

Perancangan Turbin Air Kapasitas 3KW di Desa Yeisowo, Kecamatan Patani Kabupaten Halmahera Tengah

Sandi Rais¹ Muhammad Taufan,² Ishak Usman,³
Universitas Khairun, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Indonesia
sansandyfti@yahoo.com

Abstraks

Perancangan turbin air dalam penelitian ini menggunakan besi plat dengan ketebalan plat sebesar 3mm. Adapun diameter kincir bagian luar sebesar 120 mm dan diameter dalam sebesar 70mm. Jumlah jari-jari pada kincir adalah sebanyak 6 jari-jari. Terdapat 6 buah pillow blok bearing ASB yang digunakan untuk merancang kincir air pada penelitian ini yaitu antara lain; 2 buah pillow blok bearing ASB tipe UCF 210 as 50mm, 2 Buah pillow blok bearing ASB tipe UCP as 50mm dan 2 buah pillow blok Bearing ASB tipe UCP as 25mm. Sudu kincir air dirancang dengan lebar sudu 25 cm dan panjang sudu panjang 28 cm dengan bahan besi plat eser dengan tebal 3mm dan kemiringan sudu sebesar 40°. Hasil perhitungan jumlah sudu turbin air diperoleh 16 sudu dengan putaran turbin sebesar 55 rpm. Berdasarkan perhitungan system transmisi pully dan sabuk (van belt) dengan efisiensi mekanik sebesar 70% maka besarnya jumlah rotasi yang di distribusikan ke generator adalah sebesar 1100 rpm.

Keyword : Energi terbarukan , Kincir air, Energi listrik

PENDAHULUAN

Penyebaran energy listrik di daerah pedalaman khususnya bagian timur Indonesia sampai saat ini masih terbelang belum merata. Energy listrik adalah salah satu kebutuhan pokok yang terpenting bagi masyarakat. Semua kegiatan masyarakat saat ini sangat bergantung pada energy listrik. Tingginya kebutuhan ini tidak sebanding dengan kemampuan PLN untuk mendistribusikan listrik ke seluruh pelosok-pelosok daerah terpencil.

Salah satu desa yang mengalami kekurangan listrik yaitu Desa Yeisowo. Desa Yeisowo terletak di Kecamatan Patani, Kabupaten Halmahera Tengah memang sangat jauh dari pusat pemerintahan Provinsi Maluku Utara dan akses ke Desa tersebut bisa dikatakan sangat susah terbatas. Desa dengan jumlah 882 jiwa penghuni ini, memiliki banyak sumber daya alam yang belum dimanfaatkan. Salah satunya adalah potensi air untuk dimanfaatkan sebagai energy.

Saat ini pembangunan fasilitas listrik di desa ini memang sudah dilakukan namun pemakaiannya hanya terbatas pada siang hari dan kadang malam hari, itupun masih terjadi pemadaman bergilir untuk menjaga kapasitas kerja mesin yang dipakai. Pada malam hari jalan di desa ini juga sangat gelap, hal ini disebabkan karna tidak ada sama sekali penerangan jalan yang terpasang.

Hasil survey studi potensi sumber daya air di Desa Yeisowo terdapat 2 sumber air yang

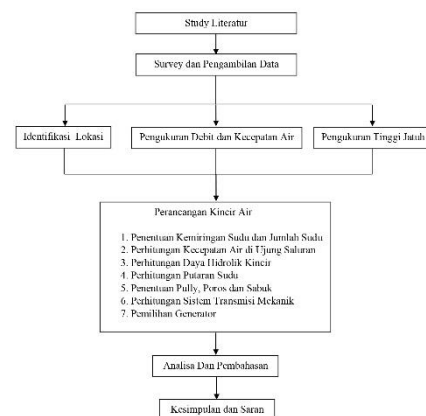
dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga mikro hydro. Melalui beberapa metode pengukur (pengukuran debit air, pengukuran tinggi jatuh air dan laju kecepatan air), diperoleh daya listrik untuk pemanfaatan potensi air ini adalah sebesar 3,063 kW.

Adapun yang menjadi rumusan permasalahan dalam penelitian ini adalah :

Bagaimana membuat suatu desain rancangan turbin air pembangkit listrik tenaga micro hydro kapasitas 3 KW di desa Yeisowo sebagai solusi penerangan jalan di desa tersebut

METODOLOGI

Diagram Alir Penelitian



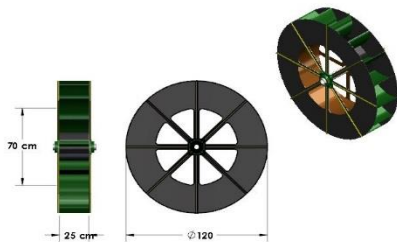
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Perancangan Kincir

Kincir air yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari besi plat dengan ketebalan plat sebesar 3mm. Adapun diameter kincir bagian luar sebesar 120 mm dan diameter dalam sebesar 70mm. Jumlah jari-jari pada kincir adalah sebanyak 6 jari-jari.

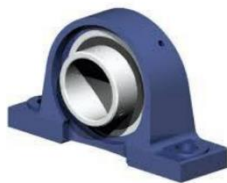
HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan kincir Air dapat dilihat pada gambar 2



Gambar 2. Diameter Luar dan Dalam Kincir Air

Bantalan



Gambar. 3. Bantalan

Pada perancangan ini, akan digunakan dua buah bantalan untuk menahan poros, dimana bantalan yang digunakan adalah bantalan gelinding jenis rol silinder nomor NU 1016 [10], sehingga diperoleh: kapasitas nominal statis spesifik (C_0) = 350000 N, kapasitas nominal dinamis spesifik (C) = 23000 N, diameter dalam (d) = 50 mm, diameter luar (D) = 125 mm dan lebar bantalan (B) = 20 mm. Besarnya beban Ekivalen (P). Pada perancangan ini berat kincir yang digunakan (P_s) adalah 120kg atau 1176.8 N dan karena kincir yang berputar tidak mengalami gesekan maka koefisien geseknya ($\mu = 0$), sehingga beban aksialnya (F_a) dapat diabaikan. Kemudian untuk beban radialnya (F_r) yaitu sebagai berikut

$$F_r = P_s \cdot \frac{r}{1} = 1176,8 \cdot \frac{115}{150} \quad (14)$$

$$F_r = 901,428 \text{ N}$$

Karena beban aksial dapat diabaikan maka nilai F_a/C_0 akan mendekati 0, sehingga diperoleh

nilai X dan Y yaitu $X = 1$ dan $Y = 0$. Adapun besarnya beban ekivalen dapat dihitung dengan rumus

$$P_r = XF_r + YF_a \quad (14)$$

$$P_r = 1 \cdot 9,01429 = 9,0142 \text{ kN.}$$

Umur bantalan

Untuk umur kerja bantalan yang baik (diatas 10 tahun), C/P harus bernilai 12 atau lebih [10]:

$$\frac{C}{P} = \frac{23000}{9,0142} = 2,555$$

Nilai $C/P > 2$ maka bantalan rol silinder jenis ini baik untuk digunakan.

Umur bantalan:

$$L_{10h} = \frac{1000000}{60 \cdot n} \left(\frac{C}{P}\right)^q \quad (7)$$

$$L_{10h} = \frac{1000000}{60 \cdot 55} \cdot (2,555)^{3,3}$$

$$L_{10h} = 6600.66 \text{ jam} \sim 559 \text{ Hari}$$

Rancangan Sudu Kincir Air

Sudu kincir air dirancang dengan lebar sudu 25 cm dan panjang sudu panjang 28 cm dengan bahan besi plat eser dengan tebal 3mm. Adapun kemiringan sudu adalah sebesar 40° . Jumlah sudu pada kincir air dapat ditentukan dengan persamaan.

$$N = \frac{\pi D_t}{t} \quad (1)$$

Dimana:

N = Jumlah Sudu

D_t = diameter turbin = 0.75

T = Jarak antar sudu (m)

Jarak antar sudu (t) dapat dihitung dengan persamaan:

$$t = \frac{S_i}{\sin \theta} \quad (2)$$

$$s_i = k D_t \quad (3)$$

Dimana:

K = Konstanta Tetapan = 0.13

θ = sudut yang dibentuk oleh letak sudu lengkungan terhadap sumbu vertikal poros = 40°

Maka:

$$s_i = 0.13 \times 1.2 \text{ m}$$

$$s_i = 0.156 \text{ m}$$

Jadi:

$$t = \frac{0.156}{\sin 40}$$

$$t = 0.242 \text{ m}$$

Sehingga:

$$N = \frac{\pi D_t}{t}$$

$$N = \frac{\pi \cdot 1.2}{0.242}$$

$$N = 15,6$$

Jumlah sudu yang digunakan adalah sebanyak 16 sudu dengan posisi letak 40° terhadap posisi letak turbin. Dari 16 jumlah sudu maka

perlu hitung kecepatan kecepatan keliling kincir dan besaran putaran kincir dengan persamaan.

$$U_1 = \frac{V_1 \cos \alpha_1}{2} \quad (4)$$

Dari hasil hitungan pada persamaan (1) diperoleh hasil $V = 7.76$ m/s dan nilai α_1 adalah sebesar:

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \frac{0.203}{1.5} = 7,7^\circ \quad (5)$$

Maka:

$$U_1 = \frac{7.67 \cos 7,7}{2}$$

$$U_1 = 3,801 \text{ m/s}$$

Putaran kincir:

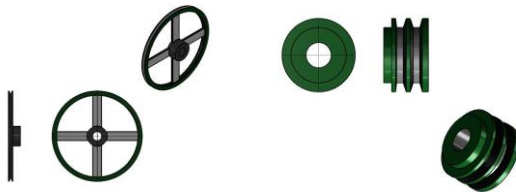
$$N = \frac{60 U_1}{\pi D_1} \quad (6)$$

$$N = \frac{60 \cdot 3.80}{3,14 \cdot 1,2}$$

$$N = 54.45, \text{ rpm} \sim 55 \text{ rpm}$$

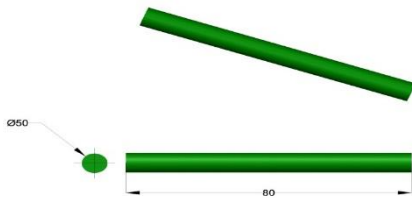
Pully, Poros dan Pasak

Terdapat 4 buah pully yang dipakai dalam perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. 2 Buah pully ukuran A1 ukuran 16 Inchi (403mm) dan 1 Buah Pully diameter 74mm dan 1 buah pully diameter 77mm .



Gambar 4. Pully

Untuk poros terdapat dua jenis poros yang digunakan yaitu poros sepanjang 805mm dengan diameter 50 mm. Poros ini dipasang untuk menghubungkan kincir air dan dudukan. Sedangkan poros yang menghubungkan antara pully yaitu poros dengan panjang 65mm dengan diameter 25mm.



Gambar. 5 Perencanaan Poros

a. Daya rencana

$$P_d = f_c \times P \text{ (kW)} \quad (8)$$

Dimana: $f_c = 1,0$; $P = 7.1$ kW

Maka : $P_d = 4,26 \cdot 1,0 = 7.1$ kW

b. Pembebanan pada poros

$$Pd = \frac{\left(\frac{T}{1000}\right) \cdot \left(\frac{2\pi\eta_1}{60}\right)}{102} \quad (8)$$

Sehingga

$$T = 9.7 \times 10^5 \frac{7,1 \text{ (kw)}}{55} = 125130 \text{ (kg.mm)}$$

Di mana

T = Momen Puntir Pada Poros (kg.mm)

Pd = Daya Rencana (KW)

η_1 = Putaran Poros

c. Menentukan tegangang geser sesuai standar ASME

Sf_1 faktor keaamanan diambil sebesar 5,6 untuk jenis bahan SF (dengan kekuatan yang dijamin) dan 6,0 untuk jenis bahan S-C (dengan pengaruh masa, dan baja paduan) dan Sf_2 digunakan untuk meninjau bagian poros, akan diberi alur pasak atau bentuk bertangga, dipilih harga antar 1,3 – 3,0 bertujuan untuk memperoleh tegangan geser yang diizinkan. Pada perancangan ini poros menggunakan baja karbon konstruksi mesin JIS G 4501 dangan lambing S50C dangan kekutan Tarik 62 kg/mm^2 yang dapat dilihat pada tabel 4.1 : sehingga dapat ditentukan $Sf_1 = 6,0$ dan $Sf_2 = 1.3$ sehingga dapat digunakan pada rumus

$$ta = \frac{\sigma b}{(Sf_1 \times Sf_2)} \quad (8)$$

$$ta = \frac{62 \text{ kg/mm}^2}{(6 \times 1.3)} = 7,948 \text{ (kg/mm}^2)$$

Dimana ta = Tegangan Geser Yang Diizinkan (kg/mm^2)

σb = Kekuatan Tarik Bahan (kg/mm^2)

d. Perencanaan Diameter Poros

Sehingga factor koreksi diambil dengan jenis pembebanan poros yang berputar sehingga momen puntir (Kt) didapat sebesar 1.5 dan factor koreksi beban lentur jika diperkirakan tidak terjadi pembebanan lentur maka (Cb) didapat sebesar 1.0. Menentukan diameter poros dapat diperoleh dengan rumus

$$Ds = \left(\frac{5,1}{ta} Kt. Cb. T\right)^{1/3} \quad (8)$$

$$Ds = \left(\frac{5,1}{7,948} 1,5. 1,0. 125130 \text{ kg/mm}^2\right)^{1/3}$$

$$Ds = 49,384 \sim 50 \text{ mm}$$

e. Gaya Tegensial Yang Terjadi Pada Poros

Gaya tegensial yang terjadi pada poros adalah pada persamaan di bawah.

$$F = \frac{T}{Ds/2} \quad (8)$$

$$F = \frac{125130}{\frac{50}{2}}$$

$$F = 5005,2 \text{ kg}$$

f. Pasak



Gambar.6 perencanaan pasak

Berdasarkan gambar 4.3 perhitungan pasak dapat dipilih dimensi pasak Lebar pasak (b): 16 mm, dan Tebal atau Tinggi (h) Pasak 10 mm. Jika bahan pasak S 45 C dicelup dingin dan dilunakan maka tegangan tariknya adalah $\sigma_b = 70 \text{ kg/mm}^2$ dengan faktor keamanan diambil $S_{fk1} = 6,0$ dan $S_{fk2} = 3,0$. Maka tegangan geser yang diizinkan adalah:

$$\tau_{ka} = \frac{\sigma_b}{(S_{fk1} \cdot S_{fk2})} \quad (8)$$

$$\tau_{ka} = \frac{70 \text{ kg/mm}^2}{(6,0 \times 3,0)}$$

$$\tau_{ka} = 3,9 \text{ kg/mm}^2$$

g. Menentukan Panjang pasak

$$\tau_k = \frac{F}{b \cdot l_1} \leq \tau_{ka} \quad (8)$$

$$\tau_k = \frac{5005,2}{16 \times l_1} \leq 3,9 \text{ kg/mm}$$

$$\text{Maka } l_1 \geq 80,21 \text{ mm}$$

Sistem Transmisi Mekanik

Sistem transmisi mekanik adalah kombinasi antara transmisi pully dan sabuk (van belt) yang bertujuan untuk meningkatkan putaran kincir yang di distribusikan ke generator. Sesuai dengan spesifikasi pully maka dapat dihasilkan system transmisi mekanik sebagai berikut :



Gambar 7 .Sistem Transmisi Mekanik

$$\frac{n1}{n2} = \frac{\phi_{pulley 1}}{\phi_{pulley 2}}$$

$$n2 = \frac{\phi_{pulley 1} \cdot n1}{\phi_{pulley 2}}$$

Dimana :

$n1$ = putaran kincir = 55 rpm

ϕ pulley 1 = 0,4064 m

ϕ pulley 2

ϕ pulley 3 = 0,4064 m

ϕ pulley 3 = 0,77 m

Maka :

$$n2 = \frac{0,4064 \cdot 55}{0,075}$$

$$n2 = 298,02$$

Transmisi berikutnya adalah transmisi puli ke generator yang diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut :

$$n3 = \frac{\phi_{pulley 3} \cdot n2}{\phi_{pulley 4}}$$

$$n3 = \frac{0,4064 \cdot 298,02}{0,077}$$

$$n3 = 1572 \text{ rpm}$$

Dengan efisiensi mekanik sebesar 70% maka besarnya jumlah rotasi yang di distribusikan ke generator adalah sebesar :

$$n3 = 1572 \text{ rpm} \times 70\% = 1100 \text{ rpm}$$

Generator

Dalam penelitian ini, generator yang dipakai adalah generator 1 fasa dengan spesifikasi sebagai berikut : Daya : 3 KW, tegangan kerja tegangan kerja 230 V, $f = 50 \text{ Hz}$, $n = 1500 \text{ rpm}$ dan $\cos \varphi = 1,0$, tegangan penguatan (V_t) = 42 V dan arus penguatan (I_t) = 2 A.

Rangka Dudukan Kincir

Pada rangka dudukan kincir rancangan dibuat dalam bentuk segi empat dengan ukuran panjang 100 cm, lebar 90 cm dan tinggi 100 cm. Bahan pendukung rangka ini adalah besi UNP tipe C tebal 5mm.

KESIMPULAN

Penggunaan nosel konvergen sebagai pengarah aliran, pada penelitian ini dapat meningkatkan daya dan efisiensi turbin dari tanpa menggunakan nosel konvergen sebagai pengarah aliran. Pada posisi mode kecepatan kipas 3 yang sama daya yang dihasilkan oleh turbin angin dengan menggunakan nosel konvergen sebagai pengarah aliran naik kurang lebih 7 (tujuh) kali lebih besar dari tanpa menggunakan nosel pengarah, sedangkan efisiensi juga naik sekitar 1,2 kali dari tanpa menggunakan nosel pengarah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Atul Kumar, Muhammad Zafar Ullah Khan, Bishwajeet Pandey (2018). Wind Energy: A Review Paper. Gyancity Journal of Engineering and Technology,4,2,29-37
- [2] Frank M. White, 2011. Fluid Mechanics, New York, McGraw-
- [3] John McCosker, 2012. Design and Optimization of a Small Wind Turbine, Connecticut, Rensselaer Polytechnic Institute Hartford.
- [4] Trevor M. Letcher, 2017. Wind Energy Engineering, London, Academic Press.
- [5] Yunus A. Cengel, John M. Cimbala, 2014. Fluid Mechanics Fundamentals and Applications, New York, McGraw-Hill.