

PERANCANGAN *ELECTRONIC LOAD CONTROL* (ELC) SEBAGAI PENGATURAN DAYA GENERATOR SINKRON DENGAN MENERAPKAN ALGORITMA *SUCCESSIVE*

Muhammad Alfi Rosyadi^{*)}, Iwan Setiawan dan Denis

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)} E-mail: alfirosyadi@student.undip.ac.id

Abstrak

Kebutuhan akan energi listrik semakin kuat. Seiring dengan bertambah pesatnya pertumbuhan penduduk mengakibatkan perlunya sumber energi terbarukan untuk menggantikan pembangkit listrik bahan bakar fosil. PLTMH merupakan sumber energi terbarukan yang akhir-akhir ini banyak dikembangkan. Kendala utama dalam implementasi PLTMH yaitu tidak stabilnya frekuensi dan tegangan ketika terjadi perubahan beban konsumen. Kestabilan tegangan dan frekuensi dapat dilakukan dengan cara mengendalikan daya yang disuplai generator agar seimbang dengan daya yang dibangkitkan generator. Maka dari itu dilakukan pengembangan lebih lanjut terhadap alat pengendalian beban berupa *electronic load control* (ELC) dengan memanfaatkan algoritma *successive* dalam penentuan beban cadangan secara otomatis sehingga bias melakukan pengaktifan *dummy load* sesuai dengan kebutuhan generator agar mencapai kestabilan tegangan dan frekuensi. Prototipe alat berhasil dibuat dan telah diuji dapat mengendalikan kestabilan tegangan dan frekuensi.

Kata Kunci : PLTMH, *Electronic Load Control* (ELC), *Algoritma Successive*

Abstract

Dependency with electricity is getting more powerfull. Along with the rapid growth of population led to the need for development of renewable energy sources, one example is micro-hydro power system. The problem in micro-hydro power system is fluctuation in frequency and voltage generated by the generator under consumer load variation which causes adverse affect in various electrical appliances. Voltage and frequency stability can be done by controlling the power supplied by generator so that balanced with the power generated by the generator. So, the development of electronic load control (ELC) used to solve this problem. By using successive algorithm to determine which dummy load activated by solid state relay as generator need to balance the power of the generator to solve voltage and frequency stability. This prototipe has been successfully made and tested. It can solve voltage and frequency stability.

Keywords : Micro-hydro, *Electronic Load Control* (ELC), *Successive algorithm*

1. Pendahuluan

Listrik merupakan salah satu sumber energi utama kehidupan manusia. Kebutuhan akan energi listrik dapat dilihat dari segala peralatan elektronik yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Seiring dengan bertambah pesatnya pertumbuhan penduduk mengakibatkan perlunya sumber energi terbarukan untuk menggantikan pembangkit listrik bahan bakar fosil. PLTMH merupakan sumber energi terbarukan yang akhir-akhir ini banyak dikembangkan [1]. PLTMH memerankan peran penting untuk mensuplai kelistrikan di daerah terpencil terutama di negara berkembang.

Kendala utama dalam implementasi PLTMH yaitu tidak stabilnya frekuensi dan tegangan ketika terjadi perubahan beban konsumen [1]. Ketika beban konsumen berkurang mengakibatkan generator kelebihan daya sehingga putaran generator menjadi lebih cepat dan frekuensi bertambah. Begitupun sebaliknya jika beban konsumen bertambah akan mengakibatkan putaran generator menjadi lebih lambat dan frekuensi berkurang. Salah satu karakteristik pada sistem tenaga listrik yang sangat penting untuk dijaga kestabilannya adalah frekuensi [2]. Pentingnya menjaga frekuensi berkaitan erat dengan upaya untuk menyediakan sumber energi yang berkualitas bagi konsumen. Pasokan energi dengan frekuensi yang berkualitas baik akan mencegah kerusakan peralatan konsumen (umumnya alat hanya dirancang untuk dapat bekerja secara optimal pada

batasan frekuensi tertentu saja 50 s.d 60 Hz). Pengendalian frekuensi tidak semata untuk memuaskan pelanggan semata, tindakan ini juga bertujuan untuk menjaga kestabilan sistem. Perubahan beban juga dapat menyebabkan ketidakstabilan tegangan. Masalah kestabilan tegangan biasanya terjadi pada sistem dengan pembebanan yang besar. Gangguan yang menyebabkan perubahan tegangan dapat dipicu oleh beberapa hal, seperti naiknya beban atau gangguan besar yang muncul secara tiba-tiba [3].

Salah satu upaya dalam menjaga stabilitas tegangan dan frekuensi generator selain menerapkan sistem governor yaitu menggunakan sistem pengaturan beban atau yang sering dikenal dengan istilah *Electronic Load Control* (ELC). Ketika daya masukan relatif konstan, maka daya keluaran generator harus dijaga konstan walaupun terjadi perubahan beban pada sisi konsumen. Jika terjadi kelebihan daya, maka dummy load atau beban pengganti akan aktif melalui sistem ELC. Sehingga, generator akan mensuplai dua beban secara paralel dan diharapkan total daya keluaran sama dengan daya masukan [4].

Pada penelitian ini, dilakukan pengembangan dari penelitian-penelitian yang sudah ada. Prototipe alat dirancang sebagai sebuah penstabil daya otomatis untuk menjaga stabilitas tegangan dan frekuensi generator saat terjadi perubahan beban yang mengandalkan sensor tegangan dan arus sebagai pembaca kondisi listrik keluaran generator. Penerapan *Clarke Transformation* dan *PQ transformation* dilakukan untuk memaksimalkan algoritma program dan meminimalisir penggunaan perangkat keras. Di sisi lain diterapkan algoritma *successive* dalam pengaktifan beban. Penerapan algoritma ini diharapkan dapat meningkatkan fleksibilitas dan performa prototipe perangkat.

2. Metode
2.1. PLTMH

PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro-Hidro) merupakan salah satu pembangkit listrik yang memanfaatkan debit air sebagai sumber energi yang dikonversi menjadi energi listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik berskala kecil (kurang dari 100 kW), yang memanfaatkan tenaga (aliran) air sebagai sumber penghasil energi. PLTMH termasuk sumber energi terbarukan dan layak disebut *clean energy* karena ramah lingkungan. Tenaga air berasal dari aliran sungai kecil atau danau yang dibendung dan kemudian dari ketinggian tertentu dan memiliki debit yang sesuai akan menggerakkan turbin yang dihubungkan dengan generator listrik. Semakin tinggi jatuhnya air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Pembangkit tenaga air merupakan suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin air dan generator.

Tabel 1. Klasifikasi PLTMH [5]

No.	Jenis PLTA	Kapasitas
1.	PLTA besar	>100 MW
2.	PLTA menengah	15 – 100 MW
3.	PLTA kecil	1 – 15 MW
4.	PLTM (mini hidro)	100 kW – 1 MW
5.	PLTMH (mikro hidro)	5 kW – 100 kW
6.	Pico hidro	< 5 kW

2.2. Metode *Electronic Load Control* Menggunakan Algoritma *Successive*

Generator sinkron 3 fasa dengan sistem ELC terdiri atas listrik 3 fasa dengan koneksi bintang dimana generator digerakkan oleh turbin PLTMH. Ketika daya masukan relatif konstan, daya keluaran dijaga agar tetap konstan meskipun terjadi perubahan pada beban konsumen yang menyebabkan daya masukan dan keluaran tidak seimbang. Maka dari itu, generator sinkron 3 fasa di beri 2 beban secara paralel dengan tujuan agar dapat menjaga daya masukan relatif sama dengan daya keluaran sehingga total daya konstan.

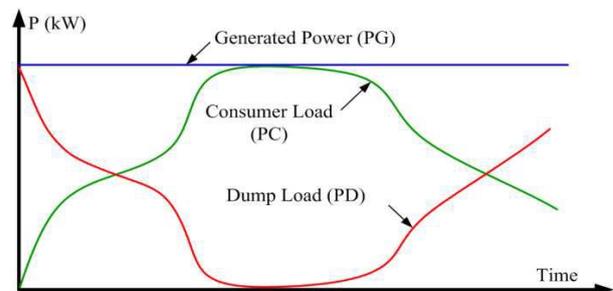
$$PG = PC + PD$$

Pada persamaan diatas menunjukkan daya total sama dengan daya konsumen ditambah daya beban cadangan (*dummy load*).

PG = Power Generated (daya yang dibangkitkan generator)

PC = Power Consumer (daya beban konsumen)

PD = Power Dump (daya cadangan)

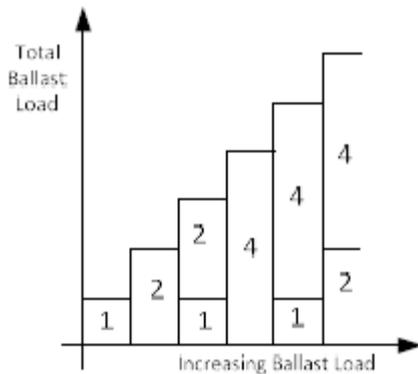


Gambar 1. Cara Kerja ELC [2]

Pada gambar 1. dapat dilihat cara kerja ELC dimana dummy load akan menyesuaikan daya pada beban konsumen agar daya keluaran generator sama dengan daya masukannya. Ketika beban konsumen tinggi maka beban pada ELC akan dikurangi, sebaliknya jika beban konsumen rendah maka beban cadangan (dummy load) akan bertambah.

Algoritma *successive* ini seperti menerapkan sistem biner dalam menentukan besaran dummy load yang akan diaktifkan. Dalam sistem biner, nilai dummy load tercapai dengan kombinasi dari urutan biner dari beban tersebut. Dalam menanggapi perubahan beban konsumen, pilihan switching dibuat untuk menghubungkan kombinasi beban yang sesuai. Operasi *switching* ini hanya terjadi selama

periode tansien. Setelah itu sistem akan dihubungkan melalui solid state relay untuk mengurangi harmonisa yang mungkin terjadi [1]. Agar algoritma berjalan lancar, semua nilai resistansi dari dummy load seharusnya memiliki nilai yang mendekati sebenarnya. Perubahan biner algoritma ini dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Algoritma Successive Pada Dummy Load [1]

Gambar 2 merupakan cara kerja algoritma successive dimana untuk menemukan besaran bilangan yang diinginkan didapatkan dari jumlah setiap nilai biner. Seperti contoh ingin mendapatkan nilai 10 dari algoritma di atas maka urutan biner yang aktif yaitu 1, 2, 1 dan 2, 4, 4 dan 1, 4 dan 2 dan seterusnya sesuai jumlah biner yang digunakan. Nilai maksimal yang dapat diraih yaitu :

$$\text{Nilai maks} = 2^n$$

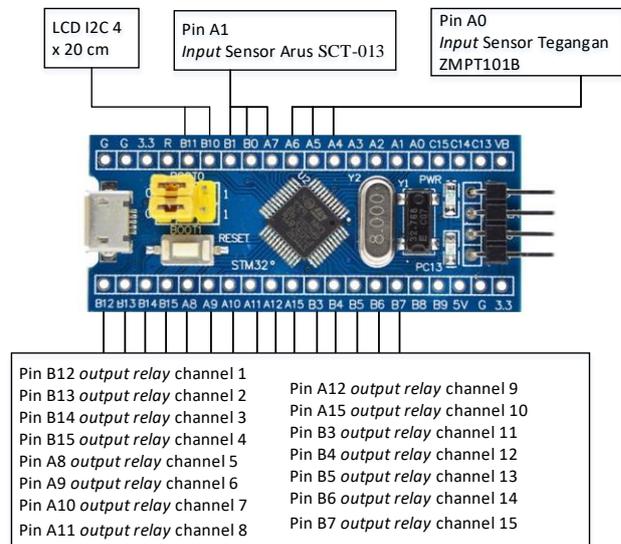
Dimana :

n = jumlah biner yang digunakan

2.2. Perancangan Mikrokontroler

Pada penelitian ini, dirancanglah sebuah prototipe alat yang memanfaatkan mikrokontroler STM32F103C8T6 sebagai eksekutor algoritma pemrograman. Bagian pemrosesan data dan pada perancangan kontroler menggunakan mikrokontroler STM32F103C8T6. Data input untuk pemrosesan data pada kontroler adalah laju aliran tegangan dan aliran arus 3 fasa yang di ambil dari masing-masing fasa. Semua data input tersebut diperoleh dari output sensor tegangan ZMPT101B dan output rangkaian pengkondisi sinyal sensor arus SCT-013-000. Keluaran dari mikrokontroler akan mengaktifkan solid state relay yang dihubungkan ke beban cadangan (dummy load). Solid state relay yang digunakan bekerja saat diberi logika low level atau aktif low. Rangkaian zero crossing detector (ZCD) sebagai input yang memberikan informasi frekuensi keluaran generator sinkron 3 fasa. Dialokasikan pin-pin mikrokontroler STM32F103C8T6 berdasarkan nilai-nilai parameter yang telah disebutkan yang berfungsi sebagai pin input dan pin output. Gambar 3.1 merupakan alokasi pin-pin input dan output pada mikrokontroler

STM32F103C8T6 dalam perancangan sistem penstabil frekuensi generator sinkron 3 fasa menggunakan electronic load control.



Gambar 3. Alokasi pin pada STM32F103C8T6

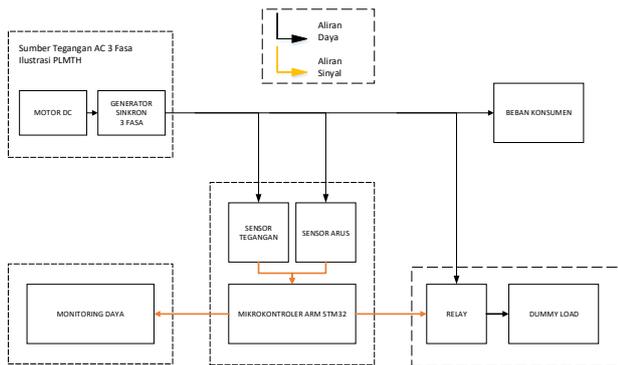
Dari Gambar 3 pin-pin input terdapat laju aliran tegangan, laju aliran arus. Pada pin output terdapat relay. Penggunaan pin pada STM32F103C8T6 untuk input dan output tersebut adalah sebagai berikut.

1. PB1, PB0, PA7 berfungsi sebagai input analog untuk pembacaan nilai ADC dari laju aliran arus yang berasal dari keluaran rangkaian pengkondisi sinyal sensor arus SCT-013-000.
2. PA6, PA5, PA4 berfungsi sebagai input analog untuk pembacaan nilai ADC dari laju aliran tegangan yang berasal dari keluaran modul sensor tegangan ZMPT101B.
3. PB12, PB13, PB14, PB15, PA8, PA9, PA10, PA11, PA12, PA13, PB3, PB4, PB5, PB6, PB7 berfungsi sebagai output analog untuk mengaktifkan Solid State Relay terhadap dummy load. Pengambilan keputusan nilai kapasitor aktif merupakan keluaran dari sistem kontrol.
4. PB11 dan PB10 berfungsi sebagai output I2C LCD 4x20 untuk menampilkan parameter daya, frekuensi dan tegangan.
5. PA3 berfungsi sebagai input dari rangkaian Zero Crossing Detector (ZCD) untuk mendapatkan informasi frekuensi output generator 3 fasa.

Mikrokontroler menerima sampling terhadap sinyal sinusoidal dari arus dan tegangan. Proses ini dibantu oleh sensor arus dan tegangan untuk mendapatkan nilai arus dan tegangan sistem jaringan listrik terhubung. Proses pengolahan data kemudian dilanjutkan dengan perhitungan matematis, sehingga didapatkanlah nilai variabel-variabel yang dibutuhkan oleh sistem untuk mengatur dummy load mana yang akan diaktifkan. Algoritma successive digunakan dalam menentukan pengaktifan resistor sesuai

dengan daya yang hilang yang menyebabkan generator kekurangan beban. Gambaran proses pengendalian yang terjadi dibahas pada subbab selanjutnya. Keluaran kanal relay yang berjumlah lima belas buah terhubung dengan beban cadangan (dummy load) yang diparalel dengan beban konsumen. Perancangan beban utama dan beban cadangan (dummy load) akan dibahas pada perancangan perangkat keras.

2.3. Perancangan Perangkat Keras



Gambar 4. Layout perangkat keras terimplementasi

Diagram blok sistem perancangan Electronic Load Control dapat dilihat pada Gambar 3 Spesifikasi perancangan Electronic Load Control terdiri dari:

1. Generator Sinkron 3 Fasa sebagai sumber daya bagi semua komponen yang digunakan.
2. Sensor Arus SCT-013 adalah sensor arus yang berfungsi sebagai pembaca nilai arus.
3. Sensor ZMPT101B adalah sensor tegangan AC yang berfungsi sebagai pembaca nilai tegangan.
4. Mikrokontroler STM32F103C8T6 digunakan sebagai unit kontroler untuk mengaplikasikan kendali close loop, mengolah data setpoint dan data sensor untuk menghasilkan perintah.
5. Adaptor 12VDC sebagai supply untuk mikrokontroler.
6. Solid State Relay sebagai switch untuk mengaktifkan dummy load yang diperintahkan oleh mikrokontroler.
7. Dummy Load yang berfungsi untuk beban pengganti.
9. Beban sistem AC sebagai beban uji pada sistem Electronic Load Control berupa peralatan listrik.

Gambar 2. merupakan perancangan sistem secara keseluruhan. Mikrokontroler sebagai otak dari sistem merupakan tempat pengunggahan senarai program. Segala keputusan sistem yang otomatis akan berjalan sesuai dengan eksekusi dari progam. Prototipe alat dihubungkan dengan generator sinkron 3 fasa berbeban , kemudian sensor arus dan tegangan mendeteksi kondisi aliran listrik 3 fasa keluaran (output) generator.. Data tersebut akan diolah sesuai program yang ada. Pada tahap ini juga dilakukan pengambilan keputusan untuk pengontrolan. Keluaran dari pengontrolan sistem kemudian direlisasikan

dalam bentuk sinyal pengaktifan dummy load melalui rangkaian Solid State Relay.

3. Hasil dan Analisis

3.1. Hasil Uji Tanpa Menggunakan ELC

Pengujian pertama ini dilakukan dengan cara memberi beban lampu pada generator tanpa menggunakan electronic load control (ELC). Variasi yang digunakan yaitu mengubah daya beban konsumen dengan cara membuat variasi terhadap lampu yang hidup dan mati. Kemudian di amati besar tegangan yang di hasilkan generator. Dilakukan pengujian ini untuk mengetahui pengaruh perubahan beban terhadap generator sinkron 3 fasa jika tidak di terapkan sistem kontrol electronic load control. berikut merupakan hasil data uji pengaruh variasi beban terhadap tegangan.

Tabel 2. Pengujian generator 3 fasa tanpa menggunakan ELC

Variasi Beban	Tegangan Keluaran (V)			Arus (A)		
	R	S	T	R	S	T
Kondisi 1	164.2	163.8	164.4	0.44	0.34	0.44
Kondisi 2	173.2	173.1	173.6	0.29	0.2	0.29
Kondisi 3	169.2	168.3	168.8	0.28	0.28	0.29
Kondisi 4	175.6	175.1	176.2	0.29	0.2	0.2
Kondisi 5	185.4	185.2	185.6	0.08	0.09	0.08
Kondisi 6	173.3	171.8	173	0.23	0.34	0.52

Dari table 1 diatas merupakan nilai yang didapatkan dari hasil pengujian generator 3 fasa pada setiap perubahan beban tanpa menggunakan electronic load control (ELC). Kemudian pada setiap kondisi perubahan beban dilakukan perbandingan terhadap perubahan tegangan keluaran dari generator. Dari data diatas dapat dilihat bahwa setiap perubahan kondisi beban pada generator mengakibatkan perubahan tegangan pada generator yang cukup signifikan. Ketika beban maksimum dinyalakan tegangan keluaran pada fasa R yaitu 164,2 V. Saat kondisi berubah pada kondisi 5 tegangan naik menjadi 185.4 V. Perubahan tegangan yang terjadi yaitu sekitar 21.2 V. Penurunan tegangan ini hamper mendekati batas toleransi penurunan tegangan pada Standar EN-50160 dimana batas ketidakseimbangan tegangan yaitu ±10% untuk tegangan 220/380V.

Tabel 3. Pengaruh Variasi Beban terhadap Frekuensi

Variasi Beban	Arus (A)			Frekuensi (Hz)
	R	S	T	
Kondisi 1	0.44	0.34	0.44	49,62
Kondisi 2	0.29	0.2	0.29	49,6
Kondisi 3	0.28	0.28	0.29	49,58
Kondisi 4	0.29	0.2	0.2	49,59
Kondisi 5	0.08	0.09	0.08	49,75
Kondisi 6	0.23	0.34	0.52	49,67

Dari table 3. diatas didapatkan nilai frekuensi terhadap perubahan beban generator sinkron 3 fasa. Hasil perubahan

dari setiap kondisi beban menghasilkan frekuensi tegangan yang relatif sama yaitu berkisar angka 49 Hz. Hal ini dikarenakan beban yang ditanggung oleh generator tidak terlalu besar sehingga tidak begitu mempengaruhi frekuensi keluaran generator. Lain hal jika pada sistem skala besar, jika beban berlebih maka frekuensi akan turun sehingga bisa dilakukan pelepasan beban untuk mencegah *undef frequency*.

3.2. Hasil Uji Menggunakan ELC

Pengujian selanjutnya menggunakan satu beban yang Pengujian ini dilakukan dengan menerapkan program sistem electronic load control (ELC) ke dalam mikrokontroler. Kemudian dilakukan variasi beban yang akan dibandingkan dengan tegangan keluaran generator. Berikut adalah data hasil uji dari pengaruh variasi perubahan beban terhadap tegangan dengan menerapkan sistem ELC.

Tabel 4. Pergaruh variasi beban terhadap tegangan

Variasi Beban	Tegangan Keluaran (V)			Arus (A)		Relay yang Aktif	
	R	S	T	R	S		
Kondisi 1	157.9	157.5	158.1	0.6	0.63	0.64	Fasa R = 32, 16, 4 Fasa S = 32 Fasa T = 32, 8, 4
Kondisi 2	158.7	158.1	158.9	0.54	0.54	0.57	Fasa R = 64 dan 16 Fasa S = 64 Fasa T = 64 dan 16
Kondisi 3	156.9	156.3	156.8	0.57	0.49	0.57	Fasa R = 64 dan 32 Fasa S = 64 Fasa T = 64, 32 dan 8
Kondisi 4	159.9	159.1	159.8	0.54	0.45	0.51	Fasa R = 64 dan 16 Fasa S = 64 Fasa T = 64, 32 dan 8
Kondisi 5	164.3	164.8	164.6	0.4	0.41	0.45	Fasa R = 64, 32, 8 dan 4 Fasa S = 64 dan 32 Fasa T = 64, 32, dan 16
Kondisi 6	157.9	157.5	158.1	0.48	0.49	0.52	Fasa R = 64, 16, 8 Fasa S = 64 Fasa T = 64, 32, 16 dan 8

dari table 4 di atas didapatkan hasil pengaruh perubahan tegangan terhadap perubahan beban dengan menerapkan sistem electronic load control (ELC). Dari data diatas dapat dilihat bahwa perubahan tegangan karena perubahan kondisi beban generator relatif lebih kecil dibandingkan dengan tanpa menggunakan ELC. Algoritma successive yang diterapkan dapat mengaktifkan rele sesuai dengan hilangnya daya pada setiap fasanya. Saat beban maksimum yaitu pada kondisi 1 tegangan yang terukur yaitu 157,9 pada Fasa R. Selisih perubahan terbesar yang terjadi yaitu pada kondisi 5 dimana tegangan pada Fasa R naik menjadi 164,3 V. Selisih dari kondisi 1 dan 5 yaitu 6,4 V. hasil ini membuktikan bahwa ELC cukup efektif dalam mengendalikan kestabilan tegangan pada generator sinkron 3 fasa untuk penerapan PLTMH. Hal ini dikarenakan perubahan tegangan yang terjadi tidak melebihi batas dari standar yaitu $\pm 10\%$ pada sistem tegangan 220/380V.

Tabel 5. Pengaruh variasi beban terhadap frekuensi

Variasi Beban	Arus (A)			Frekuensi (Hz)	Relay yang Aktif
	R	S	T		
Kondisi 1	0.44	0.34	0.44	49,7	Fasa R = 32, 16, 4 Fasa S = 32 Fasa T = 32, 8, 4
Kondisi 2	0.29	0.2	0.29	49,83	Fasa R = 64 dan 16 Fasa S = 64 Fasa T = 64 dan 16
Kondisi 3	0.57	0.49	0.57	49,55	Fasa R = 64 dan 32 Fasa S = 64 Fasa T = 64, 32 dan 8
Kondisi 4	0.54	0.45	0.51	49,52	Fasa R = 64 dan 16 Fasa S = 64 Fasa T = 64, 32 dan 8
Kondisi 5	0.4	0.41	0.45	49,6	Fasa R = 64, 32, 8 dan 4 Fasa S = 64 dan 32 Fasa T = 64, 32, dan 16
Kondisi 6	0.48	0.49	0.52	49,6	Fasa R = 64, 16, 8 Fasa S = 64 Fasa T = 64, 32, 16 dan 8

Dari table 5. diatas didapatkan hasil pengaruh perubahan variasi beban generator terhadap frekuensi keluaran generator. Dapat dilihat bahwa frekuensi dari generator yaitu berkisar pada angka 49 Hz. Nilai ini masih dalam batas toleransi dari nilai frekuensi standar di Indonesia yaitu 50 Hz. Pengaktifan rele ditujukan untuk mempertahankan kestabilan frekuensi dan tegangan. Algoritma *successive* yang digunakan sudah bias berjalan dan cukup bagus dalam mempertahankan tegangan dan frekuensi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, pengujian, dan analisa yang telah dilakukan. Sistem electronic load control (ELC) digunakan untuk menjaga kestabilan tegangan dan frekuensi generator. Penerapan sistem ELC pada generator 3 fasa sudah berjalan dengan baik dalam menjaga kestabilan tegangan dan frekuensi generator 3 fasa ketika terjadi perubahan beban. Daya yang terukur pada setiap fasa digunakan untuk menentukan jumlah dummy load yang akan diaktifkan oleh rele sesuai perhitungan dengan menerapkan algoritma successive dalam penentuan resistor dummy yang akan diaktifkan. Algoritma successive sudah berjalan dengan baik dalam menentukan nilai resistor. Dengan menerapkan algoritma successive didapat nilai rentangan resistor yang besar dan juga memiliki variasi jumlah resistor beban yang halus. Sehingga membuat kestabilan tegangan lebih baik karena resistor yang diaktifkan sesuai dengan yang dibutuhkan generator 3 fasa untuk membuang kelebihan daya.

Referensi

- [1]. Nan Win Aung, Aung Ze Ya, *Design Of Electronic Load Controller By Using Combination Method For Micro-Hydro Power Plant and Its Control And Monitoring Program Simulation, International journal of electric, electronics and data communication*, Vol.3, Juni-2015.
- [2]. Kundur, P, *Power System Stability and Control*, USA, McGraw-Hill, 1994.

- [3]. H.L Ornstein, *Operating Experience Feedback Report - Turbine-Generator Overspeed Protection. Systems Commercial Power Reactors*, Washington, DC 20555-0001, 1995.
- [4]. Nan Win Aung, Aung Ze Ya, *Microcontroller Based Electrical Parameter Monitoring System of Electronic Load Controller Used in Micro Hydro Power Plant*, Journal of IEEE, 2015.
- [5]. Hidayat, F. Irfan, *Simulasi Pelepasan Beban pada Sistem Tenaga Listrik*, Depok, Departemen Teknik Elektro UI, 2004.