

Analisa Rancang Bangun *Power Management System control* di KRI Fatahillah 361 menggunakan PLC S7 1500.

Gunawan

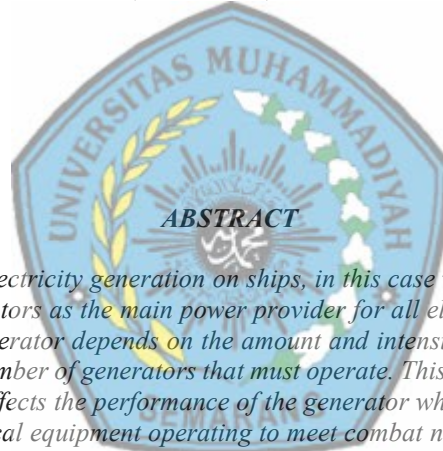
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Semarang

ABSTRAK

Power management system (PMS) untuk pembangkit listrik di kapal, dalam hal ini kapal perang, merupakan suatu sistem yang memiliki fungsi controlling dan monitoring terhadap semua generator sebagai penyedia daya listrik utama untuk semua peralatan kelistrikan atau load yang terpasang. Total load yang harus ditanggung oleh generator bergantung pada jumlah dan intensitas pemakaian load itu sendiri. Besaran total load tersebut dapat diketahui melalui PMS untuk menentukan banyaknya generator yang harus beroperasi. Jenis load tersebut dapat dikelompokkan menjadi essential dan non essential load. Pengelompokan ini berpengaruh pada kinerja generator dimana generator akan menanggung beban puncak sebesar 760 KW dengan kondisi seluruh peralatan kelistrikan beroperasi untuk memenuhi kebutuhan tempur atau proses manuver sandar di dermaga. Untuk merancang system yang handal maka generator harus di proteksi dari kemungkinan gangguan ataupun kegagalan dalam system salah satunya arus listrik yang tidak normal .

Kata kunci: *Power Management, Proteksi Generator, Total Load, Essential*



ABSTRACT

Power management system (PMS) for electricity generation on ships, in this case warships, is a system that has the function of controlling and monitoring all generators as the main power provider for all electrical equipment or installed loads. The total load that must be borne by the generator depends on the amount and intensity of the load itself. The total load can be known through PMS to determine the number of generators that must operate. This type of load can be grouped into essential and non essential load. This grouping affects the performance of the generator where the generator will bear a peak load of 760 KW with the condition of all electrical equipment operating to meet combat needs or maneuvering process on the dock. To design a reliable system, the generator must be protected from possible interference or failure in the system, one of which is an abnormal electric current.

Keywords: *Power Management, Generator Protection, Total Load, Essential*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sistem kendali di dunia industri pada masa sekarang sudah dan masih terus mengalami perkembangan yang sangat pesat. Salah satu piranti yang digunakan secara luas untuk berbagai keperluan kendali proses adalah *Programmable Logic Controller* atau yang lebih populer dikenal dengan sebutan PLC. Berbagai disiplin ilmu teknik tentunya memegang peranan penting dalam sejarah perkembangannya.

Ilmu teknik memiliki cabang keilmuan yang begitu banyak, salah satunya teknik elektro. Teknik elektro bisa dikatakan merupakan cabang ilmu teknik yang berada pada ranah pengguna PLC yang cukup dominan. Oleh karena itu, lulusan teknik elektro hendaknya memiliki pengetahuan yang memadai mengenai PLC dan dasar penggunaannya.

Sesuai sejarah perkembangannya, PLC tidak terlepas dari rangkaian kendali berbasis diagram tangga. Diagram tangga telah menjadi suatu alat bantu dalam menerangkan sistem kerja berbagai rangkaian kendali, mulai dari rangkaian yang sederhana sampai pada rangkaian kendali yang cukup rumit.

Dasar pembuatan program kendali pada PLC sebenarnya diadopsi dari sistem kendali konvensional yang banyak menggunakan berbagai peralatan kendali, misalnya: relay, timer, counter, dsb. Dengan kata lain, PLC dapat menggantikan peralatan kendali pada sistem kendali konvensional. Untuk keperluan ini, PLC membutuhkan *support software* untuk bisa menuliskan program yang dibutuhkan untuk suatu jenis aplikasi tertentu.

Berbekal ilmu pengetahuan yang didapatkan selama menempuh perkuliahan maka disini akan dibahas mengenai PLC Siemens S7-1500 dan Generator Protection Unit (GPU) diaplikasikan untuk sistem PMS (Power Management Sistem) pada KRI Fatahillah 361, yang mana proyek sudah diselesaikan pada bulan Januari 2017 di galangan PT. Dok & Perkapalan Surabaya. Proyek ini dilakukan dengan tujuan meremajakan sistem control dan persenjataan kapal perang di

lingkungan Kementerian Pertahanan. Proyek ini biasa disebut MLM (Mide Life Moderation).

2. Tinjauan Pustaka

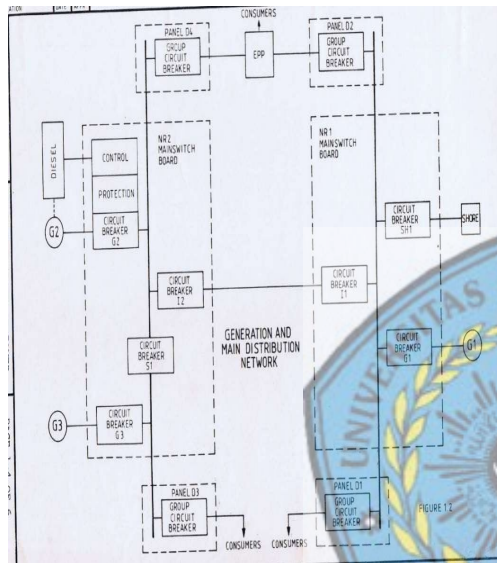
2.1. Tinjauan Umum Sistem Kelistrikan di Kapal

Dasar dari sistem kelistrikan di atas kapal sama dengan sistem yang diterapkan di gedung. Hal yang membedakan adalah sistem proteksi dan jenis-jenis bebannya. Ketahanan dan kualitas daya yang baik harus dipenuhi pada sistem supply tenaga listrik, sebab di kapal rawan akan getaran yang bersumber dari mesin – mesin kapal, guncangan ombak dan gelombang laut. Alasan lainnya adalah kapal memiliki instrument – instrument penting, jadi jika kualitas daya kurang baik bisa berakibat terhadap performa instrument – instrument kapal tersebut. Terlebih pada sistem kapal perang.

Kapal Perang KRI Fatahillah memiliki 3 generator utama dengan daya masing masing sebesar 500 KW dan 1 generator emergency dengan daya 150 KW. Dari beberapa generator tersebut perlu diatur / dicontrol untuk menjaga keberlangsungan tenaga supply. Istilah dalam sistem perkapalan panel induk disebut dengan *Main Switch Board* (MSB). Di dalam panel ini mencakup beberapa macam control diantaranya :

1. Control parallel generator
2. Control pembagian beban (Load Sharing)
3. Control mesin generator
4. Alarm Monitoring System (AMS)
5. Power Management System (PMS)
6. Control distribusi beban listrik
7. Proteksi generator / *Safety Device*

Dari panel induk tenaga, kemudian didistribusikan melalui group feeder 440 VAC dan 220 VAC ke beban - beban kapal seperti peralatan navigasi, pompa - pompa, HVAC, peralatan dapur, peralatan tempur dan pesawat penunjang lainnya. Secara garis besar sistem tenaga listrik di KRI Fatahillah bisa dilihat melalui single diagram dibawah ini:



Gambar 2.1. Single Diagram sistem tenaga listrik di KRI Fatahillah

Panel MSB pada kapal KRI Fatahillah didesain terpisah antara grup generator no.3 dan no.2 dengan grup generator no.1. Hal ini bertujuan apabila terjadi gangguan pada salah satu bus, grup bus yang lain tidak ikut terganggu. Sedangkan daya dari emergency generator masuk ke group panel ESB (*Emergency Switch Board*). Dari panel ini hanya mensuplai beban penting seperti sistem penerangan darurat, sistem alarm, komunikasi dan navigasi. Saat kondisi normal, beban ini disuplai dari MSB, akan tetapi jika terjadi black out generator akan otomatis membackup daya listriknya.

2.1.1. Kebutuhan Daya

Perancangan merupakan langkah awal dalam kegiatan produksi kapal. Perancangan yang baik tentu akan mempengaruhi kinerja dari hasil produksi. Salah satu obyek dalam sebuah perancangan di kapal adalah perancangan instalasi listrik dan penyediaan generator. Perancangan instalasi listrik dan penyediaan generator sangat berkaitan dengan besar atau jumlah daya yang ada di kapal. Jumlah daya tersebut dapat dihitung melalui penggunaan lampu - lampu untuk penerangan, peralatan navigasi dan komunikasi, serta peralatan kelistrikan lainnya.

Menurut Dionysiu (2014), uraian kebutuhan daya listrik yang ada di kapal secara garis besar adalah sebagai berikut:

1. Penerangan

Kebutuhan daya listrik untuk penerangan harus disertakan dalam perancangan instalasi listrik dan penyediaan generator. Berikut adalah parameter - parameter yang digunakan dalam proses perhitungan

- Ruangan-ruangan yang direncanakan untuk diberi penerangan maupun catu daya peralatan-peralatan yang ada.
- Dimensi dari ruangan tersebut.
- Jenis armature yang akan dipasang.

Perhitungan daya untuk tiap - tiap ruangan juga akan dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut:

- Waktu operasi beban-beban terpasang.
- Jenis operasi dari beban-beban terpasang, baik itu *intermittent* atau *continuous*.
- Jumlah titik armature dalam ruangan - ruangan yang ada di kapal.

Sehingga dalam perhitungan akan dihitung kebutuhan daya listrik untuk penerangan maupun catu daya peralatan - peralatan listrik di tiap deck kapal mulai dari *main deck*, *poop deck*, *boat deck*, *bridge deck*, *navigation deck*, *engine room*, dan *engine room platform*.

2. Navigasi dan Komunikasi

Peralatan navigasi dan komunikasi juga termasuk dalam beban yang harus disertakan dalam perancangan instalasi listrik dan penyediaan generator. Hal ini diperlukan mengingat peralatan - peralatan tersebut membutuhkan suplai daya listrik agar dapat berfungsi dengan baik selama kapal beroperasi. Peralatan - peralatan tersebut antara lain:

- a. Pemancar radio
- b. Gyrocompass
- c. Echosounder
- d. Radar
- e. General alarm
- f. Motor untuk sirine
- g. Motor untuk horn
- h. Lampu navigasi

3. Peralatan Kelistrikan Lainnya

Selain kebutuhan daya listrik untuk penerangan, navigasi dan komunikasi, perlu diperhitungkan pula kebutuhan daya listrik untuk peralatan kelistrikan lainnya yang menunjang kerja di kapal, yaitu:

- a. Pompa - pompa dan kompresor yang digunakan untuk melayani engine selama beroperasi.
- b. Pompa - pompa general service, seperti oily bilge pump, ballast pump, dan fire pump.
- c. Peralatan - peralatan pengaturan udara dan sistem refrigerasi, seperti *supply fan*, *exhaust fan*, dan *central air conditioning system*.
- d. Permesinan geladak, seperti *steering gear*, *crane*, *windlass*, *winch*, *cargo pump*, dan lain sebagainya.

2.1.2. Generator

Salah satu bagian terpenting dalam sistem pembangkitan daya adalah generator. Generator merupakan mesin listrik yang berfungsi mentransmisikan daya mekanik menjadi daya listrik. Daya mekanik yang ditransmisikan dapat berupa daya dari mesin diesel, turbin uap, turbin

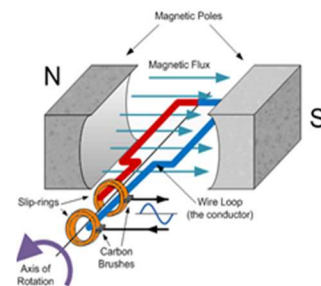
gas, turbin air, baling-baling angin, dan lain sebagainya. Generator di kapal umumnya menggunakan mesin diesel sebagai penggerak utama.

Generator menjadi pembahasan utama dalam sistem pembangkitan daya, karena kelangsungan sistem akan lebih banyak bergantung pada kinerja generator. Pada saat generator mengalami trouble, baik itu dari dalam generator itu sendiri maupun dari luar. Seperti sistem yang dihubungkan maupun penggeraknya maka dapat dipastikan sistem pembangkitan daya akan terganggu. Berikut adalah pembahasan secara umum mengenai generator.

1. Prinsip Kerja Generator

Generator merupakan mesin listrik yang mentransmisikan daya mekanik menjadi daya 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 berlawanan terhadap perubahan medan tersebut (Firmansyah, 2011). Faktor- faktor yang menyebabkan timbulnya GGL, yaitu:

- a. Daya mekanik yang berasal dari penggerak utama.
- b. Arus medan berupa arus DC yang berfungsi untuk membangkitkan medan magnet di kumparan medan.



Gambar 2.2. Prinsip kerja generator secara sederhana (Sumber: www.electronicstutorials.ws)

Prinsip kerja generator secara sederhana ditunjukkan pada Gambar 2.2. Berikut adalah penjelasan untuk proses pembangkitan daya listrik pada generator, dimana:

I_f = arus medan N

S = kutub generator

ϕ = fluks medan

Menurut Firmansyah (2011), pada saat poros generator diputar pada kecepatan nominalnya, dimana putaran poros didapat dari daya mekanik penggerak utamanya. Kemudian pada kumparan medan rotor diberikan arus medan sebesar I_f , maka garis-garis fluks yang dihasilkan melalui kutub - kutub inti akan menghasilkan tegangan induksi pada kumparan jangkar stator sebesar:

$$E_a = C.n.\phi$$

dimana,

E_a = tegangan induksi pada kumparan jangkar stator

C = konstanta

n = kecepatan putar

ϕ = fluks yang dihasilkan oleh arus medan

2.1.3. Paralel Generator

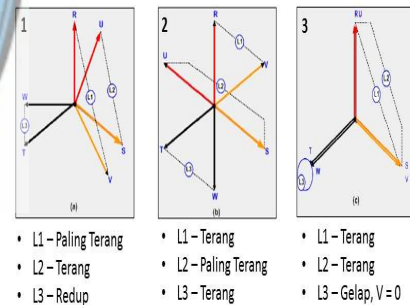
Ada 3 generator pada sebuah kapal. Apabila generator satu beroperasi, maka yang lain dalam keadaan standby. Oleh karena itu dibutuhkan generator sebanyak 2 buah maupun lebih yang dihubungkan secara paralel agar mencapai daya yang dibutuhkan. Paralel generator dapat diartikan menggabungkan dua buah generator atau lebih dan kemudian dioperasikan secara bersama - sama dengan tujuan mendapatkan daya yang lebih besar, untuk efisiensi (menghemat biaya pemakaian operasional dan menghemat biaya pembelian), untuk memudahkan penentuan kapasitas generator dan untuk menjamin kontinuitas ketersediaan daya listrik. Paralel generator didapat dengan cara menyinkronkan 2 generator tersebut dengan 2 metode yaitu secara manual dan otomatis dengan tujuan agar syarat sinkronisasi dapat terpenuhi. Untuk syarat sinkronisasi suatu paralel generator diantaranya:

- Memiliki tegangan kerja yang sama
- Memiliki frekuensi yang sama
- Memiliki urutan fasa yang sama
- Mempunyai sudut phase yang sama

1. Sinkronisasi Dengan Metode Manual

Ada beberapa cara memparalel generator dengan metode manual :

- Menggunakan 3 buah lampu atau yang biasa disebut dengan istilah sinkronisasi metode lampu redup. Untuk mengetahui sinkronisasi pada urutan dan beda fasa, maka dapat dilakukan dengan metode lampu gelap-terang. Ketika urutan dan beda fasa sudah sinkron dapat dilihat pada nyala lampu untuk L1 dan L2 nyala terang, dan L3 gelap. Berikut diagram vektor dari urutan fasa dan proses nyala ketiga lampu tersebut.



Gambar 2.3. metode manual paralel menggunakan 3 buah lampu

- Menggunakan Synchronoscope

Tegangan dan frekuensi dari generator yang akan diparalel harus bernilai sama mendekati rating bus pada generator yang telah beroperasi. Untuk memasukkan saklar sinkronisasi maka dapat melihat jarum pada synchroscope tersebut dalam posisi 0 atau arah jarum jam 12. Ini membuktikan bahwa selisish frekuensi telah bernilai 0.



Gambar 2.4. Synchronoscope

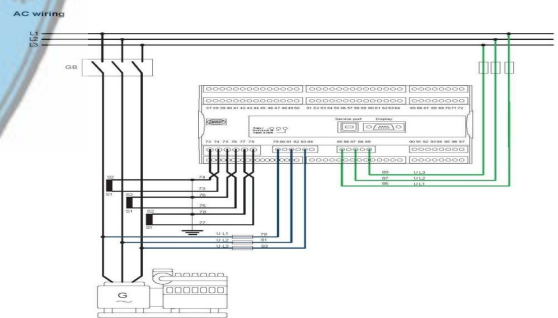
Untuk mensinkronasikan nilai dari tegangan antara generator yang akan diparalel maka dilakukan dengan mengatur sistem eksitasinya. Apabila tegangan generator lebih tinggi dari tegangan rating bus di sistem, maka generator akan mengalami sentakan beban M Var lagging (induktif). Pada kondisi ini generator mengirim daya reaktif ke sistem. Sebaliknya, jika tegangan generator lebih rendah dari pada tegangan sistem, mesin akan mengalami sentakan beban M Var Leading (kapasitif), artinya generator akan menyerap daya reaktif dari sistem (loss of field). Berikutnya untuk frekuensi generator juga harus bernilai sama dengan frekuensi sistem pada bus. Untuk mensinkronasikan frekuensi maka dilakukan dengan cara mengatur katup governor untuk mengatur putaran generator tersebut. Jika frekuensi generator lebih tinggi dari pada frekuensi sistem, sistem akan mengalami sentakan

beban MW dari generator, artinya mesin membangkitkan dan mulai menyalurkan daya aktif (MW). Sebaliknya jika generator frekuensinya lebih rendah dari pada sistem, mesin akan mengalami sentakan MW dari sistem, artinya generator akan beroperasi menjadi motor (motoring).

2. Sinkronisasi Dengan Metode Otomatis

Alat untuk control sinkron otomatis pada sistem ini menggunakan GPU 3 (Generator Parallel & Protection Unit Generasi 3). GPU 3 merupakan produk dari Deif perusahaan Denmark yang memang spesialis memproduksi instrument kapal. Selain berfungsi sebagai pengontrol proses, parallel alat ini berfungsi memproteksi generator dan beban - beban dari gangguan serta untuk menjaga kualitas daya listrik karena sistem ini mengatur / meregulasi tegangan dan frekuensi. Secara garis besar sistem kontrol bisa dilihat dari bagan dibawah ini:

Gambar 2.5. Sistem Kontrol Sinkronisasi dengan



metode otomatis

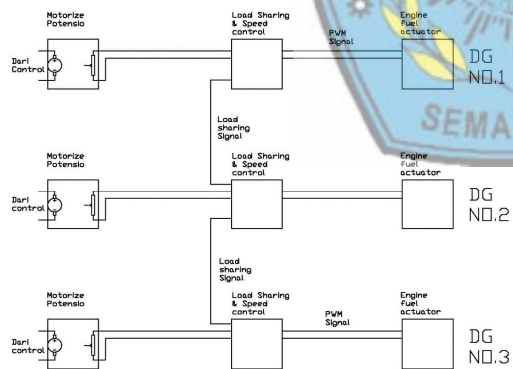
GPU 3 membutuhkan catu daya 24 VDC dan sensing berupa arus dan tegangan jala - jala untuk membaca besaran besaran seperti nilai arus, tegangan dan frekuensi, yang kemudian data - data tersebut diolah di dalam internal sistem. Alat ini bisa dikomunikasikan dengan external device seperti PLC, AVR Controller, Speed Controller. Dalam rancangan sistem yang telah dibuat alat ini dikoneksi dengan PLC melalui komunikasi serial

dengan protocol Modbus dan dikoneksi juga dengan speed controller Woodward.

Saat GPU 3 mendapat inputan perintah parallel, maka kemudian pada bagian output governor regulasi dan AVR regulasi akan aktif hingga syarat - syarat parallel dipenuhi lalu kemudian output “ACB Close” aktif untuk member perintah agar ACB terhubung secara otomatis.

2.1.4. Pengatur Pembagi Beban (*Load Sharing*)

Pembagi beban pada bagian sistem juga memiliki 2 macam pilihan yaitu sistem manual dan otomatis. Kedua sistem tersebut tujuan outputnya sama - sama menggerakkan motorize potensio meter agar berputar menggerakkan tuas Variable Resistor. Keluaran dari VR tersebut masuk ke Woodward 2301A (*load sharer & speed controller*), kemudian dari speed controller menggerakkan fuel actuator untuk mengatur masukan bahan bakar pada diesel dengan tujuan merubah nilai putaran mesin. Untuk lebih jelasnya bisa di lihat dari bagan di bawah ini:



Gambar 2.6. Bagan Pengatur Pembagi Beban (*Load Sharing*)

Perubahan beban akan terjadi selama generator dipasang parallel. Hal ini akan berpengaruh pada respon masing masing generator. Agar beban selalu seimbang, maka perlu dilengkapi dengan load sharing. Bentuk keluaran dari *load sharing & speed control* berupa sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*). Pengertian dari PWM adalah salah satu teknik modulasi dengan

mengubah lebar pulsa (*duty cycle*) dengan nilai amplitudo dan frekuensi yang tetap. Satu siklus pulsa merupakan kondisi high kemudian berada di zona transisi ke kondisi low. Lebar pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. *Duty Cycle* merupakan representasi dari kondisi logika high dalam suatu periode sinyal dan dinyatakan dalam bentuk (%) dengan range 0% sampai 100%. Sebagai contoh : jika sinyal berada dalam kondisi high terus menerus artinya memiliki *duty cycle* sebesar 100%. Jika waktu sinyal keadaan high sama dengan keadaan low, maka sinyal mempunyai *duty cycle* sebesar 50%. Sinyal ini digunakan untuk mengatur kecepatan putar motor DC pada *fuel actuator*.

2.1.5. Beban Listrik (*Load*)

Load dikategorikan sebagai peralatan kelistrikan terpasang yang harus dicover oleh generator sebagai sumber daya kelistrikan utama di kapal. Kondisi beban di kapal yang hampir selalu beroperasi perlu dimonitor agar tidak terjadi overload atau kelebihan beban yang berakibat generator mengalami trip. Disinilah letak fungsi PMS sebagai perangkat kontrol dan monitor terhadap beban. Karakteristik pembebanan suatu peralatan kelistrikan dapat ditentukan berdasarkan frekuensi kerja sesuai perhitungan *load factor* dari peralatan itu sendiri. Semakin tinggi frekuensi kerja suatu peralatan kelistrikan maka semakin tinggi pula *load factornya*. Nilai load factor suatu peralatan kelistrikan berkisar antara 0 s/d 1. Semakin jarang peralatan tersebut beroperasi maka nilai load factornya semakin mendekati 0. Sedangkan peralatan yang sifatnya beroperasi secara kontinyu, biasa disebut *coninuuous load*, nilai load factornya semakin mendekati 1.

2.1.6. Blackout Prevention

Blackout merupakan suatu kondisi dimana tidak beroperasinya suatu sumber daya kelistrikan yang biasanya disebabkan karena short circuit dan overload atau kesalahan dalam pembagian beban. Short circuit dapat diproteksi dengan penggunaan circuit breakers dan alat proteksi lainnya. Pemilihan alat proteksi yang tepat

dapat meminimalisir terjadinya short circuit. Sedangkan overload dapat diproteksi melalui pemutusan beban - beban terpasang yang dapat dilakukan secara otomatis melalui PMS. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Radan (2008), beberapa penyebab terjadinya overload antara lain:

- a. Circuit breaker pada generator yang bermasalah tidak terhubung atau disconnected.
- b. Generator set menanggung beban berlebih dengan jangka waktu yang lama.
- a. Kesalahan pada motor penggerak generator.
- b. Kesalahan pada fungsi PMS sebagai sistem proteksi.

Sehingga berdasarkan beberapa pernyataan di atas dapat disimpulkan, bahwa pemilihan alat proteksi yang tepat pada jaringan kelistrikan dan pengurangan beban atau melakukan cut off pada peralatan kelistrikan yang tidak diprioritaskan selama beroperasi dapat mencegah terjadinya blackout pada kapal.

2.1.7. Power Management System (PMS)

Power Management System (PMS) merupakan bagian penting dari perangkat sistem kontrol di kapal yang dapat beroperasi bersama-sama antar PMS maupun independen atau sendiri. PMS dibuat dengan beragam fungsi, seperti fungsi kontrol, monitor, dan proteksi bagi generator sebagai sumber daya utama peralatan kelistrikan di kapal.

Peralatan yang tersedia dalam PMS sendiri terdiri dari, perangkat hardware PMS, generator, switchboards, dan perangkat otomatisasi. Melalui PMS, generator dikontrol dan dimonitor selama beroperasi sebagai penyedia utama daya kelistrikan hingga daya yang dihasilkan dapat dialirkan ke peralatan kelistrikan yang terpasang. Tahap pengaliran daya dimulai dari generator sebagai penyuplai utama, switchboards, dan terakhir sampai pada peralatan kelistrikan. Total daya yang mengalir dikontrol dan

dimonitor dengan satu atau beberapa sistem kontrol.

Berdasarkan referensi yang ditulis Dionysius (2014), saat ini PMS telah berkembang pesat menyesuaikan dengan kebutuhan otomatisasi dalam starting dan operasi paralel generator atau lebih tepatnya proses sinkronisasi. Sebelumnya, PMS hanya dapat melakukan kontrol dan monitor terhadap generator untuk optimalisasi daya yang dialirkan. Sedangkan PMS yang sudah dikembangkan dapat memungkinkan untuk melakukan pencegahan dari blackout untuk keselamatan operasi kapal dan konsumsi bahan bakar dari motor penggerak generator (diesel generator).

PMS memiliki dua fungsi dasar yaitu pengontrolan daya yang dihasilkan generator dan restoration sistem kelistrikan ketika kapal mengalami blackout. Fungsi dasar pengontrolan daya yang dihasilkan generator sendiri dibagi menjadi kontrol generator, kontrol daya yang tersedia, dan pengamanan terhadap generator dan peralatan kelistrikan. Sedangkan fungsi restoration setelah kapal mengalami blackout adalah restarting generator agar dapat menyuplai beban kelistrikan kembali. Sistem minimum yang harus ada pada PMS antara lain:

1. Black out auto start
Sistem ini bertujuan ketika ada gangguan pada generator yang sedang beroperasi, generator yang dikondisikan standby harus otomatis membackup suplai daya listrik.
2. Dependant Load auto Start
Sistem ini bertujuan ketika ada lonjakan beban listrik hingga limit tertentu (biasanya 80%), maka generator yang standby akan otomatis nyala kemudian otomatis paralel, dan ketika beban sudah turun kisaran 30 % generator yang standby akan otomatis melepas beban dan mesin otomatis mati kembali, begitu seterusnya.
3. Non essential load Trip
Sistem ini berfungsi disaat beban generator mencapai beban 100%, maka

beban - beban yang dianggap tidak begitu vital seperti kompor, blower, pemanas air akan di matikan secara otomatis.

disupport untuk membaca posisi dan kecepatan sebuah motor atau sumbu.

2.2. Tinjauan umum komponen utama

2.2.1. PLC Siemens S7 1500

PLC menjadi kebutuhan utama sebuah mesin untuk saat ini. Sehingga memacu pabrikan untuk memproduksi sebuah PLC dengan bermacam-macam pilihan range yang disesuaikan dengan besarnya kebutuhan. Mulai skala kecil hingga skala besar. Harga yang ditawarkan pun juga bervariasi. Dengan menyesuaikan kebutuhan, maka pastinya bertujuan untuk efektifitas harga S7-1500, menjadi produk baru selanjutnya dari Siemens setelah S7-1200. Alat ini memiliki kelebihan dapat terintegrasi dengan TIA Portal yang sudah teruji meningkatkan efisiensi waktu pemrograman, yaitu dengan kemudahan dan antarmuka yang intuitif *s7 1500 error diagnostic*. Sistem modular yang ditawarkan oleh S7-1500 meliputi sebuah CPU, modul IO, power supply, dan modul komunikasi. Fitur terbaru dari S71500 adalah berupa display LCD pada CPU dimana terdapat menu Diagnostic, Setting, Device, Display, dan Overview. Overview adalah halaman resume dari PLC. Bila terjadi error di CPU atau hardware dan lain - lain, maka akan tampil di halaman Overview. Setting berfungsi diantaranya mengkonfigurasi alamat IP untuk masing - masing port, jam dan tanggal, proteksi, run / stop, dan lain sebagainya. Display untuk mengatur bahasa, kecerahan LCD, energy saving, dan-lain-lain.

S7-1500 menawarkan performa yang tangguh, kecepatan memproses sinyal dengan respon cepat. Untuk mendukung proses sinyal yang cepat, didukung oleh backplane baru dengan baud rate yang tinggi dan protokol transfer yang efisien. Juga dilengkapi dengan 3 port PROFINet, 2 port untuk field process dan 1 port untuk terhubung dengan jaringan perusahaan. Selain itu juga status CPU yang bisa ditampilkan dengan peramban internet standar. Dengan adanya web server terintegrasi S7-1500, juga terintegrasi dengan TRACE, dimana drive dan motion bisa didiagnosa dengan presisi. Fungsi kontrol motion juga



Gambar 2.7. PLC Siemens S7-1500

S7 - 1500 security Keamanan yang terintegrasi. *Know How Protection* merupakan keamanan standar dari PLC seri S7. Pada PLC ini juga terdapat fitur Copy Protection, dimana program pada kartu memori terhubung dengan nomor seri kartu memori. Hal ini berarti tidak dapat disalin dan hanya akan berjalan pada kartu memori tersebut. Fungsi proteksi akses juga akan menjaga program dari perubahan oleh pihak yang tidak berwenang.

Built-in layar LCD untuk melihat secara detail status dari CPU, juga untuk melakukan setting parameter. Konektor depan untuk terminal kabel didesain untuk mempermudah dan mempercepat dalam penyambungan kabel. Ruang dibalik tutup IO modul juga cukup lega. Seandainya menggunakan kabel besar untuk koneksi. Menambah IO juga bukan merupakan masalah karena CPU ini bisa ditambahkan IO dengan menambah ET200MP.

Pemrograman untuk S7-1500 menjadi sempurna dengan dukungan TIA Portal V12, sebuah aplikasi dengan antarmuka yang intuitif. Pemrograman yang efisien, dengan pengerjaan yang semakin mudah dan peningkatan kualitas. Pada sistem ini PLC dikomunikasikan dengan modul Deif GPU 3 yang berfungsi sebagai masukan data besaran besaran listrik. Data tersebut kemudian di olah oleh PLC untuk di tampilkan di HMI dan sebagai umpan dalam pengontrolan power management sistem.

2.2.2. HMI (Human Machine Interface) Siemens KTP700

1. Definisi dari HMI

HMI (*Human Machine Interface*) adalah perangkat lunak antarmuka berbasis komputer berupa tampilan penghubung antara manusia dengan mesin atau peralatan yang dikendalikan. HMI dapat membuat visualisasi dari teknologi atau sistem secara nyata, visualisasi tersebut dilengkapi dengan data – data yang nyata dan sesuai dengan keadaan di lapangan. Selanjutnya visualisasi tersebut ditampilkan pada monitor – monitor di ruang kendali secara realtime, bahkan sudah dapat diakses secara online melalui peralatan elektronik dimanapun dan kapanpun selama ada jaringan internet. Untuk proses skala kecil seperti di sub sistem maka HMI yang digunakan dapat berupa tampilan touchscreen yang lebih sederhana.

HMI akan memberikan suatu gambaran kondisi mesin yang berupa peta mesin produksi dimana disitu dapat dilihat bagian mesin mana yang sedang bekerja. Pada HMI juga terdapat visualisasi pengendali mesin berupa tombol, slider dan sebagainya yang dapat difungsikan untuk mengontrol atau mengendalikan mesin sebagaimana mestinya. Selain itu dalam HMI juga ditampilkan alarm jika terjadi kondisi bahaya dalam sistem. Sebagai tambahan, HMI juga menampilkan data-data rangkuman kerja mesin termasuk secara grafik.



Gambar 2.8. HMI Siemens KTP700

2. Cara Kerja HMI

Aplikasi HMI pada umumnya tidak berhubungan langsung dengan peralatan yang

dikontrol tetapi melalui perantara data server. Data server dapat berupa program OPC (*OLE for Process Control*) atau program Direct Driver khusus yang dibuat khusus untuk satu controller / PLC tertentu. Keuntungan konektivitas dengan OPC adalah meminimalkan beban dengan meminimalkan data request, cepat dan mudah dalam implementasi, tidak membutuhkan banyak driver, dan meminimalkan biaya. OPC merupakan standar industri untuk interkoneksi sistem yang menggunakan teknologi Microsoft COM dan DCOM dalam pertukaran data pada satu atau lebih komputer dengan arsitektur client / server. OPC mendefinisikan setting umum interface. Sehingga aplikasi menerima data pada format yang sama persis meskipun sumber datanya berupa PLC, DCS, analyzer, aplikasi software atau yang lainnya.

2.2.3. Deif GPU 3 (Generator Parallel & Protection Unit 3)

2.2.4. Adalah suatu perangkat keras listrik yang berfungsi memproteksi kontrol parallel dan beban generator. alat ini diproduksi oleh Negara Denmark dan memang produk ini dikhususkan untuk aplikasi di industri kapal dan lepas pantai. Beberapa fitur yang dimiliki diantaranya :

1. Proteksi generator dan busbar
2. Parallel generator
3. Setting dan pemrograman yang simple
4. Bisa dikomunikasikan dengan plc, dcs dan perangkat yang lain
5. Trouble shooting yang sederhana

Alat ini akan mengirim data ke PLC melalui komunikasi serial RS 485 protocol Modbus, data ini mengenai log alarm dan sinyal sinyal besaran listrik.

2.2.5. Relay

Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal)

yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan Armature Relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.

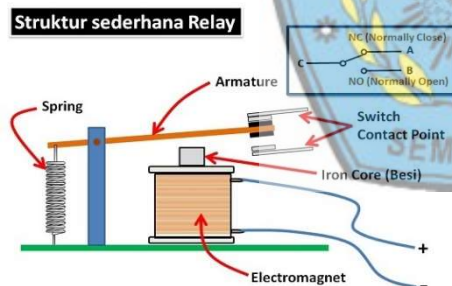


Gambar 2.11 Contoh Relay

Pada dasarnya, Relay terdiri dari 4 komponen dasar yaitu :

1. Electromagnet (Coil)
2. Armature
3. Switch Contact Point (Saklar)
4. Spring

Berikut ini merupakan gambar dari bagian-bagian Relay :



Gambar 2.10 kontruksi Relay

kontak Poin (Contact Point) Relay terdiri dari 2 jenis yaitu :

- Normally Close (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi CLOSE (tertutup)
- Normally Open (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi OPEN (terbuka)

Berdasarkan gambar diatas, sebuah Besi (Iron Core) yang dililit oleh sebuah kumparan Coil yang berfungsi untuk mengendalikan Besi tersebut. Apabila Kumparan Coil diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya Elektromagnet yang kemudian menarik Armature untuk berpindah dari Posisi sebelumnya (NC) ke posisi baru (NO) sehingga menjadi Saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi barunya (NO). Posisi dimana Armature tersebut berada sebelumnya (NC) akan menjadi OPEN atau tidak terhubung. Pada saat tidak dialiri arus listrik, Armature akan kembali lagi ke posisi Awal (NC). Coil yang digunakan oleh Relay untuk menarik Contact Poin ke Posisi Close pada umumnya hanya membutuhkan arus listrik yang relatif kecil.

3. Metodologi Penelitian

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Tugas akhir ini bersifat laporan analisa pengerjaan peremajaan sistem control Panel MSB (*Main Switch Board*) proyek MLM (*Mid Life Modernization*) KRI Fatahillah 361 yang dilaksanakan mulai awal november 2016 hingga februari 2017 di galangan kapal PT. Dok & Perkapalan Surabaya.

3.2. Metode Penelitian

Tujuan utama dari studi ini adalah menentukan rancang bangun yang tepat untuk sebuah sistem power manajemen pada sebuah kapal perang menyesuaikan perkembangan teknologi dengan tujuan membuat sistem menjadi lebih handal.

Berikut merupakan kajian resiko terhadap sebuah sistem power manajemen di

kapal perang :

1. Resiko gangguan pada mesin generator
Hal ini harus menjadi pertimbangan penting dalam perancangan sistem untuk mengantisipasi kejadian seperti ini.
2. Kegagalan dalam proses parallel
Permasalahan gagal parallel biasa terjadi dalam sebuah sistem power manajemen biasanya dipicu adanya kerusakan pada bagian control putaran mesin atau ada gangguan pada AVR (*Automatic Voltage Regulator*). Hal ini harus dimasukkan ke dalam perancangan sistem.
3. Resiko kebakaran atau ledakan
Resiko kebakaran atau ledakan sangat mungkin terjadi jika kapal menghadapi pertempuran. Faktor ini menjadi keharusan dalam mempertimbangkan perancangan sistem dengan cara membagi ruangan MSB (*Main Switch Board*) menjadi 2 group. Hal ini bertujuan jika salah satu ruangan terkena dampak ledakan, maka sistem tidak akan lumpuh total, serta harus menggunakan komponen dengan klasifikasi tahan panas dan tidak mudah terbakar.
4. Lonjakan beban listrik secara tiba tiba (*heavy load*)
Di kapal perang ada beberapa beban listrik dengan daya besar seperti mesin hydrolic untuk capstan, jangkar, meriam serta motor pompa. Agar tidak terjadi beban lebih, maka sistem harus di proteksi dan dilakukan backup sistem.
5. Proteksi Safety device

Dalam pengoperasian suatu mesin listrik seperti generator resiko terjadinya gangguan pada sistem jaringan sangat mungkin terjadi seperti tidak stabilnya frekuensi (*under & over Frequency*), gangguan pada nilai tegangan (*under & over volatge*), gangguan pada nilai arus (*over current, short circuit, reverse power*). Maka sistem dilengkapi dengan sistem proteksi yang handal.

3.3. Profil Proyek

Proyek MLM (*Mid Life Moderzation*) KRI Fahillah 361 merupakan tanggung jawab KEMENHAN (Kementerian Pertahanan) untuk melakukan peremajaan terhadap CMS (*Combat Management System*), PMS (*Power Management System*), *Manouver & Propulsion System*. Hal ini dikarenakan kapal dibangun pada tahun 1979. Tentu teknologi yang dipakai tidak akan mumpuni jika digunakan dalam pertempuran laut di era sekarang. Atas dasar alasan tersebut dan mengingat kondisi kontruksi kapal yang masih bagus, maka dilaksanakan proyek ini.



Gambar 3.2 Proyek MLM (*Mid Life Moderzation*) KRI Fatahillah

Salah satu metode modernisasi kapal perang adalah melalui *Mid Life Modernization*. Di lingkungan armada TNI AL, beberapa tipe kapal perang lawas sudah menjalani program ini, seperti

pada Frigat Van Speijk Class yang dibuat pada dekade 60-an dan kapal selam KRI Cakra / KRI Nanggala.

3.4. Pengambilan Data

3.4.1. Spesifikasi Generator

Tabel 3.1. Estimasi total load peralatan kelistrikan essential

No	Tegangan (V)	Frequency (Hz)	Arus (A)	Daya (Kw)	Putaran (Rpm)	Exsitasi (V)
1	440	60	820	500	1800	28
2	440	60	820	500	1800	28
3	440	60	820	500	1800	28

3.4.2 Wiring Diagram Existing Panel

Dalam merancang sistem control beberapa sistem mengacu pada panel yang sudah ada untuk meminimalisir biaya. dalam perspektif proyek peremajaan pada intinya meremajakan sistem yang sudah ada untuk di tingkatkan performa dan ketahanannya.

4. Analisa dan Pembahasan

4.1 Data Utama Kapal

Berikut adalah data utama jenis kapal yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir:

Tipe kapal = Kapal perang kelas korvet

Nama kapal = KRI Fatahillah

Lpp = 84 m

Radius pelayaran = 1780 nm

Kecepatan dinas= 30 knots

Persenjataan = 1x Meriam Boffors 120 mm

1x Meriam Boffors 40 mm

4x Rudal Exocet 38 ssm

1x Torpedo Launcher MK 46

Main Generator = 3x Caterpillar 3412C 500KW 440 V

60 Hz Cos phi 0,8

Perhitungan dilakukan untuk memeriksa ulang apakah kapasitas generator yang digunakan kapal telah memenuhi syarat dan ketentuan yang berlaku atau tidak. Beberapa hal yang harus diperhatikan terkait perhitungan kapasitas generator adalah macam - macam kondisi operasi kapal, load factor tiap peralatan kelistrikan yang digunakan, dan diversity factor (Firmansyah, 2011).

Berdasarkan perencanaan, kondisi operasi kapal yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah pada kondisi berlayar, manouvering, bongkar muat, dan berlabuh. Macam - macam kondisi operasi kapal akan mempengaruhi

load factor dan diversity factor, dimana load factor itu sendiri merupakan perbandingan antara daya rata - rata dengan kebutuhan daya untuk kondisi operasi maksimal. Sedangkan diversity factor merupakan perbandingan antara total daya keseluruhan peralatan kelistrikan dengan total daya yang dibutuhkan tiap satuan waktu.

4.1.1 Perhitungan Beban Kelistrikan

Melalui data peralatan kelistrikan yang digunakan kapal, maka dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan generator sebagai sumber daya kelistrikan utama. Perlu diperhatikan bahwa setiap peralatan kelistrikan memiliki nilai continuous load (CL) dan intermittent load (IL),

bergantung dari jumlah dan frekuensi kerja peralatan tersebut. Besarnya daya rata – rata yang akan disuplai generator ke peralatan kelistrikan tiap kondisi operasi akan bergantung pada daya input dan besarnya load factor peralatan tersebut. Nilai CL dan IL dapat dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$CL = LF \times n \times \text{real}, \text{ atau}$$

$$IL = LF \times n \times \text{real}$$

dimana,

CL = continuous load

IL = intermittent load

LF = load factor

n = jumlah item yang bekerja

real = daya input/masukan peralatan kelistrikan

contoh perhitungan,

$$LF = 0.8$$

$$n = 1$$

$$\text{real} = 2.32 \text{ kW}$$

$$CL = 0.8 \times 1 \times 2.32$$

$$= 1.85 \text{ kW}$$

4.1.2 Perhitungan Estimasi Load Generator

Perhitungan ini bertujuan untuk mengestimasi load factor generator disetiap kondisi operasi kapal, dimana load factor generator disarankan tidak kurang dari 60% dan tidak lebih dari 86%

(Firmansyah, 2011).

Adapun rentang nilai tersebut lebih dikarenakan untuk mencari tingkat efisiensi operasi generator sehingga daya yang terpakai akan sesuai dengan kebutuhan beban. Berikut adalah beberapa rumusan yang digunakan untuk mengestimasi nilai load factor generator:

$$e = 0.7 \times d$$

dimana,

e = faktor diversitas

d = intermittent load

contoh perhitungan,

$$d = 38.00 \text{ kW}$$

$$e = 0.7 \times 38.00$$

$$= 26.60 \text{ kW}$$

Faktor diversitas merupakan perbandingan antara total daya peralatan kelistrikan yang digunakan dengan total daya yang dibutuhkan tiap satuan waktu.

$$f = e + CL$$

dimana,

f = total load

e = faktor diversitas

CL = continuous load (total)

contoh perhitungan,

$$e = 26.60 \text{ kW}$$

$$CL = 202.13 \text{ kW}$$

$$f = 26.60 + 202.13$$

$$= 228.73 \text{ kW}$$

Nilai total load didapatkan berdasarkan nilai CL dan IL peralatan kelistrikan pada tiap kondisi operasi. Nilai total load dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan besarnya prosentase load factor generator. Nilai load factor generator dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$LF = f \times 100\%$$

Q

dimana,

LF = load factor generator

F = total load

Q = kapasitas total daya gen yang beroperasi

contoh perhitungan,

$$f = 228.73 \text{ kW}$$

$$Q = 292 \text{ kW}$$

$$LF = (228.73/292) \times 10$$

$$= 7,833 \text{ kW}$$

4.2 Analisis Teknis

Berdasarkan hasil perhitungan estimasi load factor generator perlu dilakukan penggolongan peralatan kelistrikan yang dirasa harus tetap menyala selama kapal beroperasi. Hal ini dilakukan untuk menjaga kestabilan supply

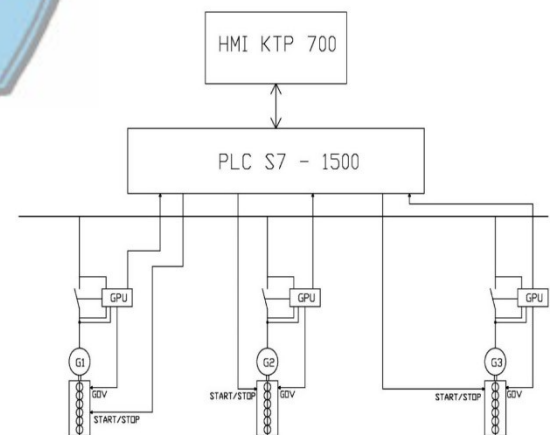
tenaga listrik. Penggolongan peralatan kelistrikan ini dilakukan dengan menentukan peralatan yang essential dan non essential.

Adapun pengertian dari peralatan yang essential adalah semua peralatan kelistrikan dasar yang dianggap harus tetap menyala untuk menunjang kinerja kapal selama beroperasi. Mengacu pada penelitian yang dilakukan Dionysius (2014).

Macam - macam peralatan kelistrikan yang essential dibagi menjadi:

1. peralatan penunjang engine service,
2. peralatan ventilasi – AC,
3. peralatan penerangan, dan
4. peralatan navigasi & komunikasi

4.3 Sequential Sistem Control



Gambar 4.1. Blok Diagram Sistem

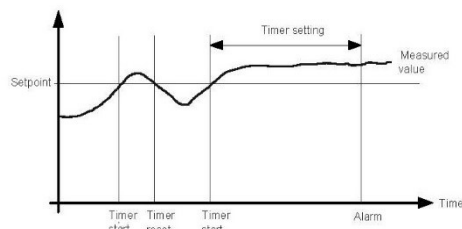
Sistem ini diproteksi oleh GPU (Generator Protection unit), dimana setiap ada gangguan pada arus, tegangan dan frequency, maka alat ini akan memberi alarm pada level 1 dan memberi perintah breaker trip pada level 2 untuk memutus

supply dari system. Selain memberikan proteksi, modul ini berfungsi sebagai control parallel otomatis dan pembagi beban otomatis (auto load sharing). Setiap perubahan besaran listrik dan alarm dikomunikasikan dengan PLC menggunakan protocol Modbus melalui jalur serial RS 485. Data tersebut juga berfungsi sebagai masukan PLC untuk mengontrol system supply tenaga listrik dan control beban. Sebagai pusat control, PLC mengontrol kapan generator yang standby untuk start ataupun stop. Berikut detail penjelasan ringkas setiap sub sistem :

4.3.1 Auto Start Stop Engine Load Dependant

Sistem ini berfungsi untuk memberi perintah generator standby untuk start / stop berdasarkan kondisi beban. Di saat kondisi generator master total, beban mencapai 70 - 90 % control akan memberi perintah Generator standby untuk start, selang 30 detik control memberi perintah untuk proses parallel, kemudian pembagian beban secara otomatis hingga beban masing masing generator seimbang.

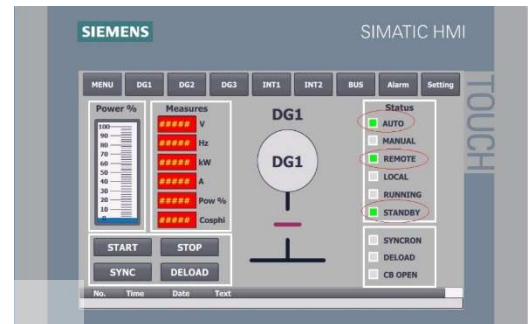
Jika nilai beban sudah turun kurang dari 30 % maka control akan memberi perintah untuk melepas beban setelah beban tersisa maximal 5 % control memberi perintah ACB untuk open dan kemudian selang 1 menit mesin dimatikan secara otomatis oleh system dengan acuan flowchart di bawah ini :



Gambar 4.2. Timing Chart Engine sequence

4.3.2 Auto Black Out

Untuk mengantisipasi terjadinya gangguan pada generator yang sedang beroperasi dan sempat terjadi pemadaman secara tiba tiba maka generator yang standby akan otomatis beroperasi berdasarkan perintah dari system control utama

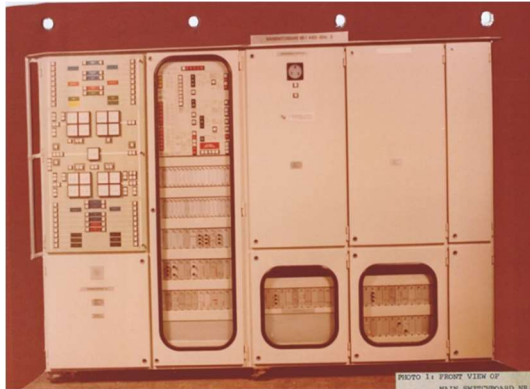


Gambar 4.3. Tampilan HMI Generator 1

Sistem dibuat secara interlock dengan tujuan keamanan dalam system. Agar system bisa otomatis, start mesin generator harus dalam kondisi standby, yang berarti mesin siap dioperasikan setiap saat kemudian syarat berikutnya adalah sistem PMS harus dalam mode otomatis. Setelah semua syarat terpenuhi maka mesin akan otomatis start. Jika sistem mendeteksi tidak ada tegangan pada common busbar dalam jeda waktu 10 detik setelah total waktu 120 detik, supply tenaga listrik kembali normal. Maka beban listrik akan otomatis juga start sesuai urutan klasifikasinya. Seperti sistem pendingin mesin, penerangan, blower ruang mesin, pendingin ruangan.

4.3.3 Parallel dan Pembagi Beban Generator Otomatis (Auto Parallel & Load Sharing)

Pada sistem PMS secara mutlak harus dipenuhi dengan sistem parallel otomatis dan pembagi beban secara otomatis karena panel harus bisa melakukan proses parallel dan pembagian beban tanpa campur tangan manusia sebab pada mode Auto generator akan dihidupkan ataupun dimatikan menyesuaikan dengan kondisi beban.

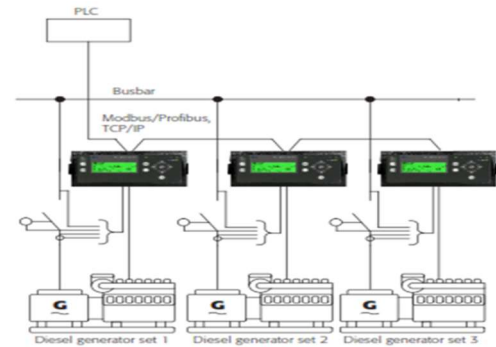


Gambar 4.4. Tampilan Panel sebelum di-upgrade



Gambar 4.5. Tampilan Panel setelah di-upgrade

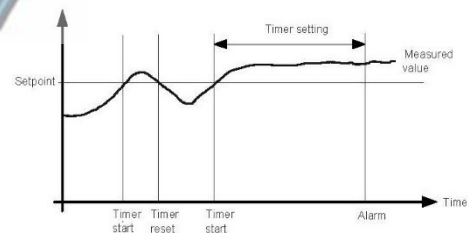
Untuk proses parallel dan pembagian beban otomatis dilakukan oleh GPU 3 (Generator Parallel & Protection Unit) berdasarkan perintah dari PLC. Modul ini mengatur putaran mesin agar beban selalu seimbang dan mengatur frequency dan sudut phase saat proses parallel. Keluaran berupa signal digital yang disambungkan dengan motor potensio speed control pada mesin.



Gambar 4.6. Blok Diagram safety device

4.4 Safety Device Generator

Untuk memproteksi generator dari kerusakan perlu dalam sistem panel ini dilengkapi beberapa proteksi seperti under dan over voltage, over current, reverse power, under dan over frequency. Setiap item proteksi memiliki 3 level fail class berdasarkan nilai besarnya, semakin tinggi nilai kegagalan maka waktu delay semakin cepat. Pada sistem ini level 1 hanya memberi alarm output, level 2 memberi perintah ACB untuk trip dan alarm, level 3 memberi sinyal alarm dan perintah mesin untuk mati.

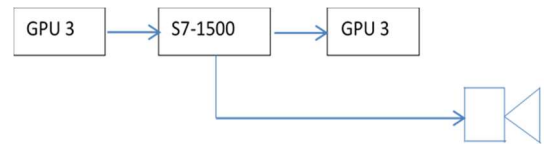


Gambar 4.7. Time Chart safety device

Berikut penjelasan detail masing masing item proteksi :

4.4.1 Perhitungan Under dan Over Voltage

Generator berpotensi terjadi under dan over tegangan jika AVR (Automatic Voltage Generator) tidak berfungsi dengan baik. Setiap perubahan beban akan memicu tegangan akan berubah jika generator mendapat beban, maka tegangan akan turun beberapa saat. Disini fungsi AVR untuk kembali menambah arus excitasi agar tegangan kembali sesuai tegangan referensi untuk kembali ke 440. Dan ketika generator melepas beban, maka tegangan akan naik beberapa saat kemudian, AVR akan mengurangi excitasi untuk menurunkan tegangan. Jika ketentuan sistem ini gagal dilakukan oleh AVR maka fungsi dari sistem proteksi adalah melindungi generator dan dari kerusakan yang lebih fatal. ketika modul proteksi mendeteksi nilai upnormal maka berdasarkan nilai pembacaan GPU akan memberi sinyal alarm sesuai delay waktu yang diberikan dan jika nilai mencapai nilai setting level 2 maka ACB akan di perintah untuk trip. Setiap ada alarm bisa diakses di data history untuk menganalisa kejadian.



Gambar 4.9. Blok Diagram system alarm

Berikut history alarm tes proteksi tegangan :

Category	Char	Test	Address	Value	Unit	Timer	Output	Output Enabled	High/Low Level	Inhib	F
Prot	1322	BB 0+	3	28	75 %	2	Not used/Not u.			cauto.	Tr
Prot	1322	BB 0+	4	30	80 %	1	Not used/Not u.			cauto.	Tr
Prot	1320	BB 0+	1	32	100 %	5	Not used/Not u.			cauto.	Tr
Prot	1340	BB 0+	2	33	110 %	3	Not used/Not u.			cauto.	Tr
Prot	1370	BB 0+	3	34	120 %	3	Not used/Not u.			cauto.	Tr
Prot	1330	BB 0+	1	35	80 %	5	Not used/Not u.			cauto.	Tr
Prot	1330	BB 0+	2	36	80 %	5	Not used/Not u.			cauto.	Tr

Gambar 4.10. History alarm tes

Category	Char	Test	Address	Value	Unit	Timer	Output	Output Enabled	High/Low Level	Inhib	F
Prot	1160	G 0+ (50%)	128	40 %	%	Not used/Not u.				cauto.	Tr
Prot	1160	G 0+ (100%)	129	20 %	%	Not used/Not u.				cauto.	Tr
Prot	1160	G 0+	1	0	20 %	5	Not used/Not u.			cauto.	Tr
Prot	1160	G 0+	2	10	20 %	5	Not used/Not u.			cauto.	Tr
Prot	1160	G 0+	3	12	15 %	5	Not used/Not u.			cauto.	Tr
Prot	1170	G 0+	1	14	85 %	5	Not used/Not u.			cauto.	Tr
Prot	1160	G 0+	2	16	40 %	5	Not used/Not u.			cauto.	Tr
Prot	1160	G 0+	3	18	75 %	5	Not used/Not u.			cauto.	Tr
Prot	1220	G voltage trip	20	0	%	Not used/Not u.				cauto.	Tr
Prot	1220	G voltage trip	21	0	%	Not used/Not u.				cauto.	Tr
Prot	1220	G voltage trip	22	0	%	Not used/Not u.				cauto.	Tr
Prot	1220	G 0+	1	10	80 %	5	Not used/Not u.			cauto.	Tr
Prot	1220	G 0+	2	20	75 %	5	Not used/Not u.			cauto.	Tr
Prot	1220	G 0+	3	22	80 %	5	Not used/Not u.			cauto.	Tr
Prot	1220	G 0+	4	24	80 %	5	Not used/Not u.			cauto.	Tr
Prot	1220	G 0+	5	26	80 %	5	Not used/Not u.			cauto.	Tr

Gambar 4.8. Parameter safety device

Sinyal sinyal alarm dari modul GPU dikirim ke PLC melalui komunikasi Modbus. di PLC data tersebut diolah untuk ditampilkan di HMI dan digital output untuk membunyikan buzzer dan rotary lamp ruang kamar mesin.

4.4.2 Beban Lebih / Over load dan Reverse Power

Untuk melindungi generator dari beban lebih, sistem ini dilengkapi dengan pendeteksi arus. Data ini digunakan untuk membaca nilai arus yang keluar dari generator. Data ini di ambil dari CT (Current Transformer). Untuk memastikan bahwa safety device berfungsi dengan baik sebelum dilakukan load test dilakukan simulasi test menggunakan current injector dengan perhitungan sebagai berikut:

Perbandingan CT 1000/5 A

$$I_n = P : (V \cdot \cos \phi \cdot 1,73)$$

$$= 500000 : (440.0,8.1,73)$$

$$= 821 \text{ A}$$

Setting Overload 110 %

$$I_{lt} = 110 \% . I_n$$

$$= 903 \text{ A}$$

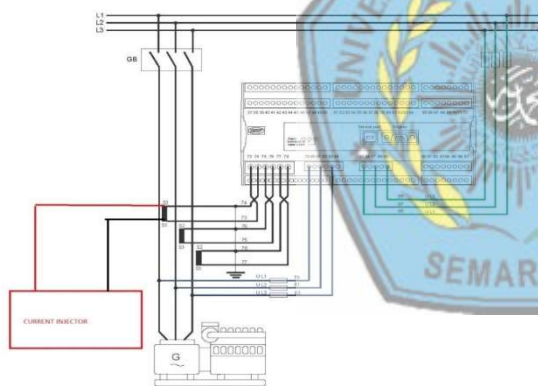
Nilai setting inject arus untuk simulasi test :

$$I_{test} = I_{lt} : \text{Perbandingan CT}$$

$$= 903:1000/5$$

$$= 4,51 \text{ A}$$

Jadi untuk melakukan test overload 110 % modul GPU diberi arus 4,51 A



Gambar 4.11. Pengkabelan simulasi injeksi arus

Sedangkan untuk test reverse power dilakukan secara actual dengan cara mengatur rpm mesin hingga KW ke arah minus 10

5.KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melalui proses analisis, perhitungan, simulasi test fungsi maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan dilakukan rancang bangun baru panel PMS, pengoperasian dan *trouble shooting* lebih mudah karena karena terintegrasi dengan komputer dan fitur sistem proteksi lebih lengkap.
2. Pengembangan sistem PMS yang diterapkan pada penelitian kali ini dibandingkan dengan sistem sebelumnya yaitu berupa *human machine interface* yang lebih *user friendly*, penggunaan *switch & indikator* - indikator penting untuk beban terpasang maupun generator yang lebih lengkap dapat memudahkan operator dalam pengambilan tindakan berdasarkan skenario kerja yang ditentukan.
3. Jika terjadi insiden, sistem bias dilacak alarmnya karena sudah memiliki memori penyimpanan data data alarm

5.2 Saran

1. Agar sistem berjalan optimal agar dilakukan proteksi *test simulation* setiap 3 bulan sekali untuk memastikan sistem berfungsi normal.
2. Agar selalu cek kekencangan koneksi kabel supaya dapat dipastikan sistem control selalu berfungsi dengan optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ma'arif, Firmansyah Putra Agung. 2011. Simulasi Paralel Generator Secara Otomatis pada Kapal STAR-50 BSBC 50,000 DWT dengan Menggunakan Pendekatan Software LabVIEW 8.5. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Markert, Matthias. 2013. Power Management Systems. Lecture Notes on Ship Automation. Hochschule Wismar. Germany
- Marshel S., Dyonisius. 2014. Perancangan Power Management System pada Kapal Penumpang. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Putra, Arya Kemal Pratama. 2012. Kajian Teknis Perencanaan Solar Cell untuk Wahana Bawah Laut Berpenggerak Motor Listrik Bertenaga Baterai. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Radan, Damir. 2008. Integrated Control of Marine Electrical Power Systems. Thesis for The Degree of Philosophiae Doctor. Norwegian University of Science and Technology. Norway