

Kestabilan sistem tenaga listrik ditentukan oleh pembangkit atau generator sebagai sumber tenaga. Sehingga, *monitoring* terhadap *state* generator penting dilakukan. Namun sering kali *state* dinamis generator tidak dapat dilihat dengan pengukuran secara langsung. Sehingga, dilakukan *dynamic state estimation* (DSE) untuk menggambarkan kondisi pada sistem berdasarkan informasi yang bisa didapatkan seperti model, *input*, dan pengukuran *output* sistem melalui estimasi. Pengukuran yang dipertimbangkan untuk mendapatkan estimasi *state* dapat memiliki *noise* yang mungkin membuat hasil estimasi tidak sesuai. Berbagai metode DSE seperti *Extended Kalman Filter* (EKF), *Unscented Kalman Filter* (UKF), dan *Particle Filter* (PF) telah dikembangkan untuk menghasilkan estimasi *state* pada sistem *nonlinear* dengan pengukuran yang *noisy*.

Doubly fed induction generator (DFIG) merupakan jenis generator induksi yang umum digunakan pada pembangkit tenaga angin. Tidak semua *state* DFIG dapat diukur secara langsung, sehingga perlu dilakukan DSE untuk mengetahui kondisi sistem. *Unscented kalman filter* UKF merupakan metode estimasi yang dianggap cocok untuk mengestimasi *state* DFIG. UKF melakukan estimasi dengan memilih titik sampel yang disebut *sigma point* tanpa melakukan linearisasi model. Pada studi terdahulu telah ditunjukkan bahwa UKF dapat memberikan estimasi akurat untuk sistem *nonlinear* seperti generator sinkron.

Estimasi *state* DFIG dengan metode UKF dapat disimulasikan dengan memodelkan DFIG melalui Simulink dan mengimplementasikan algoritme UKF dalam fungsi MATLAB. Dengan simulasi tersebut dapat diamati bagaimana estimasi yang dihasilkan UKF untuk DFIG pada berbagai kondisi. Berdasarkan pengamatan hasil simulasi, UKF dapat mengestimasi *state* DFIG secara baik pada kondisi *steady state* dan gangguan. UKF juga memberikan estimasi yang baik ketika terdapat derau pada sistem. Penambahan ukuran derau dan gangguan pada sistem mengakibatkan performa UKF menurun. Dapat diamatai pula bahwa hasil estimasi UKF masih baik meski terdapat derau pengukuran yang besar. Dengan menginisiasi UKF dengan berbagai estimasi inisial yang berbeda, didapati pemilihan estimasi inisial yang kurang baik dapat berakibat pada UKF gagal menghasilkan estimasi yang sesuai.

Kata kunci : *Dynamic State Estimation, Unscented Kalman filter, Doubly fed Induction generator, Pembangkit Tenaga Angin, Monitoring*

ABSTRACT

Power system stability is influenced by the generator as the main power source in the system. Therefore, monitoring generator's state is an important task in maintaining power system stability. The dynamical states of a system is often inaccessible by direct measurement due to sensor limitations. Dynamic state estimations are done to estimate the states that cannot be measured based on available information such as system's model, input, and output measurement. However, measurements may contain noises that can lead to inappropriate estimation. Dynamic State Estimation methods such as Extended Kalman Filter (EKF), Unscented Kalman Filter (UKF), and Particle Filters (PF) have been researched and developed to do state estimation on a nonlinear systems, such as generator, based on noisy measurements.

The Doubly-fed Induction Generator (DFIG) is widely used to generate electricity in wind power generation. Most of DFIG's internal states are inaccessible by direct measurement, hence the need to do state estimation. The Unscented Kalman Filter (UKF) is considered the preferable method to estimate DFIG's states. UKF approaches states estimation of a linear system without linearization. The UKF uses a set of sample points called sigma points to provide state estimation of a nonlinear system. It has been shown in previous studies that UKF provide an accurate estimation for nonlinear systems such as synchronous generators.

DFIG state estimation using UKF can be simulated by modeling the DFIG in Simulink and implementing the UKF algorithm in a Matlab Function. Then, the performance of UKF in DFIG state estimation can be observed. Test can be done by simulating the state estimation on different cases, such as noises and faults, to observe the UKF capability to produce proper estimation under various condition. Based on said test result, the UKF can estimate the states of DFIG based on the system's models, input, and output measurement properly with small errors during steady-state and faults. UKF also provides proper estimation for DFIG states when the system contains process and measurement noises. The results shows UKF performance decreased when the size of noise and size of faults is increased respectively. It can be observed that UKF is more resilient to measurement noises. By running the simulation with various initial estimates to initialize UKF shows that poor choice of initial estimation may lead to UKF unable to provide acceptable result.

Keywords : *Dynamic State Estimation, Unscented Kalman Filters, Doubly fed Induction Generator (DFIG), Wind Power Generation, Power System Monitoring*