

KARAKTER AVR SEBAGAI PENSTABIL TEGANGAN APLIKASI PADA GENERATOR SINKRON PEMBANGKIT MIKROHIDRO

Suprihardi¹

¹Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe,
Buketrata-Lhokseumawe

ABSTRAK

AVR untuk mengatur tegangan eksitasi agar tegangan generator tetap dan stabil. Permasalahannya adalah bagaimana karakter AVR dalam mengatur tegangan terhadap perubahan beban pada generator 1 KW, 3 fasa, 1500 RPM, sehingga perlu ditinjau yang berhubungan dengan pengukuran karakteristik generator terhadap perubahan beban (fluktuasi beban) tersebut khususnya pada system pembangkit energi listrik mikro hidro. Tujuan yang akan dicapai yaitu untuk mendapatkan hasil pengukuran dan pengujian khususnya generator yang berkaitan terhadap pengaturan tegangan eksitasi. Metode yang digunakan yaitu metode pengukuran dan pengujian fluktuasi beban terhadap tegangan, dan putaran. Pengukuran tegangan sistem dengan beban fluktuasi menggunakan system automatic voltage regulator (AVR). Selanjutnya melakukan simulasi alat sebagai pengendali tegangan dengan parameter PI sesuai karakter AVR yang dilakukan. Hasil yang dicapai dari penelitian ini yaitu tegangan setpoint 7 volt, Tegangan dan arus eksitasi rating 200 volt, dengan arus 0,983 Amper dengan batasan sudut trigger yaitu dari 20 derajat listrik sampai dengan 90 derajat listrik. Tegangan eksitasi akan bergerak dinamis dari tegangan 15 volt sampai dengan 200 volt DC. Generator menghasilkan tegangan dari 62 volt sampai 275 volt fasa-netral, dengan nilai parameter kendali yaitu Kp = 6,075 dan Ti = 1.32 detik, dengan respon sangat cepat yaitu 0,87 detik menuju steady state dan tegangan sangat presisi sesuai set point yang diberikan walaupun dilakukan perubahan beban yang berfluktuasi.

Kata kunci : AVR, tegangan, generator

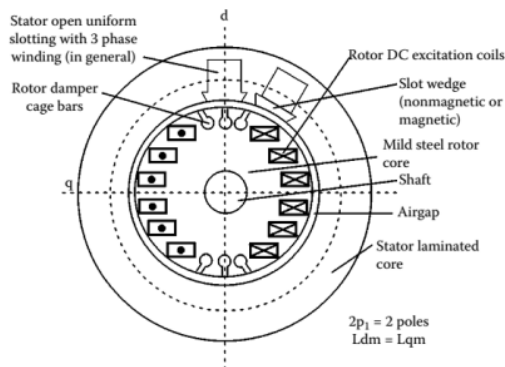
I. PENDAHULUAN

Generator sinkron pembangkit energy listrik tersebut yaitu bila dilakukan penambahan beban pada generator tersebut akan mengakibatkan penurunan tegangan dan frekuensi. Sebaliknya bila dilakukan pengurangan beban pada generator tersebut akan mengakibatkan kenaikan tegangan dan frekuensi (*I ketut perdana putra, 2008*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Generator

Prinsip kerja dari sebuah generator AC yaitu generator memiliki lilitan dalam masing-masing fasa yang terdistribusi pada masing-masing alur stator.



Gambar 1.1. Diagram Generator AC Tiga Fasa Dua Kutub (*Ionboldea, 2006*)

Kemudian rotor generator diputar oleh turbin, maka fluks medan rotor bergerak, dengan demikian kumparan stator mendapat imbas fluks magnet dari rotor, sehingga terbangkit tegangan induksi (*Ionboldea, 2006*). Besar tegangan induksi yang dibangkitkan sebesar,

$$E = 4,44 \times f \times N \times \Phi \dots\dots\dots (1)$$

Dimana E adalah tegangan dibangkitkan, f adalah frekuensi yang tergantung kecepatan turbin memutar generator, N adalah jumlah lilitan generator, fluksi magnet yang dihasilkan oleh pengaturan tegangan eksitasi. Kecepatan rotor dan frekuensi dari tegangan yang dibangkitkan oleh suatu generator sinkron berbanding lurus. Satu putaran rotor dalam satu detik menghasilkan satu siklus per detik atau 1 Hertz (Hz). Bila kecepatannya 60 Revolution per menit (Rpm), frekuensi 1 Hz. Maka untuk frekuensi f = 60 Hz, rotor harus berputar 3600 Rpm. Untuk kecepatan rotor n rpm, rotor harus berputar pada kecepatan n/60 revolution per detik (rps). Bila rotor mempunyai lebih dari 1 pasang kutub, misalnya P kutub maka masing-masing revolution dari rotor menginduksikan P/2 siklus tegangan dalam lilitan stator. Frekuensi dari tegangan induksi sebagai sebuah fungsi dari kecepatan rotor, dan diformulasikan dengan:

$$f = \frac{P}{2} \times \frac{n}{60} \text{ (hertz)(2)}$$

Ketentuan standar nilai tegangan, frekuensi, dan harmonisa pada system memiliki batas yang ditentukan oleh standar IEEE-519 tentang Aturan Distribusi Tenaga Listrik dimana ketentuan tersebut yaitu [Tokyo Electric Power Co. (TEPCO), 2005]

1. Tegangan Dalam peraturan disebutkan bahwa tegangan pada distribusi tenaga listrik dibatasi pada fluktuasai max +5% dan minimal -10%
2. Frekuensi Frekuensi nominal 50 Hz dibatasi dalam rentang 49.5 -50.5 Hz
3. BatasTotal Harmonic Distortion 5%

Penentuan standar tegangan, frekuensi dan harmonisa tentunya memiliki tujuan yaitu,

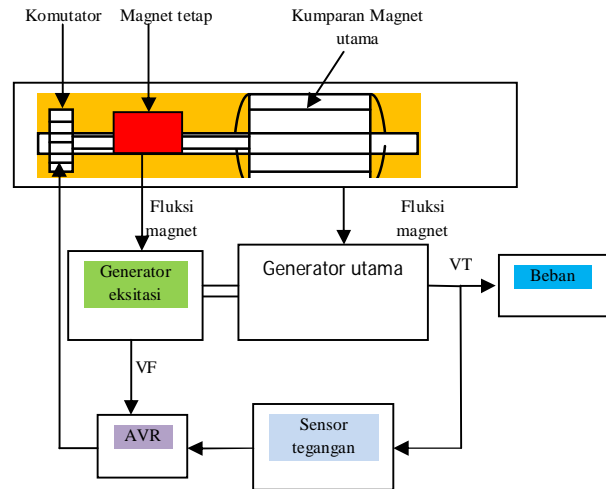
1. Tujuan tegangan harus tetap konstan pada berbagai kondisi dan perubahan beban yaitu,
 - a. Untuk menghindari kerusakan peralatan sumber tegangan dan beban pada sisi konsumen
 - b. Kenyamanan pengguna energi listrik
2. Tujuan frekuensi harus tetap konstan pada berbagai kondisi dan perubahan beban terlebih-lebih pada saat beban lepas yaitu,
 - a. untuk menyelamatkan peralatan mekanik pada sisi pembangkit
 - b. untuk menyelamatkan peralatan dari perubahan putaran pada sisi konsumen
 - c. untuk menyelamatkan peralatan dari over load pada saat kecepatan rendah

2.2. AVR (Automatic Voltage Regulator)

AVR (*Automatic Voltage Regulator*) berfungsi untuk menjaga agar tegangan generator tetap konstan dengan kata lain generator akan tetap mengeluarkan tegangan yang selalu stabil tidak terpengaruh pada perubahan beban yang selalu berubah-ubah, dikarenakan beban sangat mempengaruhi tegangan output generator.

Prinsip kerja dari AVR adalah mengatur arus penguatan (*excitacy*) pada *exciter*. Apabila tegangan output generator di bawah tegangan nominal tegangan generator, maka AVR akan memperbesar arus penguatan (*excitacy*) pada *exciter*. Dan juga sebaliknya apabila tegangan output Generator melebihi tegangan nominal generator maka AVR akan mengurangi arus penguatan (*excitacy*) pada *exciter*. Dengan demikian apabila terjadi perubahan tegangan output Generator akan dapat distabilkan oleh AVR secara otomatis dikarenakan dilengkapi dengan peralatan seperti alat

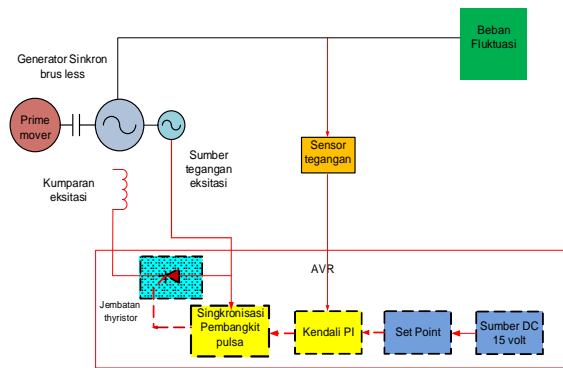
yang digunakan untuk pembatasan penguat minimum ataupun maximum yang bekerja secara otomatis.



Gambar 1.2. Diagram sistem eksitasi dengan AVR

AVR dioperasikan dengan mendapat satu daya dari permanen magnet generator (PMG) sebagai contoh AVR dengan tegangan 110V, 20A, 400Hz. Serta mendapat sensor dari potensial transformer (PT).

III. METODE PENELITIAN



Gambar 3.1. Rangkaian Penguji Generator

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode pengukuran, dan pengujian untuk mengetahui besar tegangan, arus, frekuensi, daya, factor daya, putaran, sudut triger dan respon kendali. Pengukuran tegangan sistem dengan beban fluktuasi menggunakan system automatic voltage regulator (AVR). Selanjutnya melakukan simulasi alat sebagai pengendali tegangan dengan parameter PI sesuai karakter AVR yang dilakukan.

Modul pengaturan tegangan eksitasi dirancang dan diuji pada sebuah generator sinkron 1kW/ 380

volt. Menguji generator sinkron terhadap perubahan beban terhadap tegangan eksitasi kondisi putaran tetap di 1500 RPM.

IV. HASIL DAN ANALISA

Ada beberapa point yang menjadi karakter AVR dalam mengatur tegangan sesuai set point atau standar yang di inginkan. Dari data pengukuran sebagai dasar penentuan karakter AVR tersebut diantaranya;

1. Tegangan yang dihasilkan generator,
2. Nilai output tegangan sensor,
3. Tegangan dan arus eksitasi yang harus diberikan,
4. Pembatasan nilai sudut trigger,
5. Kapasitas komponen
6. Parameter kendali yang tepat,

4.1. Tegangan generator

Tegangan generator sesuai pengujian generator, dimana dalam pengujian tersebut dilakukan perubahan nilai tegangan atau arus eksitasi pada putaran tetap, dimana hasil yang didapat menggambarkan bahwa tegangan dan arus eksitasi dinaikan, maka tegangan generator meningkat sampai batas maksimum sebesar 280 volt fasa-netral atau 485 volt fasa-fasa.

Pengujian perubahan beban terhadap tegangan atau arus eksitasi pada tegangan dan putaran tetap, dimana hasil menunjukkan semakin besar beban, maka tegangan generator akan turun, supaya tegangan generator tetap maka tegangan atau arus eksitasi ditambahkan. Semakin besar pembebanan, maka tegangan atau arus eksitasi diberikan juga makin besar untuk menjaga tegangan tetap.

Pengujian perubahan beban terhadap putaran, dimana tegangan generator dan eksitasi dijaga tetap menunjukkan semakin besar penambahan beban, maka putaran harus ditambah, jika tidak maka tegangan generator akan turun.

Pengujian tegangan eksitasi dan putaran terhadap tegangan generator tetap, dimana untuk menjaga tegangan generator tetap, maka ada dua kemungkinan yang harus diatur yaitu tegangan eksitasi atau putaran generator. Jika putaran generator tidak bisa diatur lagi, maka tegangan eksitasi yang harus diatur. Sebaliknya jika tegangan eksitasi tidak dapat diatur lagi, maka putaran yang harus diatur supaya tegangan yang dihasilkan generator tetap.

Dalam sebuah pembangkit yang harus dilakukan pengaturan yaitu putaran prime mover jangan sampai naik atau turun. Efek yang ditimbulkan akibat perubahan putaran adalah frekuensi generator yang berubah ubah, hal tersebut tidak diperbolehkan dalam hukum listrik. artinya putaran generator harus

tetap dan berubahnya harus dibatasi sesuai standar frekuensi. Pengaturan yang efektif adalah pengaturan tegangan medan eksitasi generator. Pengaturan tegangan medan eksitasi dilakukan oleh AVR untuk menjaga tegangan generator tetap, dan responyapun harus cepat.

4.2. Tegangan sensor

Pemilihan sensor tegangan harus tepat dan akurat serta responnya juga harus sangat cepat. Sensor tegangan untuk mendeteksi perubahan tegangan yang dihasilkan oleh generator. Dalam mendeteksi tegangan generator banyak digunakan berbagai metode. Metode yang paling sederhana adalah menggunakan transformator, kemudian output tegangannya di searahkan dan diparalel dengan tahanan 1000 ohm supaya tegangan lebih akurat karena dipasang filter kapasitor. Pengujian sensor tegangan harus dilakukan untuk mendapatkan tingkat linier.

Dari hasil pengujian tersebut setpoint yang harus dilakukan pada sistem kendali pada nilai tegangan 7 volt, artinya pada tegangan 7 volt tegangan generator tepat 220 volt sesuai yang diinginkan.

4.3. Tegangan dan arus eksitasi

Tegangan dan arus eksitasi yang harus diberikan pada generator agar generator tetap menghasilkan tegangan. Tegangan eksitasi yang diberikan harus memenuhi karakter dari generator, karena setiap generator memiliki karakter yang berbeda. Dari pengujian generator yang dilakukan, maka tegangan dan arus eksitasi rating 200 volt, dengan arus 0,983 Amper. AVR akan mengatur sendiri kebutuhan tegangan eksitasi untuk menjamin tegangan generator tetap 220 volt fasa-netral, walaupun dilakukan perubahan beban yang berfluktuasi.

4.4. Nilai sudut trigger

Sudut trigger akan bergerak secara dinamis sesuai kebutuhan tegangan eksitasi yang dibutuhkan untuk mempertahankan tegangan generator yang tetap. Konversi tegangan kedalam sudut listrik untuk sudut trigger, maka batasan sudut trigger yaitu dari 20 derajat listrik sampai dengan 90 derajat listrik. Hal ini dimaksudkan agar tegangan eksitasi akan bergerak dinamis dari tegangan 15 volt sampai dengan 215 volt DC. Dengan demikian generator menghasilkan tegangan dari 62 volt sampai 275 volt fasa-netral.

4.5. Kapasitas komponen

Kapasitas thyristor harus disesuaikan dengan kemampuan tegangan dan arus maksimum tegangan dan arus eksitasi. Dalam hal ini untuk kapasitas tegangan 250 volt dan kapasitas arus 1,1 Ampere, maka digunakan jenis thyristor type BT 151 dengan spesifikasi 600 V-10 A.

4.6. Parameter kendali

Penentuan parameter kendali yang tepat sangat diperlukan agar respon yang dihasilkan tidak mengganggu penstabilan tegangan generator. Sistem kendali yang digunakan adalah sistem kendali Proporsional + Integral (kendali PI). Dari hasil tuning menggunakan metode Ziegler dan Nichols dari respon tegangan fungsi waktu didapat nilai parameter Kendali yaitu $K_p = 6,075$ dan $T_i = 1.32$ detik.

Penggunaan AVR untuk menstabilkan tegangan diharapkan respon harus cepat dan akurat dalam mengatur tegangan sesuai standar yang diizinkan. Dari pengujian yang dilakukan respon sangat cepat yaitu 0,87 detik dan tegangan sangat presisi sesuai set point yang diberikan. Fluktuasi beban yang dilakukan AVR mengatur sendiri sudut trigger sebagai pengatur tegangan atau arus eksitasi agar generator menghasilkan tegangan 220 volt tetap pada putaran 1500 RPM. Fluktuasi beban terhadap tegangan eksitasi seperti Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Perubahan beban terhadap tegangan

Tegangan eksitasi (Volt)	Arus eksitasi (A)	Beban (Watt)	Putaran (RPM)	Tegangan Keluaran Generator (volt)
29.31	0.146	0	1500	220
31	0.157	100	1500	220
36.21	0.181	200	1500	220

V. KESIMPULAN

Berdasarkan permasalahan dan tujuan yang akan dicapai, serta hasil dan pembahasan mengenai karakter AVR dalam menstabilkan tegangan aplikasi pembangkit mikrohidro dapat disimpulkan diantaranya:

1. Tegangan dan arus eksitasi dinaikan, maka tegangan generator meningkat sampai batas maksimum sebesar 280 volt fasa-netral.
2. Semakin besar beban, maka tegangan generator akan turun, sehingga semakin besar pembebanan, maka tegangan atau arus eksitasi diberikan juga makin besar untuk menjaga tegangan tetap.

3. Semakin besar penambahan beban, maka putaran harus ditambah, jika tidak maka tegangan generator akan turun, untuk menjaga tegangan generator tetap, maka ada dua kemungkinan yang harus diatur yaitu tegangan eksitasi atau putaran generator. Jika putaran generator tidak bisa diatur lagi, maka tegangan eksitasi yang harus diatur, supaya tegangan yang dihasilkan generator tetap.
4. Setpoint yang harus dilakukan pada sistem kendali pada nilai tegangan 7 volt, artinya pada tegangan 7 volt tegangan generator tepat 220 volt sesuai yang diinginkan.
5. Tegangan dan arus eksitasi rating 200 volt, dengan arus 0,983 Amper dengan batasan sudut trigger yaitu dari 20 derajat listrik sampai dengan 90 derajat listrik. Tegangan eksitasi akan bergerak dinamis dari tegangan 15 volt sampai dengan 215 volt DC. Generator menghasilkan tegangan dari 62 volt sampai 275 volt fasa-netral, walaupun dilakukan perubahan beban yang berfluktuasi tegangan tetap 220 volt fasa- netral.
6. Nilai parameter Kendali yaitu $K_p = 6,075$ dan $T_i = 1.32$ detik, dengan respon sangat cepat yaitu 0,87 detik menuju stady state dan tegangan sangat presisi sesuai set point yang diberikan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arman Jaya, Irianto, Amin Setiadji, 2012, *Implementasi Kontroler Pid Pada AVR (Automatic Voltage Regulator) Untuk Pengaturan Tegangan Eksitasi Generator Sinkron 3 Fasa*, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- [2] Emmy Wahyu Lukitaningtyas, 2010, *Desain Kendali AVR dengan Menggunakan Kontrol PID*.
- [3] Endriyanto NW, 2012, *Perencanaan Optimal Sistem Kontrol AVR (Automatic Voltage Regulator)*.
- [4] I ketut perdana putra, 2008, *Perbandingan analisis nilai kapasitor pada operasi motor induksi sebagai generator menggunakan metode BL theraja dan jean marc chapallaz*, jurnal penelitian unram, ISSN 085-0098 vol.2 no 13.
- [5] Ion Boldea, 2006, *Synchronous Generators*, CRC Press Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton
- [6] Le Luo, Lan Gao and Hehe Fu, I.J. 2011, *The Control and Modeling of Diesel Generator Set in*

- Electric Propulsion Ship*, I.J. Information Technology and Computer Science, 2011, 2, 31-37
- [7] Pankaj kapoor, Lobzang Phunchok, Sunandan Kumar, Asst. Prof. Om Prakash Rahi, 2012, *Frequency Control Of Micro Hydro Power Plant Using Electronic Load Controller*, International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA) ISSN: 2248-9622 Vol. 2, Issue 4, June-July 2012, pp.733-737, www.ijera.com
- [8] Rabiul Alam M., Rajib Baran Roy, S.M. Jahangir Alam , Dewan Juel Rahman, 2011, *Single Phase Automatic Voltage Regulator Design for Synchronous Generator*, International Journal of Electrical & Computer Sciences IJECS-IJENS Vol: 11 No: 05 115105-2929
- [9] Tokyo Electric Power Co. (TEPCO), 2005, *Designing Micro-Hydro*, Majuro, Republic of the Marshall Islands
- [10] Vasanthi S., M.Gopila, I.Gnanambal, *Fuzzy And Pid Excitation CONTROL System With AVR In Power System Stability Analysis*, International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN: 2249 – 8958, Volume-1, Issue-5, June 2012