

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM)

Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro atau PLTM adalah suatu pembangkit listrik tenaga air skala menengah dengan kapasitas daya 1 MW sampai 10 MW (IMIDAP, 2010). Prinsip kerja PLTM adalah dengan memanfaatkan potensi energi air yang dijatuhkan dari ketinggian tertentu untuk menggerakkan turbin air dan generator sehingga menghasilkan listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) memiliki beberapa keunggulan, terutama dalam hal biaya operasional yang lebih rendah dibandingkan dengan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Hal ini disebabkan oleh PLTM yang memanfaatkan sumber daya alam terbarukan, yaitu air. Dengan ukuran yang relatif kecil, penerapan PLTM tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga lebih mudah dilakukan. Selain itu, rentang penggunaannya cukup luas, dan peralatan atau mesin yang digunakan untuk penggerak tidak memerlukan persyaratan stabilitas tegangan yang ketat.

Berbeda dengan Proyek Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), PLTM umumnya hanya mengambil sebagian aliran dari sungai atau bendungan yang sudah ada. Untuk meminimalkan dampak negatif dari pembangunan proyek PLTM, ada beberapa kriteria yang harus dipenuhi, seperti memastikan arus sungai yang cukup, menjaga kualitas air, menyediakan jalur untuk ikan, melindungi Daerah Aliran Sungai (DAS), melestarikan spesies yang terancam punah, menyediakan tempat rekreasi, serta mempertahankan nilai budaya di sekitarnya.

(Colorado Energy Office 1973,p.7).

PLTM umumnya dibangun berjenis *run off river* dimana *head* diperoleh tidak dengan membangun bendungan yang besar, melainkan dengan mengalihkan aliran air sungai ke sisi sungai dan menjatuhkannya lagi ke aliran sungai dibawahnya dimana beda tinggi atau *head* yang diperlukan sudah di peroleh. Dengan menggunakan pipa pesat, air dialirkan ke rumah pembangkit yang berada di pinggir sungai untuk memutar roda turbin dan akan kembali lagi ke sungai melalui *tail race* atau saluran pembuangan. Energi mekanik putaran poros turbin akan diubah menjadi energi listrik oleh generator.

2.2 Prinsip Operasional Pembangkit Listrik Tenaga MiniHidro (PLTM)

Minihidro merupakan suatu system pembangkit listrik tenaga air dengan kapasitas diatas 100 KW. Prinsip operasionalnya melibatkan pemanfaatan energy air untuk menggerakkan turbin, yang kemudian mengubah energi kinetik air menjadi energy yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik. Pada dasarnya, minihidro memanfaatkan aliran air sebagai sumber energy untuk memutar turbin dan menghasilkan listrik.

2.3. Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro

PLTM adalah sumber energi terbarukan yang menghasilkan listrik dari aliran sungai atau danau. Kinerjanya di pengaruhi oleh faktor-faktor seperti debit air, tinggi jatuh air, desai turbin, dan efisiensi sistem. Berikut beberapa aspek kinerja PLTM yang di teliti:

1. Pengaruh Debit Air dan Head

Debit air dan tinggi jatuh adalah 2 faktor utama yang mempengaruhi kinerja PLTM. Semakin tinggi head dan semakin besar debit air, semakin besar daya yang dapat dihasilkan. Penelitian di Desa Pallawa menunjukkan bahwa peningkatan debit dari 0,400 m³/s setelah pemasangan spillway gate dan trash rack meningkatkan daya output dari 5.845-7.152 watt menjadi 6.467-8.084 watt.

2. Efisiensi Turbin

Efisiensi turbin menjadi indikator utama kinerja PLTM. Studi di desa Rirang jati menunjukkan efisiensi turbin mencapai 44,902% terhadap daya hidrolik maksimum, dan 67,759% dibandingkan melalui optimasi desain dan operasi.

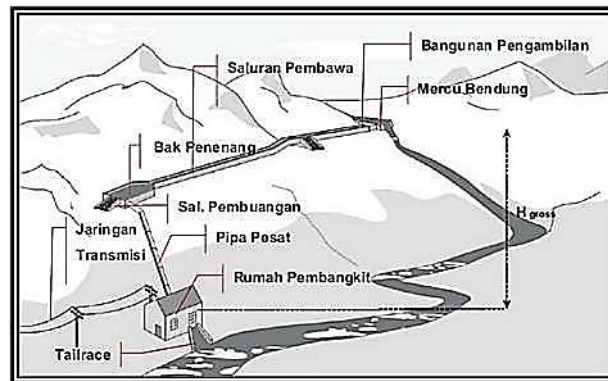
3. Potensi Energi Hidro di Indonesia

Indonesia memiliki potensi besar untuk pengembangan PLTM dengan kapasitas 712 MW mini hidro, namun baru 28% yang dimanfaatkan. Pengembangan lebih lanjut dan peningkatan infrastruktur dapat menjadikan PLTM solusi penting untuk memenuhi kebutuhan energi nasional.

2.4. Komponen PLTM

Dalam perencanaan PLTM diperlukan adanya konstruksi untuk menunjang operasional PLTM. Apabila salah satu komponen yang diperlukan tidak dilaksanakan maka tentu akan mengurangi kinerja.

Karena setiap komponen dalam PLTM saling berkaitan. Adapun skema kinerja PLTM dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.1 Skema Pembangkit Listrik Minihidro

Sumber : (Arifin, 2024)

Secara umum Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) memiliki beberapa komponen sebagai berikut :

1. Bendung (*Weir*), berfungsi untuk menaikkan muka air sungai dan menambah *head* sehingga air dapat dialirkan menuju *intake*.
2. Bangunan Sadap (*Intake*), Intake adalah bangunan di sisi kiri atau kanan bendung yang berfungsi untuk menyadap air sungai dengan kebutuhan dan dialirkan ke saluran pembawa sesuai dengan debit air telah direncanakan.
3. Saluran Pembawa (*Headrace*), Saluran pembawa adalah saluran yang berfungsi untuk mengalirkan air dari intake ke bak penenang atau pengendap sesuai dengan debit yang direncanakan.
4. Bak Pengendap (*Desilting Tank*), Bak pengendap adalah

bangunan yang berfungsi untuk mengendapkan lumpur yang terbawa oleh aliran air.

5. Bak Penenang (*Forebay*), Bak penenang berfungsi untuk mengurangi kecepatan air yang masuk dari saluran, sehingga turbulensi air pada saat masuk ke dalam pipa pesat berkurang untuk dapat membangkitkan daya yang optimal.
6. Pipa Pesat (*Penstock*), Pipa pesat adalah pipa yang berfungsi untuk mengalirkan air dari bak penenang.
7. Rumah Pembangkit (*Power house*), Rumah pembangkit berfungsi untuk melindungi alat-alat pembangkit serta merupakan pusat control dari sistem pembangkit.
8. Saluran Pembuangan (*Tailrace*), Saluran pembawa adalah saluran yang berfungsi membawa air keluar dari rumah turbin setelah memutar turbin.

2.5. Karakteristik Turbin Air Francis

Turbin Francis adalah salah satu jenis turbin reaksi yang banyak digunakan dalam pembangkit listrik tenaga air, Berikut adalah karakteristik utama dari turbin francis:

1. Desain dan Struktur

Turbin Francis memiliki desain yang menggabungkan aliran radial dan aksial. Air masuk ke turbin dengan tekanan tinggi dan diarahkan melalui sudu pengarah (*guide vanes*) sebelum mencapai *runner* (roda turbin) yang berbentuk

cangkir. Energi dari air diekstraksi saat air mengalir melalui sudu-sudu turbin, menyebabkan *runner* berputar.

2. Kisaran Head

Turbin ini ideal untuk digunakan pada kisaran head medium, yaitu antara 10 hingga 200 meter, tetapi dapat beroperasi pada head yang lebih tinggi, hingga 600 meter. Ini menjadikannya pilihan yang fleksibel untuk berbagai aplikasi pembangkit listrik.

3. Efisiensi

Turbin Francis dikenal memiliki efisiensi tinggi, berkisar antara 85% hingga 90%, tergantung pada kondisi operasional dan desain spesifiknya. Dalam beberapa kasus, efisiensi dapat mencapai hingga 95% dengan desain yang optimal.

4. Pengoprasian yang Lancar

Turbin ini beroperasi dengan lancar dan menghasilkan sedikit getaran dan kebisingan, menjadikannya pilihan ideal untuk lokasi dengan regulasi lingkungan yang ketat, (Kusuma, 2011).

5. Perawatan

Desain sederhana dengan lebih sedikit bagian bergerak membuat turbin Francis lebih mudah dalam hal perawatan dibandingkan dengan jenis turbin lainnya, seperti kaplan dan pelton. Turbin Francis merupakan pilihan yang sangat baik untuk

aplikasi pembangkit listrik tenaga air berkat efisiensinya yang tinggi, desain fleksibel, dan kemudahan perawatan. Dengan kemampuannya untuk beroperasi pada berbagai kondisi head dan debit, turbin ini menjadi salah satu jenis turbin paling umum digunakan di seluruh dunia.

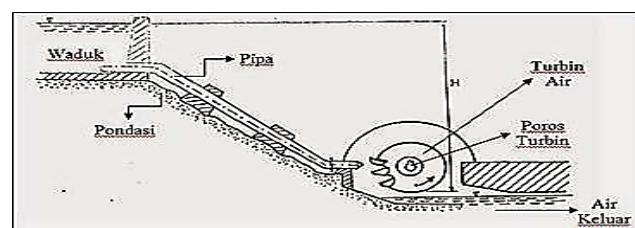
2.6 Turbin Air

Turbin air adalah turbin dengan air sebagai fluida kerja. Air mengalir dari tempat yang lebih tinggi menuju ke tempat yang lebih rendah. Dalam hal tersebut air memiliki energi potensial. Dalam proses aliran di dalam pipa energi potensial berangsur-angsur berubah menjadi energi kinetik. Di dalam turbin energi kinetik air diubah menjadi energi mekanis, dimana air memutar roda turbin, (Arifin, 2017).

Turbin secara umum dapat diartikan sebagai mesin penggerak mula dimana energi fluida kerja yang digunakan langsung memutar roda turbin, fluida kerjanya berupa air, uap dan gas. Dengan demikian turbin air dapat diartikan sebagai suatu mesin penggerak mula yang fluida kerjanya adalah air, (Kusnadi, 2018).

Berdasarkan penjelasan diatas mengenai turbin air maka peneliti menyimpulkan bahwa turbin air adalah mesin penggerak mula yang menggunakan air sebagai fluida kerja. Energi potensial air dari tempat tinggi diubah menjadi energi kinetik selama aliran dalam pipa, kemudian energi

kinetik tersebut diubah menjadi energi mekanis untuk memutar roda turbin.



Gambar 2.2 Instalasi Air

Sumber : (Arifin, 2024)

2.7 Klasifikasi Turbin Air Dan Prinsip Kerjanya

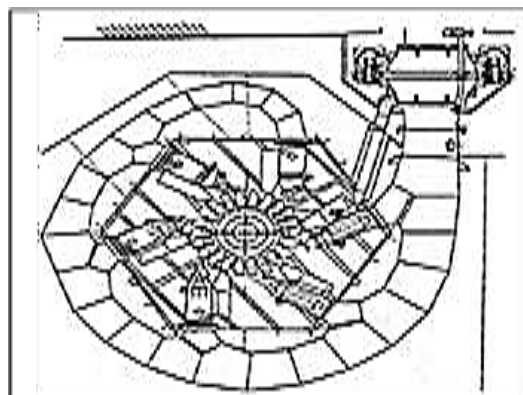
2.7.1 Turbin Impuls

Turbin Impuls adalah turbin air yang cara kerjanya merubah energi potensial air (yang terdiri dari energi potensial, energi tekanan dan energi kecepatan) yang tersedia menjadi energi mekanik yang memutar turbin. Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada *nozzle*. Air keluar *nozzel* yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin dan tekanannya pun tidak berubah saat melalui runner dan keluar dari runner (konstan). Setelah membentur sudu, arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (impuls). Akibat roda turbin akan berputar.

Macam-macam Turbin Impuls:

a. Turbin pelton

Turbin ini memiliki 2 bagian utama, yaitu *runner* dan *nozzle*. *Runner* terdiri dari poros 1 tangki, piringan dan beberapa mangkuk turbin Pelton terutama digunakan untuk memanfaatkan potensi hidro tinggi dengan aliran kecil.

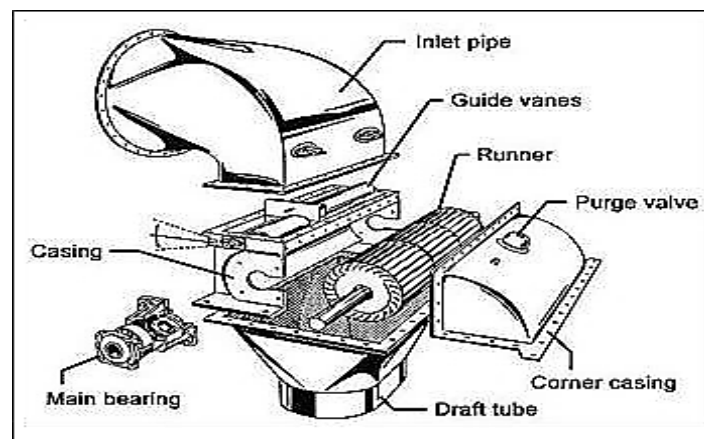


Gambar 2.3 Turbin Pelton

Sumber : (Arifin, 2024)

b. Turbin Michell-Bangki

Turbin jenis ini sering disebut dengan turbin arus lintang (*cross flow*), karena fluida, yaitu air menggerakkan sudu *runner* melewati pengarah sehingga seolah-olah terdapat fluida yang datang dari aliran yang berbeda. Turbin Michell-Bangki terdiri dari *runner* dan *nozzel*, dimana air yang keluar dari *nozzel* menggerakkan *runner*, mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik. Turbin ini digunakan pada head rendah hingga menengah dengan kapasitas hingga 5 m³/s, memiliki desain sederhana, putaran tinggi, dan efisiensi yang stabil meski beban turun hingga 40% dari kapasitas maksimum.



Gambar 2 4 Turbin Michell-Bangki

Sumber : (Arifin, 2024)

Pada penelitian ini menggunakan turbin francis dari pada turbin Pelton karena beberapa alasan terkait karakteristik dan aplikasi masing-masing turbin:

Kondisi Aliran Air: Turbin Francis dirancang untuk bekerja secara optimal pada aliran air kontinu dengan head menengah. Hal ini membuatnya lebih sesuai untuk

aplikasi seperti Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM), yang biasanya memanfaatkan debit air stabil dari aliran sungai.

1. Efisiensi pada Head Menengah: Dibandingkan dengan turbin Pelton, turbin Francis memiliki efisiensi lebih tinggi pada head menengah. Sebaliknya, turbin Pelton lebih cocok untuk head tinggi, di mana air jatuh bebas.
2. Desain dan Fleksibilitas: Dengan desain aliran radial dan aksial, turbin Francis dapat mengolah variasi aliran air dengan lebih baik. Ini membuatnya lebih fleksibel dibandingkan dengan turbin Pelton, yang umumnya hanya cocok untuk kondisi operasi tertentu.
3. Ruang dan Infrastruktur: Turbin Francis memiliki desain yang lebih kompak, membutuhkan ruang lebih sedikit, dan memerlukan infrastruktur pendukung yang lebih sederhana dibandingkan turbin Pelton, yang sering memerlukan penempatan jet air presisi dan reservoir yang besar.

Dengan demikian, untuk penelitian ini, pemilihan turbin Francis merupakan pilihan yang logis berdasarkan sistem dan kondisi aliran air yang dihadapi serta tempat pemilihan peneliti karena hanya di PLTM Maiting Hulu-2 yang memiliki turbin air tipe Francis.

2.7.2 Pengertian Tentang Turbin Francis

Turbin Francis merupakan jenis turbin tekanan lebih. Sudunya terdiri atas sudu pengarah dan sudu jalan yang keduanya terendam dalam air. Perubahan

energi terjadi seluruhnya dalam sudu pengarah dan sudu gerak, dengan mengalirkan air ke dalam sebuah terusan atau dilewatkan ke dalam sebuah cincin yang berbentuk spiral atau rumah keong, (Arifin, 2017)

Turbin Francis merupakan turbin jenis reaksi yang bekerja karena tekanan pada roda turbin yang mengakibatkan roda turbin berputar dimana aliran air melalui rumah keong yang di arahkan dengan sudu pengarah menuju sudu jalan dari roda turbin, (Bancin, 2020).

Berdasarkan penjelasan diatas mengenai turbin Francis maka peneliti menyimpulkan bahwa turbin Francis adalah turbin reaksi yang bekerja dengan memanfaatkan tekanan pada roda turbin untuk menghasilkan putaran, Aliran air diarahkan melalui rumah keong ke sudu pengarah, kemudian menuju sudu jalan, di mana perubahan energi terjadi sepenuhnya dalam sudu-sudu tersebut, yang seluruhnya terendam air.



Gambar 2 5 Turbin Francis

Sumber : (Dokumentasi Pribadi, 2024)

2.7.3 Bagian-Bagian Turbin Francis

Turbin Francis merupakan salah satu turbin reaksi. Turbin dipasang di antara sumber air tekanan tinggi di bagian masuk dan air bertekanan rendah di bagian

keluar. Turbin ini mempunyai 3 bagian utama, yaitu *runner*, *guide vane* (sudu pengarah), dan *casing* (rumah turbin), (Arifin, 2017).

2.7.3.1 Runner

Merupakan bagian turbin francis yang dapat berputar, terdiri dari poros dan sudu turbin yang berfungsi mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik.

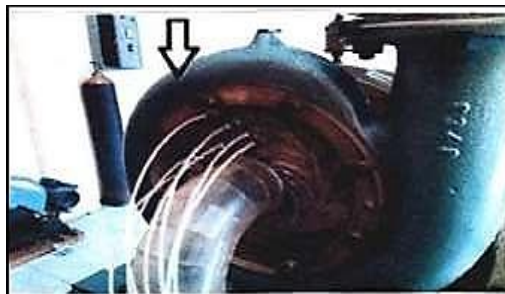


Gambar 2 6 Runner

Sumber : (Arifin, 2024)

2.7.3.2 Casing

Merupakan saluran yang menyerupai ruma siput dengan bentuk penampang melintang lingkaran. Berfungsi menampung fluida yang terletak keluar *guide vane* dan memaksimalkan energi tekanan.



Gambar 2 7 Casing

Sumber : (Arifin, 2024)

2.7.3.3 Guide Vane

Berfungsi sebagai pengarah aliran air dari katup pengatur kapasitas dari *casing* ke *runner* dan berfungsi menaikkan kecepatan aliran air sebelum menuju *runner*.



Gambar 2 8 Guide Vane
Sumber : (Arifin, 2024)

2.7.3.4 Inlet Pipe

Merupakan bagian yang berfungsi untuk meneruskan air yang akan masuk ke casing.



Gambar 2 9 Inlet Pipe
Sumber : (Arifin, 2024)

2.7.3.5 Draft Tube

Merupakan bagian yang berfungsi untuk

meneruskan air dari turbin ke saluran pembuangan dengan menggunakan tinggi jatuh air.



Gambar 2 10 Draft Tube

Sumber : (Arifin, 2024)

2.7.4 Prinsip Kerja Turbin Francis

Turbin Francis bekerja dengan menggunakan proses tekanan lebih. Air yang masuk ke roda turbin memiliki energi potensial karena perbedaan ketinggian (*head drop*). Sebagian energi ini diubah menjadi energi kinetik di sudu pengarah, yang meningkatkan kecepatan air dan memutar sudu jalan. Putaran ini mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik, menghasilkan daya. Sisa energi dari *head drop* dimanfaatkan melalui pipa isap untuk memaksimalkan penggunaan energi tersebut. Disisi keluar roda turbin, tekanan rendah dan kecepatan air tinggi, sementara di pipa isap, kecepatan berkurang tekanan meningkat, memungkinkan air dialirkan keluar dengan tekanan normal. Pipa isap berfungsi mengubah energi kecepatan menjadi energi tekanan, (Arifin, 2017).

2.8 Pengenalan Algoritma Support Vector Machine (SVM).

Pada tahun 1992, Vapnik bersama rekannya Bernhard Boser dan Isabell Guyon memperkenalkan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) yang inovatif. SVM merupakan sebuah metode yang beroperasi dengan memanfaatkan konsep

pemetaan nonlinear untuk mengubah ruang data pelatihan awal menjadi dimensi yang lebih tinggi. Dalam dimensi yang baru ini, algoritma SVM mencari hyperlane yang mampu memisahkan data dari berbagai kelas secara linear. Melalui pemetaan nonlinear yang cermat ke dimensi yang lebih tinggi ini, data dari dua kelas berbeda dapat selalu terpisahkan dengan jelas oleh hyperlane yang dihasilkan. Proses ini dilakukan dengan memanfaatkan konsep support vector dan margin yang ada dalam SVM, (Frenica, 2023).

Support Vector Machine (SVM) adalah salah satu algoritma populer dalam learning yang digunakan dalam klasifikasi dan regresi. SVM dapat digunakan untuk memisahkan dua kelompok data dengan membuat keputusan yang lebih baik pada titik-titik data diluar set pelatihan. Keuntungan dari SVM adalah memiliki kesalahan generasi yang rendah, kompleksitas komputasi yang rendah, dan optimasi parameter yang tepat agar dapat memberikan hasil yang optimal, (Frenica, 2023).

2.8.1 Fungsi Algoritma

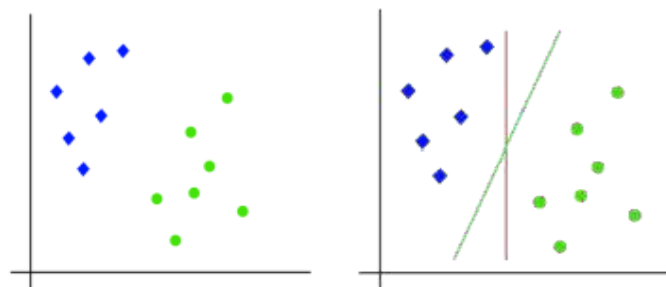
Algoritma adalah prosedur atau langkah-langkah sistematis yang digunakan untuk memecahkan masalah atau melakukan tugas tertentu. Dalam konteks analisis data, algoritma berfungsi untuk memodelkan hubungan antara variabel independen dan dependen, memungkinkan prediksi, klasifikasi, atau pengelompokan data. Meskipun variabel dependen dapat dianalisis tanpa algoritma, pengguna algoritma meningkatkan efisiensi dan akurasi analisis terutama saat menangani data yang besar dan kompleks. Dengan demikian, penerapan algoritma dalam analisis data meningkatkan efisiensi, akurasi, dan kemampuan untuk menangani data dalam skala besar.

Tanpa algoritma seperti SVM, analisis variabel dependen masih dapat dilakukan menggunakan metode statistik tradisional seperti regresi linear atau regresi logistik. Metode ini berguna untuk memahami dan memprediksi hubungan antara variabel independen dan dependen. Namun, mereka mungkin tidak efektif dalam menangani data yang kompleks atau tidak linear. SVM menawarkan pendekatan yang lebih fleksibel dan kuat untuk menangani data semacam itu, terutama ketika data tidak dapat dipisahkan secara linear.

2.8.2 Jenis-Jenis Algoritma SVM

2.8.2.1 SVM Linear

SVM linear digunakan untuk data yang dapat dipisahkan secara linear, yang berarti jika sebuah garis lurus tunggal, maka data tersebut sebagai disebut sebagai data yang dapat dipisahkan secara linear, dan classifier yang digunakan disebut sebagai Linear SVM classifier.



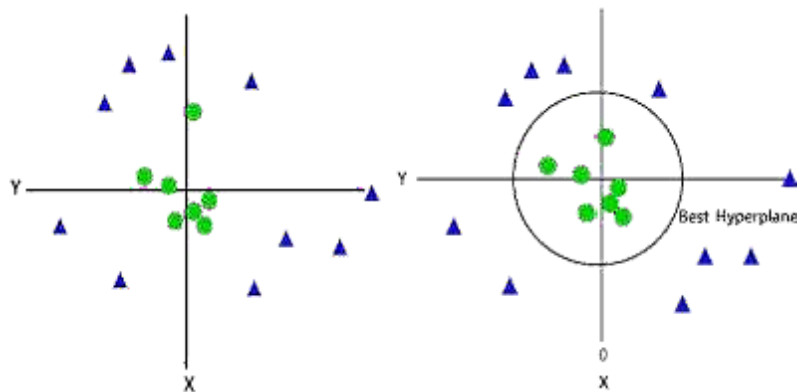
Gambar 2 11 SWM Linear

Sumber : (Trivus, 2024)

2.8.2.2 SVM Non-linear

SVM non-linear digunakan untuk data yang dapat dipisahkan secara non-linear, yang berarti jika sebuah dataset tidak dapat diklasifikasi menggunakan garis lurus, maka data tersebut

disebut data non- linear dan classifier yang digunakan disebut Non-linear dan classifier yang digunakan disebut sebagai Non-linear SVM classifier.



Gambar 2 12 SVM Non-Linear

Sumber : (Trivus, 2024)

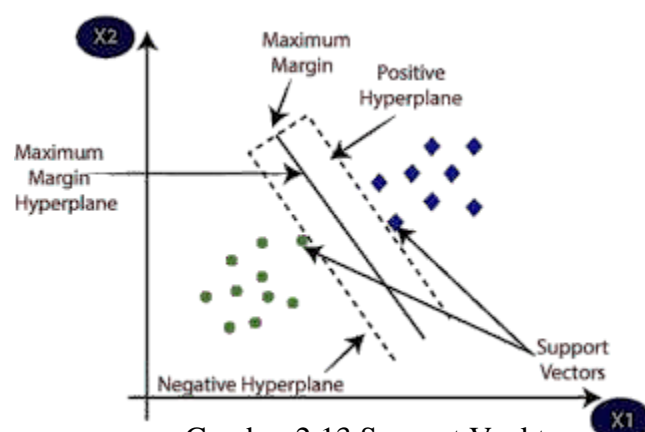
2.8.3 Hyperlane

Hyperplane adalah batas keputusan yang membedakan dua kelas dalam SVM. Titik data yang jatuh di kedua sisi hyperlane dapat dikaitkan dengan kelas yang berbeda.

Dimensi hyperlane bergantung dua fitur, maka hyperlane akan berbentuk garis lurus. Dan jika terdapat tiga fitur, maka hyperlane akan menjadi bidang dua dimensi, (Trivus, 2022).

2.8.4 Support Vector

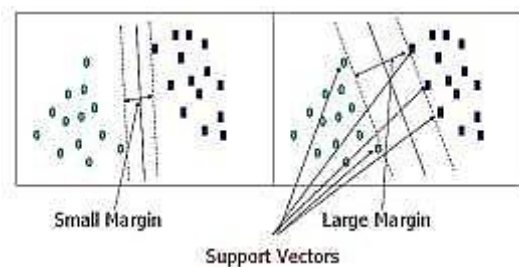
Support vector ialah titik data atau vektor yang paling dekat dengan hyperlane dan yang mempengaruhi posisi hyperlane. Karena vektor-vektor ini mendukung hyperlane, maka disebut support vector



Gambar 2 13 Support Vecktor

Sumber : (Javapoint, 2024) 2.3.9 Max Margin

Margin adalah jarak antara support vector dari masing-masing kelas di sekitar hyperlane. Pada gambar dibawah, margin diilustrasikan dengan jarak antara 2 garis putus. Margin tersebar (max margin) dapat ditemukan dengan memaksimalkan nilai jarak antara hyperlane dan titik terdekatnya. Dapat dilihat pada gambar di bagian kanan memiliki margin lebih besar dari pada gambar di kiri. Secara intuitif, margin yang lebih besar akan menghasilkan perfoma klasifikasi yang lebih baik.



Gambar 2 14 Max Margin

Sumber : (medium.com)

2.8.5 Cara Kerja Algoritma SVM

Algoritma SVM berkerja dengan cara mengolah data ke ruang fitur berdimensi tinggi sehinga titik data dapat dikategorikan, bahkan ketika data tersebut tidak dapat dipisahkan secara linear.

Apabila pemisah antar kategori berhasil ditemukan, data dapat

ditransformasikan sedemikian rupa sehingga pemisah tersebut dapat digambarkan sebagai hyperlane.

SVM membangun model dengan algoritma berparameter, bukan aturan if-else, dengan mencari hyperlane pemisah data. Parameter utama meliputi kernel, C , dan γ , yang memengaruhi pemetaan data, keseimbangan klasifikasi, dan jangkauan pengaruh titik data. Berbeda dengan pendekatan berbasis aturan if-else yang bersifat deterministik dan mengandalkan kondisi spesifik untuk membuat keputusan, SVM bersifat probalistik dalam konteks bahwa model ini mampu memberikan probabilitas untuk kelas suatu data dan menggunakan pembelajaran dari data untuk membangun model yang dapat memprediksi output dalam situasi baru berdasarkan pola yang dipelajari.

2.9 Debit Air

Debit air sangat memengaruhi kinerja pembangkit listrik tenaga minihidro. Debit yang besar dan stabil penting untuk menghasilkan daya listrik yang maksimal. Berikut adalah beberapa poin yang menjelaskan pengaruh debit air terhadap PLTM berdasarkan penelitian dan studi:

1. Hubungan Debit Air dan Daya Listrik:
Peningkatan debit air akan meningkatkan energi kinetik dan potensial yang tersedia untuk memutar turbin. Sebagai hasilnya, daya yang dihasilkan oleh generator juga meningkat, (Kinawa, 2022).

2. Efisiensi Sistem:

Debit air yang terlalu kecil dapat menyebabkan turbin tidak berfungsi optimal, sementara debit yang terlalu besar bisa menyebabkan kerusakan pada sistem saluran air atau turbin jika tidak dilengkapi

dengan mekanisme pengendali aliran, (Kinawa, 2022).

3. Ketersediaan Sumber Air:

Debit air yang bervariasi yang bervariasi akibat musim atau cuaca memengaruhi kapasitas pembangkit. Pada daerah dengan aliran sungai yang tidak stabil, diperlukan infrastruktur tambahan seperti kolam penampung untuk aliran air ke turbin secara konsisten, (Nasrul, 2016). Debit air adalah ukuran volume air yang mampu melewati suatu titik atau tertampung dalam sebuah tempat per satuan waktu. Dalam PLTMH, debit air memengaruhi daya yang dihasilkan turbin: semakin besar debit air, semakin besar daya yang dihasilkan, namun dengan durasi lebih singkat. Sebaliknya, debit air yang kecil menghasilkan daya lebih rendah tetapi dengan durasi lebih lama. Debit air dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti bukaan pintu air di jalur air (waterway) dan volume reservoir penampung. (Kinawa, 2022)

2.10 Pembuatan Model Support Vector Machine

Pembuatan model *Support Vector Machine* dilakukan dengan mengidentifikasi variabel-variabel yang relevan, mengumpulkan data yang cukup dan menggunakan metode statistik untuk menentukan parameter yang tepat. Model *Support Vector Machine* dilakukan untuk menentukan sejauh mana model tersebut memprediksi daya keluar dan efisiensi berdasarkan variabel independen yang ditentukan.

2.11 Studi Kasus Dan Aplikasi Nyata

PLTM (Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro) Maiting Hulu-2, yang

memiliki kapasitas total 8 MW, memanfaatkan turbin tipe francis untuk mengubah energi dari aliran air menjadi energi listrik. Selama proses operasional, turbin ini dihadapkan pada perubahan debit air, head, serta kecepatan aliran, yang dapat memengaruhi output daya dan tingkat efisiensinya. Guna meningkatkan performa dan efisiensi tersebut, dibutuhkan model prediksi yang mampu mendukung operator dalam membuat keputusan berbasis data operasional

2.12 Tinjauan Pustaka

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka

NO	PENELITI TERDAHULU	JUDUL PENELITIAN	HASIL PENELITIAN
1	Enni Masuri Bancin	Analisa Kinerja Turbin Francis Dengan Turbin Archimedes Screw Di PLTMH Kombih Kabupaten Pakpak Bharat	<p>Hasil penelitian menunjukkan bahwa Tekanan air yang diberikan pada turbin francis yang di berada di PLTMH kombih 1 kab. Pak pak barat yaitu sebesar 2 psi, 4 psi, 15 psi, dan 24 psi.</p> <p>Efisiensi turbin francis jika terjadi pada saat tekanan air 24 psi yaitu sebesar 95% dan efisiensi terendah pada saat tekanan air 2 psi yaitu 81% psi.</p>

2	Darto.	Otomasi Perencanaan Turbin Air Jenis Pelton.	Turbin Pelton dirancang dengan efisiensi 89%, diameter runner 2228 mm, dan daya 30 kW, menggunakan perangkat lunak TURBNPRO 3.
3	Agnes Frenica, Lindawati, dan Sopian Soim	Implementasi Algoritma <i>Support Vector Machine</i> (SVM) Untuk Deteksi Banjir	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan kernel polinomial dalam algoritma (SVM) memberikan performa terbaik dalam mendeteksi banjir.
4	Moh. Zaenal Arifin	Analisa Unjuk Kerja Dan Tingkat Kavitasi Pada Turbin Francis Di PT PJB Unit Pembangkit Brantas Unit PLTA Sutami	Turbin Francis memiliki performa yang baik, namun tingkat kavitasi berpengaruh signifikan terhadap efisiensinya.

5	Abdul Muis	Turbin Air Pada PLTA Larona	<p>Hasil penelitian</p> <p>Menunjukkan</p> <p>Peningkatan debit aliran</p> <p>air meningkatkan</p> <p>kerugian head di</p> <p>penstock, tetapi juga</p> <p>efisiensi dan daya</p> <p>turbin, sehingga daya</p> <p>output generator</p> <p>meningkat. Efisiensi</p> <p>maksimun turbin adalah</p> <p>92,51 dengan daya</p> <p>58,16 MW pada laju</p> <p>aliran 47,5 m³/s.</p>
---	------------	-----------------------------------	---