

PERBAIKAN STABILITAS DINAMIK SISTEM MULTIMESIN MENGUNAKAN POWER SYSTEM STABILIZER BERBASIS- ANFIS

by Agung Budi Muljono

Submission date: 19-Nov-2022 04:18PM (UTC+0700)

Submission ID: 1958578434

File name: ultimesin_Menggunakan_Power_System_Stabilizer_Berbasis-ANFIS.pdf (402.29K)

Word count: 3167

Character count: 18044

PERBAIKAN STABILITAS DINAMIK SISTEM MULTIMESIN MENGUNAKAN POWER SYSTEM STABILIZER BERBASIS-ANFIS

Muljono, A.B.¹, Ginarsa, I.M.², Nrrartha, I.M.A.³

⁴
^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram
¹ agungbm@unram.ac.id, ² kadekgin@yahoo.com, ³ nrrartha@te.ftunram.ac.id

Abstrak

Sistem tenaga listrik modern dalam operasinya melayani konsumen sangat rentan terhadap perubahan beban. Perubahan beban yang dalam analisis stabilitas dinamik (*small signal stability*) merupakan salah satu gangguan yang sangat penting, paling sering muncul dan tidak bisa dihindari. Penelitian ini difokuskan untuk membangun model stabilitas sinyal kecil dan perbaikan stabilitas sistem multimesin tersebut menggunakan *power system stabilizer* (PSS) berbasis-ANFIS. Metode ANFIS digunakan karena ANFIS menggunakan data pelatihan dalam pembentukan fungsi keanggotaannya secara otomatis sehingga proses komputasi lebih sederhana dan lebih cepat dibandingkan dengan *fuzzy Mamdani*. Efektifitas dan unjuk kerja dari PSS berbasis-ANFIS diuji dengan STL multimesin tiga mesin. Diperoleh bahwa PSS tersebut mampu memperbaiki stabilitas sistem multimesin dengan memperkecil *peak overshoot* menjadi $-3,38 \times 10^{-5}$ pu dan memperpendek *settling time* menjadi 4,01 s. Validitas hasil tersebut dibandingkan hasil yang diperoleh dari PSS konvensional.

Kata kunci: Perbaikan stabilitas, dinamik, multimesin, PSS, ANFIS.

1. Pendahuluan

Sistem tenaga listrik (STL) modern melayani daerah (area) yang luas dengan pembangkitan berada di luar kota yang letaknya bisa sangat jauh dari konsumen. Sementara itu, konsumen STL biasanya terletak di kota seperti daerah industri, daerah niaga dan perkantoran (komersil) dan daerah perumahan. Penyaluran tenaga listrik dari pembangkit ke daerah-daerah konsumen maka digunakan saluran transmisi dan distribusi. Untuk mempermudah pelayanan dan pengaturannya maka daerah (area) yang sangat luas dibagi menjadi beberapa area pelayanan yang lebih sempit, Zhang & Dai (2012). Penyaluran tenaga listrik antar area digunakan saluran transmisi yang disebut dengan sistem interkoneksi. Sementara itu, beban pada sisi konsumen selalu berubah sehingga sisi pembangkit harus selalu mengikuti perubahan tersebut untuk menjaga kesetimbangan energi pada STL. Dalam mengikuti perubahan beban tersebut maka rotor dari generator mengalami guncangan (*osilasi*) yang disebut dengan keadaan peralihan (*transient*) sebelum menuju keadaan mantap (*steady state*). Untuk mengatasi osilasi tersebut maka digunakan PSS untuk memberikan redaman tambahan melalui sistem eksitasi sehingga rotor dengan cepat mencapai *settling time* dan memperkecil *amplitude* deviasi kecepatan rotor, Bollinger *et. al* (1979). PSS diterapkan pada pembangkit yang menggunakan

kolam pompa (*pump storage power plant*) dan mampu memperbaiki redaman pada mode lokal, Hsu & Su (1988). Unjuk kerja PSS diperbaiki dengan dilengkapinya menggunakan loop tambahan (*auxiliary loop*), Saïdy & Hughes (1995). PSS diaplikasikan pada sistem multimesin menggunakan teknik *eigenvalue* dan *eigenvector*, de Mello (1980). Studi stabilitas pada sistem multimesin adalah memperhitungkan interaksi dinamik antar-mesin. Penggunaan *support vector machine* (SVM) untuk klasifikasi stabilitas *transient* dan diperoleh hasil bahwa SVM mampu memberikan unjuk kerja yang lebih baik daripada *multi-layer perceptron-neural network*, Moulin *et al* (2004). Sementara itu, aplikasi dari kontroler yang berbasis kecerdasan buatan berkembang dengan baik dan aplikasinya pada bidang STL seperti *neural network* pada kontroler PID-*static var compensator* digunakan untuk kendali *chaos* dan *voltage collapse* pada STL, Ginarsa *et al.* (2013), ANFIS-PSS digunakan untuk perbaikan stabilitas pada model mesin nonlinear, Ginarsa & Zebua (2014), ANFIS PSS-*static var compensator* (SVC) digunakan untuk perbaikan tegangan *transient*, Ginarsa *et al.* (2014), ANFIS *composite controller-SVC* digunakan untuk kendali *chaos* dan *voltage collapse*, Ginarsa *et al.* (2013) dan ANFIS dengan kontroler PID-loop digunakan untuk perbaikan tegangan *transient*, Ginarsa *et al.* (2011). Juga, kontroler yang berbasis logika fuzzy seperti: logika fuzzy berbasis-ilmu pengetahuan

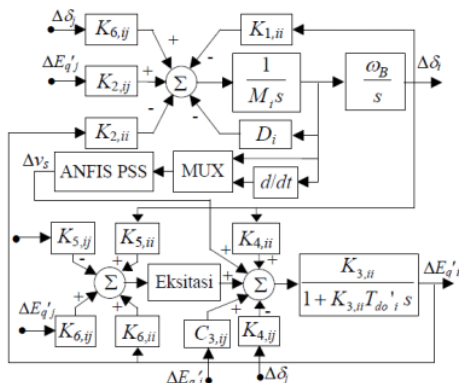
digunakan untuk mendesain PSS, Shah (2013), adaptive rule-base fuzzy PSS pada sistem multimesin, Hussein & Shamekh (2013) dan PSS berbasis-logika fuzzy diaplikasikan pada STL dan mampu memperbaiki stabilitas dinamik STL tersebut, Kushwaha & Khare (2013).

Penelitian ini membahas secara detail penerapan PSS berbasis-ANFIS pada sistem multimesin. Pertama dilakukan adalah menguraikan stabilitas dalam STL multimesin dan menyederhanakan STL yang berskala-besar menjadi 3 (tiga) area yang dijelaskan pada Bagian 2. Berikutnya adalah mendesain PSS berbasis-ANFIS termasuk memperoleh data pelatihan melalui PSS konvensional pada tiap-tiap mesin pada satu area, melatih PSS berbasis-ANFIS dan menerapkan PSS ANFIS tersebut sebagai pengganti PSS konvensional pada STL dijelaskan pada Bagian 3. Langkah berikutnya adalah memperoleh hasil simulasi dan menganalisisnya yang diterangkan pada Bagian 4. Dan yang terakhir mengambil kesimpulan.

2. Stabilitas Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik (STL) secara umum terdiri atas tiga bagian utama, yaitu sistem pembangkitan, transmisi dan beban. Pada penelitian ini digunakan STL 39 bus dengan 10 generator, Padiyar (1994), seperti yang diperlihatkan pada Gambar 7. Untuk penyederhanaan maka STL tersebut dibagi menjadi 3 (tiga) area yaitu: Area I, Area II dan Area III. Area I hanya terdiri dari 3 (tiga) bus generator (mesin) yaitu Mesin ke-1, 2 dan 3. Penelitian pada tahap ini hanya berfokus pada analisis pada Area I saja. Selanjutnya, Mesin ke-1 digunakan sebagai bus referensi sehingga deviasi kecepatan ($\Delta\omega_{ej}$) dan sudut rotor ($\Delta\delta_{ej}$) selalu sama dengan nol. Deviasi kecepatan dan sudut rotor Mesin ke-2 dan 3 dibandingkan dengan bus referensi.

Stabilitas STL adalah kemampuan reaksi STL terhadap gangguan pada keadaan operasi normal dan usaha untuk mengembalikan STL menuju ke keadaan mantap setelah gangguannya menghilang.



Gambar 1. Model linear multimesin dan PSS.

Studi keadaan mantap atau stabilitas sinyal kecil menyangkut satu atau beberapa mesin yang mengalami perubahan keadaan kerja secara perlahan-lahan. Studi ini menyangkut kestabilan letak kedudukan (*locus*) dari titik kerja sistem. Kelakuan dinamik sistem sangat ditentukan oleh karakteristik turbin, generator, serta karakteristik sistem kendalinya (*controlling system*), yaitu *governor* dan sistem eksitasi, juga ditentukan pula oleh peralatan tambahan yaitu PSS. Persamaan torsi untuk mesin ke-*i* dalam bentuk linear dapat ditulis

$$\Delta \dot{\delta}_i = \omega_i \Delta \omega_i \tag{1}$$

$$\Delta \omega_i = \frac{1}{M_i} (\Delta T_{mi} - \Delta T_{ei} - D_i \Delta \omega_i) \tag{2}$$

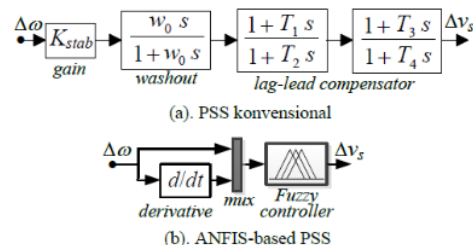
dengan ΔT_{mi} , ΔT_{ei} , M_i , D_i , ω_i , $\Delta \omega_i$ dan $\Delta \delta_i$ adalah torsi mekanik, torsi listrik, konstanta peredaman, konstanta inersia, kecepatan rotor basis, deviasi kecepatan dan sudut rotor mesin ke-*i*. Komponen-komponen mesin sinkron untuk mengilustrasikan model linear STL multimesin yang dilengkapi dengan PSS digambarkan pada Gambar 1. Sistem ini mempunyai persamaan keadaan seperti berikut:

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= A x(t) + B u(t) \\ y(t) &= C x(t) \end{aligned} \tag{3}$$

3. Desain PSS Berbasis-ANFIS

Fungsi dasar (PSS) adalah menyediakan redaman tambahan ketika muncul osilasi rotor dengan pengaturan sistem eksitasinya menggunakan sinyal stabiliser tambahan (*auxiliary stabilizing signal*). Secara umum PSS terdiri penguatan (*Kstab*), filter *washout* dan kompensasi *lag-lead*. Diagram blok PSS konvensional dapat diilustrasikan pada Gambar 2.

Adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) adalah arsitektur yang secara fungsional sama dengan *fuzzy rule base* model Sugeno. ANFIS mempunyai 2 (dua) parameter yaitu parameter premis dan konsekuen. Kedua parameter ini didapatkan dari pelatihan menggunakan gabungan antara metode *least squares estimation* (LSE) dan perambatan mundur (*backpropagation*).



Gambar 2. Diagram blok PSS

Pada langkah maju parameter premis tetap dan parameter konsekuen diidentifikasi dengan metode LSE. Sebaliknya pada langkah balik kesalahan (*error*) sinyal dirambatkan mundur dan parameter premis diperbaharui menggunakan metode *gradient descent*. Misalkan suatu jaringan ANFIS mempunyai 2 (dua) *input* x , y dan 1 (satu) *output* O , dengan 2 (dua) aturan pada basis aturan model *fuzzy Sugeno* orde 1 (satu) adalah sebagai berikut:

- 1: If x is A_1 and y is B_1 Then $f_1 = p_1 x + q_1 y + r_1$
- 2: If x is A_2 and y is B_2 Then $f_2 = p_2 x + q_2 y + r_2$

maka *output* jaringan ANFIS tersebut adalah, Jang et al (1997).

$$\text{Semua output} \rightarrow O_{s,i} = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i}$$

Supaya mampu berfungsi sebagai pengganti PSS konvensional maka parameter-parameter dari PSS ANFIS tersebut harus diperoleh terlebih dahulu dengan cara dilatih (*trained*) secara *off-line* menggunakan data-data yang diperoleh dari menjalankan simulasi PSS konvensional. Data-data yang diperlukan untuk melatih PSS ANFIS adalah data deviasi kecepatan rotor ($\Delta\omega$) dan turunannya ($\Delta\dot{\omega}$) sebagai *input*. Dan, sebagai *output* adalah data deviasi sinyal peredaman tambahan (Δv_i). Data pelatihan yang dipersiapkan adalah matriks data pelatihan yang terdiri atas 3.000 titik data. Setelah parameter-parameter PSS ANFIS diperoleh maka PSS ANFIS dimasukkan ke dalam sebuah *fuzzy controller* pada lingkungan Simulink, Matlab/Simulink (2009), seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2(b). PSS berbasis-ANFIS ini diaplikasikan pada STL untuk perbaikan stabilitas untuk meredam osilasi rotor dalam Area I saja.

4. Hasil dan Analisis

Stabilitas STL disimulasikan pada program Matlab/Simulink V.7.9, Matlab/Simulink (2009). Unjuk kerja dari program ini diuji dengan sinyal step sebesar 0.1 pu dipaksakan pada mesin bus ke-2. Simulasi ini dilakukan dengan 2 (dua) skenario yaitu: (a). PSS dipasang hanya pada mesin ke-2 saja. Sementara itu, mesin ke-3 tanpa dilengkapi dengan PSS; (b). PSS dipasang pada bus mesin ke-2 dan 3.

STL yang dioperasikan tanpa dilengkapi dengan PSS maka terlihat bahwa kecepatan dan sudut rotor akan beresilasi dalam waktu yang cukup lama (lebih dari 20 s), hal ini ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4, masing-masing untuk deviasi kecepatan ($\Delta\omega$) dan sudut rotor ($\Delta\delta$) grafik WP (*without* PSS). Dalam operasi STL osilasi ini tidak diharapkan karena mengganggu baik sistem mekanik dari pada sisi penggerak utama maupun sistem generator maupun sistem listrik yang berhubungan dengan konsumen. Gangguan ini menimbulkan

goncangan-goncangan yang membahayakan poros (*shaft*) antara turbin dan generator. Kerusakan yang ditimbulkan adalah mulai dari retak-retaknya poros generator sampai dengan yang paling ekstrim adalah patah pada poros tersebut.

a. PSS pada Satu Mesin (Mesin ke-2)

PSS berbasis-ANFIS diaplikasikan pada pada mesin ke-2 maka diperoleh hasil sebagai berikut: gangguan yang dipaksakan berupa sinyal step pada mesin ke-2. Gambar 3(a) dan Tabel 1 menunjukkan bahwa STL yang tanpa dilengkapi dengan PSS (WP) ketika dipaksakan gangguan memberikan respons pada kecepatan rotor dengan *peak overshoot* ($\Delta\omega_{2,min}$) sebesar $-5,2 \times 10^{-5}$ pu beresilasi dalam waktu yang cukup lama dengan *settling time* ($\Delta\omega_{2,s}$) > 20 s. Untuk deviasi sudut rotor masing-masing diperoleh nilai sebesar $-0,65^\circ$ dan > 20 s untuk *peak overshoot* ($\Delta\delta_{2,min}$) dan *settling time* ($\Delta\delta_{2,s}$).

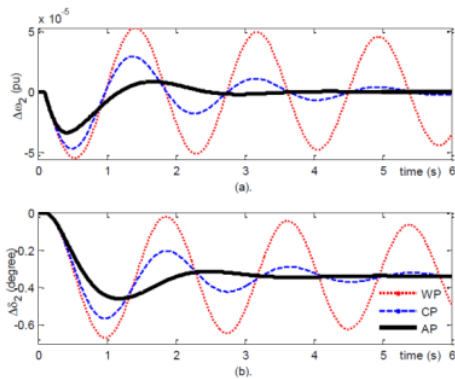
Untuk mengatasi hal tersebut maka STL dilengkapi dengan PSS konvensional (CP). Unjuk kerja PSS konvensional dalam merespons gangguan step dapat dilihat pada Gambar 3(a) dan Tabel 1. Dalam menghadapi gangguan ini CP memberikan $-4,8 \times 10^{-5}$ pu dan 6,5 s masing-masing untuk *peak overshoot* sebesar dan *settling time*. Untuk deviasi sudut rotor masing-masing diperoleh nilai sebesar $-0,54^\circ$ dan 6,4 s untuk *peak overshoot* ($\Delta\delta_{2,min}$) dan *settling time* ($\Delta\delta_{2,s}$).

Untuk memperbaiki respons ini maka digunakan PSS yang berbasis-ANFIS (AP). Dengan menggunakan AP maka diperoleh respons $-2,5 \times 10^{-5}$ pu dan 5,2 s masing-masing untuk *peak overshoot* sebesar dan *settling time*. Untuk deviasi sudut rotor masing-masing diperoleh nilai sebesar $-0,42^\circ$ dan 5,2 s untuk *peak overshoot* dan *settling time*. Nilai *steady state* ($\Delta\delta_2$) dari deviasi sudut rotor mesin ke-2 untuk WP, CP dan AP adalah sama sebesar $0,38^\circ$.

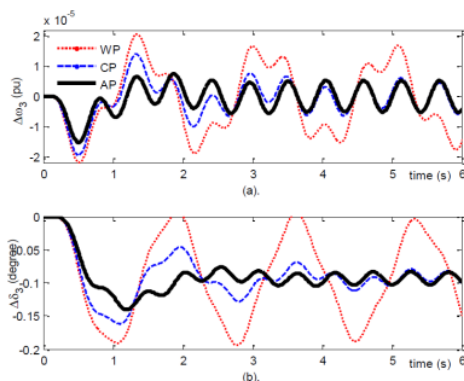
Hasil simulasi menunjukkan bahwa ketika PSS dipasang pada mesin ke-2 memberikan respons yang lebih baik daripada tanpa dilengkapi dengan PSS dengan meredam *peak overshoot* menjadi lebih kecil dan *settling time* yang lebih pendek. PSS berbasis-ANFIS memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan PSS konvensional yang mana PSS berbasis-ANFIS mampu memperkecil *peak overshoot* dan memperpendek *settling time* dibandingkan dengan *peak overshoot* dan *settling time* dari PSS konvensional. Akan tetapi, berdasarkan pengamatan hasil simulasi pada Gambar 4(a), (b) dan Tabel 1 untuk mesin ke-3 diperoleh bahwa respons dari deviasi kecepatan ($\Delta\omega_3$) dan sudut rotor ($\Delta\delta_3$) masih beresilasi dalam waktu yang cukup lama (> 20 s). Maka dipandang perlu untuk memasang PSS pada mesin ke-3 tersebut. Hasil simulasi dan analisis pemasangan PSS pada mesin ke-3 diberikan pada sub pembahasan berikutnya.

Tabel 1. Unjuk kerja PSS satu mesin.

PSS	$\Delta\omega_{2min} \times 10^{-5}$ (pu)	$\Delta\omega_{2st}$ (s)	$\Delta\delta_{2min}$ (°)	$\Delta\delta_{2st}$ (s)	$\Delta\delta_2$ (°)
WP	-5,2	> 20	-0,65	> 20	-0,38
CP	-4,8	6,5	-0,54	6,4	
AP	-2,5	5,2	-0,42	5,2	
PSS	$\Delta\omega_{2min} \times 10^{-5}$ (pu)	$\Delta\omega_{2st}$ (s)	$\Delta\delta_{2min}$ (°)	$\Delta\delta_{2st}$ (s)	$\Delta\delta_2$ (°)
WP	-2,2	> 20	-6,5	> 20	-0,1
CP	-1,8	> 20	-5,4	> 20	
AP	-1,3	> 20	-4,2	> 20	



Gambar 3. Deviasi kecepatan ($\Delta\omega_2$) dan sudut rotor ($\Delta\delta_2$) mesin ke-2



Gambar 4. Deviasi kecepatan dan sudut rotor mesin ke-3 ketika belum dilengkapi PSS

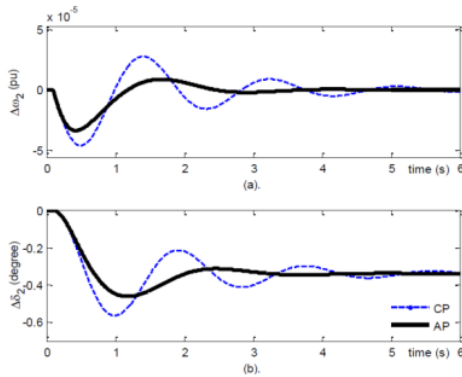
b. PSS pada Dua Mesin (Mesin ke-2 dan 3)

Pada skenario ini PSS dipasang pada mesin ke-2 dan 3. Selanjutnya, gangguan $step = 0,1$ pu dipaksakan (*forced*) pada mesin ke-2. Hasil dari

simulasi ini dapat dilihat pada Gambar 6 dan unjuk kerjanya diurutkan pada Tabel 2. Gambar 6(a) memperlihatkan bahwa secara visual STL yang dilengkapi dengan PSS konvensional (CP) mampu meredam osilasi pada kecepatan rotor dengan nilai $-4,65 \times 10^{-5}$ pu dan 6,45 s masing-masing untuk *peak overshoot* ($\Delta\omega_{2min}$) dan *settling time* ($\Delta\omega_{2st}$). Deviasi sudut rotor masing-masing diperoleh nilai sebesar $-0,56^\circ$ dan 6,37 s untuk *peak overshoot* ($\Delta\delta_{2min}$) dan *settling time* ($\Delta\delta_{2st}$). Lebih jauh, PSS berbasis-ANFIS (AP) mampu memberikan respons dengan dengan nilai yang lebih kecil yaitu $-3,38 \times 10^{-5}$ pu dan waktu yang lebih singkat yaitu 4,01 s masing-masing untuk *peak overshoot* dan *settling time* untuk deviasi kecepatan rotor. Masing-masing diperoleh nilai sebesar $-0,46^\circ$ dan 4,32 s untuk *peak overshoot* dan *settling time* untuk deviasi sudut rotor. Dan, deviasi sudut rotor ke-2 ($\Delta\delta_2$) dalam keadaan *steady state* adalah sebesar $0,34^\circ$.

Gambar 6(a) dan 6(b) memperlihatkan respons dari mesin ke-3 untuk deviasi kecepatan dan sudut rotor. Dari Gambar 6(a), (b) dan Tabel 2 dapat dilihat mesin ke-3 ketika dilengkapi dengan CP memberikan respons pada nilai $-1,83 \times 10^{-5}$ pu dan waktu 6,39 s masing-masing untuk *peak overshoot* ($\Delta\omega_{3min}$) dan *settling time* ($\Delta\omega_{3st}$). Respons sebesar masing-masing diperoleh $-0,163^\circ$ dan waktu 6,32 s untuk *peak overshoot* ($\Delta\delta_{3min}$) dan *settling time* ($\Delta\delta_{3st}$). Ketika mesin ke-3 dilengkapi dengan AP maka diperoleh respons nilai $-1,34 \times 10^{-5}$ pu dan waktu 3,98 s masing-masing untuk *peak overshoot* dan *settling time* untuk deviasi kecepatan rotor. Respons sebesar masing-masing diperoleh $-0,153^\circ$ dan waktu 4,09 s untuk *peak overshoot* dan *settling time* untuk deviasi kecepatan rotor. Nilai *steady state* untuk deviasi sudut rotor diperoleh sebesar $-0,094^\circ$.

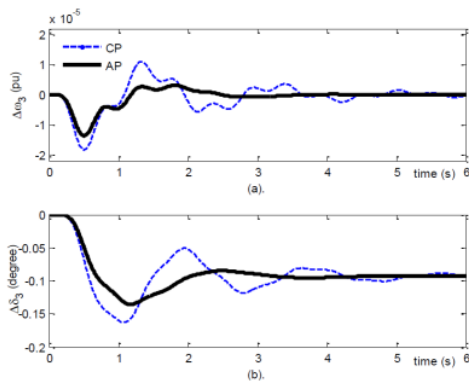
Berdasarkan hasil-hasil simulasi tersebut diperoleh bahwa PSS konvensional (CP) mampu meredam osilasi STL akibat dari gangguan kecil. PSS berbasis-ANFIS (AP) digunakan untuk memperbaiki stabilitas STL tersebut. Selanjutnya, AP mampu memberikan respons yang lebih baik daripada CP. Diperoleh juga bahwa PSS yang dipasang pada mesin ke-2 hanya mampu meredam osilasi pada mesin ke-2 saja secara sempurna, sedangkan mesin ke-3 terus berosilasi. Dan ketika PSS dipasang pada mesin ke-2 dan 3 maka PSS tersebut mampu meredam osilasi pada kedua mesin tersebut secara sempurna.



Gambar 5. Deviasi kecepatan ($\Delta\omega$) dan sudut rotor ($\Delta\delta$) mesin ke-2

Tabel 2. Unjuk kerja PSS mesin ke-2 dan 3.

PSS	$\Delta\omega_{min}$ $\times 10^{-5}$ (pu)	$\Delta\omega_{st}$ (s)	$\Delta\delta_{min}$ ($^{\circ}$)	$\Delta\delta_{st}$ (s)	$\Delta\delta$ ($^{\circ}$)
CP	-4,65	6,45	-0,56	6,37	0,34
AP	-3,38	4,01	-0,46	4,32	
PSS	$\Delta\omega_{min}$ $\times 10^{-5}$ (pu)	$\Delta\omega_{st}$ (s)	$\Delta\delta_{min}$ ($^{\circ}$)	$\Delta\delta_{st}$ (s)	$\Delta\delta$ ($^{\circ}$)
CP	-1,83	6,39	-0,163	6,32	0,094
AP	-1,34	3,98	-0,135	4,09	



Gambar 6. Deviasi kecepatan dan sudut rotor mesin ke-3 setelah dipasang PSS.

5. Kesimpulan dan Saran

STL yang beroperasi melayani kebutuhan tenaga listrik sangat rentan terhadap gangguan terutama gangguan yang diakibatkan oleh perubahan beban. Ketika STL mendapat gangguan maka keseimbangan daya mekanik-listrik pada setiap mesin mengalami gangguan yang menyebabkan kecepatan dan sudut rotor mengalami osilasi untuk sementara sebelum dicapai kesetimbangan baru. Penelitian ini menekankan pada perbaikan stabilitas

STL multimesin menggunakan PSS berbasis-ANFIS. Diperoleh bahwa PSS ANFIS mampu memperbaiki stabilitas dengan *peak overshoot* dan *settling time* deviasi kecepatan rotor masing-masing pada nilai $-3,38 \times 10^{-5}$ pu dan waktu 4,01 s untuk mesin ke-2. Lebih jauh, *peak overshoot* dan *settling time* dicapai pada nilai $-1,34 \times 10^{-5}$ pu dan waktu 3,98 s untuk ke-3.

Saran

Penelitian ini perlu dilanjutkan untuk analisis stabilitas dan perilaku sistem multimesin ketika diberikan gangguan sinyal kecil pada mesin (generator) ke-3 pada Area I. Juga, analisis stabilitas sinyal kecil dan perbaikan stabilitas yang melibatkan interaksi antar-area yaitu Area II dan Area III.

11

Ucapan terima kasih: Terima kasih penulis sampaikan kepada DIKTI atas dukungan dananya sehingga penelitian ini bisa berlangsung melalui Hibah Desentralisasi Fundamental Universitas Mataram 2015.

Daftar Pustaka:

- Bollinger, KE., Winsor, R. & Campbell, A.(1979): *Frequency Methods for Tuning Power Systems Stabilizers to Damp Out Tie_Line Power Oscilations: Theory and Field-test Results*, IEEE Trans. on Power App. and Syst., PAS-98, No. 5.
- De Mello, FP. (1980): *Coordinated application of stabilizer in multimachine power systems*, IEEE Trans. on Power App. and Syst., PAS-99, No. 3.
- Ginarsa, IM. & Zebua, O. (2014): *Improvement of Stability of Single Machine Nonlinear Model using ANFIS-Power System Stabilizer based on Feedback-linearization*, Telkomnika, Vol. 12 No.2.
- Ginarsa, IM., Muljono, AB. & Nnartha IMA. (2014): *Improvement of Transient Voltage Response using PSS-SVC Coordination Based on ANFIS-algorithm in a Three-bus Power System*, Proc. of the ICEET 2014, Tokyo.
- Ginarsa, IM., Soeprijanto, A. & Purnomo MH. (2013): *Controlling Chaos and Voltage Collapse using an ANFIS-based Composite Controller-Static Var Compensator (CC-SVC) in Power Systems*, Int. Journal of Elect. Power and Energy Syst., Vol. 46, pp. 79-88.
- Ginarsa, IM., Soeprijanto, A., Purnomo MH., Syafaruddin & Hiyama, T. (2011): *Improvement of transient voltage responses using an additional PID-loop on ANFIS-based CC-SVC to control chaos and voltage collapse in power systems*, IEEE Trans. on Power and Energy Syst., Vol. 131, No. 10, pp. 836-848.
- Ginarsa, IM., Muljono, AB. & Nnartha, IMA. (2013): *Controlling Chaos and Voltage Collapse Using Layered Recurrent Network-*

based PID-SVC in Power Systems, *Telkomnika*, Vol. 11 No.3.

Hsu, YY. & Su, CC. (1988): *Application of Power System Stabilizer on a System with Pumped Storage Plant*, *IEEE Trans. on Power Syst.*, Vol. 3 No. 1.

Hussein, T. & Shamekh, A. (2013): *Adaptive Rule-base Fuzzy Power System Stabilizer for a Multi-machine System*, *Proc. of the MED Conf.*, pp.1415-1419.

Jang, J-SR, Sun, CT. & Mizutani, E. (1997): *Neuro-fuzzy and soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*, Prentice-Hall, USA.

Kushwaha, M. & Khare, R. (2013): *Dynamic Stability Enhancement of Power System Using Fuzzy Logic Based Power System Stabilizer*, *Proc. of Int. Conf. on ICPEC*, pp. 213-219.

Matlab/Simulink Ver. 7.9.0.529 (2009): *The Language of Technical Computing*, The Matworks Inc.

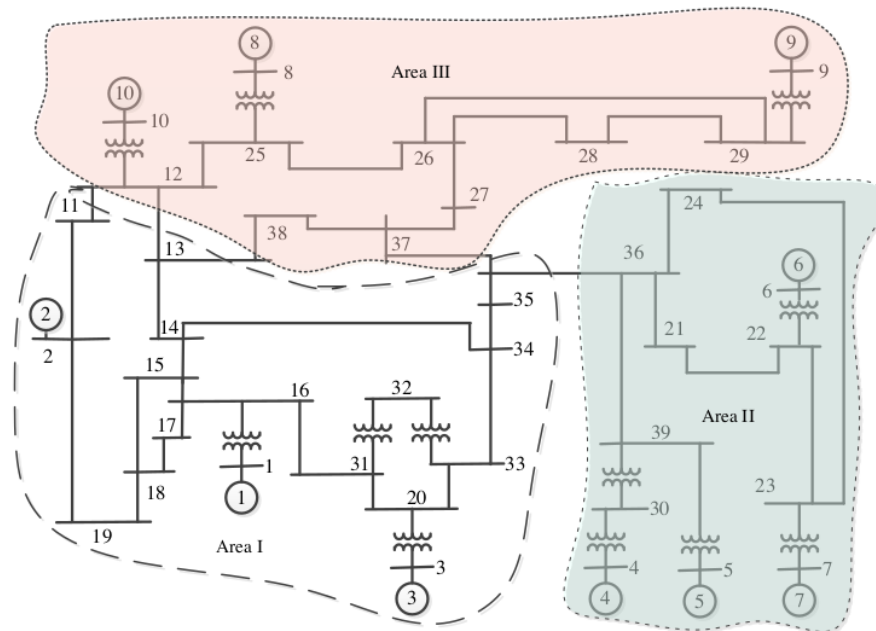
Moulin, LS., da Silva, APA., El-Sharkawi, MA. & Marks II, RJ. (2004): *Support Vector Machines for Transient Stability Analysis of Large-scale Power Systems*, *IEEE Trans. on Power Syst.*, Vol. 19, No. 2.

Padiyar, KR. (1994): *Power System Dynamic Stability and Control*, John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd, Singapura.

Saidy, M. & Hughes, FM. (1995): *Performance Improvement of a Conventional Power System Stabilizer*, *Elect. Power & Energy Syst.*, Vol. 17 No. 5.

Shah, B. (2013): *Comparative Study of Conventional and Fuzzy Based Power System Stabilizer*, *Proc. of Int. Conf. on CSNT*, IEEE, pp. 547-551.

Zhang, KF. & Dai, XZ. (2012): *Structural Analysis of Large-scale Power Systems*, *Mathematica Problem in Eng.*, Hindawi Pub.



Gambar 7. STL yang dianalisis

PERBAIKAN STABILITAS DINAMIK SISTEM MULTIMESIN MENGUNAKAN POWER SYSTEM STABILIZER BERBASIS-ANFIS

ORIGINALITY REPORT

12%

SIMILARITY INDEX

12%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	www.jurnal.unsyiah.ac.id Internet Source	2%
2	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	2%
3	Submitted to Universitas Brawijaya Student Paper	2%
4	journals.itb.ac.id Internet Source	1%
5	pub.uni-bielefeld.de Internet Source	1%
6	repository.its.ac.id Internet Source	1%
7	elektroumi.blogspot.com Internet Source	1%
8	id.scribd.com Internet Source	<1%
9	stta.ac.id Internet Source	<1%

10

atammahendra.blogspot.com

Internet Source

<1 %

11

de.scribd.com

Internet Source

<1 %

12

docplayer.net

Internet Source

<1 %

13

www.scribd.com

Internet Source

<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography On

PERBAIKAN STABILITAS DINAMIK SISTEM MULTIMESIN MENGUNAKAN POWER SYSTEM STABILIZER BERBASIS-ANFIS

GRADEMARK REPORT

FINAL GRADE

/0

GENERAL COMMENTS

Instructor

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6
