

TUGAS AKHIR

Rancang Bangun Kincir Air Irigasi Sebagai Pembangkit Listrik di Desa Talawaan

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu
Persyaratan Dalam Menyelesaikan Pendidikan Diploma IV
Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro*



Oleh

Juneidy Yohanes Morong

NIM : 12 023 022

**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI MANADO**

2016

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam situasi sekarang ini dunia kebutuhan dalam faktor penggunaan listrik berperan penting dalam kebutuhan setiap masyarakat. Mikrohidro adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air. kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (resources) penghasil listrik ialah memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu dari instalasi. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik.

Biasanya Mikrohidro dibangun berdasarkan kenyataan bahwa adanya air yang mengalir di suatu daerah dengan kapasitas dan ketinggian yang memadai. Istilah kapasitas mengacu kepada jumlah volume aliran air persatuan waktu (flow capacity), sedangkan beda ketinggian daerah aliran sampai ke instalasi dikenal dengan istilah head. Mikrohidro juga dikenal sebagai white resources dengan terjemahan bebas bisa dikatakan "*energi putih*". Dikatakan demikian karena instalasi pembangkit listrik seperti ini menggunakan sumber daya yang telah disediakan oleh alam dan ramah lingkungan. Suatu kenyataan bahwa alam memiliki air terjun atau jenis lainnya yang menjadi tempat air mengalir. Dengan teknologi sekarang maka energi aliran air beserta energi perbedaan ketinggiannya

dengan daerah tertentu (tempat instalasi akan dibangun) dapat diubah menjadi energi listrik.

Air yang mengalir untuk mengalir sawah dengan sumber air yang mengalir kontinyu (terus menerus) dengan debit air yang cukup tidak mustahil untuk di bangun sebuah pembangkit listrik. Dengan latar belakang tersebut penulis tertarik untuk melakukan penelitian dan perancangan dengan judul ***“Rancang Bangun Kincir Air Irigasi Sebagai Pembangkit Listrik di desa Talawaan”***.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Menentukan besar energi air dan energi kincir untuk mendapatkan putaran turbin/kincir agar menghasilkan energi listrik.
2. Menentukan jenis turbin/kincir yang cocok dengan kondisi sumber air.
3. Menentukan kecepatan minimum putaran turbin/kincir.

1.3 Rumusan Masalah

Pada Penulisan Tugas Akhir ini permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menentukan besar energi air dan energi kincir?
2. Bagaimamana pemilihan Turbin/kincir yang cocok untuk digunakan pada saluran irigasi di Talawaan?
3. Bagaimana menentukan kecepatan turbin/kincir?

1.4 Pembatasan Masalah

Dalam penulisan penelitian ini penulis membatasi masalah pada pembahasan judul ini dikarenakan cakupan pembahasan pada judul ini cukup luas. Adapun pembahasannya hanya dibatasi pada :

1. Perancangan pembangkit listrik PLTMH dengan tenaga air
2. Perancangan Turbin/kincir
3. Konstruksi Turbinkincir

1.5 Manfaat Penelitian

Dari hasil Penelitian ini diharapkan dapat :

1. Memberikan bahan kajian untuk penelitian
2. Memberikan cahaya lampu sebagai penerang pada masyarakat sekitar.

1.6 Metode Penulisan

Agar lebih memudahkan dalam menyelesaikan penelitian ini, maka digunakan beberapa metode sehingga kajian yang dilakukan akan mencapai hasil yang lebih baik, yaitu :

1. Observasi Lapangan

Dilakukan untuk mengambil data secara langsung lokasi atau tempat pembangunan PLTMH di desa Talawaan.

2. Wawancara

Dilakukan untuk mengumpulkan data-data tambahan sebagai pelengkap pengembangan pembangkit listrik PLTMH.

3. Perencanaan

Dilakukan untuk mengambil data alat dan melengkapi secara langsung kondisi biaya untuk pembangunan PLTMH.

4. Kajian Pustaka

Mengkaji berbagai sumber teori-teori buku yang berkaitan dengan Pengembangan pembangkit listrik PLTMH.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah Penyusunan penelitian maka digunakan system bab demi bab yang merupakan salah satu rangkaian dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang, tujuan penelitian, rumusan masalah, pembatasan masalah, manfaat kegiatan, metode penelitian, sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini diuraikan tentang teori-teori dasar tentang pengertian klasifikasi PLTA, Kriteria PLTMH, kriteria dan

energi tenaga air (Hydropower), prinsip kerja dan komponen PLTMH, perkembangan turbin air, prinsip kerja turbin air, jenis-jenis turbin air, pengertian kincir air, pemilihan jenis kincir, Perbedaan turbin impuls dan turbin reaksi, pengertian kincir air, klasifikasi kincir air, jenis kincir air, kincir air sebagai pembangkit listrik, perumusan hitungan dan penunjang lainnya

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini diuraikan tentang metode penelitian turbin/kincir air, lokasi dan tempat rancang dan bangun turbin/kincir air, flow chart rancang dan bangun turbin/kincir, kincir undershot dan peralatan penelitian.

BAB IV PEMBAHASAN DAN PENGUJIAN TURBIN/KINCIR AIR

Pada bab ini berisikan tentang analisa pembahasan turbin/kincir air, konstruksi kincir undershot, konstruksi kedudukan kincir, analisa pengujian, parameter perhitungan kapasitas energi air, parameter perhitungan konstruksi kincir air, parameter pengujian transmisi mekanik kincir air,

BAB V PENUTUP

Berisikan kesimpulan dan saran yang erat kaitannya dengan penulisan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Air

2.1.1. Pengertian dan Kalasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air

Penggunaan energi air sebagai sumber energi sudah dilakukan sejak lama, salah satunya dimanfaatkan untuk pembangkit listrik tenaga air. Pembangkit listrik tenaga air memanfaatkan energi potensial dan energi kinetik air yang dikonversikan menjadi daya angular oleh turbin air. Sederhananya air yang bergerak menggerakkan turbin, turbin memutar generator dan energi listrik dihasilkan. Banyak komponen lain terdapat dalam sistem tetapi semuanya dimulai dengan energi pada air tersebut.

Pemanfaatan pembangkit listrik tenaga air diklasifikasikan menurut besarnya kapasitas daya yang dihasilkan. Klasifikasi umum pembangkit listrik tenaga air mengikuti sebagai berikut (Penche & Minas, 1998) :

Tabel 2.1 Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air

Tipe	Kapasitas
Pico Hidro	<500W
Mikro Hidro	1-100 KW
Mini Hidro	100-1000 KW
Small Hidro	1-15 KW
Medium Hidro	15-100 MW
Large Hidro	>100 MW

Berdasarkan tabel 2.1 klasifikasi pembangkit listrik tenaga air dapat dilihat fungsi dan keunggulan kapasitas dari beberapa hidro. Pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) merupakan pembangkit air yang memiliki kapasitas 1 KW sampai 100 KW, pembangkit ini merupakan tipe pembangkit tenaga air yang sesuai diterapkan di lokasi-lokasi yang memiliki tinggi jatuh rendah dan aliran air yang tidak terlalu banyak.

Pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan energi listrik. Pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) mempunyai kelebihan dalam hal biaya operasi yang rendah jika dibandingkan dengan Pembangkit Listrik Tenaga yang lain, karena mikro hidro memanfaatkan energi sumber daya alam yang dapat diperbarui, yaitu sumber daya air (Endardjo, et, all 1998). Dengan ukurannya yang kecil penerapan mikro hidro relative mudah dan tidak merusak lingkungan. Rentang penggunaannya cukup luas, terutama untuk menggerakkan peralatan atau mesin-mesin yang tidak memerlukan persyaratan stabilitas tegangan yang akurat (Endardjo, et, all 1998).

2.1.2. Kriteria Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Dalam mencapai tujuan pembangunan PLTMH harus dapat memenuhi beberapa kriteria yang dipandang sangat penting untuk di perhatikan. Dengan begitu kriteria yang harus diperhatikan yaitu :

1. Relatif harus dapat dibangun dibanyak tempat, oleh sebab itu harus memenuhi persyaratan teknis agar dapat dibangun dengan jangkauan jatuh yang rendah sehingga dapat dibangun dengan jangkauan lokasi lebih luas.
2. Biaya pembangunan serendah mungkin dan cepat pelaksanaan pembuatannya, oleh sebab itu harus dapat dibuat dalam negeri sendiri oleh tenaga-tenaga ahli dalam negeri., sehingga tidak memerlukan waktu impor yang cukup lama.
3. Proses pembuatannya harus dapat dibuat dimana-mana dan mudah dioperasikan, oleh karena itu konstruksinya harus muda dan sederhana dengan penggunaan teknologi tepat guna sehingga bengkel-bengkel dalam negeri mampu membuatnya.
4. Peralatan harus cukup andal karena pengoperasiaannya berada di daerah yang terisolir seperti daerah pegunungan dan berbukit untuk mendapatkan kecepatan aliran air.

2.1.3. Energi dari Tenaga Air (Hydropower)

Energi air merupakan kombinasi antara tinggi jatuh dan debit air. Besarnya energy air yang tersedia dari suatu sumber air tergantung pada besarnya tinggi

jatuh dan debit air. Keduanya diperlukan untuk bisa menghasilkan listrik. Tinggi jatuh merupakan tekanan air yang dihasilkan oleh perbedaan ketinggian antara muka air pada reservoir dan muka air keluar dari turbin. Sedangkan debit merupakan jumlah aliran (Volume per satuan waktu) yang melewati turbin. Tinggi jatuh dan debit merupakan dua hal yang sangat penting yang perlu diketahui dalam membangun suatu lokasi untuk pembangkitan listrik tenaga air.

2.1.4. Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Pembangkit listrik dari air bergantung pada ketersediaan tinggi jatuh dan debit. Keduanya harus tersedia untuk menghasilkan listrik. PLTMH pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air yang ada pada saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air yang bertekanan (dihasilkan oleh tinggi jatuh) menciptakan gaya yang memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya akan memutar generator yang menghasilkan listrik. Semakin tinggi jatuh atau semakin banyak debit air akan menghasilkan listrik yang lebih banyak.

2.1.5. Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Komponen utama PLTMH adalah sebagai berikut (IMIDAP,2008)

1. Saluran Pengambilan (*intake*) dan Bendungan (*weir*)
2. Bak Pengendap
3. Saluran Pembawa (*tinggi jatuhrace*)

4. Saluran Pelimpah (*spillway*)
5. Bak Penenang (*forebay*)
6. Pipa Pesat (*penstock*)
7. Rumah Pembangkit (*power house*)
8. Turbin Air
9. Generator
10. Peralatan Kontrol Listrik
11. Sistem Jaringan dan Distribusi Listrik

2.2 Turbin Air

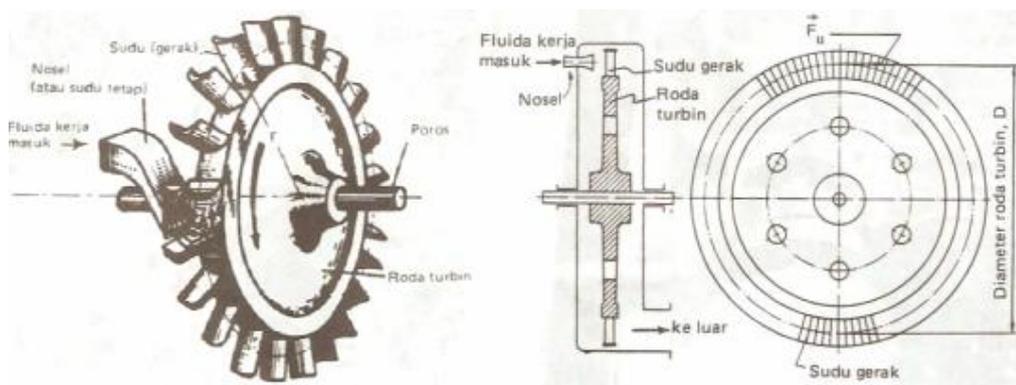
Turbin air merupakan suatu pembangkit mula-mula yang memanfaatkan energi potensial air menjadi energi mekanik dimana air memutar roda turbin. Air yang berada pada ketinggian tertentu memiliki energi potensial. Ketika air mengalir ke tempat yang lebih rendah energi potensial berubah menjadi energi kinetik. Oleh turbin air, energi kinetik dirubah menjadi energi mekanik.

Perkembangan turbin air sudah berlangsung lama. Jenis turbin air yang paling awal dan paling sederhana adalah waterwheel, pertama kali digunakan oleh orang-orang Yunani dan dipergunakan luas pada abad pertengahan di Eropa. Selanjutnya berangsur-angsur muncul berbagai jenis turbin air seperti turbin pelton yang ditemukan oleh *Lester A. Pelton* pada abad kesembilan belas dan turbin Kaplan yang ditemukan oleh *Viktor Kaplan* pada abad kedua puluh (Dixon & Hall, 2010).

2.2.1 Prinsip Kerja Turbin Air

Pada roda turbin terdapat sudu yaitu suatu konstruksi lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu, air sebagai fluida kerja mengalir melalui ruang diantara sudu tersebut, dengan demikian roda turbin akan dapat berputar dan pada sudu akan ada suatu gaya yang bekerja.

Gaya tersebut akan terjadi karena ada perubahan momentum dari fluida kerja air yang mengalir diantara sudunya. Sudu hendaknya dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat terjadi perubahan momentum pada fluida kerja air tersebut.



Gambar 2.1 Roda turbin

2.2.2 Jenis- Jenis Turbin

Pada umumnya turbin air dapat diklasifikasi menjadi 2 jenis dilihat dan kerja turbin dalam hal mengubah *tinggi jatuh* yaitu :

1. Turbin Impuls

Pada turbin impuls air dengan *tinggi jatuh* tertentu dirubah menjadi energy kinetik melalui nosel. Keluar dari nosel, pancaran air menumbuk sudu dan memutar poros kemudian mengalir dengan tekanan konstan. Beberapa jenis turbin yang termasuk turbin impuls adalah turbin turgo, turbin pelton dan turbin crossflow

2. Turbin Reaksi

Turbin reaksi bekerja dengan memanfaatkan perbedaan tekanan masuk dan keluar turbin. Pada sisi masuknya energi tekanan sebanding dengan energi kinetik. Pada saat Fluida melewati sudu turbin, energi tekanan dan energi kinetiknya dirubah menjadi energi mekanis dan secara bertahap tekanan yang keluar dari turbin berkurang. Jenis-jenis turbin reaksi diantaranya adalah Turbin Francis dan Propeller.

Pengertian dan kegunaan turbin diantaranya :

a. Turbin Pelton

Turbin Pelton adalah turbin untuk tinggi terjun yang tinggi, yaitu diatas 300 meter, tetapi untuk skala mikro head 20 meter sudah mencukupi. Teknik mengkonversikan energi potensial air menjadi energi mekanik pada roda air turbin dilakukan melalui proses impuls sehingga turbin

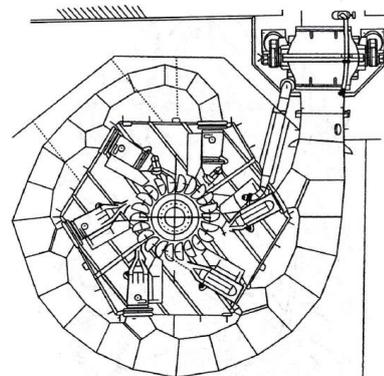
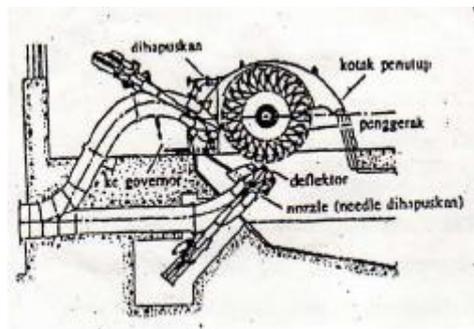
Pelton juga disebut sebagai turbin impuls. Bagian-bagian utama turbin

Pelton :

- a) Pipa nozzle dan lain lain yang diperlukan untuk mengarahkan aliran jet air.
- b) Runner yang menggunakan energi kinetis aliran jet (semburan) air.
- c) Kotak Penutup untuk mengamankan runner dan nozzle.
- d) Alat pengatur kecepatan (governor) agar kecepatan tetap sama pada beberapa bahan.

Untuk mendapatkan H efektif sebesar mungkin, turbin harus ditempatkan serendah mungkin. Keunggulan turbin Pelton dibanding turbin lainnya :

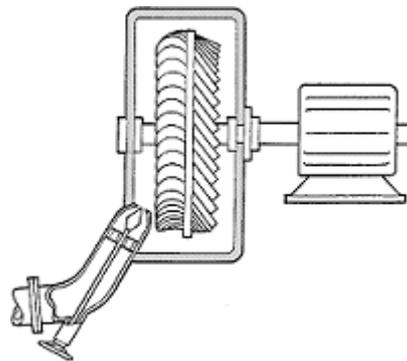
- a) Pengaturan kecepatan yang lebih baik.
- b) Konstruksi yang sederhana.



Gambar 2.2 Turbin Pelton, Dixson (2010:310)

b. Turbin Turgo.

Dapat beroperasi pada head 30 s/d 300 m. Seperti turbin pelton turbin turgo merupakan turbin impulse, tetapi sudunya berbeda



Gambar 2.3 Turbin Turgo

c. 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 20 litres/sec hingga 10 m³/sec dan head antara 1 s/d 200 m

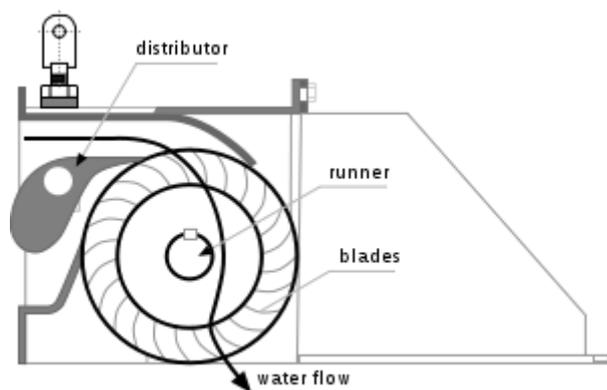


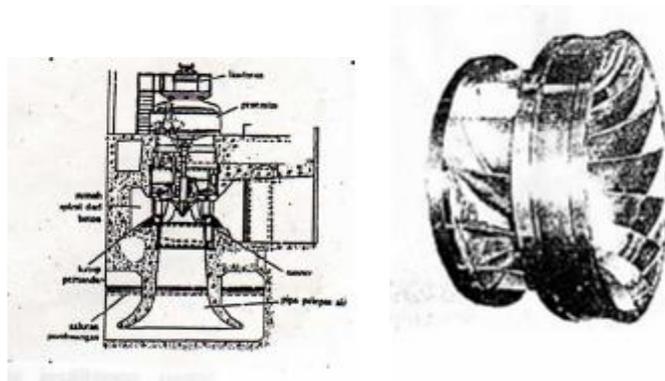
figure 6.7

Gambar 2.4 Turbin Crossflow.

d. Turbin Francis

Turbin Francis paling banyak digunakan di Indonesia. Turbin ini digunakan pada PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) dengan tinggi terjun sedang, yaitu antara 20-400meter, Turbin Francis digunakan untuk memanfaatkan energi potensial pada ketinggian menengah (dari beberapa puluh meter sampai 100 m). Selain itu turbin Francis dapat menghasilkan kecepatan putaran poros tinggi yang biasanya digunakan untuk menggerakkan generator. Teknik mengkonversikan energi potensial air menjadi energi mekanik pada roda air turbin dilakukan melalui proses reaksi sehingga turbin Francis juga disebut sebagai turbin reaksi. Bagian-bagian utama turbin Francis :

- a) Rumah spiral (scroll-case) yang menerima air dari pipa pesat dan mengarahkan aliran air ke turbin. Fungsi rumah spiral adalah membagi rata air yang diterima dari pipa pesat sekeliling turbin.
- b) Runner (sudu gerak) dan Sudu pengarah (*nozzle*) yang meneruskan air dari turbin ke saluran pembuangan. Dietzel (1996:47)

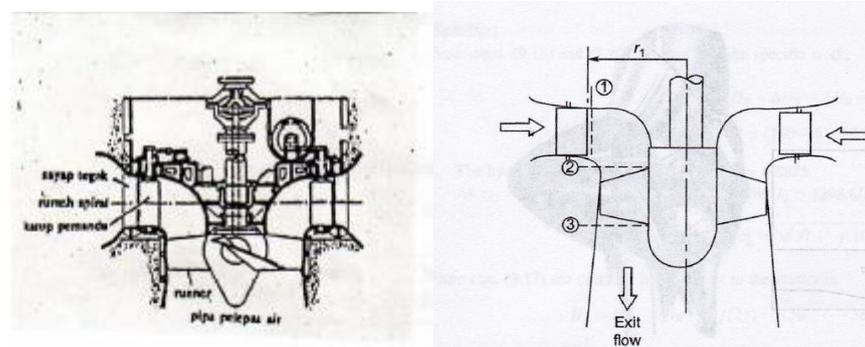


Gambar 2.5 Turbin Francis

e. Turbin Kaplan/Propeller

Disebut turbin Propeller apabila mangkok-mangkok turbinnya tetap, sedangkan turbin Kaplan memiliki mangkok-mangkok turbin yang dapat diatur. Turbin Kaplan/Propeller baik digunakan pada PLTA dengan tinggi terjun yang rendah, yaitu dibawah 20 meter. Teknik mengkonversikan energi potensial air menjadi energi mekanik pada roda air turbin dilakukan melalui pemanfaatan kecepatan air. Bagian-bagian utama sama dengan turbin Francis yaitu :

- a) Rumah spiral (scroll-case)
- b) Runner
- c) Pipa pelepas air (drafttube)



Gambar 2.6 Turbin Kaplan/Propeller, Dixon (2010:326)

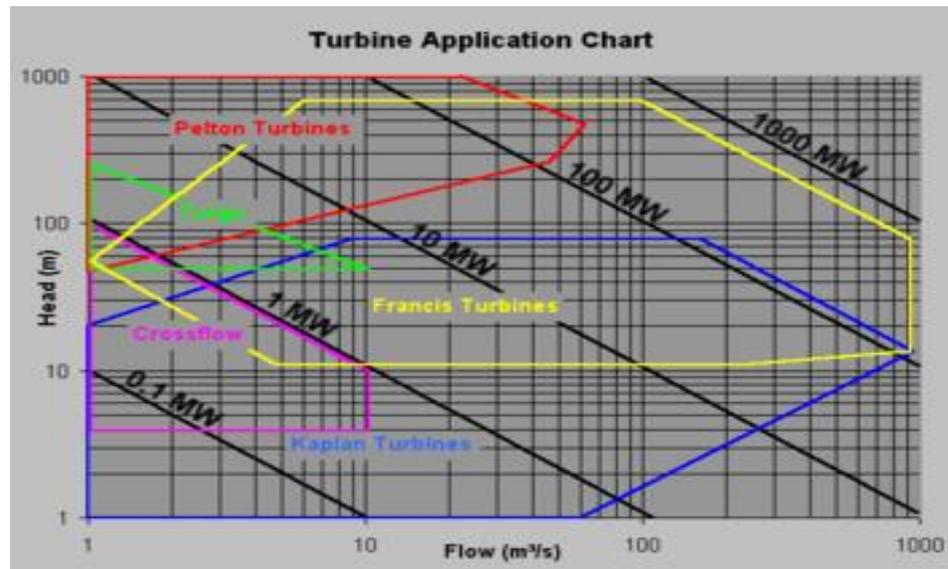
2.2.3 Pemilihan Jenis Turbin

Pemilihan Jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis-jenis turbin untuk desain yang sangat spesifik. Tahap awal,

pemilihan jenis turbin dapat diperhitungkan dengan memperhitungkan parameter-parameter khusus yang mempengaruhi sistem operasi turbin, yaitu :

1. Faktor tinggi jatuhan efektif air (*tinggi jatuh net*) atau aliran air (kecepatan) dan debit air yang akan mempengaruhi pemilihan jenis turbin. Sebagai salah satu contoh turbin pelton. yang beroperasi pelton yang beroperasi pada *tinggi jatuh* yang tinggi, sedangkan pada turbin propeller sangat efektif beroperasi pada *tinggi jatuh* yang rendah (percepatan aliran air) dengan jumlah debit air yang besar.
2. Faktor daya yang diinginkan berkaitan dengan debit dan *tinggi jatuh* yang tersedia.
3. Faktor kecepatan putar turbin yang akan ditransmisikan ke generator. Sebagai contoh, untuk system transmisi *direct couple* antara generator dan turbin pada *tinggi jatuh* rendah, sebuah turbin reaksi (propeller) dapat mencapai putaran yang diinginkan, sementara turbin pelton dan crossflow berputar sangat lambat (low speed) yang akan menyebabkan system tidak beroperasi.

Ketiga faktor diatas sering digunakan untuk menentukan (kecepatan spesifik turbin). Pemilihan jenis turbin dapat dilakukan dengan melihat grafik karakteristik hubungan antara *tinggi jauh net* (m) dan debit aliran (m^3/s) agar didapatkan jenis turbin yang cocok sesuai dengan kondisi pengoperasiannya (penche & minas, 1998)

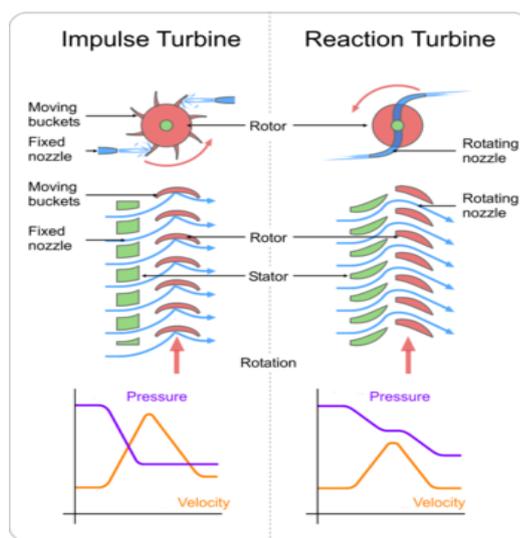


Gambar 2.7 Karakteristik Pemilihan jenis turbin tergantung pada tinggi jatuh (m) dan debit air (m^3/s) sungai.

2.2.4 Perbedaan Turbin Impuls dan Turbin Reaksi

Pada turbin impuls perubahan energi tekanan menjadi energi kinetik hampir seluruhnya terjadi pada sudu pengarah (*guide vane*), sedangkan pada sudu gerak tekanan dan kecepatan relatif fluida tidak berubah. Pada gambar 1.6 kecepatan yang terlihat pada grafik adalah kecepatan absolut fluida. Pada sudu gerak kecepatan absolut fluida berkurang karena digunakan untuk memutar poros turbin (berubah menjadi energi mekanik). Sedangkan pada turbin reaksi perubahan energi tekanan menjadi energi kinetik terjadi pada sudu pengarah dan sudu gerak. Pada turbin impuls ketika air melewati sudu pengarah (*nozzle*) kecepatan akan meningkat serta tekanannya akan turun. Ketika air melewati sudu pengarah tekanan dan kecepatan relatifnya tidak berubah. Sebaliknya pada turbin reaksi, ketika air melewati sudu pengarah (*nozzle*) tekanannya akan turun dan kecepatannya akan meningkat, demikian juga ketika air melewati sudu gerak

(*runner*) tekanannya juga turun dan kecepatan relatif fluida meningkat, bagaimanapun juga kecepatan absolut fluida menurun karena ada perubahan dari energi kinetik menjadi energi mekanik pada poros turbin.



Gambar 2.8 Grafik hubungan P-v pada turbin impuls dan reaksi, Arismunandar (1998)

2.3 Kincir Air

Kincir dapat didefinisikan sebagai peralatan mekanis berbentuk roda (wheel), dengan sudu (bucket atau vane) pada sekeliling tepi-tepinya yang diletakkan pada poros horisontal. Kincir air berarti kincir dengan media kerja air.

Data sejarah menunjukkan bahawa prinsip konversi energi air menjadi energi mekanik telah dikenal sejak lebih 2500 tahun yang lalu dengan memulai digunakannya kincir air sederhana yang terbuat dari kayu sebagai mesin pembangkit tenaga. Penggunaan kincir air diawali dari India, kemudian berkembang ke Mesir, dan berlanjut ke Eropa dan seterusnya merambat ke Amerika.

Rancangan yang sistematis dari kincir air dimulai abad ke 18 dimana banyak dilakukan riset untuk meningkatkan kinerja kincir air yang dirancang secara teoritis, dikembangkan oleh Poncelet dan banyak digunakan di Inggris pada awal abad 19 (Prayatno, 2007). Kincir dapat didefinisikan sebagai peralatan mekanis berbentuk roda (*wheel*), dengan sudu (*bucket* atau *vane*) pada sekeliling tepi-tepinya yang diletakkan pada poros horisontal. Kincir air berarti kincir dengan media kerja air, disamping ada juga kincir angin dengan media kerja angin. Pada kincir air, air beroperasi dengan tekanan atmosfer dan mengalir melalui sudu-sudu, yang mengakibatkan kincir berputar pada putaran tertentu. Air mengalir dari permukaan atas (*head race*) ke permukaan bawah (*tail race*) melalui sudu-sudu tersebut.

Sampai saat sekarang, penggunaan kincir air masih banyak ditemui karena sifat-sifatnya yang murah, sederhana, serta mudah dan murah dalam pembuatan dan perawatannya. Walaupun mempunyai banyak kekurangan dibandingkan dengan turbin air, teknologinya yang sangat sederhana ini cocok digunakan di daerah pedesaan yang terpencil, asalkan daerah tersebut memiliki potensi sumber tenaga air yang cukup terjamin.

Data sejarah menunjukkan bahwa prinsip konversi energi air menjadi energi mekanik telah dikenal sejak lebih 2500 tahun yang lalu dengan dimulai digunakannya kincir air sederhana yang terbuat dari kayu sebagai mesin pembangkit tenaga. Penggunaan kincir air diawali dari India, kemudian

berkembang ke Mesir, dan berlanjut ke Eropa dan seterusnya meramba ke Amerika.

Kincir air adalah yang pembuatannya paling banyak ditiru, yang bekerjanya memanfaatkan kapasitas air V . Faktor yang harus diperhatikan pada kincir air selain energi tempat adalah pengaruh berat air yang mengalir masuk ke dalam sel-selnya.

Air yang mengalir ke dalam dan ke luar dari kincir tidak mempunyai tekanan lebih, hanya tekanan atmosfer saja. Kecepatan air yang mengalir ke dalam kincir harus kecil, sebab bila kecepatannya besar ketika melalui sel air akan melimpah ke luar atau energi yang ada hilang percuma tak bisa dimanfaatkan airnya berolak.

Meskipun kincir air sudah usang, tapi pada kondisi yang tertentu di mana kemungkinan-kemungkinan lainnya tidak ada, kincir air tetap merupakan salah satu pilihan untuk digunakan. Tetapi di lain pihak kadang-kadang maksud utamanya adalah untuk mendapatkan energi yang sebesar-besarnya karena itu banyak kincir air yang diganti dengan turbin air.

Tinggi air jatuh yang bisa digunakan kincir air antara 0,1 m sampai 12 m (roda kincir yang besar), dan kapasitas airnya $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$ sampai $5 \text{ m}^3/\text{s}$. Pemakaian kincir adalah di daerah yang aliran airnya tidak tentu, berubah-ubah dan tinggi air jatuhnya kecil, bila perubahan kecepatan putar tidak mengganggu dan kecepatan putarannya kecil 2 putaran/menit sampai dengan 12 putaran/menit, serta daya pada poros transmisi masih bisa digunakan, misalnya di unit-unit kecil

penggilingan tepung, minyak dan lain-lain. Randemen kincir antara 20% sampai 80%. Untuk roda kincir yang kecepatan putarannya pelan bahannya dibuat dari kayu, tetapi apabila untuk tinggi air jatuh yang besar roda kincir dibuat dari besi.

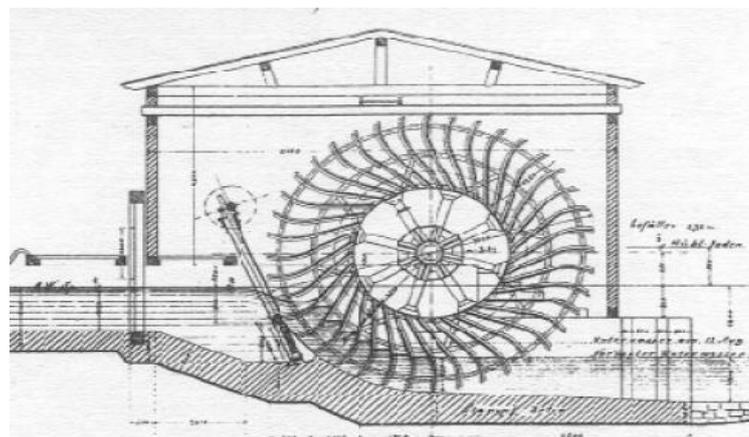
2.3.1 Klasifikasi Kincir atau Turbin Air Berdasarkan System Aliran Air

Pendorong:

Turbin air dapat diklasifikasikan berdasarkan sistem aliran air pendorong yaitu titik darimana air akan mendorong sudu kincir air. Berikut adalah klasifikasi turbin air berdasarkan titik penembak air pipa pesat.

1) Undershot :

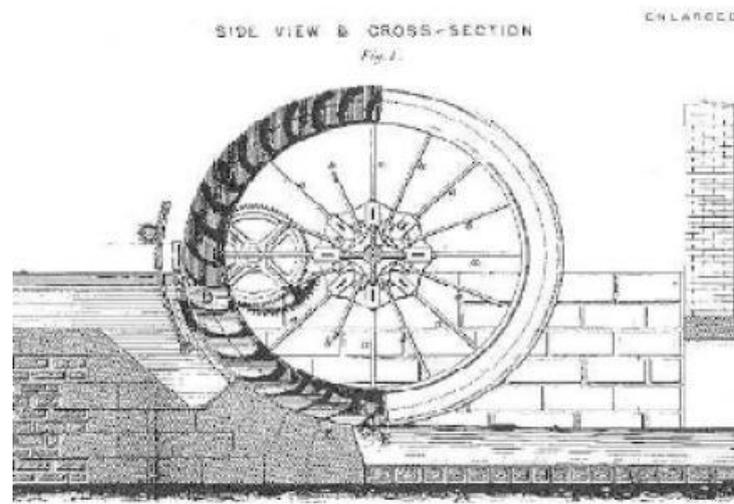
Gambar 2.9 merupakan kincir air tipe undershot, tipe undershot adalah tipe kincir air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian bawah kincir. Berikut adalah kincir air tipe undershot :



Gambar 2.9 Kincir Air Tipe *Undershot*

2) Breastshot :

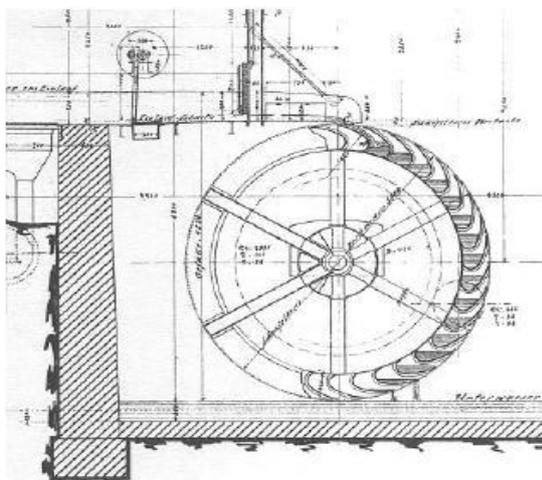
Gambar 2.10 merupakan kincir air tipe breastshot Tipe breastshot adalah tipe kincir air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian tengah kincir. Berikut adalah kincir air tipe breastshot :



Gambar 2.10 Kincir Air Tipe *Breastshot*

3) Overshot :

Gambar 2.11 merupakan kincir air tipe overshot, tipe overshot adalah tipe kincir air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian atas kincir. Berikut adalah kincir air tipe overshot :



Gambar 2.11 Kincir Air Tipe *Overshot*

Air yang melakukan kontak dengan sudu-sudu runner kincir air hanya mempunyai tekanan atmosfer, seperti gambar diatas ada 3 klasifikasi kincir yaitu overshoot, undershoot dan breastshoot.

2.3.2 Kincir Air sebagai Pembangkit Listrik

Kincir air digerakkan oleh tenaga aliran air yang beraliran deras yang dapat menyebabkan terdorongnya sudu-sudu kincir sehingga kincir berputar pada porosnya, yang kemudian pada poros kincir dipasang puli. Dimana putaran dari puli akan di teruskan ke generator menggunakan sabuk. Putaran tersebut akan memutar kumparan dari generator yang akan mendorong garis-garis medan magnetnya. Gerakan inilah yang menimbulkan gaya gerak listrik (GGL).

Ribuan tahun yang lalu manusia telah memanfaatkan tenaga air untuk beberapa keperluan, misalnya untuk menaikkan air keperluan irigasi, menggiling padi dan sebagainya. Di daerah, misalnya dari bambu atau kayu dengan diameter

yang besar masih dapat di lihat di sungai Hoang Ho (China), sungai Nil (Mesir) sungai Eufrat (Irak). (Patty, 1995)

Efisiensi roda air yang dijalankan oleh aliran air tanpa menggunakan seluruh potensi air yang terdapat dalam sungai, tertentu kecil sekali. Perbaikan cara ini dilakukan pada abad ke-15. Untuk menjalankan roda, dibuat saluran tersendiri dengan tiga macam roda air, sehingga menumbuk roda pada bagian atas, pada bagian trngah atau bagian bawahnya.

Pembangkit Listrik tipe Kincir air sangat mudah untuk digunakan pada kondisi debit air (Q), karena ada tiga tipe kincir air maka pemilihan kincir sangat efektif dalam melihat keunggulan dan kerugian dari masing-masing kincir yang ada ialah sebagai berikut :

1. Kincir air overshot

Kincir air overshot bekerja bila air yang mengalir ke dalam bagian sudu sudu sisi bagian atas dan karena gaya berat air roda kincir berputar. Kincir air overshot adalah kincir air yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan jenis kincir air yang lain.

Keuntungan :

- a. Tingkat efisiensi yang tinggi dapat mencapai 85 %
- b. Tidak membutuhkan aliran yang deras.
- c. Konstruksi yang sederhana
- d. Mudah dalam perawatan
- e. Teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terisolir.

Kerugian :

- a. Karena aliran air berasal dari atas maka biasanya reservoir air atau bendungan air memerlukan investasi lebih banyak
- b. Tidak dapat untuk mesin putaran tinggi
- c. Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan.

2. Kincir Air Undershot

Kincir air undershot bekerja bila air yang mengalir menghantam dinding sudu yang terletak pada bagian bawah dari kincir air. Tipe ini cocok dipasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata. Tipe ini disebut juga dengan "*vitruvian*". Disini aliran air berlawanan dengan arah sudu yang memutar kincir.

Keuntungan:

- a. Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan.
- b. Konstruksi lebih sederhana
- c. Lebih ekonomis
- d. Mudah untuk dipindahkan

Kerugian:

- a. Efisiensi kecil (25%-70%)
- b. Daya yang dihasilkan relative kecil

3. Kincir Air Breastshot

Kincir air breast shot merupakan perpaduan antara tipe overshoot dan undershot dilihat dari energi yang diterimanya.

Keuntungan:

- a. Tipe ini lebih efisiensi dari tipe undershot
- b. Dibandingkan tipe overshoot tinggi jatuhnya lebih pendek
- c. Dapat diaplikasikan pada sumber air aliran rata

Kerugian:

- a. Sudu-sudu dari tipe ini tidak rata seperti tipe undershot (lebih rumit)
- b. Diperlukan pada arus aliran rata
- c. Efisiensi lebih kecil daripada tipe overshoot (20% - 75%)

2.4 Rumus Perhitungan

Pada Penelitian ini parameter perhitungan yang digunakan ialah parameter kincir air tipe undershot, sehingga parameter perhitungan yang digunakan ialah sebagai berikut :

1) Potensi Energi Air (E_k)

Potensi energi air selain memanfaatkan air jatuh, energi air juga dapat diperoleh dari aliran air datar. Dalam hal ini energi yang tersedia merupakan energi kinetik (Yusri, 2004).

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

E = energi Kinetik (Joule)

V = kecepatan aliran air (m/s)

2) Luas Penampang Pipa A (m^2)

$$A = \frac{1}{4} \pi D_{\text{pipa}}^2 \dots\dots\dots (2.2)$$

3) Kecepatan Air (m/s)

$$V = \frac{s}{t} \dots\dots\dots (2.3)$$

4) Perumusan Debit Air (Q)

$$Q = A \times V \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana : A = Luas Penampang yang dilalui Air (m^2)

V = Pengukuran Kecepatan Air (m/s)

Q = Debit air (m^3/s)

5) Perumusan Daya Air (P_{air})

Kapasitas aliran yang dihasilkan dari parameter perhitungan mendapatkan

Debit (Q), maka energi yang dihasilkan aliran air pada pipa ialah :

$$P = \frac{1}{2} \rho Q V^2 \text{ Atau } P = \frac{1}{2} \rho A V^3 \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana : $P = \text{Daya Air (Watt)}$ $A = \text{Luas Tabung Pipa (m}^2\text{)}$
 $Q = \text{Debit Air (m}^3\text{/s)}$ $V = \text{Kecepatan Air (m/s)}$

6) Jarak Antar Sudu (D_r)

Perhitungan untuk mendapatkan jarak antar sudu yang dibutuhkan untuk memutar kincir berdasarkan konstruksi kincir dan rancangannya serta nilai rata - ratanya (D_r) adalah:

$$D_r = \frac{D_1 + D_2}{2} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana : $D_r = \text{Diameter rata-rata (m)}$
 $D_1 = \text{Diameter Luar Kincir (m)}$
 $D_2 = \text{Diameter Dalam Kincir (m)}$

$$t_1 = \frac{D_1 \times \pi}{Z} \qquad t_2 = \frac{D_2 \times \pi}{Z} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

$t_1 = \text{Jarak antar sudu dalam (m)}$ $t_2 = \text{Jarak antar sudu luar (m)}$

7) Rancang Kincir Pengukuran Berat kincir (Kg)

$$A_1 = \pi r_1^2 \text{ dan } A_2 = \pi r_2^2 \dots\dots\dots (2.8)$$

$$A_{\text{total}} = A_1 - A_2 \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\text{Volume} = A_{\text{total}} \times \text{Lebar Kincir} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$B_{\text{kincir}} = \text{Volume} \times \text{Berat Jenis Baja} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana : $A_1 = \text{Luas Tabung Luar (cm}^2\text{)}$
 $A_2 = \text{Luas Tabung Dalam (cm}^2\text{)}$

$$A_{\text{total}} = \text{Rata Rata luas Tabung (cm}^2\text{)}$$

$$\text{Volume} = A_{\text{total}} \times \text{lebar (cm}^3\text{)}$$

$$B_{\text{kincir}} = \text{Volume} \times \text{Berat jenis baja (kg)}$$

$$\text{Berat jenis baja} = 0.0074 \times 10\%$$

8) Kecepatan Keliling Kincir (U_1)

Besarnya kecepatan keliling kincir dapat dihitung melalui persamaan

(Nababan 2012) :

$$U_1 = \frac{V_1 \times \cos a_1}{2} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana : U_1 = Kecepatan Keliling Kincir (m/s)

V_1 = Kecepatan air (m/s)

a_1 = Kemiringan Sudu 20°

9) Putaran kincir: (n)

$$n = \frac{60 \times U_1}{\pi D_1} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana : n = Putaran Kincir (Rpm)

U_1 = Kecepatan keliling kincir (m/s)

D_1 = Diameter luar kincir (m)

10) Jumlah Sudu yang Aktif (i)

$$n \text{ (dalam rps)} = \frac{n \text{ (dalam rpm)}}{60} \dots\dots\dots (2.14)$$

$$i = n \text{ (dalam rps)} \times Z \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana :

i = jumlah sudu yang aktif

Z = Jumlah sudu kincir

11) Kapasitas air diterima oleh tiap-tiap sudu (q)

$$q = \frac{Q}{i} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana :

q = kapasitas air (m³/s)

i = jumlah sudu yang aktif

12) Tebal Pancaran Air yang Memasuki Lorong Sudu (S₀)

$$S_0 = t_1 \sin a_1 \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana :

S₀ = Pancaran air (m)

t₁ = Jarak antar sudu dalam (m)

13) Gaya Tangensial (F)

$$F = m \cdot V \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana :

F = Gaya (N)

m = massa air (kg)

14) Jari-jari kincir air (r_x)

Perhitungan untuk mengetahui jari jari yang tersedia pada kincir air ialah sebagai berikut :

$$r_x = \frac{r_2 - r_1}{2} + r_1 \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana :

r_x = Jari jari rata-rata (m)

r_1 = jari – jari sisi dalam (m)

r_2 = jari – jari sisi luar (m)

15) Energi pada kincir air (P_{kincir})

Perhitungan untuk mengetahui energi yang tersedia pada kincir air ialah sebagai berikut :

$$P_{kincir} = T \times \omega \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana :

T = Torsi (Nm)

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

Untuk mengetahui energi kincir air yang tersedia, terlebih dulu menghitung parameter perumusan Torsi antara lain :

$$T = F \times r \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana :

T = Torsi (Nm)

F = Gaya tangensial (N)

R = Jari-jari kincir (m)

16) Energi Generator ($E_{generator}$)

$$E_{generator} = \frac{1}{2} P_{kincir} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana :

P_{kincir} = Energi daya kincir (Watt)

17) Putaran Generator ($Rpm_{generator}$)

Perhitungan untuk mengetahui putaran (rpm) generator sesuai dengan spesifikasi generator yang dipakai dengan menghitung transmisi perbandingan pulley yang digunakan.

$$n_{generator} = \frac{n_1}{n_3} = \frac{D_1}{D_2} \times \frac{D_3}{D_4} \dots\dots\dots (2.23)$$

$$n_{generator} = n_3 = n_1 \frac{D_1}{D_2} = n_2 \frac{D_3}{D_4}$$

Dimana : n_1 = Putaran Kincir (rpm) n_3 = Putaran Generator (rpm)

D_1, D_2, D_3, D_4 = Diameter pulley (Inch)

