

ANALISIS OPERASI GENERATOR BERDASARKAN VARIASI TEGANGAN *GRID* DAN TINGKAT PEMBANGKITAN PADA SISTEM KELISTRIKAN PLTP X BERBASIS STUDI ALIRAN DAYA

Liemalasintasari

ABSTRAK

Generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) X beroperasi paralel dengan jaringan transmisi 150 kV sehingga kondisi operasinya dipengaruhi oleh perubahan tegangan *grid*. Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi tegangan *grid* dan tingkat pembangkitan terhadap daya reaktif generator (Q_{gen}), tegangan terminal, faktor daya, posisi *operating point* terhadap *Generator Capability Curve* (GCC), serta efektivitas pengaturan setpoint *Automatic Voltage Regulator* (AVR) sebagai mitigasi operasional. Simulasi aliran daya dilakukan menggunakan perangkat lunak ETAP dengan metode *Newton-Raphson* pada 16 skenario kondisi operasi awal yang merupakan kombinasi empat variasi tegangan *grid* (135; 142,5; 150; dan 157,5 kV) dan empat tingkat pembangkitan (25%; 50%; 75%; dan 100%), dilengkapi 8 skenario mitigasi setpoint AVR. Hasil simulasi menunjukkan bahwa seluruh skenario pada tegangan *grid* 135 kV menghasilkan margin GCC sebesar 0,000 MVar pada semua tingkat pembangkitan, dengan *operating point* tepat pada batas *Over Excitation Limiter*. Peningkatan tingkat pembangkitan menyebabkan kemampuan daya reaktif maksimum generator menurun dari 39,158 MVar (25%) hingga 28,078 MVar (100%), yang menunjukkan bahwa semakin besar daya aktif yang dibangkitkan, semakin sempit ruang operasi pada GCC. Pengaturan setpoint AVR ke nilai +3% tidak efektif mengubah kondisi operasi generator, sedangkan penurunan setpoint AVR ke -5% berhasil meningkatkan margin GCC menjadi 16,285; 14,216; 10,272; dan 4,252 MVar pada pembangkitan 25%, 50%, 75%, dan 100%. Pengaturan tap *Unit Auxiliary Transformer* (UAT) pada posisi -2,5% berhasil mengembalikan profil tegangan *bus* pemakaian sendiri ke kondisi normal. Penelitian ini menunjukkan bahwa tegangan *grid* merupakan variabel dominan yang memengaruhi kebutuhan daya reaktif dan margin operasi generator, sedangkan tingkat pembangkitan menentukan batas kemampuan daya reaktif maksimum generator pada sistem kelistrikan PLTP X.

Kata Kunci: *Automatic Voltage Regulator*, Daya Reaktif, Daya Aktif, Generator Sinkron, Kurva Kapabilitas Generator, Pembangkitan Listrik Tenaga Panas Bumi, Studi Aliran Daya, Tegangan *Grid*, Tingkat Pembangkitan

ANALYSIS OF GENERATOR OPERATION BASED ON GRID VOLTAGE VARIATION AND GENERATION LEVELS IN THE PLTP X ELECTRICAL SYSTEM BASED ON POWER FLOW STUDY

Liemalasintasari

ABSTRACT

The generator at Geothermal Power Plant (PLTP) X operates in parallel with a 150 kV transmission network, making its operating conditions susceptible to grid voltage variations. This study analyzes the effect of grid voltage variation and generation levels on generator reactive power output (Q_{gen}), terminal voltage, power factor, the operating point position relative to the Generator Capability Curve (GCC), and the effectiveness of Automatic Voltage Regulator (AVR) setpoint adjustment as an operational mitigation measure. Power flow simulations were conducted using ETAP software with the Newton-Raphson method across 16 initial operating scenarios combining four grid voltage levels (135, 142.5, 150, and 157.5 kV) and four generation levels (25%, 50%, 75%, and 100%), supplemented by 8 AVR setpoint mitigation scenarios. Results show that all scenarios at a grid voltage of 135 kV produced a GCC margin of 0.000 MVar across all generation levels, with the operating point located exactly at the Over Excitation Limiter boundary. Increasing generation levels reduced the maximum reactive power capability from 39.158 MVar at 25% to 28.078 MVar at 100%, indicating that higher active power output narrows the available operating region on the GCC. Increasing the AVR setpoint by +3% proved ineffective in altering the generator operating condition, whereas reducing the AVR setpoint by –5% successfully increased the GCC margin to 16.285, 14.216, 10.272, and 4.252 MVar at generation levels of 25%, 50%, 75%, and 100%, respectively. Adjusting the Unit Auxiliary Transformer (UAT) tap position to –2.5% restored the auxiliary bus voltage profile to normal condition. This study demonstrates that grid voltage is the dominant variable influencing reactive power demand and generator operating margin, while generation level determines the maximum reactive power capability boundary in the PLTP X electrical system.

Keywords: Active Power, Automatic Voltage Regulator, Generation Level, Generator Capability Curve, Geothermal Power Plant, Grid Voltage, Power Flow Study, Reactive Power, Synchronous Generator