

SIMULASI ALIRAN PICOHYDRO 100 WATT PORTABLE PADA HEAD 2 METER

Tito Shantika, Alexin Putra, Ryan Kornelius Obaja
Jurusan Teknik Mesin Iteas Bandung Jl. PHH Mustofa 23 Bandung
Email : tshantika@iteas.ac.id

INTISARI

Pembangkit listrik pikohidro merupakan salah satu pembangkit listrik yang masih terus dikembangkan terutama untuk daerah pedesaan yang masih membutuhkan pasokan listrik. Penelitian yang telah dikembangkan yaitu picohydro portabel dengan menggunakan bahan PVC dan generator bekas untuk menghasilkan daya listrik. Dari variasi debit air pada pengujian eksperimental dengan head 2 meter, didapat daya maksimum yang dibangkitkan sebesar 96 W pada sudut sudu turbin 30°. Dari hasil tersebut diperlukan Simulasi Runner Pada Pembangkit Listrik Pikohidro tersebut untuk mengetahui memvalidasi performansi yang tidak tercapai. simulasi aliran dalam runner untuk beberapa sudut serang sudu turbin dengan besarnya sudut yaitu 20°, 30°, 40° dan 50° dan analisis fluida dengan menggunakan ANSYS CFX. Hasil simulasi dengan potensi air dengan head 2 meter didapatkan sudut sudu turbin yang maksimum adalah 20° dengan debit 6,28 liter/s torsi yang dihasilkan 0,689 Nm serta daya yang dapat dihasilkan sebesar 67 W dengan efisiensi 54,4 %.

Kata kunci: Pembangkit listrik, pikohidro, Simulasi aliran, CFD.

1. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik Pikohidro merupakan jenis pembangkit listrik yang mempunyai daya maksimum sebesar 5 kW yang biasanya digunakan pada daerah yang terpencil terutama pedesaan yang berbukit (N. Smith, 2000) (A. Williams, 2007). Jenis pembangkit ini banyak diaplikasikan untuk sumber energi yang tidak terlalu besar juga dipergunakan untuk hanya beberapa rumah sebagai sumber penerangan.

Potensi Aliran air pada daerah perumahan dipedesaan memiliki potensi energi yang baik sebagai alternatif dalam membangkitkan listrik, walaupun daya yang dihasilkan masih sangat terbatas. Potensi energi yang dapat dikonversikan dari aliran air disetiap daerah sangat bervariasi, Hal tersebut karena laju aliran air (debit) dan head tersedia berbeda-beda pada setiap daerah, sehingga parameter tersebut sangat penting untuk menjadi perkiraan daya output yang akan dihasilkan (H. Zainuddin1, et al, 2008).

Dari studi *Technical and Economic Assessment of Off, Mini-grid and Grid Electrification Technologies* (ESMAP, 2007) yang di publikasikan world Bank, Besar biaya proyek pembangkitan energy dibawah 5kW masih paling kecil sekitar 10-18 US cent/kWh dibandingkan dengan beberapa jenis pembangkit yang lain seperti energi dari fotofoltaik, mesin generator diesel, turbin angin dan lain-lain. Dari biaya pembangkitan tersebut pembangkit picohydro masih cukup layak dikembangkan terutama dengan potensi relatif kecil sebagai suplai energi listrik untuk daerah pedesaan.

Potensi energi air yang ada tidak akan seluruhnya di konversikan menjadi energi listrik sehingga terdapat efisiensi terhadap pembangkit listrik picohydro tersebut. Energi air sebagai sumber energi listrik yang ada, dapat dihitung pada persamaan dibawah ini (Frank M. White, 2008) :

$$\text{Daya} = \eta \rho g h Q \quad (1)$$

Dimana:

ρ = massa jenis air (1000 kg/m³)

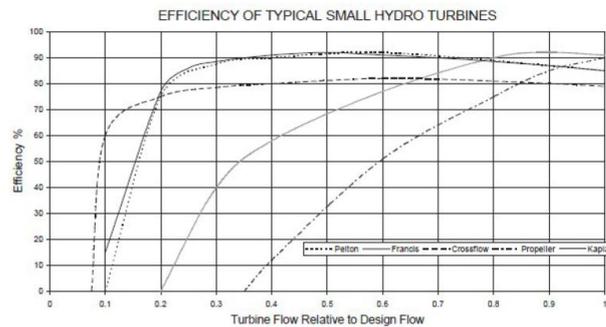
g = konstanta gravitasi (m/s²)

h = tinggi jatuh air / Head (m)

Q = debit air (m³/s)

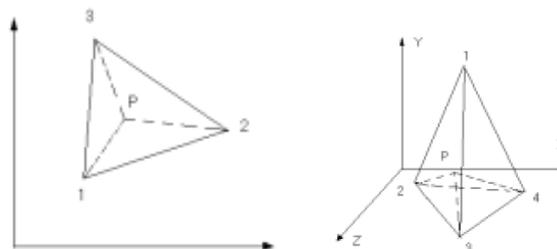
η = efisiensi total

Menurut Kaldellis at all, 2005. Efisiensi Turbin air jenis propeler dapat dicapai maksimum 90% pada aliran turbin/aliran, dimana turbin jenis propeler efisiensi sangat dipengaruhi oleh perbandingan aliran pada turbin dan desainnya .



Gambar 1. Efisiensi small turbin air. (Kaldellis at all, 2005)

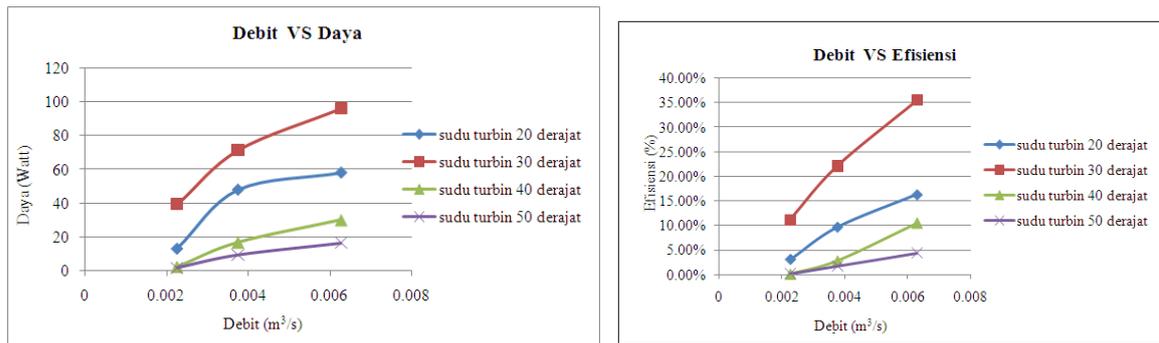
Dalam penyelesaian dengan simulasi tentu akan melibatkan metode numeris sebagai alat untuk penyelesaian masalah teknik dan fisika matematis meliputi analisa struktur, heat transfer, aliran fluida, perpindahan panas, elektromagnetik. Penyelesaian dari metode elemen hingga menggunakan metode matriks dan memerlukan perhitungan yang banyak dan berulang ulang dari persamaan yang sama sehingga diperlukan sarana komputer dan bahasa pemrogramannya. Langkah – langkah umum metode elemen hingga yaitu pertama pembuatan diskritisasi/meshing dan pemilihan jenis elemen. Pemilihan jenis elemen berkaitan dengan struktur yang akan dimodelkan dapat berbentuk 1 dimensi, 2 dimensi maupun 3 dimensi dan berlanjut dengan tingkat kesulitan dari jenis elemen yang ditunjukkan oleh jumlah titik(nodes) dalam elemen beserta jumlah derajat kebebasan (DOF) dari masing-masing titik(nodes). Penentuan jumlah elemen berkaitan dengan ukuran elemen dan penyebarannya berkenaan dengan struktur yang dimodelkan disebabkan oleh bentuk geometri dari struktur serta penyebaran beban dan syarat batasnya (Handayanu,2006).



Gambar 2 Sistem Koordinat elemen hingga (Sonief as`ad, 2003)

Koordinat yang banyak digunakan dalam metode elemen hingga adalah kordinat kartesian, dan koordinat yang sering dinyatakan dalam bentuk vektor (Sonief as`ad, 2003). Sistem koordinat ada 2 jenis yaitu: Sistem koordinat 2 dimensi (elemen segitiga) P (L1,L2,L3) dan Sistem koordinat 3 dimensi (elemen tetrahedral) P (L1,L2,L3,L4) seperti pada gambar 2.

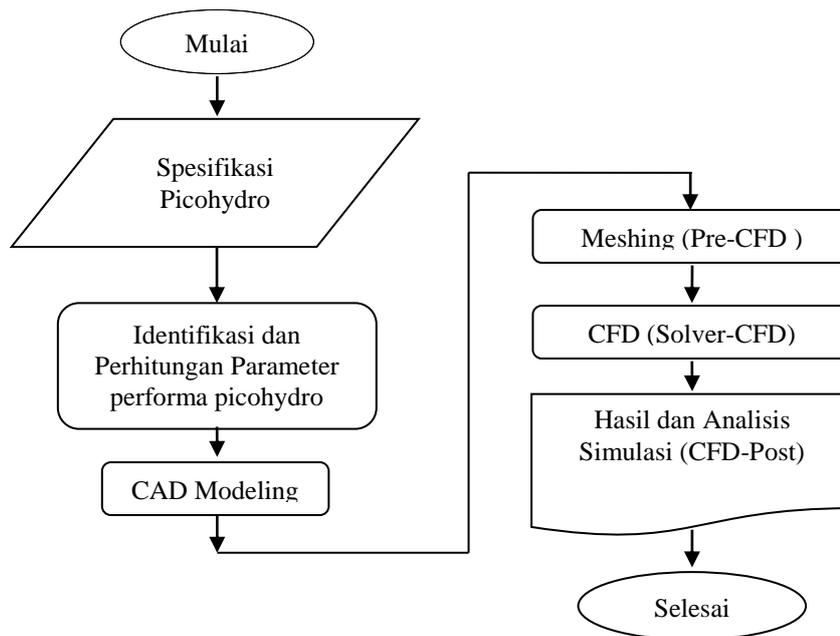
Pada penelitian sebelumnya dibuat prototype Picohydro dengan daya sekitar 100 watt, serta telah dilakukan uji eksperimental untuk beberapa sudut turbin. Pengujian eksperimental dilakukan dengan beberapa sudut sudu turbin diataranya 20°,30°, 40° dan 50 terhadap tegak lurus arah aliran air. Pengujian eksperimental tersebut juga dilakukan dengan beberapa besarnya debit air pada head 2 meter. Dari hasil pengujian didapatkan efisiensi maksimum didapatkan pada sudut sudu turbin 30 derajat dengan debit 6,2 liter/s (Shantika,dkk 2013).



Gambar 3. Grafik Daya dan Efisiensi versus debit eksperimental (Shantika, 2013)

Pada penelitian ini akan dilakukan validasi dengan simulasi CFD karena dari hasil pengujian eksperimental efisiensi pembangkit dinilai masih kurang memadai, sehingga diperlukan metode untuk mendapatkan karakteristik dan performan dari simulasi ini.

2. METODOLOGI



Gambar 4. Flowchart Penelitian

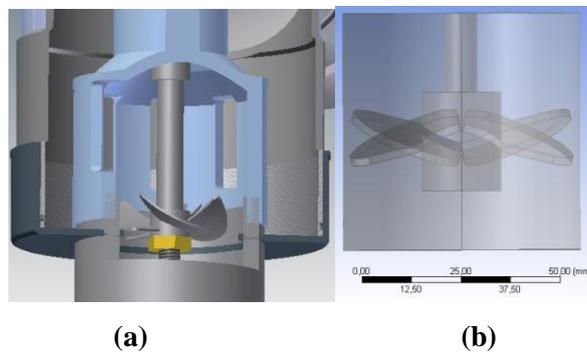
Tahapan penelitian dimulai dengan menentukan spesifikasi turbin air yang dihasilkan dari rancang bangun picohydro yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Spesifikasi runner Picohydro telah dirancang untuk beberapa sudut serang sudu turbin yaitu 20°, 30°, 40° dan 50°. Tahapan selanjutnya mengidentifikasi parameter yang terkait dengan sebagai parameter perbandingan yang akan dihitung. Tahapan selanjutnya yaitu membuat model simulasi 3 dimensi sudu perangkat lunak komputasional Aidd Design (CAD) yang kemudian model diimpor pada program Simulasi Computasional Fluid Dynamic (CFD). Kemudian selanjutnya dilakukan simulasi diantaranya Proses Meshing, CFD solver serta CFD Post pada perangkat lunak tersebut. selanjutnya dilakukan perhitungan analisis data simulasi dari beberapa parameter yang diperoleh

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi aliran pada runner melingkupi beberapa parameter yang dibatasi yaitu debit aliran akan dipakai sesuai dengan besar debit yang telah dilakukan pada pengujian eksperimental yaitu 2.27 liter/s, 3.76 liter/s dan 6.28 liter/s. sudut sudu runner dipergunakan sudut sudu yang digunakan pada saat pengujian yaitu 20° , 30° , 40° dan 50° . Pada simulai ini diasumsikan tidak ada slip pada permukaan runner dimana aliran air yang masuk akan mengarah sesuai dengan dinding runner yang ada pada simulasi. Pada keadaan sebenarnya aliran air masuk dari samping kemudian belok kebawah menuju runner, namun pada model simulasi aliran air yang akan dianalisi hanya pada saat masuk ke runner sampai air meninggalkan runner.

Pembuatan Model

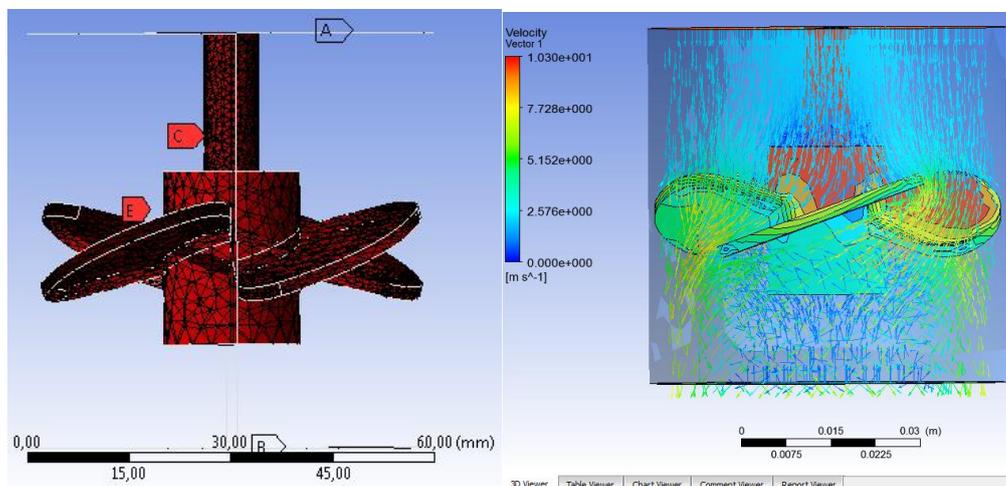
Simulasi aliran merupakan tahapan yang akan dilakukan pada perangkat lunak CFD, namun harus dibuat dulu permodelan dari ruangan yang akan dilewati oleh fluida, sehingga perlu menganalisis gambar teknik maupun gambar 3 dimensi dari pembangkit existing. pembuatan model dilakukan oleh perangkat lunak Auto CAD, kemudian file model diekspor ke ekstensi. Gambar 3 dimensi pembangkit seperti pada gambar 5a dibawah, yang kemudian dibuat model untuk simulasi seperti gambar 5b.



Gambar 5. a) gambar 3 dimensi Runner, b) model Simulasi runner

Analisa aliran CFD

Sebelum dilakukan simulasi pada model harus dilakukan meshing terlebih dahulu. proses meshing adalah suatu proses penyatuan setiap segmen-segmen gambar sehingga seluruh bagian gambar dapat dilakukan simulasi CFD. Pada beberapa bagian sudu turbin diberi nama *blade*, bagian poros diberi nama *wall poros*, bagian hub diberi nama *wall hub*, bagian dinding diberi nama *wall*, bagian masuk diberi nama *inlet* dan bagian keluar diberi nama *outlet*. Selanjutnya memasukan parameter sisi masuk dimana tekanan yang terjadi adalah tekanan sebelum sisi masuk runner dan sisi keluar runner dianggap sama dengan tekanan atmosfer ruangan.



Gambar 6. Meshing dan Simulasi runner

Dari hasil simulasi dapat dilihat pada Tabel 1. perhitungan CFD dari variasi debit air pada simulasi CFD, sudut sudu turbin yang optimal adalah 20°. Pada sudut sudu turbin yang optimal dengan debit 6,28 liter/s, daya yang dapat dibangkitkan sebesar 67 W, dengan efisiensi 54,4 %. Bahwa semakin besar debit semakin tinggi daya yang dibangkitkan karena debit yang tersedia lebih banyak dimanfaatkan untuk memutar generator. Daya yang dapat dibangkitkan pada hasil uji eksperimental lebih besar dibandingkan dengan perhitungan CFD hal ini terjadi dikarenakan pengaruh bantalan pada poros turbin, belokan pada pipa dan kerugian gesekan. Sudut sudu turbin 20° menghasilkan daya dibawah 30°, hal ini diakibatkan karena luas keluar air lebih kecil sehingga memungkinkan pada outlet cross section sudu terjadi aliran dengan kecepatan lebih tinggi yang mengakibatkan kerugian gesekan menjadi lebih besar.

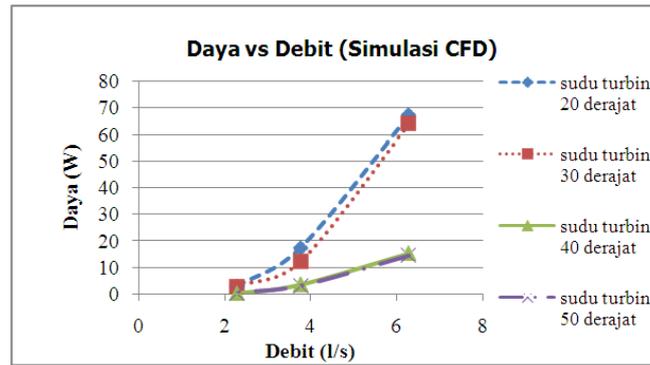
Pada sudut sudu turbin 30° daya maksimum yang diperoleh adalah 63,793 W, dengan efisiensi 52% sedangkan daya yang minimum diperoleh adalah 2,67 W, dengan efisiensi 6%. Dari variasi debit air pada pengujian eksperimental, sudut sudu turbin yang optimal adalah 30°. Pada sudut sudu turbin yang optimal, daya yang dapat dibangkitkan sebesar 96,04 W, dengan efisiensi 77 % dan debit 6,28 liter/s. (Tito Shantika, dkk, 2013).

Tabel 1. Daya dan efisiensi picohydro dari hasil simulasi

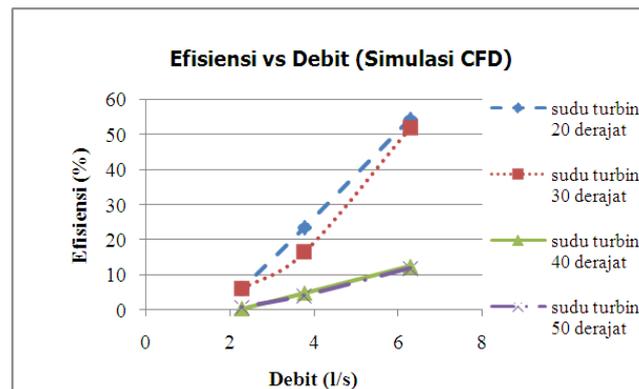
Sudut Sudu	Daya (Watt)			Efisiensi(%)		
	2.27 (l/s)	3.76 (l/s)	6.28 (l/s)	2.27 (l/s)	3.76 (l/s)	6.28 (l/s)
20°	2,65	17,27	67,00	5,95	23,41	54,40
30°	2,67	12,06	63,79	6,00	16,35	52,00
40°	0,12	3,49	15,20	0,28	4,73	12,34
50°	0,32	2,99	14,48	0,73	4,05	11,75

Dari gambar 7 dapat dilihat secara jelas bahwa untuk hasil simulasi CFD dengan potensi head 2 meter diperoleh sudut sudu turbin yang optimal adalah 20°. Pada sudut sudu turbin yang optimal, daya yang dapat dibangkitkan sebesar 67 W, dengan efisiensi 54,4 % dan debit 6,28 liter/s. Sedangkan sudut sudu turbin yang minimum adalah 40°. Pada sudut sudu turbin yang minimum, daya yang dapat dibangkitkan sebesar 0,12 W, dengan efisiensi 0,28 % dan debit 2,27 liter/s.

Pada Gambar 8. tampilan gambar pada CFD post akan muncul kontur model blade, garis aliran (streamline) dan velocity vector (arah panah). Pada gambar 6a. Kontur yang mengidentifikasi total tekanan pada setiap bagian blade, garis aliran (streamline) untuk mengidentifikasi kecepatan aliran air pada variasi derajat dan debit air. Pada analisis gambar CFD post di blade 20 derajat dengan debit 6,28 l/s warna merah menunjukkan tekanan total yang tinggi sebesar 37.900 Pa, sedangkan warna biru menunjukkan tekanan total yang rendah sebesar -45.710 Pa. Nilai total tekanan terbesar dipengaruhi aliran air yang menumbuk sudu turbin seluruhnya mengenai sudu sedangkan nilai total tekanan terkecil karena aliran air tidak mengenai sudu seluruhnya karena energinya sebagian digunakan untuk memutar generator.

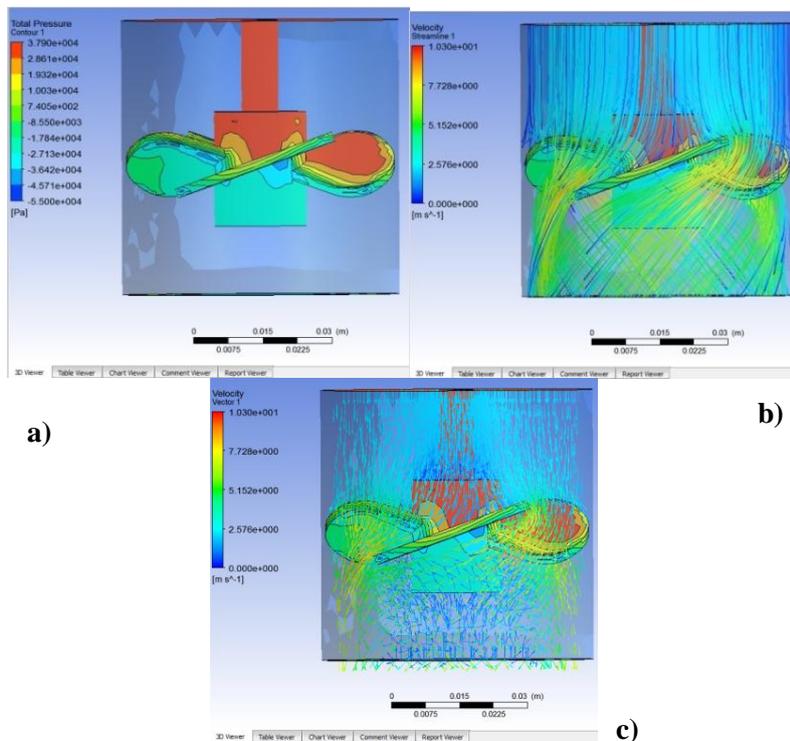


(a)



(b)

Gambar 7. Grafik Daya dan efisiensi vesus debil hasil CFD simulasi



a)

b)

c)

Gambar 8. Kontur tekanan, Streamline Blade dan velocity vector 20 derajat dengan debit 6,28 l/s

Pada analisis gambar CFD post di blade 20 derajat dengan debit 6,28 l/s warna jingga menunjukkan nilai velocity yang tinggi adalah sebesar 9,014 m/s, sedangkan warna biru muda menunjukkan nilai velocity yang rendah sebesar 2,576 m/s. CFD post gambar 8b. garis aliran (streamline) sebagian besar mengalami vorteks yaitu aliran fluida yang berputar cepat mengitari pusatnya dan biasanya turbulen, seperti gerakan spiral dengan arah aliran tertutup. pada gambar 8c. Nilai velocity kecil disebabkan oleh karakteristik aliran yang turbulen yaitu partikel-partikelnya bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan yang berfluktuasi, akibat dari hal tersebut velocity vector (arah panah) antar partikel fluidanya saling berpotongan.

4. KESIMPULAN

Hasil simulasi dengan potensi air dengan head 2 meter didapatkan sudut sudu turbin yang maksimum adalah 20° dengan debit 6,28 liter/s, torsi yang dihasilkan sebesar 0,689 Nm serta daya yang dapat dihasilkan sebesar 67 W dengan efisiensi 54,4 %.

DAFTAR PUSTAKA

- ESMAP, 2007. "Technical and Economic Assessment of Off, Mini-grid and Grid Electrification Technologies". ESMAP Technical Paper 121/07.
- Frank M. White, 2008. *Fluid Mechanics*, Sixth Edition, McGrawHill
- H. Zainuddin¹, et all, 2008. "Investigation on the Performance of Pico-hydro Generation System Using Consuming Water Distributed to Houses".
- Handayanu, 2006, "Pengantar Metode Elemen Hingga", Jurusan teknik kelautan FTK ITS.
- Kaldellis, J.K., Vlachou, D.S. & G. Korbakis, 2005, "Techno-economic evaluation of small hydro power plants in Greece: a complete sensitivity analysis", *Energy Policy*, Vol. 33.
- Shantika Tito. M Aelxin Putra dan Ryan Cornelius Obaja, 2013. "Perekayasa Pembangkit Listrik Tenaga Air Untuk Penyediaan Listrik Skala Kecil". *Jurnal Riset Industri* vol.7 Hal 145,146 dan 147.
- Smith, N. and Ranjitkhar, G, 2000. "Nepal Case Study–Part One: Installation and performance of the Pico Power Pack". Pico Hydro Newsletter.
- Williams, A, 2007. "Pico hydro for cost-effective lighting". *Boiling Point Magazine* pp. 14-16.