

STUDI SISTEM KONTROL KECEPATAN GENERATOR TURBIN GAS MENGUNAKAN *SPEEDTRONIC MARK II* PADA PT.PEMA GLOBAL ENERGI

Rizki Pramana Putra¹, Aidi Finawan², Jamaluddin³

^{1,2,3} Program Studi Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: rizkypramanaputra70@gmail.com¹, aidifinawan@pnl.ac.id², jamaluddin@pnl.ac.id³.

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji sistem kontrol kecepatan generator turbin gas yang digunakan oleh PT.Pema Global Energi, sistem ini menggunakan *Speedtronic Mark II* sebagai sistem kendalinya. Turbin gas merupakan komponen vital dalam pembangkitan listrik, di mana kontrol kecepatan dan kalibrasi yang tepat sangat penting untuk memastikan efisiensi dan stabilitas operasi. *Speedtronic Mark II* adalah sistem kontrol yang dirancang untuk mengatur dan memantau operasi turbin gas, memberikan kemampuan untuk merespons perubahan beban dan kondisi operasional secara dinamis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan adanya kalibrasi yang tepat maka turbin juga akan berjalan sesuai dengan keinginan, meskipun terdapat beberapa tantangan dalam hal pemeliharaan dan pengoptimalan. Temuan ini diharapkan dapat memberikan wawasan bagi peningkatan sistem kontrol turbin gas dan kontribusi terhadap pengembangan teknologi pembangkitan listrik yang lebih efisien dan andal.

Kata kunci: Turbin Gas, Speedtronic, Kecepatan, Kontrol

I. PENDAHULUAN

PT.Pema Global Energi memiliki 2 unit GTG sebagai pembangkit listrik. Gas Turbine Generator (GTG) di PT.Pema Global Energi merupakan salah satu unit pembangkit listrik yang dimanfaatkan untuk menyuplai tenaga listrik dengan kapasitas daya 10,4 MW dan tegangan 11 KV / 50 Hz.

Turbin gas adalah bagian dari unit GTG yang memanfaatkan gas sebagai fluida untuk memutar turbin dengan pembakaran internal sehingga dapat memutar generator kemudian mampu menghasilkan tenaga listrik. Turbin gas tersusun atas beberapa komponen - komponen utama seperti *air inlet section, compressor section, combustion section, turbine section, dan exhaust section*. Tingkat keandalan komponen-komponen pada turbin gas harus dijamin karena turbin gas merupakan sumber utama energi listrik di Point A pada PT.Pema Global Energi.

Turbin gas General Electric Power Gas Turbine di PT.Pema Global Energi menjadi fokus penelitian dalam rangka mengeksplorasi sistem kontrol, khususnya pada fase *Full Speed No Load* (FSNL) yang mana pada fase ini turbin sudah diambil alih oleh *Speed kontrol*. Turbin memiliki beberapa sistem kontrol diantaranya adalah kontrol *Speed*, yang sangat berpengaruh besar dalam menjaga dan mengontrol kecepatan pada saat gas turbin beroperasi. Kontrol *Speed* sendiri menggunakan *Card SSZB dan SLPA* atau *Speed Control Card*. Didalam operasi gas turbin terdapat beberapa *Speed Relay* yang digunakan sebagai indikator untuk mengetahui pembagian kecepatan yang dimulai dari *zero speed* dan *operating speed*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

“Sistem Kontrol *Speedtronic Mark V* Sebagai Pengendali Kecepatan Pada Gas Turbine Generator (GTG)” yang bertujuan untuk mengatur nilai FSR yang selanjutnya mempengaruhi jumlah bahan bakar yang

dialirkan ke 14 ruang pembakaran. Besar kecilnya bahan bakar yang dialirkan ke ruang pembakaran akan menentukan cepat atau lambatnya kecepatan putar turbin pada Gas Turbin Generator (GTG). Hasil yang diperoleh dari penelitian adalah *SPEEDTRONIC MARK V* yang merupakan suatu sistem kontrol dan proteksi yang telah dikembangkan oleh General Electric (GE) dengan menggunakan Software dan hardware yang modern. Sistem kontrol *SPEEDTRONIC Mark V* secara garis besar terdiri dari tiga loop kontrol utama yaitu loop kontrol temperatur, kontrol kecepatan, dan kontrol *start up*. Kontrol kecepatan mengatur perubahan bukaan bahan bakar (FSR) agar menghasilkan kecepatan putaran turbin sesuai yang diharapkan. Frekuensi tegangan keluaran generator adalah 50Hz dengan kecepatan normal nya 3000rpm.[2]

“Sistem Kontrol *Speedtronic Mark V* Pada Pengendalian Kecepatan Turbin Gas Fase *Start Up*” bertujuan untuk pengendalian *START UP* dengan menggunakan sistem kontrol *SPEEDTRONIC MARK V* berfungsi untuk mengatur nilai FSR yang selanjutnya mempengaruhi jumlah bahan bakar yang dialirkan ke 14 ruang pembakaran. Besar kecilnya bahan bakar yang dialirkan ke ruang pembakaran akan menentukan cepat atau lambatnya kecepatan putar turbin pada Gas Turbin Generator (GTG) yang berbeda-beda pada fase *start up* Unit. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah kontrol *Start-Up* mengatur perubahan keadaan gas turbin, dari pemutar awal sampai mencapai kecepatan putaran tertentu sehingga gas turbine tersebut mampu berputar dan berakselerasi sendiri sampai ke kecepatan putaran nominalnya. Pendeteksian kecepatan putar Turbin menggunakan magnetik pick up menjadi faktor yang penting dalam tahap kontrol *Start Up*.[3]

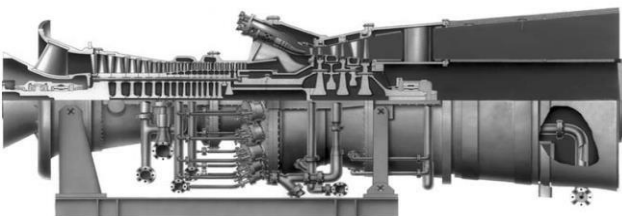
“Sistem Kontrol *Speedtronic Mark V* Pada Proses penentuan *Fuel Stroke Reference* Pada Gas Turbine Generator” bertujuan untuk mengatur nilai FSRN (FSR untuk kecepatan turbin) agar menghasilkan kecepatan

turbin sesuai yang diharapkan, memantau kecepatan turbin gas saat operasi baik saat start-up maupun saat berbeban, menjaga kecepatan tetap konstan saat turbin mencapai kecepatan FSNL (3000 rpm) untuk menjaga frekuensi tegangan keluaran generator tetap 50 Hz, serta memberikan sinyal L14HS setelah tahap *warm-up* selesai untuk menunjukkan bahwa turbin telah mencapai kecepatan operasinya. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah *SPEEDTRONIC TM MARK V* bertujuan untuk mengatur nilai FSRN agar sesuai dengan kecepatan yang diinginkan, memantau kecepatan turbin gas, dan menjaga kecepatan tetap konstan untuk menjaga frekuensi tegangan keluaran generator. Sistem kontrol *SPEEDTRONIC TM MARK V* dapat melakukan kontrol, proteksi, dan monitoring pada *Gas Turbine Generator (GTG)*, termasuk mengendalikan FSR (*Fuel Stroke Reference*) yang dipengaruhi oleh beberapa kontrol utama seperti kecepatan turbin, temperatur gas buang, *start-up*, akselerasi, *shut down*, dan manual.[6]

“Sistem Kendali Kecepatan Turbin Gas Fase *Start-Up* Menggunakan Ge Mark* VIe Control Pada Combined Cycle Power Plant 120 MW PT. Krakatau Daya Listrik” bertujuan untuk mengendalikan seberapa besar aliran bahan bakar dan tekanan bahan bakar yang dibutuhkan untuk menggerakkan turbin sesuai dengan nilai kecepatan yang ditentukan melalui nilai setpoint. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah pengendalian penyalan turbin gas yang mengatur perubahan keadaan turbin gas, dari pemutar awal sampai mencapai kecepatan putaran tertentu sehingga turbin ini mampu berputar dan berakselerasi sendiri sampai ke kecepatan putaran nominalnya dengan energi dari natural gas yang digunakan.[1]

A. Turbin Gas

Turbin gas adalah suatu penggerak mula yang memanfaatkan gas sebagai fluida kerja. Didalam turbin gas energi kinetik dikonversikan menjadi energi mekanik berupa putaran yang menggerakkan roda turbin sehingga menghasilkan daya. Bagian turbin yang berputar disebut rotor dan bagian turbin yang diam disebut stator atau rumah turbin. Rotor memutar poros daya yang menggerakkan beban (generator listrik, pompa, kompresor atau yang lainnya).[4] Seperti yang bisa dilihat pada Gambar 1.

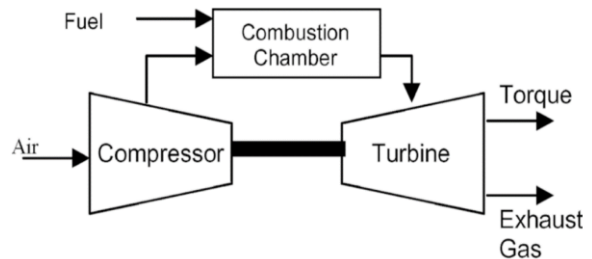


Gbr. 1 Rangka Heavy Duty Gas Turbine

Berdasarkan siklusnya turbin gas dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis yaitu :

1. Turbin gas siklus terbuka (*Open cycle*)

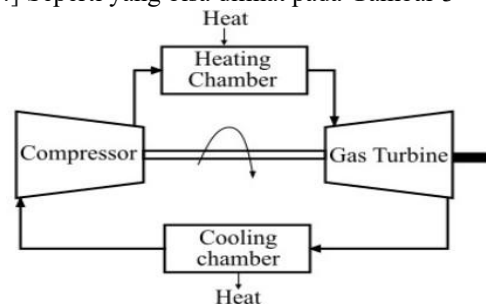
Sebuah turbin gas siklus terbuka sederhana terdiri dari kompresor, ruang bakar dan turbin seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, Kompresor mengambil udara ambien dan menaikkan tekanannya. Panas ditambahkan pada udara di ruang bakar dengan membakar bahan bakar dan meningkatkan suhunya.



Gbr. 2 Turbin Gas Siklus Terbuka

2. Turbin Gas Tertutup (*Close Cycle*)

Dalam turbin gas siklus tertutup, fluida kerja (udara atau gas) keluar dari kompresor dipanaskan dalam pemanas dengan sumber eksternal pada tekanan konstan. Suhu tinggi dan tekanan udara tekanan tinggi keluar dari pemanas eksternal dilewatkan melalui turbin. Cairan yang keluar dari turbin didinginkan ke suhu aslinya dalam pendingin menggunakan sumber pendingin eksternal sebelum diteruskan ke kompresor. Fluida kerja terus digunakan dalam sistem tanpa fase dan panas yang dibutuhkan diberikan kepada fluida kerja dalam penukar panas.[4] Seperti yang bisa dilihat pada Gambar 3



Gbr. 3 Turbin Gas Siklus Tertutup

B. Generator

Pengertian generator adalah adalah sebuah mesin yang dapat mengubah energi gerak (mekanik) menjadi energi listrik (elektrik). Energi yang menggerakkan generator sendiri sumbernya bermacam macam. Pada pembangkit listrik tenaga angin misalnya generator bergerak karena adanya kincir yang berputar karena angin. Demikian pula pada pembangkit pembangkit listrik tenaga air yang memanfaatkan energi gerak dari air. Sedang pada pembangkit listrik gerak dari generator didapatkan dari proses pembakaran bahan bakar. Generator bekerja berdasarkan hukum faraday yakni apabila suatu penghantar diputar dalam sebuah medan magnet sehingga memotong garis-garis gaya magnet maka pada ujung penghantar tersebut akan timbulkan ggl (garis gaya listrik) yang mempunyai satuan

volt. [5] Seperti yang bisa dilihat pada Gambar 4



Gbr. 4 Generator Yanmar

Terdapat dua jenis generator, di antaranya adalah sebagai berikut:

- **Generator AC (Alternator)**

Generator arus bolak-balik (AC) atau disebut dengan alternator adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mengkonversi energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik (*electric*). Generator arus bolak-balik bekerja dengan prinsip induksi elektromagnetik. Generator AC terdiri dari stator yang merupakan elemen diam dan rotor merupakan elemen berputar yang terdiri dari belitan-belitan medan. Setelah rotor diputar oleh penggerak mula (*prime over*) dengan demikian kutub-kutub yang ada pada rotor akan berputar. [5] Rotor berputar dengan kecepatan nominal yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$n = 120 f/p \tag{1}$$

Dimana :

n = Kecepatan putar rotor

p = Jumlah kutub rotor

f = Frekuensi (Hz)

- **Generator DC**

Generator arus searah mempunyai komponen dasar yang umumnya hampir sama dengan komponen mesin-mesin listrik lainnya. Secara garis besar generator arus searah adalah alat konversi energi mekanis berupa putaran menjadi energi listrik arus searah. Energi mekanik digunakan untuk memutar kumparan kawat penghantar di dalam medan magnet. Berdasarkan hukum Faraday, pada kawat penghantar akan timbul ggl induksi yang besarnya sebanding dengan laju perubahan fluksi yang dilingkupi oleh kawat penghantar. Bila kumparan kawat tersebut merupakan rangkaian tertutup, maka akan timbul arus induksi. Perbedaan setiap generator biasanya terletak pada komponen penyearah yang terdapat didalamnya yang disebut dengan komutator dan sikat. [5]

III. METODOLOGI

A. Turbin Gas PGT -503 Pada PT. Pema Global Energi (PGE)

Turbin gas yang digunakan di PT.Pema Global Energi adalah GE Turbin gas PGT – 503, jenis turbin dua shaft ini digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik. Dan bisa juga menjadi penggerak kompresor

dalam proses pembuatan LNG dan LPG yang jumlahnya 8 unit. Bentuk tampak depan turbin PGT-503 sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 5



Gbr. 5 GE Turbin Gas PT.Pema Global Energi Tampak Depan

Jumlah keseluruhan turbin gas yang terdapat pada PT.Pema Global Energi adalah sebanyak 12 unit yang sudah termasuk kedalam turbin pembangkit tenaga listrik dan turbin penggerak kompresor. Bentuk tampak samping turbin PGT-503 sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 6



Gbr. 6 GE Turbin Gas PT.Pema Global Energi Tampak Samping

B. Generator Listrik Pada PT.Pema Global Energi (PGE)

Generator yang terdapat dan digunakan pada PT.Pema Global Energi adalah GE Alternating Current Generator, generator ini berfungsi untuk mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Proses kerja generator listrik melibatkan rotasi rotor di dalam medan magnet, yang menghasilkan arus listrik yang dapat digunakan untuk menggerakkan beban listrik. Generator pada PT PGE sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 7.



Gbr. 7 GE Alternating Current Generator Pada PT PGE

Jenis generator dapat bervariasi tergantung pada sifat arus yang dihasilkan, seperti generator arus searah (DC) atau generator arus bolak-balik (AC). Pada generator juga terdapat nameplate yang tertera untuk mengetahui spesifikasi dari generator tersebut. Nameplate pada generator PT PGE Sebagaimana dapat dilihat pada Gambar.8



Gbr. 8 Nameplate GE Alternating Current Generator Pada PT PGE

C. SSZB Card (Speed Control Electronic Card)

SSZB Card adalah salah satu komponen utama dalam speed control. Card ini berfungsi untuk mengubah pulse rate menjadi analog voltage lalu dimasukkan ke Op-Amp agar dikuatkan dan mengeluarkan tegangan 0V-+10V DC. Sensor speed yang menjadi alat ukur kecepatan pada turbin dinamakan dengan magnetic pick-ups. Seperti yang bisa dilihat pada Gambar 9



Gbr. 9 SSZB Electronic Card

D. SLPA Card (Speed Relay System Electronic Card)

SLPA Card adalah sebuah card yang berfungsi sebagai relay speed. Pada SLPA card terdapat 2 relay yaitu zero speed (14LR) dan operating speed (14LS). SLPA card menerima keluaran yang berupa tegangan dari SSZB Card yang dinamakan dengan low pressure turbine speed (NLP) sebagai masukan untuk zero speed relay (14LR) dan operating speed relay (14LS).

Bagian dari speed relay terdiri dari 2 voltage speed detector: 14LR and 14LS. Kedua detector itu menerima tegangan analog dari low pressure turbine speed (NLP) dari 0V - +10V DC untuk 0% - 100% kecepatan. Seperti yang bisa dilihat pada Gambar 10



Gbr. 10 SLPA Electronic Card

E. Sistem Kontrol Kecepatan Pada Turbin

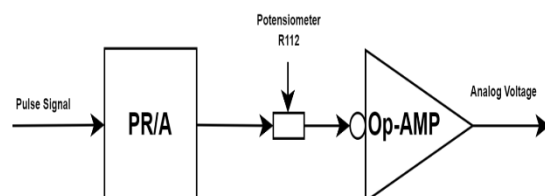
Sistem kontrol kecepatan membandingkan speed signal dengan digital set point (DSP). DSP ini akan disesuaikan sehingga sama dengan speed signal. Ketika nilai speed signal sama dengan DSP atau memiliki perbandingan 1:1, maka VCE (Voltage Control Electronic) akan bisa dikontrol.

F. Speed Signal (Turbine Shaft Speed)

Speed signal atau yang biasa disebut dengan turbine shaft speed diukur dan dikonversikan menjadi tegangan yang sebanding dengan kecepatan yang terukur. Pada hal ini, kecepatan diukur menggunakan magnetic pick-ups yang dipasang dekat dengan rotor yang memiliki 60 gigi yang terpasang langsung ke poros turbin. Pulsa dihasilkan oleh magnetic pickups saat roda gigi (tooth wheel) berputar dibawahnya. Sinyal pulsa itu kemudian dikonversikan menjadi tegangan analog yang sebanding dengan kecepatannya.

Konversi sinyal kecepatan (pulsa) menjadi tegangan analog terjadi pada speed control card (SSZB Card) didalam sebuah converter yang dinamakan pulse rate to analog converter (PR/A).

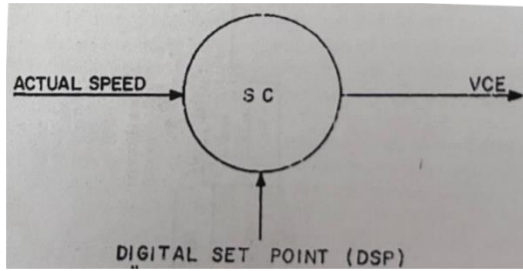
Untuk memastikan daya yang cukup untuk menggerakkan system lain, tegangan output dikuatkan didalam "op-amp", dimana penguatannya dapat disesuaikan menggunakan potensiometer R112. Sinyal output biasanya dimulai dari 0V sampai 10V DC sebagaimana kecepatannya berubah dari 0% sampai 100%. Seperti yang bisa dilihat pada Gambar 11



Gbr. 11 Konversi Pulsa Menjadi Tegangan Analog

G. Digital Set Point (DSP)

Digital Set point (DSP) memberikan referensi kecepatan untuk system kontrol kecepatan. DSP adalah sinyal yang kecepatan aktualnya dibandingkan untuk mengontrol VCE. Seperti yang bisa dilihat pada Gambar 12



Gbr. 12 Diagram Fungsi (DSP)

H. Spesifikasi Turbin Gas Pada PT.Pema Global Energi

Spesifikasi turbin gas dapat bervariasi tergantung pada aplikasi dan kebutuhan spesifik perusahaan itu sendiri. Namun, secara umum, turbin gas memiliki beberapa karakteristik umum yang sering diukur dan spesifikasinya dapat ditemukan dalam dokumentasi teknis atau literatur industri. Berikut adalah beberapa spesifikasi yang terdapat pada turbin gas GE di PT.Pema Global Energi. Berikut adalah beberapa Sebagaimana dapat dilihat pada 1.

Tabel I
Spesifikasi Turbin Gas Pada PT. Pema Global Energi

Tipe	<i>PGT-503 dual shaft MS-5002 Heavy-Duty</i>
Dibuat	<i>GE USA</i>
Ruang Bakar	6
Turbin Speed HP	7100 Rpm
Turbin Speed LP	6500 Rpm
Turbin stage	2 Shaft
Bahan Bakar	<i>Fuel Gas</i>
Temperatur Exhaust	1200°F / 649°C
Sisten Kontrol	<i>Speedtronic Mark II</i>
Tekanan Inlet	110 Psi
Temperatur Inlet	32°C
Sistem Starting	<i>Diesel Motor</i>

I. Spesifikasi Generator Pada PT.Pema Global Energi

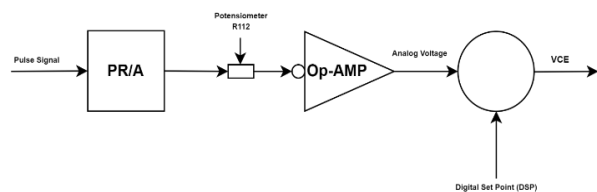
Spesifikasi generator dapat bervariasi tergantung pada jenisnya, apakah itu generator listrik, generator gas, atau jenis generator lainnya. Berikut adalah beberapa spesifikasi yang terdapat pada Generator GE di PT.Pema Global Energi. Sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel II
Spesifikasi Generator Pada PT. Pema Global Energi

Tipe	<i>Alternating Current Generator</i>
Dibuat	<i>GE USA</i>
Tegangan	11 KV
Generator Speed	1000 Rpm
Fasa	3 Phase
Daya	10,4 MW
Frekuensi	50 Hz
Unit	2

J. Rangkaian Pengendalian Kecepatan Pada SSZB Card (Speed Control Electronic Card)

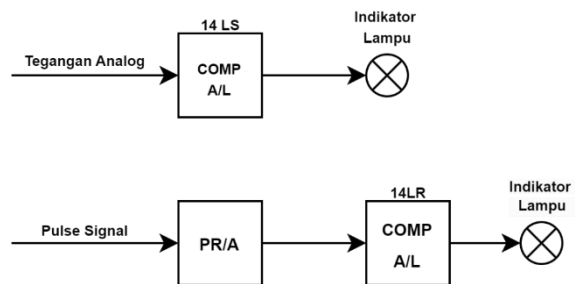
Rangkaian Pengontrolan sistem untuk mengontrol proses kecepatan pada turbin gas yang akan dikontrol dan digunakan oleh *Speedtronic Mark II* adalah rangkaian logic SSZB. VCE menjadi pedoman apabila nilai – nilai yang terdapat tidak sesuai dengan spesifikasi yang sudah ditetapkan oleh GE maka diharuskan untuk mengkalibrasi card SSZB nya dan membalikkan ke nilai nya semula. Rangkaian logic SSZB sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 13.



Gbr. 13 Rangkaian Pengendali Kecepatan Pada SSZB Card (Speed Control Electronic Card)

K. Rangkaian Sistem Relay Pada SLPA Card (Speed Relay System Electronic Card)

Rangkaian Relay sistem untuk mengetahui tahapan kecepatan pada turbin gas yang akan dideteksi oleh *Speedtronic Mark II* adalah rangkaian logic SLPA. Apabila nilai – nilai yang tertera tidak sesuai dengan kecepatan sebenarnya maka diharuskan untuk mengkalibrasi card SLPA nya dan membalikkan ke nilai nya semula. Rangkaian logic SLPA sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 14



Gbr. 14 Rangkaian Sistem Relay Pada SLPA Card (Speed Relay System Electronic Card)

L. Kalibrasi Card Speedtronic SSZB (Speed Control Electronic Card)

SSZB card merupakan perangkat elektronika yang digunakan untuk mengendalikan turbin pada fase *speed*. *Electronic card* SSZB dapat berfungsi dengan baik ketika pada setiap pengujian dilakukanya kalibrasi pada setiap periode waktu tertentu. Untuk mengkalibrasi *speedtronic* SSZB card menggunakan *speedtronic calibrator*.

Di bawah ini merupakan cara untuk melakukan kalibrasi untuk card SSZB (*speed control*). Sebagai berikut:

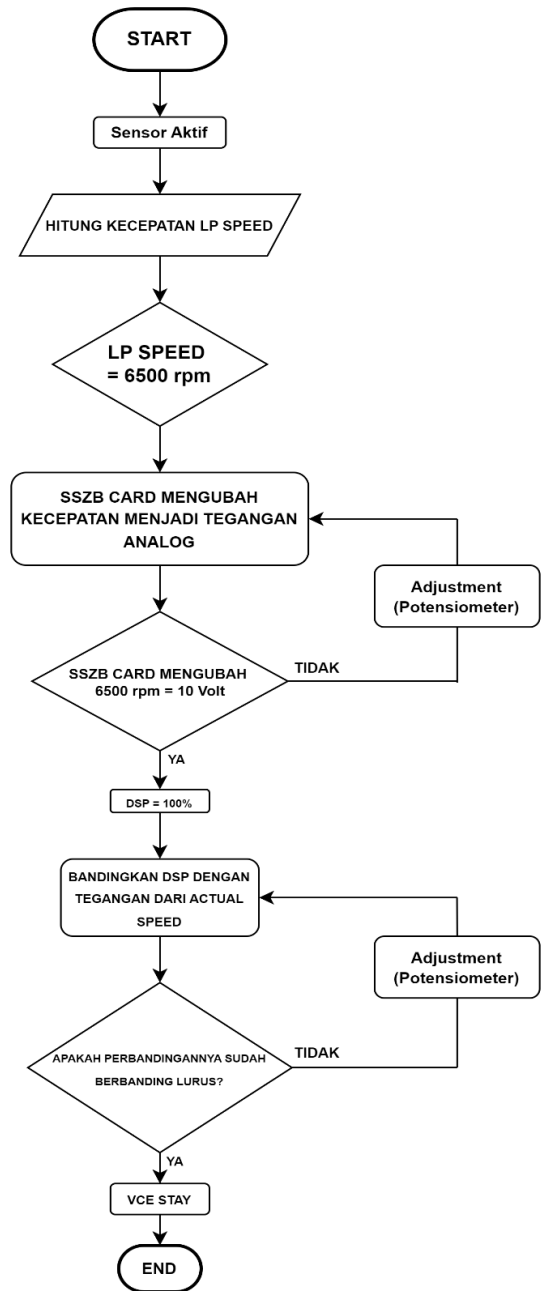
1. Komponen : sirkuit sszb card, *magnetic pickups*, *oscillator frekuensi*, dan *voltmeter*.
2. Sambungkan output oscillator ke input counter dan input card sszb, pin 3,dan acom.
3. Sambungkan voltmeter ke pin 16 dan acom.
4. Sesuaikan oscillator untuk memperoleh frekuensi yang setara dengan kecepatan LP shaft yang dinilai.
5. Sesuaikan “PR/A” (*Pulse Rate to Analog*) potensiometer R112 untuk memperoleh ±10.00 volt DC yang bisa dilihat pada voltmeter. Sesuaikan LP *speed meter* untuk membaca 100%
6. Sesuaikan Kembali untuk memperoleh frekuensi yang setara dengan pengaturan “DSP” seperti yang tertera pada spesifikasinya.
7. Jumper pin 34 dan 35 dari sskc card untuk memperoleh VCE maksimal. Seuaikan potensiometer R111 dari sszb card sampai VCE berhenti terkontrol pada beberapa titik antara minimal dan maksimal VCE.
8. Menyesuaikan Potensiometer P.111 searah jarum jam akan menyebabkan VCE meningkat
9. Sesuaikan potensiometer R114 (penguat), seperti yang tertera pada spesifikasi.

M. Kalibrasi Card Speedtronic SLPA (Speed Relay System Electronic Card)

SLPA card merupakan perangkat elektronika yang digunakan untuk memberi informasi tahapan kecepatan turbin atau sebagai relay pada fase *speed*. *Electronic card* SLPA dapat berfungsi dengan baik ketika pada setiap pengujian dilakukanya kalibrasi pada setiap periode waktu tertentu. Di bawah ini merupakan cara untuk melakukan kalibrasi untuk card SSZB (*speed control*).

N. Pengontrolan Speed Pada Turbin Gas

Berikut adalah bentuk *flowchart* proses untuk pengontrolan *speed* pada turbin gas. Sebagaimana dapat dilihat dalam Gambar 15.



Gbr. 15 Bentuk *flowchart* Proses

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, penulis melakukan analisa tentang komponen dari SSZB Card dan SLPA Card yang dimulai setelah proses Start – Up selesai yang mana turbin gas telah mencapai *Full Speed No Load* yang dikaji dengan pengukuran menggunakan sensor magnetic pickups. Hasil studi dilakukan untuk mengetahui apakah sistem bekerja sesuai dengan spesifikasi. Dari data yang diperoleh nantinya akan dianalisis untuk dijadikan contoh dalam proses pengambilan kesimpulan.

A. SSZB Electronic Card (Speed Control)

Card ini mengubah sinyal pulsa menjadi sinyal analog yang mana pada saat speed 100% maka kecepatan yang dihasilkan adalah 6500rpm dan akan dikonversikan menjadi sinyal analog sebesar 10V. Pengujian sistem pada card ini merupakan proses *running nya full speed no load* pada gas turbine, dan nilai ini akan dijadikan perbandingan dengan nilai spesifikasi. Pada sistem *speed control* ini terdapat 2 parameter yang dijadikan sebagai perbandingan yaitu, *aktual speed* dibandingkan dengan nilai DSP yang mana perbandingan tersebut akan dijadikan sebagai pengontrol VCE.

B. Hasil Pengkalibrasian Pada Card SSZB

Tabel III
Hasil Pengkalibrasian Pada Card SSZB

Speed		Panel Meter (hz)	Speed Settings (Volt)			Adjustment ILIM
%	RPM		As Found	As Left	Spec.	
0	0	0	0	0	0.00 ± 01	None
50	3250	3250	5	5	5.00 ± 01	None
100	6500	6500	9.90	10.00	10.00 ± 01	SSZB (1), R112
		Reff. DSP				
100	6500	0.00 Vdc	(2-8) Fluktuatif	3.6 Stop Integrating	2-8	SSZB (2), R111

Seperti terlihat pada Tabel 3, Analisis dari tabel yaitu terdapat *speed* telah mencapai 6500rpm dan nilai *as found* menghasilkan tegangan sebesar 9.90V, adapun nilai spesifikasi yang telah ditetapkan sebesar 10.01V sehingga dibutuhkan pengkalibrasian pada card SSZB melalui potensiometer R112, setelah dilakukannya pengkalibrasian pada card tersebut maka didapatkan nilai *as left* nya sebesar 10V yang mana telah sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Adapun proses ini dinamakan dengan *LP shaft speed range* yang mana pada saat 100% *speed* (6500rpm) voltage yang terukur pada VCE sebesar 10V.

Terlihat juga pada tabel 2 terdapat nilai *aktual speed* dibandingkan dengan DSP didapatkan *aktual speed* 6500rpm dan nilai DSP yang telah ditetapkan sebesar 100% (0V), pada saat pengukuran nilai *as found* pada VCE sebesar 9.80V. Nilai ini belum sesuai dengan nilai spesifikasi yang telah ditetapkan sehingga dibutuhkan pengkalibrasian pada card SSZB melalui potensiometer R111, setelah dilakukannya pengkalibrasian pada card tersebut maka didapatkan nilai *as left* nya sebesar 10V yang mana telah sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

Sistem *speed control* ini bertujuan untuk mengontrol *speed* berdasarkan beban turbin gas yang ada dilapangan, dengan dibandingkannya *aktual speed* dan DSP (*Digital Set Point*).

Apabila nilai *aktual speed* dan nilai DSP sudah berbanding lurus maka VCE akan terkontrol dan

mengirimkan sinyal ke GCV (Gas Control Valve) sehingga GCV tersebut akan konstan. GCV akan kembali bekerja apabila nilai DSP tersebut dinaikkan secara manual (manual tuning) tergantung seberapa besar beban yang dibutuhkan. Sementara itu, nilai *As Found* (A.F) yang merupakan hasil dari pengukuran langsung pada modul kalibrator mempengaruhi pembukaan GCV (Gas Control Valve) dan mengatur aliran bahan bakar yang masuk ke dalam sistem pembakaran, sementara nilai *As Left* (A.L) adalah nilai yang sudah terkalibrasi berdasarkan nilai spesifikasi. Nilai Ini menunjukkan bahwa sistem *speed control* dan *speed range* sudah terkalibrasi dan sesuai dengan spesifikasi.

C. SLPA Card (Speed Relay System)

SLPA Card adalah sebuah card yang berfungsi sebagai relay speed. Pada SLPA card terdapat 2 relay yaitu zero speed (14LR) dan operating speed (14LS). SLPA card menerima keluaran yang berupa tegangan dari SSZB Card yang dinamakan dengan low pressure turbine speed (NLP) sebagai masukan untuk zero speed relay (14LR) dan operating speed relay (14LS).

Bagian dari speed relay terdiri dari 2 voltage speed detector: 14LR and 14LS. Kedua detector itu menerima tegangan analog dari low pressure turbine speed (NLP) dari 0V - +10V DC untuk 0% - 100% kecepatan.

D. Hasil Pengkalibrasian Pada SLPA Card

Tabel IV
Hasil Pengkalibrasian Pada Card SLPA

Sensor		Speed Settings (Rpm/Hz)			Adjustment
		As Found	As Left	Spec.	
14 LR	Pick Up	3	3	3 ± 10	None
	Drop Out	16	16	16 ± 4	None
14 LS	Pick Up	5911	5845	5850 ± 100	SLPA (2) R202
	Drop Out	5702	5660	5655 ± 200	SLPA (3) R204

Dari hasil pengukuran pada tabel 4, Analisa yang didapati yaitu terdapat 2 relay yaitu zero speed (14LR) dan operating speed (14LS). Untuk relay speed 14LR nilai spesifikasi yang telah ditetapkan adalah 3rpm untuk pick up dan 16rpm untuk drop out. 14LR ini tidak bisa dilakukan adjustment setting dikarenakan sistem dari relay ini menggunakan tegangan dari sinyal analog yang berasal dari perubahan sinyal pulse rate to analog yang bersumber dari card SSZB sehingga nilai *as found* dan *as left* dari relay tersebut sudah sesuai dengan spesifikasi, apabila tidak sesuai dengan spesifikasi tandanya card SLPA tersebut sudah rusak dan harus diganti.

Adapun untuk relay speed 14LS nilai spesifikasi yang telah ditetapkan adalah 5850rpm untuk pick up dan 5655rpm untuk drop out seperti yang terlihat pada tabel

4, setelah melakukan pengukuran didapati nilai as found nya 5911rpm untuk pick up dan 5702rpm untuk drop out yang mana tidak sesuai spesifikasi sehingga dibutuhkan pengkalibrasian dengan melakukan adjustment pada potensiometer R202 pada pick up dan potensiometer R204 pada drop out. Adapun yang disebut dengan pick up adalah aktifnya kedua relay speed tersebut yang mengindikasikan lampu pada panel turbin sedangkan drop out adalah tidak aktifnya kedua relay speed tersebut sehingga lampu yang telah terindikasi pada panel turbin akan mati.

V. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian pada sistem pengontrolan kecepatan yang digunakan pada turbin gas, berdasarkan hasil pengujian maka penulis dapat mengambil kesimpulan antara lain adalah:

1. Dalam sistem pengontrolan kecepatan pada turbin gas sensor kecepatan (*magnetic pick-up*) menjadi tumpuan agar turbin gas bisa bekerja dengan maksimal.
2. Terdapat dua buah *card* yaitu SSZB *card* dan SLPA *card* yang menjadikan input berupa pulsa untuk diproses sehingga mengeluarkan output berupa tegangan analog yang mana tegangan tersebut akan dijadikan kontrol.
3. Sistem pengontrolan kecepatan ini tidak terlepas dari pengontrolan tegangan yang mana tegangan tersebut dijadikan acuan untuk mengontrol VCE (*Fuel*).
4. Diperlukannya kalibrasi sesuai dengan nilai spesifikasi yang telah ditentukan dikarenakan sangat berpengaruh terhadap proses berjalannya turbin gas.
5. Pengontrolan kecepatan ini juga dipengaruhi oleh faktor aktual speed dan nilai DSP yang mana akan dijadikan sebagai perbandingan untuk mengontrol VCE.

REFERENSI

- [1] Andra Imam Putra Graha, System Kendali Kecepatan Turbin Gas Fase Start-Up Menggunakan Gi Mark* Vie Control Pada Combine Cycle Power Plant 120 MW PT. Krakatau Daya Listrik, Cilegon, 2015
- [2] Haryo Pamungkas S, Sistem Kontrol Speedtronicm Mark V Sebagai Pengendali Kecepatan Pada Gas Turbine Generator (Gtg), Semarang, 2010.
- [3] Huda Ilal Kirom, Sistem Kontrol Speedtronicm Mark V Pada Pengendalian Kecepatan Turbin Gas Fase Start-Up, Semarang, 2012.
- [4] Meherwan P. Boyce, Gas Turbine Engineering Handbook, International Power Generation, Texas, 2002.
- [5] Maherwan P. Boyce, Gas Turbine Engineering Handbook Second Edition, International Power Generation, Texas, 2001
- [6] Muhammad Fadli Nasution, Sistem Kontrol Speedtronicm Mark V Pada Proses Penentuan Fuel Stroke Reference Pada Gas Tubine Generator, Semarang, 2012.