

# Rancang Bangun Roda Air Sebagai Penggerak Pompa

**Abd. Waji Malaju**

Teknik Mesin

Universitas Negeri Makassar

Jl. Dg. Tata Raya, Kampus UNM Parangtambung Makassar 90224

## *Abstrak*

*Potensi tenaga air dengan pemamfaatannya pada umumnya berlainan bila dibandingkan dengan penggunaan tenaga yang berasal dari, misalnya bahan bakar fosil. Sumber tenaga air secara teratur dibangkitkan kembali melalui hujan penguapan alibat dari penyinaran matahari dan pengaruh gravitasi bumi. Dari hasil perhitungan diperoleh putaran melalui transmisis dari roda air, dengan  $n = 1500$  rpm dan daya yang dibangkitkan  $P = 4,58$  Kw*

**Kata kunci :** roda air untuk penggerak pompa

## **I. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Indonesia merupakan Negara yang memiliki berbagai jenis sumber tenaga dalam Jumlah yang relatif banyak. Bila sumber - sumber tenaga ini dikelola secara tepat dan berdaya guna secara optimal akan merupakan sumbangan yang besar bagi usaha pembangunan yang mana pada gilirannya akan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. pemerintah telah merumuskan kebijaksanaan dibidang yang tenaga yaitu selain menggalakkan eksplorasi minyak juga mengkonservasikan pemakaian. Tenaga serta mencari dan mengembangkan sumber tenaga Lain seperti tenaga matahari, tenaga angin, tenaga nukir, tenaga air dan sebagainya. penyediaan tenaga ini secara maksimal ber tujuan untuk mendukung pembangunan yang sedang dilaksanakan.

Diantara berbagai alternatif maka tenaga air sungai ( energi hidro ) merupakan salah satu alternatif yang cukup besar potensial untuk dikembangkan baik dalam skala besar maupun dalam skala kecil (mikro hidro) karena ditinjau dari segi aspek topografi,

hidologi maupun geologi pemanfaatan tenaga hidro di Indonesia sangat menguntungkan. Hal ini telah terbukti dari hasil-hasil telah dicapai sekarang ini.

Walaupun potensi secara keseluruhan dari pada tenaga air relatif kecil bila dibandingkan dengan Jumlah sumber bahan bakar fosil, sekalipun misalnya seluruh potensi tenaga air ini dapat dikembangkan sepenuhnya namun pemanfaatan tenaga air pada umumnya multi guna karena biasanya dikaitkan dengan irigasi, pengendalian banjir dan perikanan. Pembangkit daya tenaga air sungai dilakukan tanpa perubahan suhu . Tidak ada peningkatan suhu karena misalnya adanya suatu proses pembakaran bahan bakar. Hal ini mengakibatkan mesin-mesin hidro mempunyai masa manfaat yang biasanya lebih lama dari pada mesin - mesin termis

Penyediaan kebutuhan merupakan salah satu masalah yang penting dalam dunia industri pertanian, perdagangan dan air bersih didaerah pemukiman atau masyarakat pada umumnya. Untuk itu diperlukan berbagai upaya terpadu guna memecahkan masalah, salah satu diantaranya yang berkaitan

dengan upaya menemukan dan mendistribusi air bersih dari sumbernya agar dapat sampai kekonsumen. salah satu cara dan sarana dalam mendistribusi ini dapat digunakan alat-alat bantu seperti turbin air. Dari sekian banyak jenis turbin air yang ada pada pembangkit daya air, roda air yang paling sederhana dan perawatannya murah. Hal ini sangat cocok dan sesuai dalam kebutuhannya dalam pengembangan teknologi tepat guna dipedesaan

Pembangkit daya tenaga air adalah suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air yang dapat dirubah oleh roda air menjadi tenaga yang dapat menggerakkan pompa, atau oleh generator menjadi tenaga listrik yang semuanya ini. Bergantung pada tinggi jatuh dan debit . Untuk memperoleh pembangkit daya tenaga air tergantung pada usaha mendapatkan tinggi jatuh air dan debit yang besar secara efektif dan ekonomis.

Umumnya debit yang besar membutuhkan fasilitas dengan ukuran yang besar pula misalnya bangunan untuk ambil air (Intake), dan saluran air. Pada umumnya di hulu sungai kemiringan dasar sungai lebih curam, sehingga akan lebih mudah diperoleh tinggi Jatuh air yang besar. Sebaliknya di hilir sungai tinggi jatuh air rendah, akan tetapi debit yang besar.

Sebagaimana telah diuraikan sebelumnya, pembangkit daya tenaga air tergantung pada kondisi geografis, keadaan curah hujan dan areal (penampungan) aliran (catchment area). Jadi pemanfaatan pembangkit daya tenaga air ini dapat dilaksanakan di banyak daerah dengan skala kapasitas yang berbeda-beda. Ditinjau dari segi luasnya daerah Indonesia dikaldu dengan kekayaan sumber - sumber tenaga air dalam jumlah yang cukup besar.

## II. TEORI DASAR

### 1. Sifat - sifat fluida

Fluida adalah merupakan suatu zat yang bentuknya dapat berubah secara berkesinambungan akibat gaya geser, atau dengan kata lain bahwa fluida baik viskos maupun encer, akan mengalami pergeseran antara satu bagian terhadap bagian yang lainnya bila ada gaya geser yang bekerja padanya.

Ada dua bentuk fluida yang dikenal yaitu fluida cair dan gas (uap) perbedaan yang hakiki antara cairan dan gas adalah bahwa massa tertentu dari cairan menempati isi yang tetap pada temperatur dan tekanan tertentu serta memberikan tahanan yang besar terhadap perubahan isi (kompresi). sedangkan gas atau uap menempati setiap ruangan yang tersedia

Dalam menganalisa fluida sering diperlukan konsep penyederhanaan. Salah satu konsep demikian adalah konsep ideal, yaitu fluida yang tidak viskos. dengan demikian fluida ideal sama sekali tidak dapat menahan gaya geser. anggapan yang demikian merupakan konsep penyederhanaan menganalisa sesuatu persoalan.

### 2.2. Prinsip kekekalan Energi

Menurut hukum kekekalan energi bahwa energi tidak dapat dibuat dan tidak dapat pula dimusnakan, yang dapat dilakukan adalah merubah bentuk energi dari satu bentuk ke bentuk lainnya.

Apabila gaya yang bekerja pada suatu benda atau sistem bersifat konservatif maka, perpindahan yang ditimbulkan oleh pekerjaan gaya tersebut dari suatu tempat ke tempat yang lebih tinggi potensialnya ( misalnya benda dibawah gaya berat) akan menyebabkan meningkatnya tenaga potensialnya yang dimiliki oleh benda.

Akibat kerja yang diberikan (pemberian tenaga potensial pada benda) haruslah sama dengan kerja yang

diterimah (pemberian tenaga kinetik pada benda) atau dalam bentuk persamaan :

$$w = -(E_{p_2} - E_{p_1}) = (E_{k_2} - E_{k_1}) \quad (2.1)$$

Atau

$$(E_{p_1} - E_{k_1}) = (E_{p_2} - E_{k_2}) = E \quad (2.2)$$

Untuk setiap sistem yang berada dalam pengaruh gaya berat gravitasi, maka persamaan 2.2 dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$E = (E_p + E_k) = mgh + \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.3)$$

Dimana ;

E = Tenaga total	N.m
g = percepatan gravitasi	m/s <sup>2</sup>
m = massa	kg
v = kecepatan	m/s
h = tinggi relatif terhadap pusat percepatan gravitasi	m

### 2.3. Daya air

Persamaan sebagai berikut :

$$E_p = m \cdot g \cdot H \quad (2.4)$$

Dimana:

$E_p$  = Tenaga potensial

Dari persamaan tersebut tersebut dapat pula dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut :

$$dE = m \cdot g \cdot H \quad (2.5)$$

apabila  $dE$  adalah tenaga yang dibangkitkan oleh elemen-elemen massa ( $dm$ ) yang melalui jarak  $h$ . Selanjutnya jika didefinisikan  $Q$  sebagai debit air. Sedangkan  $dm/ds$  adalah laju berat massa persatuan waktu maka  $dm/ds = \rho \cdot Q$ , sehingga persamaan tersebut adalah :

$$P = \frac{dE}{ds} = \frac{dm}{ds} \cdot g \cdot h$$

Atau

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h$$

Dimana :

P= daya air	Watt
Q= debit air	m <sup>3</sup> /s
h = Tinggi	m
$\rho$ = massa jenis air	kg/m <sup>3</sup>
g = percepatan gravitasi	m/s <sup>2</sup>

maka daya yang dibangkitkan oleh mesin fluida (turbin air) tersebut adalah :

$$P_t = \rho \cdot g \cdot \eta_t \cdot Q \cdot H \quad \text{watt} \quad (2.6)$$

Dimana :

$P_t$ = daya turbin	Watt
Q= debit maksimum turbin	m <sup>3</sup> /s
h = Tinggi jatuh efektif turbin	m
$\rho$ = massa jenis air	kg/m <sup>3</sup>
g = percepatan gravitasi	m/s <sup>2</sup>
$\eta_t$ = efisiensi turbin	%

Kecepatan jenis (spesifik speed) adalah kecepatan turbin model ( turbin dengan bentuk yang sama akan tetapi skalanya berlainan), yang bekerja pada satu satuan tinggi jatuh dan dengan satu debit dan menghasilkan daya (out-put ) satu satuan daya

Bentuk persamaannya adalah :

$$n_s = n \sqrt{\frac{N}{h^{5/4}}} \quad (2.7)$$

Dimana :

$n_s$ = putaran jenis	
N = daya	(dk)
H = head	(m)
n = putaran turbin	(rpm)

$$n_s = 15 \sqrt{\frac{6,12}{1,25^{5/4}}} = 28,12 \text{ rpm}$$

Daya yang dimaksud dalam hal ini yaitu daya yang keluar dari setiap rotor (runner) atau setiap mulut pancaran (Nozzle)

Tabel 2.1 penentuan jenis roda turbin menurut putaran jenis

No	Putaran jenis	Jenis roda turbin
1.	10 – 35	Roda pelton pancaran tunggal
2.	35 – 60	Roda pelton pancaran ganda
3.	60 – 300	Turbin Francis
4.	300 – 1000	Turbin kaplan / propeller

Pers.(2.7) syukri Himran, Ir, "dasar-dasar merencana turbin air" Lephass 1977/1978.

IV. perencanaan pembangkit

IV.1. Perhitungan dimensi roda air.

IV.1.1 Diameter roda air

$$D = \frac{U \cdot 60}{\pi \cdot n}$$

Dimana :

U : Kecepatan keliling roda air

n : putaran permenit

$\frac{U}{\pi}$  : 0,46

Kecepatan air (v) dimana kecepatan ini merupakan kecepatan air yang mengena sudu-sudu roda air

$$Q = A \cdot V \qquad V = \frac{Q}{A}$$

Dimana :

Debit air (Q) = 1,975 m<sup>3</sup>/s

Tinggi max, dari

Pembukaan pintu

Air (h) = 0,54 m

Lebar pintu air= 0,98 m

Luas permukaan pintu air ( A)

$$A = h \cdot l$$

$$A = 0,54 \cdot 0,98 = 0,53 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{1,975}{0,53} = 3,72 \text{ m/s}$$

Kecepatan keliling roda air (U)

$$U = 0,46 \cdot v$$

$$= 0,46 \cdot 3,72 = 1,72 \text{ m/s}$$

$$D = \frac{1,72 \cdot 60}{3,14 \cdot 15} = 2,19 \text{ m}$$

$$= 2,2 \text{ m (dibulatkan)}$$

IV.I.2. dalam dari sudu (a)

$$a = k \sqrt[3]{\frac{D}{h_{eff}}}$$

Dimana :

$$k = 0,4 - 0,6$$

$$a = 0,6 \cdot \sqrt[3]{\frac{2,2}{1,25}} = 0,72 \text{ m}$$

IV.I.3. Lebar roda gigi

$$Q = k \cdot b \cdot a \cdot v$$

Dimana :

Q = debit air ( m<sup>3</sup>/s) = 1,975 m<sup>3</sup>/s

a = dalam dari sudu (m) = 0,72 m

k = bagian dari sudu yang tercelup =  $\frac{3}{4}$  m

v = kecepatan air = 3,72 m/s

$$b = \frac{Q}{k \cdot a \cdot v}$$

$$b = \frac{1,975}{\frac{3}{4} \cdot 0,72 \cdot 3,72} = 0,98 \text{ m}$$

IV.I.4.. jarak selah (t)

$$t = 0,7 \cdot a$$

$$t = 0,7 \cdot 0,72 = 0,504 \text{ m}$$

IV.I.5.. Jumlah sudu (z)

$$z = \frac{\pi \cdot D}{t}$$

$$z = \frac{3,14 \cdot 2,2}{0,504} = 13,71 = 14 \text{ buah}$$

IV.2. perhitungan daya dan efisiensi roda air

- Gaya yang menyebabkan roda air berputar (F)

$$F = \frac{\gamma \cdot a \cdot v \cdot (v - U)}{g}$$

Dimana :

- $\gamma = 9,81 \text{ kN/m}^3$
- A = luas pembukaan =  $0,53 \text{ m}^2$
- V = kecepatan air =  $3,72 \text{ m/s}$
- U = kecepatan keliling =  $1,72 \text{ m/s}$

$$F = \frac{9,81 \cdot 0,53 \cdot 3,72 \cdot (3,72 - 1,72)}{9,81} = 3,94 \text{ kN}$$

- Momen putar pada poros roda air (T)

$$T = r \cdot F = 0,74 \cdot 3,94 = 2,92 \text{ kNm}$$

- Daya yang dihasilkan roda air (N)

$$N = T \cdot \omega$$

Dimana :

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

$$\omega = \frac{2,3 \cdot 14,15}{60} \text{ H}$$

$$N = \frac{2,92 \cdot 2,3 \cdot 14,15}{60}$$

$$= 4,58 \text{ Kw}$$

- Efisiensi roda air ( $\eta_{ra}$ )

$$\eta_{ra} = \frac{N \text{ roda air}}{N \text{ air}} \cdot 100\%$$

Dimana :

- Daya air (N air) =  $\rho \cdot g \cdot Q \cdot H$
- $\rho = 997 \text{ kg/m}^3$
- $T = 25^\circ\text{C}$

$$N_{\text{air}} = 997 \cdot 9,81 \cdot 1,975 \cdot 0,71 = 13714 \text{ w} = 13,72 \text{ Kw}$$

$$\eta_{ra} = \frac{4,58}{13,72} \cdot 100\% = 34 \%$$

Head total pompa (H)

$$H = h_a + h_p + h_1 + \frac{(v_d^2 - v_s^2)}{2 \cdot g}$$

Dimana ;

- $h_a$  = head statis total (m) = 13 m
- $h_p$  = perbedaan head tekanan yang bekerja pada kedua permukaan air = 0 (tekanan dianggap sama pada kedua permukaan)
- $h_1$  = berbagai macam kerugian head =  $0,621 \text{ m} + 0,126 \text{ m} = 0,747 \text{ m}$
- $V_d = 0,87 \text{ m/s}$  (kecepatan aliran pada pipa tekan)
- $V_s = 0,58 \text{ m/s}$  (kecepatan aliran pada pipa isap)
- $g$  = percepatan gravitasi =  $9,81 \text{ m/s}^2$

$$H = 13 + 0 + 0,747 + \frac{(0,87^2 - 0,58^2)}{2 \cdot 9,81}$$

$$= 13,78 \text{ m}$$

- Daya pompa (P)

$$P = \frac{P_w}{\eta_p}$$

Dimana :

- $P_w$  = daya air (Watt)
- $\eta_p$  = Efisiensi Pompa = (0,63 – 0,84)

$$P_w = \gamma \cdot Q \cdot H \text{ (Watt)}$$

$\gamma = \rho \cdot g$  dimana :

- $\rho$  = massa jenis air =  $997 \text{ kg/m}^3$  ( $T=25^\circ\text{C}$ )
- $g$  = Percepatan Gravitasi =  $9,81 \text{ m/s}^2$
- $Q$  = kapasitas pompa ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) =  $7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$
- $H$  = head total pompa (m) = 13,78 m

$$P_w = 997 \cdot 9,81 \cdot 7 \cdot 10^{-4} \cdot 13,78 = 94 \text{ watt} = 0,094 \text{ Kw}$$

$$P = \frac{0,094}{0,80} \text{ Kw}$$

$$P = 0,1175 \text{ Kw}$$

- Jadi daya poros pompa (P) = 0,1175 Kw

Untuk daya poros pompa ditentukan dengan persamaan diatas, maka daya nominal dari penggerak mula yang dipakai untuk menggerakkan pompa dari rumus ;

$$P_m = \frac{P (1 + \alpha)}{\eta_t}$$

Dimana :

$P_m$  = daya penggerak mula (Kw)

$\alpha$  = faktor cadangan = 0,15

$\eta_t$  = Effisiensi transmisi = 0,95

P = daya pompa (Kw) = 0,1175 Kw

$$\begin{aligned} P_m &= \frac{0,1175 (1 + 0,15)}{0,95} \\ &= 0,1422 \text{ Kw} = 0,142 \text{ Kw} \\ &= 142 \text{ watt} \end{aligned}$$

Jadi  $P_m = 0,142 \text{ Kw} < \text{daya turbin} = 4,58 \text{ Kw}$

## V. KESIMPULAN

Sumber tenaga air secara teratur dibangkitkan kembali melalui hujan penguapan alibat dari penyinaran matahari dan pengaruh gravitasi bumi. Dari hasil perhitungan diperoleh putaran melalui transmisis dari roda air, dengan n = 1500 rpm dan daya yang dibangkitkan P = 4,58 Kw

## DAFTAR PUSTAKA

Cory Krutz, Lester Thomson, paul Claor “  
Design Of Agricultural machinery”  
1984

Dobrovolsky “ Machine Elements”

Iman subarkah, ‘ hidrologi untuk perencanaan bangunan air. 1976

M. Khatagursu, ”Marine auxiliary machinery and systems”

P.shlyakin,” turbin kukus’ 1988

R.S. Khurni,” Hidraulics Fluids Mechanic and hydraulic Machines,” 1985

Sudarminta” rumus-rumus dan daftar konstruksi kayu,” 1983

Sularso.” Pompa dan kompressor,’1983

Suyono sosrodarsoni, kensaku takeda “ hidrologi untuk pengairan.