

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro**

Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) merupakan instalasi pembangkit listrik tenaga air yang memiliki kapasitas pembangkitan kecil. Dalam praktiknya, kapasitas yang dihasilkan berkisar antara 5 hingga 100 kW. Secara umum, istilah "mikro" merujuk pada pembangkit dengan daya di bawah 100 kW, sedangkan "mini" digunakan untuk pembangkit dengan daya antara 100 kW hingga 5000 kW.



Gambar 2. 1 Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro  
**Sumber: (Dokumentasi Pribadi, 2024)**

Secara umum, PLTMH adalah pembangkit listrik tenaga air tipe run-off, di mana head diperoleh tanpa membangun bendungan besar. Sebaliknya, sebagian aliran air sungai dialihkan ke sisi sungai dan kemudian dikembalikan ke sungai di lokasi yang memiliki potensi energi sesuai kebutuhan. Air dialirkan melalui pipa pesat untuk memutar turbin yang ditempatkan di dalam rumah pembangkit.

Pada prinsipnya, Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro memanfaatkan perbedaan ketinggian dan debit air per detik dari aliran irigasi, sungai, atau air terjun.

Aliran air ini memutar poros turbin, menghasilkan energi mekanik yang kemudian digunakan untuk menggerakkan generator dan menghasilkan listrik.

## **2.2 Turbin Air Tipe *Francis***

Turbin Francis adalah turbin jenis reaksi yang beroperasi berdasarkan tekanan pada roda turbin yang menyebabkan roda tersebut berputar. Aliran air melalui rumah keong diarahkan oleh sudu pengarah menuju sudu jalan roda turbin. Daya yang dihasilkan oleh turbin dapat diatur dengan mengubah posisi sudu diam, sehingga aliran air yang mengenai roda turbin dapat disesuaikan. Turbin Francis berfungsi dengan menggunakan proses tekanan lebih. Saat air masuk ke roda jalan, sebagian energi tinggi jatuh yang telah bekerja pada sudu pengarah diubah menjadi kecepatan aliran masuk. Sisa energi tinggi jatuh dimanfaatkan di dalam sudu jalan, dan dengan adanya pipa isap, energi tersebut dapat dimaksimalkan. Pada sisi keluar roda jalan, terdapat tekanan rendah, yaitu kurang dari 1 atmosfer, dan kecepatan aliran air yang tinggi. (Basori dkk., 2016a) Di dalam pipa isap, kecepatan air akan berkurang dan tekanannya akan meningkat, memungkinkan air untuk mengalir keluar melalui saluran bawah dengan tekanan yang serupa dengan tekanan sekitar. Pipa isap pada turbin ini memiliki fungsi mirip dengan sudu hantar pada pompa sentrifugal. Turbin Francis terdiri dari sudu pengarah dan sudu jalan, yang keduanya terendam dalam aliran air. Air dialirkan ke dalam sebuah cincin berbentuk spiral, dan turbin yang dikelilingi sudu pengarah terendam sepenuhnya dalam air. Air yang masuk ke turbin dapat dialirkan melalui pengisian dari atas atau melalui rumah berbentuk spiral. Roda jalan turbin terus bekerja. (Hasibuan dkk., 2022).

Daya yang dihasilkan turbin dapat diatur dengan mengubah posisi sudu pengarah, sehingga kapasitas aliran air yang masuk ke roda turbin bisa ditingkatkan atau dikurangi. Turbin Francis dapat dipasang secara vertikal atau horizontal. Dengan meningkatnya gaya sentrifugal, partikel cairan bergerak menuju pusat roda turbin dengan kecepatan relatif  $W$  yang arahnya menyinggung permukaan sudu. Sementara itu, kecepatan absolut  $C$  adalah hasil penjumlahan geometris dari  $U$  dan  $W$ . (Basori dkk., 2016a)

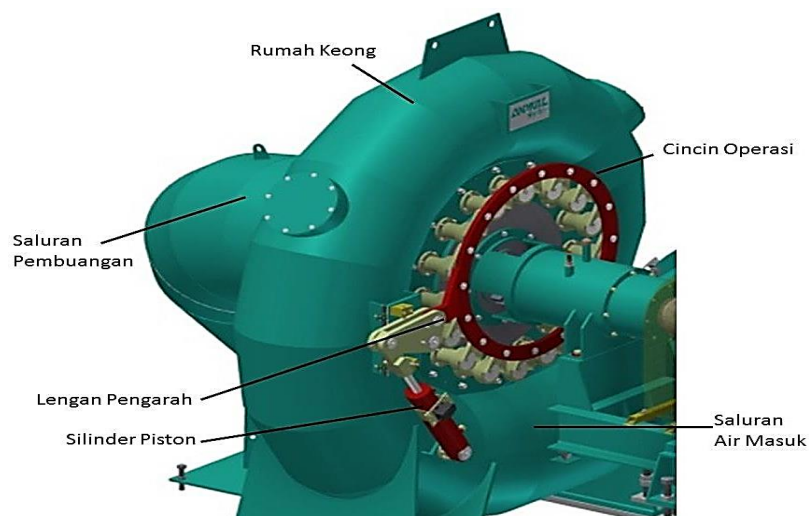


Gambar 2.2 Turbin Air Tipe Francis  
**Sumber: (Dokumentasi Pribadi, 2024)**

Turbin Francis ditemukan sekitar tahun 1950 oleh seorang ilmuwan Amerika bernama Howk dan Francis. Saat ini, turbin Francis merupakan jenis yang paling banyak digunakan karena tinggi air jatuh dan kapasitasnya yang umumnya sesuai dengan kebutuhan. Berdasarkan penggunaan dan penelitian yang terus menerus, turbin Francis kini mampu digunakan untuk tinggi air jatuh hingga 700 meter, dengan kapasitas air dan kecepatan putaran roda yang telah memenuhi standar yang diharapkan. Namun, masalah dapat timbul jika air mengandung pasir atau bahan abrasif lainnya. Jika bagian-bagian tersebut mengalami keausan, maka perlu dicari cara untuk menggantinya tanpa menyebabkan turbin berhenti terlalu lama (Nuraini dan Yuniarti, 2017).

## 2.3 Komponen Utama Turbin Francis

Turbin Francis dilengkapi dengan rumah turbin berbentuk spiral (*spiral case*), yang menyerupai rumah keong. Desain spiral yang mengecil secara bertahap memungkinkan distribusi air yang merata ke seluruh *stay vane* dan *guide vane*. *Stay vane* adalah sudu tetap yang berfungsi untuk mengarahkan aliran air menuju *guide vane* sekaligus mendukung struktur rumah spiral. Sementara itu, *guide vane* berperan sebagai sudu pengarah yang mengubah sebagian energi potensial air menjadi energi kinetik dengan meminimalkan turbulensi. Selain itu, *guide vane* juga bertugas mengatur debit air yang masuk ke runner agar daya listrik yang dihasilkan sesuai kebutuhan. Penyesuaian sudut bukaan *guide vane* dilakukan menggunakan motor listrik, *hand wheel*, atau *governor*.(Muis, 2010)



Gambar 2.3 Komponen Utama Turbin *Francis*  
Sumber: (P. Mishra, 2019)

### 2.3.1 Runner

Runner adalah komponen utama pada turbin Francis yang bertugas menghasilkan torsi dan putaran. Karena runner terhubung langsung dengan poros, putaran runner akan menyebabkan poros ikut berputar. Selanjutnya, poros runner yang

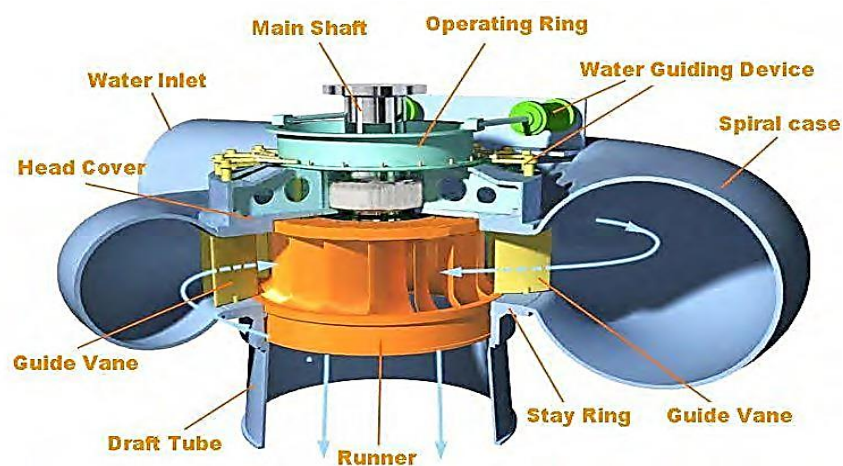
terhubung dengan poros generator akan menggerakkan generator, sehingga menghasilkan energi listrik. (Saparudin dkk., 2019)



Gambar 2.3.1 Runner  
Sumber: (Mayfi, 2022)

### 2.3.2 Draft Tube

Draft tube merupakan komponen yang berfungsi untuk mengalirkan air dari runner menuju ke tail race. Fungsinya adalah untuk menurunkan kecepatan aliran air, yang pada gilirannya dapat mengurangi risiko kavitasi akibat tekanan yang terlalu rendah. Dengan meningkatnya luas penampang draft tube, kecepatan air akan berkurang.



Gambar 2.3.2 Draft Tube  
Sumber: (Saka, Aji. n.d, 2017)

### 2.3.3 Guide Vane

Fungsi dari *guide vane* atau *stay vane* adalah untuk mengubah energi tekanan pada fluida menjadi energi momentum. Selain itu, *guide vane* juga mengarahkan aliran air langsung menuju sudut bilah runner. (Saparudin dkk., 2019)



Gambar 2.3.3 Guide Vane  
Sumber: (Saparudin, 2019)

### 2.3.4 Penstock

Penstock, yang juga dikenal sebagai pipa isap, berfungsi sebagai saluran untuk mengalirkan air dari waduk penampungan ke rumah turbin (spiral casing). Pipa ini mengubah energi kinetik air menjadi energi tekan.

### 2.4 Decision Tree

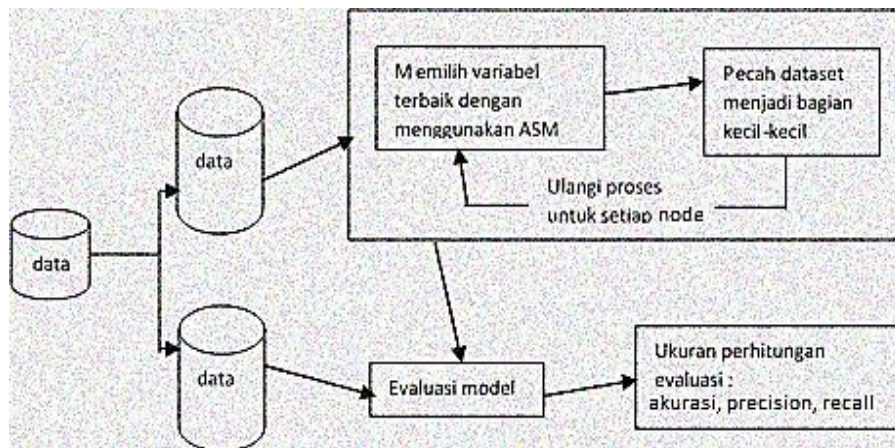
Pohon Keputusan (*Decision Tree*) adalah struktur berbentuk pohon di mana setiap cabang merepresentasikan pilihan di antara berbagai alternatif, sementara setiap daun menunjukkan hasil keputusan yang dipilih. Pohon Keputusan sering digunakan untuk memperoleh informasi yang mendukung proses pengambilan keputusan. Metode ini berguna dalam mempelajari klasifikasi dan memprediksi pola data, serta

menggambarkan hubungan antara variabel atribut x dan variabel target y dalam format berbentuk pohon.(Barus, t.t.)

Keunggulan Pohon Keputusan meliputi penyederhanaan wilayah pengambilan keputusan yang sebelumnya rumit dan luas menjadi lebih sederhana dan spesifik. Selain itu, metode ini mengurangi perhitungan yang tidak diperlukan, karena sampel diuji berdasarkan kriteria atau kelas tertentu saja. Pohon Keputusan juga fleksibel dalam memilih fitur dari node internal yang berbeda, di mana fitur yang terpilih akan membedakan satu kriteria dari yang lainnya dalam node yang sama. Fleksibilitas ini meningkatkan kualitas keputusan dibandingkan metode konvensional berbasis penghitungan satu tahap.(Aditya Quantano Surbakti dkk., 2021)

Dalam analisis multivarian dengan kriteria dan kelas yang berjumlah banyak, penguji sering kali perlu memperkirakan distribusi berdimensi tinggi atau parameter tertentu dari distribusi kelas yang diteliti. Dengan demikian, Pohon Keputusan menjadi alat yang efektif untuk mengelola kompleksitas dalam analisis data.

Tujuan dari penggunaan *decision tree* adalah untuk membuat sebuah model yang dapat digunakan untuk memprediksi kelas atau nilai dari variabel target dengan mempelajari aturan pengambilan keputusan sederhana yang disimpulkan dari data sebelumnya.



Gambar 2.4 Decision Tre  
 Sumber: (Naflani, 2018)

## 2.5 Data dan Metodologi

### 2.5.1 Jenis Data Yang Dibutuhkan

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah kecepatan air, tinggi jatu air, debit air, temperature, tegangan, arus, dan beban yang mempengaruhi putaran turbin. Hal ini penting karena kinerja turbin air sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Data output adalah data yang harus dianalisis seperti daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh turbin dalam kondisi yang berbeda.

### 2.5.2 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan di PT. Brantas Pospek Energi PLTM Maiting Hulu-2 (2 X 4) MW.

### 2.5.3 Pembuatan Model Decision Tree

Model Decision Tree dibuat dengan menentukan variabel independen yang relevan, mengumpulkan data yang cukup, dan menggunakan metode statistik untuk menentukan parameter yang tepat. Model ini juga digunakan untuk menentukan seberapa baik model memprediksi daya keluar dan efisiensi.

## 2.6 Studi Kasus dan Aplikasi Nyata

Dengan kapasitas total 8 MW, PLTM Maiting Hulu-2 mengubah energi aliran air menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin tipe Francis. Selama beroperasi, debit air, head, dan kecepatan aliran turbin mengalami perubahan, yang dapat memengaruhi output daya dan efisiensinya. Model prediksi diperlukan untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi. Model ini harus memungkinkan operator menggunakan data operasional untuk membuat keputusan.

## 2.7 Tinjauan Pustaka

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka

NO	Pengarang	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Irhpan Rahmawan	Analisa Kinerja Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Air	Salah satu pusat pembangkit tenaga yang menghasilkan energi listrik adalah PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) salah satunya Bendungan Jati Luhur yang berada di Purwakarta Jawa Barat Indonesia. Oleh karena itu peneliti menganalisa kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Air dengan metode Interview sekaligus wawancara dengan teknik pengumpulan data dan salah

			satu lainnya dengan metode Observasi (Pengamatan)
2	Agustanto, Ryan Amadea	Analisis Unjuk Kerja Turbin Francis Dengan Variasi Kapasitas Di Pt Pjb Unit Pembangkitan Brantas Unit Plta Sutami	<p>Turbin Francis merupakan jenis turbin air yang bekerja dengan memakai proses tekanan lebih. Saat ini turbin Francis adalah yang paling banyak dipakai, karena tinggi air jatuh dan kapasitasnya yang paling sering terdapat/sesuai dengan kebutuhannya.</p> <p>Turbin Francis yang dijadikan Tugas Akhir ini terdapat di PLTA Sutami, PJB UP Brantas Karangates, Malang yang bekerja dengan tinggi air jatuh antara 100 m-300 m dan dengan kecepatan spesifik antara 100 rpm-200 rpm. Di dalam kinerjanya turbin air memiliki unjuk</p>

			kerja yang bisa saja naik dan bisa turun
3	Dimas Dwi Kusuma	Karakteristik Unjuk Kerja Turbin Francis Pada Pembangkit Lisrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Terhadap Perubahan Kapasitas Aliran	Turbin francis adalah mesin penggerak, dimana energi fluida kerja dipergunakan langsung untuk memutar roda jalan, selanjutnya poros turbin air dihubungkan dengan poros pada generator sehingga dapat menghasilkan suatu arus listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja turbin air pada saat debit air sebesar 700 L/s, 600 L/s, dan 500 L/s. Debit air tertinggi sebesar 700 L/s diperoleh dari bukaan katup pembuka sebesar 100 % (bukaan penuh), sedangkan debit air terendah sebesar 500 L/s

			diperoleh dari bukaan pembuka sebesar 58 %.
4	Fachrudin, A.R	Penerapan Sistem Perawatan Metode Ismo Pada Turbin Tipe Vertical Francis Kapasitas 35 Mw	Metode perawatan ini diterapkan pada turbin tipe <i>vertikal Francis</i> kapasitas 35 MW. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi perawatan yang berupa jadwal perawatan dan estimasi biaya perawatan dari turbin tipe vertical francis kapasitas 35 MW. Dari penelitian ini dihasilkan jadwal perawatan secara komprehensif dan besaran biaya yang dibutuhkan mulai dari kegiatan inspeksi, <i>small repair</i> , <i>medium repair</i> dan <i>overhoule</i> beserta besaran biaya .
5	Christian Cahyaningtyas	Analisis sentimen pada rating aplikasi Shopee	Hasil penelitian dengan menggunakan algoritma

		menggunakan metode Decision Tree berbasis SMOTE	DecisionTree dengan SMOTE (Synthetic Minority Oversampling Technique) nilai accuracy-nya menghasilkan 99,91 persen, AUC(Area Under Curve) 0,999, recall 99,88 persen dan nilai precision 99,98 persen. Hasil menggunakan algoritma DecisionTree tanpa SMOTE nilai accuracynya menghasilkan 99,89 persen, AUC(Area Under Curve) 0,950, recall 99,88 persen dan nilai precision 99,98 persen.
6	Imam Sutoyo	Implementasi Algoritma Decision Tree Untuk Klasifikasi Data Peserta Didik	Berdasarkan percobaan didapatkan bahwasanya algoritma Decision Tree yang diujicoba menunjukkan hasil yang memuaskan. Baik C4.5 maupun Random

			Forest telah menunjukkan kinerja yang tinggi dalam ukuran akurasi, yakni 97,63% untuk C4.5 dan 95,13% untuk Random Forest.
7	Niken Putri Setyadi	Penerapan Data Mining Untuk Prediksi Hasil Produksi Karet Menggunakan Algoritma Decision Tree C4.5	Dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada prediksi hasil produksi karet pada PT. Perkebunan Nusantara 7 Unit kedaton menggunakan Algoritma Decision Tree C4.5 yang telah diimplementasikan menggunakan Weka dapat disimpulkan bahwa produksi yang tercapai sebanyak 709 dan produksi yang tidak tercapai sebanyak 192.