

RINGKASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kestabilan sistem kelistrikan terhadap gangguan transien berupa N-1 transformator di *North Geragai Field* (NGF) PT PetroChina International Jabung Ltd. Pada 20 Mei 2025, perusahaan ini hanya mengandalkan satu unit Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) 1x4,5 MW untuk menyuplai beban sebesar 3,342 MW (76% dari total daya pembangkitan), sehingga sistem menjadi rawan terhadap gangguan besar yang dapat menyebabkan lepasnya generator dari sistem, kehilangan sinkronisasi, hingga *blackout*. Analisis dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak DigSILENT *PowerFactory* 2021 dengan metode Newton-Raphson sebagai dasar perhitungan aliran daya. Kestabilan respon tegangan dan frekuensi setelah gangguan transien ditentukan berdasarkan *Disturbance Signal Energy* (DSE) dengan cara menghitung luas daerah dibawah kurva grafik respon frekuensi dan tegangan. Metode regresi linear untuk menghitung Indeks Kekuatan Sistem (IKS) berdasarkan respon frekuensi dan Performansi Indeks Tegangan (PIv) untuk mengetahui dampak skenario N-1 transformator berdasarkan deviasi tegangan pada seluruh sistem. Hasil studi menunjukkan bahwa bus dengan respon frekuensi yang memiliki kestabilan terburuk pada skenario 3 495-TR-100A sebesar $70,822 \times 10^{-2} \text{ Hz}^2\text{s}$, namun seluruhnya masih dalam standar ANSI/IEEE C37.106-2022. Untuk respon tegangan yang paling tidak stabil adalah skenario 1 700-SWG-101 Bus B sebesar $2,176 \times 10^{-4} \text{ V}^2\text{s}$, namun respon tegangan masih dalam batas operasi sesuai dengan standar IEEE 1159-1995 serta kembali ke kondisi steady state yang merupakan masih dalam standar SPLN No. 1:1995, yaitu 5%, -10% atau dalam satuan perunit adalah +0,05 p.u dan -0,1 p.u. Dari persamaan umum regresi linear, jika 69% (2,3103 MW) beban yang hilang dari sistem, perubahan frekuensi yang disebabkan oleh gangguan tersebut 1,0009 Hz. Dengan demikian Indeks Kekuatan Sistem (IKS) yang dihitung dengan metode regresi linear adalah 2,3103 MW/Hz. Lalu pembuktian menggunakan persamaan umum regresi linear yang didapatkan efektif untuk memprediksikan perubahan frekuensi ketika N-1 bus sistem. Adapun skenario paling kritis berdasarkan nilai PIV adalah N-1 transformator 495-TR-100A dengan nilai PIV sebesar 1,0697, sedangkan yang paling tidak berdampak adalah N-1 transformator 700-TR-101B dengan PIV sebesar 0,3156.

Kata Kunci : Gangguan Transien, DigSILENT *PowerFactory*, *Disturbance Signal Energy* (DSE), Indeks Kekuatan Sistem (IKS), Performansi Indeks Tegangan (PIv)

SUMMARY

This study was conducted to evaluate the stability of the electrical system against transient disturbances in the form of N-1 transformers at the North Geragai Field (NGF) of PT PetroChina International Jabung Ltd. On May 20, 2025, the company relied solely on one 1x4.5 MW Gas Power Plant (PLTG) to supply a load of 3.342 MW (76% of the total generation capacity), making the system vulnerable to major disturbances that could cause generators to disconnect from the system, loss of synchronization, and even blackouts. The analysis was conducted using DigSILENT PowerFactory 2021 software with the Newton-Raphson method as the basis for power flow calculations. The stability of voltage and frequency responses after transient disturbances was determined based on Disturbance Signal Energy (DSE) by calculating the area under the frequency and voltage response curve. The linear regression method was used to calculate the System Strength Index (SSI) based on the frequency response and Voltage Performance Index (VPI) to determine the impact of the N-1 transformer scenario based on voltage deviation throughout the system. The study results show that the bus with the worst frequency response stability in scenario 3 495-TR-100A is $70,822 \times 10^{-2} \text{ Hz}^2\text{s}$, but all are still within the ANSI/IEEE C37.106-2022 standard. The most unstable voltage response was in scenario 1 700-SWG-101 Bus B at $2.176 \times 10^{-4} \text{ V}^2\text{s}$, but the voltage response is still within the operating limits according to the IEEE 1159-1995 standard and returns to a steady state condition which is still within the SPLN No. 1:1995 standard, namely 5%, -10% or in perunit units is +0.05 p.u and -0.1 p.u. From the general linear regression equation, if 69% (2.3103 MW) of the load is lost from the system, the frequency change caused by the disturbance is 1.0009 Hz. Thus, the System Strength Index (IKS) calculated using the linear regression method is 2.3103 MW/Hz. Then, verification using the general linear regression equation obtained is effective for predicting frequency changes when N-1 bus systems. The most critical scenario based on the Plv value is N-1 transformer 495-TR-100A with a Plv value of 1.0697, while the least impactful is N-1 transformer 700-TR-101B with a Plv of 0.3156.

Keywords : Transient Disturbance, DigSILENT PowerFactory, Disturbance Signal Energy (DSE), System Strength Index (IKS), Voltage Performance Index (Plv)