

## INTISARI

Konsumsi energi listrik di Indonesia terus meningkat seiring waktu. Pada tahun 2023, konsumsi listrik mencapai 1.285 kWh per kapita dengan target pemerintah pada tahun 2024 sebesar 1.408 kWh per kapita. Untuk mencapai target ini, pemerintah berupaya mengoptimalkan sistem transmisi dan efisiensi pembangkit listrik di Indonesia. Kapasitas pembangkit terpasang hingga akhir 2022 sebesar 83.813,10 MW, yang sebagian besar terdiri dari PLTU, PLTG, dan PLTGU. Salah satu perlengkapan pembangkit termal yang wajib ada adalah generator sinkron. Stabilitas generator sinkron pada pembangkit listrik termal sangat penting untuk keandalan dan keamanan sistem kelistrikan. Oleh karena itu, studi stabilitas sistem generator sinkron banyak berkembang dari tahun ke tahun. Studi stabilitas tersebut banyak dilakukan pada kendali eksitasi sebagai keluaran dari sistem generator sinkron. Kendali eksitasi dilakukan oleh dua perangkat yaitu *Power System Stabilizer* (PSS) dan *Automatic Voltage Regulator* (AVR). Beberapa perkembangan studi dalam performa PSS dan AVR dilakukan dengan metode adaptif seperti menggunakan *Linear Quadratic Regulator* (LQR) atau menggunakan *Model Reference Adaptive Control* (MRAC). Namun, dalam studi tersebut, masih menemukan batasan pemodelan karena kompleksitas sistem aktual.

Dalam perkembangannya, studi kendali adaptif semakin berkembang menggunakan teknik *Fuzzy* dan menggunakan agen *machine learning*. Dengan perkembangan ini batasan yang ditemukan pada pemodelan teratasi. Salah satu metode adaptif dari *artificial intelligence* yang berkembang pada era saat ini adalah *reinforcement learning*. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dirancang sistem kendali adaptif pada generator sinkron berbasis *reinforcement learning*, terutama pada *Automatic Voltage Regulator* (AVR) dan *Power System Stabilizer* (PSS). Metode yang digunakan melibatkan *tuning* parameter kendali pada generator sinkron dengan *reinforcement learning*. Penelitian ini menguji performa sistem kendali adaptif dengan melakukan hubung singkat tiga fase pada model *Single Machine Infinite Bus*.

Hasil penelitian dengan sistem kendali adaptif berbasis *reinforcement learning* untuk generator sinkron memberikan performa yang lebih baik dalam menghadapi gangguan pada sistem kelistrikan dibandingkan dengan metode konvensional. Selain itu, galat yang didapatkan pada sistem yang dirancang juga lebih kecil dibandingkan sistem kendali konvensional saat terjadi gangguan dalam sistem. Performa baik ini didukung dengan sistem yang dirancang dapat kembali ke keadaan tunak setelah terjadi gangguan. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan stabilitas dan efisiensi sistem kelistrikan di Indonesia, serta menjadi referensi untuk pengembangan lebih lanjut dalam bidang kendali adaptif berbasis *reinforcement learning*.

Kata kunci : *Reinforcement Learning*, *Single Machine Infinite Bus*, *Automatic Voltage Regulator*, *Power System Stabilizer*, TD3



## ABSTRACT

*Electric energy consumption in Indonesia continues to increase over time. In 2023, electricity consumption reached 1,285 kWh per capita, with the government's target for 2024 set at 1,408 kWh per capita. To achieve this target, the government is striving to optimize the transmission system and the efficiency of power plants in Indonesia. The installed power generation capacity at the end of 2022 was 83,813.10 MW, consisting mostly of coal-fired power plants (PLTU), gas turbine power plants (PLTG), and combined cycle power plants (PLTGU). One essential piece of equipment in thermal power plants is the synchronous generator. The stability of synchronous generators in thermal power plants is crucial for the reliability and safety of the power system. Therefore, the study of synchronous generator stability has been developing significantly over the years. These stability studies are often focused on excitation control as the output of the synchronous generator system. Excitation control is carried out by two devices: the Power System Stabilizer (PSS) and the Automatic Voltage Regulator (AVR). Several developments in the performance of PSS and AVR have been made using adaptive methods, such as the Linear Quadratic Regulator (LQR) or Model Reference Adaptive Control (MRAC). However, these studies still face modeling limitations due to the complexity of the actual system.*

*Over time, adaptive control studies have progressed further by employing Fuzzy techniques and machine learning agents. These developments have addressed the modeling limitations found in earlier studies. One of the adaptive methods from artificial intelligence that is evolving in this era is reinforcement learning. Therefore, this research designs an adaptive control system for synchronous generators based on reinforcement learning, particularly focusing on the Automatic Voltage Regulator (AVR) and Power System Stabilizer (PSS). The method involves tuning the control parameters of the synchronous generator using reinforcement learning. This study tests the performance of the adaptive control system by performing a three-phase short circuit on a Single Machine Infinite Bus model.*

*The results of this research show that the adaptive control system based on reinforcement learning for synchronous generators performs better in responding to disturbances in the power system compared to conventional methods. Additionally, the errors encountered in the designed system are smaller than those in conventional control systems during disturbances. This good performance is supported by the system's ability to return to a steady state after a disturbance. It is hoped that this research will make a significant contribution to improving the stability and efficiency of the power system in Indonesia and serve as a reference for further development in adaptive control based on reinforcement learning.*

**Keywords :** Reinforcement Learning, Single Machine Infinite Bus, Automatic Voltage Regulator, Power System Stabilizer, TD3