

STUDI SISTEM SINKRONISASI GENERATOR PADA PLTMG SUMBAGUT 2 PEAKER POWER PLANT 250 MW

Muhammad Zaini¹, Maimun², Yaman³

^{1,2,3} Prodi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: Mzaini.mz21@gmail.com¹, maimun.s210@pnl.ac.id², yaman_gayo@pnl.ac.id³

Abstrak –Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Sumbagut-2 Peaker yang berada di Desa Meriah Paloh Lhokseumawe, PLTMG Sumbagut-2 Peaker memiliki kapasitas daya sebesar 250 MW dengan masing-masing unit pembangkit menghasilkan daya sebesar 18 MW dengan hasil simulasi Sudut penyalan thyristor paling besar terjadi pada saat keadaan normal yaitu 81,01 ° dengan nilai beban 250 MW dan tegangan eksitasi 2174 VDC, tegangan supply generator 7,14 kV dengan RPM 600. Sedangkan sudut penyalan thyristor paling kecil terjadi pada saat GTG pabrik 1 dan GTG pabrik 2 mengalami gangguan secara bersamaan 70,01° dengan nilai beban 18 MW dan tegangan eksitasi 192,7 VDC menghasilkan tegangan suplay 20,92 kV Mampu mengoperasikan generator tanpa gangguan.

Kata-kata kunci: Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas, Matlab

I. PENDAHULUAN

Di era industri seperti sekarang ini, listrik adalah salah komponen yang sangat penting bagi perusahaan, terutama perusahaan yang bergerak pada bidang industri. Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang memasok kebutuhan listrik di Indonesia. Pada tahun 2019 kapasitas daya yang terpasang seluruh PLTMG di Indonesia adalah sebesar 2.842,03 MW atau 4,08 % dari total pembangkit listrik. PLTMG memiliki keunggulan yaitu waktu start up yang singkat dan fleksibilitas terhadap beban operasi yang berubah-ubah.

Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Sumbagut-2 Peaker yang berada di Desa Meriah Paloh Lhokseumawe dibangun oleh Konsorsium PT. Wijaya Karya Persero Tbk, TSK Electronica Y Electrucidad. S. A, Spanyol dan PT. Sumberdaya Sewatama. PLTMG Sumbagut-2 Peaker memiliki kapasitas daya sebesar 250 MW dengan masing-masing unit pembangkit menghasilkan daya sebesar 18 MW. Total unit pembangkit pada PLTMG ini berjumlah 13 unit yang berada dalam kondisi standby.

Oleh karena itu, untuk membangkitkan energi listrik diperlukan generator. Generator atau yang biasa juga disebut alternator merupakan sebuah alat untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik melalui proses induksi elektromagnetik. Secara umum, generator yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik ialah jenis generator sinkron. Dikatakan generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator.

Generator sinkron merupakan jenis generator yang paling umum digunakan pada pembangkit listrik yang

mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik. Pada generator sinkron ada dua pengaturan yang harus dilakukan yaitu pengaturan tegangan keluaran yang berhubungan dengan daya reaktif dan frekuensi keluaran yang berhubungan dengan daya aktif generator. Untuk mendapatkan tegangan keluaran yang konstan, maka arus jangkar dan sudut daya generator harus memiliki nilai yang tetap.

Generator diharapkan dapat bekerja secara stabil pada tegangan dan frekuensi yang dihasilkan sehingga dapat mensuplai tenaga listrik. Ketidakstabilan pada generator itu sendiri akan berpengaruh terhadap beban yang ditanggung oleh generator tersebut. Oleh karena itu, untuk melayani beban listrik pada saat terjadi beban puncak, biasanya dilakukan pengoperasian generator secara paralel. Karena, bila hanya satu generator saja yang beroperasi, maka generator tersebut harus mempunyai kapasitas besar yang mampu melayani saat terjadi beban puncak. Hal ini tentunya akan mengurangi efisiensi pada generator tersebut sehingga dibutuhkan percobaan dengan data yang real yang dapat mengoperasikan secara langsung dalam hal ini penulis ingin menjadikan judul Studi Sistem Sinkronisasi Generator Pada Pltmg Sumbagut 2 Peaker Power Plant 250 MW.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Pustaka

Studi tentang generator adalah suatu alat yang dapat mengubah energy mekanik menjadi energy listrik. Tenaga mekanik bisa berasal dari panas, air, uap, dll.energy listrik yang di hasilkan oleh generator bisa berupa listrik ac (listrik bolak balik) mauppun dc (listrik

searah). Hal tersebut tergantung dari konstruksi generator yang dipakai oleh pembangkit tenaga listrik. mesin sinkron bisa dioperasikan baik sebagai generator maupun motor. Mesin sinkron bila di fungsikan sebagai motor berputar dalam kecepatan konstan. Apabila dikehendaki kecepatan yang bersifat variable, maka motor sinkron dilengkapi dengan pengubah frekuensi seperti inverter atau cyclo-converter. (apabila tidak dilakukan sebagaimana mestinya, maka generator akan memikul kelebihan pembebanan yang dapat mengakibatkan generator rusak sehingga dalam penyinkronan tersebut terjadi kelebihan beban yang menyebabkan kegagalan dalam menyinkronkan generator. Dengan memperhatikan kapasitas daya per generator dan penyinkronan generator secara paralel dengan cara menghidupkan satu per satu sesuai dengan kapasitas daya generator terhadap pembebanan maka penyinkronan akan berjalan dengan lancar sehingga pembebanan terhadap semua area kerja). [1]

Studi system sinkronisasi generator secara otomatis di Pt. Pertamina (persero) RU III Plaju. Pengaruh sinkronisasi terhadap parameter-parameter listrik serta pembagian pada tiap-tiap generator yang bekerja secara paralel. Beban yang digunakan oleh konsumen akan mempengaruhi besarnya daya aktif dan daya reaktif pada tiap-tiap generator yang bekerja secara paralel. (Penggunaan sejumlah generator memungkinkan perawatan berkala pada masing-masing generator. Jika hanya satu buah generator saja yang digunakan, dan tidak beroperasi dekat dengan beban penuh, maka generator ini tidak efisien. Dengan kata lain, dengan memparalelkan beberapa generator yang lebih kecil kapasitasnya maka dapat memungkinkan beroperasi sebagian daripadanya. Generator ini beroperasi dekat dengan beban penuh, jadi lebih efisien. [2]

B. Generator

Generator merupakan mesin listrik yang mengkonversi energi gerak (mekanik) menjadi energi listrik (elektrik). Generator menghasilkan listrik dengan memutar rotor yang diputar oleh penggerak mula prime mover. Pada pusat pembangkit listrik biasanya menggunakan turbin sebagai penggerak mula. Sumber energi untuk menggerakkan turbin terdiri dari berbagai macam sumber antara lain uap, air, gas dan mesin diesel.[3]

C. Prinsip Dasar Generator

Prinsip dasar generator arus bolak-balik menggunakan hukum Faraday yang menyatakan jika sebatang penghantar berada pada medan magnet yang berubah-ubah, maka pada penghantar tersebut akan

terbentuk gaya gerak listrik. Besar tegangan generator bergantung pada :

1. Kecepatan putaran (N)
2. Jumlah kawat pada kumparan yang memotong fluks (Z)
3. Banyaknya fluks magnet yang dibangkitkan oleh medan magnet (f)
4. Konstruksi Generator

Jika pada sekeliling penghantar terjadi perubahan medan magnet, maka pada penghantar tersebut akan dibangkitkan suatu gaya gerak listrik (GGL) yang sifatnya menentang perubahan medan tersebut. Jika sebuah kumparan diputar pada kecepatan konstan pada medan magnet homogen, maka akan terinduksi tegangan sinusoidal pada kumparan tersebut. Medan magnet bisa dihasilkan oleh kumparan yang dialiri arus DC atau oleh magnet tetap. Pada mesin tipe ini medan magnet diletakkan pada stator (disebut generator kutub eksternal / external pole generator) yang mana energi listrik dibangkitkan pada kumparan rotor. Hal ini dapat menimbulkan kerusakan pada slip ring dan karbon sikat, sehingga menimbulkan permasalahan pada pembangkitan daya tinggi. Untuk mengatasi permasalahan ini, digunakan tipe generator dengan kutub internal (internal pole generator), yang mana medan magnet dibangkitkan oleh kutub rotor dan tegangan AC dibangkitkan pada rangkaian stator.

Tegangan yang dihasilkan akan sinusoidal jika rapat fluks magnet pada celah udara terdistribusi sinusoidal dan rotor diputar pada kecepatan konstan. Tegangan AC tiga fasa dibangkitkan pada mesin sinkron kutub internal pada tiga kumparan stator yang diset sedemikian rupa sehingga membentuk beda fasa dengan sudut 120° . Pada rotor kutub sepatu, fluks terdistribusi sinusoidal didapatkan dengan mendesain bentuk sepatu kutub. Sedangkan pada rotor silinder, kumparan rotor disusun secara khusus untuk mendapatkan fluks terdistribusi secara sinusoidal. Untuk tipe generator dengan kutub internal (internal pole generator), suplai DC yang dihubungkan ke kumparan rotor melalui slip ring dan sikat untuk menghasilkan medan magnet merupakan eksitasi daya rendah. Jika rotor menggunakan magnet permanen, maka tidak slip ring dan sikat karbon tidak begitu diperlukan.[4]

D. Generator Sinkron

Generator sinkron adalah mesin pembangkit listrik yang mengubah energi mekanik sebagai input menjadi energi listrik sebagai output. Tegangan output dari generator sinkron adalah tegangan bolak-balik, karena itu, generator sinkron disebut juga generator AC. Pada generator sinkron, konstruksinya yaitu kumparan jangkar disebut juga kumparan stator karena berada

pada tempat yang tetap, sedangkan kumparan rotor bersama-sama dengan kutub magnet diputar oleh tenaga mekanik.

Prinsip generator ini secara sederhana dapat dijelaskan bahwa tegangan akan diinduksikan pada konduktor apabila konduktor tersebut bergerak pada medan magnet sehingga memotong garis-garis gaya. Hukum tangan kanan berlaku pada generator dimana menyebutkan bahwa terdapat hubungan antara penghantar bergerak, arah medan magnet, dan arah resultan dari aliran arus yang terinduksi. Secara singkat prinsip kerja dari generator sinkron dapat dinyatakan sebagai berikut :

1. Rotor disuplai dengan arus DC I_f yang kemudian menghasilkan fluks magnet ϕ_f .
2. Rotor digerakkan oleh turbin dengan kecepatan konstan sebesar n_s .
3. Garis gaya magnet bergerak menginduksi kumparan pada stator.
4. Frekuensi dari tegangan generator tergantung dari kecepatan putaran rotor

$$f = \frac{P}{2} \times \frac{n}{60} = \frac{p \cdot n}{120} \tag{1}$$

Dimana :

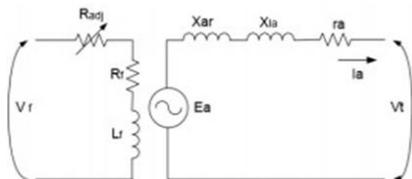
f = frekuensi (Hz)

p = jumlah kutub

n = kecepatan putaran rotor (rpm)

Bila generator diberi beban yang berubah – ubah maka besarnya tegangan terminal V_t akan berubah – ubah pula. Hal ini disebabkan adanya :

1. Jatuh tegangan karena resistansi jangkar (R_a)
2. Jatuh tegangan karena reaktansi bocor jangkar (X_L)
3. Jatuh tegangan karena reaksi Jangkar

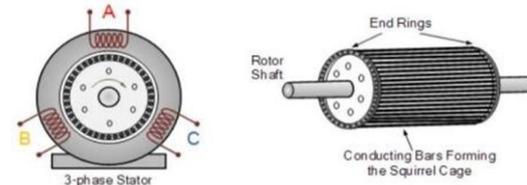


Gbr. 1 Rangkaian Ekuivalen Generator Sinkron

E. Generator Asinkron

Generator asinkron merupakan mesin listrik arus bolak balik (AC) yang paling luas digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa generator ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke statornya, dimana arus rotor generator ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (rotating

magnetic field) yang dihasilkan oleh arus stator. Generator asinkron sangat banyak digunakan di dalam kehidupan sehari-hari baik di industri maupun di rumah tangga. Generator asinkron / induksi yang umum dipakai adalah generator asinkron 3-fase. Generator Asinkron 3-fase dioperasikan pada sistem tenaga 3-fase dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri.[5]



Gbr. 2 Komponen Generator Asinkron Tiga Fasa

Prinsip kerja generator asinkron adalah kebalikan dari pada saat mesin induksi bekerja sebagai motor. Ketika mesin berfungsi sebagai motor, kumparan stator diberi tegangan tiga fasa sehingga akan timbul medan putar dengan kecepatan sinkron (n_s). Namun jika motor berfungsi sebagai generator, pada rotor motor diputar oleh sumber penggerak dengan kecepatan lebih besar dari pada kecepatan sinkronya. Bila suatu konduktor yang berputar didalam medan magnet (kumparan stator) akan membangkitkan tegangan.[5]

$$e = B.l.v \tag{2}$$

Dimana :

e = tegangan induksi yang dihasilkan (volt)

B = fluks magnetik (weber)

l = panjang konduktor yang dilewati medan magnet (m)

v = kecepatan medan magnet melewati konduktor (m/s)

III. METODOLOGI

A. Langkah-langkah Simulsi

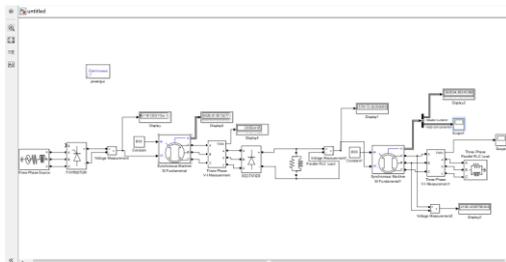
Adapun langkah-langkah simulasi pada matlab simulink dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Memulai Program Matlab

Platform *Microsoft Windows*, untuk awal menjalankan aplikasi Matlab dapat dilakukan dengan *double-click* pada shortcut icon Matlab pada desktop windows. Lalu jika pada platform UNIX, untuk memulai program Matlab, dapat dituliskan matlab pada prompt sehingga akan terbuka desktop dari MATLAB, kemudian pemakai dapat mengubah *directory* (folder) aktif dimana file-file kerja yang sudah dilakukan lalu ditempatkan.

2. Membuat Perancangan Di Simulink

3.

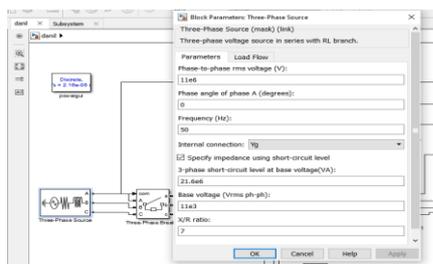


Gbr. 3 Matlab Simulink

Salah satu file yang penting didalam icon file pada matlab adalah simulink, file ini merupakan file program yang dapat dijalankan dalam lingkungan Matlab, karena itulah dalam simulink, terisi perintah-perintah Matlab yang secara kesatuan menjalankan suatu tugas tertentu. Program ini berguna untuk menggambar fungsi kuadrat m yang disimpan dalam suatu Simulink, misalnya dengan nama kuadrat m, tinggal menuliskan kuadrat m pada command windows, sehingga file itu dapat dijalankan.

4. Memasukkan Blok Parameter Yang Dibutuhkan

Dengan memasukkan data yang telah di peroleh di lapangan dan membuat pengujian data peritem seperti generator, tranfoemator dan beban.



Gbr. 4 Tampilan Input Data Pada Matlab Simulink

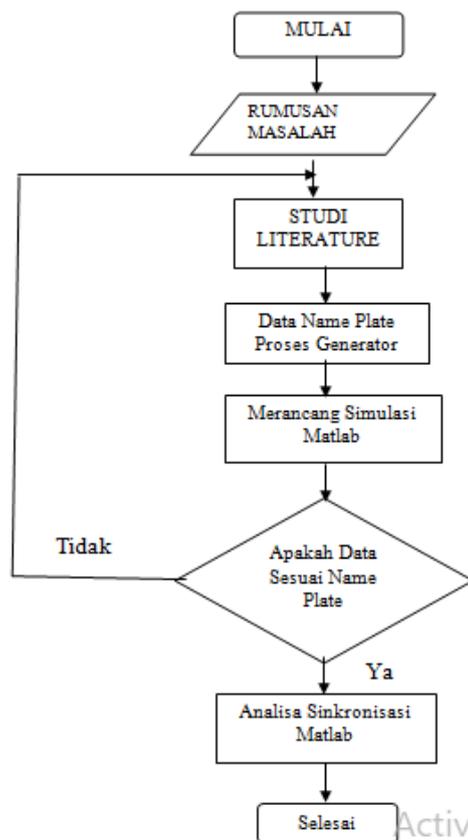
Ada pun langkah-langkah untuk membuat M-File baru pada matlab dengan cara memilih bagian *icon new file* pada menu yang ada dibagian kiri atas layar, untuk membuka M-File tersebut pengguna dapat memilih menu open file pada menu desktop Matlab disudut kiri atas layar, sedangkan untuk mengakhiri penggunaan Matlab, pilih menu Exit pada Matlab pada menu File dalam desktop, atau dapat juga menuliskan quit pada *Command Windows*.

C. Analisis Data

Metode ini digunakan untuk membuat pengujian generator PT. Sumberdaya Sewatama. PLTMG Sumbagut-2 Peaker memiliki kapasitas daya sebesar 250 MW dengan masing-masing unit pembangkit menghasilkan daya sebesar 18 MW. Dengan memparalelkan kerja dua buah generator atau lebih untuk mendapatkan daya sebesar jumlah generator

yang berada dalam kondisi standby, sehingga dengan memasukkan data yang di peroleh di lapangan untuk menguji proses sinkronisasi 2 generator dengan merangkai beberapa variabel unit dalam rangkaian di antaranya seperti generator 3 fase sebagai sumber, beban RL sebagai object suplay tegangan, Thyristor sebagai saklar, rectifier penyearah arus dc menjadi ac, serta scope untuk menampilkan sinyal sedangkan display untuk menampilkan tegangan keluaran, sehingga dapat mengeluarkan beberapa parameter respon dari simulink matlab diantaranya Sudut penyalaan thyristor paling besar terjadi pada saat keadaan normal dengan nilai beban 250MW dan tegangan eksitasi, tegangan supply generator dengan RPM 600 sedangkan Sudut penyalaan thyristor paling kecil terjadi pada saat GTG pabrik 1 dan GTG pabrik 2 mengalami gangguan secara bersamaan dengan nilai beban 18 MW dan tegangan eksitasi menghasilkan tegangan suplay yang Mampu mengoperasikan generator tanpa gangguan.

D. Langkah Penelitian



Gbr. 5 Flowchart

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Pengujian Sinkronisasi Generator

1. Data dan Parameter Untuk Simulasi

Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Sumbagut-2 Peaker yang berada di Desa Meriah Paloh Lhokseumawe dibangun oleh Consorsium PT. Wijaya Karya Persero Tbk, TSK Electronica Y Electrucidad. S. A, Spanyol dan PT. Sumberdaya Sewatama. PLTMG Sumbagut-2 Peaker memiliki kapasitas daya sebesar 250 MW dengan masing-masing unit pembangkit menghasilkan daya sebesar 18 MW. Total unit pembangkit pada PLTMG ini berjumlah 13 unit yang berada dalam kondisi standby.

2. Proses Simulasi

Setelah data-data diperlukan didapat maka dilakukan simulasi dengan matlab simulink untuk pengujian sinkronisasi 2 generator dengan menggunakan kapasitas daya 18 MW dan 250 MW sehingga menghasilkan daya lebih besar. Proses pengujian dilakuakn dengan cara memasukkan data data yang telah di tentukan di PT. Sumberdaya Sewatama. PLTMG Sumbagut-2 Peaker sehingga pengujian diharapkan sama dengan kapasitas yang terjadi di lapangan.

Pada proses perancangan simulasi di gunakan beberapa item untuk membuat rangkaian tersebut sehingga mampu mensinkronisasi dua generator untuk menghasilkan daya lebih besar, diantara ya adalah generator 3 phasa sebagai sumber, beban RL sebagai object suplay tegangan, Thyristor sebagai saklar, rectifier penyearah arus dc menjadi ac, serta scope untuk menampilkan sinyal sedangkan display untuk menampilkan tegangan keluaran.

B. Hasil Simulasi

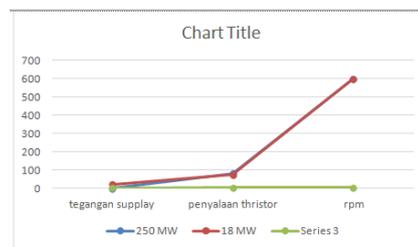
Setelah dilakukan simulasi sinkronisasi generator menggunakan matlab simulink maka didapat hasil pengujian sinkronisasi generator 250 MW dengan 18 MW.

Tabel I
Data Hasil Peneuiian Sinkronisasi Generator

Beban Generator	250 MW	18 MW
Tegangan eksitasi	2174	192,7
Tegangan Suplay	7,14 kV	20,92 kV
Penyalaaan thristor	81, 01°	74, 01°
Putaran.RPM	600 RPM	600 RPM
Kondisi generator	Mampu	Mampu

Hasil sinkronisasi menggunakan matlab, tujuan sinkronisasi 2 generator tersebut untuk menghasilkan daya lebih besar, sehingga masing masing generator mampu untuk mensuplay tegangan sesuai dengan

kebutuhan beban, pada hasil pengujian generator 250 MW dapat menghasilkan tegangan eksitasi sebesar 2174 VDC dengan tegangan supply 7,14 KV dan sudut pengatur kecepatan rotor 81,01, sedangkan pada hasil pengujian generator 18 MW dapat menghasilkan tegangan eksitasi sebesar 192,7 VDC dan tegangan keluaran sebesar 20,92 kv hal itu di pengaruhi oleh rangkaian eksitasi dan impedanasi dalam rangkaian pengujian simulasi matlab sehingga pada pengujian 2 generator tersebut mampu mensuplay tegangan ke beban.



Gbr.6 Grafik pengujian sinkronisasi generator

Sudut penyalaaan thyristor paling besar terjadi pada saat keadaan normal yaitu 81,01 ° dengan nilai beban 250 MW dan tegangan eksitasi 2174 VDC, tegangan supply generator 7,14 kV dengan RPM 600 sedangkan sudut penyalaaan thyristor paling kecil terjadi pada saat GTG pabrik 1 dan GTG pabrik 2 untuk mengatur kecepatan secara bersamaan 70,01° dengan nilai beban 18 MW dan tegangan eksitasi 192,7 VDC menghasilkan tegangan suplay 20,92 kV mampu mengoperasikan generator tanpa gangguan.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa pada simulasi sinkonisasi generator menggunakan matlab simulink, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Sudut penyalaaan thyristor paling besar terjadi pada saat keadaan normal yaitu 81,01 ° dengan nilai beban 250 MW dan tegangan eksitasi 2174 VDC, tegangan supply generator 7,14 kV dengan RPM 600.
2. Sedangkan sudut penyalaaan thyristor paling kecil terjadi pada saat GTG pabrik 1 dan GTG pabrik 2 mengalami gangguan secara bersamaan 70,01° dengan nilai beban 18 MW dan tegangan eksitasi 192,7 VDC menghasilkan tegangan suplay 20,92 kV Mampu mengoperasikan generator tanpa gangguan.

REFERENSI.

- [1] Wahyu Sunarlik. 2014. **Studi Tentang Generator.**
- [2] Edwin Saputra. 2016. **Studi System Sinkronisasi Generator Secara Otomatis Di PT. Pertamina.**
- [3] Manual Book . 2019. **Pengoperasian Engine Gas Generator pada PT Sewatama.**
- [4] Basri, Hasan. 2007. **Proteksi Sistem Tenaga Listrik.** Jakarta: penerbit ISTN.
- [5] S.L. Bahtia. 2016. **Electrical Engineering.** Khana Publishers, Dehlia 0110006, 1089.