

Peningkatan Stabilitas Transien Generator Sinkron dengan Analisis Power System Stabilizer (PSS)

Elda Permata Sari

Politeknik Raflesia

e-mail: eldapermatasari@polraf.ac.id

ABSTRAK

Salah satu yang menyebabkan faktor yang menurunkan keandalan sistem tenaga listrik adalah generator yang saat berkerja di luar kemampuannya yang mengakibatkan kehilangan stabilitas karena terjadi gangguan yang dapat menimbulkan getaran yang menyebabkan generator kehilangan sinkron dan menyebabkan ketidakstabilan sistem. Artikel ini bertujuan untuk menganalisis peningkatan stabilitas transien generator dengan power system stabilizer. Metode yang digunakan adalah metode kepustakaan yang diterapkan untuk menganalisis data dan parameter single machine infinite bus yang disimulasikan menggunakan software matlab versi R2016b. Dalam penelitian ini, sistem dengan PSS dan sistem tanpa PSS dibandingkan kinerjanya menggunakan simulasi pengaruh pemasangan sistem SMIB (Single Machine Infinite Bus) PSS (Power System Stabilizer) pada saat terjadi gangguan. MATLAB Simulink digunakan untuk melengkapi studi sudut dan frekuensi rotor. Analisis menggunakan power system stabilizer (PSS) pada sistem single machine infinite bus (SMIB) telah dilakukan dalam kondisi sistem mengalami gangguan pada input step mekanik sebesar 0,14 p.u. *Power system stabilizer* mempunyai kinerja yang sangat baik untuk meredam osilasi sudut rotor, karena nilai posisi sudut putar yang rendah dan waktu sistem yang dihasilkan mencapai titik stabil yang singkat. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja sistem pembangkit tenaga listrik sangat baik dalam mengatasi gangguan.

Kata Kunci: Power System Stabilizer, kestabilan, SMIB, PSS

ABSTRACT

One of the factors that reduce the reliability of the electric power system is the generator when working beyond its capabilities which results in loss of stability due to disturbances that can cause vibrations that cause the generator to lose sync and cause system instability. This article aims to analyze the improvement of the transient stability of a generator with a power system stabilizer. The method used is the library method which is applied to analyze data and parameters of a single machine infinite bus which is simulated using the Matlab software version R2016b. In this study, the performance of the system with PSS and the system without PSS was compared using a simulation of the effect of installing the PSS (Single Machine Infinite Bus) SMIB (Power System Stabilizer) system in the event of a disturbance. MATLAB Simulink is used to complete the study of rotor angle and frequency. Analysis using a power system stabilizer (PSS) on a single machine infinite bus (SMIB) system has been carried out in the condition that the system has a disturbance at the mechanical input step of 0.14 p.u. The power system stabilizer has a very good performance to dampen the rotor angle oscillations, because the value of the position of the rotating angle is low and the resulting system time reaches a short stable point. This shows that the performance of the power generation system is very good in overcoming disturbances.

Keywords: Power System Stabilizer, stability, SMIB, PSS.

PENDAHULUAN

Suharto (2015) mengatakan Hal yang sangat penting dalam proses perencanaan dan pengoperasian untuk sistem tenaga listrik adalah stabilitas sistem. Dapat dikatakan bahwa sistem ini cukup stabil untuk mengatasi gangguan daya yang dihasilkan agar mesin tetap sinkron. Dalam keadaan operasi stabil dari jaringan listrik itu adalah keseimbangan antara daya masukan mekanis generator motor

dan keluaran daya dari sistem. Dalam kondisi seperti ini, generator akan berputar pada kecepatan sinkron. Permana (2015) berpendapat bahwa hambatan besar dari jaringan listrik mempengaruhi operasi sinkron. Peningkatan kebutuhan energi listrik tidak menyebabkan peningkatan peralatan pembangkit tenaga listrik. Yamlecha (2012) menyatakan bahwa salah satu yang menyebabkan faktor yang menurunkan

keandalan sistem tenaga listrik adalah generator yang saat bekerja di luar kemampuannya yang mengakibatkan kehilangan stabilitas sehingga terjadinya gangguan yang menimbulkan getaran yang menyebabkan generator kehilangan sinkron dan menyebabkan ketidakstabilan sistem. Untuk itu dibutuhkan suatu alat yang dapat menstabilkan kembali sistem generator tersebut.

Dalam penelitian ini, sistem dengan PSS dan sistem tanpa PSS dibandingkan kinerjanya menggunakan simulasi pengaruh pemasangan sistem SMIB (Single Machine Infinite Bus) PSS (Power System Stabilizer) pada saat terjadi gangguan. MATLAB Simulink digunakan untuk melengkapi studi sudut dan frekuensi rotor.

TINJAUAN PUSTAKA

STABILITAS SISTEM TENAGA LISTRIK

Sari (2021) mengatakan Stabilitas sistem tenaga dapat diartikan sebuah kemampuan sistem tenaga dan komponennya untuk menjaga agar sistem tetap sinkron dan seimbang. Menurut Robandi (2009) sifat dan besarnya gangguan, masalah stabilitas secara umum dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

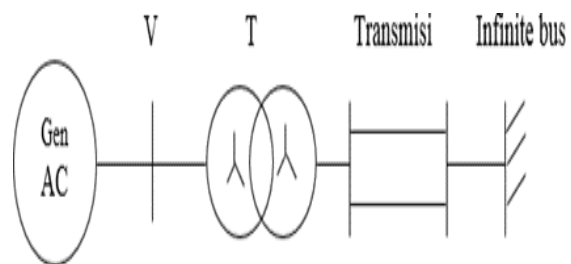
1. Stabilitas steady state merupakan kemampuan sistem tenaga untuk menjaga agar mesin-mesin dalam sistem tetap sinkron setelah mengalami sedikit gangguan.
2. Stabilitas transien merupakan kemampuan pada sistem tenaga untuk menjaga sinkronisasi setelah terjadinya gangguan besar yang tiba-tiba dalam satu swing.
3. Stabilitas dinamis terjadi ketika sistem tidak dapat tetap sinkron sampai sistem mencapai keseimbangan baru setelah putaran pertama.

SINGLE MACHINE INFINITE BUS (SMIB)

Suatu mesin yang menyuplai daya ke bus tak terbatas disebut sebagai Single Machine Infinite Bus (SMIB). Disebutkan tak terbatas sebab jarak mesin dengan beban sangat panjang melalui saluran. Robandi (2009) mengatakan tak hingga, karena mengingat jarak antara mesin dan beban sangat panjang, terdapat sambungan variabel yang lemah

melintasi saluran transmisi, sehingga tegangan bus tak hingga dapat diasumsikan bernilai konstan.

Seperti dapat dilihat pada Gambar 1, sistem itu menunjukkan pembangkit listrik yang terdiri dari beberapa generator dengan generator yang diwakili oleh satu sistem. Generator G dihubungkan dengan saluran ganda melalui trafo T. Saluran transmisi terhubung ke bus tak terbatas melalui impedansi ekuivalen Z_t . Bus tak terbatas diwakili oleh bus dari sumber tegangan tetap. Robandi (2009) mengasumsikan bahwa Magnitude Frekuensi dan besarnya fasa tegangan tidak berubah dengan perubahan beban.

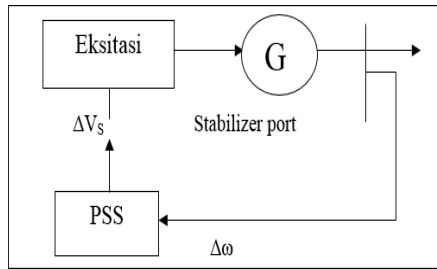


Gambar 1. Sistem dengan SMIB

POWER SYSTEM STABILIZER (PSS)

Djalal (2019) berpendapat bahwa power system stabilizer (PSS) adalah alat kontrol tambahan yang berfungsi untuk meredam osilasi frekuensi dan tegangan secara lokal atau global pada generator, sebagai respons dari penyimpangan yang terjadi pada nilai variabel yang telah diset. Surjan (2012) mengutarakan tujuan dari pemasangan stabilizer sistem tenaga atau PSS untuk meningkatkan torsi sehingga proses transfer energi ditingkatkan.

Hal ini diperlukan untuk memperkuat torsi redaman, karena melemahnya energi yang ditransmisikan dalam kondisi beban berat. Namun, dalam pendekatan yang terbaru, sinyal kontrol keluaran PSS dapat meningkatkan batas stabilitas dengan mengatur eksitasi generator, sehingga memberikan peredaman untuk osilasi rotor motor sinkron. Jika tidak diproses akan membatasi kapasitas transfer daya. Penerapan PSS dengan sistem daya yang terhubung ke port stabilizer melalui ΔV_p , seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



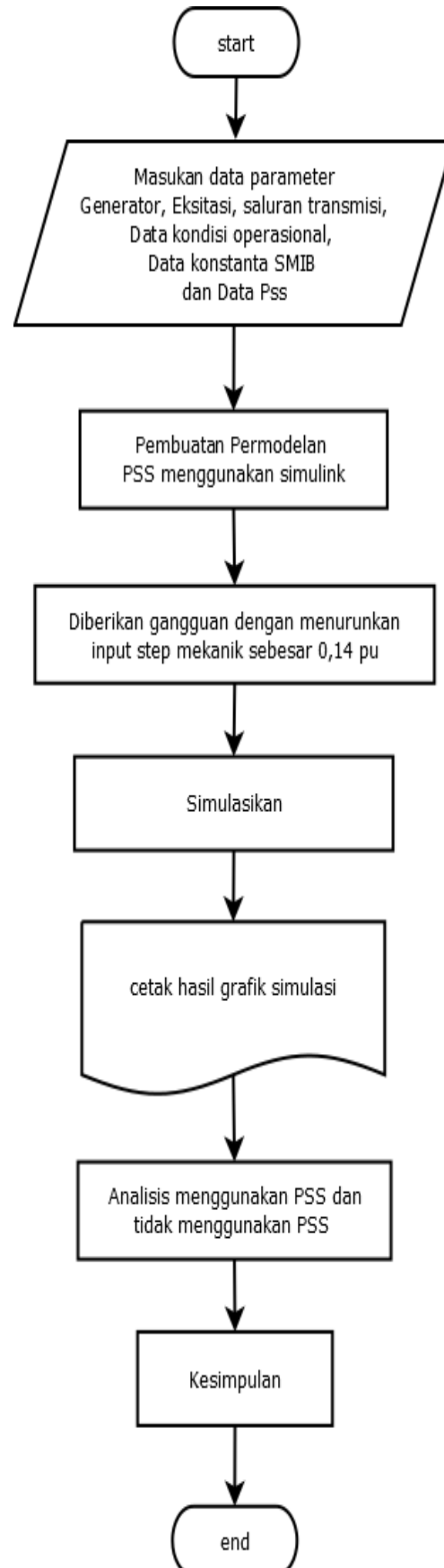
Gambar 2. Sistem dengan PSS pada Generator

PSS menghasilkan sinyal keluaran (ΔV_s) untuk mengontrol arus eksitasi ketika kecepatan sudut rotor ($\Delta \omega$) berubah. Menurut Robandi (2009) PSS memiliki beberapa komponen, yaitu

1. *Transducer* berfungsi mengatur sinyal input menjadi tegangan.
2. Rangkaian fase *Lag/Lead* digunakan untuk memberikan fase sesuai yang kita inginkan.
3. Amplifier berfungsi sebagai memperkuat sinyal.
4. Rangkaian *Washout* berfungsi memberikan kondisi secara kontinu pada *out stabilizer*.
5. *Limiter* berfungsi menghindari sinyal stabilizer pada perubahan tegangan yang tinggi dan mempertahankan pengatur tegangan pada kondisi dalam keadaan tetap baik selama terjadi gangguan.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, sistem dengan PSS dan sistem tanpa PSS dibandingkan kinerjanya menggunakan simulasi pemasangan sistem SMIB (Single Machine Infinite Bus) PSS (Power System Stabilizer) pada saat terjadi gangguan. MATLAB Simulink digunakan untuk melengkapi studi sudut dan frekuensi rotor, sedangkan proses ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data simulasi ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini. Untuk keseluruhan data satuannya pu, kecuali untuk data waktu satuan detik.

Besaran	Nilai	Definisi
H	2	Inersia mesin
Kd	0	Koefisien redaman generator
T'do	6,5	Konstanta waktu rangkaian hubung buka generator
Xd	1,81	Reaktansi sinkron generator <i>d-axis</i>
X'd	0,3	Reaktansi transien generator <i>d-axis</i>
Xq	1,76	Reaktansi sinkron generator <i>q-axis</i>
Xt	0	Reaktansi transformator
ω_0	314	Kecepatan rotor

Tabel 1. Parameter Generator

Besaran	Nilai	Definisi
KE	200	Gain <i>regulator</i>
TR	0,02	Konstanta waktu <i>regulator</i>

Tabel 2. Data Eksitasi

Besaran	Nilai	Definisi
Xe	0,65	Reaktansi saluran transmisi
Re	0	Tahanan saluran transmisi

Tabel 3. Data Saluran Transmisi

Besaran	Nilai	Definisi
P	0,9	Suplai daya aktif generator
Q	0,3	Suplai daya reaktif generator
Et	1	Tegangan terminal generator
F	50	Frekuensi sistem

Tabel 4. Data Kondisi Operasional

Besaran	Nilai	Definisi
---------	-------	----------

K1	2	Perubahan torsi elektrik untuk perubahan kecil sudut rotor pada fluks sumbu d konstan
K2	1,5	Perubahan torsi elektrik untuk perubahan kecil fluks sumbu d pada sudut rotor konstan
K3	0,05	Faktor impedansi yang dibawa ke perhitungan efek beban dari impedansi eksternal
K4	1,3	Efek demagnetisasi perubahan sudut rotor
K5	-0,56	Perubahan tegangan terminal ΔV_t untuk perubahan kecil dari sudut rotor pada fluks sumbu d konstan
K6	0,05	Perubahan tegangan terminal ΔV_t untuk perubahan kecil dari fluks sumbu d pada sudut rotor konstan

Tabel 5. Data Konstanta SMIB

Besaran	Nilai	Definisi
KSTAB	16	Konstanta PSS
T _w	2	Konstanta waktu yang dipilih pada rangkaian washout
T ₁	0,078	Konstanta waktu yang dipilih pada kompensator dinamik
T ₂	0,026	Konstanta waktu yang dipilih pada kompensator dinamik

Tabel 6. Data PSS

Penilaian kinerja sistem pada pemodelan simulasi single machine infinite bus (SMIB) dengan 2 cara sebagai berikut

1. Pemodelan simulasi Single Machine Infinite Bus (SMIB) tidak menggunakan power system stabilizer (PSS).
2. Pemodelan simulasi Single Machine Infinite Bus (SMIB) menggunakan Power System Stabilizer (PSS).

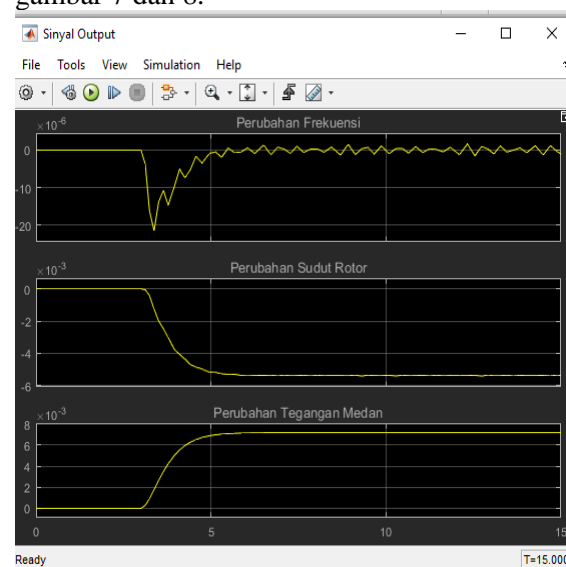
Pemodelan *single machine infinite bus* tidak menggunakan *power system stabilizer*

The diagram illustrates a power system control system with the following components and signal flow:

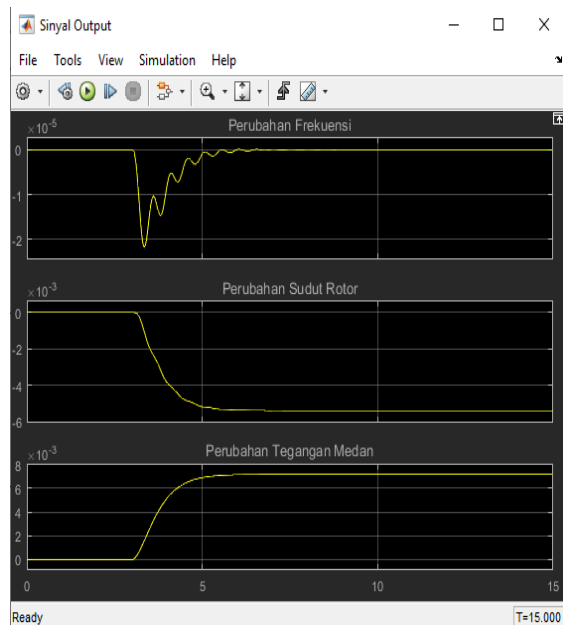
- Inputs:**
 - $\Delta GSC = 0$ (top left)
 - $\Delta v_f, \text{Re } f = 0$ (bottom left)
- Key Blocks:**
 - PSS (Power System Stabilizer):** A yellow block that receives $\Delta \omega$ and $\Delta \delta$ as inputs and outputs a signal to the top summing junction.
 - Integrator:** A block with transfer function $\frac{1}{s}$ that receives $\Delta \omega$ and outputs $\Delta \delta$.
 - Derivative:** A block with transfer function s that receives $\Delta \delta$ and outputs $\Delta \omega$.
 - Gain Blocks:** $\frac{1}{R}$, $\frac{1}{1 + \tau_e s}$, $\frac{K_e}{1 + \tau_e s}$, $\frac{K_3}{1 + K_4 \tau_{ad} s}$, K_2 , K_1 , K_4 , and K_5 .
- Signal Flow:**
 - $\Delta GSC = 0$ is summed with the PSS output and the feedback signal from $\Delta \delta$ (via K_5) at the top summing junction to produce ΔP_m .
 - ΔP_m is integrated to produce $\Delta \omega$.
 - $\Delta \omega$ is summed with the feedback signal from $\Delta \delta$ (via $\frac{1}{R}$) at the middle summing junction to produce Δv_f .
 - Δv_f is summed with the feedback signal from $\Delta \delta$ (via K_4) at the bottom summing junction to produce ΔP_e .
 - ΔP_e is summed with the feedback signal from $\Delta \delta$ (via K_1) at the bottom summing junction to produce ΔE .
 - ΔE is summed with the feedback signal from $\Delta \delta$ (via K_2) at the bottom summing junction to produce $\Delta \delta$.

Figure 1: Block diagram of the control system. The system starts with a disturbance dw entering a summing junction. The output of the summing junction goes to a **Sensor** block, which outputs 48.36 . This signal is then processed by a **KP** block. The output of the KP block enters a **Washout block** with the transfer function $\frac{10s+1}{10s+1}$. The output of the washout block enters a **Lead-lag #1** block with the transfer function $\frac{0.0574s+1}{0.0139s+1}$. The output of the lead-lag block enters a **Lead-lag #2** block with the transfer function $\frac{3.8946s+1}{5.2275s+1}$. The output of the second lead-lag block enters a **Limiter** block, which outputs VS .

Untuk yang menggunakan *power system stabilizer* (PSS) maupun dengan yang tidak menggunakan *power system stabilizer* (PSS) hasil simulasi sudut rotor dari keseluruhan model *single machine infinite bus* (SMIB) keseluruhannya baik dan bisa dilihat pada gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Plot Perubahan Frekuensi, Perubahan Sudut Rotor dan Perubahan Tegangan pada saat SMIB Tanpa PSS



Gambar 8. Plot Perubahan Frekuensi, Perubahan Sudut Rotor dan Perubahan Tegangan pada saat SMIB menggunakan PSS

Dari hasil simulasi terlihat bahwa jika nilai K5 positif dari respon sistem terhadap gangguan oleh perubahan langkah input mekanis adalah 0,14 pu. *Power system stabilizer* mempunyai kinerja yang sangat baik untuk meredam osilasi sudut rotor, karena nilai posisi sudut putar yang rendah dan waktu sistem yang dihasilkan mencapai titik stabil yang singkat. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja sistem pembangkit tenaga listrik sangat baik dalam mengatasi gangguan. Ini akan mempengaruhi operasi sinkronisasi. Dengan penggunaan PSS membuat sistem tetap stabil dibandingkan dengan SMIB tanpa PSS. Tanpa PSS, mengandalkan sistem eksitasi sebagai penstabilan performa generator. Sehingga sistem tenaga listrik tidak cukup stabil dikarenakan tidak ada yang meredam osilasi pada sudut rotor.

KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian ini dengan memasang *power system stabilizer* (PSS) pada *single machine infinite bus* (SMIB) berfungsi untuk menurunkan *over shoot* dan *settling time* sistem pada respon sudut rotor. *Power system stabilizer* mempunyai kinerja yang sangat baik untuk meredam osilasi sudut rotor, karena nilai posisi sudut putar yang rendah dan waktu sistem yang dihasilkan mencapai titik stabil

yang singkat. Hal ini sesuai dengan tujuan dari penelitian untuk peningkatan stabilitas transien generator dengan power system stabilizer. Dengan penggunaan PSS membuat sistem tetap stabil dibandingkan dengan SMIB tanpa PSS. Tanpa PSS, mengandalkan sistem eksitasi sebagai penstabilan performa generator. Sehingga sistem tenaga listrik tidak cukup stabil dikarenakan tidak ada yang meredam osilasi pada sudut rotor.

Hal ini menunjukkan bahwa kinerja sistem pembangkit tenaga listrik sangat baik dalam mengatasi gangguan. Ini akan mempengaruhi operasi sinkronisasi. Dengan penggunaan PSS membuat sistem tetap stabil dibandingkan dengan SMIB tanpa PSS. Tanpa PSS, mengandalkan sistem eksitasi sebagai penstabilan performa generator. Sehingga sistem tenaga listrik tidak cukup stabil dikarenakan tidak ada yang meredam osilasi pada sudut rotor.

DAFTAR PUSTAKA

- Djalal, M. R., Nawir, H., Sonong., Marhatang. 2019. Desain Optimal Power Sistem Stabilizer Pada Unit Pembangkit Bakaru Berbasis Ant Colony Optimization. *TRANSMISI*, 21 (3), 70-78.
- Permana, I. A., Suweden, I. N., & Arta, W. W. 2015. Analisis Penggunaan Power System Stabilizer (Pss) dalam Perbaikan Stabilitas Transien Generator Sinkron. *SPEKTRUM*, 2 (1), 24-29.
- Robandi, I. 2009. *Modern Power System Control*. Yogyakarta: Andi.
- Sari, D. A. N., Trihasto, A., & Pravitasari, D. 2021. Stabilitas Transien Pada Generator Kapasitas 315 Mw Akibat Variasi Beban. *THETA OMEGA: Journal of Electrical Engineering, Computer, and Information Technology*. e-ISSN: 2745-6412.
- Suharto., Robandi, I., & Priyadi, A. 2015. Penalaan Power System Stabilizer (PSS) untuk Perbaikan

Stabilitas Dinamik pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Bat Algorithm (BA). *JURNAL TEKNIK ITS*, 4 (1), ISSN: 2337-3539.

Surjan, B. S., & Garg, R. 2012. Power System Stabilizer Controller Design for SMIB Stability Study. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 2 (1) : 209-214.

Yamlecha, J., Hermawan., & Handoko, S. 2012. Perbandingan Desain Optimal Power System Stabilizer (PSS) Menggunakan PSO (Particle Swarm Optimization) dan GA (Genetic Algorithm) pada Single Line Infinite Bus (SMIB). *Transient*, 1 (4), 188-193.