

SIMULASI PARALEL GENERATOR SECARA OTOMATIS PADA KAPAL STAR-50 / BSBC 50.000 DWT DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN SOFTWARE LABVIEW 8.5

Firmansyah Putra Agung Ma'arif

Mahasiswa Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS

Abstrak

Paralel generator merupakan salah satu sistem pembangkit energi listrik yang banyak digunakan pada bidang marine. Paralel generator dapat dijalankan karena adanya sistem kontrol dan pengendalian yang mengatur dua atau lebih generator yang akan diparalelkan. Optimalisasi dalam sistem kontrol paralel generator sudah banyak dilakukan diantaranya dengan menggunakan power management sistem yang dibuat melalui berbagai macam bahasa pemrograman dan software otomatisasi. Namun, penggunaan software dengan berbagai macam bahasa pemrograman tertentu kurang menarik untuk disimulasikan dalam keadaan visual seperti kondisi sebenarnya walupun hasil data yang didapat sama. Karena itu digunakanlah suatu sistem alternatif virtual instrument LabVIEW 8.5 yang dikembangkan untuk pengukuran di bidang perindustrian, eksperimen, ataupun pendidikan dan aplikasi otomasi yang berdasarkan pemrograman secara gambar dan berbeda dengan pemrograman secara teks. Akan tetapi, pemrograman secara teks juga bisa dilakukan. LabVIEW 8.5 mempunyai banyak fungsi-fungsi untuk analisa numerik, design, dan menggambarkan hasil data. Pada skripsi ini akan dilakukan simulasi dan analisa mengenai paralel generator secara otomatis dengan menggunakan software LabVIEW 8.5, sehingga memudahkan operator dalam pengoperasian. Analisa yang dilakukan pada tiga buah generator paralel dengan daya masing-masing 740 kW, didapatkan load factor yang digunakan pada setiap kondisi berkisar antara 60% - 86%. Selain itu juga didapatkan waktu dan besar beban ilustrasi load generator saat starting paralel. Sehingga didapatkan data dengan masing – masing load factor sebesar 84% berlayar, 81% manuvering, 66% loading unloading, 85% bersandar. Dan lebih dari 85% beban generator untuk starting paralel generator. Selanjutnya sebagai hasil akhir akan dilakukan pemodelan block diagram dan disimulasikan dengan tampilan front panel.

Kata Kunci: Paralel Generator, Simulasi, Software, LabVIEW 8.5

Abstract

Parallel generator is one of the electrical energy generating system which is widely in marine used. Parallel generators can be run because of the control systems that regulate and control two or more generators to be paralleled. Optimization of the parallel generator control system has done a lot of them using the power management system that made various programming languages and software automation. However, used software with a variety of specific programming languages are less attractive to be simulated in a state such as visual actual conditions even though the data obtained the same results. Because it is used an alternative system of LabVIEW 8.5 virtual instrument was developed for measurements in the field of industrial, experimental, or educational and automation applications are based on the image and different programming with programming in the text. However, programming in the text can also be done. LabVIEW 8.5 has many functions for numerical analysis, design, and describes the results of the data. In this thesis will be conducted simulations and analysis on parallel generator automatically using the software LabVIEW 8.5, making it easier for operators in the operation. Analysis carried out in parallel with the three power generators each of

740 kW, obtained load factor used in each condition ranged between 60% - 86%. It also gained time and great expense when starting illustrations parallel load generator. So that the data obtained with each amounting to 84% load factor normal at sea, 81% maneuvering, 66% loading unloading, 85% in port. And more than 85% load generator for starting parallel generators. Furthermore, as the end result will be modeling the block diagram and simulated with the front panel display.

Key Word : Parallel Generator, Simulation, Software, LabVIEW 8.5

I. Introduction

I.1 Umum

Salah satu bagian besar dari sistem tenaga listrik adalah stasiun pembangkit tenaga listrik. Stasiun pembangkit tenaga listrik tersebut dapat berupa generator yang digerakkan dengan tenaga gas, tenaga air, tenaga diesel dan lain sebagainya. Pokok utama dalam pengadaan sistem tenaga listrik adalah bagian dari pembangkitnya atau dalam hal ini generatornya. Apabila suatu sistem pembangkit terganggu, maka seluruh sistem tenaga listrik akan terhenti pengoperasiannya.

Penyebab gangguan pada sistem pembangkit terdiri atas dua bagian yaitu:

1. Gangguan dari luar generator, yaitu gangguan dalam sistem yang dihubungkan generator.
2. Gangguan di dalam generator.
3. Gangguan pada mesin penggerak generator.

Dari ketiga jenis gangguan di atas, bila salah satu generator yang bekerja secara paralel mengalami gangguan, kemungkinan besar generator yang sedang beroperasi tidak sanggup lagi untuk memikul beban keseluruhannya. Oleh sebab itu diperlukan perhitungan besarnya beban yang harus diputuskan secara tiba-tiba agar dapat diperoleh kestabilan sistem. Dalam hal ini, pemutusan beban diusahakan berlangsung secara otomatis dan dengan waktu yang relatif singkat.

I.2 Prinsip Kerja Generator

Generator serempak (sinkron) adalah suatu penghasil tenaga listrik dengan landasan hukum Faraday. 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. Untuk dapat terjadinya gaya gerak listrik (GGL) tersebut diperlukan dua kategori masukan, yaitu:

1. Masukan tenaga mekanis yang akan dihasilkan oleh penggerak mula (*prime mover*).
2. Arus masukan (I_f) yang berupa arus searah yang akan menghasilkan medan magnet yang dapat diatur dengan mudah.

Di bawah ini akan dijelaskan secara sederhana cara pembangkitan listrik dari sebuah generator.



Gambar 1.1 Sistem Pembangkitan generator

dimana :

- | | |
|-------------|-------------------|
| I_f | : arus medan |
| U – S | : Kutub Generator |
| Sumbu Putar | : Poros generator |
| Φ | : Fluks medan |

Apabila rotor generator diputar pada kecepatan nominalnya, dimana putaran tersebut diperoleh dari putaran penggerak mulanya (*prime mover*), kemudian pada kumparan medan rotor diberikan arus medan sebesar I_f , maka garis-garis fluksi yang dihasilkan melalui kutub-kutub inti akan menghasilkan tegangan induksi pada kumparan jangkar stator sebesar :

$$E_a = C \cdot n \cdot \Phi$$

dimana :

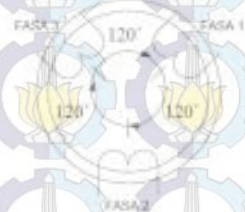
E_a : Tegangan induksi yang dibangkitkan pada jangkar generator

C : Konstanta

n : Kecepatan putar

Φ : Fluksi yang dihasilkan oleh arus penguat (arus medan)

Apabila generator digunakan untuk melayani beban, pada kumparan jangkar generator akan mengalir arus. Untuk generator 3 fasa, setiap belitan jangkar akan memiliki beda fasa sebesar 120° .

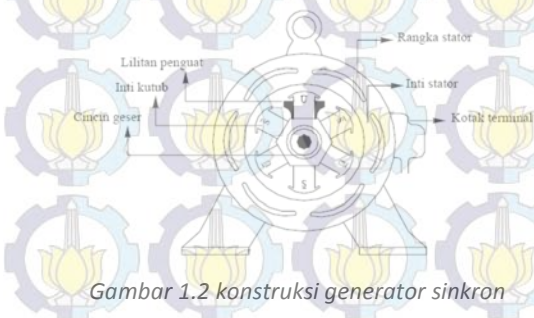


Gambar 1.1 Kumparan 3 Fasa

1.3 Konstruksi Generator

Generator terdiri dari dua bagian utama, yaitu :

1. Bagian yang diam (stator).
2. Bagian yang bergerak (rotor).



Gambar 1.2 konstruksi generator sinkron

A. Bagian yang diam (Stator)

Bagian yang diam (stator) terdiri dari beberapa bagian, yaitu:

1. Inti stator.

Bentuk dari inti stator ini berupa cincin laminasi-laminasi yang diikat serapat mungkin untuk menghindari rugi-rugi arus eddy (*eddy current losses*). Pada inti ini terdapat slot-slot untuk menempatkan konduktor dan untuk mengatur arah medan magnetnya.

2. Belitan stator.

Bagian stator yang terdiri dari beberapa batang konduktor yang terdapat di dalam slot-slot dan ujung-ujung kumparan. Masing-masing slot dihubungkan untuk mendapatkan tegangan induksi.

3. Alur stator.

Merupakan bagian stator yang berperan sebagai tempat belitan stator ditempatkan.

4. Rumah stator.

Bagian dari stator yang umumnya terbuat dari besi tuang yang berbentuk silinder. Bagian belakang dari rumah stator ini biasanya memiliki sirip-sirip sebagai alat bantu dalam proses pendinginan.

B. Bagian yang Bergerak (Rotor)

Rotor adalah bagian generator yang bergerak atau berputar. Antara rotor dan stator dipisahkan oleh celah udara (*air gap*). Rotor terdiri dari dua bagian umum, yaitu:

1. Inti kutub
2. Kumparan medan

Pada bagian inti kutub terdapat poros dan inti rotor yang memiliki fungsi sebagai jalan atau jalur fluks magnet yang dibangkitkan oleh kumparan medan. Pada kumparan medan ini juga terdapat dua bagian, yaitu bagian penghantar sebagai jalur untuk arus pemacuan dan bagian yang diisolasi. Isolasi pada bagian

ini harus benar-benar baik dalam hal kekuatan mekanisnya, ketahanannya akan suhu yang tinggi dan ketahanannya terhadap gaya sentrifugal yang besar.

Konstruksi rotor untuk generator yang memiliki nilai putaran relatif tinggi biasanya menggunakan konstruksi rotor dengan kutub silindris atau "cylindrica poles" dan jumlah kutubnya relatif sedikit (2, 4, 6). Konstruksi ini dirancang tahan terhadap gaya-gaya yang lebih besar akibat putaran yang tinggi.

Untuk putaran generator yang relatif rendah atau sedang (kurang dari 1000 rpm), dipakai konstruksi rotor dengan kutub menonjol atau "salient pole" dengan jumlah kutub-kutub yang relatif banyak.

Pada prinsipnya, salah satu dari penghantar atau kutub-kutub ini dibuat sebagai bagian yang tetap sedangkan bagian-bagian yang lainnya dibuat sebagai bagian yang berputar.

I.4 Pengaturan Putaran

Putaran adalah salah satu faktor yang penting yang memberi pengaruh besar terhadap tegangan yang timbul oleh arus bolak-balik (*alternating current*). Frekuensi listrik yang dihasilkan oleh generator sinkron harus sebanding dengan kecepatan putar generator tersebut. Dalam hal ini, rotor sebagai bagian yang bergerak terdiri atas rangkaian-rangkaian elektromagnet dengan arus searah (DC) sebagai sumber arusnya. Medan magnet rotor akan bergerak sesuai dengan arah putaran rotor. Untuk menjaga putaran tetap konstan, maka pada penggerak mula (*prime mover*) dilengkapi governor. Governor itu sendiri adalah suatu alat yang berfungsi mengatur putaran tetap konstan pada keadaan yang bervariasi.

Besar kecepatan putaran generator dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$n = \frac{120 \cdot f}{p}$$

dimana :

n : kecepatan putaran (rpm)

f : frekuensi (Hz)

p : jumlah kutub

Tegangan dan arus bolak-balik (AC) yang dihasilkan oleh generator umumnya mempunyai frekuensi diantara 50 Hz – 60 Hz. Untuk menentukan jumlah pasang kutub (p) atau kecepatan putar rpm (n), besarnya frekuensi harus sebanding dengan jumlah kutub dan kecepatan putarannya.

I.5 Pengaturan Tegangan

Tegangan generator sinkron dalam keadaan berbeban akan lebih rendah nilainya daripada tegangan generator sinkron dalam keadaan tanpa beban. Nilai relatif, yaitu nilai selisih antara tegangan dalam keadaan berbeban penuh dengan keadaan tanpa beban biasanya disebut dengan regulasi tegangan atau *voltage regulation* (VR).

$$VR = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100\%$$

dimana:

VR = regulasi tegangan (*voltage regulation*)

VNL = tegangan tanpa beban (*no load voltage*)

VFL = tegangan beban penuh (*full load voltage*)

Generator-generator sekarang dirancang dan dibuat untuk tegangan yang bervariasi akibat dari adanya variasi arus jangkar atau variasi beban yang menimbulkan turunnya tegangan (*voltage drop*) pada kumparan jangkar yang bervariasi pula. Jatuhnya tegangan impedansi tersebut tergantung kepada besar arus dan faktor daya beban. Dengan pengaturan arus eksitasi, tegangan

dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Untuk menaikkan tegangan, arus eksitasi dapat ditambah dan berlaku juga sebaliknya.

Yang dimaksud dengan eksitasi atau biasa disebut sistem penguatan adalah suatu perangkat yang memberikan arus penguat (I_f) kepada kumparan medan generator arus bolak-balik (*alternating current*) yang dijalankan dengan cara membangkitkan medan magnetnya dengan bantuan arus searah.

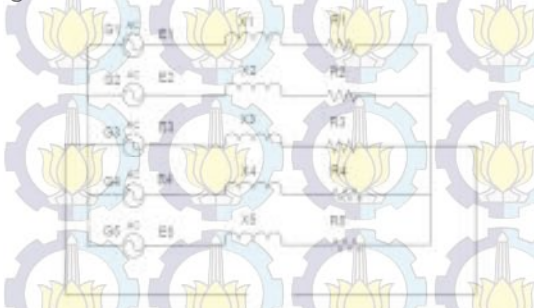
1.6 Operasi Paralel Generator

Operasi paralel pusat-pusat tenaga listrik pada dasarnya merupakan perluasan kerja paralel satu generator dengan generator lain dengan tambahan resistansi dan reaktansi saluran-saluran interkoneksi yang biasa disebut sinkronisasi.

Dalam melakukan sinkronisasi generator harus memenuhi beberapa syarat, yaitu:

1. Tegangan apitan dari generator yang akan diparalelkan harus sama dengan tegangan jaringan.
2. Frekuensi generator harus sama dengan frekuensi jaringan.
3. Sudut fasa dari fasa-fasa yang dihubungkan satu sama lain harus sama besar.
4. Urutan fasa kelima generator harus sama dan urutan fasa generator yang akan diparalelkan harus sama dengan jaringan.

Dimisalkan lima generator G1, G2, G3, G4 dan G5 yang bekerja paralel seperti pada gambar berikut.



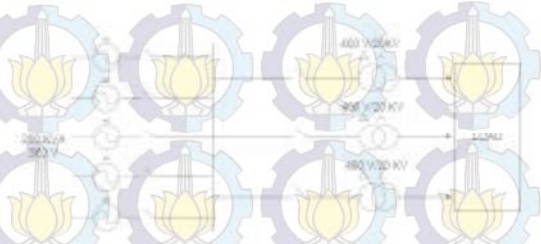
Gambar 1.4 operasi paralel lima generator

Terlihat masing-masing generator memiliki impedansi Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 dan Z_5 yang terdiri dari resistansi R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 dan X_1, X_2, X_3, X_4 dan X_5 . Gaya gerak listrik yang diinduksikan dalam masing-masing mesin adalah E_1, E_2, E_3, E_4 dan E_5 .

Besar arus sinkronisasi dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$I_s = \frac{E_r}{(Z_1 + Z_2)}$$

Misalkan kini kedua mesin hanya memiliki reaktansi mendekati nol. Arus sinkronisasi I_s akan tegak lurus terhadap GGL E_r atau sefasa dengan GGL salah satu mesin, misalkan E_2 . dalam hal ini mesin 2 akan memberi daya nyata kepada mesin 1 agar mesin dapat berjalan. Dengan demikian, dapat disimpulkan reaktansi mutlak diperlukan untuk paralel generator.



Gambar 1.5 paralel lima generator melayani beban

Adapun prosedur sinkronisasi generator-generator yang bekerja paralel dapat disusun sebagai berikut :

1. Menjalankan mesin penggerak mula (*prime mover*), kemudian tahanan R diperkecil sampai diperoleh tegangan V dan frekuensi Hz yang dikehendaki.
2. Bila tegangan V generator dan frekuensi Hz generator sama dengan tegangan jala-jala dan frekuensi jala-jala maka yang harus diperhitungkan lagi adalah membuat agar tegangan generator sefasa dengan tegangan jala-jala.
3. Untuk membuat tegangan generator sefasa dengan tegangan jala-jala maka

putaran generator harus diubah sampai mendapatkan beda fasa yang sama.

4. Bila lampu indikator PLN mati, generator telah berhasil paralel dengan jaringan (jala-jala).

1.7 Pembagian beban pada generator yang bekerja secara paralel

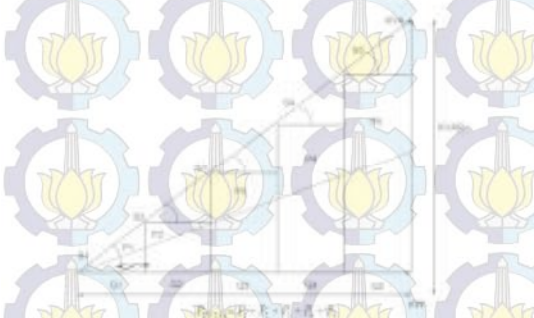
Umumnya beban listrik terdiri atas beban resistif, induktif dan kapasitif. Pembagian beban yang dimaksudkan disini dapat dikelompokkan ke dalam dua jenis yaitu pembagian beban reaktif (VAR) dan pembagian beban aktif (Watt). Jumlah vektor kedua beban tersebut adalah beban kompleks (beban semu) yang dilambangkan dengan S , dengan kata lain:

$$S = P + jQ$$

dimana:

- S = daya semu (VA atau KVA)
- P = daya aktif (Watt atau KW)
- Q = daya reaktif (VAR atau KVAR)

Besar daya dari lima generator yang bekerja paralel adalah sebagai berikut:



Gambar 1.6 pembagian antar lima generator paralel

dimana:

- P = daya aktif yang dipikul generator 1, 2, 3, 4, dan 5
- Q = daya reaktif generator 1, 2, 3, 4 dan 5
- S = daya kompleks generator 1, 2, 3, 4 dan 5
- ϕ = sudut daya generator 1, 2, 3, 4 dan 5

Dalam hal ini:

- $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5$.
- $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = Q_5$, sehingga,
- $S_1 = S_2 = S_3 = S_4 = S_5$, yang artinya daya generator sama.

Misalkan diambil dua generator yang bekerja paralel dengan karakteristik kecepatan dan beban yang tepat sama dengan suatu tegangan apitan bersama sebesar V dan dengan beban impedansi sebesar Z . Dimisalkan GGL dari generator 1 dan 2 sebesar E_1 dan E_2 dan impedansi fasa masing-masing Z_1 dan Z_2 .

Tegangan apitan generator 1 adalah :

$$V = E_1 - I_1 Z_1$$

Tegangan apitan generator 2 adalah :

$$V = E_2 - I_2 Z_2$$

Juga berlaku :

$$V = I Z = (I_1 + I_2) Z$$

Sehingga diperoleh :

$$I_1 = \frac{E_1 - V}{Z_1} \quad I_2 = \frac{E_2 - V}{Z_2}$$

Kemudian diperoleh :

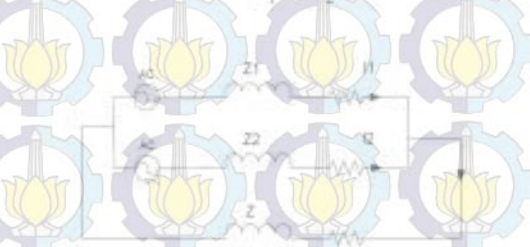
$$I_1 + I_2 = \frac{E_1 - V}{Z_1} + \frac{E_2 - V}{Z_2}$$

atau :

$$\left(\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} \right) V = \frac{E_1}{Z_1} + \frac{E_2}{Z_2}$$

atau :

$$V = \frac{\frac{E_1}{Z_1} + \frac{E_2}{Z_2}}{\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z}}$$



Gambar 1.7 pembagian beban antar dua generator

II. Methodology

Untuk membantu pelaksanaan skripsi ini, maka perlu dibuat suatu urutan metode yang menjadi kerangka acuan dalam pelaksanaan tugas skripsi ini. Kerangka ini berisi tahapan – tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan dari pengerjaan skripsi ini. Dimulai dari identifikasi masalah sampai nantinya mendapatkan kesimpulan atas pengerjaan skripsi ini.

II.1 Tahap Awal

Pada tahapan awal pengerjaan skripsi ini difokuskan pada identifikasi dan perumusan masalah yang terkait dengan pengenalan awal cara kerja *Paralel Generator*. Pemahaman teori dasar mengenai *Paralel Generator* dan segala aspek pengaruhnya terhadap perubahan tegangan, frekuensi, fasa, beban, arus, beserta karakteristiknya diperoleh dari studi literature, baik itu dari internet maupun jurnal – jurnal yang terkait

II.2 Tahap Pengumpulan Data

Untuk tahap pengumpulan data. Data yang diperlukan adalah data wiring diagram MSB, data sistem kelistrikan, dan data spesifikasi generator. Selain itu, juga dibutuhkan data – data mengenai sistem PMS (power Management System) yang digunakan beserta karakteristik dan cara kerjanya. sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk pemodelan Block diagram pada simulasi program.

II.3 Pembuatan Model Simulasi & Running Program Simulasi

Bagian ini dilakukan dengan merencanakan bentuk sistem pengaturan yang akan digunakan seperti : pembuatan database, pembuatan algoritma perhitungan, block diagram, dan skenario program. Model yang akan dibuat adalah model dari otomatis paralel generator itu sendiri beserta daya setiap komponen listrik yang diusahakan sama dengan kondisi yang sebenarnya. Dalam

proses pemodelan ini, software yang dapat digunakan adalah LabVIEW 8.5 model akan disimulasikan dalam bentuk front panel 2D yang menarik dan memungkinkan untuk diimplementasikan secara real.

II.4 Analisa Load Factor Generator & Load Dependent Starting Generator

Selanjutnya dari hasil simulasi diatas kita dapat menganalisa besar load factor generator pada setiap kondisi (normal at sea, manuvering, loading & unloading, port). Selanjutnya juga dianalisa besar load dependent starting generator beserta waktu yang dibutuhkan untuk persiapan dan memulai starting paralel generator.

II.5 Penarikan Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan analisa baik itu besarnya analisa load factor generator & load dependent starting generator, dapat ditarik kesimpulan untuk sistem *paralel generator otomatis* dapat diaplikasikan sebagai alternatif sistem kontrol paralel generator yang lebih mudah, efektif, dan efisien jika digunakan di dunia marine. Jikapun hasilnya meleset maka perlu diberikan saran untuk membuat sistem itu bekerja lebih optimal.

III. Analysis

III.1 Perhitungan Continous Load & Intermitten Load

Perhitungan tersebut dibagi menjadi tiga bagian yaitu, Machinery Part, Hull Part, dan Electrical Part. Setiap part mempunyai nilai continous load dan intermitten load tergantung dari banyaknya komponen listrik yang bekerja dan besarnya daya yang digunakan.

Untuk menentukan rata-rata besarnya daya yang akan di supply generator pada setiap kondisinya, yang perlu diperhatikan adalah daya input pada setiap peralatan dan besarnya load factor pada setiap komponen listrik itu bekerja.

Dalam hal ini ada beberapa rumus yang dipakai antara lain :

$$input = \frac{output}{\eta}$$

Dimana :
input = daya masukan komponen listrik
output = daya keluar komponen listrik
 η = efisiensi peralatan listrik

Selain itu, untuk menentukan besarnya Load Factor setiap peralatan dapat dilihat pada lampiran. Kemudian langkah selanjutnya adalah menentukan apakah setiap peralatan tersebut tergolong Continuous Load atau Intermitten Load. Sehingga didapatkan nilai Continuous Load dan Intermitten Load berdasarkan rumusan di bawah ini :

$$CL = LF \times n \times input$$

atau

$$IL = LF \times n \times input$$

Dimana : CL = continuous load
IL = intermitten load
LF = load factor peralatan
n = jumlah set yang bekerja
input = daya masukan komponen listrik

III.2 Perhitungan Estimasi Load Generator

Perhitungan berikut ini ditujukan untuk mencari estimasi load factor generator pada setiap kondisinya. Dimana nilai load factor generator tidak boleh kurang dari 60% dan tidak boleh lebih dari 86%. Nilai tersebut lebih dikarenakan untuk mencari tingkat efektifitas efisiensi generator sehingga besarnya daya yang dihasilkan generator tidak ada yang terbuang percuma atau dengan kata lain daya terpakai sepenuhnya sesuai kebutuhan.

Dalam hal ini beberapa rumusan yang dipakai untuk mendapatkan nilai load factor generator antara lain :

$$e = 0,6 \times d$$

Dimana : e = factor diversitas
d = intermitten

factor diversitas sering juga disebut sebagai factor kebersamaan, adalah factor yang merupakan perbandingan antara total daya keseluruhan peralatan yang ada dengan total daya yang dibutuhkan untuk setiap satuan waktu.

$$f = e + CL$$

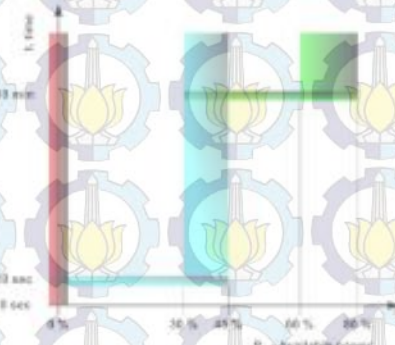
Dimana : f = total load
e = factor diversitas
CL = total continous load

Dari hasil perhitungan kedua rumus diatas maka akan didapatkan nilai total load berdasarkan continous load dan intermitten load pada setiap kondisinya. Sehingga nilai tersebut dapat dipakai sebagai acuan untuk mendapatkan prosentase load factor generator. Nilai load factor generator didapatkan menurut rumusan di bawah ini :

$$Load\ Factor\ Generator = \frac{f}{Q} \times 100\%$$

Dimana : f = total load
Q = kapasitas total daya generator yg bekerja

III.3 Perhitungan Load dependent starting of the engine



Gambar 3.1 Load dependent starting of the engine

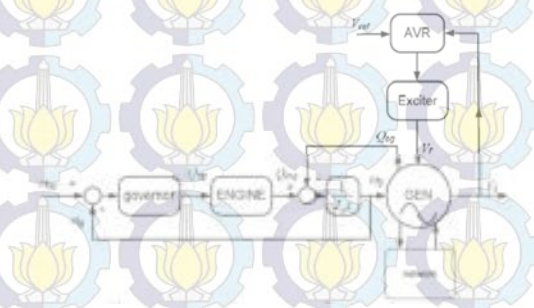
Number of Gen Connect	Generator Load	Available Power (Power Reverse)	Time Delay to Initiate The Starting Sequence
1	40%	1 x 60% = 60%	10 min
	45%	1 x 55% = 55%	10 min
	50%	1 x 50% = 50%	10 min
	55%	1 x 45% = 45%	10 min
2	70%	2 x 30% = 60%	10 min
	75%	2 x 25% = 50%	10 min
	80%	2 x 20% = 40%	10 min
3	81%	2 x 19% = 38%	10 min
	75%	3 x 25% = 75%	-
	78%	3 x 22% = 66%	-
3	81%	3 x 19% = 57%	-
	84%	3 x 16% = 48%	-
	81%	3 x 19% = 57%	-
Number of Gen Connect	Generator Load	Available Power (Power Reverse)	Time Delay to Initiate The Starting Sequence
1	66%	1 x 34% = 34%	10 sec
	69%	1 x 31% = 31%	10 sec
	72%	1 x 28% = 28%	10 sec
	75%	1 x 25% = 25%	10 sec
2	82%	2 x 18% = 36%	10 sec
	85%	2 x 15% = 30%	10 sec
	88%	2 x 12% = 24%	10 sec
3	91%	2 x 9% = 18%	10 sec
	85%	3 x 15% = 45%	-
	88%	3 x 12% = 36%	-
3	91%	3 x 9% = 27%	-
	94%	3 x 6% = 18%	-
	91%	3 x 9% = 27%	-
Number of Gen Connect	Generator Load	Available Power (Power Reverse)	Time Delay to Initiate The Starting Sequence
1	105%	0%	Immediately
2	105%	0%	Immediately
3	105%	0%	-

Tabel 3. 1 Load Dependent Generator Starting (Illustrative)

Pada gambar 5.1 dan tabel 4.1 diatas dijelaskan bahwa waktu tunggu untuk starting generator di ilustrasikan pada saat berlayar. Waktu tunggu untuk persiapan starting generator berikutnya tergantung pada beban terbesar pada saat berlayar yaitu 83 kW dengan dipertimbangkan 3x arus start maka

memerlukan sekitar 34% dari kapasitas total generator. Sehingga untuk persiapan starting 10 menit jika total daya yang tersedia berkisar antara 60% - 80%, starting 10 detik jika total daya yang tersedia berkisar antara 30% - 45% dan dengan seketika generator akan starting jika total daya yang tersedia 0%.

III.3 Pembuatan Program Simulasi

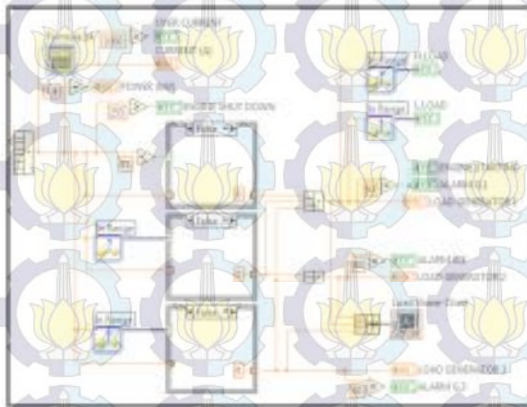


Gambar 3.2 Control Structure of Generating-Set

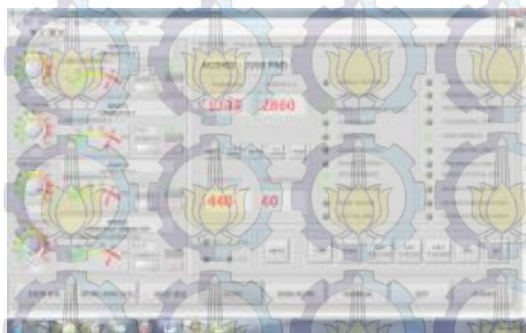
Paralel generator secara otomatis dapat dimodelkan dengan berbagai cara dan dapat disimulasikan dengan berbagai cara. Dalam pengerjaan skripsi ini pemodelan menggunakan software LabVIEW yang digunakan untuk simulasi paralel generator secara otomatis berdasarkan objek kapal yang ditinjau yaitu STAR-50 BSBC 5000 DWT. Pada kapal ini sistem Otomasi nya menggunakan PMS (Power Management System) dengan tipe ACONIS 2000. Untuk desain front panel disesuaikan dengan bentuk series PMS nya beserta tambahan-tambahan unsur lain yang mendukung agar hasil running simulasi dapat diterima dengan mudah dan jelas.

Perangkat lunak LabVIEW 8.5 merupakan sebuah sistem yang dikembangkan untuk pengukuran di bidang perindustrian, eksperimen, ataupun pendidikan dan aplikasi otomasi yang berdasarkan pemrograman secara gambar dan berbeda dengan pemrograman secara teks. Akan tetapi, pemrograman secara teks juga bisa dilakukan di LabVIEW 8.5. LabVIEW 8.5 mempunyai banyak fungsi-fungsi untuk analisa numerik, design, dan menggambarkan hasil data.

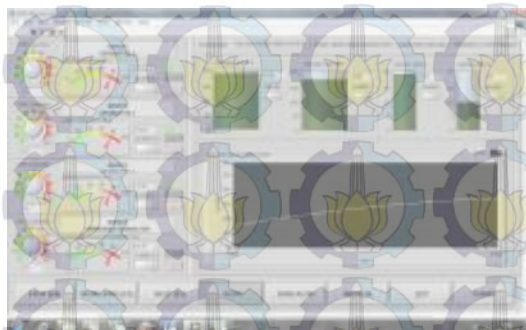
LabVIEW 8.5 mempunyai beberapa toolkit dan modul untuk analisa dan design kontrol, pengolahan sinyal, identifikasi sistem, matematika, simulasi, dan lain-lain. Pada gambar dibawah ini akan ditunjukkan tampilan block diagram dan front panel saat simulasi dijalankan.



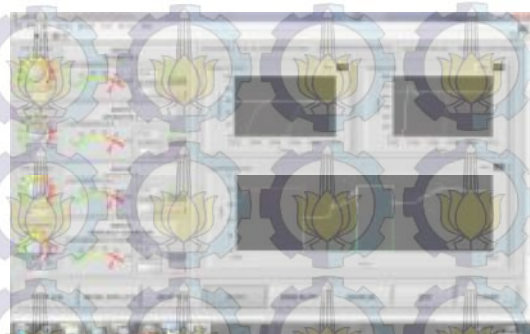
Gambar 3.3 Block Diagram Load Sharer Paralel Generator



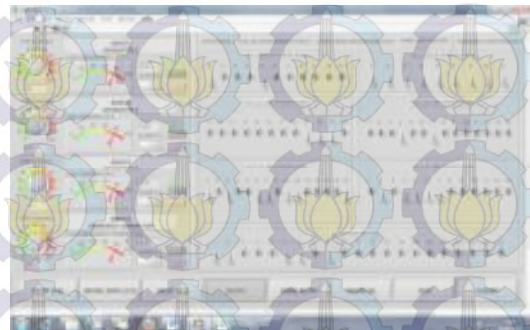
Gambar 3.4 Running Aconis – 2000 PMS



Gambar 3.5 Running Fuel Oil Monitoring System



Gambar 3.6 Running Chart Synchronizing



Gambar 3.7 Running MSB



Gambar 3.8 Running ESB

IV. Conclusion and Suggestion

IV.1 Kesimpulan

Setelah melalui serangkaian proses analisa, perhitungan, pemodelan, dan simulasi didapatkan beberapa poin kesimpulan dari *Simulasi Paralel Generator Secara Otomatis Pada Kapal STAR-50 / BSBC 50.000 DWT Dengan Menggunakan Pendekatan Software LabVIEW 8.5*, yaitu :

1. *Automatic Paralel Generator*

merupakan salah satu dari sistem pengendalian yang dibuat untuk mempermudah kerja operator dalam mengoperasikan paralel generator. Sehingga perlu adanya Power Management System yang mengatur perubahan indikator dalam memparalelkan generator tersebut. Dalam skripsi ini menggunakan ACONIS – 2000 PMS sebagai sistem otomatis yang bekerja mengatur indikator agar sesuai dengan nilai yang kita inginkan, yaitu :

- a. AVR *Automatic Voltage Regulator* yang mengatur besarnya Voltage.
- b. *Governor* yang mengatur banyak sedikitnya konsumsi bahan bakar agar frekuensi dapat tercapai dalam keadaan konstan.
- c. *Automatic start paralel* saat terjadi beban yang melebihi kapasitas generator.
- d. *Automatic Load Sharer* pada beban generator agar beban yang ditanggung seimbang.
- e. Sistem monitor otomatis perbedaan fasa dan urutan fasa.
- f. Sistem preferential trip sebagai pendeteksi adanya beban yang secara tiba-tiba naik
- g. Heavy consumer sebagai pendeteksi adanya beban berkapasitas besar yang akan masuk, sehingga sistem automatic bekerja untuk mempersiapkan kebutuhan beban yang akan diminta sebelum beban berkapasitas besar tersebut dinyalakan.

2. Generator berstandar marine use disyaratkan mampu dijalankan hingga 110% dari daya nominalnya selama 2 jam dan besarnya prosentase emergency pada saat mulai diparalelkan adalah melebihi 85% dari kapasitas daya generator.

3. Untuk menyalakan main generator sebagai pemasok kebutuhan listrik terlebih dahulu harus menyalakan emergency generator terlebih dahulu. Nantinya emergency generator tersebut akan digunakan untuk menyalakan kebutuhan starting diesel generator seperti priming pump, compressed air, dan cooling system.

4. Ilustrasi load starting generator dilihat pada saat berlayar dan disesuaikan dengan besar arus start pada beban terbesar, hal itu dikarenakan agar pemanfaatan daya generator lebih efisien. Berikut adalah hasil ilustrasinya :

	10 min	10 sec
G.1	40%	66%
G.2	70%	82%
G.3	75%	85%

Tabel 5. 1 Delay & Load Starting Paralel

Dengan melihat tabel diatas, maka dapat disimpulkan bahwa waktu starting paralel untuk 1 generator beroperasi menjadi 2 generator adalah 10 menit jika beban generator melebihi 40% dan starting paralel 10 detik jika beban generator melebihi 66% dan waktu starting paralel untuk 2 generator beroperasi menjadi 3 generator adalah 10 menit jika beban generator melebihi 70% dan starting paralel 10 detik jika beban generator melebihi 82%.

5. Besarnya hasil perhitungan estimasi load factor generator pada beberapa kondisi sebaiknya berkisar antara 60% - 86% agar besarnya daya yang dihasilkan generator tidak ada yang terbuang percuma atau dengan kata lain daya terpakai sepenuhnya sesuai kebutuhan. Berikut ini adalah hasil perhitungan estimasi load factor generator pada setiap kondisi :

- a. Normal at Sea = 84 %
2 genset 1 standby
- b. Manuvering = 81 %
2 genset 1 standby
- c. Loading Unloading = 66 %
3 genset
- d. Port = 85 %
1 genset 2 standby

[9] <http://www.selinc.com>

[10] <http://www.pdf4me.net>

[11] <http://en.wikipedia.org>

V. Reference

- [1] Damir Radan, 2008, Integrated Control of Marine Electrical Power Systems, NTNU Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Thesis for the degree of philosophiae doctor.
- [2] Alf Kåre Ådnanes, 2003, Maritime Electrical Installations And Diesel Electric Propulsion, Oslo.
- [3] Damir Radan, PhD-student, Marine Power Plant Control System, Power / Energy Management Of Marine Power Systems, Part of the project : *Energy Efficient All Electric Ship*, NTNU Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway.
- [4] Jan Fredrik Hansen, 2000, Modelling and Control of Marine Power System, Departement of Engineering Cybernatics, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway.
- [5] 1998, LabVIEW User Manual, National Instrument Corporation.
- [6] 1998, LabVIEW Function and VI Reference Manual, National Instrument Corporation.
- [7] ACONIS – 2000 Power Management System Operator User’s Manual.
- [8] Pengantar Sistem Pengaturan Teknik Elektro ITS.