

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era modern saat ini, pertumbuhan jumlah penduduk berlangsung sangat pesat dan diiringi oleh meningkatnya kompleksitas aktivitas masyarakat. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) menjadi salah satu sumber energi yang memiliki peran penting dibandingkan dengan sumber energi pendukung lainnya. Energi listrik, sebagaimana diketahui, merupakan kebutuhan utama yang sangat vital dalam menunjang kehidupan, baik untuk kegiatan komersial, industri, maupun aktivitas rumah tangga sehari-hari. Mengingat besarnya manfaat energi listrik, sementara sumber energi pembangkit baik yang terbarukan maupun yang tidak terbarukan jumlahnya terbatas, maka diperlukan upaya pelestarian melalui langkah-langkah strategis, terencana, dan terstruktur. Hal ini bertujuan untuk menjamin ketersediaan energi listrik secara optimal serta dapat diakses oleh masyarakat luas. Saat ini, sumber energi yang digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik masih didominasi oleh bahan bakar fosil, terutama batu bara dan minyak bumi. Kedua sumber energi tersebut termasuk energi tidak terbarukan yang proses pembentukannya memerlukan waktu sangat lama, sehingga persediaannya akan semakin menipis dan pada akhirnya habis. Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar di Indonesia adalah energi air. Air dialirkan melalui pipa pesat menuju rumah pembangkit yang umumnya dibangun di tepi sungai untuk menggerakkan turbin atau kincir air mikrohidro. Energi mekanik yang dihasilkan dari putaran poros turbin kemudian dikonversi menjadi energi listrik oleh generator. Beberapa jenis Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) antara lain:

1. PLTA Piko : Pembangkit listrik tenaga air yang mempunyai daya kurang dari 500 W
2. PLTA Mikro : Pembangkit listrik tenaga air skala kecil dengan batasan kapasitas daya dari 0,5 kW - 100 Kw

3. PLTA Mini : Pembangkit listrik tenaga air yang mempunyai Batasan kapasitas daya dari 100 kW- 1000 Kw
4. PLTA Kecil : pembangkit listrik tenaga air dengan kapasitas listrik yang dihasilkan 1000 kW - 10.000 kW
5. PLTA Besar : pembangkit listrik tenaga air dengan kapasitas listrik yang dihasilkan lebih dari 10.000 kW.

Indonesia memiliki banyak sungai dan aliran air yang berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik, khususnya di wilayah pedesaan. Pemanfaatan energi air dalam kapasitas kecil dapat diwujudkan melalui Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). PLTMH adalah sistem pembangkit yang menggunakan aliran air dengan debit serta ketinggian tertentu untuk menghasilkan energi listrik dalam skala kecil hingga menengah.

Mikrohidro pada dasarnya merupakan istilah yang berasal dari dua kata, yaitu “mikro” yang berarti kecil dan “hidro” yang berarti air. Dalam praktiknya, istilah ini memang tidak memiliki batasan yang sepenuhnya baku, namun secara umum dapat dipahami sebagai sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan air sebagai sumber energi utama. Perbedaan antara mikrohidro dan minihidro terletak pada daya listrik yang dihasilkan. Mikrohidro umumnya menghasilkan daya kurang dari 100 W, sedangkan minihidro memiliki keluaran daya antara 100 hingga 5000 W.

Secara teknis, sistem mikrohidro terdiri dari tiga komponen utama, yaitu sumber air sebagai energi penggerak, turbin, dan generator. Setiap sistem pembangkit listrik memiliki metode tersendiri untuk menjaga kestabilan kualitas daya, termasuk pada sistem PLTMH. Berbeda dengan pembangkit skala besar, PLTMH umumnya tidak menggunakan governor sebagai pengatur kecepatan putaran turbin untuk menyesuaikan daya dengan beban konsumen. Sebaliknya, sistem ini dirancang untuk beroperasi mendekati beban penuh dengan putaran yang relatif konstan.

Seiring berkembangnya pemanfaatan PLTMH di berbagai negara, khususnya negara berkembang, generator sinkron berkapasitas kecil semakin banyak diproduksi dan tersedia di pasaran. Hal ini menyebabkan peralihan penggunaan dari generator induksi ke generator sinkron pada banyak instalasi PLTMH. Namun demikian, penggunaan generator sinkron masih memiliki kelemahan, terutama saat terjadi perubahan beban. Pemulihan frekuensi keluaran menuju frekuensi nominal cenderung lebih lambat dibandingkan pemulihan tegangannya. Hal ini disebabkan karena pengaturan tegangan oleh Automatic Voltage Regulator (AVR) dilakukan secara elektris, sedangkan pemulihan frekuensi bergantung pada aspek mekanis yang berkaitan dengan putaran turbin.

Tujuan pembangunan PLTMH adalah untuk memanfaatkan energi air sebagai sumber pembangkit listrik. Air yang dapat dimanfaatkan harus memiliki debit aliran dan ketinggian tertentu agar mampu menghasilkan energi secara optimal. Semakin besar debit aliran dan semakin tinggi beda ketinggian (head), maka semakin besar pula potensi energi listrik yang dapat dihasilkan. Umumnya, pembangunan mikrohidro dilakukan di daerah yang memiliki aliran air dengan kapasitas dan ketinggian yang mencukupi. Kapasitas merujuk pada volume aliran air per satuan waktu (flow capacity), sedangkan perbedaan ketinggian antara sumber air dan instalasi pembangkit dikenal sebagai head.

Salah satu pusat pembangkit energi listrik adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). PLTMH termasuk jenis pembangkit yang relatif lebih ekonomis dibandingkan pembangkit lainnya karena hanya memerlukan aliran air dengan debit kecil sebagai fluida kerja. Selain itu, pengembangannya merupakan bagian dari upaya diversifikasi dan pemanfaatan energi terbarukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap minyak bumi, gas, dan batu bara yang ketersediaannya semakin terbatas.

Mikrohidro juga sering disebut sebagai *white resources* atau “energi putih” karena memanfaatkan sumber daya alam yang tersedia secara alami dan bersifat ramah lingkungan. Keberadaan air terjun maupun aliran sungai yang memiliki perbedaan ketinggian dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik. Dengan

teknologi yang ada saat ini, energi aliran air serta energi akibat perbedaan ketinggian (head) dapat dikonversi menjadi energi listrik.

Secara teknis, sistem mikrohidro memiliki tiga komponen utama, yaitu air sebagai sumber energi, turbin, dan generator. Air dengan debit dan ketinggian tertentu dialirkan menuju rumah turbin melalui saluran khusus. Aliran tersebut akan memutar turbin sehingga energi air berubah menjadi energi mekanik berupa putaran poros. Putaran ini kemudian diteruskan ke generator melalui kopling untuk menghasilkan energi listrik. Listrik yang dihasilkan selanjutnya melewati sistem pengaturan sebelum disalurkan ke beban, seperti rumah tangga atau fasilitas lainnya. Secara singkat, PLTMH bekerja dengan mengubah energi potensial dan kinetik air menjadi energi listrik.

PLTMH merupakan pembangkit listrik skala kecil dengan kapasitas umumnya di bawah 100 kW, sehingga sangat cocok diterapkan di daerah terpencil yang belum terjangkau jaringan listrik nasional. Prinsip kerjanya memanfaatkan energi potensial air akibat perbedaan ketinggian (head). Semakin besar tinggi jatuh air, semakin besar pula energi yang dapat dikonversi menjadi listrik. Selain kondisi geografis alami, tinggi jatuh air juga dapat ditingkatkan melalui pembangunan bendungan untuk menciptakan selisih ketinggian yang lebih besar. Dalam perhitungan teknis, tinggi jatuh air efektif diperoleh dengan mempertimbangkan berbagai faktor kehilangan energi. Berbeda dengan tenaga surya yang bergantung pada kondisi cuaca, PLTMH mampu menghasilkan listrik secara kontinu dan stabil selama debit air mencukupi.

Salah satu contoh penerapannya adalah PLTMH Poigar di Indonesia, yang memanfaatkan air sebagai sumber energi utama. Dalam proses pembangkitan, terdapat beberapa peralatan penting seperti turbin, generator, transformator, dan komponen pendukung lainnya yang saling berkaitan. Secara prinsip, PLTMH mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik akibat adanya head, kemudian menjadi energi mekanik saat turbin berputar, dan akhirnya menjadi energi listrik melalui putaran rotor generator.

PLTMH memiliki berbagai keunggulan, antara lain bersifat terbarukan, ramah lingkungan, andal, fleksibel, serta berpotensi mendukung pengembangan wilayah, termasuk sebagai daya tarik wisata. Namun demikian, terdapat pula beberapa keterbatasan, seperti potensi dampak lingkungan akibat pembangunan bendungan serta kebutuhan investasi awal yang cukup besar. Meski begitu, PLTMH dikenal sebagai sumber energi bersih dengan efisiensi tinggi dan biaya produksi listrik yang relatif rendah dibandingkan pembangkit berbahan bakar fosil, serta menghasilkan emisi gas rumah kaca yang lebih kecil.

Secara keseluruhan, PLTMH adalah teknologi pembangkit yang memanfaatkan energi potensial dan kinetik air untuk menghasilkan listrik secara andal dan berkelanjutan. Sistem ini terdiri dari bendungan, pipa pesat (penstock), turbin, generator, dan jaringan transmisi yang bekerja secara terpadu. Besarnya daya yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh tinggi jatuh air dan debit aliran. Turbin air sendiri merupakan komponen kunci dalam sistem ini, karena berfungsi mengubah energi fluida menjadi energi mekanik untuk memutar rotor, sehingga termasuk dalam kategori mesin fluida.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apa saja yang menjadi bagian-bagian dari turbin PLTMH?
2. Bagaimana menganalisa kinerja pengaruh debit aliran air terhadap daya yang dihasilkan?
3. Bagaimana menentukan efisiensi turbin PLTMH?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui bagian-bagian dari turbin PLTMH
2. Menganalisa kinerja dari turbin PLTMH
3. Menentukan efisiensi Turbin PLTMH

1.4 Manfaat

1. Untuk pengembangan ilmu dan pengetahuan mahasiswa dengan aplikasi dilapangan
2. Untuk mengetahui prinsip kerja dari Turbin Francis
3. Untuk mengetahui seberapa efisiensi kinerja turbin di PLTMH Poigar

1.5 Ruang Lingkup Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penulis merangkum ruang lingkup masalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilakukan hanya saat Turbin air di PLTMH Poigar beroperasi
2. Mengamati adanya pengaruh penurunan performa Turbin PLTMH Poigar disaat operasi.

1.6 Kebaharuan

1. Mengembangkan algoritma prediksi daya luaran berdasarkan fluktuasi debit musiman menggunakan metode *Machine Learning* (seperti *Regression Analysis* tingkat lanjut atau *Artificial Neural Network*)
2. Manfaatnya operator PLTMH dapat memprediksi potensi listrik di masa depan berdasarkan data curah hujan/debit dari BMKG

1.7 Hipotesis

Tingkat efisiensi daya keluaran PLTMH Poigar saat ini lebih rendah dari kapasitas perancangan akibat adanya penurunan debit air pada musim kemarau dan kerugian daya (*losses*) mekanis pada turbin.