POLITEKNIK NEGERI BANDUNG – POLBAN
JL. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga Bandung, Tel. (022)200.7651, Fax. (022)201.3889
E-mail: jtmpolban_semnas_st_2010@yahoo.com , URL: www.polban.ac.id

PEMANFAATAN ENERGI HIDRO UNTUK EKSPERIMEN TURBIN PROPELLER DENGAN HEAD DI BAWAH 10 METER (CV CIHANJUANG INTI TEKNIK)

Suwidodo* Lusy Rahmania**, Rodhotul Jannah**
* Dosen Jurusan Teknik Konversi Energi POLBAN
** Mahasiswa Jurusan Teknik Konversi Energi POLBAN
Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir, Ds Ciwaruga, Bandung, Telp dan Fax (022) 2013789 dan 2013788

e-mail: suwi.dodo @ yahoo.co.id

Abstrak

Telah dilaksanakan eksperimen Turbin Propeller dengan pemanfaatan energi hidro yang mengalir pada *Head* (energi per satuan berat air mengalir) konstan. Turbin propeller yang digunakan berdiameter 60 [mm] dan 200 [mm], buatan CV Cihanjuang Inti Teknik. Dipasang pada dudukanannya dengan poros vertikal. Laju aliran air masuk ruang turbin dibuat bervariasi masing-masing berturut-turut; 6,3 sampai 7,8 [liter/sekon] untuk turbin d= 60 [mm] dan 20 sampai 60 [liter/sekon] untuk turbin d= 200 [mm]. Laju kerja (daya poros) yang dihasilkan masing-masing berturut-turut ; untuk turbin d=60 [mm] memberikan Ps rata-rata 160 [Watt] dan turbin d= 200 [mm] memberikan Ps-rata-rata 1250 [Watt]. Dapat diambil pelajaran dari eksperimen ini dalam menentukan posisi pemasangan turbin dari permukaan air, bentuk geometri dan kecepatan spesifik turbin propeller, sebagai alternatif (pilihan) jawaban kebutuhan energi yang ramah lingkungan.

Kata kunci: Posisi, Head, kecepatan spesifik , debit.

Abstract

Was performed the Propeller's Turbine experiment with harnessed hydro energy that is adrift on Head constant. The propeller's turbine that is utilized gets 60[mm] diameters and 200 [mm] diameters ,it that assembled on foundation with vertical shaft. Current runaway speed comes in turbine be made varying each in a row, 6,3 until 7,8 [liter / second] for turbine's d=60 [mm] and 20 until 60 [liter / second] for turbine's d=200 [mm]. Workrate (Powershaft) one that resultant each in a row, for turbine's d=60 [mm] gave Ps-averagely= 160 [Watt] and turbine's d=200 [mm] gave Ps- averagely 1250 [Watt]. Can take study of this experiment is deep determine turbine assembly position on foundation of water level, geometry form and specific speed propeller`s turbine, alternatively (option) answer in settle energy requirement that environmentally-friendly.

Key word: Position,`Head`,specific speed,flowrate .

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang masalah

Kebutuhan energi listrik dan bentuk energi lainnya yang ramah lingkungan menjadi suatu hal yang dinantikan dalam kehidupan masyarakat sehari-hari. Namun hal tersebut masih banyak kendala-kendala yang perlu dicarikan alternafif jawaban. Pemanfaatan potensi tenaga air menjadi salah satu alternatif dalam memecahkan persoalan di atas, khususnya bagi daerah yang dekat dengan sumber air. Pemanfaatkan potensi tenaga air untuk menghasilkan energi listrik memang bukan hal yang baru pada saat ini, hal ini dikuatkan dengan banyaknya pembangkit-pembangkit tenaga listrik yang memanfaaatkan potensi tenaga air. Salah satunya di CV Cihanjuang Inti Teknik (ang-gota Asosiasi Hidro Bandung) yang me-ngembangkan turbin air berskala PLTMH yang menghasilkan daya di bawah 100 KW. Jenis turbin yang di produksi oleh perusahaan tersebut adalah turbin Cross Flow dan Propeller dengan diameter yang bervariasi. Pemilihan jenis turbin didasarkan pada tinggi-jatuh air *(head*), debit (Q), dan kecepatan spesifik (n_q). Mengingat karak-teristik sungai di Indonesia, pada umumnya mempunyai *head* yang rendah (di bawah 10 meter) dengan debit dan kecepatan spesifik yang tinggi maka jenis turbin yang sesuai dengan karakteristik tersebut adalah jenis turbin *propeller*. Untuk hal tersebut penulis melakukan eksperimen, guna mengetahui karakteristik turbin *propeller*

buatan CV Cihanjuang Inti Teknik, bila dipasang ke dalam aliran air. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan informasi nyata melalui studi eksperimen turbin *propeller* dengan diameter 60 mm dan 200 mm pada ketinggian *(head)* di bawah 10 meter. Juga melengkapi data teknik hasil penelitian terdahulu.

1.2. Manfaat yang diharapkan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat melengkapi informasi nyata tentang posisi pemasangan , bentuk geometri dan kece-patan spesifik turbin propeller. Sehingga dapat membantu bagi pengguna dan pengembang dalam implementasi lebih lanjut.

1.3. Usaha-usaha yang telah dilakukan oleh :

Syarif Hidayat dkk (2008), menyimpulkan: Teknologi mikro hidro memiliki potensi sangat besar dalam usaha menghindari krisis energi listrik nasional.

Perlu ada edukasi dari LSM dan perguruan tinggi supaya menjadi teknologi produktif

Perlu ada kerja sama antara pemda, pergu-ruan tinggi, LSM dan masyarakat.

Sentanu Hindrakusuma (2009*)*, Penerapan PLTMH oleh Asosiasi Hidro Bandung, memproduksi dan AHB sebagai center of excellence teknologi pembangkit listrik tenaga air di Indonesia. dan Markheyton (2009), Mikrohidro Power di Indonesia bagian timur.

Gambar 1. Pelatihan Mikro Hidro

1.4. Kelemahan dan mengatasinya

Kekurangan [**Syarif Hidayat dkk (2008)]**

- Investasi awal relatif besar
- Bermasalah saat kemarau, tergantung debit air
- Berpotensi menjadi teknologi yang konsumtif.

Mengatasinya :

Untuk penyelesaian hal di atas dilakukan kerja sama antara : PNPM – MHPP, LSM, perguruan tinggi dan PEMDA.

1.5 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

- Mengetahui karakteristik turbin air jenis *propeller* diameter 60 mm dan 200 mm buatan CV Cihanjuang Inti Teknik
- Mengetahui daerah kerja yang optimum pada turbin air propeller diameter 60 mm dan 200 mm

2. METODE SISTEM

2.1. Dasar-dasar teori yang digunakan, adalah :

Bentuk bentuk - energi

[merujuk pustaka: 1,2,3, 4 dan 8]

a. Energi potensial (Ep) dapat dituliskan :

$$Ep = m \cdot g \cdot z \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

b. Energi tekanan(usaha aliran) dapat ditulis:

$$Eh = m \cdot \frac{p}{\rho} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

c. Energi kinetik dapat ditulis :

$$Ek = \frac{1}{2} \cdot m \cdot c^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Fluida dari keadaan diam dibuat atau diusahakan agar dapat mengalir , dan energi alirannya dimanfaatkan untuk memutar turbin. Fluida diam memiliki energi potensi-al sebesar Ep, Usaha yang diberikan agar fluida mengalir sebesar Eh. Fluida mengalir memiliki energi kecepatan (kinetik) sebesar Ek.Jadi jumlah energi yeng tersimpan dalam fluida yang mengalir adalah :

$$ET = W = m.g.z + m \cdot \frac{P}{\rho} + m \cdot \frac{C^2}{2} \ [J] \quad \ldots. \quad (4)$$

Dengan m = massa fluida [kg], g = percepatan gravitasi [m/s^2], z = tinggi tempat (posisi geodetik [m], p = tekanan[N/m^2=Pa] C = kecepatan fluida mengalir [m/s], ET = energi total [J], ρ = massa jenis fluida [kg/m^3] dan W = kerja atau usaha [Nm]

Kerja per satuan massa biasanya ditulis :

$$w = g.\ z + \frac{P}{\rho} + \frac{C^2}{2} \ [Nm/kg = J/kg] \quad \ldots. \quad (5)$$

Dan energi atau kerja per satuan berat yang sering disebut dengan istilah *head* , *dan head total H* dituliskan dalam bentuk persamaan:

$$H = z + \frac{P}{\rho.g} + \frac{C^2}{2g} \quad \text{[N.m/N= J/N]} \quad \ldots\ldots\ldots (6)$$

Persamaan Bernouli pada umumnya ditulis dalam bentuk :

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{{c_1}^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{{c_2}^2}{2g} \quad \ldots\ldots\ldots (7)$$

Fluida mengalir secara terus-menerus dan kesinambungan (kontinuitas), sehingga untuk aliran dalam pipa ditulis sebagai berikut :

- Persamaan Kontinuitas

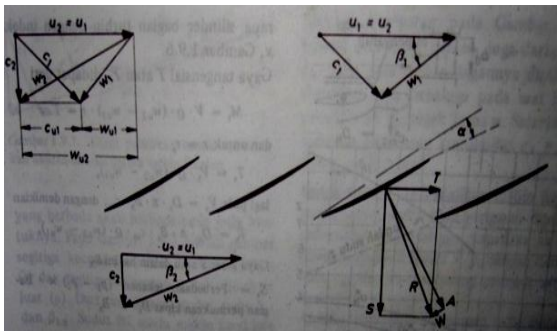
$m_1 = m_2$ …… (8)

$\rho A_1 c_1 = \rho A_2 c_2$ ……..…… (9)

$A_1 c_1 = A_2 c_2$ …… (10)

Dengan: m = massa fluida [kg], ρ = massa jenis fluida [kg/m^3], A= luas penampang pipa [m^2], C = kecepatan fluida mengalir [m/s], subskrip 1 dan 2 menunjukkan masing-masing masukan dan keluaran.

- Persamaan Euler



Gambar 2. Menunjukkan kisi-kisi (deretan) sudu, gaya pada profil sudu, segitiga kecepatan masuk dan segitiga kecepatan keluar, bagan sudu roda jalan turbin Kaplan yang dibentangkan.[sumber pustaka 1]

Bentuk selengkapnya persamaan Euler untuk turbin adalah

$$H = (u_1.c_1u - u_2.c_2u)/ g \,.\, \eta t \quad \ldots\ldots\ldots (11)$$

Bila $cu_2 = 0$, untuk pengeluaran air yang tegak lurus, bentuknya disederhanakan menjadi :

$$H = u_1 \,.\, cu_1 / g \,.\, \eta t \quad \ldots\ldots\ldots (12)$$

- Bilangan Reynolds

$$R_e = \frac{Vd\rho}{\mu} \text{ atau } \frac{Vd}{\nu} = \frac{V(2ro)}{\nu} \quad \ldots\ldots\ldots (13)$$

- Persamaan Darcy-Weisbach

Head loss dapat dihitung dengan

$$hf = f \,.\, \frac{L}{D} \,.\, \frac{V^2}{2g} \quad \ldots\ldots\ldots (14)$$

Faktor gesekan terbagi lagi menjadi bebe-rapa aliran untuk nilai bilangan Reynolds dibawah 2000 maka termasuk aliran laminer yang rumusnya

$$f = \frac{64}{Re} \quad \ldots\ldots\ldots (15)$$

Sedangkan untuk nilai bilangan Reynolds antara 3000 dan 100.000 maka termasuk aliran turbulen yang rumusnya adalah

$$f = \frac{0{,}316}{Re^{0{,}25}} \quad \ldots\ldots\ldots (16)$$

2.2. SistemTurbin-Air

Sistem turbin terdiri dari dua bagian, yaitu bagian diam disebut stator (rumah turbin, sudu antar/pengarah) dan bagian berputar disebut rotor (poros, roda, sudu). Turbin adalah salah satu jenis mesin yang berfungsi sebagai penggerak mula, karena itu turbin adalah penggerak bagian mesin yang lainnya seperti untuk menggerakkan sebuah poros generator. Begitu juga dengan putaran roda turbin itu sendiri digerakkan langsung oleh energi fluida kerja. Fungsi Turbin air untuk mengubah energi yang diberikan oleh air berupa *Head* (H) menjadi kerja mesin berbentuk putaran.

Tabel Klasifikasi Jenis Turbin Air

	Head Tinggi	Head Menengah	Head Rendah
Turbin Impuls	Pelton Turbo	Cross-flow Multi-jet pelton Turbo	Cross-flow
Turbin Reaksi		Francis	Propeller Kaplan

Jenis Turbin Air Berdasarkan prinsip kerjanya

Turbin-Impuls

Turbin ini dibuat sedemikian rupa , rotor (***runner***) bekerja karena kecepatan aliran air; di sini beda tinggi (head) diubah menjadi kecepatan (energi kinetik), karena perbedaan tinggi energi kinetik yang menjadikan ciri khas dari turbin ini, maka jenis turbin ini diberikan nama Turbin Pelton, dengan pasangan ember – ember (***buckets***) pada

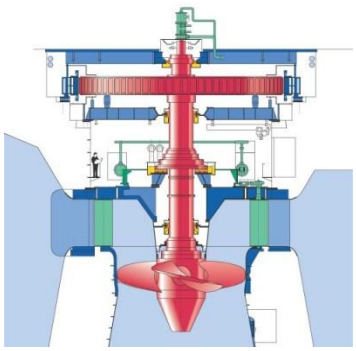
keliling luar rotor yang bekerja karena pancaran air (***jet discharge***) dari mulutnya ***(nozzle)***.

Turbin-Reaksi.

Turbin jenis ini dibuat sedemikian sehingga rotor bekerja karena aliran air dengan tinggi terjun karena beda (selisih) tekanan. Yang termasuk jenis ini adalah turbin Francis, turbin aliran diagonal (***diagonal flow***) dan turbin baling – baling (***propeller turbine***). Turbin Francis adalah turbin dimana air mengalir ke rotor dengan arah radial dan keluar dengan arah aksial ; perubahan arah terjadi sambil melewati rotor. Turbin aliran diagonal adalah turbin di mana air melewati rotor dengan arah diagonal menuju ke poros. Turbin baling–baling adalah turbin di mana air melewati rotor dengan arah aksial. Turbin reaksi yang dapat dipakai sebagai pompa dengan membalik arah putaran rotor dinamakan turbin pompa balik (*reversible pump turbine*). Turbin jenis ini terbagi lagi atas jenis Francis, jenis aliran diagonal dan jenis baling – baling, sesuai dengan konstruksi rotornya.

Turbin-Propeller

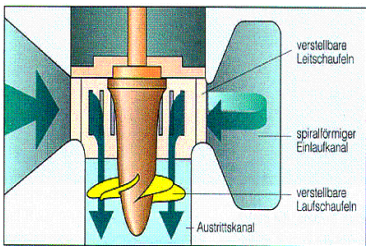
Turbin propeller disebut juga turbin baling-baling poros horizontal atau vertikal (gambar 3) adalah turbin yang bekerja di dalam air yang dapat mengubah *head* kecil/rendah menjadi power yang besar. Turbin propeler merupakan turbin yang memiliki kecepatan spesifik (nq) yang tinggi, sehingga cocok untuk ***head*** yang rendah dan ***debit*** yang tinggi. Semakin tinggi nilai kecepatan spesifiknya (**nq**) maka akan lebih ekonomis. Oleh karena itu , kecepatan yang tinggi berarti unit turbinnya lebih kompak dan kecepatan roda turbin bergantung pada konstruksi dan kekuatan material turbin dan generator atau beban. Turbin baling-baling ini mempunyai keuntungan di mana harganya relatif lebih murah dan dapat dioperasikan pada kondisi kapasitas air yang relatif konstan. Turbin Kaplan dengan sudu jalan *(runner*) yang dapat diubah-ubah sesuai dengan kondisi pergolakan air, maka dengan demikian effisiensinya akan berubah-rubah pula.



Gambar 3. Turbin Propeller[1]

Prinsip Kerja Turbin Propeller

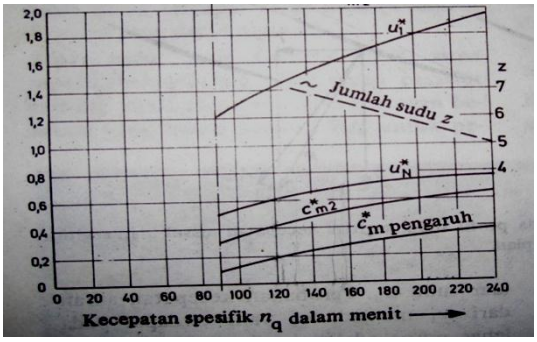
Pada gambar 4 dan 6, menunjukkan turbin propeller bekerja dengan cara menghisap. Pada saat pintu air dibuka, air masuk menuju bak penampung, kemudian air mengalir masuk melalui *guide vane* menggerakkan rangkaian sudu turbin, sehingga rangkaian sudu-sudu turbin berputar. Sudu terhubung dengan poros turbin, ketika sudu berputar maka poros akan mengikuti gerakan sudu. Putaran poros diteruskan ke *pulley* , sehingga *pulley* berputar. *Pulley* turbin dihubungkan dengan *pulley* generator menggunakan *V-belt* (sabuk V), sehingga generator ikut berputar dan menghasilkan listrik.



Gambar 4. Prinsip Kerja Turbin Propeller

- **Kecepatan Spesifik (nq)**

$$n_q = n \frac{\sqrt{\dot{V}}}{H^{\frac{3}{4}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (17)$$



Gambar 5 Harga perkiraan untuk menentukan ukuran-ukuran utama turbin Kaplan [sumber pustaka 1]

Laju kerja (daya)Turbin - Generator

- Daya hidrolis (P_h)

$$P_h = \rho \; x \; g \; x \; H \; x \; \dot{V} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (18)$$

- Daya poros (P_s)

$$P_s = \rho \; x \; g \; x \; H \; x \; Q \; x \; \eta_T \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (19)$$

- Daya Generator (Pgen)

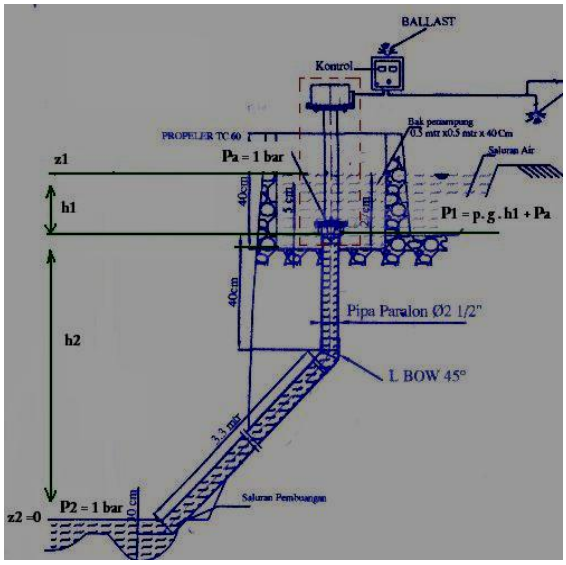
$$P_{gen} = V \; x \; I \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (20)$$

2.3. Langkah-Langkah Eksperimen

2.3.1. Objek Penelitian

Gambar 6 memperlihatkan objek penelitian

Turbin-generator (pembangkit listrik)dengan kapasitas kecil.



Gambar 6 Objek Penelitian di lokasi CV Cihanjuang Inti Teknik , Bandung

h_1= jarak posisi sumbu pintu air masuk turbin dari permukaan air atas, dan h_2= jarak posisi pintu air masuk turbin dari permukaan air bawah. $p_1 = pa + \rho.g.h_1$ adalah tekanan yang bekerja pada pintu masuk sama dengan tekanan atmosfer setempat ditambah dengan tekanan hidro statik air pada kedalaman h_1. Tekanan ini mempunyai hubungan erat dengan persamaan (2), (8), (9), dan (10) yaitu usaha aliran yang dimanfaatkan untuk memutar rangkaian sudu-sudu turbin propeller. Sedangkan h_2 berkaitan dengan kinetik atau kecepatan pembuangan air yang dibatasi oleh tekanan penguapan air.

2.3.2. Teknik Pengukuran

(1) Teknik Pengukuran Debit

Gambar 7a. Mengukur laju pengisian air ke bak penampung.

Teknik pengukuran debit dengan cara 7a, menghitung waktu yang diperlukan untuk mengisi bak penampungan air setinggi h_1 dari sumbu pintu masuk turbin sampai permukaan atas. Setelah diketahui waktu dan jarak kedalaman air masuk ke bak penampung kemudian mengukur panjang dan lebar permukaan bak, maka dapat dihitung volume air dan waktu pengisian yang diperlukan. Dari perhitungan ini dapat ditentukan laju aliran air (debit). Debit penggunaan air untuk memutar turbin dibuat sama dengan debit pengisian bak, sehingga kedalaman h_1 konstan.

Gambar 7b. Mengukur debit air menggunakan bola pimpong.

Teknik pengukuran debit dilakukan dengan cara 7b:

Luas penampang saluran buang yang diisi dengan air mengalir diukur, dan tentukan panjang saluran buang sejauh 1 m sebagai jarak tempuh bola; kemudian lepaskan bola pada air yang mengalir di saluran tersebut dan catat waktu yang diperlukan bola untuk menempuh jarak tersebut. Jarak tempuh per waktu merupakan kecepatan air mengalir, dan luas penampang basah dikalikan dengan kecepatan air mengalir disebut debit atau laju aliran air keluar dari turbin.

(2) Teknik pengukuran putaran

Gambar 8. Teknik pengukuran putaran

Teknik pengukuran putaran dilakukan dengan cara mendekatkan alat ukur (Tachometer) ke poros generator seperti pada gambar di atas

(3) Teknik pengukuran arus dan tegangan

Gambar 9. Teknik pengukuran arus dan tegangan

Teknik pengukuran arus dan tegangan dilakukan dengan cara menghubungkan alat ukur dengan kabel penghubung pada ballast lampu seperti ditunjukkan pada gambar 9 di atas.

(4) Teknik Pengukuran Ketinggian

Dari gambar 6. didapat:

Tinggi permukaan air atas (TPA)

$$\boldsymbol{z_1 = h_1 + h_2}$$

Tinggi permukaan air bawah (TPB)

$z_2 = 0$, sebagai datum (garis acuan)

z= tinggi geodetik

(5) Alat Ukur

- Tang Ampere
- Volt meter digital
- Tacho meter
- Mistar
- Stopwatch

2.3.3. Prosedur pengujian

1) Mengoperasikan pembangkit
   (1) Buka pintu air secara perlahan-lahan, dan biarkan bak penampung terisi air sampai penuh,
   (2) Memasukkan turbin ke lubang dudukan yang tersedia di bak penampung air.
   (3) Aktifkan beban (lampu konsumen) sesuai dengan potensi air yang tersedia. Lampu LED pada box terminal generator dan lampu indikator pada panel akan menyala ketika aliran listrik sudah ada
   (4) Pada saat pengoperasian, atur tinggi permukaan air dan debit dengan cara mengatur bukaan pintu air.
2) Menghentikan operasi pembangkit
   (1) Menghentikan operasi pembangkit yaitu dengan cara menurunkan tegangan hingga nol atau tanpa beban
   (2) Tutup pintu air secara perlahan-lahan hingga air tidak bisa memutarkan sudu turbin
   (3) Mengangkat turbin ke permukaan.

2.3.4. Langkah pengambilan data

1) Memeriksa alat ukur yang akan digunakan dan memastikan alat ukur dan turbin dapat berfungsi dengan baik
2) Sudu yang digunakan adalah sudu *fixed* (sudu tetap), sehingga tidak dapat dilakukan perubahan sudu
3) Mengatur ketinggian air dan debit dengan cara mengatur bukaan pintu air
4) Mengukur debit, putaran, tegangan dan arus
5) Catat data yang dibutuhkan

3. DISKUSI HASIL EKSPERIMEN

3.1. Data eksperimen

Hasil eksperimen disajikan pada tabel 1 dengan parameter yang diamati yaitu h_1 dan t untuk menentukan debit. V dan I masing-masing parameter tegangan dan arus listrik pada dynamometer. Data-data pada tabel 1 menggambarkan debit air digunakan untuk memutar turbin dan menghasilan putaran turbin sebesar n [rpm] setara dengan daya yang ditampilan oleh dynamometer Pgen [Watt] sebagai berikut:

Tabel 1. Pengujian Turbin d = 60 mm

No	h1 (m)	t [s]	V [v]	I [A]	Pgen [W]	n (rpm)
1	0.45	15.33	256	0.44	112.64	2760
2	0.4	12.2	255	0.44	112.2	2669
3	0.35	10.59	245	0.42	102.9	2701
4	0.3	8.95	244	0.42	102.48	2660
5	0.25	7.03	240	0.41	98.4	2618
6	0.2	5.4	239	0.41	97.99	2561
7	0.15	4.05	196	0.31	60.76	2403
8	0.1	2.56	73	0.07	5.11	658.8

Data-data pada tablel 2 menggambarkan: z menunjukkan posisi pemukaan air atas dan bawah dengan garis acuan z_2 = 0. h menunjukkan posisi sumbu pintu air masuk turbin; p dan l merupakan ukuran panjang dan lebar bak penampung, n [rpm] = putaran turbin yang dihasilkan.

Tabel 2. Pengujian Turbin d = 200 mm

No	z_1 [m]	z_2 [m]	h_1 [m]	h_2 [m]	n [rpm]	p [m]	l [m]
1	2.95	0	0.85	2.1	879	1	0.5
2	2.85	0	0.75	2.1	861.3	1	0.5
3	2.75	0	0.65	2.1	822.7	1	0.5
4	2.65	0	0.55	2.1	788.3	1	0.5
5	2.55	0	0.45	2.1	758.3	1	0.5
6	2.45	0	0.35	2.1	720.1	1	0.5
7	2.35	0	0.25	2.1	565.5	1	0.5

3.2. Analisa Hasil Eksperimen

gambar Menggunakan pendekatan persamaan (17) dan gambar 5. $bahwa\ n_q = n\frac{\sqrt{\dot{V}}}{H^{\frac{3}{4}}}$

Perhitungan kecepatan spesifik turbin propleler diameter 60 mm dari pengukuran belum mencapai 90 [rpm]; yang merupakan kecepatan spesifik Kaplan minimum Agar mencapai standar tersebut debit air diatur, dari contoh perhitungan kecepatan spesifik maka debit air yang diperlukan agar kecepatan spesifik mencapai 90 per menit yaitu sebesar 0,0063 m^3/s. Pada perhitungan kecepatan spesifik jika dilihat pada grafik nq kita dapat menentukan diameter sudu seharusnya, dan dari perhitungan grafik tersebut diperoleh diameter sebesar 0,066 meter tidak jauh berbeda dengan diameter pada turbin propeller buatan Cihanjuang sebesar 0.06 meter. Dan dari data tersebut dapat diperoleh parameter seperti daya poros, daya hidraulik dan efisiensi. Dengan menaikan nq (kecepatan spesifik) yang berbeda beda sehingga debit air menjadi besar dan dimana Head, kecepatan dan daya poros dipertahankan maka dapat diperoleh hasil sebagai berikut

Tabel 3. Hasil Perhitungan nq Turbin 60 mm

c (m/s)	A (m)	H (m)	nq
0.036	0.175	3.05	90
0.036	0.183333	3.05	92
0.036	0.191667	3.05	94
0.036	0.2	3.05	96
0.036	0.208333	3.05	98
0.036	0.216667	3.05	100

Tabel 4. Hasil perhitungan Q Turbin d=60 mm

Q(m^3/s)	Ps (watt)	Ph(watt)	Eff
0.0063	163.211	188.4992	0.865842
0.0066	163.211	197.4753	0.826486
0.0069	163.211	206.4515	0.790552
0.0072	163.211	215.4276	0.757612
0.0075	163.211	224.4038	0.727308
0.0078	163.211	233.3799	0.699334

Dari tabel dan gambar grafik di atas dengan debit yang semakin besar, dimana Head sebesar 3,05, kecepatan 0,036 m/s dan daya poros 163,211 watt atau 0,163 kw dipertahankan maka diperoleh daya hidraulik yang semakin besar dan efisiensi yang semakin kecil. Daya hidraulik terbesar dicapai pada saat debit air 0,0078 m3/s dengan daya hidraulik 0,233 kW dan efisiensi sebesar 0,69. (lihat gambar 10).

Untuk Turbin d = 200mm

Jika kondisi turbin sesuai dengan standar maka dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Pada pengujian ke-4, data ke-2

η = 99,66 %
n = 861,3 rpm
H = 3,6 m
$\dot{V}$ = 0,052 m^3/s

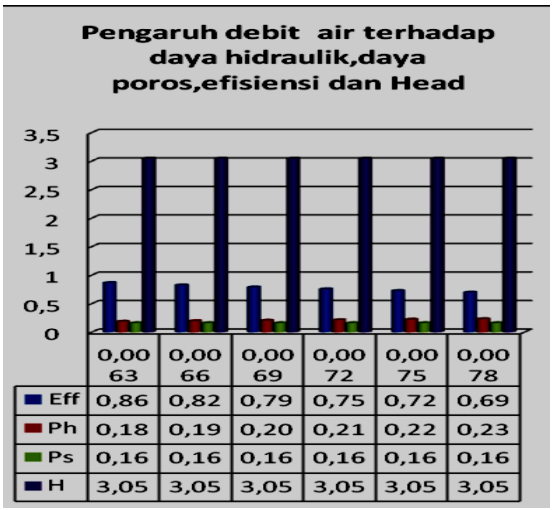
Tabel 5. Perhitungan nq Turbin d = 200mm

c (m/s)	A (m)	H (m)	nq (rpm)
0.85	0.088235	3.6	90
0.85	0.091765	3.6	92
0.85	0.095294	3.6	94
0.85	0.1	3.6	96
0.85	0.103529	3.6	98
0.85	0.108235	3.6	100

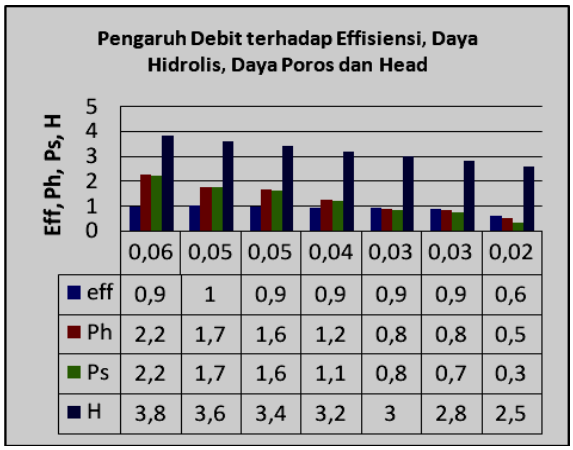
Tabel 6. Perhitungan V Turbin d=200 mm

$\dot{V}$ (m^3/s)	Ps (W)	Ph (W)	Eff
0.075	1944.28	2648.7	0.734051
0.078	1944.28	2754.648	0.705818
0.081	1944.28	2860.596	0.679677
0.085	1944.28	3001.86	0.647692
0.088	1944.28	3107.808	0.625611
0.092	1944.28	3249.072	0.598411

Dari tabel 6 dan gambar 11 grafik di bawah maka dapat dikatakan bahwa pada *head* dan daya poros tetap yaitu sebesar 3,6 m dan 1,944 kW akan menghasilkan daya hidrolis yang besar pada debit yang besar juga, tetapi akan menghasilkan effisiensi yang kecil pada debit terbesar karena daya poros dipertahankan sebesar 1,944 kW. Effisiensi terbesar yaitu pada kondisi debit 0,075 m3/s dan daya hidrolis 2,6487 kW, menghasilkan effisiensi sebesar 0,73.



Gambar 10. Grafik Pengaruh debit air[m^3/s] (sumbu x) terhadap daya hidraulik[kW], daya poros [kW], efisiensi [.] dan head [/Nm/N=J/N] (sumbu y) untuk turbin d = 60 mm



Gambar 11 Grafik pengaruh debit air [m^3/s] (sumbu x) terhadap daya hidraulik [kW], daya poros [kW] , efisiensi[.] dan head [Nm/N=J/N] untuk turbin d = 200 mm

4. KESIMPULAN

Berdasarkan diskusi dan analisis hasil eksperimen turbin propeller berdiameter 60 [mm] dan 200 [mm] dapat dirangkum sebagai berikut.

1) Turbin propeller termasuk pada kelompok turbin aliran aksial dengan kecepatan spesifik (nq) antara 90 – 240 rpm.

2) Tubin uji berdiameter 60 mm pada uji awal di dengan debit air 0,005690 m3/s dengan head total 3,05 m pada ketinggian (z) 2,8 meter

Kecepatan spesifik turbin paling tinggi yaitu 85,57 putaran per menit Kecepatan spesifik ini belum memenuhi standar kecepatan spesifik turbin Kaplan yaitu 90 putaran per menit Agar kecepatan spesifik turbin propeller buatan Cihanjuang Inti Teknik ini memenuhi standar kecepatan spesifik turbin Kaplan maka debit air harus diperbesar. Debit minimum yang harus diperoleh untuk mencapai standar kecepatan spesifik Kaplan adalah 0,0063 m3/s. Periksa tabel 3 dan 4.

3) Demikian juga halnya untuk turbin uji berdiameter 200 mm dan lainnya yang masuk pada kelompok turbin aliran aksial, memerlukan debit minimum 0,075 [m3/s] yang harus tersedia, periksa tabel 5 dan 6 di depan.

4) Dengan kecepatan spesifik dinaikan dimana Head, kecepatan dan daya poros dipertahankan maka akan diperoleh luas penampang bak penampung yang diperbesar dan akibatnya efisiensi menurun.

Ucapan Terima Kasih

Dalam proses penelitian dan penulisan makalah ini, banyak pihak yang berperan aktif memberikan dukungan baik berupa moril, materiil, finansial dan kerjasama, sehingga dapat terbitnya tulisan ini. Untuk hal tersebut, perkenankan penulis meng-haturkan ucapan terima kasih. Semoga Allah SWT mencatatnya sebagai amal shaleh. Amiin.

Daftar Notasi

$\dot{m}_1$, $\dot{m}_2$ = massa aliran (kg/s)
ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)
Q = laju aliran volume (m^3/s)
A_1 , A_2 = luas penampang (m^2)
c_1 , c_2 = laju aliran fluida (m/s)
R_e = bilangan Reynolds
$\bar{c}$ = kecepatan rata-rata (m/s)
D = diameter pipa (m)
μ = kekentalan mutlak (Pa s)
γ = kekentalan kinematik fluida (m^2/s)
r_o = jari-jari pipa (m)
f = faktor gesekan
μ = kekentalan mutlak (Pa s)
g = kecepatan gravitasi (m/s^2)
L = panjang pipa (m)
Re = bilangan Reynold
n_q = kecepatan spesifik (rpm)
n = kecepatan putar turbin (rpm)
$\dot{V}$ = laju aliran volume (m^3/s)
H = head total (Nm/N)
P_h = daya hidrolis (W)
P_s = daya poros (W)
η_T = effisiensi turbin
P_{gen} = daya generator (W)
V = tegangan (V)
I = arus (A)

Daftar Pustaka

[1] Dietzel, Fritz. 1993.*Turbin Pompa dan Kompresor*. Jakarta : Erlangga

[2] Giles, V., Ranald, Soemitro, Herman Widodo Soemitro, Ir., 1976, *Mekanika Fluida dan Hidraulika, Edisi Kedua (SI- Metrik)*, Erlangga, Jakarta.

[3] Lohat, Alexander San.2009. *Persamaan Kontinuitas*. Diperoleh dari www.guru muda.com Diakses pada tanggal 17 April 2010.

[4] Streeter, Victor L dan E.Benjamin Wylie. 1999. *Mekanika Fluida edisi delapan jilid 1*. Jakarta PT Gelora Aksara Pratama.

[5] Syarif Hidayat dkk (2008), *Pemanfaatan teknologi mikrohidro dan strategi pengembangannya*,Jawa Barat.

[6] Sentau Hindrakusuma (2009*)*, Penerapan PLTMH , Asosiasi Hidro Bandung POLBAN EXPO 2009.

[7] Markheyton (2009), Mikrohidro Power di Indonesia, POLBAN EXPO 2009.

[8] Team Buku ajar, 1988, *Mekanika Fluida Semester 2 Teknik Energi*, *Edisi 1*, PEDC, Bandung.