

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Generator merupakan sebuah alat yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik (Hamzah, dkk. 2020). Energi mekanik ini berasal dari *prime mover* atau penggerak utama yang dapat berupa air, angin, maupun *engine*. Generator dikelompokkan menjadi generator sinkron dan generator asinkron. Generator asinkron atau dikenal dengan generator induksi menghasilkan kecepatan putar generator yang tidak sinkron atau tidak selaras dengan frekuensi listrik yang dihasilkannya. Sedangkan pada generator sinkron frekuensi listrik yang dihasilkan selaras dengan kecepatan putarnya, dengan meningkatkan kecepatan putar generator, maka nilai frekuensi pun akan meningkat. Generator yang biasa digunakan pada sistem pembangkit listrik adalah generator sinkron magnet permanen (*Permanent Magnet Synchronous Generator*). Generator sinkron magnet permanen banyak diaplikasikan pada sistem pembangkit listrik energi terbarukan karena memiliki karakteristik yang menguntungkan, diantaranya memiliki tingkat efisiensi yang tinggi, tidak ada rugi-rugi eksitasi yang dihasilkan, memiliki kemudahan dalam *maintenance* dan memiliki konstruksi yang kuat (Shin, dkk. 2020).

Konstruksi generator sinkron magnet permanen adalah stator, rotor, magnet permanen dan celah udara (*airgap*). Stator merupakan bagian generator yang diam. Pada stator terdapat slot yang merupakan tempat kumparan atau *coil* di susun. Rotor merupakan bagian generator yang berputar dan merupakan tempat diletakkannya magnet permanen. Magnet permanen dapat ditempatkan di permukaan rotor (*Surface Mounted Permanent Magnet*) atau ditempatkan didalam inti rotor (*Interior Permanent Magnet*). *Air gap* atau celah udara merupakan celah diantara rotor dan stator yang mencegah terjadinya gesekan antara rotor dan stator ketika generator mulai berputar. Keluaran generator sinkron dapat berupa arus bolak-balik (AC) maupun arus searah (DC) tergantung dari konstruksi generator tersebut. Untuk menghasilkan keluaran arus

searah (DC), perlu ditambahkan *converter* AC DC pada konstruksi generator sinkron. *Converter* AC DC yang digunakan pada generator sinkron adalah rangkaian penyearah dioda tiga fasa. Jenis penyearah ini memiliki keuntungan karena sederhana, kuat, dan berbiaya rendah (Miao, dkk, 2017).

Generator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik yang mengacu pada hukum Faraday. Perubahan fluks yang terjadi pada kumparan akan menghasilkan ggl (gaya gerak listrik) di ujung kumparan (Hamzah, dkk. 2020). Putaran dari *prime mover* yang diterima generator akan memutar rotor dan magnet yang terdapat pada rotor. Ketika berputar, magnet sebagai penghasil medan magnet akan menyebabkan fluks magnet pada inti kutub rotor bersirkulasi disekeliling rotor. Fluks magnet dari kutub magnet yang terletak pada rotor akan melewati celah udara dan mencapai permukaan stator beserta lilitan pada inti stator.

Generator dapat dimanfaatkan dalam sebuah sistem pembangkit listrik, namun dalam proses pengaplikasiannya, diperlukan proses uji coba terlebih dahulu. Uji coba ini dapat bertujuan untuk mengetahui kinerja dari generator itu sendiri, seperti besarnya nilai arus dan tegangan yang dapat dibangkitkan pada putaran tertentu, besarnya daya yang dapat dihasilkan pada putaran tertentu, dan tingkat keberhasilan yang dapat dicapai. Uji coba pada generator dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak, untuk menghindari *trial* dan *error* dalam proses pengaplikasiannya dalam sebuah sistem pembangkit listrik. Perangkat lunak yang digunakan adalah MagNet Infolytica. Melalui perangkat lunak ini, dapat diketahui nilai arus maupun tegangan yang dibangkitkan pada putaran tertentu, dan nilai daya yang dihasilkan pada putaran tertentu. Selain itu, melalui perangkat lunak ini, dapat dilakukan analisis mengenai distribusi aliran fluks pada generator, serta material yang digunakan pada bagian-bagian generator dapat ditentukan. Namun, perangkat lunak MagNet Infolytica ini memiliki kekurangan dalam *tools* untuk mendesain generator, sehingga diperlukan perangkat lunak lain untuk proses desain. Perangkat lunak yang digunakan untuk mendesain generator adalah MotorSolve.

Penelitian mengenai simulasi generator sinkron magnet permanen sebagai pembangkit listrik telah banyak dilakukan. Perangkat lunak yang digunakan untuk pengujian generator adalah MagNet Infolytica. Arifianto (2018) melakukan simulasi generator sinkron magnet permanen 12 slot 8 *pole* pada kecepatan putar 300 *RPM* sampai dengan 600 *RPM*. Hasil simulasi menunjukkan generator memiliki nilai efisiensi mencapai 100% namun generator menghasilkan daya yang rendah, yaitu sekitar 600 *W* pada kecepatan putar 600 *RPM*. Lestari (2018) melakukan penelitian mengenai simulasi generator 12 slot 8 *pole* dengan nilai kecepatan putar 1000 *RPM* sampai dengan 10.000 *RPM*. Hasil simulasi menunjukkan dengan meningkatkan nilai kecepatan putar, daya keluaran yang dihasilkan semakin tinggi, yaitu melebihi 1000 *W*. Umami (2018) melakukan simulasi generator dengan kombinasi 24 slot dan 8 *pole* pada kecepatan putar 500 *RPM*. Penelitian dilakukan dengan membandingkan penggunaan bahan magnet *ceramic* dan *NdFeB* (*Neodymium Iron Boron*). Berdasarkan hasil simulasi, magnet berbahan *NdFeB* (*Neodymium Iron Boron*) lebih efektif digunakan karena dapat menghasilkan nilai *output* yang lebih besar dibandingkan dengan magnet berbahan *ceramic*.

Kombinasi jumlah slot dan *pole* serta bahan magnet yang digunakan pada desain generator akan mempengaruhi kinerja generator, sehingga diperlukan ketepatan untuk memilih kombinasi jumlah slot dan *pole* serta bahan magnet yang digunakan. Generator memiliki berbagai kombinasi jumlah slot pada stator dan *pole* (kutub) (Almendros, 2015). Kombinasi jumlah slot dan *pole* yang paling umum adalah 12 slot 4 *pole*, 18 slot 6 *pole*, 24 slot 8 *pole* dan 36 slot 12 *pole*. Bahan magnet permanen yang dapat digunakan untuk mesin elektrik diantaranya yaitu magnet jenis *Alnico*, magnet *Ceramic*, dan magnet *rare-earth*. terdapat dua jenis magnet *rare-earth*, yaitu *Samarium Cobalt* (*SmCo*) dan *Neodymium Iron Boron* (*NdFeb*). *NdFeB* dan *SmCo* adalah dua material yang paling umum digunakan, namun *NdFeB* leboh banyak digunakan karena memiliki material yang lebih kuat dan harganya lebih murah dibandingkan dengan *SmCo* (Chengyuan He, 2019).

Sebuah pembangkit listrik dapat diklasifikasikan berdasarkan daya atau kapasitas daya yang dapat dihasilkannya. Pembangkit listrik dengan kapasitas daya antara 1 *kW* sampai dengan 100 *kW* dinamakan pembangkit listrik berskala mikro watt (Penches & Minas, 1998). Pada penelitian ini, generator sinkron didesain untuk menghasilkan kapasitas daya berskala mikro (1-100 *kW*) dengan daya maksimal yang dihasilkan sebesar 3 *kW*, pada kecepatan putar 100 *RPM* sampai dengan 1000 *RPM*.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian generator sinkron magnet permanen untuk dapat menghasilkan nilai daya keluaran sesuai dengan kapasitas yang ditentukan pada rentang nilai kecepatan putar yang ideal. Rentang nilai kecepatan putar ideal yang dimaksud adalah nilai kecepatan putar ketika generator dapat menghasilkan nilai daya keluaran berskala mikro (<100 *kW*) dengan daya maksimal sebesar 3 *kW*. Pengujian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak MagNet Infolytica. Generator dirancang dengan kombinasi 36 slot 12 *poles* menggunakan magnet permanen berbahan *NdFeb* (*Neodymium Iron Boron*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan pada latar belakang, maka permasalahan yang muncul adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh kecepatan putar generator sinkron magnet permanen terhadap nilai keluaran arus tegangan generator?
2. Bagaimana pengaruh nilai keluaran arus dan tegangan generator sinkron magnet permanen terhadap daya keluaran generator?
3. Bagaimana kondisi ideal kecepatan putar generator?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memperoleh gambaran mengenai pengaruh kecepatan putar generator sinkron magnet permanen terhadap nilai keluaran arus dan tegangan generator.

2. Memperoleh nilai daya keluaran generator berdasarkan nilai keluaran arus dan tegangan generator.
3. Memperoleh gambaran mengenai kondisi ideal kecepatan putar generator sehingga generator dapat bekerja sesuai dengan kapasitas daya yang telah ditentukan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan khususnya mengenai generator sinkron magnet permanen. Hasil penelitian terdahulu umumnya memberi gambaran mengenai pengaruh kecepatan putar generator terhadap nilai arus dan tegangan keluaran generator. Sedangkan hasil penelitian ini memberikan kontribusi berupa gambaran mengenai fenomena fluks magnet yang terjadi pada generator sinkron magnet permanen sehingga generator sinkron magnet permanen dapat menghasilkan gaya gerak listrik.
2. Penelitian ini berkontribusi dalam perancangan generator sinkron magnet permanen sebagai pembangkit listrik. Hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi pengaplikasian generator sebagai pembangkit listrik, khususnya pembangkit listrik berskala mikro ($<100\text{ kW}$).

1.5 Struktur Organisasi Skripsi

Struktur organisasi pada penulisan skripsi ini terdiri dari 5 Bab yang tersusun sebagai berikut:

1. Bab I Pendahuluan. Berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan struktur organisasi skripsi.
2. Bab II Kajian Pustaka. Berisikan tentang hasil kajian dari sumber-sumber pustaka dan penjelasan secara teoritis yang berkaitan dengan generator dan penelitian mengenai simulasi generator.

3. Bab III Metode Penelitian. Berisikan tentang metode yang digunakan untuk melakukan simulasi generator. Pada bab ini juga dijelaskan perancangan dan tahapan penelitian yang dilakukan.
4. Bab IV Temuan dan Bahasan. Berisikan hasil dan pembahasan mengenai pengaruh kecepatan putar generator terhadap nilai keluarannya, pengaruh nilai keluaran generator terhadap daya keluarannya dan kondisi ideal kecepatan putar generator.
5. Bab V Simpulan, Implikasi dan Saran. Berisikan simpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang telah dilakukan, implikasi dari hasil penelitian, dan saran yang dapat menjadi pertimbangan untuk penelitian lebih lanjut