

KONTROL DAN MONITORING MOTOR - GENERATOR MENGUNAKAN PLC LS DAN INVERTER VF-S9

Achmad Nurhadi¹⁾, M. Jasa Afroni²⁾, Bambang Dwi Sulo³⁾
^{1), 2), 3)}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang
Jl. MT. Haryono 193 Malang
Email : achmad.nurhadyy@gmail.com

Abstrak

Generator DC merupakan sebuah perangkat mesin listrik dinamis yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik arus searah. Agar dapat menghasilkan listrik yang berkualitas tinggi dengan tegangan *output* yang selalu stabil, generator harus bekerja pada kecepatan putar (rpm) tertentu sehingga digunakan sistem *closeloop* dimana terdapat pengkondisi sinyal yang berfungsi sebagai *feedback*. Untuk dapat menghasilkan energi listrik, rotor generator harus dihubungkan dengan mesin penggerak yang dapat berupa motor bakar, turbin uap, kincir angin, kincir air, dsb. Dalam penelitian ini penulis menggunakan motor induksi 3 *phase* sebagai mesin penggerak, dimana kecepatan putaran motor ini diatur oleh inverter (*Variable Speed Drive*) dengan mengubah frekuensi dan tegangan yang masuk ke motor.

Selain itu alat kontrol dan monitoring ini dihubungkan ke PLC (*Programmable Logic Controller*) yang berfungsi untuk memberikan *input* perintah ke inverter dan memonitor kerja generator. Alat kontrol ini menggunakan *sistem closeloop*, dimana sinyal *output* dari generator digunakan sebagai *feedback* yang mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengontrolan oleh PLC dan inverter. Dalam sistem ini, sinyal *error* yang merupakan selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan balik yang berupa sinyal tegangan diumpankan ke *input* PLC untuk memperkecil *error* dan membuat *output* generator mendekati nilai yang diinginkan. Dengan demikian alat kontrol akan bekerja secara otomatis dan generator akan menghasilkan *output* yang lebih stabil.

Kata Kunci : sistem kontrol, generator, sistem *closeloop*, pembangkit listrik

Abstract

DC Generator is a dynamic electrical machine device that converts mechanical energy into direct current electrical energy. In order to produce high quality electricity with a stable output voltage, the generator must work at a certain rotating speed (rpm) so a *closeloop* system is used where there is a signal conditioner that works as a feedback. To be able to produce electrical energy, the rotor of generator must be connected to a driving machine which can be a combustion motor, a steam turbine, a windmill, a waterwheel, etc. In this study the author uses a 3 phase induction motor as a driving machine, which the rotation speed of this motor is regulated by an inverter (*Variable Speed Drive*) that can change the frequency and the voltage of the motor.

Beside that, these control and monitoring device are connected to a PLC (*Programmable Logic Controller*) which works to provide command input to the inverter and monitor the work of the generator. This control device uses a close loop system, where the output signal from the generator is used as a feedback which has a direct influence on the control action by the PLC and the inverter. In this system, the error signal which is the difference between the input signal and the feedback in the form of a voltage signal is fed to the input of PLC to minimize the error and make the output of the generator closer to the desired value. Therefore, the control device will work automatically and the generator will produce a more stable output.

Keywords : control system, generator, *closeloop* system, electric power generation

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Listrik merupakan salah satu kebutuhan masyarakat yang sangat penting di era modern dan industrialisasi dimana listrik sebagai sumber daya yang paling utama dibutuhkan dalam melakukan kegiatan usaha. Dalam waktu yang akan datang kebutuhan listrik akan semakin bertambah seiring dengan adanya peningkatan jumlah penduduk dan munculnya industri-industri baru. Untuk menyediakan energi listrik diperlukan Pembangkit Listrik, dimana terdapat banyak bagian dalam Pembangkit Listrik yang sarat dengan teknologi tinggi. Salah satu bagian yang paling penting adalah generator yang berfungsi merubah energi mekanik menjadi energi listrik.

Kestabilan kerja dari generator dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu beban, arus eksitasi, dan jumlah putaran rotor pada generator. Perubahan daya yang dibutuhkan oleh beban yang dihubungkan ke terminal output generator akan menyebabkan perubahan besar tegangan output generator. Berdasarkan hal tersebut penulis akan membuat *project* dan membuat penelitian tentang bagaimana membuat *Sistem Control Close Loop* agar generator dapat menghasilkan output tegangan yang stabil.

Dalam penelitian ini *shaft* generator DC dihubungkan dengan *shaft* motor induksi 3 phase, dimana motor induksi 3 phase berfungsi sebagai mesin penggerak generator. Untuk mengatur kecepatan putaran motor ini menggunakan *Variable Speed Drive (Inverter)* dengan mengubah frekuensi dan tegangan yang masuk ke motor. Selanjutnya output tegangan dari generator diumpankan ke analog input PLC, oleh PLC sinyal yang masuk akan diolah menggunakan program aritmatika. Kemudian nilai dari hasil pengolahan data akan dirubah menjadi sinyal dan akan diumpankan ke Inverter melalui card Analog Output PLC, dimana sinyal ini berfungsi sebagai sinyal *input reference* Inverter yang akan mengatur kecepatan motor induksi 3 phase. Dengan berfungsinya *sistem close loop*

ini dan adanya umpan balik dari output generator yang masuk ke PLC akan menghasilkan kecepatan generator yang stabil meskipun daya yang dibutuhkan oleh beban berubah-ubah.

LANDASAN TEORI

2.1. Programmable Logic Controller(PLC)

PLC (*programmable logic controller*) yaitu suatu sistem atau piranti elektronik yang di rancang untuk dapat beroperasi secara digital dengan menggunakan memori sebagai media penyimpanan instruksi- instruksi internal untuk menjalankan fungsi-fungsi logika. PLC bekerja dengan cara mengamati masukan (misal : tombol, sensor,dll) kemudian data dari masukan diproses selanjutnya dilakukan tindakan sesuai yang dibutuhkan. Dengan kata lain PLC menentukan aksi apa yang harus dilakukan pada instrument keluaran yang berkaitan dengan status suatu ukuran atau besaran yang diamati. Proses yang dikontrol dapat berupa data digital atau analog seperti pada sistem servo.

Pada umumnya terdapat dua macam bahasa pemograman PLC, yaitu menggunakan diagram ladder dan bahasa mnemonic. Dalam penelitian ini PLC diprogram menggunakan diagram ladder. Bahasa ini yang paling umum dipakai di PLC dan hampir selalu dipakai di semua jenis PLC. Diagram ladder atau diagram tangga adalah skema yang digunakan untuk mendokumentasikan sistem logika kontrol dalam sebuah sistem. Disebut “tangga” karena memang meyerupai tangga dengan dua rel vetikal kanan dan kiri yang digambarkan sebagai power suply dan banyak garis horisontal “anak tangga” yang merupakan rangkaian kontrol dari sebuah sistem.

2.2. Variabel Speed Drive (VSD)

Variable speed drive atau bisa disebut dengan inverter adalah peralatan yang digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor. Inverter bisa digunakan untuk mengontrol putaran motor AC maupun motor DC dengan cara mengatur

besaran frekuensi dan tegangan yang diterima oleh motor dengan menjaga torsi agar selalu konstan.

Inverter bekerja dengan mengubah tegangan AC menjadi DC dimana dibutuhkan penyearah (converter AC-DC) dan biasanya menggunakan penyearah tidak terkendali (*rectifier dioda*) namun juga ada yang menggunakan penyearah terkendali (*thyristor rectifier*). Setelah tegangan sudah diubah menjadi DC maka diperlukan perbaikan kualitas tegangan DC dengan menggunakan tandon kapasitor sebagai perata tegangan. Kemudian tegangan DC diubah menjadi tegangan AC kembali oleh inverter dengan teknik PWM (*Pulse Width Modulation*). Dengan teknik PWM ini bisa didapatkan amplitudo dan frekuensi keluaran yang diinginkan. Selain itu teknik PWM juga menghasilkan harmonisa yang jauh lebih kecil dari pada teknik yang lain serta menghasilkan gelombang sinusoidal, dimana kita tahu bahwa harmonisa ini akan menimbulkan rugi-rugi pada motor yaitu cepat panas. Maka dari itu teknik PWM inilah yang biasanya dipakai dalam mengubah tegangan DC menjadi AC (Inverter).

2.3. Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga putar. Motor induksi memiliki beberapa keunggulan, antara lain desain yang sederhana, efisien, kuat dan mudah dalam perawatannya sehingga menawarkan tingkat keandalan yang sangat tinggi. Seperti mesin lainnya motor induksi membutuhkan perlindungan terhadap kondisi yang berpotensi membuat terjadinya kerusakan ataupun kegagalan. Jika motor ini digunakan untuk menunjang sistem otomasi, maka dibutuhkan pemantauan secara kontinyu dan otomatis. Faktor yang bisa berpotensi membuat terjadinya kerusakan atau kegagalan motor induksi tiga fasa adalah kelebihan beban yang mengakibatkan arus listrik mengalir melampaui batas amannya.

Motor induksi terdiri dari dua bagian yaitu stator atau bagian yang diam dan rotor atau bagian berputar. Pada motor induksi kumparan rotor tidak menerima energi

listrik secara langsung, tetapi secara induksi seperti yang terjadi pada energi kumparan transformator. Oleh karena itu motor ini dikenal dengan motor induksi. Dilihat dari kesederhanaannya, konstruksinya yang kuat dan kokoh serta mempunyai karekteristik kerja yang baik, motor induksi tiga fasa sangat cocok dan paling banyak digunakan dalam bidang industri.

Bagian Motor Induksi

1. Stator

Stator yaitu bagian mesin yang tidak berputar dan terletak pada bagian luar. Pada bagian stator terdapat beberapa slot yang merupakan tempat kawat (konduktor) dari tiga kumparan tiga fasa yang disebut kumparan stator, yang masing-masing kumparan mendapatkan suplai arus tiga fasa. Stator terdiri dari pelat-pelat besi yang disusun sama besar dengan rotor dan pada bagian dalam mempunyai banyak alur-alur yang diberi kumparan kawat tembaga yang berisolasi. Jika kumparan stator mendapatkan suplai arus tiga fasa maka pada kumparan tersebut akan timbul flux magnet putar. Karena adanya flux magnet putar pada kumparan stator, mengakibatkan rotor berputar karena adanya induksi magnet dengan kecepatan putar rotor sinkron dengan kecepatan putar stator.

2. Rotor

Rotor yaitu bagian dari mesin yang berputar bebas dan letaknya dibagian dalam. Berdasarkan hukum faraday tentang imbas magnet, maka medan putar yang secara relatif merupakan medan magnet yang bergerak terhadap penghantar rotor yang akan menimbulkan gaya gerak listrik (ggl). Frekuensi ggl imbas ini sama dengan frekuensi jala – jala.

2.4. Generator DC

Generator DC merupakan sebuah perangkat mesin listrik dinamis yang mengubah energi mekanis menjadi arus listrik searah. Teori yang mendasari terbentuknya gaya gerak listrik (GGL) pada generator adalah percobaan faraday yang berbunyi “apabila sepotong penghantar listrik berada dalam medan magnet yang

berubah-ubah maka dalam kawat penghantar akan terbentuk GGL induksi" yang besarnya :

$$e : - N . d / dt$$

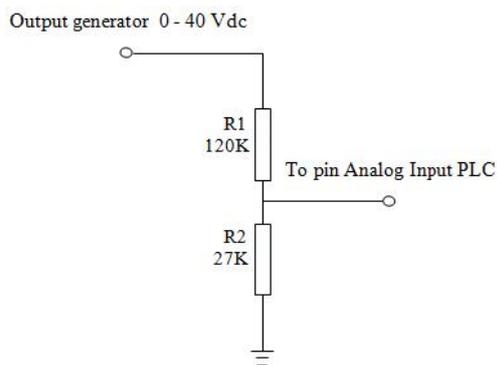
Dimana :

- e : Gaya gerak listrik (GGL)
- N : Jumlah Lilitan
- : Fluksi Magnet

Pada percobaan tersebut membuktikan bahwa pada sebuah kumparan akan dibangkitkan GGL induksi apabila jumlah garis gaya yang diikuti oleh kumparan berubah-ubah.

2.5. Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Perlu diketahui tegangan analog yang dapat diterima oleh analog input PLC LS adalah 10 Vdc. Karena dalam penelitian ini tegangan maksimal output generator adalah 40 Vdc maka diperlukan pengkondisi sinyal untuk menurunkan tegangan dari 40 Vdc menjadi 10 Vdc. Rangkaian ini diperlukan untuk membatasi tegangan yang masuk ke modul analog input PLC agar tidak terjadi kerusakan. Dalam rangkaian ini komponen elektronika yang digunakan adalah dua buah resistor yang dirangkai sebagai pembagi tegangan.



Gambar 3.6. Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Pada Gambar 3.6 menunjukkan dua buah resistor yang mempunyai nilai resistansi 27 K ohm dan 120 K ohm dengan toleransi 1 % , kedua komponen masing-masing mempunyai kemampuan daya ½ watt. Komponen yang digunakan adalah resistor dengan toleransi 1 % dengan tujuan agar tegangan output yang dihasilkan lebih

presisi. Sedangkan pemilihan nilai resistansi mengacu pada rumus sebagai berikut :

$$V_{out} = \frac{R2}{R1 + R2} x V_{in}$$

Dimana : V_{in} = Tegangan output generator

V_{out} = Tegangan yang masuk ke pin analog input PLC

Maka :

$$V_{out} = \frac{27K}{120K + 27K} x 40 Vdc$$

$$V_{out} = 7,35 Vdc$$

Dilihat dari hasil perhitungan rumus diatas dengan tegangan input maksimal 40Vdc maka didapatkan V_{out} sebesar 7,35 Vdc. Dengan V_{out} sebesar itu jika dimasukkan ke analog input PLC maka relatif aman karena masih dibawah batas maksimal analog input sebesar 10 Vdc.

METODE PENELITIAN

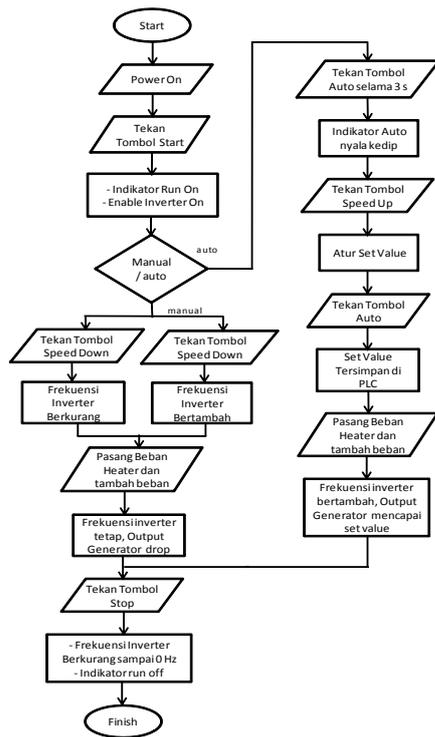
3.1. Langkah Kerja Penelitian

Berikut adalah langkah kerja dalam rancang bangun alat kontrol dan monitoring generator DC yang melalui beberapa tahapan yaitu :

1. Perancangan sistem
2. Perakitan alat
3. Wiring kontrol
4. Pemrograman PLC
5. Setting parameter VSD
6. Pengujian alat
7. Analisa hasil pengujian

3.2. Perancangan Sistem

Sebelum membuat sebuah *project* maka peneliti membuat rumusan masalah dan melakukan desain sistem untuk merancang mekanis dan membuat sebuah alat kontrol. Dalam mendesain sistem ditentukan semua komponen yang dipakai dan juga dipelajari karakteristik semua komponen agar semua komponen bisa dihubungkan dalam sebuah sistem. Berikut adalah hasil rancangan sistem alat kontrol yang diterjemahkan dalam sebuah flowchart:



Gambar 3.1. Flowchart Desain Sistem

Dalam alat kontrol ini terdapat 2 macam sistem yang digunakan yaitu sistem manual dan sistem auto. Di mode manual frekuensi inverter diatur secara manual yaitu dengan menggunakan switch speed up dan switch speed down. Untuk mengaktifkan mode ini terlebih dahulu ditekan tombol start. Setelah lampu indikator run menyala tekan tombol speed up untuk menambah frekuensi inverter dan untuk mengurangi frekuensi inverter tekan tombol speed down. Dalam mode ini input feedback dari sensor tegangan tidak berfungsi maka dalam sistem ini dikategorikan dalam sistem *openloop*.

Di mode otomatis frekuensi inverter berubah secara otomatis mengikuti *feedback*. Sebelum menggunakan mode ini, harus disetting dahulu tegangan output generator yang diinginkan atau akan dicapai yang nantinya akan disimpan di memori PLC. Langkah pertama yaitu dengan mengaktifkan dahulu mode manual, kemudian tekan tombol auto selama 3 detik sampai lampu indikator auto berkedip. Untuk menentukan target tegangan output yang diinginkan tekan tombol speed up sampai display tegangan output yang

diinginkan tercapai, selanjutnya untuk menyimpan settingan tekan tombol auto lagi sampai lampu indikator mati.

Untuk mengaktifkan mode ini yaitu dengan menekan tombol auto sehingga lampu indikator auto menyala. Ketika motor induksi berputar dan generator menghasilkan energi listrik, besar tegangan output generator akan dideteksi oleh pengkondisi sinyal, kemudian akan dikonversi menjadi sinyal yang dapat diterima oleh PLC. Oleh PLC sinyal *feedback* dari pengkondisi sinyal akan digunakan untuk mengatur nilai frekuensi pada inverter sehingga output generator akan selalu stabil meski arus beban berubah. Karena dalam mode ini *feedback* berfungsi maka mode ini dikategorikan dalam sistem *closeloop*.

HASIL DAN ANALISIS

4.1. Hasil Penelitian

Besar tegangan output generator dipengaruhi oleh besar arus eksitasi dan putaran rotor generator. Semakin besar arus eksitasi dan putaran rotor maka semakin besar pula tegangan output generator. Berikut adalah tabel dari hasil pengujian output generator menggunakan frekuensi dan tegangan eksitasi yang berbeda-beda :

Tabel 4.1. Output generator dengan macam frekuensi

No	Frekuensi Inverter (Hz)	Tegangan Eksitasi (Vdc)	Output Generator (Vdc)	Peng-kondisi sinyal (Vdc)
1	0	30	0	0,5
2	5	30	6,3	1
3	10	30	8,2	1,4
4	15	30	12,3	2,1
5	20	30	16,5	2,8
6	25	30	20,7	3,5
7	30	30	24,8	4,2
8	35	30	28,9	4,9
9	40	30	32,9	5,6
10	45	30	37,1	6,3
11	50	30	40,6	6,9

Pada tabel 4.1 menunjukkan hasil pengujian dari output generator menggunakan frekuensi inverter yang berbeda, arus eksitasi sebesar 35mA dan tegangan eksitasi yang sama yang berasal dari power suply 30Vdc. Pengukuran

tegangan output menggunakan watt meter yang sudah terpasang pada papan alat kontrol. Frekuensi inverter disetting mulai dari 0Hz – 50Hz dengan tegangan eksitasi yang tetap sama yaitu sebesar 30Vdc dan menghasilkan tegangan output generator yang berbeda-beda, semakin tinggi frekuensi inverter maka semakin bertambah pula tegangan output generator. Hasil dari output sensor tegangan juga sama yang menunjukkan tren naik.

Tabel 4.2. Output Generator Dengan Variasi Tegangan Eksitasi

No	Frekuensi Inverter (Hz)	Arus Eksitasi (mA)	Tegangan Eksitasi (Vdc)	Output Generator (Vdc)
1	50	35	0	0
2	50	35	5	8,25
3	50	35	10	15
4	50	35	15	21,8
5	50	35	20	28,6
6	50	35	25	34,8
7	50	35	30	40,5

Pada tabel 4.2 menunjukkan hasil pengujian dari output generator menggunakan frekuensi inverter yang selalu sama yaitu sebesar 50Hz, arus input eksitasi generator sebesar 35mA dan tegangan eksitasi yang berbeda mulai dari 0-30Vdc. Dari hasil pengujian mendapatkan output generator yang berbeda-beda, semakin tinggi tegangan eksitasi maka semakin bertambah pula output tegangan generator.

4.1. Sistem Openloop

Berikut adalah tabel pengujian alat kontrol menggunakan mode manual, dimana output dari sensor tegangan tidak digunakan sebagai feedback, sehingga ketika output generator diberi beban kemudian terjadi drop tegangan maka frekuensi inverter tetap stabil dan putaran motor induksi tidak bertambah. Dalam pengujian generator beban yang digunakan adalah heater dengan daya 1000 watt sebanyak 5 buah.

Tabel 4.3. Pengujian Mode Manual

No	Set Value (Vdc)	Beban		Output Generator (Vdc)	Drop (Vdc)
		(Watt)	(A)		
1	20	1000	0,26	15,8	4,2
2		2000	0,46	14	6
3		3000	0,62	12,6	7,4
4		4000	0,75	11,5	8,5
5		5000	0,84	10,7	9,3
6	30	1000	0,42	24,7	5,3
7		2000	0,73	22	8
8		3000	0,99	20	10
9		4000	1,2	18,4	11,6
10		5000	1,35	17,1	12,6
11	40	1000	0,58	34,1	5,9
12		2000	1,02	30,7	9,3
13		3000	1,38	28	12
14		4000	1,68	25,8	14,2
15		5000	1,91	24	16

Pada tabel 4.3. menunjukkan hasil dari pengujian alat tanpa mengaktifkan mode auto. Dalam tabel ini data diambil sebanyak 15 kali dengan setingan output (*Set Value*) generator dari tegangan 20 Vdc – 40 Vdc. Pada pengujian pertama output generator disetting di tegangan 20 Vdc yaitu dengan menaikkan frekuensi inverter secara manual dengan menekan tombol *speed up*, pada set value ini frekuensi inverter mencapai 24,7 Hz. Setelah tegangan output generator di Watt Meter tercapai 20Vdc kemudian diberi beban heater 1 buah dengan daya 1000 watt. Setelah beban heater terhubung maka tegangan output generator akan turun menjadi 15,8Vdc dan arus beban termonitor di watt meter sebesar 0,26 A serta dayanya termonitor 4,1 watt. Pada pengujian ini drop tegangan generator mencapai 4,2 Vdc yaitu hasil dari pengurangan Set Value dikurangi output tegangan generator setelah diberi beban heater.

Di pengujian kedua sampai kelima belas pada tabel 4.3 menunjukkan variasi Set Value dengan menggunakan beban 1000-5000 watt, dimana terdapat drop tegangan pada output, arus beban dan daya yang berbeda – beda. Pada pengujian kelima dengan set value 20 V dan beban 5000 watt terjadi drop pada tegangan output sebesar 9,3 V, pada pengujian kesepuluh terjadi drop tegangan sebesar 12,6 V, kemudian di pengujian kelimabelas terdapat drop tegangan sebesar 16 V. Jika kita lihat pada pengujian pertama sampai ketiga

menggunakan output tegangan yang berbeda dengan arus beban yang sama maka dapat diambil kesimpulan semakin besar beban maka semakin besar pula drop pada tegangan output.

4.2. Sistem Closesloop

Berikut adalah tabel pengujian alat kontrol menggunakan mode otomatis,

Tabel 4.4. Pengujian Mode Auto

No	Set Value (Vdc)	Beban (Watt)	Output Generator (Vdc)	Drop (Vdc)	Arus Beban (A)	Frekuensi Inverter (Hz)
1	20	1000	19-19,5	0,5-1	0,3-0,31	28-29,5
2		2000	19,1-19,4	0,6-0,9	0,64-0,65	31,8-32,6
3		3000	19,2-19,5	0,5-0,8	0,95-0,96	34,2-35,8
4		4000	19,5-19,6	0,4-0,5	1,27-1,28	37,8-38,4
5		5000	19,5-19,6	0,4-0,5	1,53-1,54	40-40,9
6	30	1000	29,1-29,3	0,7-0,9	0,48-0,49	41,8-42,5
7		2000	29,4-29,5	0,5-0,6	0,98	46,2-46,7
8		3000	28,6	1,4	1,43	50
9		4000	26,5	3,5	1,7	50
10		5000	24,5	5,4	1,9	50

Pada tabel 4.4 di pengujian pertama menunjukkan perubahan frekuensi inverter dikarenakan generator yang terbebani oleh heater 1000 watt. Ketika output generator disetting di tegangan 20 Vdc tanpa diberi beban frekuensi inverter mencapai 24,7 Hz, kemudian setelah diberi beban heater 1000 watt frekuensi inverter berubah menjadi 28 Hz – 29,5 Hz, jadi ada penambahan frekuensi 3,3 Hz – 4,8 Hz. Sebelum mode auto diaktifkan tegangan output generator turun dari 20 Vdc menjadi 15,8 V Dc, ada penurunan tegangan sebesar 4,2 Vdc. Setelah mode auto diaktifkan dengan menekan tombol auto, kemudian PLC akan memberikan "perintah" kepada inverter untuk menambah frekuensi sampai tegangan output generator sama dengan *set value* yang telah disetting sebelumnya.

Pada tabel 4.4 di pengujian pertama menggunakan mode auto terdapat selisih (error) sebesar 0,5 V – 1 V yaitu hasil pengurangan dari set value dengan output generator setelah terbebani, hal ini disebabkan karena sistem yang belum sempurna jadi perlu penelitian lebih lanjut agar output generator sama dengan set value. Pada pengujian keenam terdapat error mode auto sebesar 1,4 V, hal ini

dimana mode ini menggunakan sistem closesloop dengan memfungsikan sensor tegangan sebagai feedback. Dengan berfungsinya mode auto, ketika arus beban bertambah maka frekuensi inverter akan bertambah dan putaran motor penggerak generator akan bertambah pula, sehingga tegangan output generator akan tetap stabil.

dikarenakan frekuensi inverter yang telah mencapai batas maksimal yaitu sebesar 50 Hz tapi output tegangan generator belum mencapai set value. Hal ini terjadi juga di pengujian kedelapan dan kesepuluh dimana terjadi error yang lebih besar lagi.

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian diatas, maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain :

1. Ketika generator diberi beban maka tegangan output generator akan turun, semakin besar beban yang diberikan maka semakin besar pula penurunan tegangan.
2. Dengan set value dan beban yang sama terdapat perbedaan output tegangan generator ketika alat kontrol menggunakan sistem openloop dan sistem closesloop.
3. Ketika menggunakan sistem closesloop kemudian generator diberi beban maka akan terjadi koreksi oleh PLC, kemudian akan memerintahkan inverter untuk menambah kecepatan putar penggerak generator sehingga output tegangan generator akan naik mencapai set value

- dan tetap stabil.
4. Dilihat dari beberapa kali pengujian menggunakan mode auto (*close loop*) maka didapatkan hasil maksimal pengaturan output generator dengan drop tegangan sebesar 0,4V-0,5V dengan demikian ketidakstabilan tegangan hanya sebesar 0,1 V.
 5. Dari hasil ujicoba alat kontrol didapatkan hasil yaitu dengan beban yang sama ketika tegangan output generator diturunkan maka arus beban semakin bertambah, hal ini sesuai dengan rumus yang ada yaitu :
Daya (P) = Tegangan (V) . Arus (I)

5.2. Saran

Berdasarkan dari hasil pengujian alat yang diperoleh, maka dapat disimpulkan bahwa alat ini masih belum sempurna karena masih terdapat error meski hanya kecil yaitu selisih antara set value dengan output generator ketika diberi beban menggunakan sistem close loop. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan penelitian lebih lanjut, antara lain dengan mempelajari kinerja dan karakteristik dari masing – masing alat yang digunakan. Setelah karakteristik tiap alat diketahui dan diadakan analisa lebih dalam, selanjutnya perlu dibuat rekayasa dipemrograman PLC untuk mengontrol kinerja dari masing-masing alat sehingga tidak terjadi error dan tegangan output generator bisa lebih stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- Buban and Schmit, Understanding Electricity and Electronics, McGraw-Hill
- Croft, Carr, Watt, and Summers, American Electricians Handbook, McGraw-Hill
- Gussow, Milton, Schaum's Outline Series, Basic Electricity, McGraw-Hill
- <http://www.riset.unisma.ac.id> (diakses 20 Desember 2019)
- Kidwell, Walter, Electrical Instruments and Measurements, McGraw-Hill
- Lister, Eugene C., Electric Circuits and Machines, 5th Edition, McGraw-Hill
- Nasar and Unnewehr, Electromechanics and Electric Machines, John Wiley and

- Sons
- Petruzella, Frank. 1996. *Elektronik Industri*. Yogyakarta: Andi
- Rijono, Yon. 1997. *Dasar Teknik Tenaga Listrik*. Jakarta: Andi
- Stolk, Jac, Kros, C. 1986. *Elemen Mesin*. Hendarsin, Rachman, Abdul. Jakarta Pusat: Erlangga