



ANALISA PENGARUH SUDUT SUDU DAN DEBIT ALIRAN TERHADAP PERFORMA TURBIN KAPLAN

Frisca Anugra Putra

421204243

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia
email: anugraputra2@gmail.com

ABSTRAK

Kaplan Turbine is fluid based turbine that use water at its working fluid. The working principle is to maximize the use of water energy that can be captured by the wheel of the road used to turn the generator as the main equipment. There is one thing to note in Kaplan Turbine design, it is the size of water debit. The purpose of this thesis is to obtain Kaplan Turbine design in blade's angle 30° , 45° , and 55° and its flow discharge. From Kaplan Turbine testing, the highest turbine rotation results are at the angle of 55° with rpm rotation and flow discharge. This thing happens because at the angle of 55° blade receives maximum water flow, so that the pressure of the water on the blade is in maximum condition and increasing the turbine rotation. Variations used at the test are angles of 30° , 45° , and 55° . From the data test obtained are known that the greatest power and turbine efficiency are happen on the angle of 30° in 0.926 Watt with 20.8% efficiency.

Keywords: Kaplan Turbine, Power And Efficiency

PENDAHULUAN

Jika dilihat dari keadaan geografis yang dimiliki Indonesia beberapa daerah memiliki potensi air dengan kapasitas head yang memadai untuk membangkitkan tenaga berskala kecil, maka teknologi yang dikembangkan pembangkit listrik bertenaga Mikrohidro.

Turbin air ialah sebuah alat penggerak yang mula-mula mengubah suatu energi dari kinetik menjadi mekanik yang memanfaatkan aliran fluida dengan kecepatan tinggi. Kemudian energi tersebut untuk memutar sebuah generator sehingga menghasilkan daya listrik. Turbin air yang dapat dipergunakan ialah Turbin reaksi contoh sebagai berikut yang telah banyak di

aplikasikan pada pembangkit listrik pada umumnya yaitu: Turbin Kaplan.

Turbin Kaplan sendiri dikembangkan oleh Viktor Kaplan pada tahun 1913. Penelitian ini bertujuan untuk meneliti model turbin Kaplan guna menganalisa pengaruh sudut sudu dan debit aliran terhadap performa turbin Kaplan. Di Indonesia saat ini untuk penggunaan pembangkit listrik tenaga air perlu lebih ditingkatkan lagi, mengingat potensi tenaga air sangatlah besar untuk membantu menghasilkan sumber daya energi listrik utamanya dan kebijakan pemerintah sangatlah mendukung dan sejalan untuk pemanfaatan bagi sumber daya tersebut. Seperti yang kita ketahui saat ini bahwa debit aliran sungai tidaklah tetap arusnya karena setiap sungai memiliki kapasitas aliran yang berbeda. Hal tersebut akan

berdampak pada kualitas listrik yang dihasilkan, berimbas pada tegangan dan frekuensi listrik, untuk itu perlunya dilakukan sebuah penelitian terhadap performa dari Turbin Kaplan sendiri. Yang dimana Turbin Kaplan memiliki keunggulan yaitu mempunyai sudu gerak/runner yang dapat menutup ataupun membuka sesuai dengan kapasitas debit aliran yang tersedia, sehingga pada Turbin Kaplan mempunyai efisiensi yang lebih baik dibandingkan dengan Turbin jenis lainnya. Turbin Kaplan

DASAR TEORI

Pengertian Turbin Air

Turbin air adalah alat untuk mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Energi mekanik kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Turbin air sendiri dikembangkan pada abad 19 dan digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik. Dalam pembangkit listrik tenaga air (PLTA) Turbin air merupakan komponen utama selain generator. Berdasarkan kinerja Turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi kinetik, Turbin air dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu Turbin implus dan Turbin reaksi. Air saat ini bisa dikategorikan salah satu sumber energi alternatif sebagai pengganti sumber energi konvensional yang bisa dibilang rama lingkungan dan positif untuk pengembangan energi tersebut. Besarnya daya yang dihasilkan pada Turbin air tentunya tidak sebesar dengan daya yang dihasilkan dari sumber energi konvensional. Namun banyak pihak yang mengembangkan energi alternatif hingga hasil dari konversi energi alternatif tersebut dapat mencukupi kebutuhan energi semua orang. Pengembangan yang sudah berjalan hingga saat ini yakni PLTA. Pada pembangkit tersebut terdapat peralatan mesin konversi fluida yakni, turbin air. Dalam penerapan pemakain sumber energi tersebut menggunakan air sebagai media kerjanya, air yang mengalir dari tempat tinggi menuju tempat yang lebih rendah. Dalam hal ini air

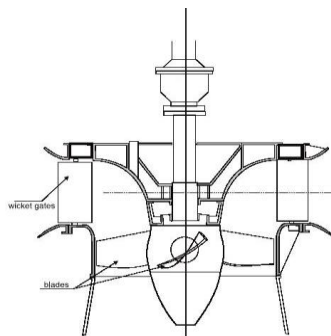
sendiri dapat mempertahankan efisiensi yang tinggi karena pada konstruksi Turbin Kaplan sendiri mempunyai konstruksi menggunakan sudu gerak/runner yang dapat membuka dan menutup. Selain sudu pengarahnya yang dapat berputar membuka dan menutup. Oleh karena itu kita juga harus mempersiapkan sumber daya manusia yang berkompeten dan dapat menguasai, mengelola sistem pada pembangkit listrik tenaga air dengan baik khususnya pada Turbin air jenis Kaplan.

tersebut memiliki energi potensial, pada proses aliran di dalam pipa energi potensial berangsur-angsur berubah menjadi energi kinetik. Di dalam turbin energi kinetik air diubah menjadi energi mekanis, di mana air dapat memutar roda turbin. Turbin Kaplan ini direncanakan untuk laju aliran yang besar dengan tinggi tekanan rendah. Turbin kaplan ini mempunyai keuntungan bila dibandingkan dengan turbin francis , karena sudu-sudu turbin kaplan dapat diubah-ubah. Keuntungan ini akan memberikan karakteristik yang lebih baik, variasi tinggi tekanan yang besar, dan laju aliran yang dapat divariasi.

Teori Dasar Turbin Kaplan

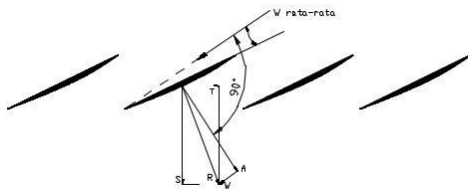
Sesuai dengan persamaan Euler, maka makin kecil tinggi air jatuh yang tersedia makin sedikit belokannya aliran air di dalam sudu jalan. Dengan bertambahnya kapasitas air yang masuk ke dalam turbin, maka akan bertambah besar pula luas penampang saluran yang dilalui air, dan selain itu kecepatan putar turbin yang demikian bisa ditentukan lebih tinggi. Kecepatan spesifik akan bertambah, kelengkungan sudu , jumlah sudu, dan belokan aliran air di dalam sudu berkurang. Keuntungan pada Turbin Kaplan mempunyai baling-baling bila dibandingkan dengan turbin Francis adalah kecepatan putarannya bisa dipilih lebih tinggi, dengan demikian roda turbin bisa dikopel (dihubungkan) langsung dengan generator dan ukurannyapun lebih kecil. Oleh Prof. Kaplan, turbin baling-baling dikembangkan sedemikian rupa sehingga sudu jalan pada

turbin tersebut dapat diputar di dalam leher poros. Jadi dengan demikian sudut sudu dapat diatur sesuai dengan kondisi saat diterapkan pada Turbin. Turbin Kaplan merupakan turbin tekanan yang lebih spesial. Sudu jalan alirannya kecil dan pada saluran sudu jalan belokannya kecil. Sudu jalan dapat diatur pada saat bekerja, kedudukannya dapat diatur dan disesuaikan dengan tinggi jatuh air sehingga sesuai untuk tenaga air pada aliran sungai yang diinginkan. Turbin kaplan ini direncanakan untuk laju aliran yang besar dengan tekanan tinggi.



Roda Jalan Turbin Kaplan: Konstruksi dan Keadaan Aliran Air

Pada Turbin Kaplan didapatkan gaya tangensial T (gaya putar) yang bisa menghasilkan torsi pada poros turbin.



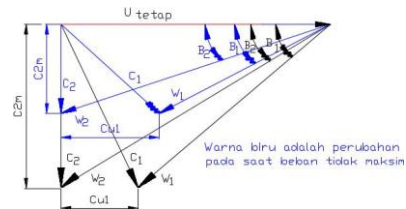
Gambar 2.2 kisi-kisi dan gaya pada profil sudu jalan

- A = gaya ke atas
- W = gaya tahanan
- T = gaya tangensial
- S = gaya geser, tegak lurus T
- R = resultan gaya

Besarnya gaya yang dihasilkan tangensial T tergantung kepada selisih $Wu_2 - Wu_1$ atau yang berhubungan dengan $Cu_1 - Cu_2$ yang harganya kecil.

Perputaran Sudu Pada Saat Pengaturan Beban Tidak Maksimum

Beberapa Turbin Kaplan adalah sudut sudu jalannya bisa di atur pada saat beban sebagian (tidak maksimum) untuk disesuaikan dengan kondisi pada debit aliran sungai dari ketinggian menuju titik rendah. Perubahan sudut sudu jalan pada saat pembebanan sebagian disebabkan karena posisi sudu jalan diputar dan di arahkan sesuai kebutuhan seberapa besar daya yang diinginkan. Untuk menghasilkan daya turbin hanya sebagian, maka sudu pengarah dapat diputar sedemikian rupa hingga kapasitas air V direkam menjadi $V/2$, dengan demikian C_m dan C_2 berkurang menjadi setengahnya juga



Gambar 2.3 Segitiga kecepatan pada saat beban penuh dan beban sebagian pada turbin kaplan

Fungsi Turbin

Turbin berfungsi untuk mengubah energi potensial menjadi energi mekanik. Proses air jatuh dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah mendorong baling-baling dan membuat turbin berputar. Turbin air kebanyakan menyerupai seperti kincir angin, dengan menggantikan fungsi dorong angin untuk memutar baling-baling digantikan air sebagai media untuk memutar Turbin. Putaran Turbin ini di hubungkan dengan generator, yang dimana nantinya generator tersebut dapat menghasilkan daya listrik.

Komponen Turbin Air

Terdapat beberapa komponen utama turbin air yaitu :

- a) Rotor, yaitu bagian yang berputar pada sistem yang terdiri dari :
- Sudu-sudu, berfungsi untuk menerima beban pancaran yang disemprotkan oleh nozzle
 - Poros, berfungsi untuk meneruskan aliran tenaga yang berupa gerak putar yang dihasilkan oleh sudu
 - Bantalan, berfungsi sebagai perapat-perapat komponen-komponen dengan tujuan agar tidak mengalami kebocoran pada sistem.
- b) Stator, yaitu bagian yang diam pada sistem yang terdiri dari :
- Pipa pengarah / nozzle yang berfungsi untuk meneruskan aliran fluida sehingga tekanan dan kecepatan fluida yang digunakan didalam sistem besar
 - Rumah turbin, berfungsi sebagai rumah kedudukan komponen-komponen turbin.

Prinsip Kerja Turbin Air

Turbin air mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis. Energi mekanis diubah dengan menggunakan generator listrik menjadi tenaga listrik. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis. Aliran air yang mempunyai energi potensial akan disemprotkan ke sudu-sudu turbin oleh nozzle. Putaran dari sudu-sudu tersebut akan mengakibatkan poros turbin ikut bergerak dan kemudian putaran poros turbin akan diteruskan ke generator listrik untuk diubah menjadi energi listrik.

Klasifikasi Turbin Air

Pengelompokkan jenis turbin air dapat didasarkan dari cara kerjanya dan konstruksinya (susunan poros dan laju aliran air) dan kecepatan spesifiknya.

Turbin Air Berdasarkan Cara Kerjanya

- a. Turbin aksi atau turbin impuls

Turbin aksi atau adalah turbin air yang cara kerjanya merubah seluruh energi air (yang terdiri dari energi potensial, tekanan, kecepatan) yang tersedia menjadi energi kinetik untuk memutar turbin, sehingga menghasilkan energi kinetik. Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada nozzle. Air keluar dari nozzle yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu pengarah kecepatan aliran air berubah sehingga terjadi perubahan momentum (impulse). Dimana roda turbin akan berputar. Turbin impuls adalah turbin tekanan yang sama karena aliran air yang keluar dari nozzle tekanannya adalah sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Semua energi tinggi tempat dan tekanan ketika aliran air masuk ke sudu jalan turbin dirubah menjadi energi kecepatan. Contoh turbin impuls adalah turbin Pelton

- b. Turbin reaksi

Pada turbin reaksi aliran air yang masuk kedalam rumah turbin dalam keadaan bertekanan dan kemudian mengalir masuk ke celah-celah bagian sudu yang dimana air akan memutar balin-baling pada turbin. Sewaktu aliran air masuk mengalir ke sekeliling sudu piringan, turbin akan berputar secara maksimal sesuai debit aliran yang masuk kedalam rumah turbin dan saluran belakang (tail race) akan terendam air seluruhnya. Tinggi laju aliran air sewaktu mengalir ke sekeliling sudu akan diubah menjadi tinggi laju kecepatan dan akhirnya berkurang hingga tekanan atmosfer sebelum meninggalkan piringan turbin. Yang termasuk kedalam jenis ini adalah turbin francis dan kaplan. Turbin reaksi adalah turbin yang cara kerjanya merubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi kinetik. Turbin jenis ini adalah turbin yang paling banyak digunakan. Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Perbedaan tekanan ini memberikan gaya pada sudu sehingga runner (bagian turbin yang berputar) dapat

berputar. Turbin yang bekerja berdasarkan prinsip ini dikelompokkan sebagai turbin reaksi. Untuk tipe turbin reaksi runner sepenuhnya tercelup dalam air dan berada dalam rumah turbin.

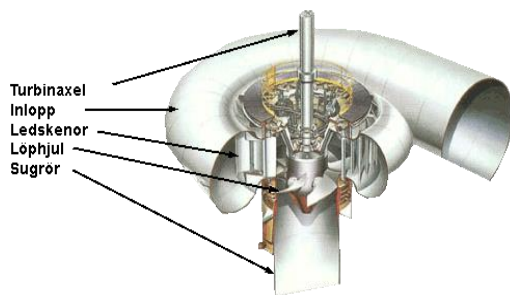
Turbin reaksi disebut juga dengan turbin tekanan lebih karena tekanan air sebelum masuk roda turbin lebih besar dari pada tekanan air saat keluar roda turbin. Secara umum dapat dikatakan bahwa aliran air yang masuk ke roda turbin mempunyai energi penuh, kemudian energi ini dipakai sebagian untuk menggerakkan roda turbin dan sebagian lagi dipergunakan untuk mengeluarkan air ke saluran pembuangan.

Turbin Air Berdasarkan Susunan Poros:

- a. Turbin poros vertikal
Yang termasuk turbin jenis ini adalah turbin propeller dan turbin pelton.
- b. Turbin poros horizontal
Yang termasuk turbin jenis ini adalah turbin crossflow, francis dan kaplan.

Turbin Kaplan

Pengenalan Turbin Kaplan



Gambar 2.1. Pengenalan Turbin Kaplan

Turbin Kaplan adalah turbin air jenis propeller yang memiliki blade yang dapat disesuaikan. Turbin ini dikembangkan pada tahun 1913 oleh profesor Austria Viktor Kaplan, yang mengkombinasikan secara otomatis baling-baling yang dapat berputar dengan otomatis disesuaikan gerbang

(wicket gates) untuk mencapai efisiensi yang diinginkan melalui berbagai tingkat dan laju aliran air. Turbin Kaplan merupakan evolusi dari turbin Francis. Penemuannya menyebabkan listrik dapat diproduksi secara efisien dengan menggunakan head yang rendah yang tidak mungkin dapat dicapai dengan turbin Francis. Tinggi head berkisar 10-70 meter dan output daya 5-200 MW. Diameter Runner adalah antara 2 dan 11 meter. Kisaran rotasi turbin adalah 79-429 rpm. Instalasi Turbin Kaplan dipercaya dapat menghasilkan kekuatan yang paling optimal jika head nominalnya adalah 34.65m adalah seperti Tocoma Power Plant (Venezuela) Kaplan pembangkit turbin 235MW dengan masing-masing diameter runnernya adalah 4.8m. Sekarang ini Turbin Kaplan telah banyak digunakan di seluruh dunia dalam high-flow, sumber daya dan pembangkit listrik tenaga air (PLTA) dengan head rendah. Turbin Kaplan merupakan turbin reaksi aliran ke dalam, yang berarti bahwa fluida perubahan tekanan bekerja ketika bergerak melalui turbin dan memberikan energinya. Power dipulihkan dari kedua kepala hidrostatik dan dari energi kinetik dari air yang mengalir. Desain menggabungkan fitur radial dan aksial turbin. Inlet adalah tabung berbentuk scroll yang membungkus di sekitar gerbang gawang turbin. Laju aliran diarahkan tangensial melalui gerbang gawang dan spiral ke baling-baling berbentuk runner, membuatnya berputar. Outlet berbentuk draft tube yang membantu mengurangi kecepatan air dan memulihkan energi kinetik. Turbin Kaplan termasuk kelompok turbin air reaksi jenis baling-baling (propeller). Keistimewaanannya adalah sudut sudu gerakanya (runner) bisa diatur (adjustable blade) untuk menyesuaikan dengan kondisi aliran saat itu yaitu perubahan debit air. Pada pemilihan turbin didasarkan pada kecepatan spesifiknya. Turbin Kaplan ini memiliki kecepatan spesifik tinggi (high specific speed). Turbin kaplan bekerja pada kondisi head rendah dengan debit besar. Pada perancangan turbin Kaplan ini meliputi perancangan komponen

utama turbin Kaplan yaitu sudu gerak (runner), sudu pengarah (guide vane), spiral casing, draft tube dan mekanisme pengaturan sudut bilah sudu gerak.

Pemilihan profil sudu gerak dan sudu pengarah yang tepat untuk menghasilkan torsi yang besar. Perancangan spiral casing dan draft tube menggunakan persamaan empiris. Perancangan mekanisme pengatur sudut bilah (β) sudu gerak dengan memperkirakan besar sudut putar maksimum sudu gerak berdasarkan jumlah sudu, debit air maksimum dan minimum. Turbin Kaplan ini dirancang untuk kondisi head 4 m dan debit 5 m³/s. Akhirnya dari hasil perancangan turbin Kaplan ini didapatkan dimensi dari komponen utama turbin yang diwujudkan ke dalam bentuk gambar kerja dua dimensi.

Turbin Kaplan adalah turbin reaksi aliran ke dalam, yang berarti bahwa fluida perubahan tekanan bekerja ketika bergerak melalui turbin dan memberikan energi nya. Power dipulihkan dari kedua kepala hidrostatis dan dari energi kinetik dari air yang mengalir. Desain menggabungkan fitur radial dan aksial turbin. Inlet adalah tabung berbentuk scroll yang membungkus di sekitar gerbang gawang turbin. Air diarahkan tangensial melalui gerbang gawang dan spiral ke baling-baling berbentuk runner, menyebabkan ia berputar. Outlet berbentuk draft tube yang membantu mengurangi kecepatan air dan memulihkan energi kinetik. Turbin tidak perlu berada di titik terendah aliran air selama draft tube tetap penuh air. Lokasi turbin yang lebih tinggi, namun, meningkatkan daya hisap yang disampaikan pada pisau turbin dengan draft tube. Hasil penurunan tekanan dapat menyebabkan kavitasi.

Variabel geometris dari gawang gerbang dan blade turbin memungkinkan operasi yang efisien untuk berbagai kondisi aliran. Efisiensi turbin Kaplan biasanya lebih dari 90%, namun mungkin lebih rendah dalam aplikasi head yang sangat rendah.

Ada pun keuntungan dari penggunaan Turbin Kaplan

- baling-baling turbin dan runner yang dapat disesuaikan dengan debit aliran
- pada head rendah Turbin Kaplan tetap dapat dipergunakan
- mempunyai jumlah head yang kecil terdiri dari 3 pisau sampai 8

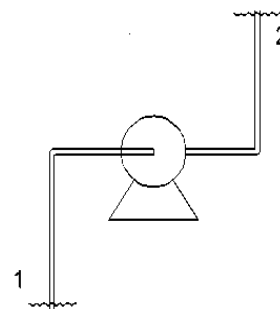
Kekurangan dari Turbin Kaplan:

- Posisi poros pada Turbin Kaplan hanya bisa untuk vertikal tidak dapat dirubah-ubah.
- laju aliran yang dibutuhkan untuk memutar turbin haruslah besar.
- kecepatan rata-rata turbin ialah 250-850 rpm.
- generator akan bekerja lebih keras bilah aliran air yang masuk kecil, dan daya yang dihasilkan tidak akan maksimal.

Perencanaan Turbin Kaplan

Prinsip Bernoulli

Prinsip Bernoulli adalah sebuah istilah di dalam mekanika fluida yang menyatakan bahwa pada suatu aliran fluida, mengalami peningkatan pada kecepatan fluida akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut.



Gambar 2.2. Prinsip Bernoulli

Prinsip ini sebenarnya merupakan penyederhanaan dari Persamaan Bernoulli yang menyatakan bahwa jumlah energi pada suatu titik di dalam suatu aliran tertutup sama besarnya dengan jumlah energi di titik lain pada jalur aliran yang sama. Prinsip ini diambil dari nama ilmuwan Belanda/Swiss yang bernama Daniel Bernoulli. Persamaan di atas dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\left(\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} + Z_1\right) = \left(\frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + Z_2\right)$$

Dimana :

- P1 dan P2 : tekanan pada titik 1 dan 2 (N/m²)
 V1 dan V2 : kecepatan aliran pada titik 1 dan 2 (m/s²)
 Z1 dan Z2 : perbedaan ketinggian antara titik 1 dan 2 (m)
 γ : berat jenis fluida (N/m³)
 g : percepatan gravitasi (m/s²)

Persamaan 2.1 Prinsip Bernoulli

Persamaan di atas dipergunakan jika diasumsikan tidak terjadi kehilangan energi diantara dua titik yang ada didalam aliran fluida, akan tetapi beberapa head losses terjadi diantara dua titik. Apabila head losses tidak diperhitungkan maka akan terjadi masalah dalam percobaan dilapangan. Bila head losses dirumuskan dengan “hl” maka persamaan diatas dapat ditulis sebagai persamaan baru, dirumuskan sebagai berikut:

$$\left(\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} + Z_1\right) + H_p = \left(\frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + Z_2\right) + H_{ls}$$

Persamaan 2.2

Persamaan di atas dipergunakan untuk menyelesaikan beberapa permasalahan beberapa laju aliran, biasa dipergunakan untuk laju aliran tanpa ada penambahan suhu panas dan energi yang diambil dari fluida. Akan tetapi, persamaan di atas tidak dapat dipergunakan untuk menyelesaikan beberapa permasalahan laju aliran fluida yang mengalami penambahan energi untuk menggerakkan fluida dengan peralatan mekanik semisalkan pompa, turbin dan beberapa peralatan lainnya yang mendukung untuk dilakukan pengujian

Efisiensi Turbin

Efisiensi turbin dapat di tentukan apabila hasil dari daya in pompa dan daya out turbin melalui putaran sudu di ketahui, maka harga dari masing-masing daya di bagi dua dan dikalikan 100%. Dimana nanti akan diketahui hasil efisiensi dari turbin yang diuji.

$$\eta_t = \frac{T \cdot \omega}{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q} \times 100\%$$

Dimana :

- T : Torsi poros = F . r (N.m)
 r : Jari-jari runner (m)
 ω : Kecepatan keliling
 nt : Putaran poros (rpm)

Persamaan 2.3. Efisiensi Turbin

Dimensi Runner

Untuk menentukan dimensi runner berikut rumus yang dipergunakan untuk mencari dimensi runner:

$$D = \frac{60 u}{\pi n}$$

Dimana :

- u = kecepatan keliling (m/s)
 n = kecepatan poros generator (rpm)

Persamaan 2.4. Diameter runner

Untuk kecepatan keliling (u), dapat dicari melalui persamaan :

$$u = \phi \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

Dimana :

- φ = Konstanta gesekan (0,43 – 0,48)
 (Finnemore and Franzini, 2006)
 g = Percepatan gravitasi (m/s²)

H = head (m)

Persamaan 2.5. Kecepatan Keliling

Kecepatan relative

Air dengan kecepatan V_1 membentur double cupped buckets yang mana memisahkan aliran dan membelokkan kecepatan relatifnya (V_r) melalui sudut β_2 , sehingga menimbulkan suatu gaya pada permukaan sudu. Oleh karena itu, menghasilkan momen gaya untuk memutar turbin.

Kecepatan relative (V_r) sendiri mempunyai persamaan :

$$V_r = V_1 - u$$

Dimana:

V_1 : Kecepatan pancaran nozzle
 u_1 : Kecepatan keliling runner

Persamaan 2.6. Kecepatan Relative (V_r)

Kecepatan Sudut

Kecepatan pada sudu Turbin Kaplan untuk menghitung jumlah aliran yang masuk pada sudu kedalam rumah turbin dan diperlukan nilai yang besarnya:

$$\sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

Kecepatan tangensial masuk sudu pada sisi luar sudu :

$$U_1 = U_1^* \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \text{ (m/dtk)}$$

Kecepatan tangensial masuk sudu pada leher poros/hub :

$$U_N = U_N^* \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \text{ (m/dtk)}$$

Kecepatan meridian pengarah :

$$\sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

C_m pengarah = C_m^* pengarah (m/dtk)
 dimana C_m^* terdapat pada tabel.

Kecepatan relatif keluar sudu pada tengah-tengah sudu :

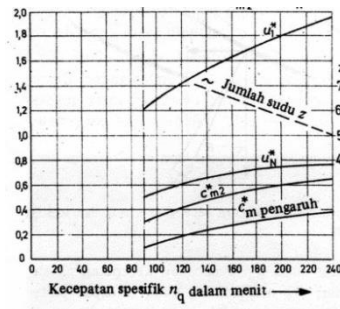
Kecepatan air melalui seluruh penampang:
 $C_2 = C_m$

$$W_2 = U \sqrt{M^2 + C_{2m}^2} \text{ (m/dtk)}$$

$$\sin \beta_2 = C_{2m} / W_2$$

$$\beta \text{ rata-rata} = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2}$$

$$W \text{ rata-rata} = \frac{W_1 + W_2}{2} \text{ m/dtk}$$



Gambar 4. Grafik untuk menentukan u_1^* , u_n^* dan C_m^* pengarah

METODE PENELITIAN

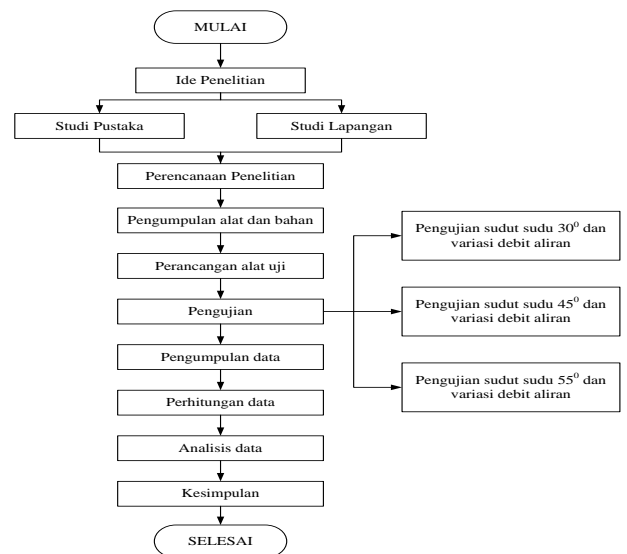


Diagram 3.1. Flowchart Penelitian

DATA PENGUJIAN

Setelah pengambilan data pengujian, dilanjutkan dengan pengolahan data hasil pengujian model turbin kaplan diperoleh data sebagai berikut:

PERHITUNGAN DAN HASIL

Daya Turbin

No	Debit (m ³ /s)	Sudut sudu	Rpm (N)	P1 (Psi)	P2 (Psi)
1	0.00033	30°	360	0	17
		45°	403.2		
		55°	458.4		
2	0.00036	30°	380	0	17
		45°	445.3		
		55°	513.3		
3	0.0004	30°	390	0	17
		45°	466.1		
		55°	637.5		

Perhitungan dengan debit aliran 0.0004 m³/s

Dengan variasi sudut 30° sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P_t &= (F \cdot r) \cdot \omega \\
 &= (0.568 \cdot 0.04) \cdot 40.8 \\
 &= 0.0227 \cdot 40.8 \\
 &= 0.926 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Head Pompa

$$H_p = \frac{P_2 - P_1}{\gamma}$$

Dimana Harga P₂ dan P₁ didapat dari manometer, untuk harga γ diperoleh dari berat jenis fluida (N/m³) dikalikan dengan percepatan gravitasi (m/s²)

sehingga

- Untuk Hp pada Turbin Kaplan = 1.17 m

$$\begin{aligned}
 H_p &= \frac{P_2 - P_1}{\gamma} \\
 &= \frac{11564.6}{9810}
 \end{aligned}$$

$$H_p = 1.17 \text{ m}$$

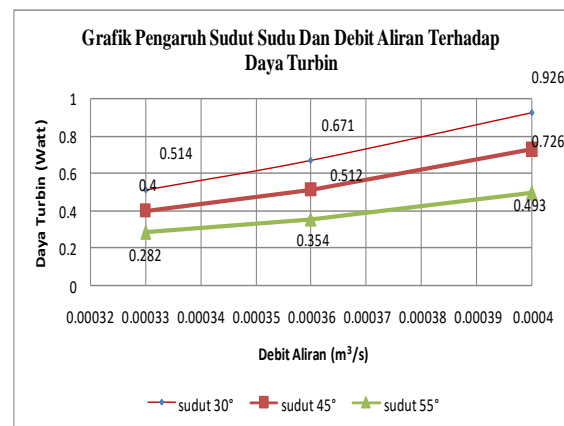
Efisiensi

Perhitungan sudut sudu 30°, 45°, 55° dengan debit aliran 0.0004 m³/s

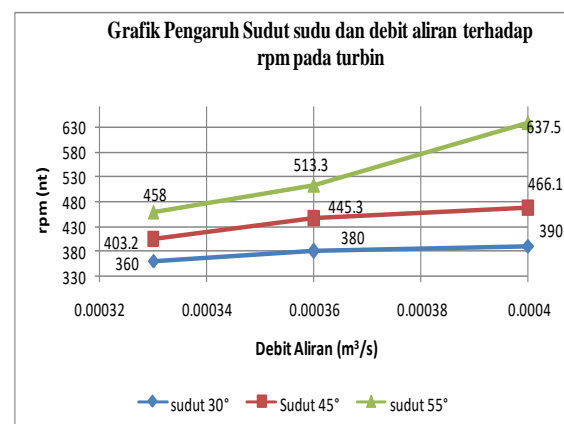
Efisiensi turbin pada variasi sudut buang β₂ = 30° dan debit aliran 0.0004 m³/s:

$$\begin{aligned}
 \eta_t &= \frac{(F \cdot r) \cdot \omega}{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q} \\
 &= \frac{(0.568 \times 0.04) \cdot 39.7}{1000 \cdot 9.81 \cdot 1.17 \cdot 0.00033} \\
 &= \frac{0.926}{4.59} \\
 \eta_t &= 20.1 \%
 \end{aligned}$$

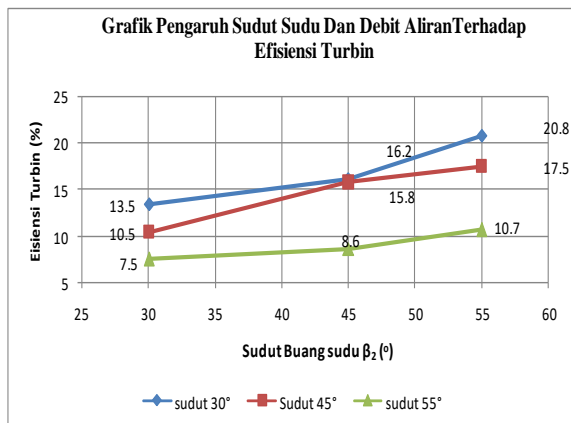
PEMBAHASAN



Grafik 4.1. Grafik pengaruh sudut sudu dan debit aliran terhadap daya turbin



Grafik 4.2. Grafik pengaruh sudut sudu dan debit aliran terhadap rpm



Grafik 4.3. Grafik pengaruh sudut sudu dan debit aliran terhadap efisiensi

Pada (grafik 4.1) menjelaskan besar turbin yang dihasilkan oleh pengaruh variasi sudut sudu dan debit aliran. Dari hasil pengujian didapatkan daya turbin terbesar yang dihasilkan terjadi pada variasi sudut sudu 30°.

Pada (grafik 4.2) menjelaskan putaran tertinggi pada variasi sudut sudu dan debit aliran terjadi pada sudut sudu 55°.

Pada (grafik 4.3) Menjelaskan efisiensi adalah perbandingan besarnya energi yang masuk dengan energi yang dihasilkan. di atas menunjukkan bahwa efisiensi turbin terbesar terjadi pada variasi sudut sudu 30°. Hal ini disebabkan karena besarnya energi yang dihasilkan hampir sebanding dengan energi yang masuk.

Kesimpulan

Dari hasil pengujian pada analisa pengaruh sudut sudu dan debit aliran terhadap performa model turbin kaplan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa. Variasi sudut sudu dan debit aliran yang dilakukan ini berpengaruh terhadap performa yang dihasilkan. Hasil pengujian terbaik terdapat pada variasi sudut sudu 30° dengan debit aliran 0.0004 m³/s

menghasilkan daya sebesar 0.926 watt dibandingkan dengan variasi 45° dan 55°. Sedangkan daya yang paling kecil terdapat pada pengujian sudut sudu 55° dengan debit aliran 0.00033 m³/s menghasilkan daya 0.282 watt.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fajri, Ibnu. (2011) Rancang Bangun dan Pengujian Turbin Kaplan pada Ketinggian 4 meter debit 0,025 m³/s dengan Variasi Sudut Sudu Rotor 200 dan Sudut Sudu Stator 250, 300, 450. Perpustakaan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
- [2] <http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/24300/Chapter%20II.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- [3] <http://digilib.itb.ac.id/files/disk1/683/jbptitbpp-gdl-ardochrist-34105-3-2009ta-2.pdf>
- [4] 2010. Jenis-jenis Turbin Air, (Online) Jenis jenis turbin turbin pelton turbin francis dan turbin kaplan.html Diakses 1 Maret 2015
- [5] <https://www.scribd.com/doc/203563562/laporan-praktikum-Turbin-Kaplan>
- [6] <http://www.satuenergi.com/2015/03/prinsip-kerja-turbin-kaplan.html>
- [7] Herlambang, Yusuf D. (2010) Unjuk Kerja Turbin Air Mikro Aliran Silang Terhadap Variasi Sudut Sudu Jalan (Runner) Pada Debit Konstan Untuk PLTMH. isjd.pdii.lipi.go.Id/admin/jurnal/51095764.pdf. Diakses 3 Januari 2013 pada pukul 16.16 WIB