



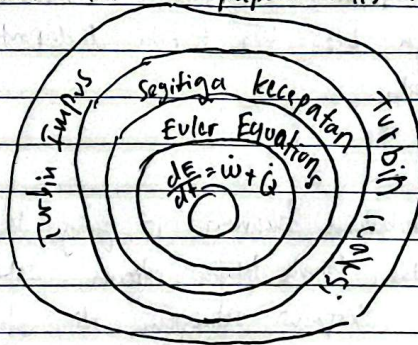
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh
Dirini saya akan menuliskan Essay berjudul:

Layers of SKE knowledge

Ini adalah minggu kedua saya belajar SKE di kelas Prof DAI. Sebelum kami belajar hitungan dan rumus² SKE yang memusingkan, Prof DAI memberikan ilmu Pembuka dan framework DAI 5 yang akan menjadi dasar kerangka berfikir saya dalam menulis Esai ini.

Sama seperti kerangka manusia, SKE adalah ilmu yang kompleks dan berlapis-lapis². Prof DAI menggambarakan gambaran lapisan ilmu SKE seperti ini di papan tulis:



Lapisan 1: Hukum kekekalan Energi, $\frac{dE}{dt} = w + Q$. Semua mesin konversi

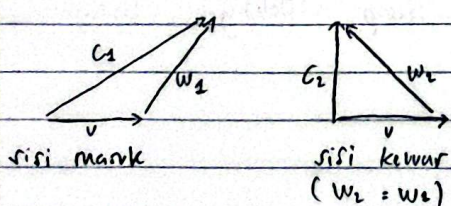
energi hanya memindahkan energi antarbentuk, tidak menciptakannya

Lapisan 2: Persamaan Euler turbomachine. Hukum kekekalan energi digabung dengan kekekalan momentum sudut (torsi = $\rho A r v$ perubahan momentum sudut fluida) menghasilkan: $w = U_2 C_{\theta 2} - U_1 C_{\theta 1}$

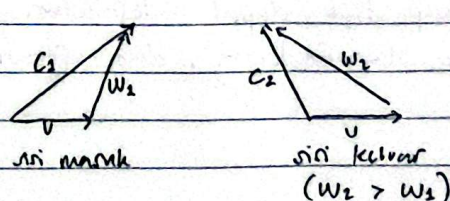
Lapisan 3: Segitiga kecepatan. Alat Membaca Persamaan Euler secara geometris, dengan hubungan kecepatan absolut C , kec. sudu U , dan kecepatan relatif w ($C = U + w$). Dari sini C_w dan sudut ditentukan

Lapisan 4: Aplikasi, yaitu Turbin Impuls & Turbin Reaksi. Pada turbin Impuls. Ekspansi terjadi di nozel dan tekanan di rotor konstan. Pada turbin reaksi, ekspansi sebagian terjadi di rotor.

Turbin Impuls



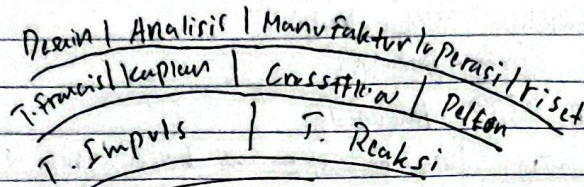
Turbin Reaksi





Layers of SKE Tambahan

Essay ini adalah lanjutan dari layers of SKE knowledge sebelumnya.



The First Principle

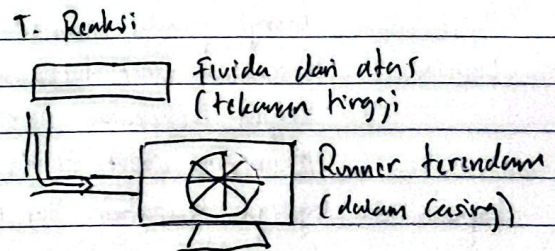
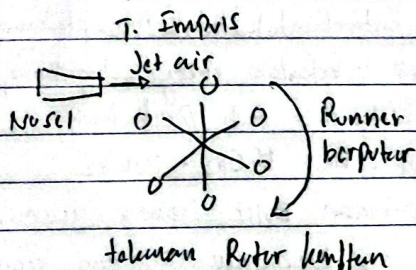
1a. Turbin Impuls

Turbin ini punya sumber tekanan yang letaknya Fixed (tetap), yaitu Nisel, seluruh tekanan air diubah jadi tekanan nisel, lalu Jet air menumbuk sudu-sudu hingga turbin berputar. Tekanan di sepanjang rotor konstan (tekanan atmosfer), dan idealnya $w_3 = w_2$ kerja didapat murni dari Perubahan arah dan momentum Jet.

1b. Turbin Reaksi

Turbin ini memanfaatkan Perubahan tekanan air yang melewati runner untuk dihidikan tenaga. Runner terendam penuh dalam aliran, sehingga Fluida mengisi seluruh saluran sudu. Terjadi ekspansi sebagian di stator (guide vane) dan sebagian di rotor, sehingga $w_2 > w_3$.

1c. T. Impuls vs T. Reaksi



2a. Tipe turbin & contoh 4 aspeknya

- Turbin Pelton : Runner bentuk Roda dengan sudu mangkuk
- T. Crossflow : air melintasi runner silinder dua kali
- T. Francis : air masuk radial keluar aksial
- T. Kaplan : aliran aksial seperti baling-baling

Setiap tipe dapat dipelajari dari setiap aspeknya; Design, Analisis, Manufacturing, dan Operational.



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

A. Tugas Besar SKE 01: Merancang dan Menganalisis Turbin Francis - Asumsikan PLTA Cirata dengan kerangka DAI 5.

B. Asila Reihan Abyanza

C. Teknik Mesin

D. Abstrak

Laporan ini merancang ulang Turbin Francis PLTA Cirata dengan kerangka DAI 5. Tujuannya menguji Pemahaman dan teori yang telah dipelajari Penulis mengenai SKE untuk menghasilkan desain yang mendekati mesin nyata.

Dengan data desain memakai data lapangan Head = 106.8 m dan $Q = 132.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dengan Metode turbin mesin di servo eleka untuk menentukan ; daya, kec. spesifik dimensi runner, segitiga kec., tinggi pemasangan terhadap kavitasi, Putaran Runner, Guide vane, spiral casing & Draft tube.

E. Deklarasi Penulis

E.1 Deep awareness of I

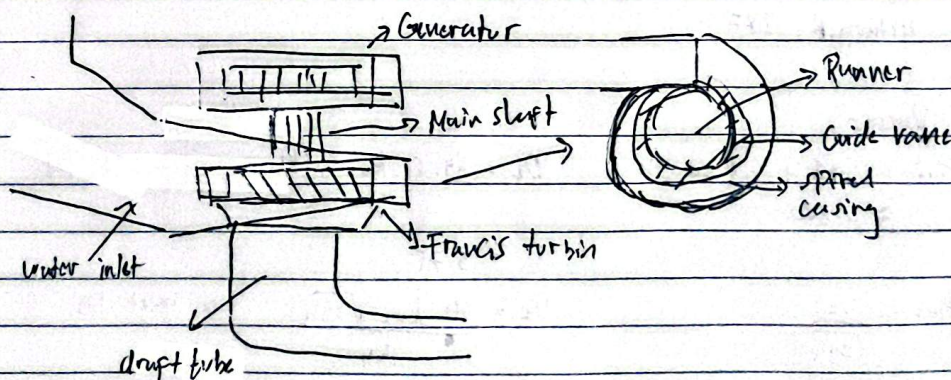
saya sadar kalau plagiarisme, mir, dan lukan akan menjadi dasar laporan ini adalah ciptaan Almu SWT. Sebagai Perancang saya mengikuti hukum yang sudah ada. Keseluruhan ini saya buatkan selama menulis laporan ini. Saya menyatakan setiap asumsi secara terbuka dan tidak melebih-lebihkan ketelitian hasil.

E.2 Miat kegunaan

1. Menentukan Dimensi runner, Guide vane, spiral casing, draft tube dari data lokasi
2. Memeriksa keamanan kavitasi
3. Memvalidasi dengan turbin Cirata asli

F. Pendahuluan

PLTA Cirata sebagai Ciptaan mempunyai salah satu bahan terbesar di sistem Jawa - Bali



F2 Pemikiran awal

Menentukan Geometri turbin yang memblah $H = 106.8 \text{ m}$ dan $Q = 132.5 \text{ m}^3/\text{s}$ menjadi daya Potos dengan efisiensi maksimum



G Metode & langkah - langkah solusi

G1 Identifikasi

* Data lokasi & Fluida

$$H \rightarrow 106.8 \text{ m}$$

$$Q \rightarrow 132.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$f \rightarrow 60 \text{ Hz}$$

$$\rho \rightarrow 998.5 \text{ kg/m}^3$$

* Asumsi

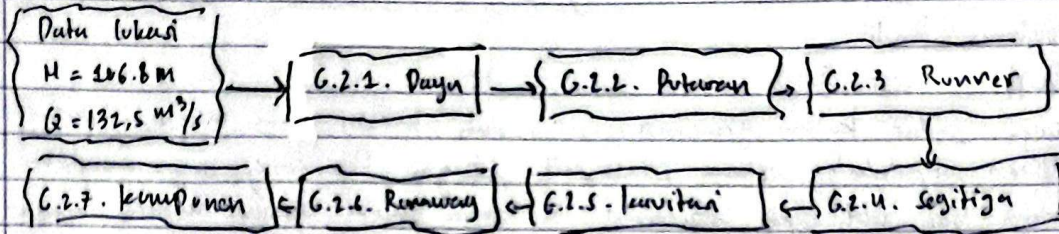
$$\eta_h \rightarrow 0.95$$

$$\eta_v \rightarrow 0.99$$

$$\eta_m \rightarrow 0.99$$

$$\eta_{\text{tota}} \rightarrow 0.98$$

G2 Instruction set



G.2.1. Daya

$$P_{hid} = \rho g H Q$$

$$= 138.3 \text{ MW}$$

$$P = \eta P_{hid}$$

$$= (0.98) P_{hid}$$

$$= 128.7 \text{ MW}$$

G.2.2. Putaran

$$n_s = \frac{n \sqrt{P}}{H^{5/4}} \Rightarrow n_s = 1.045 \text{ n} \rightarrow n \approx \frac{187}{1.045} \approx 179 \text{ rpm}$$

$$n_{\text{target}} = 3470 \text{ H}^{-0.625}$$

$$n_{\text{target}} = 187$$

G.2.3. Dimensi Runner

$$K_{u2} = 0.32 + 0.0025 n_s$$

$$\approx 0.800$$

$$D_2 = \frac{89.5 K_{u2} \sqrt{H}}{n} \rightarrow \text{untuk } D_2$$

$$= 3.75$$

$$K_{u2} = \frac{V_2}{\sqrt{2gh}}$$

$$= 0.78$$

$$V_2 = 35.33 \text{ m/s}$$

$$V_2 = 36.82 \text{ m/s}$$

$$D_2 = \frac{60 K_{u2} \sqrt{2gh}}{T_{u2}} \rightarrow \text{inlet } D_2$$

$$= 3.65$$

$$B = \frac{Q}{k_b F D_2 C_{m1}}$$

$$= 0.87 \text{ m}$$

→ Tinggi inlet B



G.2.4 segitiga koc.

Inlet: $C_{u1} = \frac{7h \cdot g \cdot H}{V_1}$

$\approx 27.78 \text{ m/s}$

$\alpha_1 = \arctan \frac{C_{u1}}{C_{v1}}$

$\alpha_1 = 26.7^\circ$

$\beta_1 = \arctan \frac{C_{u1}}{V_1 - C_{v1}}$

$\beta_1 = 60^\circ$

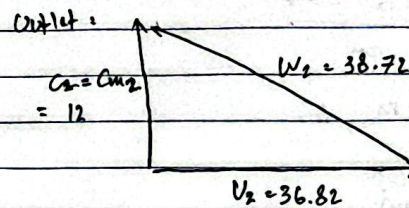
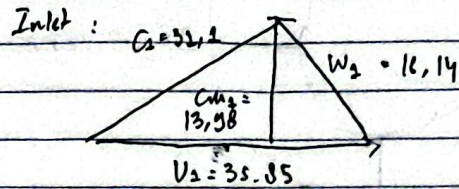
Outlet: $C_{u2} = \frac{Q}{A_2}$

$C_{u2} = 12 \text{ m/s}$

$\beta_2 = \arctan \frac{C_{u2}}{V_2}$

$\beta_2 = 18^\circ$

$C_{u1} = 13.98 \rightarrow \frac{0.30}{\sqrt{2gh}}$



G.2.5 kurban

$U = 7.54 \times 10^{-5} n^{1.46}$

$U \approx 0.129$

$H_s = H_{\text{stat}} - H_v - \sigma H$

$H_s = -3.86 \text{ m} \rightarrow$ sumbu runner dipasang -3.86 m dibawah tail water agar tidak kurban

G.2.6 Putaran runner (ratio tipikal Francis 1.8 - 2.2)

$n_r = (1.8 \sim 2.2) \times n$

$n_r = 338 \sim 413$

G.2.7 Guide vane

$C_{vu} = C_{vt} \frac{D_2}{D_0}$ $C_{vt} = \frac{Q}{k_5 H D_0 B}$

$C_{vu} = 24.60 \text{ m/s}$

$= 12.48 \text{ m/s}$

$\alpha_v = \arctan \frac{C_{vu}}{C_{vv}}$

$\alpha_v = 26.7^\circ$

G.2.8 spiral casing

$C_s = \frac{0.20}{\sqrt{2gh}}$

$D_{in} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi C_s}}$

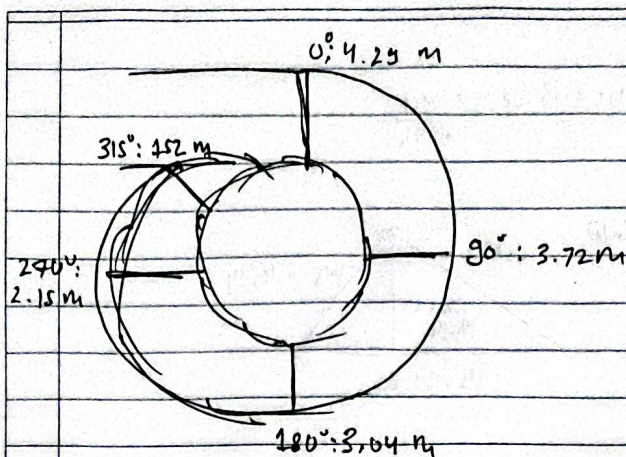
$D_{in} = \sqrt{\frac{4 \times 32.3}{\pi \times 0.2}}$

$D_{in} = 4.29 \text{ m}$

$D_{(r)} = D_{in} \sqrt{\frac{1-b}{360}}$



Pemampatan spiral casing
mengecil dari 4.29 m
ke 1.52 m



G.2.9. Draft tube

$$\Delta h_{draft} = \eta_{draft} \frac{C_2^2 - C_{out}^2}{2g}$$

$$= 5.96 \text{ m}$$

M Hasil dan Diskusi

Parameter	Hasil Desain	Hasil Candra
Putaran nominal (rpm)	179	187
Paya Bros (Hw)	128.7	129.6
Diameter runner (m)	3.75	3.4
Jml sudu runner	15	16
Jml guide vane	24	24
Putaran runner (rpm)	338-413	400
D outlet draft tube	8.2 m	6.4 m

I Kesimpulan

- * Turbin Francis tepat untuk $H = 106.8 \text{ m}$ dan $Q = 132.5 \text{ m}^3/\text{s}$. dibuktikan oleh $n_s = 187$ yang berada di tengah rentang Francis
- * Desain menghasilkan 128.7 kW daya listrik pada 179 rpm dengan $D_2 = 3.65 \text{ m}$ dan $D_1 = 3.75 \text{ m}$
- * Segitiga ke- memberi $\alpha_a = 26.7^\circ$, $\beta = 60^\circ$, $\beta_2 = 18^\circ$, dan derajat reaksi 0.53 sesuai sifat turbin ($w_2 > w_3$)
- * Runner dipasang $\pm 4 \text{ m}$ dibawah tailwater minimum agar bebas banjir

J ucapan Terima kasih

Terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Athaul Firdza Siswandura (Prof DAI) atas kerangnya DAIS dan bimbingan mata kuliah SKF, serta kepada Teman-teman yang bersedia selama Perkulahan.