

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sumber daya alam yang dimanfaatkan dapat mengurangi ketersediannya jika digunakan secara terus – menerus. Dalam mengantisipasi semakin berkurangnya sumber daya alam tersebut, maka Energi Baru Terbarukan (EBT) merupakan alternatif terbaik. Sumber Energi Baru Terbarukan (EBT) adalah sumber energi yang ramah lingkungan, karena energi yang didapat berasal dari suatu proses alam yang berkelanjutan, seperti sinar matahari, angin, air, *biofuel* dan *geothermal*.

Salah satu sumber Energi Baru Terbarukan (EBT) adalah air. Sumber Daya Air sangat berlimpah dan dapat diperbaharui. Sehingga penggunaan sumber daya nya dapat dimanfaatkan di berbagai lini kehidupan, demi kelancaran dalam kehidupan manusia. Salah satu pemanfaatan Sumber Daya Air, yaitu menjadikan air yang tersedia, dengan karakteristik yang berbeda – beda, sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) atau *Hydroelectricity*.

Menurut Davis (2014) dalam bukunya yang berjudul “*Microhydro: Clean Power from Water*”, Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) atau *Hydroelectricity*, menggunakan sumber daya yang jumlahnya sangat besar di dunia dan dapat diperbaharui. Pada prinsipnya, Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) memanfaatkan energi potensial dan kinetik dari air yang diubah menjadi energi listrik. Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) terhadap Kapasitasnya, dapat dibagi dalam berbagai macam, yaitu *Large-hydro*, *Medium-hydro*, *Small-hydro*, *Mini-hydro*, *Micro-hydro* dan *Pico-hydro*. Tipe atau jenis Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang dapat menjangkau daerah terpencil, yang belum terjangkau pasokan listrik, akan tetapi memiliki sumber daya air yang berlimpah, yaitu tipe *Micro – Hydro* atau dapat disebut juga Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Berdasarkan Peraturan Menteri ESDM No. 8 tahun 2011 Pasal 1 Nomor 2, menjelaskan bahwa Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro, selanjutnya disebut PLTMH adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air

di bawah kapasitas 1MW yang dapat berasal dari saluran irigasi, sungai, atau air terjun alam, dengan cara memanfaatkan tinggi terjunnya dan jumlah debit air. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro memiliki banyak manfaat, baik bagi masyarakat, maupun bagi pembangunan secara umum. Manfaat bagi masyarakat, dapat berupa listrik murah, meningkatkan waktu – waktu produktif dalam berbagai kegiatan dan kesejahteraan masyarakat. Sedangkan manfaat bagi pembangunan secara umum, adalah peningkatan efisiensi pemanfaatan sumber daya air, menurunkan frekuensi banjir dan kekeringan, mengatasi krisis listrik. Salah satu komponen penting yang digunakan dalam PLTMH adalah turbin air, yang berfungsi mengubah tenaga kinetik air menjadi energi listrik.

Ada berbagai jenis turbin untuk pembangkit listrik tenaga air. Pemilihan turbin yang tepat bergantung pada karakteristik lokasinya, yang dominan adalah *head* dan *flow rate* yang tersedia. Turbin *Crossflow* adalah tipe yang sesuai untuk daerah berbukit dengan *head* rendah dan laju aliran tinggi. Turbin *Crossflow* adalah mesin yang menyediakan tenaga poros dengan mengekstraksi energi dari fluida bergerak. Turbin *Crossflow* merupakan turbin berkecepatan rendah. Aliran air mengalir masuk dan diatur oleh *Guide Vane* kemudian masuk ke *Runner* turbin. Setelah air melewati sudu tingkat pertama, air mengalir menuju sudu tingkat kedua, sehingga memberikan efisiensi tambahan. Pada tahap akhir, air mengalir dari *casing* baik secara bebas atau melalui tabung dibawah turbin atau *draft tube*. Turbin *Crossflow* dapat disebut juga Turbin Banki – Mitchell.

Keuntungan pemilihan Turbin Banki ini adalah biaya pembuatan yang relatif murah, transportasi mudah, perakitan dan perawatan sederhana. Turbin Banki termasuk kedalam jenis turbin tipe *crossflow*. Tipe *crossflow* adalah tipe turbin dengan rotor berbentuk horisontal yang berbeda dengan tipe Pelton atau Turgo yang bisa horisontal maupun vertikal. Turbin Banki dikenal juga dengan turbin Mitchell – Banki atau sering juga disebut sebagai turbin Ossberger. Turbin ini adalah turbin air yang dikembangkan pertama kali oleh Anthony Mitchell (Australia), Donal Banki (Hungaria) dan Frits Ossberger (Jerman) (Hunggul dkk., 2015).

Penelitian – penelitian lanjutan yang memfokuskan pada Turbin Banki sudah dilakukan, sehingga dapat dijadikan sebagai referensi dalam studi pustaka.

Hasil dari penelitian skripsi dengan judul “Investigasi Variasi Lengkung Nozel terhadap Aliran Masuk Air Runner Turbin Banki berbasis CFD” yang dilakukan oleh Obi Rizky Pratama, dapat disimpulkan bahwa varian yang alirannya tidak membentur poros dan kecepatan aliran terendah pada outlet turbin adalah varian 3 dengan radius lengkung nozel 250 mm. Sehingga energi yang diserap oleh runner lebih besar. Dalam menentukan optimasi desain suatu poros, penelitian skripsi yang berjudul “Optimasi Desain Suatu Poros Turbin Air Banki untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)”, dilakukan oleh Junior Ramadhani Syahri pada tahun 2019. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa varian A-1 yang ditulis dalam penelitiannya memiliki safety factor yang mendekati hasil optimum  $\geq 3$  dan kemudahan pemasangan *assembly* yang dapat di bongkar pasang antara poros dan *runner* merupakan varian terbaik. Pada tahun 2019 dilakukan juga penelitian mengenai “Optimasi Desain Suatu Profil Sudu Turbin Air Banki untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)”. Didapatkan hasil, bahwa sudu Varian desain U-2 dengan bentuk bagian bawahnya bulat atas radius 10 mm ujung radius 0,2 mm merupakan sudu optimasi untuk Turbin Banki, dengan hasil maksimal tegangan Von Mises sebesar 60,49 Mpa. Varian ini merupakan bentuk lintasan aliran yang optimasi dikarenakan alirannya seragam dan menyatu tetapi tidak membentur poros.

Efisiensi daya adalah masalah yang harus selalu dikaji dalam penelitian. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi daya adalah dengan menstabilkan putaran turbin yang berpengaruh pada fluktuasi atau perubahan daya. Menurut Amiryar et al. (2017) bahwa Sistem Penyimpanan Energi atau *Energy Storage System* (ESS) sangat dibutuhkan untuk menaikkan efisiensi ketika terjadi ketidakseimbangan antara energi yang masuk dengan energi yang dibutuhkan. Komponen yang sangat penting untuk mengatasi masalah rendahnya efisiensi daya adalah *Flywheel* atau Roda Gila.

Pengaplikasian dan penggunaan *Flywheel* atau Roda gila yang dijelaskan oleh Kumar et al. (2013) dalam jurnalnya yang berjudul “*Application and Use of Flywheel in Engineering: Overview*” bahwa *Flywheel* atau Roda gila telah digunakan untuk menstabilkan sebuah mesin ketika beroperasi. Konsep penyimpanan energi kinetik melalui sebuah benda bermassa tertentu yang berputar,

telah diterapkan oleh banyak insinyur untuk menstabilkan sistem operasi. *Flywheel* dibutuhkan juga untuk menjaga perubahan tekanan yang terjadi. Perubahan tekanan dapat diakibatkan jika pintu turbin tiba – tiba ditutup, maka akan timbul tekanan yang terjadi karena adanya *water hammer*. Roda gila menahan perubahan kecepatan rotasi mereka, yang membantu menstabilkan rotasi poros ketika torsi berfluktuasi diberikan padanya oleh sumber tenaganya. Komponen ini juga bertindak sebagai cadangan energi.

Studi kasus dalam mendesain Roda Gila yang dilakukan oleh Rajmane et al. (2014) menjelaskan bahwa *Flywheel* adalah sebuah massa besar yang berputar dan diletakkan diantara sumber energi. Roda gila atau *Flywheel* adalah perangkat mekanis dengan momen inersia yang signifikan digunakan sebagai perangkat penyimpanan energi rotasi. *Flywheel* adalah perangkat yang digunakan untuk mengatur perbedaan kecepatan atau fluktuasi kecepatan, yang dihasilkan oleh turbin Banki tersebut.

Energi yang dihasilkan, disimpan dalam massa yang berputar dan jumlah energi yang disimpan adalah fungsi persamaan dari momen inersia massa dan kecepatan sudut. Momen inersia massa disebut juga Efek *Flywheel* ( $WR^2$ ). Efek ini dihasilkan dari komponen – komponen yang berputar pada turbin. Nilai Efek *Flywheel* yang dibutuhkan oleh turbin, harus dapat terpenuhi dengan komponen – komponen yang sudah tersedia, seperti Generator (yang ada dipasaran), Puli, Poros dan *Runner*. Perhitungan desain komponen *Flywheel* dapat dilakukan apabila terjadi ketidaksesuaian antara nilai Efek *Flywheel* yang dibutuhkan dengan yang sudah tersedia.

Berdasarkan kajian literatur pada berbagai pustaka, maka fokus penelitian ini adalah melakukan perhitungan nilai Efek *Flywheel* yang dibutuhkan oleh Turbin Banki dan yang sudah tersedia pada komponen – komponen, seperti Generator (yang ada di pasaran), Puli, Poros dan *Runner*.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan penjelasan mengenai latar belakang di atas, maka penulis dapat melakukan identifikasi berberapa masalah sebagai berikut:

1. Energi Baru Terbarukan (EBT), seperti sinar matahari, angin, air, *biofuel* dan *geothermal*, merupakan alternatif terbaik dalam mengantisipasi semakin berkurangnya sumber daya alam yang secara terus – menerus digunakan.
2. Sumber Daya Air sangat berlimpah dan dapat diperbaharui. Sehingga penggunaan sumber dayanya dapat dimanfaatkan di berbagai lini kehidupan, demi kelancaran dalam kehidupan manusia.
3. Salah satu pemanfaatan Sumber Daya Air, adalah sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) atau *Hydroelectricity*.
4. Tipe atau jenis Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang dapat menjangkau daerah terpencil, yang belum terjangkau pasokan listrik, akan tetapi memiliki sumber daya air yang berlimpah, yaitu tipe *Micro – Hydro* atau Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Salah satu komponen penting yang digunakan dalam PLTMH adalah turbin air.
5. Pemilihan turbin yang tepat bergantung pada karakteristik lokasinya, yang dominan adalah *head* dan *flow rate* yang tersedia. Turbin *crossflow* adalah tipe yang sesuai untuk daerah berbukit dengan *head* rendah dan laju aliran yang tinggi.
6. Turbin Banki termasuk kedalam jenis turbin tipe *crossflow*. Tipe *crossflow* adalah tipe turbin dengan rotor berbentuk horisontal yang berbeda dengan tipe Pelton atau Turgo yang bisa horisontal maupun vertikal.
7. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi daya adalah dengan menstabilkan putaran turbin yang berpengaruh pada fluktuasi atau perubahan daya.
8. *Flywheel* adalah perangkat yang digunakan untuk mengatur perbedaan kecepatan atau fluktuasi kecepatan, yang dihasilkan oleh Turbin Banki.

9. Energi yang dihasilkan, disimpan dalam massa yang berputar dan jumlah energi yang disimpan adalah fungsi persamaan dari momen inersia massa dan kecepatan sudut. Momen inersia massa disebut juga Efek *Flywheel* ( $WR^2$ ).
10. Analisa nilai Efek *Flywheel* yang dibutuhkan oleh Turbin Banki dan yang sudah tersedia pada komponen – komponen, seperti Generator (yang ada di pasaran), Puli, Poros dan *Runner*, diperlukan untuk menentukan, dibutuhkan atau tidaknya komponen *Flywheel* pada Turbin Banki.

### 1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan – pembatasan masalah dilakukan untuk memudahkan dalam penelitian agar tidak keluar dari fokus penelitian. Sehingga penulis melakukan pembatasan masalah, sebagai berikut:

1. *Inlet volume flow* (debit air masuk) sebesar  $2 \text{ m}^3/\text{min}$ .
2. Tinggi jatuh air atau *head* sebesar 5,5 m.
3. Diameter luar *Runner* sebesar 200 mm dengan diameter dalamnya 132 mm. Jumlah sudu pada *Runner* terdapat 18 buah.
4. Kecepatan putar turbin sebesar 470,8 rpm.
5. Diameter puli kecil 100 mm dan diameter puli besar 310 mm.
6. Massa jenis material  $7,73 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

### 1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian dan identifikasi masalah, maka penulis merumuskan beberapa masalah, sebagai berikut:

1. Apakah nilai Efek *Flywheel* yang dibutuhkan oleh Turbin Banki sudah terpenuhi oleh komponen – komponen yang sudah tersedia, seperti Generator (yang ada di pasaran), Puli, Poros dan *Runner*?
2. Bagaimana hasil dari analisis mengenai nilai Efek *Flywheel* yang dibutuhkan oleh Turbin Banki dengan yang sudah tersedia pada komponen-komponen, seperti Generator (yang ada di pasaran), Puli, Poros dan *Runner*, apakah sudah terpenuhi atau membutuhkan komponen *Flywheel*?

## 1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan utama penelitian ini adalah:

1. Melakukan perhitungan nilai Efek *Flywheel* yang dibutuhkan oleh Turbin Banki dan nilai Efek *Flywheel* yang tersedia, seperti Generator (yang ada di pasaran), Puli, Poros dan *Runner*.
2. Menganalisis nilai Efek *Flywheel* yang dibutuhkan oleh Turbin Banki dengan nilai Efek *Flywheel* yang dihasilkan oleh komponen – komponen, seperti Generator (yang ada di pasaran), Puli, Poros dan *Runner*, sehingga dapat ditentukan, dibutuhkan atau tidaknya komponen *Flywheel* untuk memenuhi kebutuhan nilai Efek *Flywheel* Turbin Banki.

## 1.6 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat:

1. Menjadi sumber referensi yang sangat bermanfaat untuk pengembangan penelitian selanjutnya.
2. Menambah kemampuan mahasiswa dalam mengoperasikan perangkat lunak berbasis desain 2 dimensi dan 3 dimensi.
3. Mengetahui nilai efek *Flywheel* yang dihasilkan oleh Turbin Banki dan mendesain komponen *Flywheel* atau Roda gila yang sesuai untuk menstabilkan putaran Turbin Banki.

