

Perancangan dan Pembuatan Kincir Air Type *Overshot* Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Hafidh Agung Santoso^{1*}, George Endri Kusuma², Subagio So'im³, Sryang Tera Sarena⁴

Program studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1,2}

Program studi D-III Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Program studi D-IV Teknik Kelistrikan Kapal, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia⁴

Email: hafidhsantoso@gmail.com^{1*}; kusuma.george@gmail.com^{2*}; bagiosoim@gmail.com^{3*}; sryang.e@gmail.com^{4*}

Abstract - PLTMH (Microhydro Power Plant) is a power plant that utilizes continuous flowing stream with a power capacity under 100 kW. Batu district has a lot potential energy resources that can be utilized to become electric energy. Especially in Temas Village, there is an irrigation canal that has sufficient water availability throughout the year and reliable discharge. But all potential energy sources can not be maximum utilized. From the survey location with apung method its known secondary irrigation temas has a water debit 0.324 m³/s and with waterpass method its known high different 1,5 m. The result calculation based on data, show that the potential energy power can be raised 5,05 kW. The design and manufacture of the water wheel, the discharge is utilized only 0,00735 m³/s (safety factor 85%). From this parameters survey location, diameter design of water wheel is 1,9 m, the number of blade is 16, the power of water wheel is 77,8 watt, with efficiency of mechanic transmission 85% and generator efficiency is 85% know the generated power is 56,25 watt. Design and manufacture water wheel estimation cost needed Rp. 6.631.500,- and from this Corporate Social Responsibility project make Pondok Pesantren Tarbiyatul Quran saving cost Rp. 59.413,-.

Keyword: Microhydro Power Plant, Potential Energy, Water Wheel, Corporate Social Responsibility

Nomenclature

P	Power (watt)
Q	Water Debit (m ³ /s)
v	Velocity (s)
P_h	Daya Hidrolik (kW)
F	Tangential Force (N)
U₁	Speed Around the Wheel (m/s)
n	Wheel Spinning (rpm)
S₀	Thick Jet of Water (m)
r_x	Water Wheel Fingers (m)
P_{kincir}	Power of Wheel (watt)
Σ_{losses}	Losses of Water Wheel Design (watt)
P_d	Plan Power (kW)
T	Plan Momen (Kg.mm)
d_s	Shaft Diameter (mm)

1. PENDAHULUAN

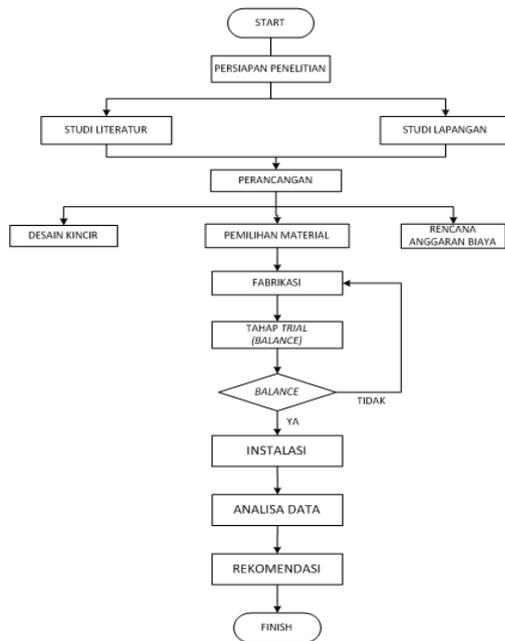
Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan manusia yang sangat primer, sehingga diperlukan suatu instalasi pembangkit listrik yang efisien. Berbagai macam jenis pembangkit telah banyak dibuat, mulai dari turbin gas, turbin uap, turbin air, panas bumi, dan *solar cell* dengan berbagai kelebihan dan kekurangan. Dengan fakta semakin berkurangnya cadangan energi fosil seperti batu bara, gas, dan minyak bumi. Maka dari itu perlu diadakan riset dan pengembangan mengenai pembangkit listrik yang ekonomis dan ramah lingkungan, seperti pembangkit listrik tenaga air. Sampai saat ini

pembangkit listrik dengan tenaga air merupakan pembangkit listrik yang paling ekonomis (1). Hal ini disebabkan oleh biaya perawatan yang murah dan biaya investasi yang tidak terlalu mahal. Desa Temas merupakan sebuah desa yang terletak di Kecamatan Batu dan mempunyai beberapa aliran irigasi yang sangat memungkinkan untuk dilakukan pengembangan terhadap potensi daya air yang selama ini belum dimanfaatkan secara baik. Menyadari akan besarnya potensi sumber daya air tersebut, maka dilakukanlah perancangan dan pembuatan kincir air untuk memanfaatkan potensi sumber daya air yang terdapat di irigasi menjadi sebuah energi listrik yang ekonomis dan ramah lingkungan.

2. METODOLOGI

2.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melaksanakan beberapa kegiatan terkait survey lokasi untuk mengetahui lokasi instalasi kincir air, debit air di irigasi, penentuan desain diameter kincir air. Berikut seperti yang dijelaskan pada gambar 1 yang merupakan diagram alir penelitian:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.1 Survey Lokasi

Lokasi penelitian terletak di Desa Temas, Kecamatan Batu, Kota Batu. Survey lokasi dilakukan untuk mengetahui besaran debit (Q) yang terdapat pada aliran irigasi sungai Temas, penentuan lokasi instalasi kincir air, serta mengetahui besaran nilai perbedaan tinggi (h) antara irigasi dengan lokasi instalasi kincir air. Pengambilan data debit air menggunakan metode kecepatan aliran pada irigasi dengan memanfaatkan bola pancing dan benang (metode terapung), kemudian pengambilan data debit air melalui *penstock* menggunakan metode tampung air per waktu. Sementara untuk penentuan beda tinggi antara irigasi dengan lokasi instalasi kincir air menggunakan metode *water pass* selang,



Gambar 2. Lokasi Perancangan Kincir Air

A. Debit Air

Pada penelitian ini pengujian debit air dilakukan secara langsung dengan menggunakan metode apung. Data pengukuran debit berikut merupakan data pengukuran debit sesaat. Berikut

adalah tabel hasil pengukuran debit sungai Temas :

Tabel 1 Pengukuran Debit Air di Sungai Temas

NO	LUAS PENAMPANG (m ²) (1.2 m x 0.4 m)	KECEPATAN ALIRAN (m/s)	DEBIT (m ³ /s)
1	0.48	0.69	0.331
2		0.64	0.307
3		0.61	0.292
4		0.71	0.341
5		0.73	0.351
Rata-rata			0.324

Sumber : Pengujian Lapangan, 2017

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, diperoleh hasil dari beberapa perhitungan desain kincir air sebagai berikut :

3.1 Potensi Air Tersedia

Potensi air yang tersedia pada sungai temas dapat dirumuskan dengan melakukan survey terlebih dahulu untuk mengetahui potensi debit air (Q) yang berada di sungai. Selanjutnya dilakukan pengukuran nilai h yaitu selisih antara tinggi irigasi dengan kincir, dimana pada penentuan nilai h ini menggunakan metode *water pass* selang, nilai h pada penelitian ini didapat dari hasil survey dengan menggunakan metode *water pass* beda elevasi antara letak bak penampung dan kincir adalah senilai 1.5 m, maka dapat menggunakan persamaan daya air (2) sebagai berikut :

$$P_{\text{air}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h \quad (1)$$

$$P_{\text{air}} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,324 \cdot 1,5$$

$$P_{\text{air}} = 5085,1 \text{ watt}$$

3.2 Perancangan Kincir Air

Dari hasil survey lokasi yang telah dilakukan pada tanggal 24 Desember 2017, maka type kincir air yang sesuai dengan kondisi lingkungan adalah jenis kincir air *overshot*. Tahap perancangan kincir air pada tugas akhir ini dimulai dari menentukan luas penampang pipa, menentukan diameter kincir, penentuan jumlah sudu, dll.

A. Luas Penampang Pipa (*Penstock*)

Luas penampang pipa pada tugas akhir ini didapat dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$A = \frac{1}{4} \pi D_{\text{pipa}}^2 \quad (2)$$

$$A = \frac{1}{4} \pi 0.0635^2$$

$$A = 0,00317 \text{ m}^2$$

B. Debit Air *Penstock*

Debit yang mengalir didalam pipa pada tugas akhir ini dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q = \frac{\text{volume}}{t} \quad (3)$$

$$Q = \frac{0,025 \text{ m}^3}{t}$$

$$Q = 0,00735 \text{ m}^3/\text{s}$$

C. Kecepatan Air Penstock

Kecepatan air yang terdapat di dalam penstock pada tugas akhir ini dapat di ketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$v = \frac{Q_{\text{pipa}}}{A} \quad (4)$$

$$v = \frac{0,00735 \text{ m}^3/\text{s}}{0,00317 \text{ m}^2}$$

$$v = 2,318 \text{ m/s}$$

D. Daya Hidrolik

Setelah mengetahui nilai Q pada pipa sebesar $0,00735 \text{ m}^3/\text{s}$ dan v sebesar $2,318 \text{ m/s}$, maka selanjutnya dilakukan perumusan daya hidrolik untuk mengetahui potensi daya ayng di bangkitkan kincir air (3). Berdasarkan rumus perhitungan daya hidrolik diperoleh :

$$P_h = g \cdot Q \cdot h + 0,5 \cdot Q \cdot v^2 \cdot h \quad (5)$$

$$P_h = 0,137 \text{ kW}$$

E. Kecepatan Keliling Kincir

Berdasarkan rumus perhitungan keliling kincir dan desain sudut sudu kincir air sebesar 25° , maka didapatkan :



Gambar 3. Desain Sudut sudu kincir

$$U_1 = \frac{v \cdot \cos(\alpha)}{2} \quad (6)$$

$$U_1 = 1,051 \text{ m/s}$$

F. Putaran Kincir

Berdasarkan rumus perhitungan putaran kincir yang terdahulu, maka diperoleh nilai besaran putaran kincir sebagai berikut :

$$n = \frac{60 \times U_1}{\pi \times D_{\text{luar}}} \quad (7)$$

$$n = \frac{60 \times 1,051 \text{ m/s}}{\pi \times 1,85 \text{ m}}$$

$$n = 10,85 \text{ rpm} \sim 11 \text{ rpm}$$

G. Jumlah Sudu yang Aktif

Berdasarkan rumus perhitungan jumlah sudu yang aktif terdahulu, maka diperoleh nilai jumlah sudu yang aktif sebagai berikut :

$$n_{rps} = \frac{n}{60} \quad (8)$$

$$n_{rps} = \frac{11 \text{ rpm}}{60}$$

$$n_{rps} = 0,183$$

$$i = n_{rps} \times Z \quad (9)$$

$$i = 0,183 \times 16$$

$$i = 2,928$$

H. Kapasitas Air yang Diterima Oleh Sudu

Berdasarkan rumus perhitungan Jumlah kapasitas air yang di terima oleh tiap – tiap sudu kincir, maka didapatkan besaran kapasitas air uang di terima oleh sudu sebagai berikut :

$$q = \frac{Q}{i} \quad (10)$$

$$q = \frac{0,00735 \text{ m}^3/\text{s}}{2,928}$$

$$q = 0,00251 \text{ m}^3/\text{s}$$

I. Tebal Pancaran Air yang Masuk Ke Lorong Sudu

Berdasarkan rumus perhitungan tebal pacaran air yang masuk kelorong sudeu, maka didapatkan besaran besar tebal pancaran sebagai berikut :

$$S_o = t_1 \times \sin a_1 \quad (11)$$

$$S_o = 0,363 \times \sin 25^\circ$$

$$S_o = 0,153 \text{ m}$$

J. Gaya Tangensial

Berdasarkan rumus perhitungan terdahulu, diketahui nilai gaya tangensial sebagai berikut :

$$F = m \times V \quad (12)$$

$$F = 35,2 \text{ kg} \times 2,318 \text{ m/s}$$

$$F = 81,9 \text{ N}$$

K. Jari – Jari Kincir Air

Berdasarkan rumus perhitungan terdahulu, diketahui Jari –Jari Kincir sebagai berikut :

$$r_x = \frac{r_2 - r_1}{2} + r_1 \quad (13)$$

$$r_x = \frac{0,925 - 0,75}{2} + 0,75$$

$$r_x = 0,837 \text{ m}$$

L. Energi pada Kincir Air

Berdasarkan rumus perhitungan terdahulu, nilai energi kincir air dapat di tentukan sebagai berikut :

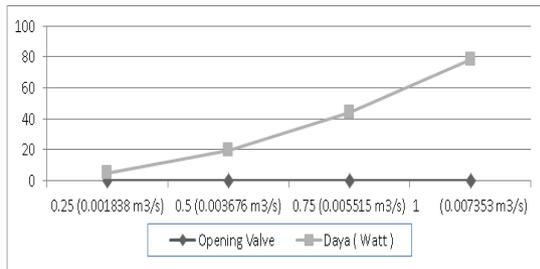
$$P_{\text{kincir}} = T \times \omega \quad (14)$$

$$P_{\text{kincir}} = 68,29 \text{ Nm} \times 1,136$$

$$P_{\text{kincir}} = 77,58 \text{ watt}$$

Pada perancangan dan pembuatan kincir ini akan di lakukan beberapa variasi jumlah debit air yang mengalir pada pipa penstock. Pada pipa penstock terdapat ball valve atau stop kran yang berfungsi sebagai daya yang dihasilkan oleh kincir. Pada ball valve pvc dilakukan opening $1/4$, $1/2$, $3/4$ dan full. Dari hasil percobaan variasi opening ball valve pvc didapatkan beberapa perbedaan daya. Seperti yang ditunjukkan pada grafik dibawah ini :

Grafik 3.1 Pengaruh *opening valve* terhadap daya yang di hasilkan oleh kincir air.



Gambar 3.1 Grafik pengaruh *opening valve* terhadap daya yang dihasilkan oleh kincir air

Berdasarkan dari pengamatan gambar grafik 3.1 diatas, diketahui bahwa pada *opening valve* seperempat dapat menghasilkan daya listrik sebesar 4,86 watt, sedangkan pada *opening valve* setengah diketahui memiliki debit air yang keluar dari pipa sebesar $0,003637 \text{ m}^3/\text{s}$ dan daya sebesar 18,46 watt, kemudia pada *opening valve* tiga perempat diketahui mempunyai debit $0,005515 \text{ m}^3/\text{s}$ dan diketahui memiliki daya sebesar 43,48 watt, dan pada *opening valve full* diketahui mempunyai debit sebesar $0,007353$ dan menghasilkan energi listrik sebesar 77,85 watt.

M. Daya Terbangkitkan

Berdasarkan rumus perhitungan terbangkitkan (3), diketahui daya terbangkitkan pada perancangan kincir air ini adalah sebagai berikut :

$$P_{out} = n_{tm} \times n_G \times P_k \quad (15)$$

$$P_{out} = 0,85 \times 0,85 \times 77,58$$

$$P_{out} = 56,05 \text{ watt}$$

N. Losses Perancangan Kincir Air

Pada kenyataanya tidak ada suatu sistem yang berjalan dengan sempurna (4). Berdasarkan rumus perhitungan terdahulu, diketahui *losses* pada perancangan kincir air ini adalah sebagai berikut :

$$\sum Losses = L_{imp} + L_t + L_g + L_{Qu} \quad (16)$$

$$\sum Losses = 57,72 \text{ watt}$$

3.3 Perancangan Poros dan Pasak

A. Daya Rencana

Berdasarkan rumus buku elemen mesin (5),diketahui daya rencana pada perancangan kincir air ini adalah sebagai berikut:

$$P_d = f_c \times P \quad (17)$$

$$P_d = 1,2 \times 0,165 \text{ kW}$$

$$P_d = 0,137 \text{ kW}$$

B. Momen Rencana

Berdasarkan buku elemen mesin (5), diketahui momen rencana pada perancangan kincir air ini adalah sebagai berikut :

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{P_d}{n} \quad (18)$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{0,1765}{11}$$

$$T = 15831 \text{ kg. mm}$$

C. Bahan dan Spesifikasinya

Bahan menggunakan batang baja karbon S-45C-D standard jepang (JIS) yang biasa dipakai sebagai bahan untuk poros.

D. Diameter Poros

Berdasarkan rumus buku elemen mesin (5), diketahui diameter poros pada perancangan kincir air ini adalah sebagai berikut:

$$d_p = \left[\frac{5,1}{\tau_a} K_t \times C_b \times T \right]^{1/3} \quad (19)$$

$$d_p = \left[\frac{5,1}{\tau_a} 1,5 \times 2,3 \times 15831 \right]^{1/3}$$

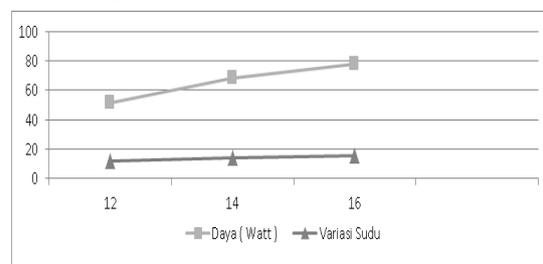
$$d_p = 20,68 \text{ mm}$$

Dari perhitungan diameter poros, diketahui bahwa minimal diameter poros a\yang diizinkan adalah 20,68 mm -21 mm

3.4 Variasi Jumlah Sudu Kincir Air

Untuk mengetahui tentang kinerja kincir air, selanjutnya dilakukan analisa dengan memvariasikan jumlah sudu kincir air. Pada penelitian ini, penelitian menggunakan variasi jumlah sudu sebanyak 3, yaitu 12,14,16. Dari hasil analisa, didapatkan beberapa perbedaan terhadap daya yang di hasilkan sebagai akibat dari variasi jumlah sudu kincir.

Grafik 3.2 hubungan jumlah sudu kincir terhadap daya yang dihasilkan oleh kincir



Gambar 3.2 Grafik hubungan jumlah sudu kincir terhadap daya yang dihasilkan oleh kincir

Dari tampilan gambar grafik 3.2 diatas diketahui bahwa semakin banyak jumlah sudu kincir air, maka semakin besar pula jumlah daya yang di hasilkan. Dari grafik diatas diketahui bahwa pada jumlah sudu kincir 12 daya yang dihasilkan adalah 51,33 watt, kemudian pada jumlah sudu 14 daya yang di dihasilkan ialah 68,12 watt, dan jumlah sudu 16 mampu menghasilkan daya sebesar 77,85 watt.

3.5 Nilai Effisiensi Kincir

Setelah dilakukan analisa perhitungan terkait dengan variasi jumlah sudu kincir air terhadap daya yang di hasilkan, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai effisiensi dari kincir air. Perhitungan nilai

effisiensi kincir air dapat di rumuskan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{kincir}}{P_{hidrolik}} \quad (20)$$
$$\eta = \frac{77,58}{137} \times 100\%$$
$$\eta = 56,62\%$$

Dari hasil perhitungan nilai efisiensi kincir air dengan parameter daya hidrolik dan juga daya kincir, diketahui bahwa nilai efisiensi pada kincir air adalah sebesar 56,62%

3.6 Analisa Ekonomi

Setelah dilakukan analisa perhitungan terkait dengan nilai efisiensi perancangan dan pembuatan kincir air, selanjutnya dilakukan perhitungan analisa ekonomis untuk mengetahui nilai ekonomis atau penghematan terhadap perancangan dan pembuatan kincir air. Perhitungan nilai efisiensi kincir air dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Nilai Ekonomis} = E. \text{Listrik} \times \text{TDL} \quad (21)$$

$$\text{Nilai Ekonomi} = 40,5 \text{ kWh} \times 1467$$

$$\text{Nilai Ekonomi} = 59.413, -$$

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan survey lokasi mengenai potensi sumber daya energi air yang terdapat pada irigrasi, diketahui dan didapatkan bahwa irigrasi sungai temas mempunyai sumber energi potensial sebesar 5,85 kW. Perancangan kincir air diketahui mempunyai diameter luar 1,9 m , diameter dalam 1,5 m , dan jumlah sudu sebesar 16 buah. Berdasarkan hasil analisa terhadap variasi jumlah sudu kincir air terhadap jumlah energi yang dihasilkan. Diketahui bahwa jumlah sudu 16 menghasilkan energi yang paling besar dengan daya kincir sebesar 77,85 watt, sedangkan jumlah sudu 14 kincir air dapat mengeluarkan daya sebesar 68,12 watt, dan dengan jumlah sudu sebanyak 12 direncanakan kincir air dapat mengeluarkan daya sebesar 58,39 watt. Pada perancangan kincir air, didapatkan nilai efisiensi kincir air sebesar 56,62%. Berdasarkan energi yang terbangkitkan dari perancangan dan pembuatan kincir air ini diketahui dapat menghasilkan energi listrik sebesar 40,5 kWh dalam jangka waktu satu bulan. Dengan mengacu kepada tarif dasar listrik terbaru dari perusahaan listrik negara (PLN) sebesar Rp. 1.467 /kWh maka diketahui penghematan yang dialami oleh Pondok Pesantren Tarbiyatul Quran adalah sebesar Rp. 59.413,-

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan lancar juga dikarenakan adanya bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan semangat dan do'a.
2. Bapak George Endri Kusuma, S.T . M.Sc.Eng , Bapak Subagio So'im, S.T . MT, serta Ibu Sryang T. Sarena, S.T . M.Sc.Eng. yang telah membimbing dan membantu penulis dalam pengerjaan tugas akhir.
3. Bapak Supriyono S.T , Bapak Edi Hartono S.T , dan teman – teman pengabdian masyarakat yang telah membantu kelancaran dalam pengerjaan tugas akhir ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Patty, I. O. (1995). Tenaga Air. Jakarta:Erlangga.
- [2] ARIEF, B. B. (2014). PERANCANGAN DAN PEMBUATAN KINCIR AIR YANG DITERAPKAN PADA AIR TERJUN SUNGAI MINGIR. YOGYAKARTA: UGM TEKNIK MESIN .
- [3] Unggul Wibawa, I.M.(2014). PERANCANGAN KINCIR AIR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH) DESA BENDOSARI KECAMATAN PUJON KABUPATEN MALANG.
- [4] Quaranta, E. (2016). Output power and power losses Estimation for an Overshot water wheel. Politecnico di Torino, 1-9
- [5] Sularso, & kagu, K.(1994). Dasar perencanaan dan Pemilihan Eleman Mesin. Jakarta : pradnya Paramita.

(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)