

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Muis. 2010. "Turbin Air Pada PLTA Larona" Jurnal Manajemen, Vol. 7, No.1.
- Andriati Fitria Wati, Elvina Yulistia Erwan, Nur Azizah, Pamela Jurdilla. 2019. "Industri Pengolahan Minyak Bumi Di Indonesia".
- Arif Setiawan, Aryo P. Wibowo, dan Fadhila A. Rosyid. 2020. "Analisa Pengaruh Ekspor Dan Konsumsi Batubara Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Indonesia" Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara Vol. 16, No 2.
- Aris Munandar, W. 2004. "Penggerak Mula Turbin" Jurnal Unikom.
- Dimas Dwi Kusuma, 2011. "Karakteristik Unjuk Kerja Turbin Fancis Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Terhadap Perubahan Kapasitas Aliran".
- Heimerl, L.A. 1960. "The Crossflow Turbine"
- Jajang Jaya Purnama, dan Sri Rahayu. 2022. "Klasifikasi Konsumsi Energi Industri Baja Menggunakan Teknik Mining" Jurnal Teknoinfo, Vol. 16. No. 1.
- M. Nur Syafei. 2016. Rancang Bangun Simulasi Turbin Air Crossflow (skripsi). Padang. Universitas Negri Padang.
- Marwansyah, dan Ferdinand Samkakai. 2020. Turbin Crossflow Panjaran Ganda. (tugas akhir). Makasar. Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Poernomo Sari, S., dan Fasha Ryan. 2012. "Pengaruh Ukuran Diameter Nozzle 7 dan 9 mm Terhadap Putaran Sudu Dan Daya Lisrik Pada Turbin Pleton" Jurnal Teknik Mesin.
- Satria Candra Laksamana, dan A'rasy Fahrudin. 2018. "Pengaruh Sudut Pengarah Aliran Pada Turbin Air Crossflow Tingkat Dua Terhadap Putaran dan Daya" Jurnal Ilmiah, Vol. 3, No. 1.
- Yoga Tri Nugroho, Tigor Richaldo Fery Dony Sitindaon, dan Muhammad Irwanto. 2018. "Analisis Potensi Energi Sampah Sebagai Energi Alternatif Terbarukan Dikota Medan" Jurnal Ilmiah Tekno Elektro, Vol. 5, No.1.

## LAMPIRAN

1. Data perhitungan efisiensi turbin crossflow multistage
  - a. Data perhitungan 1 pengaruh stopkran terbuka 100% terhadap turbin tingkat pertama

- b. Menghitung torsi

Sebelum menghitung torsi perlu mengetahui nilai gaya terlebih dahulu, dalam penelitian ini belum diketahui masa bendanya sehingga perlu menghitung persamaan berikut ini:

$$\text{Masa benda (m)} = 7 \text{ kg}$$

$$\text{Grafitasi (g)} = 9,81 \text{ m/s}$$

Sehingga untuk menghitung Freaksi dengan menggunakan persamaan berikut:

$$F \text{ reaksi} = m \cdot g$$

$$= 7 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}$$

$$= 68,67 \text{ N}$$

Jika Freaksi sudah di ketahui maka dapat menghitung Freal, dengan menggunakan persamaan berikut,

$$F = \mu (\text{sabuk diatas baja}) \cdot F \text{ reaksi}$$

$$= 0,2 \cdot 68,67 \text{ N}$$

$$= 13,734 \text{ N}$$

Lalu menghitung torsi dengan persamaan:

$$r (\text{jari jari pada poros turbin}) = 0,009 \text{ m}$$

$$F = 13,734 \text{ N}$$

Sehingga untuk menghitung torsi yaitu dengan persamaan sebagai berikut:

$$\tau = r \cdot F$$

$$= 0,009 \cdot 13,734 \text{ N}$$

$$= 0,123 \text{ Nm}$$

- c. Menghitung kecepatan angular

Cara menghitung kecepatan anguler.

$$n \text{ (putaran poros)} = 182,68 \text{ rpm}$$

Maka untuk menghitung kecepatan angker ( $\omega$ ) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

$$\omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 182,68 \text{ rpm}}{60}$$

$$\omega = 19,12 \text{ rad/s}$$

d. Menghitung daya turbin

Untuk mengetahui daya turbin yaitu berdasarkan perhitungan torsi dan kecepatan anguler di atas.

$$\tau \text{ (torsi)} = 0,123 \text{ Nm}$$

$$\omega \text{ (kecepatan anguler)} = 19,12 \text{ rad/s}$$

Sehingga untuk mencari daya turbin dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P_t = \tau \cdot \omega$$

$$P_t = 0,123 \text{ Nm} \cdot 19,12 \text{ rad/s}$$

$$P_t = 2,351 \text{ watt}$$

e. Menghitung daya air

Untuk menghitung daya turbin yaitu dengan persamaan:

$$Q \text{ (debit air)} = 0,0027 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\rho \text{ (masa jenis air)} = 997 \text{ kg/cm}^3$$

$$g \text{ (Grafitasi)} = 9,81 \text{ m/s}$$

$$H \text{ (Head)} = 2,3 - 1 = 1,3 \text{ meter}$$

Sehingga untuk menghitung daya air dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_a = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H$$

$$P_a = 0,0027 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 997 \text{ kg/cm}^3 \cdot 9,81 \text{ m./s} \cdot 1,3 \text{ m}$$

$$P_a = 34,32 \text{ watt}$$

f. Menghitung efisiensi turbin

Untuk menghitung efisiensi turbin:

Diketahui :

$$P_t \text{ (daya turbin)} = 2,351 \text{ watt}$$

$$P_a \text{ (daya air)} = 34,32 \text{ watt}$$

Sehingga untuk menghitung nilai efisiensi turbin yaitu dengan menghitung persamaan berikut.

$$n_t = \frac{P_t}{P_a} 100\%$$

$$n_t = \frac{2,351 \text{ watt}}{34,32 \text{ watt}} 100\%$$

$$n_t = 68\%$$

- a. Pengaruh stopkran terbuka 75% terhadap turbin tingkat pertama

Untuk mengetahui stopkran terbuka 75% yaitu dengan menutup stopkran pada titik sudut  $45^\circ$  berdasarkan dari garis tengah stopkran, berikut merupakan luas dari terbukanya stopkran 75%.

Diketahui :

$$\text{Diameter stopkran} = 2,5 \text{ inch} = 0,0635 \text{ meter}$$

Maka luas dari stopkran 75% dengan menghitung persamaan berikut:

$$L = \frac{3}{4} \cdot \frac{22}{7} \cdot 0,03175^2$$

$$L = 0,00237 \text{ meter}$$

Karena stopkran hanya terbuka  $\frac{3}{4}$  dengan luas 0,00237meter maka air yang masuk kedalam pipa hanya  $\frac{3}{4}$  saja. Sehingga mengurangi tekanan air yang masuk kedalam pipa pesat.

- b. Menghitung torsi

Sebelum menghitung torsi perlu mengetahui nilai gaya terlebih dahulu, dalam penelitian ini belum diketahui masa bendanya sehingga perlu menghitung persamaan berikut ini:

$$\text{Masa benda (m)} = 6,7 \text{ kg}$$

$$\text{Grafitasi (g)} = 9,81 \text{ m/s}$$

Sehingga untuk menghitung Freaksi dengan menggunakan persamaan berikut:

$$F \text{ reaksi} = m \cdot g$$

$$= 6,7 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}$$

$$= 65,72 \text{ N}$$

Jika F reaksi sudah diketahui maka dapat menghitung F real, dengan menggunakan persamaan berikut,

$$F = \mu (\text{sabuk diatas baja}) \cdot F \text{ reaksi}$$

$$= 0,2 \cdot 65,72 \text{ N}$$

$$= 13,144 \text{ N}$$

Lalu menghitung torsi dengan persamaan:

$$r (\text{jari jari pada poros turbin}) = 0,009 \text{ m}$$

$$F = 13,144 \text{ N}$$

Sehingga untuk menghitung torsi yaitu dengan persamaan sebagai berikut:

$$\tau = r \cdot F$$

$$= 0,009 \text{ m} \cdot 13,144 \text{ N}$$

$$= 0,118 \text{ Nm}$$

c. Menghitung kecepatan angular

Cara menghitung kecepatan angular.

$$n (\text{putaran poros}) = 182,68 \text{ rpm}$$

Maka untuk menghitung kecepatan angular ( $\omega$ ) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

$$\omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 182,68 \text{ rpm}}{60}$$

$$\omega = 15,39 \text{ rad/s}$$

d. Menghitung daya turbin

Untuk mengetahui daya turbin yaitu berdasarkan perhitungan torsi dan kecepatan angular di atas.

$$\tau (\text{torsi}) = 0,118 \text{ Nm}$$

$$\omega (\text{kecepatan angular}) = 15,39 \text{ rad/s}$$

Sehingga untuk mencari daya turbin dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P_t = \tau \cdot \omega$$

$$P_t = 0,114 \text{ Nm} \cdot 15,39 \text{ rad/s}$$

$$P_t = 1,816 \text{ watt}$$

e. Menghitung daya air

Untuk menghitung daya turbin yaitu dengan persamaan:

$$Q \text{ (debit air)} = 0,0027 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\rho \text{ (masa jenis air)} = 997 \text{ kg/cm}^3$$

$$g \text{ (Grafitasi)} = 9,81 \text{ m/s}$$

$$H \text{ (Head)} = 2,3 - 1 = 1,3 \text{ meter}$$

Sehingga untuk menghitung daya air dengan persamaan berikut ini:

$$P_a = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H$$

$$P_a = 0,0027 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 997 \text{ kg/cm}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s} \cdot 1,3 \text{ m}$$

$$P_a = 34,32 \text{ watt}$$

f. Menghitung efisiensi turbin

Untuk menghitung e efisiensi turbin:

Diketahui :

$$P_t \text{ (daya turbin)} = 2,363 \text{ watt}$$

$$P_a \text{ (daya air)} = 34,32 \text{ watt}$$

Sehingga untuk menghitung nilai efisiensi turbin yaitu dengan menghitung persamaan berikut.

$$n_t = \frac{P_t}{P_a} 100\%$$

$$n_t = \frac{0,816 \text{ watt}}{34,32 \text{ watt}} 100\%$$

$$n_t = 52\%$$

a. Pengaruh stopkran terbuka 50% terhadap turbin tingkat pertama

Untuk mengetahui stopkran terbuka 50% yaitu dengan menutup stopkran pada titik sudut 90° berdasarkan dari garis tengah stopkran, berikut merupakan luas dari terbukanya stopkran 50%.

Diketahui :

Diameter stopkran = 2,5 inch = 0,0635 meter

Maka luas dari stopkran 50% dengan menghitung persamaan berikut:

$$L = \frac{1}{2} \cdot \frac{22}{7} \cdot 0,03175^2$$

$$L = 0,00158\text{m}^2$$

Karena stopkran hanya terbuka  $\frac{1}{2}$  dengan luas  $0,00158\text{m}^2$  maka air yang masuk kedalam pipa hanya  $\frac{1}{2}$  saja. Sehingga mengurangi debit air yang masuk kedalam pipa pesat.

b. Menghitung torsi

Sebelum menghitung torsi perlu mengetahui nilai gaya terlebih dahulu, dalam penelitian ini belum diketahui masa bendanya sehingga perlu menghitung persamaan berikut ini:

$$\text{Masa benda (m)} = 6,4 \text{ kg}$$

$$\text{Grafitasi (g)} = 9,81 \text{ m/s}$$

Sehingga untuk menghitung Freaksi dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{F reaksi} &= m \cdot g \\ &= 6,4 \text{ kg} \cdot 9,81\text{m/s} \\ &= 62,78 \text{ N} \end{aligned}$$

Jika Freaksi sudah di ketahui maka dapat menghitung Freal, dengan menggunakan persamaan berikut,

$$\begin{aligned} \text{F} &= \mu (\text{sabuk diatas baja}) \cdot \text{F reaksi} \\ &= 0,2 \cdot 62,78 \text{ N} \\ &= 12,556 \text{ N} \end{aligned}$$

Lalu menghitung torsi dengan persamaan:

$$\text{r (jari jari pada poros turbin)} = 0,009\text{m}$$

$$\text{F} = 12,556 \text{ N}$$

Sehingga untuk menghitung torsi yaitu dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\tau &= r \cdot F \\ &= 0,009 \text{ m} \cdot 12,556 \text{ N} \\ &= 0,113 \text{ Nm}\end{aligned}$$

- c. Menghitung kecepatan angular

Cara menghitung kecepatan angular.

$$n \text{ (putaran poros)} = 108,17 \text{ rpm}$$

Maka untuk menghitung kecepatan angular ( $\omega$ ) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \\ \omega &= \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 108,17 \text{ rpm}}{60} \\ \omega &= 11,321 \text{ rad/s}\end{aligned}$$

- d. Menghitung daya turbin

Untuk mengetahui daya turbin yaitu berdasarkan perhitungan torsi dan kecepatan angular di atas.

$$\begin{aligned}\tau \text{ (torsi)} &= 0,113 \text{ Nm} \\ \omega \text{ (kecepatan angular)} &= 11,321 \text{ rad/s}\end{aligned}$$

Sehingga untuk mencari daya turbin dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}P_t &= \tau \cdot \omega \\ P_t &= 0,113 \text{ Nm} \cdot 11,321 \text{ rad/s} \\ P_t &= 1,279 \text{ watt}\end{aligned}$$

- e. Menghitung daya air

Untuk menghitung daya turbin yaitu dengan persamaan:

$$\begin{aligned}Q \text{ (debit air)} &= 0,0027 \text{ m}^3/\text{s} \\ \rho \text{ (masa jenis air)} &= 997 \text{ kg/cm}^3 \\ g \text{ (Grafitasi)} &= 9,81 \text{ m/s} \\ H \text{ (Head)} &= 2,3 - 1 = 1,3 \text{ meter}\end{aligned}$$

Sehingga untuk mengetahui daya air dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_a = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H$$

$$P_a = 0,0027 \text{m}^3/\text{s} \cdot 997 \text{kg}/\text{cm}^3 \cdot 9,81 \text{m}/\text{s} \cdot 1,3 \text{m}$$

$$P_a = 34,32 \text{watt}$$

f. Menghitung efisiensi turbin

Untuk menghitung efisiensi turbin:

Diketahui :

$$P_t \text{ (daya turbin)} = 2,363 \text{ watt}$$

$$P_a \text{ (daya air)} = 34,32 \text{ watt}$$

Sehingga untuk menghitung nilai efisiensi turbin yaitu dengan menghitung persamaan berikut.

$$n_t = \frac{P_t}{P_a} 100\%$$

$$n_t = \frac{1,279 \text{ watt}}{34,32 \text{ watt}} 100\%$$

$$n_t = 37\%$$

a. Pengaruh stopkran terbuka 100% sisa aliran buang turbin tingkat pertama terhadap turbin tingkat dua

a. Menghitung Torsi

Sebelum menghitung torsi perlu mengetahui nilai gaya terlebih dahulu, dalam penelitian ini belum diketahui masa bendanya sehingga perlu menghitung persamaan berikut ini:

$$\text{Masa benda (m)} = 1,5 \text{ kg}$$

$$\text{Grafitasi (g)} = 9,81 \text{ m/s}$$

Sehingga untuk menghitung Freaksi dengan menggunakan persamaan berikut:

$$F_{\text{reaksi}} = m \cdot g$$

$$= 1,5 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}$$

$$= 14,715 \text{ N}$$

Jika Freaksi sudah di ketahui maka dapat menghitung Freal, dengan menggunakan persamaan berikut,

$$\begin{aligned}
 F &= \mu (\text{sabuk diatas baja}) \cdot F \text{ reaksi} \\
 &= 0,2 \cdot 14,715 \text{ N} \\
 &= 2,943 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Lalu menghitung torsi dengan persamaan:

$$\begin{aligned}
 r \text{ (jari jari pada poros turbin)} &= 0,009 \text{ m} \\
 F &= 2,943 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Sehingga untuk menghitung torsi yaitu dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \tau &= r \cdot F \\
 &= 0,009 \text{ m} \cdot 2,943 \text{ N} \\
 &= 0,026 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

c. Menghitung kecepatan angular

Cara menghitung kecepatan angular.

$$n \text{ (putaran poros)} = 47,97 \text{ rpm}$$

Maka untuk menghitung kecepatan angular ( $\omega$ ) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \omega &= \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \\
 \omega &= \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 47,97 \text{ rpm}}{60} \\
 \omega &= 5,02 \text{ rad/s}
 \end{aligned}$$

d. Menghitung daya turbin

Untuk mengetahui daya turbin yaitu berdasarkan perhitungan torsi dan kecepatan angular di atas.

$$\begin{aligned}
 \tau \text{ (torsi)} &= 0,026 \text{ Nm} \\
 \omega \text{ (kecepatan angular)} &= 5,02 \text{ rad/s}
 \end{aligned}$$

Sehingga untuk mencari daya turbin dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 P_t &= \tau \cdot \omega \\
 P_t &= 0,026 \text{ Nm} \cdot 5,02 \text{ rad/s} \\
 P_t &= 0,13 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

## e. Menghitung daya air

Untuk menghitung daya turbin yaitu dengan persamaan:

$$Q \text{ (debit air)} = 0,0027 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\rho \text{ (masa jenis air)} = 997 \text{ kg/cm}^3$$

$$g \text{ (Grafitasi)} = 9,81 \text{ m/s}$$

$$H \text{ (Head)} = 0,18 \text{ meter}$$

$$P_a = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H$$

$$P_a = 0,0027 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 997 \text{ kg/cm}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s} \cdot 0,18 \text{ m}$$

$$P_a = 4,75 \text{ watt}$$

## f. Menghitung efisiensi turbin

Untuk menghitung efisiensi turbin:

Diketahui :

$$P_t \text{ (daya turbin)} = 0,13 \text{ watt}$$

$$P_a \text{ (daya air)} = 4,75 \text{ watt}$$

Sehingga untuk menghitung nilai efisiensi turbin yaitu dengan menghitung persamaan berikut.

$$n_t = \frac{P_t}{P_a} 100\%$$

$$n_t = \frac{0,13 \text{ watt}}{4,75 \text{ watt}} 100\%$$

$$n_t = 27 \%$$

## a. Pengaruh stopkran terbuka 75% sisa aliran buang turbin tingkat pertama terhadap turbin tingkat dua.

## b. Menghitung Torsi

Sebelum menghitung torsi perlu mengetahui nilai gaya terlebih dahulu, dalam penelitian ini belum diketahui masa bendanya sehingga perlu menghitung persamaan berikut ini:

$$\text{Masa benda (m)} = 1 \text{ kg}$$

$$\text{Grafitasi (g)} = 9,81 \text{ m/s}$$

Sehingga untuk menghitung Freaksi dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 F_{\text{reaksi}} &= m \cdot g \\
 &= 1 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s} \\
 &= 9,81 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Jika Freaksi sudah di ketahui maka dapat menghitung Freal, dengan menggunakan persamaan berikut,

$$\begin{aligned}
 F &= \mu (\text{sabuk diatas baja}) \cdot F_{\text{reaksi}} \\
 &= 0,2 \cdot 9,81 \text{ N} \\
 &= 1,962 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Lalu menghitung torsi dengan persamaan:

$$\begin{aligned}
 r (\text{jari jari pada poros turbin}) &= 0,009 \text{ m} \\
 F &= 1,962 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Sehingga untuk menghitung torsi yaitu dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \tau &= r \cdot F \\
 &= 0,009 \text{ m} \cdot 1,962 \text{ N} \\
 &= 0,017 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

c. Menghitung kecepatan angular

Cara menghitung kecepatan angular.

$$n (\text{putaran poros}) = 37,26 \text{ rpm}$$

Maka untuk menghitung kecepatan anguker ( $\omega$ ) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \omega &= \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \\
 \omega &= \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 37,26 \text{ rpm}}{60} \\
 \omega &= 3,89 \text{ rad/s}
 \end{aligned}$$

d. Menghitung daya turbin

Untuk mengetahui daya turbin yaitu berdasarkan perhitungan torsi dan kecepatan angular di atas.

$$\begin{aligned}
 \tau (\text{torsi}) &= 0,017 \text{ Nm} \\
 \omega (\text{kecepatan angular}) &= 3,89 \text{ rad/s}
 \end{aligned}$$

Sehingga untuk mencari daya turbin dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P_t = \tau \cdot \omega$$

$$P_t = 0,017 \text{ Nm} \cdot 3,89 \text{ rad/s}$$

$$P_t = 0,066 \text{ watt}$$

- e. Menghitung daya air

Untuk menghitung daya turbin yaitu dengan persamaan:

$$Q \text{ (debit air)} = 0,0027 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\rho \text{ (masa jenis air)} = 997 \text{ kg/cm}^3$$

$$g \text{ (Grafitasi)} = 9,81 \text{ m/s}$$

$$H \text{ (Head)} = 0,18 \text{ meter}$$

Sehingga untuk menghitung daya turbin dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_a = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H$$

$$P_a = 0,0027 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 997 \text{ kg/cm}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s} \cdot 0,18 \text{ m}$$

$$P_a = 4,75 \text{ watt}$$

- f. Menghitung efisiensi turbin

Untuk menghitung efisiensi turbin:

Diketahui :

$$P_t \text{ (daya turbin)} = 0,066 \text{ watt}$$

$$P_a \text{ (daya air)} = 4,75 \text{ watt}$$

Sehingga untuk menghitung nilai efisiensi turbin yaitu dengan menghitung persamaan berikut.

$$n_t = \frac{P_t}{P_a} 100\%$$

$$n_t = \frac{0,066 \text{ watt}}{4,75 \text{ watt}} 100\%$$

$$n_t = 13 \%$$

- a. Pengaruh stopkran terbuka 50% sisa aliran buang turbin tingkat pertama terhadap turbin tingkat dua
- b. Menghitung Torsi

Sebelum menghitung torsi perlu mengetahui nilai gaya terlebih dahulu, dalam penelitian ini belum diketahui masa bendanya sehingga perlu menghitung persamaan berikut ini:

$$\text{Masa benda (m)} = 0,4 \text{ kg}$$

$$\text{Grafitasi (g)} = 9,81 \text{ m/s}$$

Sehingga untuk menghitung Freaksi dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} F \text{ reaksi} &= m \cdot g \\ &= 0,4 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s} \\ &= 3,924 \text{ N} \end{aligned}$$

Jika Freaksi sudah di ketahui maka dapat menghitung Freal, dengan menggunakan persamaan berikut,

$$\begin{aligned} F &= \mu (\text{sabuk diatas baja}) \cdot F \text{ reaksi} \\ &= 0,2 \cdot 3,924 \text{ N} \\ &= 0,78 \text{ N} \end{aligned}$$

Lalu menghitung torsi dengan persamaan:

$$\begin{aligned} r (\text{jari jari pada poros turbin}) &= 0,009 \text{ m} \\ F &= 0,78 \text{ N} \end{aligned}$$

Sehingga untuk menghitung torsi yaitu dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \tau &= r \cdot F \\ &= 0,009 \text{ m} \cdot 0,78 \text{ N} \\ &= 0,007 \text{ Nm} \end{aligned}$$

c. Menghitung kecepatan angular

Cara menghitung kecepatan anguler.

$$n (\text{putaran poros}) = 27,6 \text{ rpm}$$

Maka untuk menghitung kecepatan anguker ( $\omega$ ) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

$$\omega = \frac{2.3,14.27,6 \text{ rpm}}{60}$$

$$\omega = 2,8 \text{ rad/s}$$

d. Menghitung daya turbin

Untuk mengetahui daya turbin yaitu berdasarkan perhitungan torsi dan kecepatan anguler di atas.

$$\tau \text{ (torsi)} = 0,007 \text{ Nm}$$

$$\omega \text{ (kecepatan anguler)} = 2,8 \text{ rad/s}$$

Sehingga untuk mencari daya turbin dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P_t = \tau \cdot \omega$$

$$P_t = 0,007 \text{ Nm} \cdot 2,8 \text{ rad/s}$$

$$P_t = 0,019 \text{ watt}$$

e. Menghitung daya air

Untuk menghitung daya turbin yaitu dengan persamaan:

$$Q \text{ (debit air)} = 0,0027 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\rho \text{ (massa jenis air)} = 997 \text{ kg/cm}^3$$

$$g \text{ (Grafitasi)} = 9,81 \text{ m/s}$$

$$H \text{ (Head)} = 0,18 \text{ meter}$$

Sehingga untuk menghitung daya air dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_a = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H$$

$$P_a = 0,0027 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 997 \text{ kg/cm}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s} \cdot 0,18 \text{ m}$$

$$P_a = 4,75 \text{ watt}$$

f. Menghitung efisiensi turbin

Untuk menghitung efisiensi turbin:

Diketahui :

$$P_t \text{ (daya turbin)} = 0,019 \text{ watt}$$

$$P_a \text{ (daya air)} = 4,75 \text{ watt}$$

Sehingga untuk menghitung nilai efisiensi turbin yaitu dengan menghitung persamaan berikut.

$$nt = \frac{P_t}{P_a} 100\%$$

$$nt = \frac{0,019 \text{ watt}}{4,75 \text{ watt}} 100\%$$

$$nt = 4 \%$$



2. Proses pembuatan turbin crossflow multistage



3. Simulasi pengujian turbin crossflow multistage



4. Sistem kerja turbin crossflow multistage



5. Dokumentasi pengujian



6. Pengambilan data

