

# **SKRIPSI**

## **SIMULASI *POWER MANAGEMENT SYSTEM (PMS)* PADA SISTEM OPERASIONAL KAPAL CEPAT RUDAL TIPE 60 M (STUDI KASUS KRI SAMPARI-628)**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**ANNURSYAM MAULANA SYAHRIR**

**D091 18 1329**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2023**

# LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

## SIMULASI *POWER MANAGEMENT SYSTEM (PMS)* PADA SISTEM OPERASIONAL KAPAL CEPAT RUDAL TIPE 60 M (STUDI KASUS KRI SAMPARI-628)

Disusun dan diajukan oleh

**Annursyam Maulana Syahrir**  
**D091 18 1329**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 17 April 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

**Haryanti Rivai, S.T., M.T., Ph.D.**  
NIP.19790225 200212 2 001

Pembimbing Pendamping,

**M. Rusydi Alwi, S.T., M.T.**  
NIP. 19730123 200012 1 001



Departemen,  
**Dr.Eng. Faisal Maimuddin, S.T., M.Inf.Tech., M.Eng.**  
NIP. 19840214 200501 1 003

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Annursyam Maulana Syahrir

NIM : D091 18 1329

Departemen : Teknik Sistem Perkapalan

Jenjang : S1

Dengan ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang berjudul :

**“Simulasi *Power Management System (PMS)* pada Sistem Operasional Kapal Cepat Rudal Tipe 60 M (Studi Kasus KRI Sampari-628)”**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 17 April 2023

Yang Menyatakan,

  
METERA  
TEMPEL  
D F91AKX389926687

Annursyam Maulana Syahrir

## ABSTRAK

**ANNURSYAM MAULANA SYAHRIR. SIMULASI POWER MANAGEMENT SYSTEM (PMS) PADA SISTEM OPERASIONAL KAPAL CEPAT RUDAL TIPE 60 M (STUDI KASUS KRI SAMPARI-628)** (dibimbing oleh Haryanti Rivai dan M. Rusydi Alwi)

Otomasi pada sistem kelistrikan kapal dalam hal ini Kapal Cepat Rudal memiliki peran penting salah satunya adalah pencegahan terjadinya permasalahan kelistrikan kapal seperti *black out*. Penyebab utama *black out* pada kapal adalah karena tidak terpantau dan terkontrol dengan baik perhitungan daya dan distribusi listrik pada kapal sehingga terjadi *overload* pada kapal. Untuk mengurangi potensi terjadinya *black out* adalah dengan dirancang sebuah *Power Management System* yang memiliki fungsi *controlling* dan *monitoring* terhadap semua generator sebagai penyedia daya listrik utama untuk semua peralatan kelistrikan yang terpasang. Pada objek penelitian, beban puncak generator terjadi pada kondisi *Combat Service* dengan *load* sebesar 173,34 kW dan juga menjadi acuan dalam penentuan beban puncak yang harus ditanggung generator sehingga daya yang dihasilkan generator akan dapat menanggung beban total pada saat efisiensi generator minimal 80%. Untuk mengantisipasi terjadinya kegagalan sistem pada kapal, perlu dilakukan penggolongan peralatan yang *essential* dan *non essential* untuk selanjutnya mendapatkan estimasi *load* peralatan *essential* sebesar 140,25 kW setelah melakukan *cut-off* pada beban *non essential* apabila diperlukan saat keadaan darurat serta efisiensi generator minimal telah turun sebanyak 10%, sehingga daya yang dihasilkan generator akan dapat menanggung beban total pada saat efisiensi generator minimal 70%. Dengan melakukan *cut-off* dapat berdampak pada naiknya *spare daya* yang dihasilkan generator sehingga sistem akan terhindar dari *black out*. Melalui analisa dari perhitungan dan analisa teknis, dilakukan perancangan *Power Management System* menggunakan *software LabVIEW* dan menjalankan simulasinya.

**Kata kunci:** *Power Management, Generator, Load, Black Out*

## ABSTRACT

**ANNURSYAM MAULANA SYAHRIR.** *SIMULATION OF POWER MANAGEMENT SYSTEM (PMS) ON THE TYPE 60 M FAST ATTACK CRAFT OPERATION SYSTEM (CASE STUDY KRI SAMPARI-628)* (Supervised by Haryanti Rivai and M. Rusydi Alwi)

*Automation in the ship's electrical system, in this case the Fast Attack Craft, has an important role, one of which is the prevention of ship electrical problems such as black out. The main cause of black outs on ships is because they are not properly monitored and controlled by calculating the power and electricity distribution on the ship, resulting in overload on the ship. To reduce the potential for black outs, a Power Management System has been designed that has the function of controlling and monitoring all generators as the main provider of electrical power for all installed electrical equipment. In the object of research, the peak load of the generator occurs in Combat Service conditions with a load of 173.34 kW and also becomes a reference in determining the peak load that must be borne by the generator, so the power produced by the generator will be able to bear the total load when the generator efficiency is at least 80%. To anticipate the occurrence of system failures on ships, it is necessary to classify essential and non-essential equipment to further obtain an estimated load of 140.25 kW of essential equipment after making a cut-off on non-essential loads if needed during an emergency and the minimum generator efficiency has decreased by as much as 10%, so that the power generated by the generator will be able to bear the total load when the generator efficiency is at least 70%. By doing a cut-off can have an impact on increasing the spare power generated by the generator so that the system will avoid black outs. Through scenarios from calculations and technical analysis, a Power Management System design is performed using software LabVIEW and running the simulation.*

**Keywords:** *Power Management, Generator, Load, Black Out*

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....</b>	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.5 Ruang Lingkup.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Kapal Cepat Rudal .....	7
2.2 Listrik Kapal .....	7
2.2.1 MSB .....	10
2.2.2 ESB .....	11
2.2.3 Kabel.....	11
2.2.4 Kebutuhan Daya .....	12
2.2.5 Generator .....	14
2.3 Sistem Kelistrikan Kapal Cepat Rudal .....	16
2.3.1 Sistem Tenaga Listrik Kapal Perang .....	16
2.3.2 Sistem Suplai Tenaga Listrik Pada Kapal Perang .....	16
2.3.3 Sistem Distribusi Listrik Pada Kapal Perang.....	18
2.3.4 Sistem Proteksi Listrik Pada Kapal Perang .....	18
2.4 Pararel Generator .....	19
2.4.1 Operasi Pararel Generator.....	20
2.4.2 Power Sharing Generator.....	21
2.4.3 Beban Kerja ( <i>Load Factor</i> ) Generator Kapal .....	21
2.4.4 Faktor Kesamarataan ( <i>Diversity Factor</i> ) Generator Kapal.....	21
2.4.5 Model Matematika Generator Sinkron .....	22

2.5 Power Management System.....	23
2.5.1 <i>Load</i> .....	24
2.5.2 Blackout .....	25
2.5.3 Power Management System pada Kapal.....	25
2.6 LabVIEW .....	27
2.6.1 Sejarah <i>LabVIEW</i> .....	27
2.6.2 Perkembangan <i>LabVIEW</i> .....	28
2.6.3 Virtual Instruments (VIs).....	28
2.6.4 Fitur <i>LabVIEW</i> .....	28
2.7 <i>Standard Safety Operating</i> berdasarkan BKI .....	30
2.7.1 Pembagian Beban Selama Operasi Paralel .....	31
2.7.2 <i>Connection of load</i> .....	31
2.7.3 Proteksi <i>Overload</i> .....	31
<b>BAB III METODOLOGI DAN DATA PENELITIAN .....</b>	<b>32</b>
3.1 Objek Dan Waktu Penelitian .....	32
3.1.1 Objek Penelitian.....	32
3.1.2 Waktu Penelitian.....	32
3.2 Tahapan Penelitian.....	33
3.2.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah .....	34
3.2.3 Studi Literatur .....	34
3.2.4 Pengumpulan Data .....	34
3.2.6 Analisis Teknis .....	38
3.2.7 Perancangan.....	38
3.2.8 Simulasi .....	38
3.2.9 Kesimpulan .....	39
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>40</b>
4.1 Perhitungan Teknis .....	40
4.1.1 Perhitungan Beban Kelistrikan .....	40
4.1.2 Perhitungan Estimasi <i>Load Generator</i> .....	42
4.2 Analisis Teknis.....	45
4.3 Pemodelan Matematika <i>Power Management System</i> .....	50
4.3.1 Penyelesaian Persamaan Rangkaian RL, RC, RLC .....	51
4.3.2 Penyelesaian Tranformasi Laplace pada Rangkaian RLC seri .....	57
4.3.3 Penyelesaian Fungsi Transfer pada Rangkaian RLC seri .....	60
4.3.4 Mengkonversi Persamaan Fungsi Transfer ke Bentuk <i>State-Space</i> .....	62
4.4 Perancangan dengan <i>Software LabVIEW</i> .....	63

4.4.1 Desain Virtual Instruments Power Management System .....	64
4.4.2 Tampilan Wavefrom Chart Power Management System .....	71
4.4.3 Blok Diagram Power Management System.....	72
4.5 Simulasi dan Hasil .....	72
4.5.1 Simulasi dan Analisa Pembebanan .....	73
4.5.2 Simulasi dengan Skenario Operasional <i>Normal Service</i> .....	75
4.5.3 Simulasi dengan Skenario Beban Puncak.....	76
4.5.4 Simulasi dengan Skenario Operasi Pararel Generator .....	77
4.5.5 Simulasi dengan Skenario <i>Cut-Off</i> Beban <i>Non Essential</i> .....	78
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>79</b>
5.1 Kesimpulan .....	79
5.2 Saran .....	80
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>81</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>83</b>
Lampiran 1. Detail Spesifikasi Teknis <i>Main</i> Generator .....	82
Lampiran 2. Tabel Nilai CL dan IL Peralatan Kelistrikan KCR .....	85
Lampiran 3. Tabel Nilai RLC, Iout dan Vout Peralatan Kelistrikan KCR 60M .....	93
Lampiran 4. Block Diagram Power Management System.....	96



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Main switch board</i> pada kapal .....	11
Gambar 2.2 <i>Marine cable</i> .....	12
Gambar 2.3 Prinsip kerja generator secara sederhana .....	15
Gambar 2.4 Pararel generator [8].....	20
Gambar 2.5 Diagram blok sistem generator sinkron .....	23
Gambar 2.6 Tampilan utama <i>LabVIEW</i> .....	27
Gambar 2.7 Tampilan <i>Front Panel LabVIEW</i> .....	29
Gambar 2.8 Tampilan <i>Diagram Block LabVIEW</i> .....	30
Gambar 3.1 KRI Sampari-628 .....	32
Gambar 3.2 <i>Flow Chart</i> Metodologi Penelitian.....	33
Gambar 4.1 Grafik <i>Total load</i> sebelum dan setelah <i>cut off</i> beban <i>essential</i> .....	47
Gambar 4.2 Parameter perbandingan nilai RLC .....	57
Gambar 4.3 Transformasi laplace rangkaian resistor.....	57
Gambar 4.4 Transformasi laplace rangkaian induktor .....	58
Gambar 4.5 Invers laplace rangkaian induktor .....	58
Gambar 4.6 Rangkaian kapasitor .....	59
Gambar 4.7 Invers laplace rangkaian kapasitor .....	59
Gambar 4.8 Rangkaian RLC orde kedua .....	60
Gambar 4.9 Rangkaian RLC seri .....	61
Gambar 4.10 <i>Virtual instruments power management system</i> pada <i>front panel</i> ....	64
Gambar 4.11 <i>Control system</i> pada <i>power management system</i> .....	65
Gambar 4.12 Fungsi <i>layout</i> dan <i>boolean</i> pada <i>control system</i> .....	66
Gambar 4.13 Fungsi <i>boolean</i> dan <i>string &amp; path</i> pada <i>control system</i> .....	66
Gambar 4.14 Fungsi <i>string &amp; path</i> pada <i>control system</i> .....	67
Gambar 4.15 <i>Control system</i> pada <i>accomodation part</i> .....	67
Gambar 4.16 <i>Control system</i> pada <i>electrical part</i> .....	68
Gambar 4.17 <i>Control system</i> pada <i>fan part</i> .....	68
Gambar 4.18 <i>Control system</i> pada <i>combat equipment</i> .....	69
Gambar 4.19 <i>Monitoring system</i> pada <i>power management system</i> .....	69
Gambar 4.20 Menu dan fungsi pada <i>monitoring system</i> .....	70
Gambar 4.21 <i>Wavefrom Chart Power Management System</i> .....	71
Gambar 4.22 <i>Block Diagram Power Management System (PMS)</i> .....	72
Gambar 4.23 Simulasi ketika menjalankan satu komponen .....	73
Gambar 4.24 Simulasi ketika menjalankan lebih dari satu komponen .....	73
Gambar 4.25 Grafik ketika menjalankan lebih dari satu komponen.....	74

Gambar 4.26 Skenario kondisi operasional <i>normal service</i> .....	75
Gambar 4.27 Grafik skenario kondisi operasional <i>normal service</i> .....	75
Gambar 4.28 Skenario beban puncak.....	76
Gambar 4.29 Grafik kenario beban puncak .....	76
Gambar 4.30 Skenario operasi paralel generator .....	77
Gambar 4.31 Grafik skenario operasi paralel generator .....	77
Gambar 4.32 Skenario <i>cut-off</i> beban <i>non essential</i> .....	78
Gambar 4.33 Grafik skenario <i>cut-off</i> beban <i>non essential</i> .....	78

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data peralatan kelistrikan pada KRI Sampari-628 .....	36
Tabel 4.1 Estimasi <i>load factor</i> generator .....	43
Tabel 4.2 Estimasi total <i>load</i> peralatan kelistrikan <i>essential</i> .....	46
Tabel 4.3 Skenario efisiensi generator terhadap beban tetap .....	48
Tabel 4.4 <i>Spare</i> daya generator. setelah <i>cut off</i> beban <i>non essential</i> .....	49

## DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
<b>KCR</b>	Kapal Cepat Rudal
<b>KRI</b>	Kapal Republik Indonesia
<b>PMS</b>	<i>Power Management System</i>
<b>LabVIEW</b>	<i>Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench</i>
<b>VI</b> s	<i>Virtual Instruments</i>
<b>MSB</b>	<i>Main Switchboard</i>
<b>ESEP</b>	<i>Emergency Source Of Electrical Power</i>
<b>ESB</b>	<i>Emergency Swicth Board</i>
<b>ACOS</b>	<i>Automatic Changeover Switch</i>
<b>GGL</b>	Gaya Gerak Listrik
<b>BKI</b>	Biro Klasifikasi Indonesia
<b>CL</b>	<i>Continuous Load</i>
<b>IL</b>	<i>Intermittent Load</i>
<b>LF</b>	<i>Load Factor</i>
<i>e</i>	<i>Intermittent Load Power Require</i>
<i>f</i>	<i>Total power require</i>
<i>Q</i>	<i>Generator Capacity</i>
<i>d</i>	<i>Intermittent Load Power Total</i>
<b>NS</b>	<i>Normal Service</i>
<b>DA</b>	<i>Dep. &amp; Arrival</i>
<b>RP</b>	<i>Rest In Port</i>
<b>CS</b>	<i>Combat Service</i>
<b>R</b>	Resistor
<b>L</b>	Induktor
<b>C</b>	Kapasitor
$X_L$	Reaktansi Induktif
$X_C$	Reaktansi Kapasitif
$\cos \varphi$	Beda Fase
$\tan \varphi$	Sudut Fase

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Detail Spesifikasi Teknis <i>Main</i> Generator.....	82
Lampiran 2. Tabel Nilai CL dan IL Peralatan Kelistrikan KCR 60M.....	85
Lampiran 3. Tabel Vout dan RLC Peralatan Kelistrikan KCR 60M.....	93
Lampiran 4. <i>Block Diagram Power Management System</i> .....	96

## KATA PENGANTAR

“Ketahuilah bahwa rasa syukur merupakan tingkatan tertinggi, lebih tinggi daripada kesabaran, kegelisahan, ketakutan (khauf), dan keterpisahan dari dunia (zuhud).”- Imam Al-Ghazali. Alhamdulillahirabbilalamin, penulis tidak henti-hentinya bersyukur kepada Allah SWT, yang selalu memberikan rahmat-Nya dalam bentuk kekuatan, kesehatan, kesabaran, dan kesempatan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Simulasi *Power Management System (PMS)* pada Sistem Operasional Kapal Cepat Rudal Tipe 60 M (Studi Kasus KRI Sampari-628)**” sebagai persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Adapun selama proses penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu tidak lupa penulis menyampaikan terima kasih khususnya kepada:

1. Kedua Orang Tua penulis serta kakak dan adik penulis, yang selalu memberikan dukungan penuh baik moril maupun materil terhadap penulis sehingga mampu meringankan beban penulis dalam mengerjakan tugas akhir. Thanks for always provide positive support, be a moodbooster and provide supplements in the form of love and affection.
2. Diri sendiri, yang tidak sempurna namun selalu mau berusaha untuk bertahan dan berjuang menghadapi situasi sulit. Terima kasih untuk tidak pernah berhenti belajar, berkembang dan tumbuh menjadi orang yang pantang menyerah. Thanks for believing in urself that u can finish what u started.
3. Ibu Haryanti Rivai, ST., MT., Ph.D dan Bapak M. Rusydi Alwi, ST., MT selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan dan memberikan motivasi selama proses pengerjaan skripsi ini.
4. Bapak Rahimuddin, ST., MT., Ph.D dan Bapak Baharuddin, ST., MT selaku penguji dalam tugas akhir ini. Terima kasih untuk segala masukan dan motivasi yang telah diberikan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
5. Bapak Dr.Eng. Faisal Mahmuddin, ST., M.Inf.Tech., M.Eng selaku Ketua Departemen, juga Bapak Ir. Zulkifli, MT selaku Pembimbing Akademik serta seluruh dosen dan staff Departemen Teknik Sistem Perkapalan FT-UH yang telah membantu penulis selama menempuh pendidikan di kampus.
6. Rekan-rekan seperjuangan penulis, Zizter 2018 yang selalu menemani dan memberi semangat kepada penulis selama melaksanakan studi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan FT-UH.

7. Seluruh member Labo Listrik dan Kendali Kapal yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis selama proses penyusunan tugas akhir.
8. Rekan-rekan seperjuangan skripsi, terkhusus penghuni Labo Permesinan Kapal yang selalu menemani, berjuang bersama dan menjadi tempat bercerita.
9. Staff Divisi Kapal Perang PT. PAL Indonesia terkhusus Departemen Rendal yang telah membantu penulis dalam memperoleh data penelitian serta bimbingan selama penulis menjalankan Magang/ Kerja Praktek di sana.
10. Orang orang baik yang penulis temui melalui LinkedIn yang telah banyak membantu penulis, terkhusus RRKF yang senantiasa meluangkan waktunya untuk memberikan ilmunya terkait *software Labview*.

Tugas Akhir yang penulis tulis ini mungkin masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun akan penulis nantikan demi perbaikan penelitian selanjutnya. Kiranya tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang berkenan untuk membaca dan mempelajarinya. Amin Yaa Rabbal' Alamiin.

Gowa, 17 April 2023

Penulis

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan sektor industri kian melesat, salah satunya adalah industri maritim. Industri maritim merupakan suatu kegiatan industri berskala besar dengan berbagai aspek teknis terkait yang terdiri atas sektor: desain kapal, konstruksi kapal, manufaktur bidang kelautan, operasional kapal dan reparasi kapal. Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, di dunia perkapalan juga mengalami perkembangan dalam pengerjaan suatu sistem, yang sebelumnya dikerjakan penuh dengan tenaga manusia menjadi sebuah sistem otomasi. Otomasi menjadi salah satu pilihan alternatif dalam sistem pada sebuah kapal. Semua sistem yang ada pada suatu kapal dapat digerakkan secara otomatis, tak terkecuali sistem kelistrikan. Hal ini dapat membuat beban pekerjaan yang harus dilakukan oleh manusia menjadi lebih ringan. Segala peralatan yang ada pada suatu kapal dan menunjang kerja dari kapal, umumnya memerlukan daya kelistrikan untuk dapat bekerja sebagaimana fungsinya. Otomasi pada sistem kelistrikan kapal memiliki peran penting salah satunya adalah pencegahan terjadinya *black out* pada kapal.

*Black out* pada kapal seringkali menjadi penyebab utama terjadinya kasus kecelakaan kapal seperti kapal tenggelam. Kasus kapal tenggelam pada Mei 2019 yakni kapal kargo KM Lintas Timur dengan berat 1.720 GT dan panjang 80,10 meter membawa muatan semen 3.000 sak ini diketahui bahwa sebelum kejadian, mesin kapal mengalami *black out*, atau mati. Di sisi lain, posisi kapal tidak stabil karena dihantam oleh gelombang. Kasus sama terjadi juga pada kapal selam KRI



Nanggala-402 yang hilang kontak pada april 2021, diduga karena *black out* hingga tak terkendali, dan tidak bisa melaksanakan prosedur kedaruratan saat terjadi *black out*. Sebagai informasi, kapal selam memiliki tombol darurat untuk mendorong kapal supaya bisa muncul ke permukaan. Tak lama selang 2 bulan tepatnya Juni 2021, kasus kapal tenggelam kembali terjadi pada KMP Yunice di Selat Bali karena mengalami *black out*.

Penyebab utama *black out* pada kapal adalah karena tidak terpantau dan terkontrol dengan baik perhitungan daya dan distribusi listrik pada kapal sehingga terjadi *overload* pada kapal. Untuk mengurangi potensi terjadinya *black out* adalah harus dirancang sebuah suatu sistem yang memiliki fungsi *controlling* dan *monitoring* terhadap semua generator sebagai penyedia daya listrik utama untuk *supply* ke semua peralatan kelistrikan atau *load* yang terpasang. Total beban (*load*) yang harus ditanggung oleh generator bergantung pada jumlah dan intensitas pemakaian *load* itu sendiri. Besaran total *load* tersebut dapat diketahui melalui *Power Management System (PMS)* untuk menentukan kapasitas sebuah generator yang harus beroperasi (Muldi, Y. 2017).

Setiap kapal memiliki suatu komponen yang dikenal dengan *control panel*. *Control panel* umumnya terletak di *engine room controller* dan di *wheelhouse*. *Control panel* berfungsi sebagai pusat *monitoring* dan kendali pengoperasian peralatan yang menunjang sistem pada kapal (Dionysius, M. S. dan Kusuma, I.R. 2014).

*Power Management System (PMS)* untuk pembangkitan tenaga listrik di kapal berfungsi untuk mengontrol dan memonitor semua genset di kapal sebagai pemasok listrik utama untuk semua peralatan listrik atau beban yang terpasang. Jumlah beban total yang disuplai generator tergantung pada frekuensi beban itu

sendiri yang akan terbaca di *Power Management System (PMS)* dengan baik. Ini membantu operator untuk membuat keputusan tentang berapa banyak generator yang harus dioperasikan baik secara paralel atau dalam operasi yang berdiri sendiri untuk memenuhi daya yang dibutuhkan (Kusuma, I.R. and Pratama, R. 2017).

*Power Management System (PMS)* untuk pembangkit listrik di kapal merupakan suatu sistem yang mengontrol dan memonitor semua generator sebagai penyedia daya listrik utama untuk semua peralatan kelistrikan di kapal (Gunawan, 2017). Peralatan kelistrikan dalam sistem kelistrikan kapal, dapat disebut sebagai *load* dan melalui *Power Management System (PMS)*, *load* yang beroperasi dapat dikelompokkan atau di prioritaskan dalam rangka penyesuaian terhadap kemampuan generator. Pada kondisi tertentu *load* tersebut harus dapat diputus seketika bila diperlukan agar generator tidak mengalami trip (Pratama, R. 2017).

Penelitian sebelumnya oleh Pratama, R. (2017) yakni “Pengembangan *Power Management System* Untuk Pembangkit Listrik Pada Kapal Tanker Berbasis *Software Labview*”, menyarankan untuk Simulasi *PMS* dapat diujicobakan pada tipe kapal dan sistem yang lain sebagai bahan evaluasi dan pengembangan dari simulasi yang sudah pernah dilakukan. Untuk mengakomodasi masalah tersebut dibangun sebuah sistem yang mampu *memonitoring* dan mengendalikan gangguan berupa *Power Management System (PMS)*. Diharapkan dengan melibatkan aspek otomatisasi melalui simulasi menggunakan *Software LabVIEW* dapat meningkatkan aspek *safety* dan *easy* pada *plant* yang dikontrol.

Berdasarkan permasalahan diatas, maka penulis melakukan penelitian mengenai “**Simulasi *Power Management System (PMS)* pada Sistem Operasional Kapal Cepat Rudal Tipe 60 M (Studi Kasus KRI Sampari-628)**” untuk mengontrol dan memonitor semua generator sebagai penyedia daya listrik utama untuk semua peralatan kelistrikan pada Kapal Cepat Rudal Tipe 60 M.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang ada yaitu:

1. Bagaimana cara merancang sistem yang memiliki fungsi *controlling* dan *monitoring* generator sebagai penyedia daya listrik utama untuk *supply* ke semua beban peralatan kelistrikan pada sistem *machinery, accomodation, electrical, fan* dan *combat equipment* (senjata khusus) yang terpasang pada Kapal Cepat Rudal?
2. Bagaimana proses simulasi *Power Management System (PMS)* pada kondisi operasional yakni pada kondisi *normal service, rest in port, dept & arrival* dan *combat service* Kapal Cepat Rudal?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui sistem kerja dan cara perancangan *Power Management System (PMS)* yang memiliki fungsi *controlling* dan *monitoring* generator sebagai penyedia daya listrik utama untuk semua peralatan kelistrikan yang terpasang pada Kapal Cepat Rudal.

2. Membuat *Power Management System (PMS)* pada sistem operasional Kapal Cepat Rudal menggunakan *LabVIEW* dan menjalankan proses simulasinya.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penulisan tugas akhir ini diharapkan dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membutuhkan, adapun manfaat penulisan antara lain:

1. Mendapatkan gambaran umum tentang perancangan, pengembangan yang dapat diterapkan, serta perencanaan SOP pengoperasian *Power Management System (PMS)* untuk pembangkit listrik pada sistem operasional kapal cepat rudal.
2. Menerapkan otomatisasi pada sistem pembangkit listrik di kapal cepat rudal melalui *Power Management System (PMS)* sebagai langkah alternatif dalam mengefisienkan kerja *crew*.
3. Mengoptimalkan daya yang dihasilkan generator sebagai penyedia daya listrik utama untuk semua peralatan kelistrikan di kapal cepat rudal melalui *Power Management System (PMS)*.

#### **1.5 Ruang Lingkup**

Terkait masalah yang timbul maka perlu adanya pembatasan masalah agar sesuai dengan permasalahan dan tujuan yang diharapkan serta dapat mempermudah dalam melakukan analisa. Maka adapun batasan masalah yang dibahas sebagai berikut:

1. Simulasi sistem kelistrikan pada *LabVIEW* dibuat hanya untuk besaran *load* dan daya yang disediakan generator utama pada sistem operasional Kapal Cepat Rudal (tidak termasuk *emergency load/ generator darurat*).

2. Penelitian memanfaatkan *LabVIEW* sebagai *software* dalam perancangan *Power Management System (PMS)* pada sistem operasional Kapal Cepat Rudal.
3. Data yang digunakan pada penelitian adalah ukuran utama, data peralatan kelistrikan dan data generator utama kapal KRI Sampari-628 Tipe Kapal Cepat Rudal 60 M.
4. Permasalahan kelistrikan pada penelitian ini hanya difokuskan pada *management* pengaturan *blackout* akibat *overload*.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kapal Cepat Rudal**

Kapal Cepat Rudal adalah salah satu kapal perang Republik Indonesia yang pelaksanaan tugasnya mengutamakan unsur pendadakan, mengemban misi menyerang secara cepat, menghancurkan target sekali pukul dan menghindari serangan lawan dalam waktu singkat. Kapal rudal sangat populer di negara-negara yang tertarik untuk membentuk angkatan laut dengan biaya lebih rendah dan kontur wilayah yang banyak terdapat kepulauan. KCR Tipe 60 M memiliki panjang 60 meter, lebar 8,10 meter. Kapal tersebut mampu mengakomodasi kru sebanyak 55 orang. Kapal tersebut memiliki berat 500 Ton dan dapat melaju dengan kecepatan maksimal 28 knot pada kondisi *full load* serta *endurance* 5 hari, kapal tersebut memiliki jarak jelajah 2400 Nm pada kecepatan 20 knot. Fungsi utama KCR adalah pengamanan wilayah maritim dan sangat relevan dengan karakteristik geografi Indonesia (HCM PT-PAL Indonesia, 2021).

#### **2.2 Listrik Kapal**

Sistem kelistrikan yang terdapat pada sebuah kapal terdiri atas sumber daya, sistem distribusi, dan berbagai macam peralatan listrik. Tenaga listrik digunakan sebagai penggerak motor bagi banyak mesin bantu dan juga untuk berbagai peralatan di dek kapal, penerangan, ventilasi, dan peralatan pendingin ruangan. Penyediaan listrik yang kontinyu sangat dibutuhkan untuk operasi peralatan dan kapal secara aman, oleh karena itu kapasitas daya yang dapat dihasilkan oleh generator harus memadai. Generator difungsikan sebagai sumber tenaga utama

yang sanggup mencukupi semua kebutuhan akan listrik di kapal. Peralatan kelistrikan pada sebuah kapal biasanya dibagi menjadi 2, yaitu :

- Penerangan dan Navigasi
- Peralatan Kelistrikan yang menunjang sistem pada kapal

Pada kapal yang besar, 2 atau 3 sub distribusi atau *load center switchboard* harus tersedia untuk distribusi daya dan sistem penerangan. Secara umum satu *switchboard* terletak pada bagian depan kapal, satu pada bagian depan dan jika memungkinkan yang ketiga diletakkan pada bagian tengah kapal. Tiap bagian *switchboard* pusat daya disuplai dari *switchboard* layanan kapal dengan menggunakan *Bus feeder*. Disain ini lebih ekonomis dari pada memberikan banyak jalur yang panjang dari *switchboard* layanan kapal ke seluruh bagian kapal. Masing-masing *switchboard* diletakkan/ dipasang pada ruangan yang sesuai. Kompartemen ini biasanya juga bertindak sebagai pusat untuk pelayanan kebutuhan listrik dan perawatan serta masing-masing mungkin juga menyediakan meja kerja dan *locker* untuk komponen peralatan lampu sekring dan kebutuhan listrik lainnya. Secara umum daya listrik atau arus listrik keluaran dari *MSB (Main Switchboard)* dibagi dalam beban-beban yang terdiri dari 3 kelompok besar:

- Beban penerangan
- Beban daya
- Beban komunikasi dan navigasi

Salah satu sistem penunjang kerja utama di kapal, dalam hal ini kapal perang, adalah sistem kelistrikan yang secara umum terdiri dari sumber daya, sistem distribusi, dan peralatan kelistrikan. Daya listrik yang tersedia digunakan untuk memenuhi kebutuhan penerangan, peralatan navigasi dan komunikasi, sistem alarm dan *monitoring*, pengaturan udara dan sistem refrigerasi, motor

pompa dan permesinan dek hingga sistem propulsi. Dalam rangka menjaga seluruh operasi di kapal agar tetap aman dan sesuai fungsinya, maka daya listrik yang disediakan generator harus memadai. Generator sebagai penyedia daya listrik utama untuk semua peralatan kelistrikan yang terpasang harus mampu bekerja secara kontinyu. Peralatan kelistrikan di kapal secara umum dapat dikelompokkan menjadi beberapa bagian yaitu, penerangan, sistem navigasi – komunikasi, dan peralatan kelistrikan penunjang sistem kerja di kapal. Dalam sistem kelistrikan kapal peralatan-peralatan tersebut dapat disebut sebagai *load*, dimana *load* tersebut yang harus dipenuhi oleh generator agar dapat beroperasi sesuai fungsi. *Load* pada sistem kelistrikan kapal utamanya disuplai oleh generator utama, namun pada kondisi tertentu seperti *blackout*, beban akan disuplai oleh *emergency generator* atau baterai yang diletakkan di ruangan *Emergency Source of Electrical Power (ESEP)*. Daya listrik yang dihasilkan oleh generator utama akan dipusatkan ke *main switch board (MSB)* sedangkan daya listrik yang dihasilkan *emergency generator* akan dipusatkan di *emergency switch board (ESB)* sebelum didistribusikan ke peralatan kelistrikan. Pada saat terjadi kegagalan pada sistem kelistrikan, maka sistem distribusi daya akan secara otomatis berpindah dari generator utama ke *emergency generator* melalui mekanisme *Automatic Changeover Switch (ACOS)*.

Daya listrik keluaran dari MSB didistribusikan ke dalam tiga kelompok besar *load* atau beban, yaitu beban penerangan, beban daya, dan beban navigasi – komunikasi (Dionysius, M. S. dan Kusuma, I.R. 2014). Berikut adalah penjelasan dari tiga kelompok besar beban:

**Beban Penerangan:** Karakteristik beban pada kelompok ini memiliki tegangan sebesar 220 Volt 1 fasa dengan frekuensi 50 Hz. Contoh beban yang digunakan



adalah lampu penerangan di *gangway*, ruangan terbuka dan tertutup, dan terminal yang dipersiapkan untuk peralatan dengan kebutuhan daya yang relatif rendah seperti lampu pada meja di setiap ruangan kamar ataupun meja kerja di *workshop*.

**Beban Daya:** Karakteristik beban pada kelompok ini bertegangan 220/380 Volt 3 fasa dengan frekuensi 50 Hz. Sebagian besar peralatan berupa motor pompa, permesinan dek (*crane*, jangkar, *winch*, dsb.), dan peralatan pengaturan udara dan refrigerasi.

**Beban Navigasi dan Komunikasi:** Karakteristik beban pada kelompok ini memiliki tegangan 220 Volt dengan frekuensi 50 Hz untuk peralatan navigasi dan tegangan 24/36 Volt DC untuk instrument-instrumen terpasang yang di suplai sumber tegangan yang sudah disearahkan melalui *rectifier* dan di-*backup* oleh baterai melalui UPS.

### **2.2.1 MSB**

*Main switch board (MSB)*, adalah peralatan listrik yang disusun sedemikian rupa didalam suatu *control board* yang berfungsi untuk menghubungkan generator sebagai penyuplai daya dengan beban. Suatu *MSB* harus dilengkapi dengan peralatan pengaman yang berfungsi untuk mengisolasi atau memutuskan semua hubungan apabila terjadi kesalahan pada sistem kelistrikan kapal. Hal ini dimaksudkan untuk menjaga keselamatan *crew* dan efisiensi kerja peralatan listrik lain yang sedang beroperasi.



Gambar 2.1 *Main switch board* pada kapal  
(Sumber: [www.marineengineeringonline.com](http://www.marineengineeringonline.com))

### 2.2.2 ESB

*Emergency switch board* (ESB) merupakan peralatan listrik yang disusun pada suatu *control board* dan berfungsi untuk menghubungkan *emergency* generator sebagai penyuplai daya darurat terhadap beban berupa lampu penerangan darurat serta sistem navigasi dan komunikasi. Tegangan yang diatur dalam *emergency switch board* yang melalui panel distribusi sebesar 24 Volt DC, 120 Volt AC, atau 450 Volt AC (Putra, A.K.P. 2012).

### 2.2.3 Kabel

Kondisi lingkungan di kapal akan sangat berbeda dengan lingkungan di darat. Hal ini dikarenakan ruangan-ruangan yang ada di kapal dipengaruhi oleh banyak faktor seperti suhu, kelembaban udara di dalam maupun di luar kapal, beban mekanis yang diterima, dan lain sebagainya. Faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi komponen yang terpasang pada sistem instalasi listrik, salah satunya kabel. Kabel berfungsi sebagai penghantar arus listrik, oleh karena itu peraturan tentang kabel listrik di kapal lebih ketat dibandingkan di darat.



Gambar 2.2 *Marine cable*

(Sumber: [www.hiseacable.com](http://www.hiseacable.com))

Berdasarkan literatur oleh Putra, A.K.P. (2012), pemilihan suatu kabel sangat bergantung pada kajian teknis dan ekonomis yang sesuai dengan persyaratan-persyaratan pelayanan seperti, kekuatan mekanis, ketahanan, dan fleksibilitas material kabel.

Arus yang mengalir pada sebuah penghantar akan menghasilkan kalor. Pertambahan kalor sebanding dengan tahanan kabel yang bergantung pada luas penampang kabel tersebut. Panas yang berlebih dapat merusak isolasi, hal ini akan mengurangi tingkat keamanan dari kabel tersebut. Contoh kondisi yang terjadi akibat isolasi yang rusak adalah hubungan arus pendek, sehingga ukuran penghantar harus sesuai untuk mencegah terjadinya hal ini (Putra, A.K.P. 2012).

#### **2.2.4 Kebutuhan Daya**

Secara garis besar 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 Dionysius, M. S. dan Kusuma, I.R (2014), uraian kebutuhan daya listrik yang ada di kapal secara garis besar adalah sebagai berikut:

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

1. ruangan-ruangan yang direncanakan untuk diberi penerangan maupun catu daya peralatan-peralatan yang ada,
2. dimensi dari ruangan tersebut, dan
3. jenis *armature* yang akan dipasang.

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

1. waktu operasi beban-beban terpasang,
2. jenis operasi dari beban-beban terpasang, baik itu *intermittent* atau *continuous*, dan
3. 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*.

**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: pemancar radio, *gyrocompass*, *echosounder*, radar, general alarm, motor untuk sirine, motor untuk *horn*, serta lampu navigasi.

**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:

1. pompa-pompa dan kompresor yang digunakan untuk melayani *engine* selama beroperasi,
2. pompa-pompa *general service*, seperti *oily bilge pump*, *ballast pump*, dan *fire pump*,
3. peralatan-peralatan pengaturan udara dan sistem refrigerasi, seperti *supply fan*, *exhaust fan*, dan *central air conditioning system*, serta
4. permesinan geladak, seperti *steering gear*, *crane*, *windlass*, *winch*, *cargo pump*, dan lain sebagainya.

### **2.2.5 Generator**

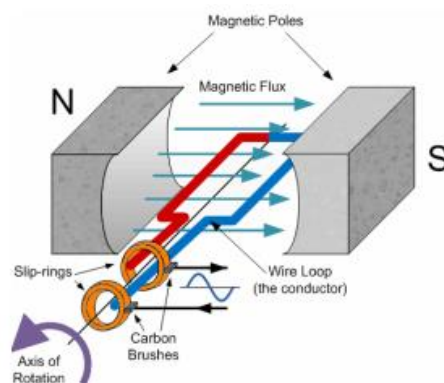
Salah satu bagian terpenting dalam sistem pembangkitan daya adalah generator. Generator merupakan mesin listrik yang berfungsi mentransmisikan daya mekanik menjadi daya listrik. Daya mekanik yang ditransmisikan dapat berupa daya dari mesin diesel, turbin uap, turbin gas, turbin air, baling-baling angin, 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* dari dalam generator itu sendiri maupun

dari luar, seperti sistem yang dihubungkan maupun penggeraknya maka dapat dipastikan sistem pembangkitan daya akan terganggu.

**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 (Ma'arif, F.P.A. 2011). Faktor-faktor yang menyebabkan timbulnya GGL, yaitu:

1. Daya mekanik yang berasal dari penggerak utama.
2. Arus medan berupa arus DC yang berfungsi untuk membangkitkan medan magnet di kumparan medan.



Gambar 2.3 Prinsip kerja generator secara sederhana

(Sumber: [www.electronics-tutorials.ws](http://www.electronics-tutorials.ws))

Prinsip kerja generator secara sederhana ditunjukkan pada Gambar 2.3. Berikut adalah penjelasan untuk proses pembangkitan daya listrik pada generator, dimana:

$I_f$  = arus medan

NS = kutub generator

$\phi$  = fluks medan

## **2.3 Sistem Kelistrikan Kapal Cepat Rudal**

Sistem tenaga pada kapal cepat rudal adalah sistem yang menunjang operasi kapal perang.

### **2.3.1 Sistem Tenaga Listrik Kapal Perang**

Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Vol. IV tahun 2014 mensyaratkan bahwa sekurang-kurangnya 2 agregat yang terpisah dari mesin penggerak utama harus disediakan untuk pemberi daya listrik. Daya keluaran harus berukuran sedemikian sehingga keluaran generator masih tersisa dan cukup untuk memenuhi kebutuhan daya listrik dalam pelayaran di laut ketika salah satu agregat rusak ataupun dihentikan. Menurut peraturan BKI Vol. IV tahun 2014 tegangan menengah pada kapal berkisar antara 1 kV – 17,5 kV. Tegangan menengah yang saat ini digunakan pada sistem kelistrikan kapal perang terdiri dari 2 sistem tegangan rendah yaitu tegangan 440 V 60 Hz dan 380 V 50 Hz (BKI Vol. IV, 2014).

### **2.3.2 Sistem Suplai Tenaga Listrik Pada Kapal Perang**

Berdasarkan literatur Hariaty R. dkk (2017) Kapal Perang memiliki sistem suplai tenaga listrik yang terdiri dari 4 unit diesel generator. Sistem suplai tenaga listrik pada kapal perang dibagi menjadi :

1. Pembangkit listrik utama: seluruh peralatan pembangkit listrik utama terletak pada ruang mesin (*engine room*) diesel generator pada kapal. Pembangkit listrik utama pada kapal perang terdiri dari :

a. Mesin diesel pembangkit listrik utama pada kapal merupakan mesin bantu (*auxiliary engine*) yang terpisah dari mesin utama penggerak kapal Kapal Perang

memiliki 4 unit mesin diesel (mesin bantu) yang bekerja secara paralel dan bergantian.

b. Generator kapal perang memiliki 4 unit alternator 3 fasa yang masing–masing alternator terhubung langsung dengan mesin diesel. 1 unit alternator memiliki kapasitas 338 kVA dengan tegangan keluaran 400 V dan frekuensi tegangan keluaran 50 Hz. Selain generator 3 fasa 400 V 50 Hz, beberapa kapal perang TNI AL juga menggunakan generator 3 fasa 460 V 60 Hz dengan pertimbangan pemilihan tegangan dan frekuensi keluaran generator berdasarkan karakteristik beban listrik pada kapal.

c. Sistem kontrol pada pembangkit listrik kapal berfungsi sebagai sistem yang mengatur kerja mesin diesel (mesin bantu) agar generator menghasilkan tegangan dan frekuensi konstan. Selain mengatur tegangan dan frekuensi, sistem kontrol pada sistem pembangkit listrik juga mengatur aliran daya yang di hasilkan generator yang bekerja secara paralel dan bergantian. 1) Pengatur tegangan otomatis 2) *Governor* 3) Saklar pemindah otomatis 4) Modul kontrol generator.

2. Pembangkit listrik darurat harus terdapat pada sistem suplai tenaga listrik pada kapal perang sebagai sistem cadangan manakala pembangkit listrik utama mengalami gangguan sehingga tidak dapat menghasilkan energi listrik. Pembangkit listrik utama yang terletak pada ruang mesin (*engine room*) memiliki resiko terendam air lebih dahulu sehingga letak pembangkit listrik darurat berada pada bagian haluan kapal.

3. Listrik aliran darat adalah istilah yang digunakan oleh TNI AL untuk menyebut aliran listrik dari PT. PLN (Persero) yang menyuplai listrik ke kapal di dermaga pangkalan TNI AL. Pada saat kapal sandar, kebutuhan listrik pada kapal antara



lain penerangan, penyejuk udara, pompa-pompa dan keperluan dapur dapat di suplai dari tenaga listrik aliran darat dengan tujuan penghematan biaya.

### **2.3.3 Sistem Distribusi Listrik Pada Kapal Perang**

Sistem distribusi listrik pada kapal perang terpusat pada panel utama / *MSB* (*Main Switch Board*). Sistem distribusi listrik pada kapal perang terpusat pada panel utama / *MSB* (*Main Switch Board*). Sistem distribusi arus bolak-balik pada Kapal Perang dibagi menjadi 2 yaitu distribusi 3 fasa dan distribusi 1 fasa (Hariaty, R. dkk 2017). Menurut peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Vol. IV tahun 2014 bahwa sistem distribusi listrik baik tegangan bolak-balik 3 fasa dan 1 fasa maupun distribusi listrik tegangan searah, kawat penghantar netral dapat menggunakan badan / lambung kapal (*Hull Return*) kecuali pada kapal tanker dan kapal dengan *Gross Tonnage* (GT) diatas 1600.

### **2.3.4 Sistem Proteksi Listrik Pada Kapal Perang**

Sistem proteksi pada kapal perang terletak pada panel utama dan panel lokal yang menjadi panel pembagi arus dan pemutus atau penyambung beban. Sistem insulasi listrik pada kapal dilengkapi dengan sistem proteksi listrik yang berfungsi untuk mengamankan peralatan listrik dari arus lebih baik dari gangguan maupun kesalahan pada sistem kelistrikan kapal (Hariaty, R. dkk 2017). Peralatan sistem proteksi pada kapal perang terdiri dari :

1. *Circuit Breaker* pada Kapal Perang MCCB di pasang pada panel utama (*Main Switch Board*), sedangkan MCB dipasang pada panel lokal yang juga menjadi saklar pemutus atau penyambung beban.

2. *Fuse* (sekering) pada Kapal Perang, *fuse* yang digunakan untuk mengamankan motor listrik 3 fasa merupakan *fuse* dengan tipe DII *Diazed Fuse*.

## 2.4 Pararel Generator

Pada sebuah kapal, terdapat 2 generator. Generator satu beroperasi sedang yang lain dalam keadaan *stand by*. Oleh karena itu dibutuhkan generator sebanyak 2 buah maupun lebih yang dihubungkan secara *parallel* 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 alat *synchronoskop*. Alat ini merupakan suatu alat yang digunakan untuk menyinkronkan 2 atau lebih generator agar dapat menjadikan hasil yang optimal yaitu dengan cara memberikan indikator terhadap operator sehingga syarat sinkronisasi dapat terpenuhi (Ma'arif, F.P.A. 2011). Untuk syarat sinkronisasi suatu paralel generator diantaranya:

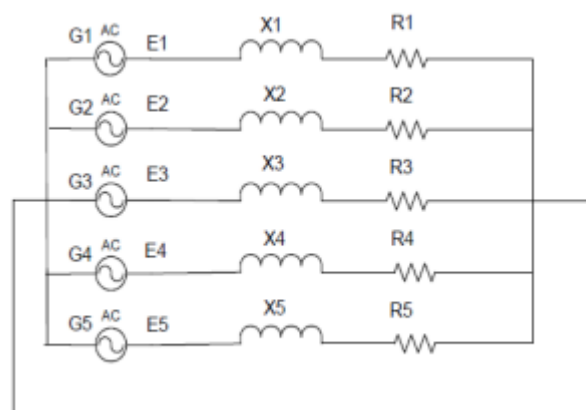
- Memiliki tegangan kerja yang sama
- Memiliki frekuensi yang sama
- Memiliki urutan fasa yang sama
- Mempunyai sudut *phase* yang sama

### 2.4.1 Operasi Pararel Generator

Operasi paralel pusat-pusat tenaga listrik pada dasarnya merupakan perluasan kerja paralel satu generator dengan generator lainnya dengan tambahan resistansi dan reaktansi saluran-saluran interkoneksi yang biasa disebut sinkronisasi (Ma'arif, F.P.A. 2011). Beberapa syarat yang perlu diperhatikan sebelum melakukan operasi paralel generator, 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.
4. Urutan fasa generator-generator yang akan diparalelkan harus sama dengan jaringan.

Dalam operasi paralel generator, sinkronisasi dilakukan agar generator yang diparalelkan dapat menghasilkan daya sejumlah total daya generator. Dimisalkan terdapat lima generator, G1, G2, G3, G4, dan G5 bekerja secara paralel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 sebagai berikut:



Gambar 2.4 Pararel generator (Ma'arif, F.P.A. 2011).

Berdasarkan Gambar 2.4 pada rangkaian operasi paralel, masing-masing generator memiliki impedansi,  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$ ,  $Z_4$ , dan  $Z_5$  yang terdiri dari resistansi,  $R_1$ ,  $R_2$ ,

R3, R4, dan R5 dan X1, X2, X3, X4, dan X5. Sedangkan gaya gerak listrik (GGL) yang diinduksikan pada masing-masing generator adalah E1, E2, E3, E4, dan E5.

#### **2.4.2 Power Sharing Generator**

*Power Sharing* merupakan istilah ketika beberapa generator yang beroperasi *parallel* menyuplai suatu beban dengan pembagian daya yang disuplay oleh beberapa generator yang beroperasi paralel tersebut dibagi secara proporsional baik daya reaktif (KVAR) maupun daya aktif (KW). *Power Sharing* sangat penting untuk mencegah terjadinya *overload* pada sebuah generator, menjaga kestabilan jaringan dan kontinuitas suplay daya listrik kebeban.

#### **2.4.3 Beban Kerja (*Load Factor*) Generator Kapal**

*Load factor* peralatan kapal adalah perbandingan waktu dan pemakaian peralatan yang dinyatakan dalam presentase. Untuk peralatan yang jarang digunakan dianggap mempunyai beban nol seperti fire pump, anchor windlass, capstan dan boat winches (Legowo, Edo. 2017).

#### **2.4.4 Faktor Kesamarataan (*Diversity Factor*) Generator Kapal**

Peralatan listrik di kapal memiliki pembebanan spesifik dikarenakan peralatan bekerja pada pemakaian yang tidak teratur secara bersamaan. Pembebanan pada kapal dibagi menjadi dua yaitu :

- a. Beban kontinyu (*Continous Load*) generator kapal

Beban ini terdapat pada peralatan yang digunakan secara terus-menerus selama pelayaran. Contohnya lampu navigasi, pompa untuk CPP, dll.

- b. Beban generator kapal Terputus – putus (*Intermitten Load*)

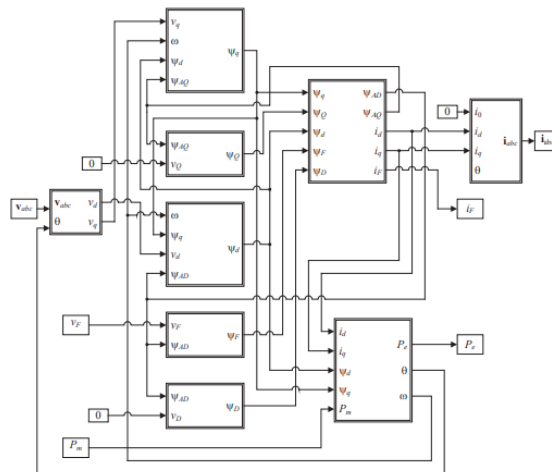
Beban ini terdapat pada peralatan yang digunakan secara periodik selama pelayaran. Contohnya pompa transfer bahan bakar, pompa air tawar, dll (Legowo, Edo. 2017).

#### **2.4.5 Model Matematika Generator Sinkron**

Walaupun teori generator sinkron sudah dikenal sejak awal penerapannya, penelitian pemodelan dan analisis sinkron generator masih sangat banyak berlangsung. Deskripsi matematis dari pengoperasian sistem elektromekanis seperti generator sinkron pada umumnya berarah ke sistem persamaan diferensial yang teratur nonlinier karena perkalian variabel keadaan. Dengan peningkatan daya komputasi, kemampuan untuk pemodelan dan analisis juga meningkat. Hal ini mengakibatkan sejumlah besar model yang berbeda tergantung pada jenis penelitiannya dimaksudkan untuk dan pada tingkat akurasi yang diinginkan (Brezovec, M. et al 2015).

Ada pendekatan yang berbeda ketika mengembangkan model matematika dan model simulasi yang sesuai dari generator sinkron. Yang paling umum. Pendekatan ini didasarkan pada teori dua reaksi umum yang di atasnya terdapat belitan tiga fasa generator diganti dengan satu belitan dua fase fiktif yang ekuivalen diproyeksikan ke sumbu rotor langsung (d) dan quadrature (q). Medan berliku direpresentasikan sebagai belitan sumbu-d dan reaksi belitan damper yang disebabkan oleh arus eddy di rotor silinder digantikan oleh belitan fiktif di sumbu-d dan sumbu-q (Brezovec, M. et al 2015).

Untuk mengembangkan model simulasi berbasis elemen blok yang sesuai dari mode matematika tertentu, maka model matematika generator sinkron harus direpresentasikan oleh melalui diagram blok yang dapat di lihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Diagram blok sistem generator sinkron

## 2.5 Power Management System

*Power management system (PMS)* dapat berperan untuk memisahkan ataupun menyatukan jaringan dalam keseluruhan sistem otomatisasi kapal (Sørfonn, I. 2007). *Management power* secara optimal menjadi kebutuhan penting dalam pengelolaan *power* guna peningkatan efisiensi di kapal (Anvari-Moghaddam, A. et all 2016). Bentuk *power management system* dikapal yang paling sederhana adalah upaya untuk menghindari terjadinya listrik padam atau *blackout* (Valkeejärvi, K. 2005). Fungsi lain untuk memastikan *main breaker* terputus atau trip apabila terjadi kelebihan beban pemakaian. *PMS* untuk memantau dan berfungsi sebagai kontrol keseluruhan dari sistem tenaga, menjadi elemen pengerintegrasi dalam integrasi penuh sistem *power*, sistem otomatisasi, dan sistem penentuan posisi (Pujiyanto, F. dan Darmana, E. 2021). *Power Management System (PMS)* adalah bagian penting dari peralatan kontrol dalam kapal dan biasanya mendistribusikan daya ke berbagai stasiun kontrol yang dapat beroperasi bersama-sama dan berbagi informasi antara satu sama lain atau independen/ tersendiri. Generator dikontrol dan dimonitoring untuk menghasilkan daya dan akhirnya dialirkan pada peralatan kelistrikan yang ada pada sebuah kapal.

Tahapan dalam mengalirkan daya adalah generator, *switchboards* dan akhirnya adalah peralatan kelistrikan itu sendiri. Total daya yang dialirkan dimonitoring dan dikontrol dengan satu atau beberapa sistem kontrol. Untuk fungsi pengontrolan daya generator dapat dibagi lagi menjadi 3, yaitu :

- kontrol generator,
- kontrol daya yang tersedia dan,
- pengamanan terhadap peralatan kelistrikan.

Untuk fungsi dari *restoration* setelah kapal mengalami *blackout* adalah *starting* generator kembali setelah kapal mengalami *blackout*.

### **2.5.1 Load**

*Load* dikategorikan sebagai peralatan kelistrikan terpasang yang harus *discover* 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 *Power Management System* 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 *continuous load*, nilai *load factornya* semakin mendekati 0,8 atau 1.

### 2.5.2 Blackout

*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 *Power Management System*. Berdasarkan penelitian oleh Radan, D. (2008), beberapa penyebab terjadinya *overload*:

1. *Circuit breaker* pada generator yang bermasalah tidak terhubung atau *disconnected*.
  2. Generator set menanggung beban berlebih dengan jangka waktu yang lama.
  3. Kesalahan pada motor penggerak generator.
  4. Kesalahan pada fungsi *Power Management System* sebagai sistem proteksi.
- Sehingga berdasarkan pernyataan di atas dapat disimpulkan, 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.

### 2.5.3 Power Management System pada Kapal

*Power Management System (PMS)* adalah bagian krusial dari sistem otomatis dan sistem *power* listrik kapal, khususnya pada kapal dengan penggerak utama listrik (Nasrudin, I., dan Syafiquddin, C. S. M. 2016). Berdasarkan referensi Dionysius, M. S. dan Kusuma, I.R. (2014), saat ini *PMS* telah berkembang pesat menyesuaikan dengan kebutuhan otomatisasi dalam starting

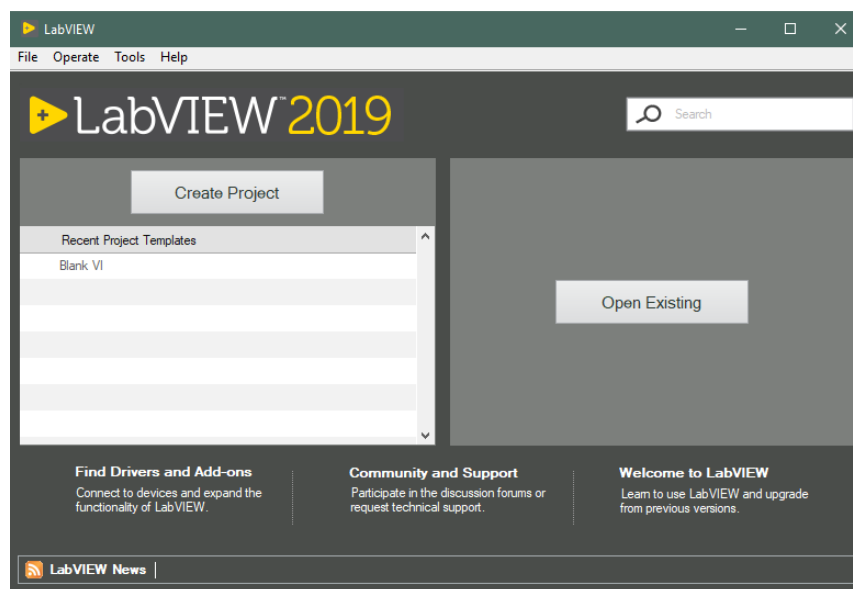


dan operasi paralel generator atau lebih tepatnya proses sinkronisasi. Sebelumnya, *PMS* hanya dapat melakukan kontrol dan monitor terhadap generator untuk optimalisasi daya yang dialirkan. Sedangkan *PMS* yang sudah dikembangkan dapat memungkinkan untuk melakukan pencegahan dari *blackout* untuk keselamatan operasi kapal dan konsumsi bahan bakar dari motor penggerak generator (diesel generator). Pada pembahasan lebih lanjut, *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.

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. 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 (Pratama, R. 2017).

## 2.6 LabVIEW

*LabVIEW* adalah suatu bahasa pemrograman berbasis grafis yang menggunakan *icon* sebagai ganti bentuk teks untuk menciptakan aplikasi. Berlawanan dengan bahasa pemrograman berbasis *text*, di mana instruksi menentukan pelaksanaan program.



Gambar 2.6 Tampilan utama *LabVIEW*

Bahasa pemrograman yang digunakan dalam *software* ini adalah bahasa pemrograman *dataflow* yang disebut bahasa “G”, yaitu konsep bahasa berbasis grafis atau diagram blok. Program *LabVIEW* dikenal dengan sebutan VI atau *virtual instruments* karena penampilan dan operasinya dapat meniru suatu instrumen (Arnita, H. 2020).

### 2.6.1 Sejarah *LabVIEW*

*LabVIEW* (singkatan dari *Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench*) adalah perangkat lunak komputer untuk pemrosesan dan visualisasi data dalam bidang akuisisi data, kendali instrumentasi serta automasi industri

yang pertama kali dikembangkan oleh perusahaan *National Instruments* pada tahun 1986. Perangkat lunak ini dapat dijalankan pada sistem operasi *Linux, Unix, Mac OS X dan Windows* (Widharna, I. G. S. 2019).

### **2.6.2 Perkembangan *LabVIEW***

Dalam *LabVIEW* membangun antarmuka pemakai dengan satu set peralatan (*tools*) dan objek-objek. Antarmuka pemakai dikenal sebagai panel depan (*front Panel*) selanjutnya menambahkan kode menggunakan grafis yang mewakili fungsi untuk mengendalikan objek panel muka. Diagram blok berisi kode ini. Dalam beberapa hal, diagram blok menyerupai suatu *flowchart*. Program *LabVIEW* disebut sebagai *virtual instruments* atau *VI*s sebab operasi dan penampilannya meniru instrumen secara fisik, seperti multimeter dan osiloskop. Setiap *Virtual Instrumen (VI)* menggunakan fungsi-fungsi yang menggerakkan masukan dari pemakai antarmuka atau sumber lain dan menampilkan informasi itu atau memindahkannya ke file lain atau ke komputer lain (Widharna, I. G. S. 2019).

### **2.6.3 Virtual Instruments (VIs)**

*Virtual Instruments (VIs)* atau Instrumentasi Virtual adalah sebuah pengembangan teknologi yang memanfaatkan komputer sebagai tampilan mukanya (*user interface*), namun dapat berfungsi seperti layaknya alat – alat instrumentasi sebenarnya atau bisa juga hanya menampilkan simulasi pekerjaan alat instrumentasi sebenarnya (Kurniawan, W. 2009).

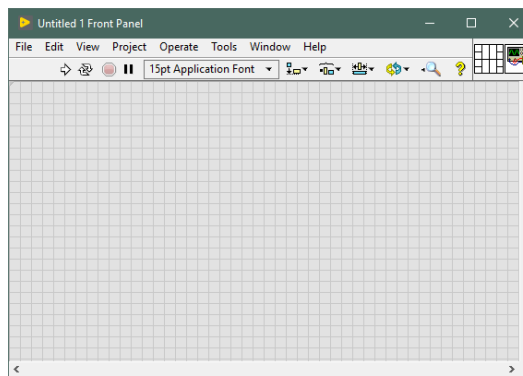
### **2.6.4 Fitur *LabVIEW***

*VI* berisi tiga komponen sebagai berikut:

- a. Panel muka: Melayani antarmuka pemakai.

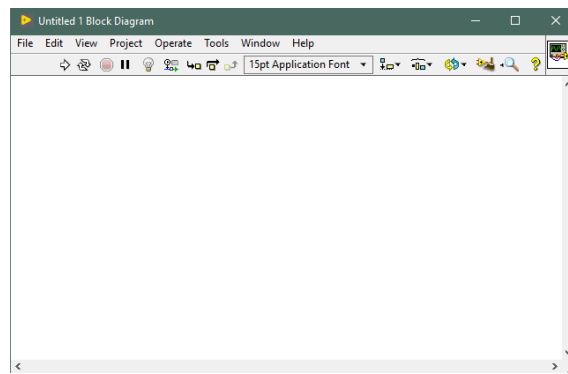
- b. Diagram *Block*: Berisi *source code* grafis yang menggambarkan fungsi-fungsi *VI*.
- c. *Icon* dan *Connector Pane*: Mengidentifikasi *VI* sedemikian rupa sehingga anda dapat menggunakan *VI* di dalam *VI* yang lain atau disebut dengan *sub VI* atau juga disebut dengan *sub routine* didalam program berbasis teks.

**Front Panel:** merupakan *interface* antara pengguna (*user*) dengan program. Di dalam *front panel* terdapat kontrol (*Input*) dan indikator (*Output*). Kontrol pada *front panel* dapat berupa *knop*, tombol, *dial* dan lainnya. Sedangkan untuk indikator (*Output*) dapat berupa *LED* grafik dan tampilan lainnya.



Gambar 2.7 Tampilan *Front Panel LabVIEW*

**Block Diagram:** merupakan blok diagram berisi *source code* grafis ini. Obyek-obyek panel muka nampak seperti terminal pada diagram blok. *Virtual Instrumen* menunjukkan beberapa obyek diagram blok seperti terminal-terminal, fungsi-fungsi, dan alur. Kontrol pada *front panel* menirukan *input instrument* dan menyuplai data ke diagram blok pada *VI* yang bersangkutan. Indikator menirukan instrumen keluaran dan menampilkan data yang diperoleh atau dihasilkan diagram blok.



Gambar 2.8 Tampilan *Diagram Block LabVIEW*

**Tools Palette:** merupakan *tool* yang digunakan untuk mengoperasikan dan memodifikasi *block diagram* dan *front panel*.

Berdasarkan referensi Ma'arif, F. P. A. (2011), *LabVIEW* difungsikan untuk melakukan analisis numerik, desain, dan menggambarkan hasil data. *LabVIEW* memiliki beberapa *toolkit* dan modul untuk analisa dan desain kontrol, pengolahan sinyal, identifikasi sistem, formula, simulasi dan lain sebagainya. Pengerjaan tugas akhir ini sendiri menggunakan *labVIEW* versi 2019.

## **2.7 Standard Safety Operating berdasarkan BKI**

Badan Klasifikasi Indonesia (BKI) adalah Badan Usaha Milik Negara Indonesia yang ditunjuk sebagai satu-satunya badan klasifikasi nasional yang mengklasifikasikan kapal niaga berbendera Indonesia dan asing itu secara teratur beroperasi di perairan Indonesia. Dalam menentukan proteksi *blackout* kapal pada sistem distribusi tenaga listrik, BKI memiliki standar mengenai operasi paralel generator dan sistem proteksi *blackout* yang harus dipenuhi dalam BKI Jilid IV tentang peraturan untuk instalasi listrik di kapal.

### **2.7.1 Pembagian Beban Selama Operasi Paralel**

Jika generator dengan keluaran yang sama dioperasikan secara paralel, beban setiap komponen mesin tidak boleh berbeda dari bagian proporsionalnya lebih dari 10 % ketika beban aktifnya dibagi rata (BKI Vol. IV, 2020).

### **2.7.2 Connection of load**

Jika pengalihan beban disediakan dalam dua langkah, hal yang harus direalisasikan adalah Segera dari 'tanpa beban' menjadi 50%, diikuti sisa 50% keluaran generator yang di paralelkan tetap dalam batas perubahan kecepatan yang diizinkan.

### **2.7.3 Proteksi Overload**

Proteksi beban lebih, yang akan diatur ke nilai antara 10 % dan 50 % arus lebih, harus mengaktifkan arus genset dengan waktu tunda tidak lebih dari 2 menit. Proteksi beban berlebih tidak boleh merusak penyambungan kembali segera dari generator. Jika beban berlebih tetap ada, secara otomatis memutus sambungan yang tidak penting dan, jika perlu, peralatan esensial sekunder. 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 (BKI Vol. IV, 2020).