

Desain Turbin Goprak (Goprak Turbine Design)

Novandri Tri Setioputro

Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Subang
Kampus II, Jalan Arief Rachman Hakim No. 08 Subang, 41211
e-mail : andri_u_subang@yahoo.co.id

Abstrak

Saat ini, energi listrik merupakan kebutuhan utama manusia. Kebutuhan energi listrik semakin lama semakin besar, sementara masalah penyediaan energi listrik masih sangat terbatas. Untuk mengatasi permasalahan kebutuhan listrik, di beberapa tempat memanfaatkan potensi energi air menjadi listrik menggunakan kincir air konvensional (berbahan kayu) dengan performansi dan kehandalan sangat rendah sehingga kualitas listriknya sangat rendah (60 kincir air Jember Jawa Timur). Selain itu, di banyak tempat yang mempunyai potensi energi air disekitar desanya belum dimanfaatkan menjadi listrik karena kurang pengetahuan cara merubah potensi ini menjadi energi listrik dan mereka menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel dengan untuk pelistrikan desanya dengan beban iuran Rp. 35.000,00 per bulan untuk lampu 3 atau 5 lampu dan Rp. 175.000 ditambah televisi dari pukul 18.00-22.00 sedangkan sekitar mereka melimpah potensi energi airnya (Desa-Desa Pedalaman Aek Bilah Kabupaten Tapanuli Selatan Provinsi Sumatera Utara). Dengan keterbatasan energi listrik, rasanya masih sulit masyarakat pedesaan dibelahan pedalaman pelosok negeri ini memperoleh listrik dengan baik dari PT. PLN. Sehingga perlu solusi penyediaan pembangkit listrik ditingkat lokal yaitu memanfaatkan potensi energi air sekitar mereka menjadi pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan kemampuan dan kehandalannya lebih baik.

Salah satu teknologi yang mempunyai kemampuan dan kehandalan lebih baik dibandingkan kincir air konvensional adalah *Cross Flow Turbine/Bangkit Turbine/Osberger Turbine*. Turbin ini telah banyak digunakan untuk pembangkit listrik skala kecil atau pembangkit listrik tenaga mikro hidro di Indonesia. *Cross Flow Turbin* merupakan salah satu turbin implus dan turbin yang memiliki konstruksi lebih sederhana dalam teknologi manufakturnya. Walaupun relatif sederhana dalam hal konstruksinya tetap saja memerlukan hal khusus dalam pembuatannya sehingga perlu dikembangkan turbin lebih sederhana dibandingkan *Cross Flow Turbine*. Turbin Cross Flow yang lebih sederhana disebut Turbin Goprak (Turbin Go Praktis). Turbin Goprak ini merupakan pengembangan *Turbine Open Cross Flow* yang dikeluarkan oleh IT Power. Redesain dilakukan dengan mempertimbangkan berdasarkan kebutuhan bahan/material besi yang tersedia mudah dipasaran. Selain itu, redesain mempertimbangkan juga peralatan manufaktur yang lajim digunakan dalam perbengkelan (mesin bubut, mesin bor, mesin las, dan kerjabangku).

Berdasarkan analisis mekanika fluida menggunakan segitiga kecepatan dan pemodelan aliran menggunakan *Computational Fluid Dynamics* dengan debit rancangan 100 liter/s dan beda ketinggian (head) 5 m diperoleh sebagai berikut :

1. Daya potensi/input sebesar 4.905 watt
2. Torsi sebesar 8,276 Nm
3. Kecepatan putar sebesar 52,33 rad/s
4. Daya yang dihasilkan sebesar 2.696,812 watt.
5. Efisiensi sebesar 54,98 %.

Dari hasil pemodelan dengan menggunakan *Computational Fluid Dynamics*, aliran air setelah melewati katup pengarah aliran terlihat pola aliran kurang baik khususnya disisi bagian atas pengarah aliran berupa kenaikan konsentrasi tekanan di titik tersebut (terjadi turbulensi). Untuk mengurangi hambatan pada aliran tersebut, bentuk pengarah aliran dilakukan modifikasi dengan bagian atas lebih melengkung sehingga pola aliran yang terjadi lebih seragam. Desain, pembuatan dan pemodelan aliran pada Turbin Goprak ini diharapkan memberikan gambaran kemampuan dan kehandalan lebih baik dibandingkan kincir air konvensional sehingga dapat disebarkan/diproduksi secara meluas untuk mengatasi terkesediaan listrik didaerah terpencil jauh dari jaringan PT. PLN.

Keywords: Enerfgi Listrik, Turbin Goprak, Daya Keluaran, Efisiensi dan *Computing Fluid Dynamics*.

1. Pendahuluan

Saat ini, Energi Listrik ini merupakan kebutuhan utama manusia untuk beraktifitas. Kebutuhan energi listrik semakin lama semakin besar, sementara masalah penyediaan energi listrik masih sangat terbatas Pada daerah yang jauh dari jaringan listrik, pengadaan listrik sangat sulit karena memerlukan investasi jaringan sangat besar dan keterbatasan daya yang dipunyai oleh PT. PLN. Untuk meningkatkan rasio kelistrikan nasional yang masih rendah (58%), maka diperlukan terobosan pelistrikan melalui pembangkit ditingkat lokal.

Banyak daerah belum terlistriki dari PT. PLN, mereka secara swadaya mengadakan listrik melalui pembuatan pembangkit listrik dengan menggunakan kincir air atau menggunakan genset dengan bahan bakar solar atau bensin. Pembangkit listrik menggunakan bahan bakar fosil memerlukan biaya cukup besar bagi daerah yang berada dipelosok dengan kondisi infrastruktur jalan yang sulit dijangkau (Rp. 10.000,0/liter). Mereka dikenai beban iuran Rp. 35.000,00 per bulan untuk lampu 3 atau 5 lampu dan Rp. 175.000 ditambah televisi dari pukul 18.00-22.00 sedangkan sekitar mereka melimpah potensi enegi airnya (Desa-Desa Pedalaman Aek Bilah Kabupaten Tapanuli Selatan Provinsi Sumatera Utara). Selain itu penggunaan bahan bakar fosil akan menyebabkan kerusakan lingkungan berupa pemanasan global.

Beberapa daerah yang telah mempunyai pengetahuan merubah potensi energi air menjadi energi listrik, mereka secara swadaya membuat kincir air konvensional dengan kemampuan dan kehandalan yang sangat rendah. Kincir air tersebut terbuat dari kayu dengan desain apa adanya tanpa pertimbangan segi teknis (yang penting bisa jalan). Dengan kurangnya pengetahuan mereka tentang pembangkit listrik tenaga air khususnya teknologi kincir/turbin, menyebabkan turbin mereka cepat rusak (massa operasi pendek). Selain itu, kualitas produksi listrik yang dihasilkan sangat rendah sehingga tidak semua peralatan listrik bisa digunakan. Bahkan mereka dalam setahun sekali harus mengganti kincir air yang baru karena terbawa banjir (60 kincir air dari Jember Jawa Timur)

Untuk meningkatkan kemampuan pembangkit listrik skala kecil ditingkat lokal maka perlu meningkatkan teknologi perubah energi air menjadi energi mekanik yaitu penerapan teknologi turbin air. Teknologi turbin air memiliki banyak keuntungan dan keunggulan dibandingkan dengan teknologi kincir air.



Gambar 1. Kincir Air (Jember Jatim)

Salah teknologi turbin air yang banyak digunakan dalam pembangkit listrik skala kecil di Indonesia adalah

CrossFlow Turbine/Banki Turbine/Ossberger Turbine.

Cross Flow Turbine adalah turbin implus dengan aliran mengalir memotong rotor turbin dan turbin ini memiliki konstruksi lebih sederhana dalam teknologi manufakturnya. Walaupun relatif sederhana dalam hal konstruksinya tetap saja memerlukan hal khusus dalam pembuatannya sehingga perlu dikembangkan turbin lebih sederhana dibandingkan *Cross Flow Turbine*. *Cross Flow Turbine* yang lebih sederhana diberi nama dengan Turbin Goprak (Turbin Go Praktis).

Turbin Goprak ini merupakan redesain dari *Turbine Open Cross Flow* yang dikeluarkan oleh IT Power. Redesain dengan mempertimbangkan penggunaan bahan/material konstruksi turbin dari bahan-bahan yang tersedia mudah dipasaran. Selain itu, redesain mempertimbangkan pula peralatan manufaktur yang lajim digunakan dalam perbengkelan manufaktur. Turbin Goprak dapat dimanfaatkan potensi beda ketinggian 3 m – 20 m sehingga kemampuan memanfaatkan potensi lebih baik dibandingkan dengan kincir air konvensional yang terbuat dari kayu.

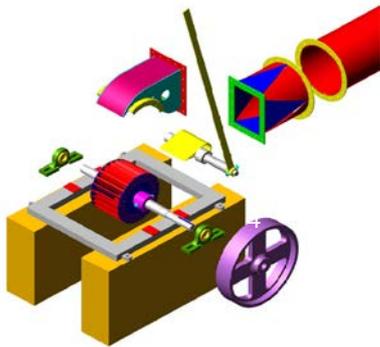
Untuk memperoleh kemampuan dan kehandalan Turbin Goprak dari dari sisi teknis maka perlu dilakukan analisis melalui perhitungan dan pemodelan dari desain yang diperoleh. Kajian dilakukan dua kegiatan yaitu kajian teoritis dan pengujian. Kajian teoritis yaitu kajian untuk menganalisis bagaimana kemampuan dan kehandalan yang dihasilkan secara hitungan dan pemodelan dengan *Computational Fluid Dynamics*. Sedangkan kajian pengujian untuk memperoleh data performansi secara riil. Selanjut dua kajian dibandingkan untuk memperoleh informasi keunggulan dan kelemahan desain Turbin Goprak.

2. Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Turbin Goprak (Go Praktis) merupakan redesain dari open cross flow turbine dari IT Power.

Redesain dengan mempertimbangkan penggunaan bahan/material konstruksi turbin dari bahan-bahan yang tersedia mudah dipasaran bahkan beberapa material konstruksi Turbin Goprak dibeli dari tempat barang bekas (Jatayu Bandung dan Subang). Selain itu, redesain mempertimbangkan pula peralatan manufaktur yang lajim dijumpai bengkel manufaktur pada umumnya seperti mesin bubut, las listrik, bor duduk, mesin gerinda tangan, las pemotong, alat kerja bangku dan alat ukur. Hal ini dimaksudkan agar mempermudah dalam pengadaan bahan/material dan pembuatan manufaktur Turbin Goprak.

Dari hasil redesain tersebut, selanjutnya dilakukan analisis mekanika fluida menggunakan segi kecepatan dan analisis aliran menggunakan *Computing Fluid Dynamics* untuk memperoleh performansi turbin goprak.

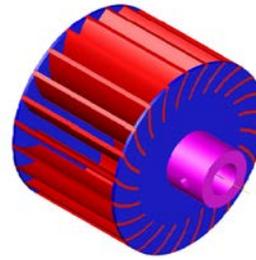


Gambar 2. Kontruksi Turbin Goprak

Bahan material besi yang digunakan digolongkan berdasarkan komponen turbin goprak, yaitu sebagai berikut :

a. Rotor (*Runner*) :

- 2 piringan/disk yang berasal dari pelat dengan tebal 10 mm berdiameter 300 mm yang digunakan untuk pirngan rotor.
- 3 buah pipa besi berdiamater luar 83 mm dengan tebal 5 mm panjang 204 mm yang digunakan untuk sudu turbin.
- silinder pejal berdiamater 90 mm panjang 70 mm yang digunakan untuk dudukan rotor.



Gambar 3. Rotor dan bahan-bahanuntuk rotor Turbin Goprak

b. Poros

silinder berdiamater 50 mm dengan panjang 1400 mm



Gambar 4. Bahan Poros

c. Bantalan/bearing

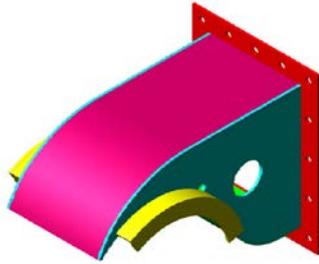
bahan dibeli dalam keadaan barang jadi yang berdiameter 45 mm



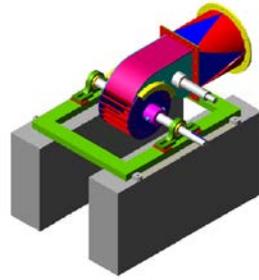
Gambar 5. Bantalan

d. Nosel

- 2 pelat besi dengan tebal 5 mm, lebar 260 mm dan panjang 455 mm untuk bagian sisi samping nosel.
- 1 pelat besi dengan tebal 5 mm, lebar 184 mm dan panjang 238 mm yang digunakan untuk nosel atas dan bawah
- pipa besi berdiameter 350 mm dengan tebal 5 mm dan panjang 184 mm yang digunakan untuk ujung nosel atas dan bawah.



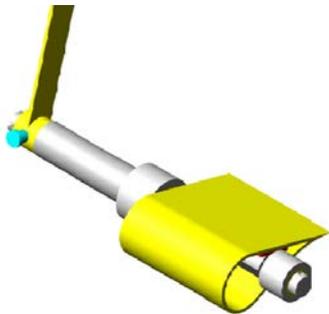
Gambar 6. Nosel



Gambar 9. Turbin Goprak

e. Pengarah aliran

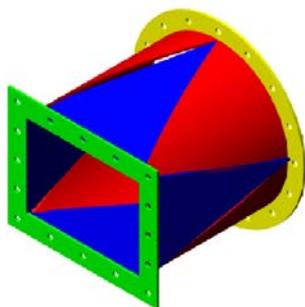
- pipa besi diameter 95 mm, tebal 5 mm dan lebar 184 mm
- pelat besi tebal 5 mm lebar 184 dan panjang 140 mm



Gambar 7. Pengarah aliran

f. Saluran peralihan

- pipa besi diameter 300 mm, tebal 5 mm dan panjang 315 mm
- 2 pelat besi tebal 5 mm, lebar 184 mm dan panjang 315 mm
- 2 pelat besi tebal 5 mm, lebar 250 mm dan panjang 315 mm



Gambar 8. Saluran peralihan

g. Puli

Bahan puli berdiameter 200 mm yang tersedia dalam bentuk jadi dipasaran.

h. Dudukan turbin

Bahan dari besi bentuk kanal dengan tebal 3 mm dan panjang 1000 mm

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perhitungan Daya Masuk Turbin

Pada perhitungan daya input turbin goprak ini adalah sebagai berikut :

$$P_{in} = Q \cdot \rho g H$$

Dengan data-data yang ada sebagai data rancangan analisa daya input turbin ini adalah :

$$Q = 100 \text{ L/s}$$

$$h = 5 \text{ m}$$

maka perhitungan daya input turbin sebagai berikut :

$$P_{in} = 4.905 \text{ Watt}$$

3.2. Perhitungan Daya Output Turbin

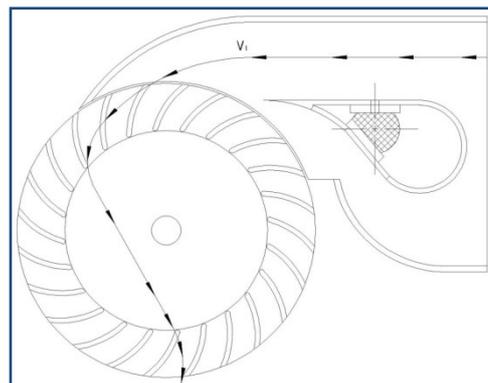
Kecepatan aliran air melalui nosel menggunakan rumus kecepatan aliran air sebagai berikut :

$$V_1 = C \sqrt{2gh}$$

$$V_1 = 0,98 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 5 \text{ m}}$$

$$= 9,706 \text{ m/s}$$

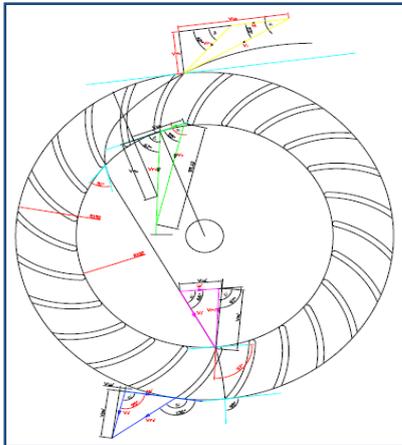
Arah aliran air sebagaimana digambarkan arah kecepatan aliran air V_1 sebagai berikut :



Gambar 8. Aliran Air pada Turbin Goprak

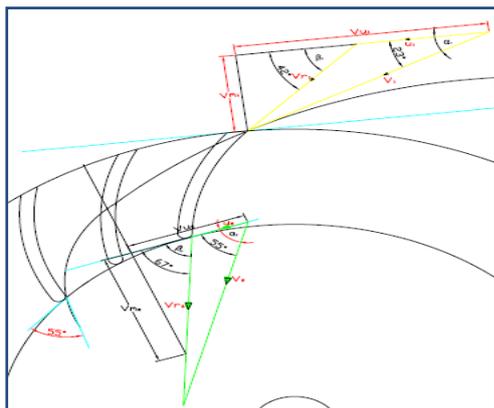
3.3. Analisa Segitiga Kecepatan Aliran

Analisa segitiga kecepatan terlihat pada gambar berikut :



Gambar 9. Analisa segitiga kecepatan aliran

Pada Kecepatan V_1 membentur sudu atas membentuk 3 besaran dan arah kecepatan, yaitu :



Gambar 10. Segitiga kecepatan

Analisa data yang diketahui pada sudu atas runner adalah sebagai berikut :

$$V_1 = 9,706 \text{ m/s}$$

Untuk Mencari U_1 dapat dicari melalui kecepatan sudut rotor (ω):

$$\begin{aligned} \omega &= (2 \cdot \pi \cdot n) / 60 \\ &= (2 \cdot 3,14 \cdot 500 \text{ rpm}) / 60 \\ &= 52,33 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

Besar jari-jari luar rotor, $r_1 = 0,15 \text{ m}$ maka :

$$\begin{aligned} U_1 &= r_1 \cdot \omega \\ &= 0,15 \text{ m} \cdot 52,33 \text{ rad/s} \\ &= 7,850 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Besar garis singgung dengan arah kecepatan (V_1)

membentuk sudut $\alpha_1 = 23^\circ$ dan besarnya sudut antara arah kecepatan Vr_1 dan arah U_1 membentuk sudut $\beta_1 = 42^\circ$, maka dapat dicari kecepatan relatif (Vu_1) dan kecepatan tegak lurus terhadap garis singgung (Vm_1) adalah

$$\begin{aligned} Vu_1 &= V_1 \cos \alpha_1 \\ &= 9,706 \text{ m/s} \cdot \cos 23^\circ \\ &= 9,121 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vm_1 &= V_1 \sin \alpha_1 \\ &= 9,706 \text{ m/s} \cdot \sin 23^\circ \\ &= 3,319 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Pada kecepatan absolut keluar (V_2) dipengaruhi oleh koefisien gesekan (C) yang besarnya $C = 0,98$ maka V_2 dicari :

$$\begin{aligned} V_2 &= V_1 \cdot C \\ &= 9,706 \text{ m/s} \cdot 0,98 \\ &= 9,512 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Untuk mencari kecepatan keliling rotor pada saat keluar (U_2), telah diketahui Jari-jari dalam rotor $r_2 = 0,102 \text{ m}$ dan $\omega = 52,33 \text{ rad/s}$, maka :

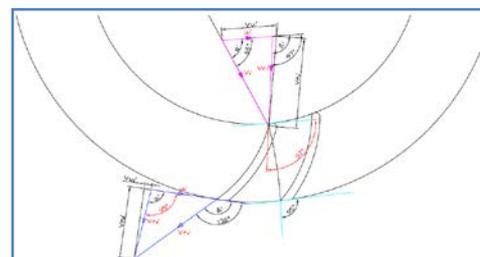
$$\begin{aligned} U_2 &= r_2 \cdot \omega \\ &= 0,102 \text{ m} \cdot 52,33 \text{ rad/s} \\ &= 5,338 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Besarnya sudut antara garis singgung dengan arah kecepatan (V_2) membentuk sudut $\alpha_2 = 55^\circ$ dan besarnya sudut antara arah kecepatan Vr_2 dan arah U_2 membentuk sudut $\beta_2 = 67^\circ$, maka dapat dicari kecepatan relatif (Vu_2) dan kecepatan tegak lurus terhadap garis singgung (Vm_2) adalah

$$\begin{aligned} Vu_2 &= V_2 \cos \alpha_2 \\ &= 9,512 \text{ m/s} \cdot \cos 55^\circ \\ &= 5,986 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vm_2 &= V_2 \sin \alpha_2 \\ &= 9,512 \text{ m/s} \cdot \sin 55^\circ \\ &= 7,392 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Analisa Kecepatan dan Perhitungan Sudu Bawah rotor



Gambar 11. Segitiga kecepatan

Besar kecepatan masuk sudu bawah rotor (V_1') diasumsikan sama dengan arah dan besarnya kecepatan absolut sudu atas pada saat kecepatan keluar (V_2) dikarenakan melintasi daerah kosong atau tidak terkena sudu maka faktor gesekan tidak terjadi. Besarnya $V_1' = V_2 = 5,986$ m/s

Besarnya kecepatan keliling rotor pada saat masuk (U_1') dimana besarnya sama dengan U_2 karena memiliki jari-jari yang sama r_2 yaitu :

Besarnya $U_1' = U_2 = 5,338$ m/s

Dengan diketahui besarnya sudut antara garis singgung dengan arah kecepatan (V_1') membentuk sudut $\alpha_1' = 66^\circ$ dan besarnya sudut antara arah kecepatan V_{r_2}' dan arah U_1' membentuk sudut $\beta_1' = 97^\circ$, maka dapat dicari kecepatan relatif (V_{u_1}') dan kecepatan tegak lurus terhadap garis singgung (V_{m_1}') adalah

$$\begin{aligned} V_{u_1}' &= V_1' \cos \alpha_1' \\ &= 5,986 \text{ m/s} \cdot \cos 66^\circ \\ &= 0,833 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{m_1}' &= V_1' \sin \alpha_1' \\ &= 5,986 \text{ m/s} \cdot \sin 66^\circ \\ &= 5,928 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Pada kecepatan absolut keluar (V_2') dipengaruhi oleh koefisien gesekan (C) yang besarnya $C = 0,98$ maka V_2' dapat dicari :

$$\begin{aligned} V_2' &= V_1' \cdot C \\ &= 5,986 \text{ m/s} \cdot 0,98 \\ &= 5,866 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Besarnya kecepatan keliling rotor pada saat masuk (U_2') dimana besarnya sama dengan U_1 karena memiliki jari-jari yang sama r_1 yaitu $U_2' = U_1 = 7,850$ m/s

Besarnya sudut antara garis singgung dengan arah kecepatan (V_2') membentuk sudut $\alpha_2' = 95^\circ$ dan besarnya sudut antara arah kecepatan V_{r_2}' dan arah U_2' membentuk sudut $\beta_2' = 67^\circ$, maka dapat dicari kecepatan relatif (V_{u_2}') dan kecepatan tegak lurus terhadap garis singgung (V_{m_2}') adalah

$$\begin{aligned} V_{u_2}' &= V_2' \cos \alpha_2' \\ &= 5,866 \text{ m/s} \cdot \cos 95^\circ \\ &= 0,204 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{m_2}' &= V_2' \sin \alpha_2' \\ &= 5,866 \text{ m/s} \cdot \sin 95^\circ \\ &= 5,862 \text{ m/s} \end{aligned}$$

3.4. Perhitungan Torsi Pada Turbin Goprak

Setelah mendapatkan data hasil analisa kecepatan segitiga aliran air Turbin Goprak, maka dilanjutkan perhitungan torsi yaitu :

a. Perhitungan torsi sudu atas

Torsi sudu atas adalah :

$$\begin{aligned} T_1 &= \frac{\rho \cdot Q}{g} \cdot ((V_{u_1}' \cdot r_1) - (V_{u_2}' \cdot r_2)) \\ T_1 &= \frac{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,1 \text{ m}^3/\text{s}}{9,81 \text{ m/s}^2} \cdot ((9,12 \text{ m/s} \cdot 0,15 \text{ m}) - (5,986 \text{ m/s} \cdot 0,102 \text{ m})) \\ &= 7,722 \text{ Nm} \end{aligned}$$

b. Perhitungan torsi sudu bawah

Torsi sudu bawah menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} T_2 &= \frac{\rho \cdot Q}{g} \cdot ((V_{u_1}' \cdot r_1) - (V_{u_2}' \cdot r_2)) \\ T_2 &= \frac{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,1 \text{ m}^3/\text{s}}{9,81 \text{ m/s}^2} \cdot ((0,833 \text{ m/s} \cdot 0,102 \text{ m}) - (0,204 \text{ m/s} \cdot 0,15 \text{ m})) \\ &= 0,553 \text{ Nm} \end{aligned}$$

3.5. Perhitungan Daya Keluaran Turbin

Daya keluaran pada Turbin Goprak yaitu :

a. Daya sudu bagian atas

$$\begin{aligned} P_a &= T_1 \cdot \omega \\ &= [((\rho \cdot Q)/g \cdot ((V_{u_1}' \cdot r_1) - (V_{u_2}' \cdot r_2)))] \cdot \omega \\ &= \left[\frac{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,1 \text{ m}^3/\text{s}}{9,81 \text{ m/s}^2} \cdot \left((9,12 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,15 \text{ m}) - (5,98 \text{ m/s} \cdot 0,102 \text{ m}) \right) \right] \cdot 52,33 \text{ rad/s} \\ &= 404,135 \text{ Nm/s} \end{aligned}$$

$$= 404,135 \text{ Watt}$$

b. Daya sudu bagian bawah

$$\begin{aligned} P_b &= T_2 \cdot \omega \\ &= [((\rho \cdot Q)/g \cdot ((V_{u_1}' \cdot r_1) - (V_{u_2}' \cdot r_2)))] \cdot \omega \\ &= 45,333 \text{ Nm/s} \\ &= 45,333 \text{ Watt} \end{aligned}$$

c. Total daya keluaran

Jumlah daya yang dihasilkan untuk satu sudu atas bawah adalah

$$\begin{aligned} P_T &= P_a + P_b \\ &= 404,135 \text{ Watt} + 45,333 \text{ Watt} \\ &= 449,469 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Aliran air yang efektif mengenai sudu berjumlah 5 buah sudu berdasarkan pemodelan aliran pada rotor turbin, maka total daya keluaran turbin adalah

$$\begin{aligned} P_{\text{out}} &= P \times 5 \text{ (5 aliran air)} \\ &= 449,469 \text{ Watt} \times 5 \\ &= 2696,812 \text{ Watt} \end{aligned}$$

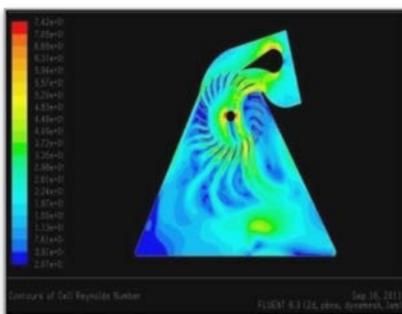
3.6. Efisiensi Turbin Air Cross Flow

Efisiensi turbin dihitung berdasarkan perbandingan antara daya masuk turbin dengan daya keluaran, adalah

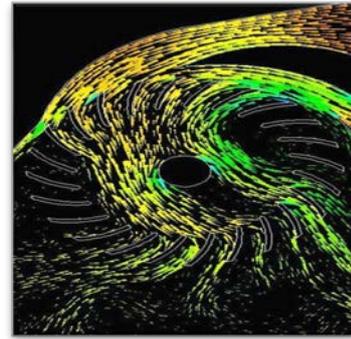
$$\begin{aligned} \eta &= P_{\text{out}}/P_{\text{in}} \times 100\% \\ &= 2696,81 \text{ watt} / 4905 \text{ watt} \times 100 \% \\ &= 54,98 \% \end{aligned}$$

3.7. Analisis Aliran Air pada Turbin Goprak menggunakan *Computational Fluid Dynamics*

Hasil pemodelan *Computational Fluid Dynamics (CFD)* pada turbin goprak diperoleh aliran air yang efektif mengenai sudu turbin sebanyak 5 buah dan dapat dilihat gambar sebagai berikut :

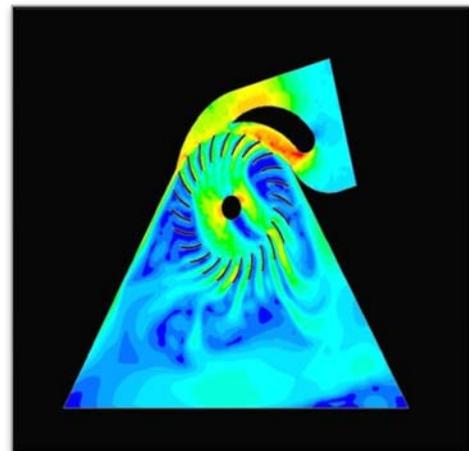


Gambar 12. Pemodelan aliran air pada Turbin Goprak



Gambar 13. Pemodelan Vektor Aliran pada Turbin Goprak

Berdasarkan pemodelan aliran tersebut, terlihat bahwa aliran yang terjadi kurang seragam saat mengenai setiap sudunya karena terjadi turbulensi di bagian pengarah aliran dan untuk mengurangi efek turbulensi dapat dilakukan dengan memodifikasi pengarah aliran seperti gambar berikut :



Gambar 14. Pemodelan aliran air setelah modifikasi Pengarah aliran

Kesimpulan

Redesain *Turbine Open Cross Flow* Produksi *IT Power* berdasarkan bahan konstruksi turbin yang mudah dijumpai dipasaran dan peralatan manufaktur relatif sederhana menjadi turbin goprak (turbin open cross flow lebih sederhana) dapat dilakukan dan dibuat.

Berdasarkan analisis mekanika fluida menggunakan segitiga kecepatan dan pemodelan menggunakan *Computational Fluid Dynamics* dengan debit rancangan 100 l/s dan beda ketinggian (head) 5m diperoleh sebagai berikut :

1. Daya potensi/input sebesar 4.905 watt
2. Torsi sebesar 8,276 Nm
3. Kecepatan putar sebesar 52,33 rad/s
4. Daya yang dihasilkan 2.696,812 watt.

5. Efisiensi sebesar 54,98 %.

Dari hasil ini, Turbin Goprak dapat dibuat menggunakan material yang mudah didapat dipasaran dan menggunakan peralatan manufaktur yang relatif sederhana serta memiliki kehandalan lebih baik dibandingkan kincir air konvensional yang terbuat dari kayu dan diharapkan dapat diterapkan oleh bengkel manufaktur di tempat lain sehingga masalah ketidaksediaan energi listrik di daerah terpencil dapat teratasi.

Ucapan Terima kasih

1. Dekan Fakultas Teknik Universitas Subang yang telah memberikan dorongan dan fasilitas kampus untuk melakukan penelitian Turbin Goprak.
2. Tri Mumpuni dan Iskandar Kuntuadji S. selaku pimpinan Yayasan IBEKA yang telah memberikan bantuan pendanaan dan teknis dalam penelitian Turbin Goprak.
3. Kasda, Wawan Gunawan, Nurulli Januar dan Jajang Roheli yang telah bekerja sama dalam penelitian Turbin Goprak

Nomenklatur

g	konstanta gravitasi (ms^{-2})
P	daya (watt)
Q	debit (liter.s^{-1})
h	beda tinggi (m)
V	kecepatan linier (ms^{-1})
U	kecepatan radial (ms^{-1})
C	konstanta aliran
T	torsi (Nm)
n	putaran (rpm)
r	jari-jari rotor (m)

Greek letters

ω	Kecepatan sudut (rad/s)
α	Sudut
ρ	massa jenis (kg.m^{-3})

Referensi

Anonim.... : *Design Pack Turbine Open Cross Flow*, IT Power.

Ir. Iskandar B. Kontuadji: *Manual Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*, IBEKA-JICA.

Planetary Power : *Bangka-Cross Flow Design Guide*, 2005.

W. M. Dandekar – K. N. Sharman : *Water Power Engineering*, Vikas Publishing House PVT LTD, 1979.

Ueli Meier: *Local Experience With Micro-Hydro Technology*, University of Saint-Gall, 1981.

Novandri T. S., Kasda dan Nurulli Januar :*Redesain Turbine Open Cross Flow menjadi Turbin Lebih Sederhana*, Makalah Fakultas Teknik Unsub, 2011

Novandri T. S., Kasda, Wawan Gunawan, Nurulli Januar dan Jajang Roheli :*Manufaktur Turbin Goprak*, Makalah Fakultas Teknik Unsub, 2010

Novandri T. S., Jajang Roheli :*Pemodelan Aliran Air pada Turbin Goprak menggunakan Computational Fluid Dynamics*, Makalah Fakultas Teknik Unsub, 2011.