

# Unjuk Kerja *Fuzzy Logic Static Synchronous Compensator* (FLSTATCOM) untuk Meningkatkan Tegangan Sistem

I Made Mataram<sup>1</sup>

**Abstract**— The application of fuzzy techniques bring significant changes specific to calculation and analysis of conventional system. The application of FACTS (Flexible AC Transmission System) device have been improved the quality of voltage from the generator to the very large load. STATCOM is the most powerful equipment to improve the voltage on the electric power transmission network. The discussion in this study is devoted to FLSTATCOM. Fuzzy Logic models with two inputs is used as a controller IGBT, so as to improve the performance of conventional STATCOM. Single Machine Infinite Bus system into trial use FLSTATCOM. The result of simulation using MATLAB Simulink, the value of the voltage on each side received without using STATCOM generates a voltage of 217,3 kV, using STATCOM generates a voltage of 220.0 kV, and the use of FLSTATCOM able to increase the voltage became 228,9 kV ( 5.34 % ).

**Intisari**— Penerapan teknik fuzzy membawa perubahan yang signifikan khusus pada perhitungan dan analisis sistem konvensional. Peranan peralatan FACTS (Flexible AC Transmission System) untuk memperbaiki kualitas tegangan dari pembangkit menuju beban sangat besar. STATCOM merupakan peralatan paling berpengaruh untuk memperbaiki tegangan pada jaringan transmisi tenaga listrik. Pembahasan pada penelitian ini dikhususkan pada FLSTATCOM. Model Fuzzy Logic dengan dua input digunakan sebagai pengontrol IGBT, sehingga mampu meningkatkan unjuk kerja STATCOM konvensional. Sistem Single Machine Infinite Bus menjadi sistem uji coba penggunaan FLSTATCOM. Hasil simulasi menggunakan simulink MATLAB, diperoleh nilai tegangan pada tiap sisi terima tanpa menggunakan STATCOM menghasilkan tegangan sebesar 217,3 kV, menggunakan STATCOM menghasilkan tegangan sebesar 220 kV, dan penggunaan FLSTATCOM mampu meningkatkan tegangan menjadi 228,9 kV (5,34%).

**Kata Kunci**— Fuzzy logic, STATCOM, Single Machine Infinite Bus, FACTS

## I. PENDAHULUAN

Stabilitas tegangan operasi saluran transmisi perlu dipertahankan, karena dapat mengurangi rugi tegangan pada sistem tenaga listrik. Tegangan yang stabil dapat menurunkan rugi daya sistem. Keadaan ini berakibat pada aliran daya yang dibangkitkan secara maksimal dapat diterima oleh beban.

Permasalahan pengoptimalan peranan saluran transmisi pada sistem tenaga listrik, kini telah dikembangkan dengan teknologi kendali transmisi daya listrik yang dikenal dengan FACTS (*Flexible Alternating Current Transmission System*).

Peralatan FACTS ini berfungsi memperbaiki kualitas daya penyaluran tenaga listrik dari pusat pembangkit menuju beban [1],[5].

*Static Synchronous Compensator* merupakan salah satu perangkat FACTS yang bertujuan untuk mengontrol aliran daya serta meningkatkan stabilitas transien pada jaringan listrik. Pemasangan alat ini terletak antara saluran transmisi dan distribusi. STATCOM dapat meningkatkan kemampuan sistem tenaga pada beberapa bagian yaitu, sebagai kontrol tegangan dinamik pada sistem transmisi dan distribusi, meredam osilasi daya pada sistem transmisi, stabilitas transient, serta mampu mengurangi rugi-rugi tegangan pada saluran transmisi tenaga listrik [2],[3]. Pada penelitian ini, dirancang menggunakan simulink matlab dan metode kontrol *fuzzy logic* disebut FLSTATCOM. Hasil simulasi akan dianalisis untuk memperoleh nilai keluaran tegangan pada jaringan transmisi.

## II. KAJIAN PUSTAKA

### A. Metode Fuzzy Logic

*Fuzzy Logic* adalah metode pemecahan masalah dengan operasi *rule base* yang dapat memproses sejumlah input dan output yang masuk akal pada sistem nonlinear dan sistem yang kompleks. Metode Mamdani (*min-max fuzzy inference*) merupakan salah satu teknik yang umum digunakan untuk menangani permasalahan pengendalian [9].

Pada tahun 2011, Kumkratug mengungkapkan bahwa metode yang dijelaskan bertujuan untuk meningkatkan kinerja dinamis pada sistem kelistrikan yang menggunakan STATCOM. Peralatan STATCOM ditemukan dapat mempengaruhi pada line tegangan serta kestabilan sistem tenaga listrik dapat dikendalikan oleh STACOM. Penelitian ini menggunakan Fuzzy Logic Control untuk menentukan hukum kontrol STATCOM. Dari hasil simulasi tersebut menunjukkan bahwa STATCOM berdasarkan *Fuzzy Logic Control* dapat meningkatkan kinerja dinamis sistem [4].

Sedangkan pada tahun 2013, Ponnurugavel dan Ghouse menyebutkan bahwa skema kontrol STATCOM dapat meningkatkan stabilitas transien yang disimulasikan dengan menggunakan simulink MATLAB. Model simulasi yang dikembangkan adalah PI Controller, Model Predictive Controller (MPC) dan Fuzzy Logic Control. Kinerja kontroler yang berbeda dianalisis untuk gangguan beban. Ketika membandingkan hasilnya, kinerja PI controller dan FLC terhadap STATCOM, memberikan puncak overshoot yang tinggi dan waktu penyelesaian yang lama. Sementara itu, tanggapan dari simulasi Model Predictive Controller (MPC) dengan STATCOM yaitu, nilai-nilai puncak overshoot dan waktu penetapan (*settling time*) yang ditemukan lebih rendah. Jadi Model Predictive Controller (MPC) dapat memberikan kontrol yang lebih baik dalam peningkatan stabilitas transien terhadap simulasi sistem tenaga [6],[7].

<sup>1</sup>Dosen, Jurusan Teknik Elektro dan Komputer Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jln. Kampus Bukit Jimbaran 80361 INDONESIA (tel: 0361-703315; fax: 0361-4321)

**B. STATCOM**

STATCOM (Static Synchronous Compensator) salah satu perangkat FACTS devices yang dapat dikategorikan sebagai teknologi baru khususnya dibidang kompensasi daya reaktif. STATCOM dapat berfungsi untuk memperbaiki faktor daya (power factor), perubahan tegangan, serta meningkatkan stabilitas pada sistem tenaga listrik. STATCOM merupakan sistem multi input dan multi output (MIMO) sehingga desain menggunakan multi variabel control sangatlah dibutuhkan. Sistem tenaga listrik menjadi semakin kompleks dan beban nonlinier semakin meningkat, sehingga pengendalian dari respons transient sistem kelistrikan menjadi hal yang sangat penting.[8] Untuk itu diperlukan studi tentang karakteristik dinamik dari STATCOM guna meningkatkan kestabilan tegangan.

**III. METODOLOGI PENELITIAN**

Paragraf Data simulasi sistem Fuzzy STATCOM memerlukan data saluran transmisi berupa data impedansi penghantar saluran transmisi, resistansi, dan iduktansi sumber serta data beban. Data kualitatif berupa model FLSTATCOM diaplikasikan pada sistem SMIB.

Analisis data pada penelitian ini disusun berdasarkan metode kepustakaan dengan menganalisis teori yang ada beberapa buku dan jurnal. Alur analisis dapat dijabarkan sebagai berikut :

- Pemodelan kelistrikan menggunakan STATCOM berdasarkan fuzzy logic control.
- Menentukan parameter dari masing-masing input dan output.
- Menentukan Membership Function dari masing-masing input dan output
- Menentukan Rule Evaluation.
- Pemodelan STATCOM menggunakan Fuzzy Logic Control dengan jumlah rule base 5 x 5 dalam simulink MATLAB.
- Menganalisa terhadap respon keluaran tegangan pada sistem yang dihasilkan setelah melakukan proses simulasi dengan simulink MATLAB.

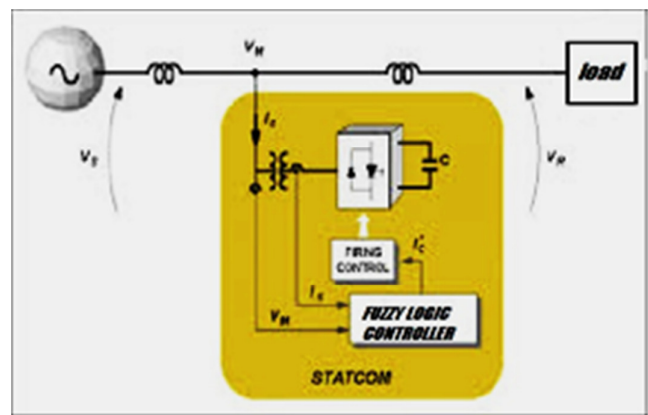
**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada penelitian ini, pengaruh STATCOM dalam single machine infinite bus (SMIB) ditampilkan berdasarkan simulink MATLAB. Variasi sistem pada jaringan transmisi tenaga listrik dibedakan dalam keadaan tanpa menggunakan STATCOM, dengan menggunakan STATCOM, serta menggunakan STATCOM berdasarkan fuzzy logic control. Sebuah kinerja controller STATCOM dalam single machine infinite bus (SMIB) telah dianalisis guna mengetahui nilai tegangan yang dihasilkan pada sisi penerima.

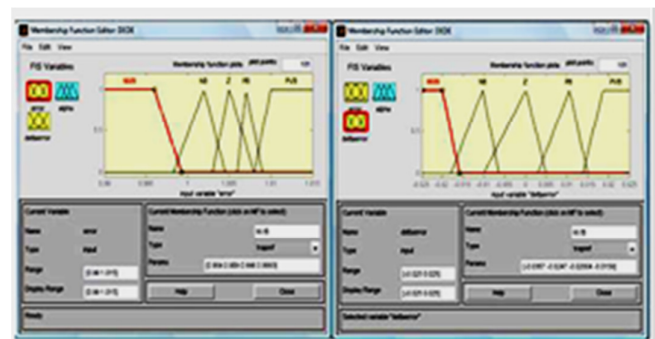
Pemodelan Sistem FLSTATCOM pada SMIB dapat dilihat pada Gambar 1.

Langkah-langkah pemodelan simulasi dengan menggunakan fuzzy logic control ini dapat dijelaskan melalui beberapa tahapan.

- Penentuan input dan output, model ini terdiri dua input (*error* dan *delta\_error*) dan satu output *alpha*.
- Penentuan fungsi keanggotaan input pertama dan kedua terdiri dari 5 fungsi keanggotaan jenis segitiga dengan variabel fuzzy (NVB,NB,Z,PB,PVB) seperti yang terlihat pada Gambar 2.
- Penentuan fungsi keanggotaan output dengan 5 fungsi keanggotaan jenis segitiga dengan variabel fuzzy (NVB,NB,Z,PB,PVB) seperti ditunjukkan pada Gambar 3.
- Penentuan rule base yang menunjukkan hubungan antara kedua parameter input dan parameter output menjadi IF-THEN yang dinamakan interfacing. Jumlah Rule sebanyak 25 yaitu Rule I: IF (*error* is NVB) and (*delta error* is NVB) THEN (*alpha* is NVB): Rule II: IF (*error* is NB) and (*delta error* is NVB) THEN (*alpha* is NVB): dan seterusnya sehingga dapat ditabelkan seperti terlihat pada Tabel 1.
- Proses inferen menggunakan metode Mamdani, karena metode tersebut merupakan komputasi ahli serta memiliki unjuk kerja yang lebih kompak.



Gambar 1: FLSTATCOM



Gambar 2: Fungsi keanggotaan kedua input

Disain fungsi keanggotaan output FLSTATCOM dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan hasil simulasi diperoleh bentuk sinyal dan nilai tegangan pada sisi terima menggunakan simulink program



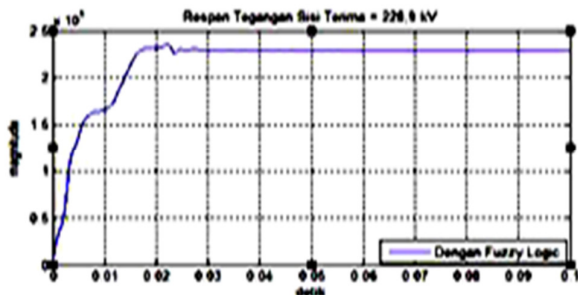
matlab. Hasil simulasi nilai tegangan pada sisi terima dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3: Disain fungsi keanggotaan output

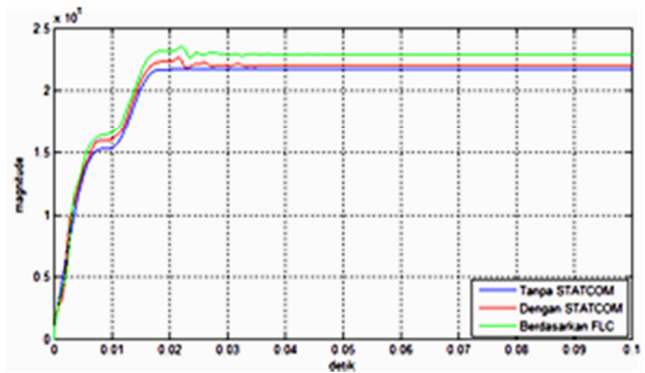
TABEL I  
ROLE BASE FLSTATCOM

Error Delta Error	NVB	NB	Z	PB	PVB
NVB	NVB	NVB	NVB	NB	Z
NB	NVB	NVB	NB	Z	PB
Z	NVB	NB	Z	PB	PVB
PB	NB	Z	PB	PVB	PVB
PVB	Z	PB	PVB	PVB	PVB



Gambar 4: Respon tegangan pada sisi terima

Berdasarkan hasil simulasi pemodelan di atas dapat dijelaskan, bahwa jaringan transmisi sistem kelistrikan tanpa dan menggunakan STATCOM nilai tegangan mengalami peningkatan. Penerapan FLSTATCOM, menyebabkan tegangan pada sisi terima memiliki regulasi tegangan yang paling baik sebesar 5,34 %. Hal ini disebabkan karena pada pengontrolan fuzzy logic, output yang dihasilkan lebih halus karena melalui proses sistem inferen didasarkan atas 25 aturan seperti gambar 5.



Gambar 5: Perbandingan Respon tegangan sisi terima

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang dilakukan pada bab sebelumnya diperoleh beberapa kesimpulan antara lain simulasi pada jaringan transmisi tenaga listrik 230 KV berdasarkan pemodelan single machine infinite bus tanpa menggunakan STATCOM, menghasilkan nilai tegangan pada sisi terima sebesar 217,3 kV, tetapi hasil simulasi pada jaringan transmisi tenaga listrik 230 KV berdasarkan pemodelan single machine infinite bus menggunakan STATCOM, dapat menghasilkan nilai tegangan di sisi terima sebesar 220,2 kV sedangkan hasil simulasi pada jaringan transmisi tenaga listrik sistem tegangan 230 KV berdasarkan pemodelan single machine infinite bus menggunakan FLSTATCOM dapat menghasilkan nilai tegangan di sisi terima sebesar 228,9 kV atau persentase rugi tegangan mencapai 5,34 %. Penerapan metode Mamdani pada sistem pengendali berupa *fuzzy logic control* dengan sistem *Rule base* 5 x 5 mengakibatkan peningkatan nilai tegangan pada sisi terima dibandingkan sebelum terpasang controller tersebut. Penggunaan metode pengendali fuzzy logic pada jaringan transmisi sistem tenaga listrik mampu membuat unjuk kerja FLSTATCOM bekerja lebih baik.

REFERENSI

- [1] Acha E, Claudio R. FACTS Modelling and Simulation in Power Networks. USA: John Wiley & Sons Ltd. 2004: 2-40, 191-227.
- [2] Affiliated, YS. Voltage Stability Enhancement By Using STATCOM. New Delhi : Vijayawanda. 2010: 520007.
- [3] Chauhan, S. Designing Of STATCOM Controllers For Transient Stability Improvement Of Two Machine System. Thapar University Patiala, Punjab: Departement of Electric & Instrumentation Engineering. 2012:147004.
- [4] Kumkratug, P. STATCOM Stabilizer based on Fuzzy Logic Control for Damping Power Oscillation, American Journal of Applied Sciences. 2011: 8 (10): 1041-1044.
- [5] Lijun, C, dan Istvan, E. Fuzzy Coordination of FACTS Controllers for Damping Power System Oscillation. IEEE Transactions On Fuzzy Systems. 2008; Volume. 15, No. 1, page 630 – 639.
- [6] Ponnurugavel dan Ghouse. Design and Modelling of Fuzzy and Model Predictive Controllers for STATCOM to enhance Transient Stability of Power System, International Journal of Engineering and Technology (IJET). 2013; Vol 5 No 3, 2609-2619.

- [7] Ramirez, J.M and Perez J.L.M. Application of the Three-Phase STATCOM in Voltage Stability. Mexico: National Polytechnic Institute Prolongacion.2012: No. 590.45090.
- [8] Robandi, Imam. Modern Power System Control. Yogyakarta: Penerbit Andi. 2006.
- [9] Ross, Timothy J. Fuzzy Logic With Engineering Applications. Second Edition, USA: John Wiley & Sons Ltd, 2004: 476-500.S. M. Metev and V. P. Veiko, *Laser Assisted Microtechnology*, 2nd ed.,R. M. Osgood, Jr., Ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1998.

