

ABSTRAK

Simulator turbin angin secara massif dikembangkan untuk meningkatkan fleksibilitas penelitian di bidang elektronika daya dan *maximum power point tracker* (MPPT). Simulator turbin angin berfungsi sebagai alat skala laboratorium yang mampu memimik karakteristik turbin angin menggunakan motor listrik dan konverter daya. Dengan demikian, simulator ini dapat mewakili kondisi turbin angin sesungguhnya. Adapun penelitian ini bertujuan untuk merancang motor dc terkendali torka dengan menggunakan *buck chopper* agar keluaran torka motor sesuai dengan referensi torka pemodelan turbin angin yang telah diskalakan (torka ekivalen). Pendekatan kendali *proportional integral* (PI) dipilih dan diimplementasikan menggunakan perangkat lunak Simulink dan PSIM. Pemilihan motor dc, *buck chopper*, dan PI didasarkan pada sistem pengoperasiannya yang sederhana namun tetap mampu menghasilkan keluaran yang akurat. Pengujian kendali torka dilakukan pada Motor DC 200 KW 48V 5A, yang terintegrasi dengan perangkat lunak LVDAC-EMS, MATLAB Simulink, dan Arduino UNO. Hasil pengujian menunjukkan bahwa motor dc dapat beroperasi dengan kendali arus 0-5 A dan mengikuti perintah referensi torka pada rentang 0-1.2 N.m dengan galat kurang dari 5%. Kemudian motor dc terkendali torka diintegrasikan dengan model matematika turbin angin dan dilakukan pengujian simulasi MATLAB dan perangkat keras. Hasilnya didapat bahwa simulator turbin angin mampu menghasilkan keluaran torka yang sesuai dengan referensi torka ekivalen pada kecepatan angin 5-10 m/s dengan hasil nilai *relative root mean square error* (RRMSE) masing-masing 8,8% , 5% , 4%, 3%, 3%, 4%. Hasil RRMSE terkecil didapat pada kecepatan angin 8 dan 9 m/s sedangkan terbesar didapat pada kecepatan angin 5 m/s. Hal ini diasumsikan terjadi sebab pada kecepatan angin rendah, maka kecepatan rotor turbin pun akan rendah pula. Akibatnya torka yang dihasilkan pada kecepatan rotor rendah cenderung berosilasi karena efek getaran yang ada pada rotor. Oleh karena itu, respon STA sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin yang diujikan.

Kata Kunci: simulator turbin angin, motor dc, kendali torka, PI, *buck chopper*

ABSTRACT

A massive wind turbine simulator has been developed to enhance research flexibility in the field of power electronics and maximum power point tracking (MPPT). This wind turbine simulator functions as a laboratory-scale tool capable of emulating wind turbine characteristics using an electric motor and power converter. As such, this simulator can replicate real wind turbine conditions. The objective of this research is to design a torque-controlled DC motor using a buck chopper to align the motor's torque output with the scaled wind turbine torque reference (equivalent torque). The proportional integral (PI) control approach is selected and implemented using Simulink and PSIM software. The selection of the DC motor, buck chopper, and PI control is based on their simple operation while still achieving accurate output. Torque control testing is conducted on a 200 kW 48V 5A DC motor, integrated with LVDAC-EMS software, MATLAB Simulink, and Arduino UNO. The test results show that the DC motor can operate with a current control of 0-5 A and follow the torque reference command within the range of 0-1.2 Nm with an error of less than 5%. Subsequently, the torque-controlled DC motor is integrated with the wind turbine's mathematical model, and simulation testing is performed using MATLAB and hardware. The results demonstrate that the wind turbine simulator can produce torque output consistent with the equivalent torque reference at wind speeds of 5-10 m/s, with relative root mean square error (RRMSE) values of 8.8%, 5%, 4%, 3%, 3%, and 4% respectively. The lowest RRMSE is achieved at wind speeds of 8 and 9 m/s, while the highest is obtained at a wind speed of 5 m/s. This is assumed to occur because at low wind speeds, the rotor's speed is also low, leading to torque oscillations due to the vibration effects on the rotor. Therefore, the simulator's response is significantly influenced by the tested wind speed.

Key Words: wind turbine simulator, dc motor, torque controlled, PI, buck chopper