



ANALISA PENGARUH SUDUT NOZZLE DAN DIAMETER NOZZLE TERHADAP PERFORMA TURBIN CROSSFLOW UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH)

Nobyansyah Adhitya Gatra, Rizkul Masy'aril Huda, Gatut Priyo Utomo

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia
email: nobyag33@gmail.com

ABSTRAK

Pada zaman sekarang ini energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang sangat vital sehingga dibutuhkan pembangkit listrik yang ramah lingkungan, efisien dan tidak mudah hilang, salah satu energi yang efektif diterapkan di daerah Indonesia yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Prinsip kerjanya memanfaatkan perbedaan ketinggian (head) dan jumlah aliran air yang mengalir pada sungai untuk kemudian aliran akan diteruskan oleh pipa menuju turbin, melalui nozzle lalu akan disemprotkan ke turbin sehingga menghasilkan tenaga mekanik. Energi mekanik diteruskan ke generator untuk diubah menjadi energi listrik. Metode yang dilakukan meliputi perancangan, pengambilan data dan analisa. Tahap perancangannya itu desain maupun alat hasil jadi untuk melakukan pengujian ketahap pembuatan. Proses selanjutnya adalah proses pengambilan data yaitu pengujian dengan beberapa variasi dan variabel yang digunakan untuk mendapatkan data dan perhitungan yang tepat dalam penelitian Sudut nozzle: 45° , 55° , 65° dan Diameter nozzle: 5 mm, 10 mm, 15 mm.. Hasil dari analisa dapat disimpulkan bahwa hasil daya performa dengan hasil Model prototype mikrohidro dengan variasi sudut nozzle 45° dan diameter 5mm menghasilkan daya output yang terbesar yaitu 24,39 watt. variasi sudut nozzle 45° dan diameter 5mm menghasilkan efisiensi pltmh terbaik yaitu 10,80%. Pada sudut 45° arah pancaran air nya tepat mengenai ujung dari sudu turbin hal ini akan mempengaruhi gaya dorong air terhadap turbin dan akan menghasilkan rpm yang maksimal, lalu pada nozzle 5mm menghasilkan tekanan air yang tinggi untuk memutar turbin. Semakin tinggi rpm yang dihasilkan maka hasil output dari generator juga akan tinggi.

Kata kunci : Analisa, Sudut Nozzle, Diameter Nozzle, PLTMH, Mikrohidro

PENDAHULUAN

Pada zaman sekarang ini energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang sangat vital sehingga dibutuhkan pembangkit listrik yang ramah lingkungan, efisien dan tidak mudah hilang. Perkembangan kebutuhan manusia yang semakin meningkat dengan berbagai jenis pembangkit tenaga yang telah banyak diciptakan oleh manusia,

yang dimulai dari turbin air, turbin angin, turbin uap dan solar cell dengan berbagai kelebihan dan kekurangannya. Kita menyadari fakta bahwa semakin berkurangnya cadangan energi fosil seperti minyak bumi, gas, dan batu bara yang mulai krisis maka dari itu perlu diadakan perkembangan mengenai pembangkit listrik yang efisien, ekonomis dan ramah lingkungan, seperti PLTA. Saat ini

pembangkit listrik tenaga air atau yang disebut dengan PLTA merupakan pembangkit listrik yang sangat pesat perkembangannya.

Salah satu energi yang efektif diterapkan di daerah Indonesia yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Potensi energi tenaga air yang berada di Sungai Bagong, Trenggalek, Jawa Timur yang belum dimanfaatkan yaitu saluran air irigasi dan air terjun daerah tersebut menyimpan potensi energi yang sangat besar untuk dimanfaatkan sebagai PLTMH. PLTMH ini telah digunakan cukup lama bahkan bertahun-tahun dalam membantu manusia untuk memenuhi kebutuhan energi tetapi belum cukup sebab melihat kondisi kebutuhan yang semakin meningkat maka dari itu kita perlu mencari cara terbaik untuk dapat memenuhi kebutuhan konsumsi energi sekaligus pemerataan energi listrik ke semua daerah Indonesia sekalipun.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro memiliki keunggulan dibandingkan dengan pembangkit-pembangkit listrik yang lain, terbukti bahwa lebih praktis, serta pemeliharaan dan biaya operasi yang rendah namun dapat menyimpan kapasitas energi yang lumayan besar yaitu sampai < 500 KW. Selanjutnya, sistem tenaga air dapat membantu kebutuhan manusia dengan skala kecil. Cara kerjanya adalah dengan merubah energi potensial dari ketinggian jatuh air menjadi energi kinetik dari kecepatan aliran lalu menjadi energi mekanik dari putaran turbin air, kemudian putaran turbin diteruskan ke generator untuk menghasilkan listrik yang disebut dengan Mikrohidro.

Tenaga air dengan debit dan tinggi jatuh besar kurang cocok jika diaplikasikan pada debit dan tinggi jatuh kecil, padahal aliran air yang kecil masih menyimpan energi yang lumayan besar.

Oleh sebab itu diperlukan penyesuaian ukuran pipa/nozzle dan bentuk turbin agar dapat menghasilkan efisiensi dan tenaga yang besar. (Rotary Blade) yaitu Sudu putar kecepatan aliran fluida yang dapat menimbulkan gaya memutar poros dan mengubah arah. Untuk memutar turbin maka diperlukan bentuk sudu yang benar agar dapat menerima jatuhnya air. Supaya lebih efektif maka panjang sudu harus dikurangi dikarenakan jika posisi ketinggian air jatuh yang rendah dapat mentransfer energi potensial air menuju turbin penggerak menjadi optimal. Jumlah sudu juga perlu diperhitungkan lagi sebab jika penangkapan air jatuh dengan jumlah sudu yang cukup banyak akan menyebabkan turbin berputar kurang maksimal dan sebaliknya kekurangan aliran air juga akan banyak energi yang tidak tertangkap dan energi terbuang. Untuk mendapatkan hasil output dan input yang maksimal maka terlebih dahulu melakukan pengujian dengan simulasi atau prototipe, agar biaya yang dikeluarkan dapat diminimalisir (**Tirono, M. 2012**).

Oleh sebab itu kita mencoba untuk melakukan penelitian analisa variasi ukuran diameter nozzle, dan sudut nozzle yang diarahkan langsung pada sudu turbin. Kita juga harus memperhitungkan agar pengaruh terhadap putaran poros turbin menjadi lebih maksimal. Hal ini dilakukan karena pada dasarnya pembangkit Mikrohidro ini menggunakan debit aliran air yang tergolong cukup kecil, maka dari itu tantangannya adalah bagaimana solusi agar aliran air yang kecil tersebut dapat menghasilkan output putaran yang besar. Sejalan dari tujuan penelitian ini yaitu untuk menganalisa pengaruh variasi sudut nozzle air dan diameter nozzle terhadap performa turbin crossflow untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH).

PROSEDUR EKSPERIMEN

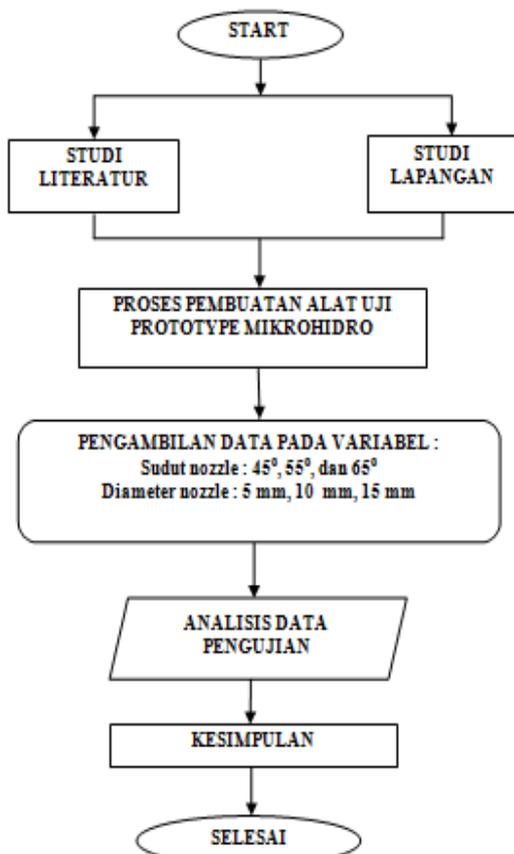


Diagram Alir (Flowchat) Penelitian

Metode yang digunakan dalam pengujian ini yaitu studi literatur, sehingga ada referensi yang digunakan untuk mendukung pengerjaan proposal tugas akhir ini. Studi lapangan yaitu penulis melakukan kegiatan penelitian dan mengetahui cara kerja mikrohidro di lapangan. Setelah itu kemudian melakukan proses pembuatan dalam skala prototype yang diharapkan dapat mendapatkan hasil yang diharapkan. Penulis menyusun rencana mengenai alat uji yang akan dibuat yang berisi desain rancangan, alat pengujian dan perhitungan yang lengkap sebagai perencanaan yang dibutuhkan dalam perancangan prototype mikrohidro ini. Dalam pembuatan prototype mikrohidro ini akan ditunjukkan perancangan desain maupun alat hasil jadi untuk melakukan pengujian.

Beberapa variasi dan variabel yang digunakan untuk mendukung penelitian agar mendapatkan data yang tepat dalam penelitian ini.

a. Variasi sudut nozzle: 45° , 55° , dan 65°



Gambar 1. Variasi Sudut nozzle

b. Variasi diameter nozzle: 5mm, 10mm dan 15mm.



Gambar 2. Variasi diameter nozzle

c. Sudu yang digunakan turbin berjumlah 12 buah

d. Pressure gauge yang memiliki spesifikasi tekanan sebesar $0-120 \text{ lb/in}^2$ dan $0-15 \text{ lb/in}^2$.

e. Generator yang digunakan yaitu Generator DC Permanen Magnet DC 12V – 18V 30W 800 Rpm



Gambar 3. Generator DC

Pada pengujian ini alat yang kami gunakan yaitu prototipe mikrohidro yang menggunakan turbin crossflow. Instalasi alat pengujian seperti yang ditunjukkan pada



gambar 4
Gambar 4. Instalasi Penelitian

Bagian-bagian prototipe mikrohidro :

1. Pressure Gauge
2. Sudut Nozzle
3. Diameter Nozzle
4. Turbin
5. Pillow
6. Generator DC
7. Penampung fluida
8. Roda
9. Bukaan pipa 1
10. Bukaan pipa 2
11. Pompa fluida
12. Rangka
13. Elbow
14. Stop kran fluida
15. Pipa
16. Kabel
17. Poros Turbin

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil dan pembahasan ini akan ditunjukkan beberapa analisa data dan pembahasan tentang analisa pengaruh sudut nozzle dan diameter nozzle terhadap performa turbin crossflow untuk PLTMH. Pada Pengujian variasi diameter nozzle dan sudut nozzle yang dilakukan dengan waktu 5 menit sebanyak 3 kali percobaan untuk setiap pengujian yang dilakukan menggunakan perhitungan rata-rata dan perhitungan efisiensi PLTMH.

Untuk mengetahui besarnya daya listrik yang dihasilkan generator dapat menggunakan rumus berikut :

$$P = V \cdot I$$

Tabel 1. Hasil dan perhitungan daya dengan variasi sudut nozzle 45° terhadap variasi diameter nozzle 5mm, 10mm, 15mm.

Sudut Nozzle (°)	D Ø (mm)	Waktu 5 (Menit)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Daya (Watt)
55°	5	pengujian1	2,67	6,23	16,6341
	5	pengujian2	2,72	6,27	17,0544
	5	pengujian3	2,71	6,13	16,6123
	10	pengujian1	1,67	2,93	4,8931
	10	pengujian2	1,65	2,81	4,6365
	10	pengujian3	1,69	2,88	4,8672
	15	pengujian1	0,98	1,43	1,4014
	15	pengujian2	0,91	1,41	1,2831
	15	pengujian3	0,89	1,46	1,2994

Tabel 2. Hasil dan perhitungan daya dengan variasi sudut nozzle 55° terhadap variasi diameter nozzle 5 mm, 10mm dan 15mm.

Sudut Nozzle (°)	D Ø (mm)	Waktu 5 (Menit)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Daya (Watt)
45°	5	pengujian1	2,85	8,32	23,712
	5	pengujian2	2,83	8,38	23,715
	5	pengujian3	3,11	8,28	25,750
	10	pengujian1	2,03	3,40	6,902
	10	pengujian2	2,01	3,45	6,934
	10	pengujian3	1,98	3,38	6,692
	15	pengujian1	1,08	1,85	1,997
	15	pengujian2	1,11	1,80	1,998
	15	pengujian3	1,04	1,93	2,007

Tabel 3. Hasil dan perhitungan daya dengan variasi sudut nozzle 65° terhadap variasi diameter nozzle 5 mm, 10mm dan 15mm.

Sudut Nozzle (°)	D Ø (mm)	Waktu 5 (Menit)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Daya (Watt)
65°	5	pengujian1	2,11	5,73	12,0903
		pengujian2	2,09	5,77	12,0593
		pengujian3	2,14	5,54	11,8556
	10	pengujian1	1,08	2,65	2,8621
		pengujian2	1,11	2,61	2,8972
		pengujian3	1,04	2,72	2,8288
	15	pengujian1	0,19	1,24	0,2356
		pengujian2	0,21	1,21	0,2541
		pengujian3	0,23	1,28	0,2944

Tabel 4. Data hasil yang sudah di rata-rata perhitungan daya dengan variasi sudut nozzle 45° terhadap variasi diameter nozzle 5 mm, 10mm dan 15mm.

Sudut Nozzle (°)	D Ø (mm)	Waktu 5 (Menit)	Daya (Watt)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	n Turbin (RPM)	Pressure (psi)
45°	5	pengujian1	23,712	2,85	8,32	723	20
		pengujian2	23,715	2,83	8,38	733	20
		pengujian3	25,750	3,11	8,28	714	20
	Rata-Rata		24,39	2,93	8,32	723	20
45°	10	pengujian1	6,902	2,03	3,40	383	3,6
		pengujian2	6,934	2,01	3,45	379	3,6
		pengujian3	6,692	1,98	3,38	385	3,6
	Rata-Rata		6,84	2	3,41	382	3,6
45°	15	pengujian1	1,997	1,08	1,85	167	1
		pengujian2	1,998	1,11	1,80	163	1
		pengujian3	2,007	1,04	1,93	166	1
	Rata-Rata		1,95	1,07	1,83	163	1

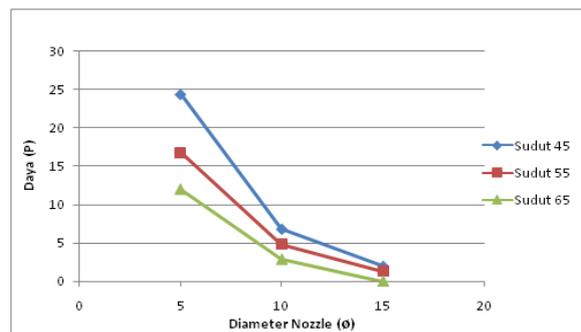
Tabel 5. Data hasil yang sudah di rata-rata perhitungan daya dengan variasi sudut nozzle 55° terhadap variasi diameter nozzle 5 mm, 10mm dan 15mm.

Sudut Nozzle (°)	D Ø (mm)	Waktu 5 (Menit)	Daya (Watt)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	n Turbin (RPM)	Pressure (psi)
55°	5	pengujian1	16,6341	2,67	6,23	556	20
		pengujian2	17,0544	2,72	6,27	567	20
		pengujian3	16,6123	2,71	6,13	551	20
	Rata-Rata		16,76	2,7	6,21	558	20
55°	10	pengujian1	4,8931	1,67	2,93	257	3,6
		pengujian2	4,6365	1,65	2,81	255	3,6
		pengujian3	4,8672	1,69	2,88	243	3,6
	Rata-Rata		4,79	1,67	2,87	251	3,6
55°	15	pengujian1	1,4014	0,98	1,43	112	1
		pengujian2	1,2831	0,91	1,41	109	1
		pengujian3	1,2994	0,89	1,46	119	1
	Rata-Rata		1,32	0,92	1,43	113	1

Tabel 6. Data hasil yang sudah di rata-rata perhitungan daya dengan variasi sudut nozzle 65° terhadap variasi diameter nozzle 5 mm, 10mm dan 15mm.

Sudut Nozzle (°)	D Ø (mm)	Waktu 5 (Menit)	Daya (Watt)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	n Turbin (RPM)	Pressure (psi)
65°	5	pengujian1	12,0903	2,11	5,73	525	20
		pengujian2	12,0593	2,09	5,77	550	20
		pengujian3	11,8556	2,14	5,54	521	20
	Rata-Rata		12	2,11	5,68	532	20
65°	10	pengujian1	2,8621	1,08	2,65	235	3,6
		pengujian2	2,8972	1,11	2,61	238	3,6
		pengujian3	2,8288	1,04	2,72	231	3,6
	Rata-Rata		2,86	1,07	2,66	234	3,6
65°	15	pengujian1	0,2356	0,19	1,24	108	1
		pengujian2	0,2541	0,21	1,21	112	1
		pengujian3	0,2944	0,23	1,28	106	1
	Rata-Rata		0,26	0,21	1,24	108	1

Dari data tabel hasil dari rata-rata setelah itu dilakukan pembuatan gambar grafik dan analisa data grafik tersebut berdasarkan hasil olah data yang dilakukan dalam yang bertujuan untuk mendapatkan nilai grafik daya performa turbin, pembuatan grafik menggunakan bantuan Microsoft Office Excel. Hubungan daya performa turbin pada variasi sudut nozzle dan diameter nozzle seperti ditunjukkan pada grafik 1.



Grafik 1. Performa Daya

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin kecil diameter dan sudut nozzle maka daya yang dihasilkan akan meningkat begitupun sebaliknya semakin besar diameter dan sudut nozzle maka daya nya akan menurun, seperti digambarkan pada grafik diatas. Dengan hasil tertinggi pada sudut nozzle sudut 45° dan diameter

5mm yaitu menghasilkan arus sebesar 24,39W.

Ini dikarenakan pada sudut 45⁰ arah pancaran air nya tepat mengenai ujung dari sudu turbin hal ini akan mempengaruhi gaya dorong air terhadap turbin dan akan menghasilkan rpm yang maksimal, lalu pada nozzle 5mm menghasilkan tekanan air yang tinggi untuk memutar turbin. Semakin tinggi rpm yang dihasilkan maka hasil output dari generator juga akan tinggi.

Untuk sebuah pembangkit listrik harus mengetahui efisiensi dari penggunaan turbin. Maka dari itu untuk menentukan efisiensi nya yaitu :

$$\eta = \frac{P_g}{P_t} \times 100\%$$

Untuk mengitung total daya putaran turbin dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$P_t = \tau \cdot \omega$$

Untuk memutar generator diperlukan torsi turbin yang sama dengan torsi generator. Dapat dituliskan dengan rumus :

$$\tau = \frac{4500.H_p}{2\pi n}$$

Untuk mengitung kecepatan pada sudut dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

Tabel 7. Hasil efisiensi PLTMH dengan variasi sudut nozzle 45⁰ terhadap variasi diameter nozzle 5 mm, 10mm dan 15mm.

Sudut Nozzle (°)	Diameter Nozzle (mm)	Daya Generator (watt)	Daya Turbin (watt)	Efisiensi (%)
45°	5	24,39	225,69	10,80
	10	6,84	66,96	10,21
	15	1,95	20,34	9,58

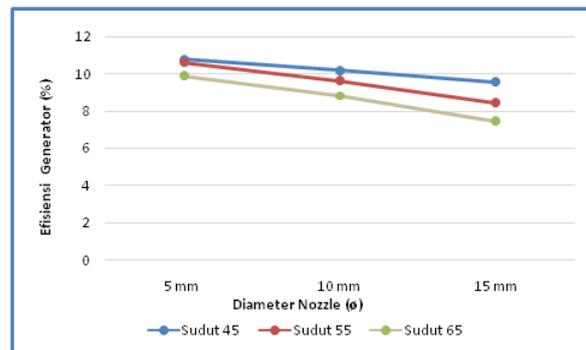
Tabel 8. Hasil efisiensi PLTMH dengan variasi sudut nozzle 55⁰ terhadap variasi diameter nozzle 5 mm, 10mm dan 15mm.

Sudut Nozzle (°)	Diameter Nozzle (mm)	Daya Generator (watt)	Daya Turbin (watt)	Efisiensi (%)
55°	5	16,76	157,60	10,63
	10	4,79	49,81	9,61
	15	1,32	15,64	8,43

Tabel 9. Hasil efisiensi PLTMH dengan variasi sudut nozzle 65⁰ terhadap variasi diameter pipa 5 mm, 10mm dan 15mm.

Sudut Nozzle (°)	Diameter Nozzle (mm)	Daya Generator (watt)	Daya Turbin (watt)	Efisiensi (%)
65°	5	12	121,16	9,90
	10	2,86	32,40	8,82
	15	0,26	3,45	7,47

Dari hasil data tabel 7 sampai 9 kemudian dijadikan dalam bentuk grafik dan analisa data grafik tersebut berdasarkan hasil data yang dilakukan dalam pengolahan data bertujuan untuk mendapatkan nilai grafik efisiensi PLTMH, pembuatan grafik menggunakan bantuan Microsoft Office Excel. Hubungan efisiensi PLTMH pada variasi sudut nozzle dan diameter nozzle seperti ditunjukkan pada grafik 2.



Grafik 2. Efisiensi PLTMH

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa pada sudut 45⁰ dan diameter 5mm menghasilkan efisiensi paling tinggi yaitu 10,80%.

Dari hasil efisiensi ditemukan bahwa semakin besar sudut nozzle dan diameter nozzle maka efisiensi generator semakin turun. Ini dikarenakan pada sudut 45^0 dan diameter 5mm akan menghasilkan semprotan air yang maksimal sehingga rpm yang dihasilkan akan tinggi, hal ini sangat berpengaruh pada output listrik yang dihasilkan oleh generator.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pengujian pada variabel diameter nozzle dan sudut nozzle terhadap performa mikrohidro model turbin crossflow dapat disimpulkan bahwa variabel tersebut berpengaruh terhadap daya performa dengan hasil Model prototype mikrohidro dengan variasi sudut nozzle 45^0 dan diameter 5mm menghasilkan daya output yang terbesar yaitu 24,39 watt, dikarenakan pada sudut 45^0 arah pancaran air nya tepat mengenai ujung dari sudu turbin hal ini akan mempengaruhi gaya dorong air terhadap turbin dan akan menghasilkan rpm yang maksimal, lalu pada nozzle 5mm menghasilkan tekanan air yang tinggi untuk memutar turbin. Semakin tinggi rpm yang dihasilkan maka hasil output dari generator juga akan tinggi.

Pada model prototype mikrohidro dengan variasi sudut nozzle 45^0 dan diameter 5mm menghasilkan efisiensi terbaik yaitu 10,80%. Karakteristik grafik (efisiensi pltmh dengan daya generator) untuk setiap variasi diameter nozzle dan sudut nozzle memiliki kecenderungan yang sama yaitu semakin tinggi efisiensi akan semakin besar pula daya yang dihasilkan.

SARAN

Model prototype mikrohidro saat ini masih sangat memungkinkan untuk dilakukan pengembangan untuk lebih menyempurnakan desain yang sudah ada. Beberapa pengembangan yang masih dapat dilakukah yaitu:

1. Sistem perpipaan dapat dibuat lebih rapi dan ringkas sehingga diharapkan lebih sempurna lagi.

2. Dapat digunakan variasi sudut nozzle dan diameter nozzle yang lebih kecil atau lebih besar lagi.

3. Dapat digunakan Pompa Air dengan kapasitas aliran / debit air yang lebih besar lagi sehingga diharapkan performa yang dihasilkan lebih besar dan sempurna.

4. Bahan turbin dan diameter turbin dibuat lebih baik lagi dan diameter lebih kecil lagi supaya turbin lebih cepat berputar dan diharapkan performa turbin meningkat.

5. Generator DC dibuat lebih besar lagi dan lebih bagus supaya arus yang keluar lebih akurat dan maksimal.

Upaya pengembangan ini model prototype mikrohidro dapat terus dilakukan, supaya mahasiswa/i sebagai pemakai alat uji diharapkan dapat dilakukan pengujian yang lebih baik lagi. Selain itu, pengembangan dari penelitian yang telah dilakukan dapat membantu mahasiswa/i untuk lebih berpikiran luas dan dikembangkan alat uji prototype mikrohidro ini.

PENGHARGAAN

Penghargaan ini kami sampaikan setinggi-tingginya kepada Kedua Orang Tua saya beserta dosen pembimbing bapak Gatut Priyo Utomo dan Teman-teman saya di Teknik Mesin angkatan 2016 atas bantuan penelitian ini dan bisa terselesaikan dengan lancar.

REFERENSI

- Casini, Marco. (2015) .Pemamenan Energi Dari Dalam Pipa Sistem Hidro di Perkotaan dan Skala Bangunan. Via Flamina 72 direvisi.
- Fuhaid, Naif., (2012). Pengaruh Sudut Pipa Pesat Terhadap Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). PROTON, VoL 4 No.1, 27-3.
- Hanggara, Ikrar., &Irvani, Harvi., (2017). Potensi PLTMH (PEMBANGKIT LITRIK TENAGA MIKROHIDRO) di Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang Jawa Timur. Reka Buana VoL 2. No. 2.
- Pasali, YulianusRombe., &Rehiara, AdelhardBeni. (2014).Desain

- Perencanaan Mikrohidro Power Plant di HINK Sungai. *Procedia Ilmu Lingkungan Hidup*. 55-63.
- Tirono, Mokhammad. (2012). *Pemodelan Turbin Cross Flow Untuk Diaplikasikan Pada Sumber Air Dengan Tinggi Jatuh dan Debit Kecil*. Vol 4. No. 2.
- Rohermanto, Agus. (2007). *Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)*. *Jurnal Vokasi* Vol 4. No. 1, 28-36.
2020. *Penggunaan turbin cross-flow pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro*. <https://jonnyhavianto.blogspot.com/2012/05/penggunaan-turbin-cross-flow-pada.html?m=1>. diakses tanggal 4 maret 2020.
- Haimerl, L.A. 1960. *The crossflow Turbine*. Jerman Barat.
2020. *Nozzle*. https://en.m.wikipedia.org/wiki/nozzle&usg=ALkJrhiT8zkHud_YT2AB2hb-jKdrqB0BAQ. Diakses tanggal 4 maret 2020.
2020. *Spraya nozzle*. https://en.m.wikipedia.org/wiki/sprai_nozzle. Diakses tanggal 4 maret 2020.
- Mafruddin¹. Amrul². Amrizal².
Study Experimental Sudut Nosel Dan Sudu Terhadap Kinerja Turbin Cross Flow. Jurusan teknik mesin. fakultas teknik. Universitas Muhammadiyah Metro & Universitas Lampung.