

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Hasil Penelitian Sebelumnya

Mahalla, Suharyanto, dan M.Isnaeni B.S telah melakukan penelitian pada tahun 2013 tentang evaluasi kinerja IMAG (*Induction Motor as Asynchronous Generator*) pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro di daerah Cokro Tulung Kabupaten Klaten. IMAG atau motor induksi yang digunakan sebagai generator asinkron telah banyak digunakan pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) dengan kapasitas dibawah 100 kW. Alasan populernya penggunaan IMAG adalah karena kemampuan untuk menghasilkan listrik dari variabel kecepatan serta kecepatan konstan penggerak mula, biaya yang murah, perawatan yang mudah, tidak memerlukan sumber DC untuk eksitasi, perbaikan kinerja karena impedansi transient yang rendah, perlindungan alami terhadap hubung singkat, serta banyak terdapat di pasaran. Kekurangan utamanya adalah pengaturan tegangan dan frekuensi pada saat terjadi perubahan beban dan kecepatan penggerak mula.

Pada penelitiannya, Mahalla menggunakan motor induksi fasa tiga rotor sangkar dengan spesifikasi: $P=30$ kW; $I=99/57,3$ A; $V=220/380$ V; $f=50$ Hz; $n=1425$ rpm. Evaluasi kinerja dari IMAG pada sistem PLTMh perlu dilakukan, yaitu analisis stabilitas tegangan dan frekuensi dan analisis beban harian. Berdasarkan analisis sistem secara umum, efisiensi total IMAG adalah 47,38 % dan posisi ruang turbin dan IMAG masih jauh dari area banjir, sehingga tinggi jatuh

(head) dapat ditingkatkan 1 meter menjadi 2,21 meter, hal ini dapat meningkatkan daya potensial dan daya terbangkit sebesar 82,56 %. Berdasarkan analisa beban harian, perubahan beban utama mempengaruhi perubahan tegangan dan frekuensi output dari IMAG, hal ini disebabkan karena pengontrol beban yang ada sekarang tidak bisa bekerja dengan baik untuk mengalihkan perubahan beban utama ke beban semu (*ballast load*). Ada beberapa metode yang bisa dilakukan untuk mengontrol tegangan dan frekuensi, salah satu metode adalah dengan mengatur beban (*dummy load*). Hasil analisa akan dijadikan rekomendasi untuk perbaikan PLTMh sehingga ketidakstabilan tegangan dan frekuensi bisa diatasi untuk menjamin mutu listrik yang dihasilkan oleh IMAG pada sistem PLTMh.

Rahmi Berlianti pada tahun 2015 melakukan penelitian tentang analisis motor induksi fasa tiga tipe rotor sangkar sebagai generator induksi dengan variasi hubungan kapasitor untuk eksitasi. Motor induksi fasa tiga dapat dioperasikan sebagai generator induksi fasa tiga. Kecenderungan menggunakan generator induksi (rotor sangkar) sebagai pengganti generator sinkron juga semakin meningkat khususnya untuk PLTMh kecil dengan beban penerangan (resistif). Hal ini dikarenakan alasan perawatannya rumit, susah didapat dipasaran, dan harganya mahal. Generator induksi penguatan sendiri, memiliki banyak keuntungan dibandingkan dengan generator sinkron. Akan tetapi generator induksi menawarkan regulasi tegangan yang lemah dan nilainya bergantung pada kecepatan penggerak, kapasitor, dan beban. Pada penelitiannya, Rahmi menggunakan motor induksi fasa tiga rotor sangkar dengan spesifikasi: $P=0,9$ kW; $I=2,7$ A; $pf=0,84$; $f=50$ Hz sebagai generator induksi, dengan variasi hubungan kapasitor dimana nilai

kapasitansi untuk hubungan Bintang $25\mu\text{F}$, Delta $8\mu\text{F}$, dan C-2C $8\mu\text{F}$ dan $16\mu\text{F}$ untuk beban R-RL yang variatif. Dan dari ketiga hubungan kapasitor tersebut yang lebih baik adalah hubungan bintang dengan kapasitansi $25\mu\text{F}$.

Penelitian yang dilakukan oleh Efrita Arfa Zuliari dan Ali Khomsah pada tahun 2014 yaitu tentang perencanaan turbin *cross-flow* sudu bambu sebagai pembangkit listrik tenaga pikohidro kapasitas 200 Watt. Pada penelitiannya, Efrita dan Ali merancang dan menguji seperangkat alat pembangkit listrik pikohidro dengan sudu turbin yang terbuat dari bahan bambu. Pengujian yang telah dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja perangkat pembangkit listrik terkait daya dan efisiensi. Pengujian dilakukan dengan mensimulasikan energi kinetik air yang berasal dari pompa sebagai penggerak turbin yang kemudian menggerakkan generator. Hasil dari pengujian dengan memvariasikan rasio pulley terjadi peningkatan tegangan dan daya output. Pada beban nol *output* tegangan maksimum sebesar 223 Volt, pada rasio pulley 1:4,5 dapat menyalakan beban lampu maksimum sebesar 200 watt dengan aktual daya dan efisiensi total maksimal masing-masing sebesar 74,04 watt dan 23,3 %. Efisiensi total maksimum sebesar 29% terjadi pada rasio pulley 1:3,5.

Machmud Effendy (2009) pada penelitiannya tentang rancang bangun motor induksi sebagai generator (MISG) pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro, menyebutkan bahwa Tegangan keluaran MISG sangat dipengaruhi besar beban. Semakin besar beban, tegangan semakin kecil. Hal itu disebabkan generator induksi tidak memiliki sistem eksitasi yang dapat dikendalikan. Rangkaian IGC (*Induction Generator Controller*) dan beban komplemen dapat

digunakan untuk mengendalikan tegangan sehingga kualitas tegangan dan frekuensi MISG menjadi lebih baik. Pengendali tegangan menggunakan IGC dan beban penyeimbang pada dasarnya mengatur pembebanan sehingga MISG merasakan beban yang relatif konstan meskipun beban konsumen berubah-ubah. Rangkaian IGC yang dibuat mampu memberikan kestabilan tegangan (meskipun beban konsumen berubah-ubah) dengan nilai tegangan sebesar 220,9 V sampai dengan 224,7 V. Sedangkan kestabilan frekuensi dengan nilai sebesar 49,1 Hz sampai dengan 50,5 Hz.

Aprilia Reska telah melakukan penelitian tentang perhitungan potensi energi air pada pembangkit listrik tenaga piko hidro (PLTPh) di Desa Padayo Kecamatan Lubuk Kilangan, pada tahun 2016. Pembangkit listrik piko hidro adalah istilah yang digunakan untuk pembangkitan listrik tenaga air dengan kapasitas di bawah 5 kW. Aliran air untuk Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro (PLTPh) tidak harus memanfaatkan aliran air yang deras, tapi dapat memanfaatkan air yang berasal dari saluran irigasi maupun sungai yang ada. Air yang mengalir mempunyai potensial untuk pembangunan sebuah PLTPh. Untuk itu dilakukan pengukuran debit air dan tinggi jatuh (*head*) airnya terlebih dahulu. Dalam pengukuran debit dan head ini ada banyak metode yang dapat digunakan.

Pengukuran debit pada PLTPh Padayo menggunakan metode tampungan air dikarenakan kontur aliran air yang berliku-liku dan tidak rata, dengan alasan yang sama untuk pengukuran head dan menggunakan paling sederhana yaitu waterpass dengan bambu sebagai tiang. PLTPh Desa Padayo memiliki debit air 20 L/detik, dan memiliki saluran air atau bak penampung yang terletak pada ketinggian 28,5

meter dengan kemiringan/sudut elevasi 22° dan tinggi jatuh air 11,2 meter. Semakin cepat kecepatan air dalam pipa pesat maka debit air akan semakin besar. Hal-hal yang mempengaruhi besar kecil nya debit air adalah kecepatan air pada pipa pesat, diameter pipa yang digunakan, sudut elevasi, tinggi jatuh air, dan volume air. Generator yang digunakan pada PLTPH Desa Padayo adalah generator 3 kW. Daya yang dibangkitkan oleh PLTPH Desa Padayo saat pengujian adalah 818 Watt.

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu

No.	Nama Peneliti	Judul	Metode	Hasil
1.	Mahalla, Suharyanto, M.Isnaeni B.S	Evaluasi Kinerja IMAG pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Cokro Tulung Kabupaten Klaten	1. Menghitung nilai kapasitor yang ditambahkan 2. Membuat alat pengontrol beban pada PLTMh	1. Dengan menambah tinggi jatuh (<i>head</i>) setinggi 1 meter, dapat meningkatkan daya potensial dari pembangkit. 2. Perubahan beban mempengaruhi tegangan dan frekuensi output dari IMAG, hal ini disebabkan karena pengontrol beban yang ada tidak dapat bekerja dengan baik dalam mengatur beban.
2.	Rahmi Berlianti	Analisis Motor Induksi Fasa Tiga Tipe Rotor Sangkar Sebagai Generator Induksi Dengan Variasi Hubungan Kapasitor Untuk Eksitasi	Penambahan kapasitor pada motor induksi tiga fasa, dihubungkan secara bintang, delta dan C-2C	Penggunaan motor induksi sebagai generator hanya digunakan untuk daya-daya yang kecil saja. Karena tegangan keluaran generator sangat dipengaruhi oleh besarnya beban.

3.	Efrita Arfa Zuliari dan Ali Khomsah	Perencanaan Turbin <i>Cross-Flow</i> Sudu Bambu Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga <i>Pico Hydro</i> Kapasitas 200 Watt	Survei potensi, perhitungan daya terpakai, penentuan jenis turbin yang digunakan, dan memvariasikan perbandingan pulley transmisi.	1. Tegangan output meningkat dengan meningkatnya. rasio perbandingan pulley transmisi, hal tersebut beralasan karena tegangan listrik merupakan fungsi putaran. 2. Beban lampu sebesar 200 Watt tercapai pada perbandingan <i>pulley</i> 1:4,5 dengan daya terukur sebesar 74,04 Watt.
4.	Machmud Effendy	Rancang Bangun Motor Induksi Sebagai Generator (MISG) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro	1. Menggunakan kapasitor sebagai sumber daya reaktif. 2. Membuat alat pengontrol tegangan dan beban komplemen.	Tegangan keluaran MISG sangat dipengaruhi besar beban. Semakin besar beban, tegangan semakin kecil. Hal itu disebabkan generator induksi tidak memiliki sistem eksitasi yang dapat dikendalikan
5.	Aprilia Reska	Perhitungan Potensi Energi Air Pada Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPH) Di Desa Padayo Kecamatan Lubuk Kilangan	Pengukuran debit air menggunakan metode tampungan air sedangkan untuk pengukuran <i>head</i> menggunakan bambu sebagai tiang.	PLTPH Desa Padayo memiliki debit air 20 liter/detik, dan memiliki bak penampung yang terletak pada ketinggian 28,5 meter dengan kemiringan/sudut elevasi 22° dan tinggi jatuh air 11,2 meter.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, pada penelitian ini akan dirancang model sistem PLTPh menggunakan motor induksi satu fasa ukuran $\frac{1}{4}$ HP. Sistem PLTPh ini dibuat dalam bentuk *prototype*, karena PLTPh ini digunakan untuk beban dengan kapasitas 100 Watt.

B. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

PLTA memanfaatkan energi potensial dan energi kinetik dari air, baik dari bendungan, air terjun maupun aliran sungai. Energi potensial dan energi kinetik dari air dirubah menjadi energi mekanik oleh turbin air dan kemudian energi mekanik dirubah menjadi energi listrik oleh generator (Basori,2016).

Mahalla (2013) menyatakan bahwa kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (*resources*) penghasil listrik adalah yang 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.

Menurut Mesonyi, berdasarkan *output* yang dihasilkan, pembangkit listrik tenaga air dibedakan menjadi 6, yaitu:

1. Large-Hidro : > 100 MW
2. Medium-Hidro : antara 15 – 100 MW
3. Small-Hidro : antara 1 – 15 MW
4. Mini-Hidro : > 100 kW dan < 1 MW
5. Mikro-Hidro : antara 5 kW - 100 kW
6. Piko-Hidro : antara 100 W - 5 kW.

1. Pengertian Pikohidro

Pikohidro adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air, yang mempunyai daya dari ratusan Watt hingga 5 kilo Watt. Secara teknis, pikohidro mempunyai tiga komponen utama yaitu air sebagai sumber energi, turbin dan generator (Aprilia,2016). Skema PLTPh ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Skema PLTPh
(Sumber:www.getsttpln.com)

Biasanya Pikohidro 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 per-satuan waktu (*flow capacity*) sedangkan beda ketinggian daerah aliran sampai ke instalasi dikenal dengan istilah *head* (Mahalla,2013).

Di samping faktor geografis (tata letak sungai), tinggi jatuhan air dapat pula diperoleh dengan membendung aliran air sehingga permukaan air menjadi tinggi. Air akan dialirkan melalui pipa pesat menuju rumah pembangkit (*power house*), air

akan menggerakkan poros turbin yang akan menghasilkan energi mekanik dan akan diubah menjadi energi listrik oleh generator. Daya listrik yang dihasilkan oleh generator sebuah pembangkit pikohidro berkisar antara 100 W hingga 5 kW. Daya ini relatif kecil dikarenakan *head* yang kecil dan peralatan yang umumnya berkapasitas kecil, sehingga area yang digunakan untuk pembangunan sebuah pembangkit pikohidro juga tidak memakan banyak tempat (Aprilia,2016).

2. Kapasitas Aliran Air (Debit)

Menurut hidrologi, debit air sungai adalah tinggi permukaan air sungai yang terukur oleh alat ukur permukaan air sungai. Dalam pengertian yang lain debit atau aliran sungai adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Dalam sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik ($m^3/detik$). Debit aliran dapat dijadikan sebuah alat untuk memonitor dan mengevaluasi rencana air suatu kawasan melalui pendekatan potensi sumber daya air permukaan yang ada.

Pengukuran debit aliran sungai biasanya dilakukan dengan menggunakan alat pelampung dan *stop watch*, pengukuran dilakukan pada titik tertentu. Dan bisa dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = V \cdot A \quad (1)$$

Keterangan:

Q = Debit Aliran (m^3/s)

V = Kecepatan Aliran (m/s)

A = Luas Penampang (m^2)

3. Tinggi Jatuh (*Head*)

Dalam Waisnawa (2012), Fatma menyatakan bahwa *head* merupakan energi spesifik yang dinyatakan dalam satuan meter, dengan kata lain adalah energi per satuan berat jenis fluida. *Head* yang diukur disini adalah *head* statis yaitu berupa elevasi dari permukaan air sumber dan elevasi dari masing-masing komponen PLTMH yang akan dipasang.

C. Turbin Air

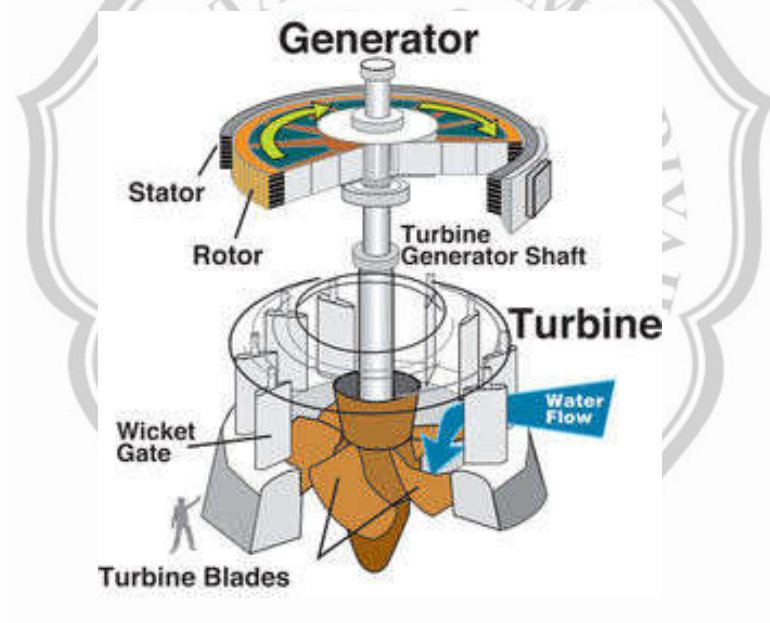
Turbin air merupakan alat yang bekerja berdasarkan tekanan air yang dihasilkan oleh adanya perbedaan ketinggian dan diarahkan pada sudu-sudu yang terdapat pada turbin, yang kemudian mengubah energi aliran air menjadi energi mekanik yaitu putaran poros. Putaran poros ini dapat dimanfaatkan untuk berbagai hal, sebagian besar putaran poros turbin air dimanfaatkan untuk memutar generator sebagai pembangkit tenaga listrik. Selain itu pada turbin juga dilengkapi dengan alat yang disebut *governor*, berfungsi sebagai pengatur tekanan air pada sudu-sudu.

Dengan berkembangnya ilmu mekanika fluida dan hidrolika serta memperhatikan sumber energi air yang banyak tersedia di wilayah pedesaan, akhirnya banyak penelitian tentang perencanaan turbin yang divariasikan terhadap tinggi jatuh (*head*) dan debit air yang tersedia. Hal ini dalam rangka usaha mendapatkan efisiensi turbin yang maksimum.

Pada uraian berikut akan dijelaskan pengklasifikasian turbin air:

1. Turbin Kaplan

Turbin ini mempunyai roda jalan yang mirip dengan baling-baling pesawat terbang. Sesuai dengan persamaan Euler (metode Euler) dimana semakin kecil tinggi air jatuh yang tersedia, maka semakin sedikit belokan 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 yang demikian bisa ditentukan lebih tinggi. Kecepatan spesifik bertambah, kelengkungan sudu, jumlah sudu, dan belokan aliran air di dalam sudu berkurang.

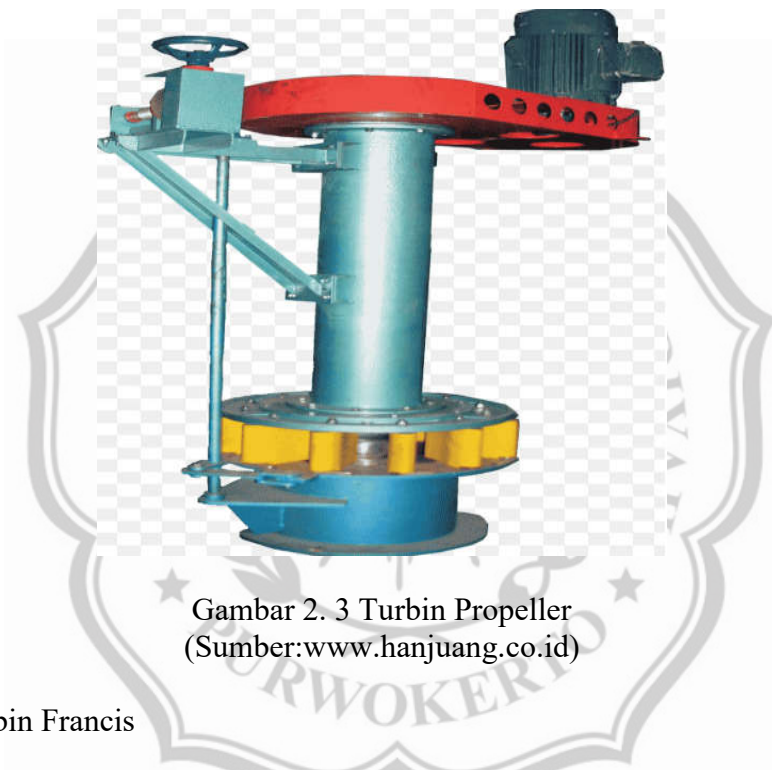


Gambar 2. 2 Turbin Kaplan
(Sumber:www.satuenergi.com)

2. Turbin Propeller

Pada dasarnya turbin propeller terdiri dari sebuah propeller (baling-baling), yang sama bentuknya dengan baling-baling kapal laut, yang dipasang pada tabung setelah pipa pesat. Poros turbin menyambung keluar

dari tabung. Turbin propeller biasanya mempunyai tiga sampai enam sudu, biasanya tiga sudu untuk turbin yang mempunyai *head* sangat rendah dan aliran air diatur oleh sudu statis atau *wicket gate* yang dipasang tepat di hulu propeller. Turbin propeller ini dikenal sebagai *fixed blade axial flow turbine* karena sudut sudu rotornya tidak dapat diubah. Efisiensi operasi turbin pada beban sebagian (*part-flow*) untuk turbin jenis ini sangat rendah.



Gambar 2. 3 Turbin Propeller
(Sumber: www.hanjuang.co.id)

3. Turbin Francis

Turbin Francis bekerja dengan memakai proses tekanan lebih. Pada waktu air masuk ke roda jalan, sebagian dari energi tinggi jatuh telah bekerja di dalam sudu pengarah diubah sebagai kecepatan air masuk. Sisa energi tinggi jatuh dimanfaatkan dalam sudu jalan, dengan adanya pipa hisap memungkinkan energi tinggi jatuh bekerja di sudu jalan dengan semaksimum mungkin. Turbin yang dikelilingi dengan sudu pengarah semuanya terbenam dalam air. Air yang masuk kedalam turbin dialirkan

melalui pengisian air dari atas turbin (*schact*) atau melalui sebuah rumah yang berbentuk spiral (rumah keong). Semua roda jalan selalu bekerja. Daya yang dihasilkan turbin diatur dengan cara mengubah posisi pembukaan sudu pengarah.

Pembukaan sudu pengarah dapat dilakukan dengan tangan atau dengan pengatur dari oli tekan (*governor* tekanan oli), dengan demikian kapasitas air yang masuk ke dalam roda turbin bisa diperbesar atau diperkecil. Berikut bentuk fisik dari turbin francis :

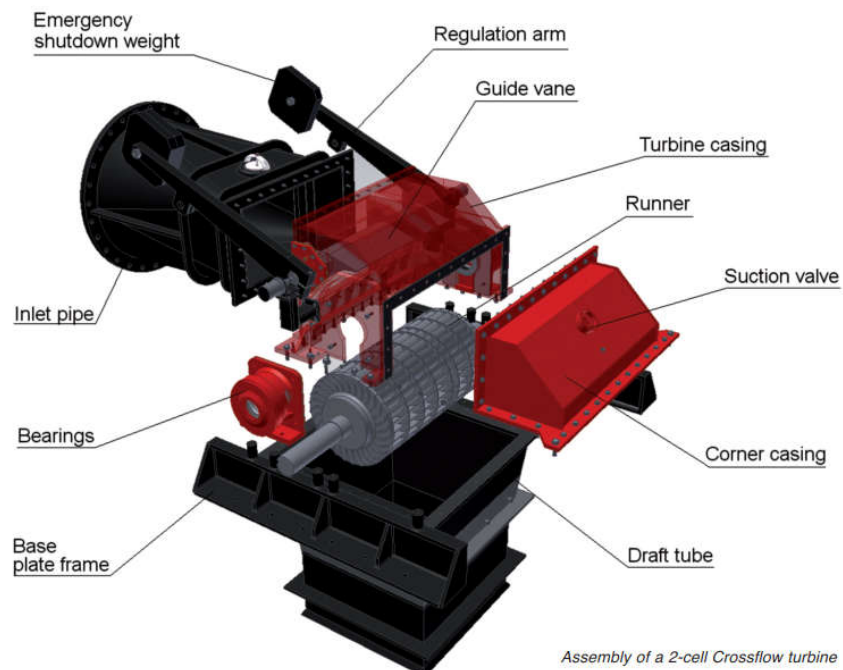


Gambar 2. 4 Turbin Francis
(Sumber:www.cink-hydro-energy.com)

4. Turbin *Cross-flow*

Turbin *cross-flow* adalah radial, turbin bertekanan kecil dengan injeksi tangensial dari putaran kipas dengan poros horisontal. Turbin ini digolongkan sebagai turbin berkecepatan rendah. Aliran air mengalir melalui pintu masuk pipa, dan diatur oleh baling-baling pemacu dan masuk ke putaran kipas turbin. Setelah air melewati putaran kipas

turbin, air berada pada putaran kipas yang berlawanan, sehingga memberikan efisiensi tambahan. Akhirnya, air mengalir dari *casing* baik secara bebas atau melalui tabung dibawah turbin.



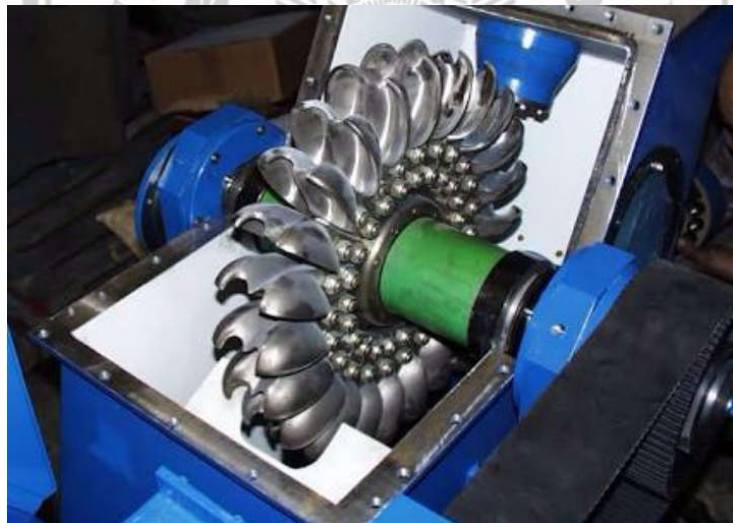
Gambar 2. 5 Turbin *Cross-flow*
(Sumber: www.cink-hydro-energy.com)

Pada prakteknya, aliran air pada putaran kipas memberikan efek pembersihan sendiri. Setiap kotoran yang terdorong diantara putaran kipas akan masuk bersama air yang juga ditarik keluar oleh gaya sentrifugal. Setelah setengah putaran dari kipas, air mengambil kotoran yang keluar dan menyembur keluar ke dalam bak penenang. Jika aliran air berubah-ubah, maka turbin *cross-flow* dirancang dengan dua sel. Pembagian standar dari sel masuk adalah 1:2. Sel sempit memproses aliran air kecil dan sel lebar memproses aliran deras. Kedua sel bersama-sama memproses aliran penuh. Dengan pembagian ini, aliran air yang digunakan adalah 10% sampai 17%

pada efisiensi optimal. Dengan demikian turbin *cross-flow* dapat digunakan pada aliran sungai yang sangat bervariasi, bahkan mencapai efisiensi 80%.

5. Turbin Pelton

Turbin pelton digolongkan ke dalam jenis turbin impuls atau tekanan sama. Karena selama mengalir di sepanjang sudu-sudu turbin tidak terjadi penurunan tekanan, sedangkan perubahan seluruhnya terjadi pada bagian pengarah pancuran atau *nozzle*. Energi yang masuk ke roda jalan dalam bentuk energi kinetik. Pada waktu melewati roda turbin, energi kinetik dikonversikan menjadi kerja poros dan sebagian kecil energi terlepas dan sebagian lagi digunakan untuk melawan gesekan dengan permukaan sudu turbin.



Gambar 2. 6 Turbin Pelton
(Sumber: www.ulsterscotsacademy.org)

D. Generator Induksi

Generator induksi merupakan salah satu jenis generator AC yang menerapkan prinsip motor induksi untuk menghasilkan daya. Generator induksi

atau motor induksi yang digunakan sebagai generator asinkron sering digunakan untuk mencukupi suplai daya tambahan untuk beban di daerah terpencil dimana layanan saluran transmisinya terbatas. Penggunaan generator induksi pada sistem PLTMh dimana kincir air yang memutar generator tidak mengharuskan pada kecepatan sinkronnya (Mahalla, 2013).

Dalam pengoperasiannya, generator induksi harus dieksitasi menggunakan tegangan yang *leading*. Ini biasanya dilakukan dengan menghubungkan generator kepada sistem tenaga eksisting. Pada generator induksi yang beroperasi *stand alone*, bank kapasitor harus digunakan untuk mensuplai daya reaktif. Daya reaktif yang diberikan harus sama atau lebih besar daripada daya reaktif yang diambil mesin ketika beroperasi sebagai motor. Tegangan terminal generator akan bertambah dengan penambahan kapasitansi disesuaikan dengan perubahan beban yang ada.

Dalam pengoperasiannya, generator induksi justru mengonsumsi daya reaktif sehingga sumber daya reaktif eksternal harus terhubung kepada generator sepanjang waktu untuk menjaga medan magnet statornya. Sumber daya reaktif eksternal ini juga harus mengontrol tegangan terminal generator. Tanpa arus medan, generator induksi tidak dapat mengontrol tegangan keluarannya sendiri. Normalnya, tegangan generator dijaga oleh sistem tenaga dimana generator tersebut dihubungkan.

E. Kebutuhan Daya Reaktif Generator Induksi

Pada saat motor induksi digunakan sebagai generator induksi maka diperlukan daya reaktif atau daya magnetisasi untuk menghasilkan tegangan pada terminal keluarannya. Dan yang berfungsi sebagai penyedia daya reaktif adalah kapasitor yang besarnya disesuaikan dengan kebutuhan daya reaktif (Rahmi, 2015).

Jika generator induksi langsung dihubungkan ke jala-jala maka daya reaktif disediakan oleh jala-jala. Jika generator induksi bekerja sendiri maka diperlukan penyedia daya reaktif. Dan daya reaktif tersebut didapat dari kapasitor yang dihubungkan paralel pada terminal generator (Mahalla, 2013). Besarnya nilai kapasitor tersebut ditentukan berdasarkan rumus berikut ini:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (2)$$

$$X_c = \frac{V^2}{Q_c} \quad (3)$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_c} \quad (4)$$

Keterangan:

V = Tegangan nominal (Volt)

P = Daya aktif (Watt)

Q = Daya reaktif generator (kVAR)

S = Daya semu motor (VA)

X_c = Reaktansi kapasitif

C = Nilai kapasitor yang diperlukan (μF)

f = frekuensi (Hz)