

STUDI HASIL PENGUKURAN PENGARUH PEMBEBANAN MESIN GENSET MWM TCG2020V16 TERHADAP KESTABILAN ENGINE

Imelda U.V. Simanjuntak¹, Ryka Dian Pertiwi²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Mercu Buana Jakarta

e-mail: Email: ¹imelda.simanjuntak0110@gmail.com, ²rykadp19@gmail.com

ABSTRAK

Definisi untuk elemen pengendali actuator adalah suatu transducer yang berfungsi menterjemahkan sinyal pengendali. Actuator pada genset berfungsi untuk menggerakkan throttle, dimana throttle ini sebagai pengatur jumlah bahan bakar yang masuk ke ruang bakar. Pada saat engine start, throttle berada di posisi terbuka 80% dengan kecepatan putaran engine 100-170 RPM. Ketika engine mulai hidup, putaran engine perlahan naik menuju 1500RPM (set point). Analisa ini diharapkan mendapat hasil yang akurat mengenai efektifitas penggunaan actuator terhadap kinerja throttle berdasarkan speed sensor, tegangan pada aktuator, dan efisiensi elektrik. Penelitian yang dilakukan yaitu dengan setting beban dari 30%, 50%, dan 75% agar dapat mengetahui apakah putaran engine tetap stabil pada 1500 RPM. Hasil yang didapat yaitu pada Load 30% Pout sebesar 391kW, Efisiensi Elektrikal 20,2%, Putaran Engine 1500RPM, Tegangan actuator 1,80V, dan Volume gas 1930 m³/min. Pada Load 50% didapat hasil Pout 650kW, Efisiensi elektrik 32,3%, Putaran Engine 1500 RPM, Tegangan actuator 2,1V, dan Volume gas 2010 m³/min. Pada Load 75% didapat hasil Pout 975kW, Efisiensi elektrik 34,2%, Putaran Engine 1500 RPM, Tegangan actuator 2,4V, dan Volume gas 2843 m³/min. Setelah melakukan pengujian maka didapat hasil yang berbanding lurus antara tegangan actuator dan daya output itulah yang dilakukan engine agar putarannya tetap stabil.

Kata Kunci : Aktuator, Throttle, Efisiensi Elektrikal

ABSTRACT

The definition for actuator control element is a transducer that translates the control signal. Actuator on generator function to drive throttle, where this throttle as regulator of amount of fuel coming into combustion chamber. At the engine start, the throttle is in open position 80% with engine speed of 100-170 RPM. When the engine starts to life, the engine speed slowly rises to 1500RPM (set point). This analysis is expected to get accurate results on the effectiveness of actuator usage on throttle performance based on sensor speed, voltage on the actuator and the electrical efficiency. The research is done by setting the load from 30%, 50%, and 75% in order to know whether the engine rotation is stable at 1500RPM. The results obtained are 30% load, Pout of 391kW, 20.2% electrical efficiency, engine 1500 RPM, 1.80V actuator voltage and gas volume 1930 m³/min. At load 50% results obtained Pout 650kW and actuator voltage 2.1 V. At load 75% obtained Pout 975kW and actuator voltage 2.4V. After doing the test then got results that are directly proportional between the actuator voltage and output power is what the engine to do the rotation remains stable.

Keyword : *Actuator, Throttle, efficiency electrical*

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Aktuator adalah suatu transducer yang berfungsi menterjemahkan sinyal pengendali dalam satuan level/energi/daya dan sebagainya dari sinyal pneumatik ke dalam aksi mekanik atau tindakan koreksi pengaturan variabel termanipulasi dalam suatu proses.

Semakin besar beban daya listrik yang ditanggung generator, akan mengakibatkan tenaga yang dibutuhkan mesin untuk memutar semakin besar, dan dapat mengakibatkan putaran mesin menjadi berkurang. Oleh karena itu, mesin membutuhkan suplai bahan bakar yang lebih besar agar dapat menggerakkan generator dengan putaran yang stabil pada 1500 rpm.

Actuator pada genset berfungsi untuk menggerakkan *throttle*, dimana *throttle* ini sebagai pengatur jumlah bahan bakar yang masuk ke ruang bakar. Pada saat *engine* start, *throttle* berada di posisi terbuka 80% dengan kecepatan putaran *engine* 100-170RPM. Ketika *engine* mulai hidup, putaran *engine* perlahan naik menuju 1500RPM (*set point*). Lalu *throttle* tertutup hingga 90%.

Ketika beban disetting 30%, 50%, atau 75%, maka kecepatan putaran otomatis akan turun atau naik, lalu *speed sensor* mendeteksi perubahan kecepatan putaran *engine*. Dengan referensi dari *speed sensor*. Analog Input bertugas untuk memberi perintah kepada *actuator* untuk membuka *throttle* dan mengontrol jumlah bahan bakar yang masuk. Sehingga kecepatan putaran *engine* stabil pada *set point* yaitu 1500 RPM.

B. Rumusan Masalah

Masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana cara kerja actuator pada genset TCG2020V16 berdasarkan parameter daya output, efisiensi elektrikal, putaran engine, tegangan pada aktuator, dan Volume gas pada load 30%,50%, dan 75%?
2. Pada load berapa actuator bekerja lebih efisien?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai adalah bagaimana sistem kerja aktuator agar mendapatkan set point yang stabil sehingga engine bekerja dengan performance yang baik.

D. Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian adalah Sistem kerja aktuator pada genset MWM TCG2020V16 berdasarkan daya output, efisiensi elektrikal, putaran engine, tegangan pada aktuator, dan Volume gas antara load 30%, 50%, dan 75%.

KAJIAN PUSTAKA

Ada 3 jurnal pendukung yang bisa di jadikan referensi untuk penelitian kestabilan engine pada genset.

E. Jurnal 1 “Pengendalian Beban Generator Secara Otomatis Dengan Algoritma PID Pada PLTMH Berbasis PLC”

Pusat Listrik Tenaga Mikro-hydro (PLTMh) adalah pusat yang memanfaatkan aliran air untuk menghasilkan tenaga listrik. Dalam menstabilkan aliran listrik yang dihasilkan oleh generator, perlu dilakukan sebuah pengontrolan penggunaan beban pada generator. PLTMh yang ada pada saat ini hanya

menggunakan pengontrolan dengan perangkat elektronis yang memiliki beberapa kelemahan antara lain : kestabilannya yang masih kurang baik dan harus dilakukannya pemantauan pada PLTMh secara langsung dan terus menerus, sehingga akan membutuhkan biaya dan tenaga yang sangat banyak.

Dengan adanya kelemahan tersebut maka dilakukan pengontrolan pada PLTMh secara otomatis dengan kestabilan yang bagus. Pengontrolan ini menggunakan *Programmable Logic controller (PLC)* twido TWDLMDA 20 DRT dengan menggunakan algoritma *Proportional Integral Derivative (PID)*, maka pengontrolan yang dihasilkan sangatlah cepat dan stabil, walaupun sering terjadi perubahan pada beban.

Sistem ini juga menyediakan port modbus sehingga memungkinkan dapat terhubung dengan jaringan *Supervisory control and Data Acquisition (SCADA)* sehingga bisa melakukan pengontrolan dan pemantauan PLTMh dari jarak jauh^[7].

F. Jurnal 2 “Analisa Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Karakteristik Genertor Sinkron (Aplikasi Pltg Pauh Limo Padang)”

Generator adalah salah satu jenis mesin listrik yang digunakan sebagai alat pembangkit energi listrik dengan cara menkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik. Pada generator, energi mekanik didapat dari penggerak mula yang bisa berupa mesin diesel, turbin, baling-baling dan lain-lain. Pada pembangkit-pembangkit besar, salah satu alat konversi yang sering digunakan yaitu generator sinkron 3phase. Generator sinkron yang ditinjau adalah generator sinkron 37 MVA, 10.5 kV, hubungan Y pada PLTG Pauh Limo. Pengoperasian generator dituntut suatu kestabilan agar kinerja generator menjadi optimal.

Kestabilan generator dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu beban, arus eksitasi, faktor daya, jumlah putaran generator, dan lain sebagainya. Perubahan besar tegangan terminal akibat dihubungkan ke beban akan menyebabkan ketidakstabilan generator. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji dan melihat kinerja generator sinkron tiga fasa terhadap perubahan beban daya aktif.

Dari hasil analisa diperoleh bahwa semakin bertambahnya beban maka GGL induksi juga akan naik dan arus medan juga naik dimana GGL induksi yang di dapat pada saat beban puncak dari factor daya lagging adalah 6397.211 V dan arus medan 304.629 A, GGL induksi pada factor daya leading adalah 6043.474 V dan arus medan 287.784 A^[8].

G. Jurnal 3 “Optimalisasi Penggunaan Bahan Bakar Pada Generator Set Dengan Menggunakan Proses Elektrolisis”

Generator Set atau Genset adalah sebuah perangkat yang berfungsi menghasilkan daya listrik. Disebut generator set adalah satu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu engine dan generator atau alternator. Engine biasanya mesin diesel sebagai perangkat pemutar sedangkan generator atau alternator sebagai perangkat pembangkit listrik.

Masalah yang sering ditemukan dalam penggunaan listrik cadangan (Genset) yaitu pemakaian bahan bakar yang boros dan tidak efisien. Karena pada zaman sekarang ini bahan bakar minyak sedang dalam masa-masa sulit sehingga harganya pun ikut naik. Berkaitan dengan hal tersebut, maka diperlukan suatu peralatan listrik cadangan (genset) yang irit bahan bakar untuk mendapat menyelesaikan persoalan diatas. Maka disusunlah karya

tulis ilmiah dengan judul Optimalisasi Penggunaan Bahan Bakar Pada Generator Set Dengan Proses Elektrolisis.

Proses elektrolisis pada Genset bermula dari bahan bakar masuk melalui karburator dan manifold pada genset yang diinjeksi dengan hidrogen dari hasil pemanasan Electrolizer HHO pada plat stainless steel yang diberi tegangan 12 VDC dengan arus ± 6 ADC. Alat electrolizer HHO bertugas mempercepat penguraian Air yang sudah dicampurkan dengan natrium bikarbonat menjadi gas hidrogen dan oksigen. Tabung berfungsi menampung pemisahan gas hidrogen dan oksigen yang berupa air dengan gravitasi oksigen dibawah hidrogen. Setelah disaring gas hidrogen diinjeksi ke dalam manifold mesin melalui selang vakum. Ketika gas hidrogen masuk pada generator set, akan terdengar perbedaan kerja mesin generator set menjadi lebih baik. Ketika diuji terdapat perbedaan konsumsi bahan bakar antara sebelum menggunakan dan setelah menggunakan proses elektrolisis^[9].

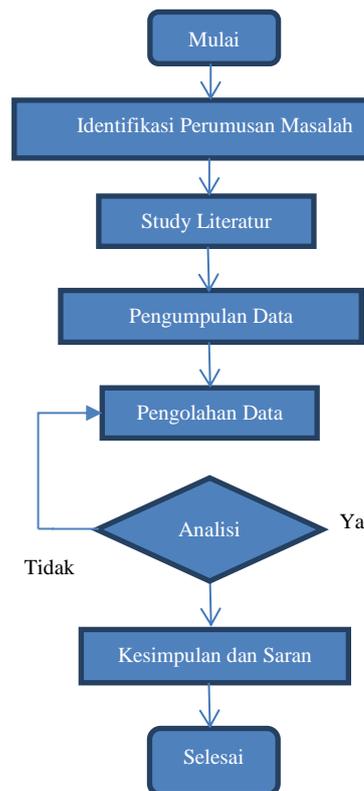
Berdasarkan 3 jurnal pendukung diatas, penelitian ini dilakukan untuk mencari kestabilan engine set point 1500 rpm pada genset MWM TCG2020V16 dengan parameter daya output, efisiensi elektrik, putaran engine, tegangan pada aktuator, dan Volume gas pada load 30%,50%, dan 75%.

Hasil yang didapat yaitu pada Load 30% Pout sebesar 391kW, Efisiensi Elektrikal 20,2%,Putaran Engine 1500RPM, Tegangan aktuator 1,80V, dan Volume gas 1930 m³/min. Pada Load 50% didapat hasil Pout 650kW, Efisiensi elektrik 32,3%, Putaran Engine 1500 RPM, Tegangan aktuator 2,1V, dan Volume gas 2010 m³/min. Pada Load 75% didapat hasil Pout 975kW, Efisiensi elektrik 34,2%, Putaran Engine 1500 RPM, Tegangan aktuator 2,4V, dan

Volume gas 2843 m³/min. Setelah melakukan pengujian maka didapat hasil yang berbanding lurus antara tegangan aktuator dan daya output itulah yang dilakukan engine agar putarannya tetap stabil.

METODOLOGI PENELITIAN

H. Design Penelitian



Gambar 1. Flowchart Alur Penelitian

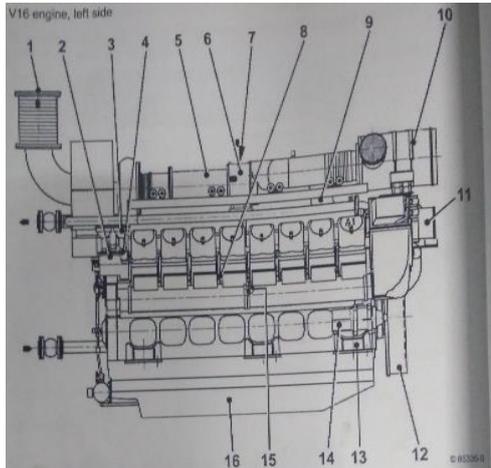
I. Variabel Penelitian

I.1 Genset MWM TCG2020V16

Produk MWM terdiri dari mesin gas dan genset dalam kisaran output dari 400 kWel menjadi 4.500 kWel. Dengan cara ini, dimungkinkan untuk memasang pembangkit listrik dengan output hingga 100.000 kWel dan masih banyak lagi. Mesin gas bisa dioperasikan dengan berbagai jenis gas, seperti gas alam, shale gas, gas tambang, biogas, gas landfill, gas buang, dan syngas.

Genset ini dirancang untuk efisiensi listrik dan termal maksimum. MWM

menyediakan mesin gas dan generator listrik untuk berbagai tipe gas yang digunakan dalam berbagai aplikasi seperti gabungan pembangkit listrik. Untuk pembangkit listrik terdistribusi, MWM mencakup kisaran output antara 300 kWel dan 100 MWel^[1].



Gambar 2. Engine TCG2020V16 sisi samping^[2].

(sumber : PT.Primarajuli Sukses 2013:7)

I.2 Aktuator

Aktuator diaktifkan dengan menggunakan lengan mekanis yang biasanya digerakkan oleh motor listrik, yang dikendalikan oleh media pengontrol otomatis yang terprogram di antaranya mikrokontroler^[3].

Fungsi aktuator adalah sebagai berikut:

1. Penghasil gerakan
2. Gerakan rotasi dan translasi
3. Mayoritas aktuator > motor based
4. Aktuator dalam simulasi cenderung dibuat linier
5. Aktuator riil cenderung non-linier^[2].

I.2.1 Throttle

Throttle adalah bagian dari mesin injeksi yang mengatur masuknya udara ke mesin pembakaran. Fungsi Throttle Position Sensor (TPS) atau Sensor Posisi Throttle adalah sensor yang digunakan untuk memantau posisi throttle apakah

terbuka sebagian, terbuka penuh atau tertutup.

Pada saat engine start, throttle berada di posisi terbuka 80% dengan kecepatan putaran engine 100-170RPM. Ketika engine mulai hidup, putaran engine perlahan naik menuju 1500RPM (set point). Lalu throttle tertutup hingga 90%^[6].

Tabel 1. Referensi Nilai Throttle^[3].

No	Load (%)	Nilai Referensi Throttle
1	0%	15%
2	75%	80%

(sumber : MWM 2013:25)

I.2.2 Efisiensi daya elektrikal

Efisiensi suatu entitas (perangkat, komponen, atau sistem) dalam elektronika dan teknik elektro didefinisikan sebagai output daya yang berguna dibagi dengan total daya listrik yang dikonsumsi. Istilah "efisiensi" hanya mengacu pada efek yang diinginkan. Daya Maksimal pada Genset TCG2020V16 adalah pada saat 75%, maka akan terlihat bahwa engine mencapai nilai efisiensinya. Berikut adalah rumus efisiensi daya elektrikal pada mesin genset:

$$\eta_{eff} = \frac{P_{max}}{V_{gas}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

- η_{eff} = Efisiensi elektrikal
- P_{max} = Power output max (KWh)
- V_{gas} = Volume gas (m³/menit)

I.2.3 Sensor kecepatan

Sensor kecepatan mengendalikan performa mesin dengan mengatur posisi katup throttle. Selama sensor kecepatan bekerja, kecepatan sebenarnya diambil dari oleh sensor pulsa magnetik (pick up). Sinyal pick up ditransfer ke sistem TEM dan dibandingkan dengan kecepatan referensi. Jika terjadi penyimpangan, aktuator dikendalikan oleh sistem TEM.

aktuator terhubung dengan katup throttle dan bisa disesuaikan.

$$n_s = \frac{120 \cdot F}{P} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

n_s = Kecepatan sinkron motor (rpm)

F = Frekuensi (Hz)

P = Jumlah kutub motor

I.2.4 Input

I.2.4.1 Sensor kecepatan

Untuk membaca putaran (RPM) engine dimana set pointnya adalah 1500 RPM.

I.2.4.2 Natural Gas

Mesin MWM TCG2020V16 menggunakan bahan bakar :

1. Natural Gas (CH₄ min.81%) dari mining (pemboran minyak mentah)
2. Biogas (CH₄ min. 60%) dari limbah , kelapa sawit/buah-buahan, kotoran sapi
3. Landfill Gas (CH₄ min. 55%) sampah organik .

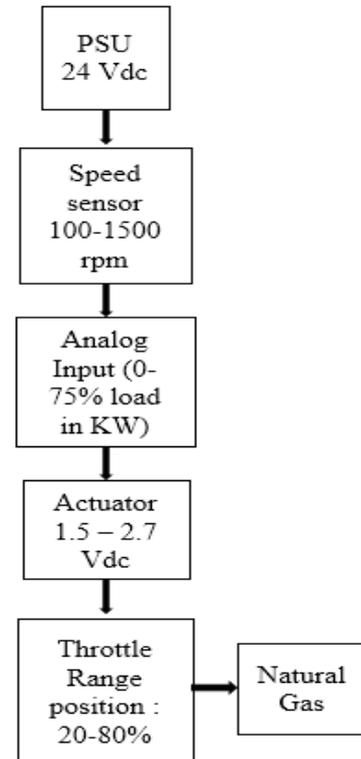
Penelitian ini generator menggunakan bahan bakar Natural Gas

I.2.4.3 Tegangan Actuator

Tegangan yang diberikan oleh analog input actuator untuk menggerakkan *throttle*.

J. Sampel Penelitian

Sampel penelitian ini yaitu: speed sensor, tegangan pada aktuator, efisiensi elektrikal dan daya output. Berikut adalah blok diagramnya.



Gambar 3. Blok diagram sistem kerja aktuator

K. Metode Pengumpulan data

Untuk mendapatkan data valid, penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data eksperimen dengan load 30%,50%, dan 75% terhadap parameter berdasarkan speed sensor, tegangan pada aktuator, efisiensi elektrikal dan daya output.

L. Prosedur Penelitian

Prosedur dalam eksperimen ini meliputi beberapa tahap, yaitu:

1. Tahap persiapan
Mempersiapkan semua alat-alat pendukung eksperimen.
2. Tahap pelaksanaan
Melaksanakan kegiatan sesuai dengan design penelitian
3. Tahap Uji Coba
Melaksanakan uji coba.
4. Analisa Data

Menganalisa data variabel menggunakan rumus perhitungan matematis.

PENGUJIAN ALAT DAN ANALISA M. Pengujian Throttle Position dan Efisiensi Elektrikal pada Set Point 1500 rpm dengan load 30%

Pada tahap pengujian ini dilakukan 3 kali pengujian dengan load 30%, dan hasil yang muncul pada layar pengukuran tampak pada tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Pengujian Load 30%

	P.1	P.2	P.3
VActuator (V)	1,83	1,83	1,80
Throttle Position (%)	40	38	45
Vout (V)	400	398	400
Pout (kW)	391	390	392
Iout (A)	706.1	704.4	708
Volume Gas m³/min	1925	1927	1930
Putaran Engine (RPM)	1501	1501	1500
Frekuensi (Hz)	50.1	50	50.2
Elektrikal Efisiensi (%)	21	20,3	20,2

Ket:

- P.1** = Pengujian 1
- P.2** = Pengujian 2
- P.3** = Pengujian 3

Pengujian 1 didapatkan $V_{actuator}$ 1.83 V sehingga posisi bukaan throttle sebesar 40%. Tegangan output yang didapat yaitu 400Volt , Daya output 391 kW dan Volume Gas didapatkan 1925 m³/min.

Pengujian 2 didapatkan $V_{actuator}$ 1.83 V sehingga posisi bukaan throttle sebesar 38%. Tegangan output yang didapat yaitu 398 Volt , Daya output 390 kW dan Volume Gas didapatkan 1927 m³/min.

Pengujian 3 didapatkan $V_{actuator}$ 1.80 V sehingga posisi bukaan throttle sebesar 45%. Tegangan output yang didapat yaitu 400 Volt , Daya output 392 kW dan Volume Gas didapatkan 1930 m³/min

Dari tiga kali pengujian diatas hasilnya memenuhi Nilai Referensi Throttle diatas 15%. Tetapi nilai efisiensi elektrikal rata-rata sebesar 20% untuk stabil pada set point 1500 rpm.

N. Pengujian Throttle Position dan Efisiensi Elektrikal pada Set Point 1500 rpm dengan load 50%

Pada tahap pengujian ini dilakukan 3 kali pengujian dengan load 50%, dan hasil yang muncul pada layar pengukuran tampak pada tabel 3 berikut ini :

Tabel 3. Pengujian Load 50%

	P. 1	P. 2	P. 3
VActuator (V)	2.10	2.17	2.2
Throttle Position (%)	52	53	50.7
Vout (V)	399	398	400
Pout (kW)	650	650	653
Iout (A)	1174	1173.4	1174
Volume Gas m³/min	2003	2010	2009
Putaran Engine (RPM)	1501	1498	1500
Frekuensi (Hz)	49.9	50.1	49.9
Elektrikal Efisiensi (%)	32,3	32,4	32,4

Ket:

- P.1** = Pengujian 1
- P.2** = Pengujian 2
- P.3** = Pengujian 3

Pengujian 1 didapatkan V_{actuator} 2.10V sehingga posisi bukaan throttle sebesar 52%. Tegangan output yang didapat yaitu 399 Volt, Daya output 650 kW dan Volume Gas didapatkan 2003 m^3/min .

Pengujian 2 didapatkan V_{actuator} 2.17 V sehingga posisi bukaan throttle sebesar 53%. Tegangan output yang didapat yaitu 398 Volt, Daya output 650 kW dan Volume Gas didapatkan 2010 m^3/min .

Pengujian 3 didapatkan V_{actuator} 2.2 V sehingga posisi bukaan throttle sebesar 50.7%. Tegangan output yang didapat yaitu 400 Volt, Daya output 653 kW dan Volume Gas didapatkan 2009 m^3/min .

Dari tiga kali pengujian diatas, position Throttle nya semakin naik diatas 15%. Yaitu dengan rata-rata diatas 50% Dan nilai efisiensi elektrikal rata-rata sebesar diatas 32 % untuk stabil pada set point 1500 rpm.

O. Pengujian Throttle Position dan Efisiensi Elektrikal pada Set Point 1500 rpm dengan load 75%

Tabel 4. Pengujian Load 75%

	P. 1	P. 2	P. 3
VActuator (V)	2.40	2.40	2.41
Throttle Position (%)	55	55.4	55.4
Vout (V)	398	398	400
Pout (kW)	977	975	975
Iout (A)	1763	1761	1760,9
Volume Gas m^3/min	2845	2843	2843
Putaran Engine (RPM)	1501	1500	1500
Frekuensi (Hz)	50.1	49.9	50
Elektrikal Efisiensi (%)	34,3	34,4	34,4

Ket:

P.1 = Pengujian 1

P.2 = Pengujian 2

P.3 = Pengujian 3

Pengujian 1 didapatkan V_{actuator} 2.40V sehingga posisi bukaan throttle sebesar 55%. Tegangan output yang didapat yaitu 398 Volt, Daya output 977 kW dan Volume Gas didapatkan 2845 m^3/min .

Pengujian 2 didapatkan V_{actuator} 2.40 V sehingga posisi bukaan throttle sebesar 55.4%. Tegangan output yang didapat yaitu 398 Volt, Daya output 975 kW dan Volume Gas didapatkan 2843 m^3/min .

Pengujian 3 didapatkan V_{actuator} 2.41 V sehingga posisi bukaan throttle sebesar 55.4%. Tegangan output yang didapat yaitu 400 Volt, Daya output 975 kW dan Volume Gas didapatkan 2843 m^3/min .

Dari tiga kali pengujian diatas, position Throttle nya semakin naik diatas 15%. Yaitu dengan rata-rata diatas 55% Dan nilai efisiensi elektrikal rata-rata sebesar diatas 34 % untuk stabil pada set point 1500 rpm.

P. Perhitungan Manual Pout dan Elektrikal pada Set Point 1500 rpm dengan load 30%

Setelah dilakukan pengujian langsung pada genset, maka selanjutnya adalah tahap perhitungan manual sesuai rumus yang tertera pada teori parameter penelitian.

Pengujian 1, yaitu

$$P = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 706,1 \cdot 0,8$$

$$= 1.73 \cdot 400 \cdot 706,1 \cdot 0,8$$

$$= 390,8 \text{ kW}$$

$$\eta_{\text{eff}} = \frac{390}{1925} \times 100\%$$

$$= 20,2\%$$

$$nS = \frac{120 \cdot 50,1}{4}$$

$$= 1503 \text{ RPM}$$

Pengujian 2, yaitu

$$P = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 704,4 \cdot 0,8$$

$$= 1.73.398.704,4 \cdot 0,8$$

$$= 388 \text{ kW}$$

$$\eta_{eff} = \frac{390}{1927} \times 100\%$$

$$= 20,2\%$$

$$nS = \frac{120 \cdot 50}{4}$$

$$= 1500 \text{ RPM}$$

Pengujian 3, yaitu

$$P = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 708 \cdot 0,8$$

$$= 1.73.398.708 \cdot 0,8$$

$$= 389,9 \text{ kW}$$

$$\eta_{eff} = \frac{390}{1930} \times 100\%$$

$$= 20,2\%$$

$$nS = \frac{120 \cdot 50}{4}$$

$$= 1500 \text{ RPM}$$

Q. Perhitungan Manual Pout dan Elektrikal pada Set Point 1500 rpm dengan load 50%

Setelah dilakukan pengujian langsung pada genset, maka selanjutnya adalah tahap perhitungan manual sesuai rumus yang tertera pada teori parameter penelitian.

Pengujian 1, yaitu

$$P = \sqrt{3} \cdot 399 \cdot 1174 \cdot 0,8$$

$$= 1.73.399.1174 \cdot 0,8$$

$$= 648,3 \text{ kW}$$

$$\eta_{eff} = \frac{650}{2003} \times 100\%$$

$$= 32,4\%$$

$$nS = \frac{120 \cdot 50}{4}$$

$$= 1500 \text{ RPM}$$

Pengujian 2, yaitu

$$P = \sqrt{3} \cdot 398 \cdot 1173,4 \cdot 0,8$$

$$= 1.73.398.1173,4 \cdot 0,8$$

$$= 646,3 \text{ kW}$$

$$\eta_{eff} = \frac{650}{2010} \times 100\%$$

$$= 32,3\%$$

$$nS = \frac{120 \cdot 49,9}{4}$$

$$= 1497 \text{ RPM}$$

Pengujian 3, yaitu

$$P = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1174 \cdot 0,8$$

$$= 1.73.400.1174 \cdot 0,8$$

$$= 649,9 \text{ kW}$$

$$\eta_{eff} = \frac{653}{2009} \times 100\%$$

$$= 32,5\%$$

$$nS = \frac{120 \cdot 49,9}{4}$$

$$= 1497 \text{ RPM}$$

R. Perhitungan Manual Pout dan Elektrikal pada Set Point 1500 rpm dengan load 75%

Setelah dilakukan pengujian langsung pada genset, maka selanjutnya adalah tahap perhitungan manual sesuai rumus yang tertera pada teori parameter penelitian.

Pengujian 1, yaitu

$$P = \sqrt{3} \cdot 398 \cdot 1763 \cdot 0,8$$

$$= 1.73.398.1763 \cdot 0,8$$

$$= 971,1 \text{ kW}$$

$$\eta_{eff} = \frac{977}{2845} \times 100\%$$

$$= 34,3\%$$

$$nS = \frac{120 \cdot 50,1}{4}$$

$$= 1503 \text{ RPM}$$

Pengujian 2, yaitu

$$P = \sqrt{3} \cdot 398 \cdot 1761 \cdot 0,8$$

$$= 1.73.398.1761 \cdot 0,8$$

$$= 970 \text{ kW}$$

$$\eta_{eff} = \frac{975}{2843} \times 100\%$$

$$= 34,2\%$$

$$nS = \frac{120 \cdot 49,9}{4}$$

$$= 1497 \text{ RPM}$$

Pengujian 3, yaitu

$$P = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1760,9 \cdot 0,8$$

$$= 1.73 \cdot 400 \cdot 1760,9 \cdot 0,8$$

$$= 974,8 \text{ kW}$$

$$\eta_{eff} = \frac{975}{2843} \cdot 100\%$$

$$= 34,2\%$$

$$nS = \frac{120 \cdot 50}{4}$$

$$= 1500 \text{ RPM}$$

Hasil perhitungan di atas, maka dapat dirangkum pada Tabel 5. berikut ini :

Tabel 5. Tabel Perhitungan pada Load 30%

		P. 1	P. 2	P. 3
Perhitungan	P Output (kW)	390,8	388	389,9
	Elektrikal Efisiensi (%)	20,2	20,2	20,2
	Putaran Engine (RPM)	1503	1500	1500
Pengujian	P Output (kW)	391	390	392
	Elektrikal Efisiensi (%)	21	20,3	20,2
	Putaran Engine (RPM)	1501	1501	1500

Berdasarkan tabel 5. diatas, terdapat perbandingan hasil antara perhitungan dan hasil pengujian. Didapat tegangan output 390.8,388,dan 389.9 yang mana bisa kita lihat pada bab 3 di tabel referensi 3.1 nilai idealnya adalah 400V.

Elektrikal efisiensi dari perhitungan adalah 20,2% dan nilai referensinya adalah 20,3%. Kecepatan engine didapat 1503 RPM dan 1500 RPM.

Dengan besar nilai eror yang didapat antara hasil perhitungan dan pengujian, adalah :

Nilai eror

$$= \frac{\text{Hasil Pengujian} - \text{Hasil Perhitungan}}{\text{Hasil Pengujian}} \cdot 100\%$$

Nilai eror pengujian 1, yaitu :

$$1. \text{ Pout} = \frac{391 - 390,8}{391} \cdot 100\% = 0,05\%$$

$$2. \text{ Elektrikal Efisiensi} = \frac{21 - 20,2}{21} \cdot 100\% = 0,3\%$$

$$3. \text{ Putaran Engine} = \frac{1501 - 1503}{1501} \cdot 100\% = 0,13\%$$

Nilai eror pengujian 2, yaitu :

$$1. \text{ Pout} = \frac{390 - 388}{390} \cdot 100\% = 0,5\%$$

$$2. \text{ Elektrikal Efisiensi} = \frac{20,3 - 20,2}{20,3} \cdot 100\% = 0,04\%$$

$$3. \text{ Putaran Engine} = \frac{1500 - 1500}{1500} \cdot 100\% = 0\%$$

Nilai eror pengujian 3, yaitu :

$$1. \text{ Pout} = \frac{392 - 389,9}{392} \cdot 100\% = 0,5\%$$

$$2. \text{ Elektrikal Efisiensi} = \frac{20,2 - 20,2}{20,2} \cdot 100\% = 0\%$$

$$3. \text{ Putaran Engine} = \frac{1500 - 1500}{1500} \cdot 100\% = 0\%$$

Perhitungan nilai eror di atas, maka didapatkan hasil yang nilai erornya paling kecil adalah :

$$\text{Pout} = 391 \text{ kW}$$

$$\text{Efisiensi Elektrikal} = 20,2\%$$

$$\text{Putaran Engine} = 1500 \text{ RPM.}$$

Tabel 6. Tabel Perhitungan pada Load 50%

		P. 1	P. 2	P. 3
Perhitungan	P Output (kW)	648,3	646,3	649,9
	Elektrikal Efisiensi (%)	32,4	32,3	32,5

	Putaran Engine (RPM)	32,4	1497	1497
Pengujian	P Output (kW)	650	650	653
	Elektrikal Efisiensi (%)	32,3	32,4	32,4
	Putaran Engine (RPM)	1500	1500	1500

Berdasarkan tabel 6 . diatas, terdapat perbandingan hasil antara perhitungan dan hasil pengujian. Didapat 3egangan output 748.2,749.1,dan 753.44 yang mana bisa kita lihat pada bab 3 di tabel referensi 3.1 nilai idealnya adalah 750V.

Elektrikal efisiensi dari perhitungan adalah 32.4%, 32.3%, dan 32.5% dan nilai referensinya adalah 32.4%. Kecepatan engine didapat 150 RPM dan 1497 RPM.

Berikut adalah nilai eror yang didapat antara hasil perhitungan dan pengujian :

Nilai eror

$$= \frac{\text{Hasil Pengujian} - \text{Hasil Perhitungan}}{\text{Hasil Pengujian}} \times 100\%$$

Nilai eror pengujian 1, yaitu :

1. Pout = $\frac{650 - 648,3}{650} \times 100\%$
=0,2%
2. Elektrikal Efisiensi = $\frac{32,4 - 32,3}{32,4} \times 100\%$
=0,3%
3. Putaran Engine = $\frac{1500 - 1500}{1500} \times 100\%$
=0%

Nilai eror pengujian 2, yaitu :

1. Pout = $\frac{650 - 646,3}{650} \times 100\%$
=0,5%

2. Elektrikal Efisiensi = $\frac{32,4 - 32,3}{32,4} \times 100\%$
=0.3%
3. Putaran Engine = $\frac{1501 - 1497}{1501} \times 100\%$
=0,2%

Nilai eror pengujian 3, yaitu :

1. Pout = $\frac{653 - 649,9}{653} \times 100\%$
=0,4%
2. Elektrikal Efisiensi = $\frac{32,4 - 32,5}{32,4} \times 100\%$
=0,3%
3. Putaran Engine = $\frac{1500 - 1497}{1500} \times 100\%$
=0,2%

Berdasarkan perhitungan nilai eror di atas, maka didapatkan hasil yang nilai erornya paling kecil dan yang paling mendekati nilai referensi adalah :

- Pout = 650 kW
 Efisiensi Elektrikal = 32,3%
 Putaran Engine = 1500 RPM.

Tabel 7. Tabel Perhitungan pada Load 75%

		P. 1	P. 2	P. 3
Perhitungan	P Output (kW)	971,1	970	974,8
	Elektrikal Efisiensi (%)	34,3	34,2	34,2
	Putaran Engine (RPM)	1503	1497	1500
Pengujian	P Output (kW)	977	975	975
	Elektrikal Efisiensi (%)	34,3	34,4	34,4
	Putaran Engine (RPM)	1501	1500	1500

Berdasarkan tabel 7. diatas, terdapat perbandingan hasil antara perhitungan dan hasil pengujian. Didapat

tegangan output 971.1, 970, dan 974.8 yang mana bisa kita lihat pada bab 3 di tabel referensi 3.1 nilai idealnya adalah 975V.

Elektrikal efisiensi dari perhitungan adalah 34,3%, dan 34,2%, nilai referensinya adalah 34,4%. Kecepatan engine didapat 1503 RPM, 1497 RPM, dan 1500 RPM.

Berikut adalah nilai eror yang didapat antara hasil perhitungan dan pengujian :

$$\text{Nilai eror} = \frac{\text{Hasil Pengujian} - \text{Hasil Perhitungan}}{\text{Hasil Pengujian}} \times 100\%$$

Nilai eror pengujian 1, yaitu :

$$1. \text{ Pout} = \frac{977 - 971.1}{977} \times 100\% = 0.6\%$$

$$2. \text{ Elektrikal Efisien} = \frac{34.3 - 34.3}{34.3} \times 100\% = 0\%$$

$$3. \text{ Putaran Engine} = \frac{1501 - 1503}{1501} \times 100\% = 0.13\%$$

Nilai eror pengujian 2, yaitu :

$$1. \text{ Pout} = \frac{975 - 970}{975} \times 100\% = 0.5\%$$

$$2. \text{ Elektrikal Efisiensi} = \frac{34.4 - 34.2}{34.4} \times 100\% = 0.5\%$$

$$3. \text{ Putaran Engine} = \frac{1501 - 1503}{1501} \times 100\% = 0.13\%$$

Nilai eror pengujian 3, yaitu :

$$1. \text{ Pout} = \frac{975 - 974.8}{975} \times 100\% = 0.2\%$$

$$2. \text{ Elektrikal Efisiensi} = \frac{34.4 - 34.2}{34.2} \times 100\% = 0.5\%$$

$$3. \text{ Putaran Engine} = \frac{1500 - 1500}{1500} \times 100\% = 0\%$$

Berdasarkan perhitungan nilai eror di atas, maka didapatkan hasil yang nilai erornya paling kecil dan paling mendekati nilai referensi adalah :

Pout = 975 kW

Efisiensi Elektrikal = 34,3%

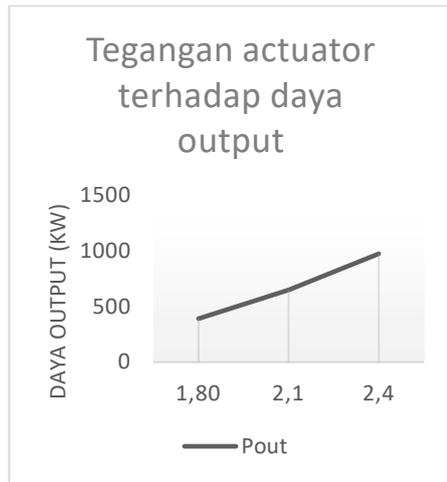
Putaran Engine = 1500 RPM.

Dari perhitungan nilai eror di atas, maka dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 8. Tabel hasil data pada masing-masing load (30%, 50%, 75%)

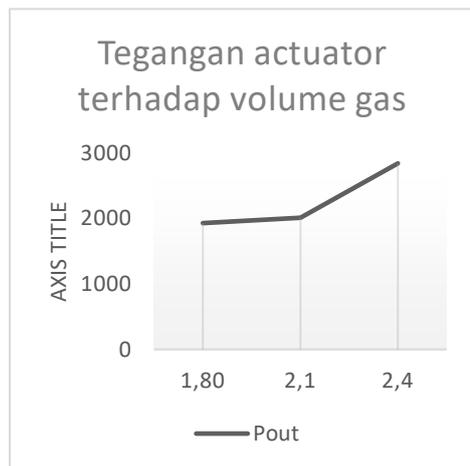
	L.30%	L.50%	L.75%
P Output (kW)	391	650	975
Elektrikal Efisiensi (%)	20,2	32,3	34,3
Putaran Engine (RPM)	1500	1500	1500
Vacuator (V)	1,80	2,1	2,4
Volume Gas (m³/min)	1930	2010	2843

Tabel 8 dapat digambarkan dengan kurva grafik sebagai berikut :



Gambar 4. Grafik tegangan actuator terhadap daya output

Pada gambar 4. x merupakan tegangan actuator dan y merupakan daya output generator yang menghasilkan garis linier.



Gambar 5 adalah grafik tegangan actuator terhadap volume gas. Jika speed sensor mendeteksi putaran engine kurang dari set point (1500 RPM) maka analog input mengirim tegangan kepada actuator untuk membuka throttle sehingga bahan bakar pun akan bertambah seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.

Jadi berdasarkan hasil pengujian alat dan perhitungan, untuk mencapai kestabilan 1500 rpm, maka volume gas, dan tegangan aktuator yang diperlukan juga semakin bertambah, sesuai dengan load yang digunakan.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Pada load 30% didapat hasil pout 391kw, efisiensi elektrikal 20,2%, putaran engine 1500rpm, tegangan actuator 1,80v, dan volume gas 1930 m³/min.
2. Pada load 50% didapat hasil pout 650kw, efisiensi elektrikal 32,3%, putaran engine 1500 rpm, tegangan actuator 2,1v, dan volume gas 2010 m³/min.
3. Pada load 75% didapat hasil pout 975kw, efisiensi elektrikal 34,2%, putaran engine 1500 rpm, tegangan actuator 2,4v, dan volume gas 2843 m³/min.
4. Hasil efisiensi elektrikal yang dicapai pada saat 75% adalah 34,2%. terbukti benar ketika engine pada saat load 75%, elektrikal efisiensinya mencapai 34,4 %.

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka ada beberapa saran pengembangan pada sistem kerja aktuator sebagai berikut:

1. Sebaiknya pengujian dilakukan lebih dari 3 kali, dengan variasi load yang lebih banyak.
2. Seharusnya pengujian dilakukan rutin, tetapi karena kendala engine yang sering bermasalah, maka pengujian menunggu engine *troubleshooting* terlebih dahulu, sehingga membutuhkan waktu lebih lama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT Primarajuli Sukses. 2013. "Operation Manual TCG2020K". Germany. MWM.
- [2] PT Primarajuli Sukses. 2013. "Parameter Data Engine TCG2020V16". Germany. MWM.
- [3] MWM., 2013. "Data Engine TCG2020V16". Germany. MWM.
- [4] Tumilaar, Gabriel P. & Fielman Lisi & Marthinus Pakiding . 2015. "Optimalisasi Penggunaan Bahan Bakar Pada Generator Set Dengan Menggunakan Proses Elektrolisis". Jurnal Teknik Elektro dan Komputer Vol 4, No 2.
- [5] Anonim.2016."Inilah Prinsip Kerja Generator AC (Arus Bolak-Balik)".sains jurnal.
(<http://www.sainsjurnal.com/sains/prinsip-kerja-generator-ac/>Diakses 18 Des 2017)
- [6] Kurniawan."Fungsi Throttle Position Sensor (TPS)".
(<http://www.rodadua.web.id/throttle-position-sensor/> Diakses 18 Des 2017)
- [7] Hardiansyah, Firmansyah,E. & Isnaeni,M.2012.Pengendalian Beban Generator Secara Otomatis Dengan Algoritma Pid Pada Pltmh Berbasis Plc.Jurnal Teknolog, Volume 5 Nomor 2, Desember 2012, 114-121. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada,
- [8] Bandri, S.2013Analisa Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Karakteristik Generator Sinkron (Aplikasi PLTG Pauh Limo Padang). Jurnal Teknik Elektro Volume 2, No. 1, Januari 2013. Padang : Institut Teknologi Padang.
- [9] Tumilaar,G.P.,Lsi, F., & Pakiding, M.2015.OptimalisasiPenggunaan Bahan Bakar Pada Generator Set Dengan Menggunakan Proses Elektrolisis.Jurnal Teknik Elektro Volume 4, No. 2, Agustus 2015. Manado : Universitas Sam Ratulangi.