



## INTISARI

Pembangkit listrik tak terbarukan memiliki ketersediaan sumber daya yang terbatas dan dapat menimbulkan meningkatnya dampak dari pemanasan global. Dengan demikian, dalam upaya meningkatkan pasokan energi listrik dan mengurangi dampak pemanasan global maka diperlukan pasokan energi listrik yang bersumber dari energi terbarukan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). Perkembangan PLTB menimbulkan kekhawatiran bagi publik mengenai keandalan, keamanan, dan kestabilannya. Penelitian ini menganalisis *Small Signal Stability* (SSS) pada sistem *nine bus Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) yang terkoneksi dengan PLTB jenis *Doubly Fed Induction Generator* (DFIG) sekaligus melakukan pemilihan kombinasi *Automatic Voltage Regulator* (AVR) dan *Power System Stabilizer* (PSS) terbaik untuk meningkatkan kestabilan sistem. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah membuat simulasi DFIG untuk mengganti pembangkit energi tak terbarukan pada sistem *nine bus* dengan menggunakan simulasi *modal* analisis pada *software* DIgSILENT. Kestabilan sistem akan dilihat dari nilai *eigenvalue*, *damping ratio* dan nilai *participation factors* baik dalam kondisi normal atau saat ada perubahan peningkatan beban. Adapun pemilihan kombinasi AVR dan PSS dalam meningkatkan kestabilan pada sistem yang disebabkan dari penggantian pembangkit tak terbarukan dengan DFIG akan mengacu pada nilai *Maximum Rotor Angle Deviation Rate* (MRADR) dan *Settling Time* (ST) dari grafik respon transien sudut rotor generator setelah diberi gangguan hubung singkat pada *bus* yang terhubung. Kombinasi AVR dan PSS terbaik yang sudah didapatkan akan diintegrasikan pada generator sinkron yang dipilih untuk menganalisis kembali SSS pada sistem akibat adanya penetrasi DFIG, kombinasi AVR dan PSS ini dimaksudkan untuk memperbaiki sistem agar tetap stabil. Dari simulasi yang dilakukan didapatkan bahwa tingkat besarnya penetrasi DFIG yang terkoneksi pada sistem *nine bus* dalam simulasi penggantian pembangkit tak terbarukan ini memiliki dampak pada penurunan kemampuan pembebanan daya pada sistem. Nilai yang dicapai pada pembebanan yang terkoneksi dengan DFIG akan mulai tidak stabil pada kenaikan beban minimum 92% untuk beban B dan 75% untuk beban A. Sedangkan pada sistem yang disuplai dengan pembangkit konvensional tanpa adanya koneksi DFIG sistem akan tetap stabil meskipun dengan kenaikan beban 92% pada beban B dan 75% pada beban A. Selain itu, semakin besar level penetrasi DFIG yang diberikan maka akan menurunkan nilai *damping ratio* yang berakibat pada semakin rentannya terkena gangguan. Penambahan kriteria kombinasi AVR dan PSS pada generator sinkron dapat memperbaiki kestabilan pada sistem walaupun pada sistem tersebut terjadi perubahan peningkatan beban 92% pada beban B dan 75% pada beban A ketika sistem terkoneksi dengan DFIG. Namun, pemilihan jenis kombinasi AVR dan PSS perlu diperhatikan mengingat pemilihan jenis kombinasi AVR dan PSS yang tidak sesuai justru akan membuat sistem menjadi tidak stabil. Penelitian ini diharapkan dapat mengurangi kekhawatiran adanya transisi penggunaan pembangkit energi terbarukan terutama dengan menggunakan PLTB.

Kata kunci : *small signal stability*, PLTB, DFIG, *modal analysis*, kombinasi AVR dan PSS.



## ABSTRACT

*Non-renewable power plants have limited resource availability and can contribute to the increasing impact of global warming. Therefore, to enhance the electricity supply and reduce global warming effects, there is a need for electricity sourced from renewable energy, such as Wind Power Plants (PLTB). The development of PLTB has raised public concerns about its reliability, safety, and stability. This study analyzes Small Signal Stability (SSS) in a nine-bus Institute Electrical and Electronics Engineers (IEEE) system connected to a Doubly Fed Induction Generator (DFIG) type PLTB and simultaneously selects the best combination of Automatic Voltage Regulator (AVR) and Power System Stabilizer (PSS) to improve system stability. The method used in this study involves simulating a DFIG to replace non-renewable energy generation in a nine-bus system, utilizing modal analysis simulation in DIgSILENT software. System stability is evaluated based on eigenvalue, damping ratio, and participation factor values under both normal conditions and scenarios with load increases. The selection of the best AVR and PSS combination to enhance system stability, influenced by replacing non-renewable generation with DFIG, is based on the Maximum Rotor Angle Deviation Rate (MRADR) and settling time (ST) from the transient response graph of the generator rotor angle following a short-circuit fault at the connected bus. The optimal AVR and PSS combination identified will be integrated into the chosen synchronous generator to further analyze SSS in the system as a result of DFIG penetration. This AVR and PSS combination is intended to maintain system stability. The simulation results show that the level of DFIG penetration connected to the nine-bus system in replacing non-renewable generation impacts the system's power load capacity. The load connected to the DFIG becomes unstable at a minimum load increase of 92% for load B and 75% for load A. Conversely, a system supplied by conventional generation without DFIG connection remains stable even with a 92% load increase for load B and a 75% increase for load A. Additionally, higher levels of DFIG penetration reduce the damping ratio, making the system more vulnerable to disturbances. Adding an AVR and PSS combination to the synchronous generator can improve system stability even with a load increase of 92% for load B and 75% for load A when the system is connected to DFIG. However, careful consideration is required when selecting the AVR and PSS combination, as an inappropriate choice may destabilize the system. This study aims to alleviate concerns about transitioning to renewable energy generation, especially through wind power plants.*

**Keywords :** *small signal stability, PLTB, DFIG, modal analysis, combination of AVR and PSS.*