

**PERANCANGAN TURBIN PELTON 1 DAN 2 TINGKAT DENGAN HEAD 20 BAR
KAPASITAS 7 LITER PER MENIT DENGAN SKALA LABORATORIUM**

Nuradi

¹ Dosen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Tama Jagakarsa, Jl. TB Simatupang No. 152
Tanjung Barat – Jakarta Selatan , 12530

Heru Munandar

² Mahasiswa Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Tama Jagakarsa, Jl. TB Simatupang No.
152 Tanjung Barat – Jakarta Selatan , 12530

ABSTRAK

Listrik merupakan salah satu kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Keberadaan jaringan listrik pada suatu daerah menentukan kemajuan dan perkembangan daerah tersebut. Permasalahan yang ada saat ini adalah terbatasnya suplai tenaga listrik yang mengakibatkan krisis energi listrik, terutama di daerah-daerah terpencil yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik PLN. Salah satu solusi untuk pengadaan energi listrik di daerah terpencil tersebut dengan perancangan sistem pompa dan listrik terhadap laju aliran fluida pada alat PLTA konvensional. PLTA Konvensional yang kami buat adalah sebuah prototype yang dapat diaplikasikan pada kehidupan masyarakat. Dengan memperhitungkan energi potensial air dan ketinggian air maka dapat diperhitungkan sudu dari turbin yang akan digerakkan. Maka dapat ditentukan tipe dari turbin yang akan digunakan pada alat PLTA Konvensional ini. Pada alat ini kami menggunakan turbin pelton yang lebih sesuai dengan karakteristik sistem perpipaan yang akan digunakan, turbin yang disatukan dengan generator listrik DC.

Kata kunci : Pembangkit Listrik Tenaga Air, Perancangan PLTA Skala Laboratorium

ABSTRACT

Electricity is one of the most important needs for human life. The existence of electricity networks in an area determines the progress and development of the area. The current problem is the limited supply of electricity which has caused an electricity crisis, especially in remote areas that are not covered by the PLN electricity network. One solution for supplying electrical energy in remote areas is by designing a pump and electricity system to the fluid flow rate in conventional hydropower devices. The Conventional Hydroelectric Power Plant that we made is a prototype that can be applied to people's lives. By calculating the potential energy of the water and the height of the water it can be calculated the blade of the turbine to be driven. Then it can be determined the type of turbine that will be used in this conventional hydropower device. In this tool we use a pelton turbine that is more in line with the characteristics of the piping system to be used, a turbine that is integrated with a DC electricity generator.

Keywords: Hydro Power Plant, Laboratory Scale Hydroelectric Design

PENDAHULUAN

Latar belakang

Turbin adalah sebuah mesin berputar yang mengambil energi dari aliran fluida. Turbin

sederhana memiliki satu bagian yang bergerak, "asembli rotor-blade". Fluida yang bergerak menjadikan baling-baling berputar dan menghasilkan energi untuk menggerakkan

rotor. Contoh turbin awal adalah kincir angin dan roda air. Sebuah turbin yang bekerja terbalik disebut kompresor atau pompa turbo.

Turbin gas, uap dan air biasanya memiliki "casing" sekitar baling-baling yang memfokus dan mengontrol fluid. "Casing" dan baling-baling mungkin memiliki geometri variabel yang dapat membuat operasi efisien untuk beberapa kondisi aliran fluid.

Turbin gas, uap dan air biasanya memiliki "casing" sekitar baling-baling yang memfokus dan mengontrol fluid. "Casing" dan baling-baling mungkin memiliki geometri variabel yang dapat membuat operasi efisien untuk beberapa kondisi aliran fluid.

Turbin Reaksi

Turbin ini menghasilkan torsi dengan menggunakan tekanan atau massa gas atau fluida. Tekanan dari fluida berubah pada saat melewati sudu rotor. Pada turbin jenis ini diperlukan semacam sudu pada casing untuk mengontrol fluida.

kerja seperti yang bekerja pada turbin tipe multistage atau turbin ini harus terendam penuh pada fluida kerja (seperti pada kincir angin).

Turbin berfungsi untuk mengubah energi potensial menjadi energi mekanik. Gaya jatuh air yang mendorong baling-baling menyebabkan turbin berputar. Turbin air kebanyakan seperti kincir angin, dengan menggantikan fungsi dorong angin untuk memutar baling-baling digantikan air untuk memutar turbin. Perputaran turbin ini di hubungkan ke generator. Turbin air digunakan di PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) untuk mengubah energi dari air yang tertampung dibendungan untuk dikonversikan menjadi energi listrik yang dialirkan ke rumah masyarakat.

Air merupakan sumber energi yang sangat melimpah, terlebih pada saat musim penghujan. Oleh karena itu, air perlu dimanfaatkan untuk diubah menjadi energi yang lain yaitu energi listrik. Pemanfaatan energi dari air untuk menjadi energi listrik membutuhkan suatu alat konversi energi, yaitu turbin air. Gaya potensial air akan mendorong sudu-sudu pada turbin air yang kemudian menggerakkan poros turbin dan selanjutnya akan diteruskan ke generator untuk menghasilkan energi listrik.

LANDASAN TEORI

Sejarah Turbin

Jan Andrej Segner (1700) mengembangkan turbin air reaksi pada pertengahan tahun 1700. Turbin ini mempunyai sumbu horizontal dan merupakan awal mula turbin air modern. Turbin ini merupakan mesin yang sederhana yang masih diproduksi saat ini untuk pembangkit tenaga listrik skala kecil. Segner bekerja dengan Euler dalam membuat teori matematis awal untuk desain turbin.

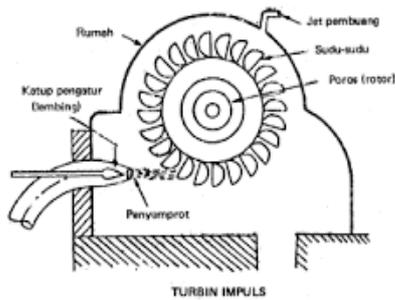
Jean-Victor Poncelet (1820) mengembangkan turbin aliran kedalam sedangkan Benoit Fourneyon (1826) mengembangkan turbin aliran keluar. Turbin ini sangat efisien (~80%) yang mengalirkan air melalui saluran dengan sudu lengkung satu dimensi. Saluran keluaran juga mempunyai lengkungan pengarah. Uriah A. Boyden (1844) mengembangkan turbin aliran keluar yang meningkatkan performa dari turbin Fourneyon. Bentuk sudunya mirip dengan turbin Francis. James B. Francis (1849) meningkatkan efisiensi turbin reaksi aliran kedalam hingga lebih dari 90%. Dia memberikan test yang memuaskan dan mengembangkan metode engineering untuk turbin air. Turbin Francis dinamakan sesuai dengan namanya yang merupakan turbin air modern pertama dan masih digunakan secara luas.

Turbin air adalah alat untuk mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Turbin air dikembangkan pada abad 19 dan digunakan secara luas

Untuk pembangkit tenaga listrik. Dalam pembangkit listrik tenaga air (PLTA) turbin air merupakan peralatan utama selain generator. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik, turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi.

Turbin Impuls

Turbin impuls adalah turbin air yang bekerja dengan merubah seluruh energy air (yang terdiri dari potensial, tekanan dan kecepatan) menjadi energy kinetic untuk memutar turbin, sehingga menghasilkan energy punter contoh turbin pleton.



Gambar 1 Turbin Impuls
(Sumber : <http://undaancity.blogspot.com>)

Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah turbin yang cara kerjanya mengubah energi air menjadi energi puntir turbin reaksi puntir dibagi menjadi dua jenis yaitu :

- a. Turbin Francis
- b. Turbin Kaplan

Pengertian Turbin Air

Turbin air adalah alat untuk mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Turbin air dikembangkan pada abad 19 dan digunakan secara luas untuk pembangkit tenaga listrik. Dalam pembangkit listrik tenaga air (PLTA) turbin air merupakan peralatan utama selain generator. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik, turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi.

Klasifikasi Turbin Air Berdasarkan Prinsip Kerja

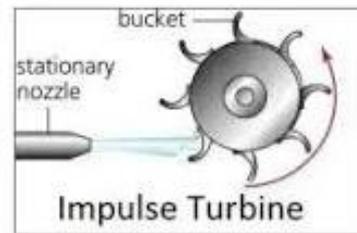
Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik, turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi.

a. Turbin Impuls

Turbin Impuls 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 pada *nozzle*. Air keluar *nozzle* yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran

berubah sehingga terjadi perubahan momentum (*impulse*).

Akibatnya roda turbin akan berputar. Turbin *impuls* adalah turbin tekanan sama karena aliran air yang keluar dari *nozzle* tekanannya adalah sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Semua energi tinggi tempat dan tekanan ketika masuk ke sudu jalan turbin dirubah menjadi energi kecepatan. Contoh : Turbin Pelton, Turbin Turgo, Turbin *Crossflow* dan Turbin *Screw*.

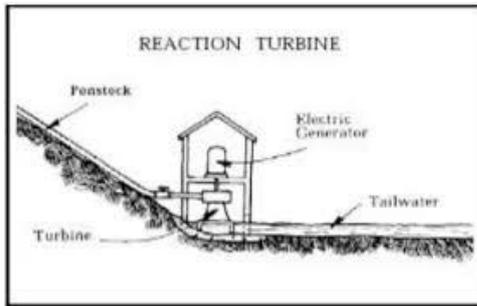


Gambar 2 Turbin Impuls
(Sumber : <https://pintarelektro.com>)

b. Turbin Reaksi

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. *Runner* turbin reaksi 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. Jenis turbin reaksi yang sering digunakan antara lain, turbin *francis*, turbin propeler atau kaplan.



Gambar 3 Turbin Reaksi
(Sumber : <https://1library.net/document>)

c. Turbin Pelton

Turbin Pelton disebut juga turbin impuls atau turbin tekanan rata atau turbin pancaran bebas. Hal ini dikarenakan tekanan air yang keluar dari *nozzle* sama dengan tekanan atmosfer. Dalam instalasi turbin ini, semua energi dirubah menjadi kecepatan yang keluar dari *nozzle*. Energi yang masuk ke dalam roda akan berjalan dalam bentuk energi kinetik. Ketika melewati roda turbin, energi kinetik tadi dikonversikan menjadi kerja poros dan sebagian kecil energi ada yang terlepas dan ada yang digunakan untuk melawan gesekan dengan permukaan sudu turbin.

Turbin pelton biasanya berukuran besar. Hal ini dapat dimaklumi karena turbin tersebut dioperasikan pada tekanan tinggi dan perubahan momentum yang diterima oleh sudu-sudu turbin sangat besar, sehingga dengan sendirinya struktur turbin harus kuat. Pada turbin pelton semua energi tinggi dan tekanan ketika masuk ke sudu maka jalan turbin telah diubah menjadi energi kecepatan.



Gambar 4 Turbin Pelton
(Sumber: <https://www.cink-hydro-energy.com>)

Turbin pelton terdiri dari dua bagian utama yaitu *nozzle* dan roda jalan (*runner*). *Nozzle* mempunyai beberapa fungsi, yakni mengarahkan pancaran air ke sudu turbin, mengubah tekanan menjadi energi kinetik dan mengatur kapasitas kecepatan air yang masuk ke turbin.

Jarum yang terdapat pada *nozzle* berguna untuk mengatur kapasitas air dan mengarahkan konsentrasi air yang terpecah dari mulut *nozzle*.

Panjang jarum sangat menentukan tingkat konsentrasi dari air, semakin terkonsentrasi dari air, semakin panjang jarum *nozzle* maka air akan semakin terkonsentrasi untuk memancarkan ke sudu jalan turbin.

Roda jalan pada turbin terbentuk pelek (*rim*) dengan sejumlah sudu disekelilingnya. Pelek ini dihubungkan dengan poros dan seterusnya akan menggerakkan generator. Sudu turbin pelton berbentuk elipsoida atau disebut juga dengan *bucket* dan ditengahnya mempunyai pemisah air (*splitter*).

d. Turbin Turgo

Turbin turgo dapat beroperasi pada *head* 30 sampai dengan 300 m. Seperti turbin pelton, turbin turgo merupakan turbin *impuls*, tetapi sudunya berbeda. Pancaran air dari *nozzle* membentur sudu pada sudut 20° .

Kecepatan putar turbin turgo lebih besar dari turbin pelton. Akibatnya dimungkinkan transmisi langsung dari turbin ke genrator sehingga menaikkan efisiensi total sekaligus menurunkan biaya perawatan



Gambar 5 Turbin Turgo

(Sumber :

<https://www.slideshare.net/DwiRatna3/>)

e. Turbin *Crossflow*

Salah satu jenis turbin *impuls* ini juga dikenal dengan nama Turbin *Michell-Banki* yang merupakan penemunya. Selain itu juga disebut Turbin *Osberger* yang merupakan perusahaan yang memproduksi Turbin *Crossflow*. Turbin *Crossflow* dapat dioperasikan pada debit 20liter/sec hingga $10\text{m}^3/\text{sec}$ dan *head* antara 1 sampai dengan 200m.



Gambar 6 Turbin *Crossflow*
(Sumber :

<http://www.hanjuang.co.id/about/product/turbin-cross-flow>)

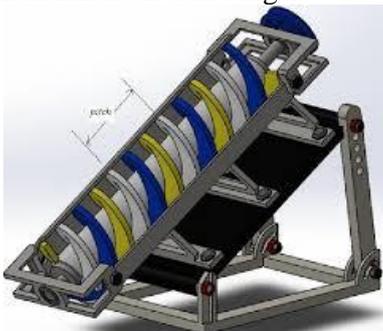
Turbin mengalirkan pemasukan air ke sudu turbin secara radial. Air dialirkan melewati sudu-sudu jalan yang membentuk silinder, pertama-tama air dari luar masuk ke dalam silinder sudu-sudu dan kemudian dari dalam ke luar. Jadi kerja roda jalan turbin ini adalah seperti turbin pelton yaitu hanya sebagian sudu-sudu saja yang bekerja membalikkan aliran air.

Turbin *crossflow* menggunakan *nozzle* persegi panjang yang lebarnya sesuai dengan lebar *runner*. Pancaran air masuk turbin dan mengenai sudu sehingga terjadi konversi energi kinetik menjadi energi mekanis. Air mengalir keluar membentur sudu dan memberikan energinya (lebih rendah dibanding saat masuk) dan kemudian meninggalkan turbin.

Runner turbin dibuat dari beberapa sudu yang dipasang pada sepasang piringan paralel.

f. Turbin *Screw*

Turbin *screw* merupakan pembalikan dari fungsi pompa *screw*. Pompa *screw* sendiri ditemukan oleh seorang ilmuwan Yunani yaitu telah lebih dari 21 abad yang lalu dan sampai saat ini pompa ini masih dipakai. Pada awalnya *Archimedes* menciptakan pompa ini bertujuan untuk menegluarkan air dari bagian dalam kapal. Kemudian *Archimedes* sendiri merancang ulang pompa ini untuk digunakan dalam menaikkan air dari sungai.



Gambar 7 Turbin *Screw*

(Sumber : <https://docplayer.info/48642318>)

Klasifikasi Turbin Berdasarkan Arah Alirannya

Berdasarkan arah alirannya, turbin dikelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu turbin aliran radial dan turbin aliran aksial.

a. Turbin Aliran Radial

Turbin aliran radial adalah turbin yang arah alirannya tegak lurus dengan arah putaran poros turbin. Turbin dengan aliran radial digunakan untuk laju alir (aliran *working fluid*) rendah dan dengan perbedaan tekanan (*difference pressure*) tinggi.

b. Turbin Aliran Aksial

Turbin yang sejajar dengan arah putaran poros turbin. Turbin dengan aliran aksial digunakan untuk laju alir tinggi dan dengan perbedaan tekanan rendah (1-40 bar). *Axial-flow turbines* kebanyakan digunakan dalam aplikasi yang melibatkan *fluida* kompresibel. Dalam banyak penggunaan, efisiensi *Axial-flow turbines* lebih tinggi dibandingkan *radial-inflow turbines*.

Fungsi Turbin

Turbin berfungsi untuk mengubah energi potensial menjadi energi mekanik. Gaya jatuh air yang mendorong baling-baling menyebabkan turbin berputar. Turbin air kebanyakan seperti kincir angin, dengan menggantikan fungsi dorong angin untuk memutar baling-baling digantikan air untuk memutar turbin. Perputaran turbin ini di hubungkan ke generator.

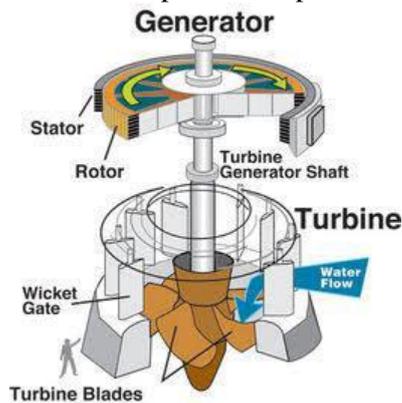
Komponen Turbin Air

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.

Stator, yaitu bagian yang diam pada sistem yang terdiri dari :

- a. Pipa pengarah / nozzle yang berfungsi untuk meneruskan aliran fluida sehingga tekanan dan kecepatan fluida yang digunakan didalam sistem besar.
- b. Rumah turbin, berfungsi sebagai rumah kedudukan komponen-komponen turbin.



Gambar 8 Bagian-Bagian Turbin

(Sumber :

<https://www.duniapembangkitlistrik.com>)

Prinsip Kerja Turbin Air

Turbin air mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis. Energi mekanis diubah dengan 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.

Turbin Impuls

Turbin impuls 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 nozzle yang mempunyai kecepatan

tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (impulse). Akibatnya roda turbin akan berputar. Turbin impuls adalah turbin tekanan sama karena aliran air yang keluar dari nozzle tekanannya adalah sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Semua energi tinggi tempat dan tekanan ketika masuk ke sudu jalan turbin dirubah menjadi energi kecepatan. Contoh turbin impuls adalah turbin Pelton.



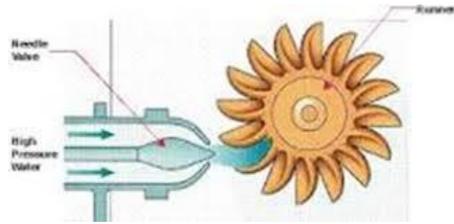
Gambar 9 Turbin Impuls

(Sumber : <https://ilmuteknik.id/>)

Turbin Pelton

Turbin Pelton termasuk jenis turbin impuls yang merubah seluruh energi air menjadi energi kecepatan sebelum memasuki runner turbin. Perubahan energi ini dilakukan didalam nozzle dimana air yang semula mempunyai energi potensial yang tinggi diubah menjadi energi kinetik. Pancaran air yang keluar dari nozzle akan menumbuk bucket yang dipasang tetap sekeliling runner dan garis pusat pancaran air menyinggung lingkaran dari pusat bucket. Kecepatan keliling dari bucket akibat tumbukan yang terjadi tergantung dari jumlah dan ukuran pancaran serta kecepatannya. Kecepatan pancaran tergantung dari tinggi air di atas nozzle serta effisiensinya.

Turbin pelton terdiri dari satu set sudu jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan oleh nozzle. Turbin pelton adalah salah satu dari jenis turbin air yang paling efisien. Turbin pelton adalah turbin yang cocok digunakan untuk head tinggi.



Gambar 10 Turbin Pelton

(Sumber : <http://anasmesin.blogspot.com/>)

Ukuran-Ukuran Utama Turbin Pelton

Ukuran-ukuran utama Turbin Pelton adalah :

D = Diameter lingkungan sudu yang terkena pancaran air (diameter lingkaran pancar/diameter roda rata-rata).

d = Diameter pancaran air.

n = Kecepatan putar roda turbin.

Dua masalah pokok yang ada kaitannya dalam penentuan ukuran utama, sehingga harus diperhatikan yaitu kecepatan spesifik n_q dan batas tinggi jatuh yang diinginkan H_{maks} .

Perancangan Turbin Pelton

- Perhitungan Daya yang dihasilkan Turbin

Dari kapasitas air dan tinggi air jatuh dapat diperoleh daya yang dihasilkan turbin yaitu :

$$P = V.p.g.H.n_T$$

Dengan :

P = Daya yang dihasilkan turbin (W)

p = Massa jenis air (Kg/m^3)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

v = Debit air (m^3 / s)

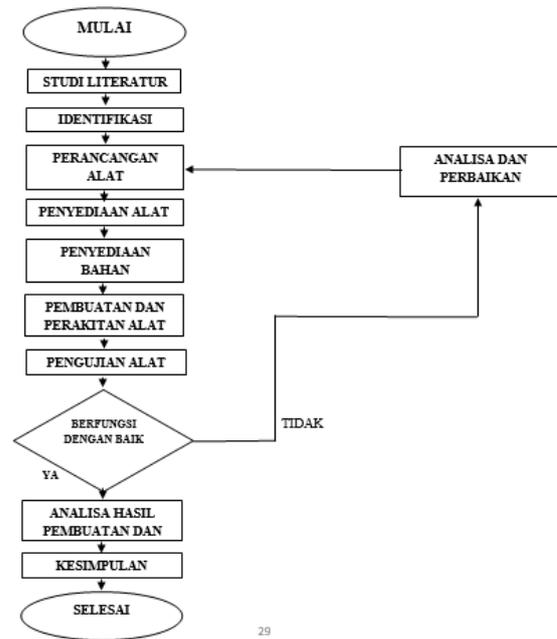
H = Tinggi air jatuh (m)

n_T = Randemen turbin

- Pada turbin tekanan sama (turbin impuls) agar mendapatkan randemen yang baik harus mempunyai hubungan antara kecepatan pancar air c dan kecepatan tangensial u.

METODELOGI PENELITIAN

Diagram Alur Penelitian dan Perancangan



Waktu Dan Tempat Perancangan

Waktu Perancangan Alat

Waktu penelitian dan perancangan alat pembangkit listrik tenaga air skala laboratorium dilaksanakan pada bulan September 2020 sampai dengan selesai.

Tempat Perancangan Alat

Tempat penelitian dan perancangan dilakukan di rumah yang berlokasi di Jl. Pinang RT 002 RW 009 No.78, Kelurahan Cipayung, Depok Jawa Barat.

Tempat Perakitan Alat

Tempat perakitan dan uji coba alat pembangkit listrik tenaga air skala laboratorium ini dilakukan di Jl. H. Icang RT 003 RW 003 Kelurahan Tugu, Cimanggis, Depok Jawa Barat.

Kondisi Uji Coba Alat PLTA Skala Laboratorium

Pada uji coba penelitian ini terdapat beberapa kondisi pada alat PLTA skala laboratorium yang akan di uji. Beberapa kondisi tersebut dapat mempengaruhi data yang akan didapatkan pada uji coba alat PLTA skala laboratorium. Beberapa kondisi tersebut seperti

posisi komponen yang di letakkan pada uji coba penelitian ini, diantaranya :

1. Pipa *pen stock* 3 (jalur *output* pompa nomor 1) dipasang turbin nomor 4.
2. Pipa *pen stock* 4 (jalur *output* pompa nomor 2) dipasang turbin nomor 5 dan 6.
3. *Output* pompa nomor 1 dan 2 dipasang paralel dengan keluaran akhir menjadi 1 jalur yang masuk ke bak penampung atas.
4. Tenaga listrik PLN dibutuhkan untuk pengoperasian pompa.

Langkah-Langkah Pengambilan Data Dengan Uji Coba

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode pengumpulan data yang dilakukan dengan uji coba terhadap alat pembangkit listrik tenaga air skala laboratorium. Uji coba dalam penelitian ini dilakukan untuk memperoleh data laju aliran air (*flow rate*) dan *voltase* listrik yang dihasilkan oleh semua jalur *pen stock*.

Langkah-Langkah Pengambilan Data Laju Aliran Air

Langkah-langkah yang dilakukan dalam uji coba alat pembangkit listrik tenaga air skala laboratorium untuk mendapatkan laju aliran pada pipa *pen stock* nomor 1, 2, 3 dan 4, diantaranya :

Langkah selanjutnya pengambilan data pipa *pen stock* nomor 3 (jalur *output* pompa nomor 1).

1. Buka *kran* pipa *pen stock* nomor 1 dan 2.
2. Pasangkan *digital flow meter* pada jalur *output* pompa.
3. Atur *digital flow meter* ke angka nol.
4. Tutup *kran* pada pipa *pen stock* nomor 3 dan 4.
5. Siapkan *stopwatch* untuk menghitung laju aliran air dalam 1 menit.
6. Hidupkan pompa dengan mengubah *power switch* pada posisi *on*.
7. Mulai hitung mundur 1 menit bersamaan dengan dibukanya *kran* pipa *penstock* nomor 3.
8. Setelah satu menit, tutup kembali *kran* pipa *pen stock* nomor 3.

9. Matikan pompa dengan mengubah *power switch* pada posisi *off*.
10. Lepaskan *digital flow meter* dari jalur *output* pompa.
11. Setelah itu didapatkan hasil laju aliran pada pipa *pen stock* nomor 3 dalam liter per menit (*l/m*).

Setelah didapatkan hasil laju aliran air pada pipa *pen stock* nomor 3 pada turbin nomor 4, langkah selanjutnya pengambilan data pipa *pen stock* nomor 4, langkah selanjutnya pengambilan data pipa *pen stock* nomor 4.

12. Pasangkan *digital flow meter* pada jalur *output* pompa.
13. Atur *digital flow meter* ke angka nol.
14. Tutup *kran* pada pipa *pen stock* nomor 3 dan 4.
15. Siapkan *stopwatch* untuk menghitung laju aliran air dalam 1 menit.
16. Hidupkan pompa dengan mengubah *power switch* pada posisi *on*.
17. Mulai hitung mundur 1 menit bersamaan dengan dibukanya *kran* pipa *penstock* nomor 4.
18. Setelah satu menit, tutup kembali *kran* pipa *pen stock* nomor 4.
19. Matikan pompa dengan mengubah *power switch* pada posisi *off*.
20. Lepaskan *digital flow meter* dari jalur *output* pompa.
21. Setelah itu didapatkan hasil laju aliran pada pipa *pen stock* nomor 4 dalam liter per menit (*l/m*).

Setelah didapatkan hasil laju aliran air pada pipa *pen stock* nomor 4 pada turbin nomor 5 dan 6, langkah selanjutnya pengambilan data laju aliran air pada keseluruhan *output* pompa.

22. Pasangkan *digital flow meter* pada jalur *output* pompa.
23. Atur *digital flow meter* ke angka nol.
24. Tutup *kran* pada pipa *pen stock* nomor 3 dan 4.
25. Siapkan *stopwatch* untuk menghitung laju aliran air dalam 1 menit.
26. Hidupkan pompa dengan mengubah *power switch* pada posisi *on*.
27. Hidupkan pompa dengan mengubah *power switch* pada posisi *on*.
28. Setelah satu menit, matikan pompa dengan mengubah *power switch* pada posisi *off*.
29. Lepaskan *digital flow meter* dari jalur *output* pompa.

30. Setelah itu didapatkan hasil laju aliran pada *output* keseluruhan pompa dalam liter per menit (*l/m*).
31. Lepaskan pompa dengan sumber listrik PLN.
32. Buka lubang pembuangan bak penampung bawah.
33. Kosongkan air pada bak penampung atas dan bawah.
34. Pengujian selesai.

Dari uji coba di atas, didapatkan data laju aliran sebagai berikut :



Gambar 11 Hasil Uji Coba Laju Aliran Air Pada Pipa Pen Stock 3



Gambar 12 Hasil Uji Coba Laju Aliran Air Pada Pipa Pen Stock 4



Gambar 3.4 Hasil Uji Coba Aliran Pada Output Keseluruhan Pompa

Langkah-langkah Pengambilan Data Kelistrikan

Langkah selanjutnya yang dilakukan dalam uji coba alat pembangkit listrik tenaga air skala laboratorium untuk mendapatkan data tegangan listrik nomor 3, dan 4, diantaranya :

Melakukan uji coba pada turbin 4 pipa *pen stock* nomor 3 (jalur *output* pompa nomor 1).

1. Buka *kran* pipa *penstock* nomor 1 dan 2.
2. Pasangkan *digital volt meter* pada *output* tegangan turbin nomor 5 pipa *pen stock* nomor 3 (jalur *output* pompa nomor 1).
3. Hidupkan pompa dengan mengubah *power switch* pada posisi *on*.
4. Tutup *kran* pipa *penstock* nomor 4 (jalur *output* pompa nomor 2).
5. Buka *kran* pipa *penstock* nomor 3 (jalur *output* pompa nomor 1).
6. Tunggu selama 1 menit agar laju aliran air normal.
7. Setelah itu didapatkan hasil tegangan listrik dari turbin nomor 5 pipa *pen stock* nomor 3 (jalur *output* pompa nomor 1) tanpa beban.
8. Hidupkan inverter dengan merubah *power switch* inverter pada posisi *on*.
9. Lalu lakukan uji coba dengan lampu LED 3 Watt dengan pemasangan 1 sampai 5 lampu.
10. Perhatikan berapa jumlah lampu yang hidup ketika sumber tegangan listrik hanya dari turbin nomor 5 pipa *pen stock* nomor 3 (jalur *output* pompa nomor 1).
11. Matikan inverter dengan merubah *power switch* inverter pada posisi *off*.

Setelah didapatkan data hasil pengujian pada turbin nomor 4 pipa *pen stock* nomor 3, langkah selanjutnya melakukan uji coba pada turbin nomor 5 dan 6 pipa *pen stock* nomor 4 (jalur *output* pompa nomor 2).

1. Pasangkan *digital volt meter* pada *output* tegangan turbin 5 dan 6 pipa *pen stock* nomor 4 (jalur *output* pompa nomor 2).
2. Tutup *kran* pipa *penstock* nomor 3 (jalur *output* pompa nomor 1).
3. Buka *kran* pipa *penstock* nomor 4 (jalur *output* pompa nomor 2).
4. Tunggu selama 1 menit agar laju aliran air normal.
5. Setelah itu didapatkan hasil tegangan listrik dari turbin nomor 6 dan 7 pipa *pen stock* nomor 4 (jalur *output* pompa nomor 2) tanpa beban.
6. Hidupkan inverter dengan merubah *power switch* inverter pada posisi *on*.

7. Lalu lakukan uji coba dengan lampu LED 3 Watt dengan pemasangan 1 sampai 5 lampu.
8. Perhatikan berapa jumlah lampu yang hidup ketika sumber tegangan listrik hanya dari turbin nomor 6 dan 7 pipa *pen stock* nomor 4 (jalur *output* pompa nomor 2).
9. Matikan inverter dengan merubah *power switch* inverter pada posisi *off*.
10. Matikan pompa dengan mengubah *power switch* pada posisi *off*.
11. Lepaskan pompa dengan sumber listrik PLN.
12. Buka lubang pembuangan bak penampung bawah.
13. Kosongkan air pada bak penampung atas dan bawah.
14. Pengujian selesai.

Dari uji coba di atas, didapatkan data tegangan listrik sebagai berikut :

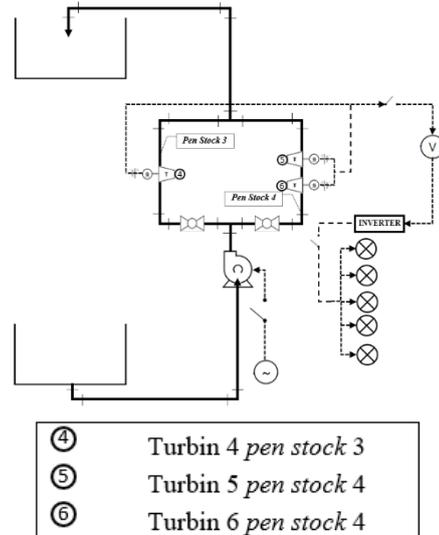


Gambar 13 Hasil Uji Coba Tegangan Listrik Pada *Pen Stock* 3



Gambar 14 Hasil Uji Coba Tegangan Listrik Pada *Pen Stock* 4

Gambar Diagram Sketsa Alur Kerja Berdasarkan Standar P&ID



Gambar 15 Diagram Kerja Alat PLTA Skala Laboratorium

Tabel 1 Pengertian Simbol-Simbol Gambar

LAMBANG	PENJELASAN
→	Jalur Pipa <i>Pen Stock</i>
→	Jalur Kelistrikan Alat
□	Bak Penampung Terbuka (<i>open tank</i>)
⊕	Generator
T	Turbin
⊗	Katup Bola / <i>Ball Valve</i>
P	Pompa / <i>Pump</i>
└┘	Sambungan <i>Elbow</i> 90°
├┤	Sambungan <i>Tee</i>
⊖	Sumber Tegangan DC
⊕	Sumber Tegangan AC
V	<i>Volt Meter</i>
⚡	Saklar / <i>Power Switch</i>
⊗	Lampu / <i>Lamp</i>

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Perancangan turbin pada penelitian kali ini menggunakan metode pengumpulan data observasi dan metode seleksi. Pengumpulan data turbin menggunakan metode observasi yang dilakukan untuk melihat ketersediaan beberapa turbin di pasaran. Lalu dari beberapa tipe turbin yang mendekati keinginan penulis dalam menentukan tipe turbin, penulis memilih tipe turbin GOSO F50-12V. Dengan spesifikasi sebagai berikut :



Gambar 16 Tipe Turbin GOSO F50-12V

Tabel 2 Spesifikasi Turbin GOSO F50-12V

DAFTAR	SPESIFIKASI
Tegangan Keluaran	12V
Arus Keluaran	220Ma
Ukuran Inlet	20mm
Ukuran Outlet	20mm
Resistensi Isolasi	10 M.ohm
Outlet Tekanan Maksimum	1.2Mpa
Mulai Tekanan Air	0.05Mpa

Spesifikasi Mekanis :

Tabel 3 Spesifikasi Mekanis Turbin GOSO F50-12V

DAFTAR	SPESIFIKASI
Penampilan	Permukaan Genset Bersih, Bebas Karat, Goresan, dan Struktur Kokoh
Jarak Aksial	0,2-1,0mm
Kebisingan Mekanis	< 55db
Berat Generator	Sekitar 90g

Analisa Hasil Perancangan

a. Turbin Impuls

Turbin Impuls 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 pada *nozzle*. Air keluar *nozle* yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (*impulse*).

b. Turbin Aliran Aksial

Turbin yang sejajar dengan arah putaran poros turbin. Turbin dengan aliran aksial digunakan untuk laju alir tinggi dan dengan perbedaan tekanan rendah (1-40 bar). *Axial-flow turbines* kebanyakan digunakan dalam aplikasi yang melibatkan *fluida* kompresibel. Dalam banyak penggunaan, efisiensi *Axial-flow turbines* lebih tinggi dibandingkan *radial-inflow turbines*

c. Turbin Pelton

Turbin Pelton termasuk jenis turbin *impuls* yang merubah seluruh energi air menjadi energi kecepatan sebelum memasuki *runner* turbin. Perubahan energi ini dilakukan didalam *nozzle* dimana air yang semula mempunyai energi potensial yang tinggi diubah menjadi energi kinetis. Pancaran air yang keluar dari *nozzle* akan menumbuk bucket yang dipasang tetap sekeliling runner dan garis pusat pancaran air menyinggung, lingkaran dari pusat *bucket*. Kecepatan keliling dari bucket akibat tumbukan yang terjadi tergantung dari jumlah dan ukuran pancaran serta kecepatannya. Kecepatan pancaran tergantung dari tinggi air di atas *nozzle* nya serta effisiensinya.

a. Mikrohidro

Mikrohidro adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak nya seperti, saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi tejunan (*head*) dan jumlah debit air

b. Mikrohidro Tertutup



Gambar 17 Mikrohidro Tertutup

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil perancangan dengan metode eksperimen dengan teknik observasi dan dokumentasi. Dan berdasarkan pembahasan pada bab sebelumnya, kesimpulan dari Perancangan Turbin Pada Alat Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Laboratorium menyimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Dalam penelitian ini penulis menggunakan jenis Turbin Goso F50-12V untuk merancang alat pembangkit listrik tenaga air dengan skala laboratorium.
2. Dengan menggunakan metode eksperimen dan pengumpulan data observasi dapat memudahkan penulis untuk mengumpulkan data, menguji dan menentukan rancangan turbin yang sesuai

- dengan alat pembangkit listrik tenaga air skala laboratorium.
3. Turbin GOSO F50-12V dijual dipasaran dalam negeri maupun luar negeri.
 4. Sebagai alat pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air sebagai penggerakannya.

Saran

Beberapa saran yang penting untuk penelitian pada bidang sejenis dengan penelitian ini atau yang ingin mengembangkan penelitian ini :

1. Sebelum mengoperasikan turbin, turbin ditutup terlebih dahulu agar air mengisi pipa *acrilic*, dengan begitu tidak akan terjadi pengurangan tekanan air jatuh yang disebabkan oleh *kavitasi*.
2. Untuk menjaga mesin agar tetap dapat berjalan normal harus dilakukan perawatan secara berskala.
3. Hanya digunakan dengan skala kecil dengan pipa $\frac{1}{2}$ inc dan $\frac{3}{4}$ inc.
4. Pembersihan berkala terhadap turbin dengan cara melepas generator dan membersihkan seluruh turbin dan *body* turbin agar tidak ada kotoran yang menghambat kinerja turbin.

DAFTAR PUSTAKA

- Sulis Tiyono. *Pembangkit Listrik Tenaga Air*. 2013. Diambil dari : <http://godamaiku.blogspot.co.id/2013/01/pembangkit-listrik-tenaga-air.html> (Diakses : 7 Juni 2016)
- Anonim. Kaplan-Turbine. 2016. Diambil dari : <https://de.wikipedia.org/wiki/Kaplan-Turbine?oldformat=true> (Diakses : 22 Juli 2016)
- Anonim. Kaplan turbine. 2016. Diambil dari : https://en.wikipedia.org/wiki/Kaplan_turbine (Diakses : 22 Juli 2016)
- Anonim. Francis turbine. 2016. Diambil dari : https://en.wikipedia.org/wiki/Francis_turbine (Diakses : 28 Juli 2016)
- Anonim. Jenis-jenis Turbin Air (PLTA/PLTMH). 2015. Diambil dari : <http://www.satuenergi.com/2015/04/jenis-jenis-turbin-air-pltapltmh.html> (Diakses : 23 Juli 2016)