengambilan data yang dilakukan :

1. Pengambilan data besarnya debit dan kecepatan aliran air

Data tersebut diperoleh dari angka yang muncul pada layar monitor alat bernama *portaflow (flowmeter)* dimana sensornya telah disambungkan dengan pipa yang mengalirkan air ke turbin.

2. Pengambilan data tekanan air didalam turbin

Proses pengambilan datanya yaitu dapat dilihat dari layar monitor alat *Dataloger* dimana sensor dari alat ini disambungkan dengan turbin yang diuji.

3. Pengambilan data putaran turbin, putaran dan tegangan generator

Dalam proses pengambilan data ini ada beberapa alat yang dibutuhkan yaitu *dataloger*, *tachometer* dan *Multimeter*. *Dataloger* dan *Tachometer* digunakan untuk mengetahui besarnya putaran pada poros turbin dan generator yang berputar sedangkan *Multimeter* digunakan untuk mengetahui tegangan dan arus yang dihasilkan dari generator.

4. Pengambilan data beban yang mampu ditampung

Dalam proses pengambilan data ini alat yang digunakan adalah *Dummyload* dimana pada alat ini terdapat bola lampu berjumlah 20 buah dengan beban yang berbeda yaitu bola lampu 15 Watt berjumlah 10 buah dan bola lampu 40 Watt berjumlah 10 buah.

Tahapan pengujian yang dilakukan adalah mengukur ketinggian *head* menggunakan *rollmeter* kemudian nyalakan pompa air dan tentukan frekuensi hingga debit yang masuk ke dalam turbin sesuai dengan yang dibutuhkan yang dapat dilihat menggunakan alat *portafol*. lakukan pengukuran putaran turbin dan putaran generator dengan menggunakan *tachometer* juga baca hasil pengukuran putaran dan tekanan yang terdapat pada *dataloger* lalu catat hasil pengukuran tegangan generator dengan melihat hasil pengukuran pada *voltmeter* yang terpasang dibagian generator. Lakukan langkah pengambilan data tersebut secara berulang sampai beban maksimum yang dapat ditampung oleh turbin.

B. Data Hasil Pengujian

Tabel 2 Hasil pengujian ke-1 menggunakan *runner* dengan 5 bilah sudu

No	Frekuensi (Hz)	Debit (L/det)	Putaran (rpm)	Tegangan (V)
1	16,8	40,2	1865	19,3
2	16,7	38,3	1862	18,8
3	16,6	41,9	1853	18,8
4	16,5	37	1845	18,5

5	16,4	37,6	1805	18,4
6	16,3	33,8	1774	18,1
7	16,2	36,2	1770	17,8
8	16,1	35,9	1733	17,6
9	16	35,5	1706	17,4

Tabel 3 Hasil pengujian ke-2 menggunakan *runner* dengan 4 bilah sudu

No	Frekuensi (Hz)	Debit (L/det)	Putaran (rpm)	Tegangan (V)
1	16,3	30,19	1553	16,3
2	16,2	29,07	1509	15,5
3	16,1	28,94	1458	15,6
4	16	28,17	1463	14,9
5	15,9	27,45	1372	14,8
6	15,8	27,17	1361	14,5
7	15,7	26,42	1351	14,3
8	15,6	26,1	1349	14,2
9	15,5	25,8	1329	14

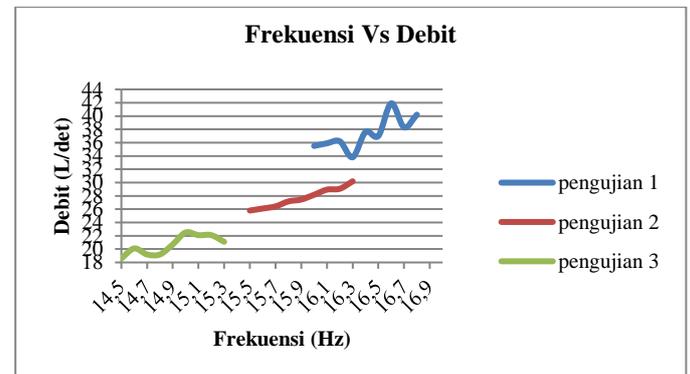
Tabel 4 Hasil pengujian ke-3 menggunakan *runner* dengan 3 bilah sudu

No	Frekuensi (Hz)	Debit (L/det)	Putaran (rpm)	Tegangan (V)
1	15,3	21,1	1881	19,5
2	15,2	22,1	1842	19
3	15,1	22,1	1800	18,9
4	15	22,5	1797	18,3
5	14,9	20,7	1680	18
6	14,8	19,2	1619	17,5
7	14,7	19,2	1632	16,5
8	14,6	20,1	1590	16
9	14,5	18,6	1590	15,3

Dari ketiga tabel hasil pengujian di atas, untuk selanjutnya bisa digambarkan dalam bentuk grafik guna mengetahui pengaruh frekuensi terhadap debit, frekuensi terhadap putaran, frekuensi terhadap tegangan generator, debit terhadap putaran generator, debit terhadap tegangan generator, dan putaran generator terhadap tegangan generator pada turbin *propeller* kapasitas 250 Watt.

Hubungan antara frekuensi dengan debit

Hubungan antara frekuensi dengan debit turbin *propeller* kapasitas 250 Watt yang dihasilkan oleh turbin *propeller* kapasitas 250 Watt pada masing-masing pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.

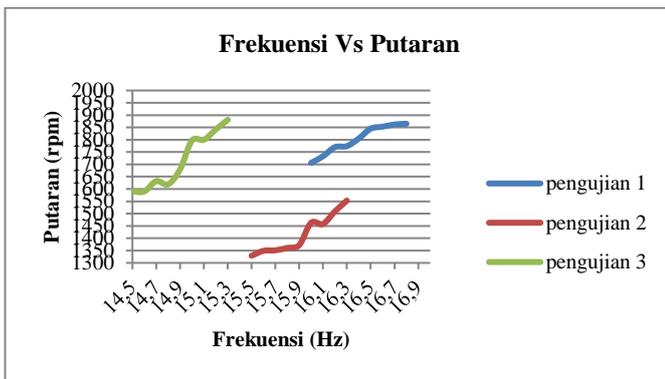


Gambar 5. Grafik hubungan antara frekuensi dengan debit

Pada Gambar 5 data diambil sebanyak 3 kali pengujian, mulai dari frekuensi yang paling tinggi 16,8 dengan debit 40,2 L/det pada pengujian ke-1, sampai yang paling rendah 14,5 Hz dengan debit 18,6 L/det pada pengujian ke-3. Gambar 5. membuktikan bahwa frekuensi mempengaruhi debit, ketika frekuensi diturunkan maka debit juga ikut turun khususnya pada pengujian ke-2 meskipun terjadi *fluktuasi* pada pengujian ke-1 dan ke-3.

Hubungan antara frekuensi dengan putaran generator

Hubungan antara frekuensi dengan putaran generator turbin *propeller* kapasitas 250 Watt yang dihasilkan oleh turbin *propeller* kapasitas 250 Watt pada masing-masing pengujian dapat dilihat pada Gambar 6.

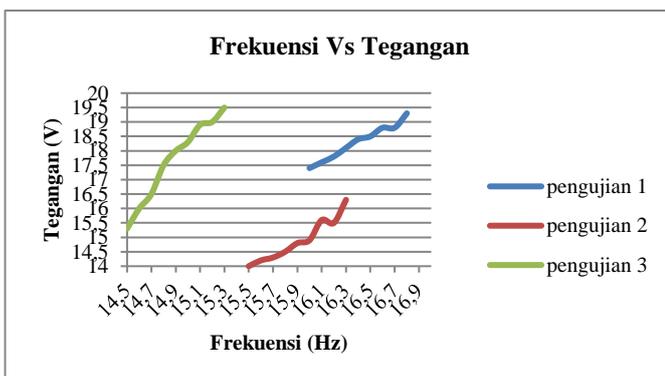


Gambar 6. Grafik hubungan antara frekuensi dengan putaran generator

Pada Gambar 6 data diambil sebanyak 3 kali pengujian, mulai dari frekuensi yang paling tinggi 16,8 dengan putaran generator 1865 rpm pada pengujian ke-1, sampai yang paling rendah 14,5 Hz dengan putaran generator 1590 rpm pada pengujian ke-3. Gambar 6 membuktikan bahwa frekuensi mempengaruhi putaran generator, ketika frekuensi diturunkan maka putaran generator juga ikut turun.

Hubungan antara frekuensi dengan tegangan generator

Hubungan antara frekuensi dengan debit turbin *propeller* kapasitas 250 Watt yang dihasilkan oleh turbin *propeller* kapasitas 250 Watt pada masing-masing pengujian dapat dilihat pada Gambar 7.



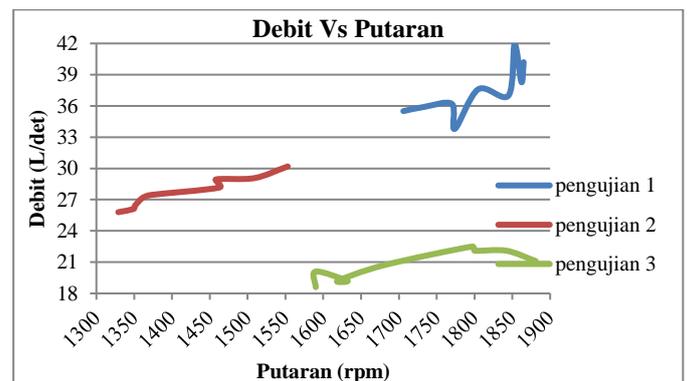
Gambar 7. Grafik hubungan antara frekuensi dengan tegangan generator

Pada Gambar 7 data diambil sebanyak 3 kali pengujian, mulai dari frekuensi yang paling tinggi 16,8 Hz dengan tegangan generator 19,3 V pada pengujian ke-1, sampai yang paling rendah 14,5 Hz dengan putaran generator 15,3 V pada pengujian ke-3. Gambar 7 membuktikan bahwa frekuensi mempengaruhi tegangan generator, ketika frekuensi diturunkan maka tegangan generator juga ikut turun.

Hubungan antara debit dengan putaran generator

Hubungan antara frekuensi dengan debit turbin *propeller* kapasitas 250 Watt yang dihasilkan oleh turbin *propeller* kapasitas 250 Watt pada masing-masing pengujian dapat dilihat pada Gambar 8.

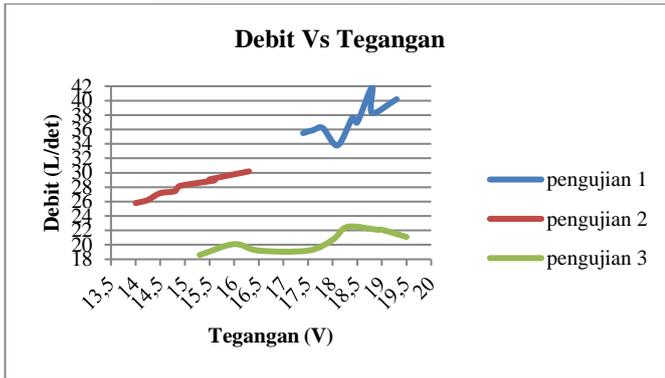
Pada Gambar 8 data diambil sebanyak 3 kali pengujian, mulai dari debit yang paling tinggi 41,9 L/det dengan putaran generator 1865 rpm pada pengujian ke-1, sampai yang paling rendah 18,6 L/det dengan putaran generator 1590 rpm pada pengujian ke-3. Gambar 8 membuktikan bahwa debit mempengaruhi putaran generator, ketika debit turun maka putaran generator juga ikut turun khususnya pada pengujian ke-2, meskipun pada pengujian ke-1 dan ke-3 terjadi *fluktuasi*.



Gambar 8. Grafik hubungan antara debit dengan putaran generator

Hubungan antara debit dengan tegangan generator

Hubungan antara frekuensi dengan debit turbin *propeller* kapasitas 250 Watt yang dihasilkan oleh turbin *propeller* kapasitas 250 Watt pada masing-masing pengujian dapat dilihat pada Gambar 9.

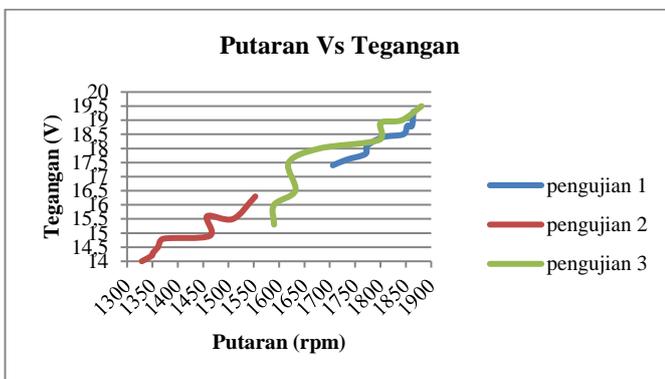


Gambar 9. Grafik hubungan antara debit dengan tegangan generator

Pada Gambar 9 data diambil sebanyak 3 kali pengujian, mulai dari debit yang paling tinggi 41,9 L/det dengan tegangan generator 19,3 V pada pengujian ke-1, sampai yang paling rendah 18,6 L/det dengan putaran generator 15,3 V pada pengujian ke-3. Gambar 9 membuktikan bahwa debit mempengaruhi tegangan generator, ketika debit turun maka tegangan generator juga ikut turun khususnya pada pengujian ke-2, meskipun pada pengujian ke-1 dan ke-3 terjadi fluktuasi.

Hubungan antara putaran generator dengan tegangan generator

Hubungan antara frekuensi dengan debit turbin propeller kapasitas 250 Watt yang dihasilkan oleh turbin propeller kapasitas 250 Watt pada masing-masing pengujian dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik hubungan antara putaran generator dengan tegangan generator

Pada Gambar 10 data diambil sebanyak 3 kali pengujian, mulai dari putaran generator yang paling tinggi 1865 rpm dengan tegangan yang dihasilkan generator sebesar 19,3 V pada pengujian ke-1, sampai yang paling rendah 1590 rpm dengan tegangan yang dihasilkan oleh generator sebesar 15,3 V pada pengujian ke-3. Gambar 10 membuktikan bahwa putaran generator mempengaruhi tegangan generator, ketika putaran turun maka tegangan generator juga ikut turun.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi hasil pengukuran pada pengujian yang telah dilakukan yang

menyebabkan terjadinya kesalahan dalam pengambilan data, yaitu:

1. Kesalahan pengukuran karena alat ukur
Bisa disebabkan akibat alat ukur *tachometer* dan *flowmeter* (*porta flow*) yang tidak teliti, karena nominal yang ditampilkan pada layar selalu beubah-ubah sehingga mengambil inisiatif untuk mengambil hasil ukur berdasarkan angka yang sering muncul pada alat tersebut.
2. Kesalahan pengukuran karena faktor yang melakukan pengukuran

Bagaimanapun presisinya alat ukur yang digunakan, tetapi masih juga terdapat penyimpangan pengukuran walaupun 2 kesalahan diatas sudah dihindari. Ini karena manusia mempunyai sifat-sifat tersendiri dan juga mempunyai keterbatasan. Seperti pada saat melakukan pengukuran terkadang jarak atau posisi alat ukur dengan benda ukur (poros) tidak tepat kadang terlalu dekat atau jauh.

C. Data Hasil Perhitungan

Dengan menggunakan persamaan (3) dan data putaran (rpm) dari tabel 2, 3 dan 4 maka didapatkan besarnya kecepatan spesifik turbin seperti pada tabel 5.

Tabel 5 Kecepatan spesifik turbin

No	Ns (rpm)		
	4.3 (N) dan 4.9 (Ph)	4.5 (N) dan 4.10 (Ph)	4.7 (N) dan 4.11 (Ph)
1	1079,12	989,64	1330,37
2	1079,12	1092,35	1141,87
3	1080,37	1059,97	1099,24
4	1053,27	890,83	1050,71
5	1017,31	911,10	988,96
6	1044,02	981,79	989,09
7	1033,44	938	990,79
8	963,93	913,21	923,49
9	Off	Off	909,29

D. Spesifikasi Turbin

Dalam sub bab ini penulis membandingkan spesifikasi dari PLTMH yang dibuat dan dikembangkan oleh LIPI yang menjadi objek penelitian pada saat dilakukannya kerja praktek dengan PLTMH yang penulis dapat dari salah satu jurnal milik Ridwan mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta yang merancang sebuah PLTMH dengan *head* 2 m dan debit 0,3 L/det, yang dapat dilihat pada Tabel 6^[3].

Tabel 6 Perbandingan spesifikasi turbin

	Turbin Cross Flow	Turbin Prototipe	Turbin LIPI rancangan awal	Turbin LIPI pada saat pengujian	Satuan
H	20	2	1,7	1,4	M
Q	0,3	0,03	0,025	0,022	m ² /s
N	500	281,39	543,07	589,30	Rpm
n _s	90,69	90,69	172,40	187,08	Rpm
P _t	44,7336	0,4704	0,375	0,272	kW
D _t	0,345	0,195	0,113	0,107	M

Keterangan:

H = Tinggi air jatuh (*Head*)

Q = Debit air

N = Putaran turbin

N_s = Putaran spesifik turbin

P_t = Daya

D_t = Diameter *runner*

KESIMPULAN

1. Proses kerja turbin *propeller* kapasitas 250 Watt yang dibuat dan dikembangkan oleh Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) berjalan sebagaimana mestinya yaitu dengan memanfaatkan energi air yang dikonversikan menjadi energi mekanik oleh turbin/*runner* yang kemudian diteruskan ke generator untuk menghasilkan energi listrik.
2. Konstruksi turbin *propeller* kapasitas 250 Watt pada saat pengujian yang dilakukan di lab. *Hycom* Cimahi tidak sesuai dengan desain karena menyesuaikan dengan tempat pengujian, dimana *head* yang didesain sebesar 1,7 m diubah menjadi 1,4 m dan terdapat beberapa kebocoran pada lasan PVC yang digunakan untuk menghubungkan rangka turbin.
3. Ketinggian (*head*) dan kecepatan spesifik menentukan pemilihan jenis turbin pada PLTMH.
4. Kecepatan spesifik turbin yang sesuai dengan tabel Tabel 1 adalah turbin yang menggunakan *runner* dengan 4 bilah sudu (*blade*), namun beban yang dihasilkan pada saat pengujian hanya mencapai 105 Watt. Hasil perhitungan manual untuk turbin yang menggunakan *runner* dengan 3 bilah sudu sesuai dengan tabel, namun harus lebih teliti dalam membaca besarnya debit dari alat ukur *flowmeter* agar hasil perhitungan manual sesuai dengan Tabel 1, karena beban yang dihasilkan pada saat pengujian lebih besar jika dibandingkan dengan hasil pengujian menggunakan *runner* yang lain yaitu bisa mencapai 110 Watt.
5. Besarnya debit akan menentukan putaran turbin dan generator yang juga akan mempengaruhi tegangan yang dihasilkan generator, semakin besar debit maka putaran dan tegangan generator juga akan semakin besar, kesimpulan tersebut dibuktikan dari data pengujian ke-6 dimana debit paling besar adalah 21,1 L/det dengan putaran turbin 1881 rpm dan tegangan yang dihasilkan sebesar 19,5 V dan debit paling kecil adalah 18,6 L/det dengan putaran turbin 1590 rpm dan tegangan yang dihasilkan generator sebesar 15,3 V.
6. *Blade* yang paling efektif dalam pengujian ini adalah *blade* dengan jumlah sudu 3 bilah.

Dalam menyusun makalah penelitian ini penulis banyak bantuan dari berbagai pihak, baik moril maupun materil. Maka dalam kesempatan ini penulis mengucapkan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. H. Haris Budiman, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Majalengka sekaligus Pembimbing penelitian.
2. Asep Rachmat, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji penelitian Program Studi Teknik Mesin Universitas Majalengka
3. Anjar Susatyo, S.T., selaku Pembimbing penelitian di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).

DAFTAR PUSTAKA

1. Kementrian Energi Dan Sumber Daya Mineral Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, Statistik ketenagalistrikan edisi no. 30 Tahun Anggaran 2017
2. Anjar Susatyo, Ridwan Arief Subekti, *Rancang Bangun Turbin Arus Sungai/Head Sangat Rendah*. Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik – LIPI, Bandung.
3. JTM Vol. 03, No. 3, Oktober 2014, Ridwan, *Perancangan Model Air Aliran Silang (cross flow turbine) Dengan Head 2 m dan Debit 0,03 m³/s*. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta
4. Ridwan Arief Subekti, Anjar Susatyo, *Pengujian Prototipe Turbin Head Sangat Rendah Pada Suatu Saluran Aliran Air*. Pusat Penelitian Tenaga Listrik Dan Mekatronik – LIPI, Bandung.
5. Very Dwiyanto, 2016, *Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH), Studi Kasus: Sungai Air Anak (Hulu Sungai Way Besai), Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Lampung, Lampung
6. Suriyanto Buyung, *Analisis Pengaruh Tinggi Jatuhnya Air (Head) Terhadap Daya Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hydro Tipe Turbin Pelton*. Jurusan Teknik Mesin, Program Study Diploma Iv, Politeknik Katolik Saint Paul Sorong