

PROSIDING



SEMINAR NASIONAL XII **REKAYASA DAN APLIKASI TEKNIK MESIN DI INDUSTRI**

Kampus ITENAS

Bandung, 17-18 Desember 2013

Editor : Dr.Ing. M. Alexin Putra
Tarsisius Kristyadi, Ph.D.
Dani Rusirawan, Ph.D.
Novianti Nugraha, MT.
Ir. Encu Saefudin, MT.
Iwan Agustiawan, MT.
Ali, MT.
Tito Shantika, M.Eng.
Meilinda Nurbanasari, Ph.D.
Yusri Irwan, MT.
Marsono, MT.
Liman Hartawan, MT.



Penyelenggara :
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL (ITENAS) - BANDUNG

Perancangan Prototipe *Picohydro Portable* 200 Watt

Tito Shantika & Muh. Ridwan
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional
Jl. PKH. Mustapha No. 23, Bandung 40124
tshantika@itenas.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan pembangkit *picohydro* di pedesaan pada saat ini perkembangannya sangat pesat didukung oleh sumber energi yang melimpah, namun pembangkit yang telah ada masih sangat mahal untuk masyarakat di desa, sehingga diperlukan sebuah pembangkit listrik yang murah dan bersifat *portable*. Dari penelitian sebelumnya telah dibuat pembangkit *picohydro* berdaya 100 watt untuk perumahan di pedesaan dengan tanpa *machining*, efisiensi maksimum pembangkit 36% yang terjadi pada sudut sudu turbin 30° pada debit 6,2 liter/s dengan *Head* 2 meter serta daya yang dihasilkan adalah 96 Watt. Pada penelitian lanjutan ini akan dikembangkan dari penelitian sebelumnya dengan meningkatkan efisiensi turbin dengan memperbaiki geometri pada sudu turbin. Diharapkan didapatkan *picohydro portable* dengan daya 200 watt serta yang dapat bernilai jual dan mampu diproduksi secara massal dan selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk masyarakat desa pada umumnya.

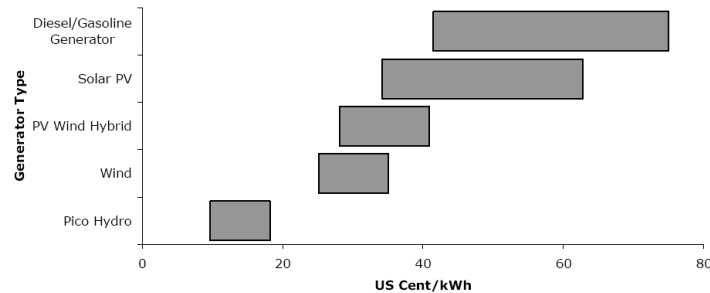
Kata kunci : Pembangkit listrik, Picohydro, pembangkit portable

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi listrik rumah di pedesaan sangat diperlukan hal ini disebabkan belum meratanya pasokan listrik ke semua pelosok pedesaan hal tersebut terkait dengan tidak dapat dijangkau pasokan jaringan listrik suatu wilayah karena berada di daerah kawasan yang sulit untuk dijangkau pasokan listrik, padahal di daerah tersebut banyak sumber-sumber air yang mengalir yang dapat kita manfaatkan. Pembangunan pembangkit listrik tenaga air *Picohydro* merupakan salah satu alternatif untuk membantu masyarakat dalam penyediaan energi listrik. *Picohydro* merupakan pembangkit pemanfaatan energi air skala kecil yaitu dibawah 5 kW.

Sistem tenaga listrik *Picohydro* merupakan jenis pembangkit listrik dengan daya maksimum 5 kW yang biasanya ditemukan di daerah pedesaan dan berbukit (Smith and Ranjitkhar, 2000) (Williams, 2007). Aliran air di daerah perumahan di pedesaan memiliki potensi sebagai energi alternatif untuk listrik tetapi daya yang dihasilkan sangat terbatas. Selain itu, potensi sumber sangat bervariasi di setiap daerah. Hal ini disebabkan fakta bahwa tekanan (atau *head*) pasokan air dan laju aliran air yang berbeda antar daerah pemukiman. Jadi, kedua parameter tersebut yaitu tekanan pasokan air yang mewakili *Head* (jatuh air) dan laju aliran air sangat penting untuk ditentukan pada tahap awal untuk estimasi daya output potensial (Zainuddin et al). Aliran air dalam pipa atau pancuran memiliki potensi energi kinetik air untuk memutar turbin dan selanjutnya memutar generator dalam skala kecil. Oleh karena itu, penelitian ini telah dilakukan untuk menghasilkan energi listrik untuk satu rumah di pedesaan dengan memanfaatkan energi dari pancuran tersebut.

Menurut studi yang dipublikasikan *World Bank* (ESMAP, 2007) untuk biaya proyek pembangkitan energi dibawah 5 KW untuk beberapa jenis pembangkit, *picohydro* merupakan pembangkit dengan pembiayaan pembangkitannya paling kecil yaitu sekitar 10-18 US cent/kWh (lihat pada Grafik 1). Perbedaan yang sangat besar antara pembangkit diesel dengan *picohydro*, sehingga dapat dikorelasikan dengan saat sekarang di daerah yang terpencil atau tempat-tempat yang belum terjangkau aliran listrik akan menggunakan generator diesel atau bahan bakar fosil sedangkan potensi pembangkit *picohydro* melimpah.



Grafik 1. Biaya proyek pada tahun 2015 untuk pembangkit listrik dibawah 5 kW (ESMAP, 2007)

Pembangkit *picohydro* hanya dapat menghasilkan sekitar 5 kWatt ke bawah. pembangkit tersebut dengan asumsi 1 rumah mengkonsumsi daya 50 Watt untuk penerangan saja. Besar energi listrik yang dihasilkan dari pembangkit listrik ini memang tidak begitu besar. Karena memang dari inputnya sendiri yang merupakan arus air itu juga tidak terlalu besar, namun dengan adanya listrik, walaupun hanya untuk menyalakan lampu, maka akan sangat membantu masyarakat dalam aktivitasnya terutama dalam malam hari. Walaupun Daya yang bisa dihasilkan dari pembangkit listrik skala *Picohydro* ini hanya 200 Watt, tetapi telah dirasa cukup untuk menerangi sebuah rumah.

Penelitian mengenai pengujian Prototipe *picohydro* 100 watt untuk head 1 meter didapatkan didapatkan daya sebesar 41 watt dan efisiensi mencapai 86%, daya tersebut sudah cukup untuk penerangan rumah di pedesaan di saat malam hari (Tito dan Liman, 2013), sehingga dengan melanjutkan penelitian tersebut sangat optimis untuk mendapatkan prototipe *picohydro* yang akan dirancang.

Dari penelitian sebelumnya telah didapatkan pembangkit *picohydro* yang dengan kemasan yang sederhana yaitu dengan memakai bahan PVC untuk *casing* dan *pillow block* serta sudu turbin yang masih menggunakan plat aluminium yang ditebuk, sehingga masih terdapat kekurangan yaitu besarnya getaran yang ditimbulkan akibat bahan dan pemasangan komponen yang tidak mendukung. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki kekurangan yang telah disampaikan diatas, sehingga kemasan dari bahan maupun perakitan akan mendapatkan kelayakan untuk dapat dijual secara komersial.

Picohydro yang telah dikembangkan dan dipasarkan pada saat ini harganya masih cukup mahal yaitu sekitar 5 juta rupiah untuk daya 200 watt (data dari Alluvial Pacific 200 watts Portable hydro power generators \$550), sehingga untuk pembangkit yang akan dibuat ini dapat dijual sekitar 2-3 juta rupiah, karena komponen-komponen pembangkit sangat banyak banyak di pasaran.

Pangsa pasar pembangkit ini masih cukup luas seperti tambak-tambak atau kolam ikan yang biasanya membutuhkan penerangan, begitu juga kawasan perkemahan yang dapat menggunakan sumber air dari sungai yang ada, serta rumah-rumah terpencil yang belum teraliri listrik.

Pembangkit listrik tenaga air *Picohydro*

Picohydro adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (*resources*) penghasil listrik adalah memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu dari instalasi. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik.

Berdasarkan *output* yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga air dibedakan atas:

1. Large-hydro : lebih dari 100 MW.
2. Medium-hydro : antara 15 – 100 MW
3. Small-hydro : antara 1 – 15 MW
4. Mini-hydro : Daya diatas 100 kW, tetapi dibawah 1 MW
5. Micro-hydro : Output yang dihasilkan berkisar dari 5kW sampai 100 kW;
6. Pico-hydro : daya yang dikeluarkan berkisar ratusan watt sampai 5kW.

Desain dan Aplikasi Turbin Air

A. Sumber Energi Air

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 keluar dari kincir air/turbin air. Total energi yang tersedia dari suatu reservoir air adalah merupakan energi potensial air yaitu (Frank, 2003)

$$Daya = \rho ghQ\eta \tag{1}$$

Dimana:

ρ = mass jenis air (1000 kg/m³)

g =konstanta gravitasi (m/s²)

h = Ketinggian/head (m)

Q = debit air (m³/s)

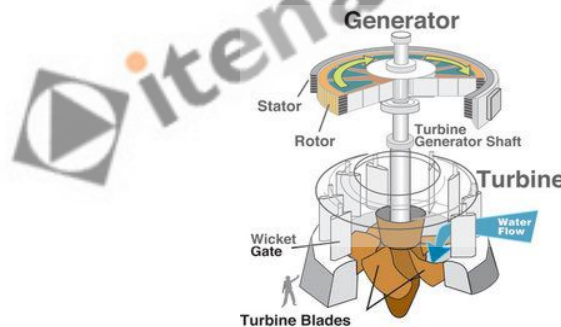
η = efisiensi turbin

B. Pemilihan Turbin Berdasarkan Tinggi Head

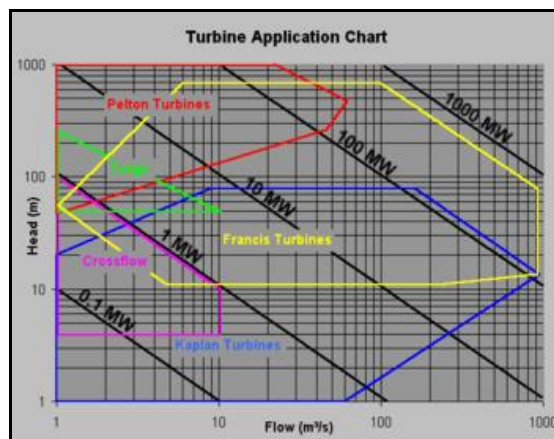
Pemilihan turbin kebanyakan didasarkan pada head air yang didapatkan dan kurang lebih pada rata-rata alirannya. Umumnya, turbin impuls digunakan untuk tempat dengan head tinggi, dan turbin reaksi digunakan untuk tempat dengan head rendah. Turbin Kaplan baik digunakan untuk semua jenis debit dan head, efisiensinya baik dalam segala kondisi aliran.

Turbin kecil (umumnya dibawah 10 MW) mempunyai poros horisontal, dan kadang dipakai juga pada kapasitas turbin mencapai 100 MW. Turbin Francis dan Kaplan besar biasanya mempunyai poros / sudu vertikal karena ini menjadi penggunaan paling baik untuk head yang didapatkan, dan membuat instalasi generator lebih ekonomis. Poros Pelton bisa vertikal maupun horisontal karena ukuran turbin lebih kecil dari head yang didapat atau tersedia. Beberapa turbin impuls menggunakan beberapa semburan air tiap semburan untuk meningkatkan kecepatan spesifik dan keseimbangan gaya poros.

Turbin kaplan/propeler mempunyai komponen-komponen seperti sudu turbin (*runner*), sudu pengerah (*guide vane*),poros dan genarator, seperti terlihat pada skema turbin kaplan pada gambar 2.



Gambar 2. Skema Pembangkit Listrik jenis Turbin Kaplan (Feedinfra, 2012)



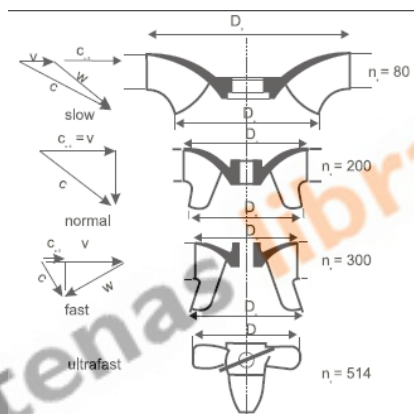
Gambar 3. Diagram Pemilihan Jenis Turbin Menurut Ketinggian Headnya

Tipe Penggunaan Head:

- Kaplan 2<H<40 (H=head dalam meter)
- Francis 10<H<350
- Pelton 50<1300
- Turgo 50<H<250

C. Kecepatan spesifik Turbin

Kecepatan spesifik (n_s), menunjukkan bentuk dari turbin itu dan tidak berhubungan dengan ukurannya. Hal ini menyebabkan desain turbin baru yang diubah skalanya dari desain yang sudah ada dengan performa yang sudah diketahui. Kecepatan spesifik merupakan kriteria utama yang menunjukkan pemilihan jenis turbin yang tepat berdasarkan karakteristik sumber air. Kecepatan spesifik dari sebuah turbin juga dapat diartikan sebagai kecepatan ideal, persamaan geometris turbin, yang menghasilkan satu satuan daya tiap satu satuan head. Kecepatan spesifik turbin diberikan oleh perusahaan (dengan penilaian yang lainnya) dan dan selalu dapat diartikan sebagai titik efisiensi maksimum. Perhitungan tepat ini menghasilkan performa turbin dalam jangkauan head dan debit tertentu.



Gambar 4. spesifik kecepatan Turbin (Celso Penche, 1998)

$$N_s = \frac{N\sqrt{P}}{H^{5/4}} \tag{2}$$

- N_s = kecepatan spesifik
- P = Daya turbin (HP)
- H = tinggi air jatuh
- N = Kecepatan turbin(rpm)

Kecepatan spesifik juga merupakan titik awal dari analisis desain dari sebuah turbin baru. Sekali kecepatan spesifik yang diinginkan diketahui, dimensi dasar dari bagian-bagian turbin dapat dihitung dengan mudah.

Hukum Affinity mengijinkan keluaran turbin dapat diperkirakan berdasarkan dari test permodelan. Replika miniatur dari desain yang diusulkan, diameter sekitar satu kaki (0,3 m), dapat diuji dan hasil pengukuran laboratorium dapat digunakan sebagai kesimpulan dengan tingkat keakuratan yang tinggi. Hukum Affinity didapatkan dari penurunan yang membutuhkan persamaan antara test permodelan dan penggunaannya.

Debit yang melalui turbin dikendalikan dengan katub yang besar atau pintu gerbang yang disusun diluar sekeliling pengarah turbin. Perubahan head dan debit dapat dilakukan dengan variasi bukaan pintu, akan menghasilkan diagram yang menunjukkan efisiensi turbin dengan kondisi yang berubah-ubah.

D. Sudu Pengarah

Perancangan sudu pengarah, meliputi menentukan diameter dan tinggi sudu pengarah. Sudu pengarah dihitung menggunakan persamaan (Grant Ingram, 2007):

Diameter Sudu pengarah,

$$D_{egv} = \frac{60k_{ug}\sqrt{2gH}}{\pi N} \tag{3}$$

kecepatan air pada sudu pengarah,

$$V_{fgv} = k_{fg}\sqrt{2gH} \tag{4}$$

Dan Laju aliran,

$$Q = \pi D_{egv} B_{gv} V_{fgv} \tag{5}$$

D_{egv} = Diameter Sudu pengarah (m)

V_{fgv} =kecepatan air pada sudu pengarah(m/s)

H = Ketinggian (Head)

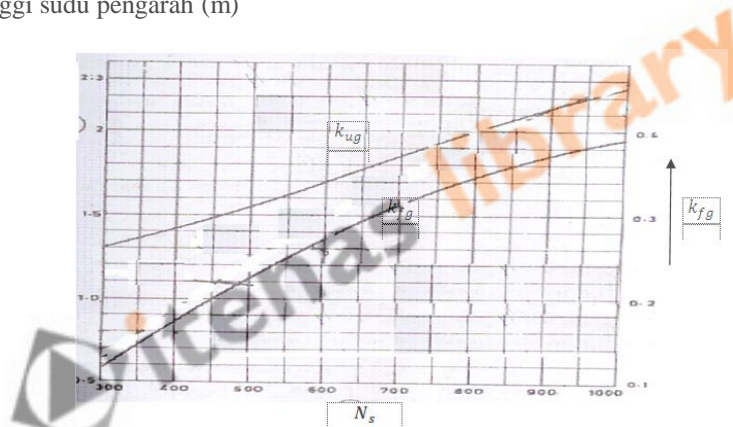
k_{ug} = Konstanta

g = gravitasi (9,81 m/s²)

k_{fg} = koefisien

Q = Laju aliran (m³/s)

B = tinggi sudu pengarah (m)



Gambar 5. Grafik Kecepatan spesifik terhadap k_{ug} (Grant Ingram, 2007)

k_{ug} dihitung dengan mengetahui terlebih dahulu kecepatan spesifik turbin (N_s), kemudian k_{ug} didapatkan dari memplotkan di grafik (Grant Ingram, 2007).

E. Sudu turbin/runner

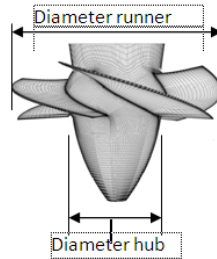
Sudu turbin kaplan atau propeller (*kaplan runner*) merupakan sudu turbin yang menjadi sumber penggerak poros dan menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik. Untuk menghitung dimensi runner digunakan persamaan (Celso Penche, 1998), seperti dibawah.

Diameter Runner dan diameter hub:

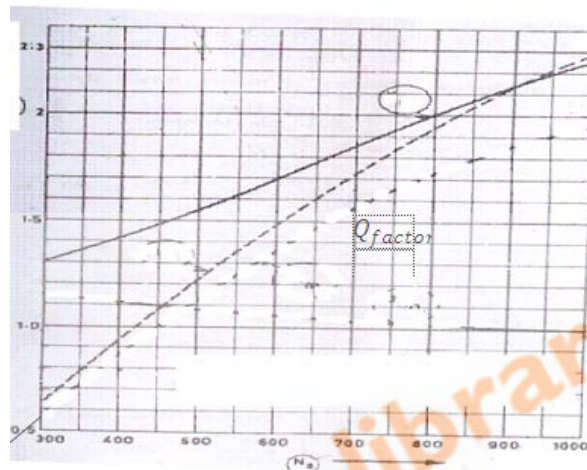
$$D = \sqrt{\frac{Q}{2,2\sqrt{H}}} \tag{6}$$

$$D_i = \left(0,25 + \frac{0,0951}{n_{QE}} \right) * D_e \tag{7}$$

$$Q = Q_{factor} \sqrt{H} (D_{runner}^2 - D_{hub}^2) \tag{8}$$



Gambar 6. Sudu turbin air jenis kaplan



Gambar 7. Grafik kecepatan spesifik turbin terhadap Q factor (Grant Ingram, 2007)

F. Segitiga kecepatan



Gambar 8. Segitiga kecepatan untuk kaplan aliran aksial (Grant Ingram, 2007)

Persamaan euler untuk mesin-mesin turbin untuk daya output adalah (Grant Ingram, 1998):

$$P = m \cdot \omega (R_{3m} V_{30} - R_{2m} V_{20}) \tag{9}$$

P = Daya output

α_1 = sudut masuk stator (sudu pengarah)

α_2 = sudut keluar stator

β_2 = sudut masuk rotor

β_3 = sudut keluar rotor

Q = laju aliran

R_{2m} dan R_{3m} = jari-jari pada stasion 2 dan 3(jari-jari sudu pengarah dan sudu runner)

b_2 dan b_3 = ketinggian sudu pada stator (sudu pengarah) dan sudu runner turbin propeller

ω = kecepatan sudut mesin

Dimana:

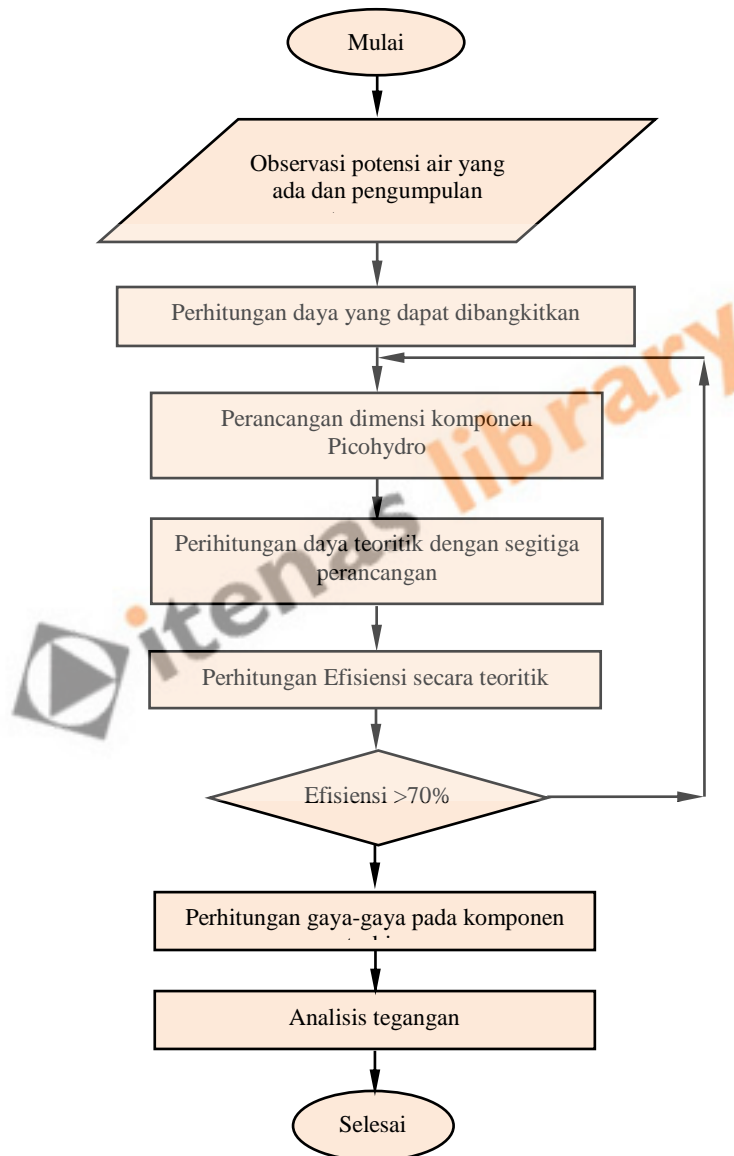
$$V_{20} = V_{2x} \cdot \text{tg} \alpha_2 = \frac{Q}{2\pi R_{2m} b_2} \cdot \text{tg} \alpha_2 \tag{10}$$

$$V_{30} = \omega \cdot R_{3m} + V_{3x} \cdot \text{tg} \beta_3 \tag{11}$$

$$V_{3x} = \frac{Q}{2\pi R^3 m b^3} \quad (12)$$

2. Metodologi

Penelitian ini akan dilakukan dengan beberapa yaitu Tahap pertama penganalisis picohydro sebelumnya yang telah dibuat dan mengidentifikasi faktor efisiensi untuk dapat mengetahui perbaikan yang akan dilakukan untuk picohydro yang akan di rancang, kemudian merancang turbin blade picohydro sesuai dengan daya sumber air dimana perancangan ini disertai dengan penyempurnaan parameter yang dapat meningkatkan efisiensi picohydro sebelumnya, serta mudah dalam pembuatan maupun komponen-komponen yang dipakai.



Gambar 8. Tabel Perancangan

3. Hasil Diskusi

Identifikasi faktor efisiensi picohydro sebelumnya

Pembuatan pembangkit sebelumnya menghasilkan 96 watt dengan efisiensi 36 % (Shantika, 2013). Dengan potensi yang masih besar maka efisiensi masih bisa ditingkatkan sampai lebih dari 80%, sehingga jika dicapai efisiensi tersebut maka daya yang dapat dihasilkan sekitar 213 watt.

Picohidro yang telah dibuat sebelumnya mempunyai efisiensi yang rendah, hal tersebut diakibatkan kurang efisiennya runner/blade, sehingga banyak kerugian aliran yang terjadi pada sisi runner dan sudu pengarah. Kerugian aliran ini diakibatkan oleh geometri serta cara pembuatan runner. Sehingga dengan memperbaiki pembuatan dan bentuk runner/blade tersebut dapat menaikkan performance turbin.

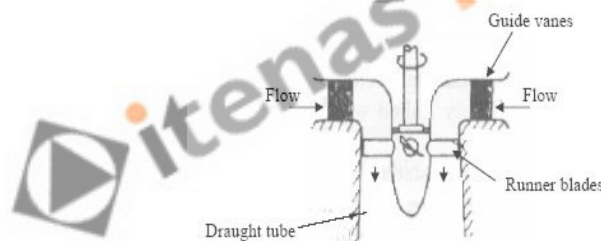
Perancangan pembangkit Listrik picohydro

Turbin adalah mesin penggerak, dimana energi fluida kerja dipergunakan langsung untuk memutar roda turbin. Bagian turbin yang berputar dinamai rotor atau roda turbin, sedangkan bagian yang tidak berputar dinamai stator atau rumah turbin. Roda turbin terletak di dalam rumah turbin dan roda turbin memutar poros daya yang menggerakkan atau memutar bebannya (generator listrik, pompa, kompresor atau mesin lainnya). Di dalam turbin fluida kerja mengalami proses ekspansi, yaitu proses penurunan tekanan, dan mengalir secara kontinu.

Teori pengoperasian dari turbin air adalah aliran air diarahkan langsung menuju sudu-sudu melalui pengarah, menghasilkan daya pada sirip. Selama sudu berputar, gaya bekerja melalui suatu jarak, sehingga menghasilkan kerja. Dalam proses ini, energi ditransfer dari aliran air ke turbin.

Pemilihan turbin kebanyakan didasarkan pada head air yang didapatkan dan kurang lebih pada rata-rata alirannya. Umumnya, turbin impuls digunakan untuk tempat dengan head tinggi, dan turbin reaksi digunakan untuk tempat dengan head rendah. Turbin Kaplan baik digunakan untuk semua jenis debit dan head, efisiensinya baik dalam segala kondisi aliran.

Dikarenakan head yang didapatkan dari aliran sungai 2 meter, maka turbin air yang digunakan adalah jenis turbin air kaplan atau propeller. Hasil dari studi lapangan dari sumber aliran air sungai, didapatkan debit air sebesar $0,012 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan ketinggian headnya 2 meter, maka Dari syarat-syarat tersebut maka dapat diketahui besarnya potensi daya yang dapat dibangkitkan adalah sebesar 211 Watt pada efisiensi 0,9 %.



Gambar 9. Skematik PLTA dengan turbin jenis Kaplan

Pada perhitungan kecepatan spesifik turbin didapatkan kecepatan spesifik 96.67 rpm, sehingga dengan kecepatan tersebut dapat dipakai turbin jenis kaplan atau propeler. Hasil perancangan selengkapnya dapat dilihat pada tabel dibawah.

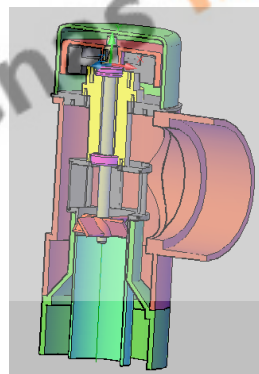
Pada perancangan turbin air jenis propeller, yang pertama dirancang adalah sudu pengarahnya (*guide vanes*), karena fluida pertama masuk rumah turbin adalah sudu pengarahnya dahulu kemudian fluida masuk ke turbin kaplan atau propeller.

perancangan dalam menentukan diameter sudu runner untuk Head 2 meter, didapatkan diameter sebesar 6,2 cm. Dikarenakan di pasaran hanya ada pipa sambungan dengan diameter 6 cm untuk sudu pengarahnya, maka pembuatan sudu runner turbin kaplan atau propeller dibuat hampir berdiameter 6 cm atau 5,8 cm, agar sudu runner dapat berputar.

Parameter	Simbol	Harga	Satuan
- Head	H	2	m
- Debit desain	Q	12	Liter/s
- Efisiensi desain	η	0.9	
- Daya Picohydro	P	211	Watt
- Jumlah pools generator	Np	12	pool
- Frekwensi generator	f	50	Hz
- Runner Diameter	Dr	0.062	m
- Diameter Hub	Dh	1.55	cm

Parameter	Simbol	Harga	Satuan
- Material shaft (comersial steel)	Sys	200	Mpa
- Diameter Poros	Do	8	mm
- Panjang Poros	Lp	134	mm
- Torsi Poros	T	2.02	Nm
- Tegangan geser Poros	τ	20.11	Mpa
- Tegangan aksial poros	σ	1.46	Mpa
- Defleksi Sudut	θ	0.0001931	derajat
- basic dynamic axial load rating	Ca	1960	N
- Gaya eqivalen bearing	Pr	73.575	N
- Speed factor $(33.3/n)^{(1/3)}$	fn	0.32	
- Life factor	fh	8.57	
- Basic Rating Life	L10h	35.93	Tahun

Sehingga dari hasil perancangan dihasilkan gambar teknik yang merupakan hasil akhir dari perancangan. Gambar tiga dimensi dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 10. hasil perancangan Gambar 3D picohydro

Pembuatan Picohydro

Proses pembuatan picohydro dilakukan di laboratorium CNC Teknik Mesin Itenas dengan dibantu oleh operator mesin perkakas. Proses pembuatan pembangkit sekarang ini sudah pada pembuatan casing, poros dan dudukan generator, dan yang sedang berjalan sekarang yaitu pembuatan *guide vanes* dan *runner*. Hasil dari pembuatan seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 11. Pembuatan prototype

4 Kesimpulan dan saran

Kesimpulan

Hasil perancangan picohydro untuk 200 watt dengan head 2 m didapatkan dimensi picohydro 124x124x290 mm. material yang digunakan adalah aluminium alloy dan bahan penstok adalah pipa PVC 2.5 “, sehingga diharapkan biaya pemasangan dapat diminimalkan.

Saran

Penelitian ini masih mencapai tahap pembuatan, sehingga diperlukan tahap pengujian untuk mengetahui performansi prototype.

Ucapan terimakasih

Terimakasih kepada Lembaga penelitian dan pengabdian kepada masyarakat Institut teknologi nasional yang telah membiayai penelitian ini.

Daftar Pustaka

- A. Williams, 2007, “Pico hydro for cost-effective lighting,” *Boiling Point Magazine*, pp. 14-16
- Celso Penche, 1998, LAYMAN'S HANDBOOK, ”ON HOW TO DEVELOP A SMALL HYDRO SITE”. Second Edition, European Small Hydropower Association (ESHA)
- ESMAP, 2007, "Technical and Economic Assessment of Off, Mini-grid and Grid Electrification Technologies." December 2007. ESMAP Technical Paper 121/07.
- Feedinfra, 2012 How Hydro Power Plant Works. <http://www.feedinfra.com/archives/3958> [13 Pebruari 2013]
- Frank M. White, 2003. Fluid Mechanics Fifth Edition McGrawpHill.
- Grant Ingram, 2007. “Very Simple Kaplan Turbine Design”. School of Engineering. Durham University.
- H. Zainuddin1,et all. “Investigation on the Performance of Pico-hydro Generation System Using Consuming Water Distributed to Houses”
- N. Smith and G. Ranjitkhar, 2000, “Nepal Case Study–Part One: Installation and performance of the Pico Power Pack,” *Pico Hydro Newsletter*.
- Sularso, Ir, MSME KiyokatsuSuga., 1991. *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin.*, PT. PradnyaParamita, Jakarta.
- Tito S dan Liman H, 2012, Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga air Picohydro 100 watt Untuk Head 1 Meter. Seminar Nasional Teknoin UII Yogyakarta 10 November 2012
- Tito Shantika, 2013, Perancangan dan pembuatan Pembangkit Listrik Untuk Rumah Tangga di pedesaan,19 Januari 2012, Seminar Hasil Penelitian Dosen ITENAS Bandung



PROSIDING

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL (ITENAS) - BANDUNG



SEMINAR NASIONAL XII

REKAYASA DAN APLIKASI TEKNIK MESIN DI INDUSTRI

Kampus ITENAS, Bandung 17-18 Desember 2013

 itenas library