



## TUGAS AKHIR – ME141501

### **ANALISA *PERFORMANCE* PROPULSI LISTRIK PADA WAHANA BENAM DENGAN MOTOR DC 2×1850 KW 380 VOLT YANG DICATU DAYA 10260 AH PADA TEGANGAN 190 VDC DENGAN RANGKAIAN SERI DAN PARALEL**

Annisa Maya Shabrina  
NRP. 4214 106 008

Dosen Pembimbing  
Indra Ranu Kusuma, ST M.Sc  
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



## **TUGAS AKHIR - ME-141501**

### **ANALISA PERFORMANCE PROPULSI LISTRIK PADA WAHANA BENAM DENGAN MOTOR DC 2×1850 KW 380 VOLT YANG DICATU DAYA 10260 AH PADA TEGANGAN 190 VDC DENGAN RANGKAIAN SERI DAN PARALEL**

Annisa Maya Shabrina  
NRP 4214 106 008

Dosen Pembimbing  
Indra Ranu Kusuma, ST M.Sc  
Ir. Sardono Sarwito M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



## TUGAS AKHIR – ME141501

### **ANALISA *PERFORMANCE* PROPULSI LISTRIK PADA WAHANA BENAM DENGAN MOTOR DC 2×1850 KW 380 VOLT YANG DICATU DAYA 10260 AH PADA TEGANGAN 190 VDC DENGAN RANGKAIAN SERI DAN PARALEL**

Annisa Maya Shabrina  
NRP. 4214 106 008

Dosen Pembimbing  
Indra Ranu Kusuma, ST M.Sc  
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”



**FINAL PROJECT – ME-141501**

**PERFORMANCE ANALYSIS OF SUBMERGED  
VEHICLE ELECTRIC PROPULSION WITH  
MOTOR DC 2 X 1850 KW 380 VOLT WHICH  
SUPPLIED POWER 10260 AH ON VOLTAGE 190  
VDC IN SERIES AND PARALLEL CIRCUITS**

Annisa Maya Shabrina  
NRP 4214 106 008

Supervisor  
Indra Ranu Kusuma, ST M.Sc  
Ir. Sardono Sarwito M.Sc

Department of Marine Engineering  
Faculty of Marine Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2017

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**ANALISA PERFORMANCE PROPULSI LISTRIK PADA**  
**WAHANA BENAM DENGAN MOTOR DC 2×1850 KW 380**  
**VOLT YANG DICATU DAYA 10260 AH PADA**  
**TEGANGAN 190 VDC DENGAN RANGKAIAN SERI DAN**  
**PARALEL**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi Marine Electrical and Automation System (MEAS)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Annisa Maya Shabrina**

Nrp. 4214 106 008

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Indra Ranu Kusuma, ST M.Sc

2. Ir. Sardono Sarwito, M.Sc



**SURABAYA**  
**JANUARI, 2017**

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**ANALISA PERFORMANCE PROPULSI LISTRIK PADA**  
**WAHANA BENAM DENGAN MOTOR DC 2×1850 KW 380**  
**VOLT YANG DICATU DAYA 10260 AH PADA**  
**TEGANGAN 190 VDC DENGAN RANGKAIAN SERI DAN**  
**PARALEL**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Marine Electrical and Automation System (MEAS)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Annisa Maya Shabrina**

Nrp. 4214 106 008

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

NIP. 197708022008011007

SURABAYA  
JANUARI, 2017

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

**ANALISA PERFORMANCE PROPULSI LISTRIK PADA  
WAHANA BENAM DENGAN MOTOR DC 2×1850 KW 380  
VOLT YANG DICATU DAYA 10260 AH PADA  
TEGANGAN 190 VDC DENGAN RANGKAIAN SERI DAN  
PARALEL**

**Nama Mahasiswa : Annisa Maya Shabrina**  
**NRP : 4214 106 008**  
**Departemen : Teknik Sistem Perkapalan**  
**Dosen Pembimbing : Indra Ranu Kusuma, ST, M.Sc**  
**Ir. Sardono Sarwito M.Sc**

**ABSTRAK**

Motor listrik DC yang digunakan sebagai tenaga penggerak utama. Adapun hasil yang diharapkan kita akan mendapatkan karakteristik (seperti torsi dan putaran) pada rangkaian motor DC seri dan paralel pada sistem propulsi tersebut, menentukan rangkaian mana yang efisien untuk sistem propulsi tersebut, Mendapatkan lama penggunaan baterai yang digunakan untuk kebutuhan tersebut.

Pada penulisan tugas akhir akan dikaji secara numerik dengan melakukan simulasi menggunakan MATLAB-Simulink mengenai sistem penggerak dengan menggunakan motor DC pada wahana benam yang dirangkai seri dan paralel. Kemudian akan dilakukan analisa putaran dan torsi pada setiap rangkaian yang ada. Hasil yang diperoleh ialah dengan tegangan input yang sama sebesar 190 volt nilai torsi yang sama sebesar 140 Nm dihasilkan pada rangkaian motor seri dan parallel. Sehingga pada rangkaian seri, menghasilkan kecepatan servis sebesar 12 knot dan 21,5 knot yang menggunakan converter, dan biasanya pada saat kondisi benam didalam laut. Untuk rangkaian paralel menghasilkan kecepatan 14 knot dan 11 knot yang menggunakan converter. Lama penggunaan baterai untuk rangkaian paralel adalah 20,6 hari, sedangkan untuk rangkaian seri adalah 21,08 hari.

**Kata kunci : Sistem penggerak kapal, Motor DC, MATLAB, Wahana benam**

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

**PERFORMANCE ANALYSIS OF SUBMERGED VEHICLE  
ELECTRIC PROPULSION WITH MOTOR DC 2 X 1850  
KW 380 VOLT WHICH SUPPLIED POWER 10260 AH ON  
VOLTAGE 190 VDC IN SERIES AND PARALLEL  
CIRCUITS**

**Name : Annisa Maya Shabrina**  
**NRP : 4214 106 008**  
**Department : Marine Engineering**  
**Advisor : Indra Ranu Kusuma, ST, M.Sc**  
**Ir. Sardono Sarwito M.Sc**

***ABSTRACT***

*An electric DC motor that is used as a main propulsion. As for the expected results we will obtain the characteristics (such as torque and rotation) on a series DC motor series and in parallel on the propulsion system, determines where an efficient circuit for the propulsion system, getting long use of batteries used for such needs.*

*In the thesis will be assessed numerically by simulation using MATLAB-Simulink the drive system by using a DC motor in a vehicle submerged was carried out together series and parallel.*

*The result obtained is the same input voltage of 190 volts same torque value of 140 Nm is generated at the motor circuit series and parallel. So that a series circuit, generating a service speed of 12 knots and 21.5 knots using a converter, and usually when submerged condition in the sea. For parallel circuit produces speed service 14 knots and 11 knots using a converter. Long battery usage for parallel circuit is 20.6 days, while for the series circuit is 21.08 days.*

***Key word: Propulsion system, DC Motor, MATLAB, Submerged vehicle***

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur alhamdulillah saya ucapkan atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehinggalah penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “Analisa Performance Propulsi Listrik pada Wahana Benam Dengan Motor DC  $2 \times 1850$  KW 380 Volt yang Di catu Daya 10260 AH Pada Tegangan 190 VDC dengan Rangkaian Seri dan Paralel” Laporan ini disusun untuk memenuhi matakuliah Skripsi Departemen Teknik Sistem Perkapalan.

Dalam proses penyusunan dan pengerjaan Skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan moral yang sangat berarti dari berbagai pihak, sehingga penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada :

1. Bapak dan Ibu tercinta serta adik-adik saya yang sangat membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini, atas dukungan berupa materiil dan cinta kasih yang diberikan selama ini.
2. Bapak Dr. Eng., M. Badrus Zaman, S.T., M.T., selaku Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS Surabaya serta Bapak Dr. Ir. A.A. Masroeri, M.Eng, selaku purna Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS Surabaya.
3. Bapak Ir. Sardono Sarwito M.Sc dan Bapak Indra Ranu Kusuma, ST. M.Sc. selaku dosen pembimbing II dan I yang telah memberikan banyak masukan dan ilmu bagi penulis.
4. Bapak Dr. Dhimas Widhi Handani, ST., M.Sc. selaku dosen wali, yang selama 4 semester ini mendukung dan memberikan ilmu yang bermanfaat.
5. Bapak Indra Cahya, Bapak Adi Kurniawan, ST, MT, Bapak Juniarko Prananda, ST, MT yang telah memberikan bantuan pemahaman materi.
6. Teman-teman LJ genap tahun 2014 yang selalu memberikan semangat serta doa dan dukungan.

7. Teman-teman angkatan 2011 PSD III Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro atas bahan lelucon, sharing ilmu apapun, cerita gabut, cerita tidak jelas dan cerita cerita absurd lainnya. Kalian luar biasa!
8. Sahabat endel manja mentel linda, riska ifa, teman sekamar saya wiwin, penghui mantan kos keputih 3c, teman-teman penghuni kandang kucing, kakak angkatan, yang telah menghibur dan membantu serta om-om tukang servis laptop sukarela, Ristita cewek meas yang membantu mengerjakan tugas akhir.
9. Semua keluarga dari Laboratorium “Marine Electrical and Automation System (MEAS)” baik teknisi maupun member Laboratorium yang telah memberikan semangat dan transfer ilmu selama pengerjaan skripsi.
10. Serta bagi pihak lain, teman-teman dan sahabat-sahabatku yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Seperti halnya pepatah “tak ada gading yang tak retak” dalam penulisan skripsi ini penulis menyadari bahwa laporan yang telah dikerjakan masih jauh dari kesempurnaan, dan di butuhkan kritik saran yang membangun bagi penulis. Akhirnya penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Januari 2017

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	v
ABSTRAK .....	ix
<i>ABSTRACT</i> .....	xi
KATA PENGANTAR .....	xiii
DAFTAR ISI .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xxix
DAFTAR TABEL .....	xxvii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan .....	2
1.5. Manfaat .....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1. Pendahuluan .....	5
2.2. Wahana Benam .....	5
2.2.1 Prinsip Kerja Wahana Benam .....	6
2.2.2 Wahana Benam Modern .....	7
2.2.3 Tahanan pada Wahana Benam .....	8
2.3. Sistem Propulsi Elektrik .....	12
2.4. Motor DC .....	13
2.4.1 Jenis Motor DC .....	14
2.4.2 Pengaturan Putaran Motor DC .....	17
2.4.3 Bagian-bagian Motor DC .....	22
2.4.4 Prinsip Kerja Motor DC .....	23
2.5. Karakteristik Motor DC untuk Sistem Propulsi .....	25
2.6. Sekilas tentang MATLAB .....	30
BAB 3 METODOLOGI .....	32
3.1. Tahapan Pelaksanaan Tugas Akhir .....	32
3.2. Diagram Alir .....	33
BAB 4 ANALISA DATA .....	35
4.1. Ukuran Utama Wahana Benam .....	35
4.2. Data Pada Sistem Propulsi .....	35
4.3. Detail Perhitungan .....	36
4.4. Perhitungan Torsi .....	37
4.5. Simulasi Rangkaian Motor DC dengan Menggunakan MATLAB-Simulink .....	39

4.5.1	Penjelasan Blok pada rangkaian .....	39
4.5.2	Rangkaian Seri .....	52
4.5.3	Rangkaian Paralel .....	57
4.6.	Hasil Pengamatan pada Saat Baterai penuh (100%) ....	63
4.7.	Analisa Grafik Pengamatan baterai penuh .....	64
4.7.1	Grafik Pengamatan Baterai penuh pada Rangkaian Seri.....	65
4.7.2	Grafik Pengamatan baterai Penuh pada Rangkaian Paralel .....	69
4.7.3	Grafik Pengamatan Perbandingan baterai penuh pada Rangkaian seri dan Paralel .....	73
4.8.	Hasil Pengamatan pada Efisiensi .....	74
4.8.1	Pada rangkaian Seri .....	76
4.8.1.1	Rangkaian Seri Penuh .....	76
4.8.1.2	Rangkaian Seri Terpakai 90% .....	77
4.8.1.3	Rangkaian Seri Terpakai 80% .....	79
4.8.1.4	Rangkaian Seri Terpakai 70% .....	81
4.8.1.5	Rangkaian Seri Terpakai 60% .....	83
4.8.1.6	Rangkaian Seri Terpakai 50% .....	85
4.8.1.7	Rangkaian Seri Terpakai 40% .....	87
4.8.1.8	Rangkaian Seri Terpakai 30% .....	89
4.8.1.9	Rangkaian Seri Terpakai 20% .....	91
4.8.1.10	Rangkaian Seri Terpakai 10% .....	93
4.8.2	Pada rangkaian Paralel .....	95
4.8.2.1	Rangkaian Paralel Penuh .....	95
4.8.2.2	Rangkaian Paralel Terpakai 90% .....	97
4.8.2.3	Rangkaian Paralel Terpakai 80% .....	99
4.8.2.4	Rangkaian Paralel Terpakai 70% .....	101
4.8.2.5	Rangkaian Paralel Terpakai 60% .....	103
4.8.2.6	Rangkaian Paralel Terpakai 50% .....	105
4.8.2.7	Rangkaian Paralel Terpakai 40% .....	107
4.8.2.8	Rangkaian Paralel Terpakai 30% .....	109
4.8.2.9	Rangkaian Paralel Terpakai 20% .....	111
4.8.2.10	Rangkaian Paralel Terpakai 10% .....	113
4.8.3	Hubungan Efisiensi Dan Torsi Pada Rangkaian Seri Dan Paralel.....	116
4.9.	Hasil Pengamatan Pada Saat Baterai Terpakai .....	117
4.9.1.	Rangkaian Seri .....	117
4.9.2.	Rangkaian Paralel.....	128

4.10. Analisa Grafik Hubungan Saat baterai Terpakai Pada Rangkaian Seri dan Paralel .....	138
4.10.1. Rangkaian Seri .....	138
4.10.2. Rangkaian Paralel.....	158
4.11. Analisa Rangkaian Beban Statis dengan Converter saat Torsi Penuh dengan Variasi Kapasitas .....	178
4.11.1. Rangkaian Seri .....	181
4.11.2. Rangkaian Paralel .....	183
4.12. Analisa Rangkaian dengan Converter saat Torsi dengan Variasi Kapasitas tertentu (100%).....	186
4.12.1. Rangkaian Seri .....	186
4.12.2. Rangkaian Paralel.....	188
4.13. Analisa Rangkaian dengan Converter saat Torsi dengan Variasi Kapasitas tertentu (70%).....	190
4.13.1. Rangkaian Seri .....	190
4.13.2. Rangkaian Paralel.....	192
4.14. Analisa Rangkaian dengan Converter saat Torsi dengan Variasi Kapasitas tertentu (10%).....	194
4.14.1. Rangkaian Seri .....	194
4.14.2. Rangkaian Paralel.....	196
4.15. Lama Penggunaan Baterai .....	198
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>201</b>
5.1. Kesimpulan.....	201
5.2. Saran .....	201
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>203</b>

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bagian Wahana Benam.....	5
Gambar 2. 2 <i>Cross Section</i> Wahana Benam .....	6
Gambar 2. 3 Jenis Wahana Benam.....	8
Gambar 2. 4 Grafik Tahanan Total.....	9
Gambar 2. 5 Motor DC Sederhana.....	14
Gambar 2. 6 Rangkaian Motor DC Penguat terpisah .....	14
Gambar 2. 7 Rangkaian Motor DC Shunt.....	15
Gambar 2. 8 Rangkaian Motor DC Seri.....	16
Gambar 2. 9 Rangkaian Motor DC <i>Short</i> Kompon.....	16
Gambar 2. 10 Rangkaian Motor DC <i>Long</i> Kompon.....	17
Gambar 2. 11 Rangkaian Motor DC pengaturan Tahanan Jangkar .....	18
Gambar 2. 12 Rangkaian motor DC Pengaturan tegangan terminal .....	21
Gambar 2. 13 Bagian-bagian Motor DC .....	22
Gambar 2. 14 Motor DC Sederhana .....	24
Gambar 2. 15 Grafik Karakteristik Motor DC Seri .....	27
Gambar 2. 16 Grafik Karakteristik Motor DC Shunt .....	27
Gambar 2. 17 Grafik Karakteristik Motor DC Compound....	27
Gambar 2. 18 Rangkaian Seri Motor Sistem Penggerak propulsi Kapal .....	29
Gambar 2. 19 Rangkaian Paralel Motor Sistem Penggerak propulsi Kapal .....	29
Gambar 2. 20 MATLAB.....	31
Gambar 2. 21 MATLAB-SIMULINK.....	31
Gambar 3. 1 Diagram Alir Rangkaian Paralel .....	33
Gambar 3. 2 Diagram Alir Rangkaian Seri.....	33
Gambar 4. 1 Gambar <i>Block DC Machine</i> .....	39
Gambar 4. 2 Gambar diagram blok yang ada pada blok <i>DC machine</i> di Matlab.....	40
Gambar 4. 3 Gambar parameter tab yang ada pada blok <i>DC machine</i> di Matlab.....	40
Gambar 4. 4 Gambar yang ada pada blok <i>Battery</i> di Matlab.....	41
Gambar 4. 5 Gambar parameter yang ada pada blok <i>Battery</i> di Matlab.....	42
Gambar 4. 6 Gambar parameter <i>view</i> yang ada pada blok <i>Battery</i> di Matlab.....	42

Gambar 4. 7	Gambar <i>current measurement block</i> yang ada di Matlab .....	43
Gambar 4. 8	Gambar parameter <i>current measurement block</i> yang ada di Matlab.....	43
Gambar 4. 9	Gambar <i>voltege measurement block</i> di Matlab.....	43
Gambar 4. 10	Gambar <i>DC Voltage Source Block</i> yang ada pada di Matlab.....	44
Gambar 4. 11	Gambar parameter <i>DC Voltage source block</i> yang ada di Matlab.....	44
Gambar 4. 12	Gambar <i>Display Block</i> yang ada di Matlab.....	45
Gambar 4. 13	Gambar <i>Scope Block</i> yang ada di Matlab.....	45
Gambar 4. 14	Gambar <i>Scope Block</i> yang ada di Matlab-Simulink.....	47
Gambar 4. 15	Gambar <i>Constant Block</i> yang ada di Matlab.....	47
Gambar 4. 16	Gambar Parameter <i>Constant Block</i> yang ada di Matlab.....	48
Gambar 4. 17	Gambar <i>DC/DC Converter Block</i> yang ada di Matlab-Simulink.....	49
Gambar 4. 18	Gambar <i>Powergui Block</i> yang ada di Matlab-Simulink.....	49
Gambar 4. 19	Gambar <i>Configuration Powergui Block</i> yang ada di Matlab.....	50
Gambar 4. 20	Gambar <i>Random Number Block</i> yang ada di Matlab.....	51
Gambar 4. 21	Gambar parameter <i>Random Number Block</i> yang ada di Matlab-Simulink.....	52
Gambar 4. 22	Rangkaian Seri Motor DC .....	52
Gambar 4. 23	Rangkaian Seri bila pada Matlab-Simulink.....	54
Gambar 4. 24	Grafik kecepatan pada rangkaian seri.....	55
Gambar 4. 25	Grafik arus Medan pada rangkaian seri.....	56
Gambar 4. 26	Grafik Arus jangkar pada rangkaian seri .....	56
Gambar 4. 27	Grafik Torsi pada Rangkaian seri.....	57
Gambar 4. 28	Gambar rangkaian paralel.....	57
Gambar 4. 29	Gambar rangkaian paralel pada Matlab-simulink.....	59
Gambar 4.30	Grafik kecepatan pada rangkaian paralel.....	60
Gambar 4. 31	Grafik arus Jangkar pada rangkaian paralel.....	61
Gambar 4. 32	Grafik Arus medan pada rangkaian paralel.....	62
Gambar 4. 33	Grafik Torsi pada Rangkaian Paralel.....	62

Gambar 4. 34	Tabel pengamatan rangkaian motor seri.....	63
Gambar 4. 35	Tabel pengamatan rangkaian motor paralel..	64
Gambar 4. 36	Grafik hubungan torsi dan putaran (rpm)....	66
Gambar 4.37	Grafik hubungan BHP dan RPM.....	66
Gambar 4. 38	Grafik Hubungan BHP dan Vs (knot).....	67
Gambar 4. 39	Grafik Hubungan putaran (rad/s) dan Vs (knot).....	68
Gambar 4. 40	Grafik hubungan Torsi dan kecepatan (rpm).....	69
Gambar 4. 41	Grafik hubungan BHP dan Putaran .....	70
Gambar 4. 42	Grafik hubungan BHP dan Vs (knot).....	71
Gambar 4. 43	Grafik hubungan putaran (rad/s) dan Vs (knot).....	72
Gambar 4. 44	menunjukkan hubungan perbandingan antara BHP dengan torsi pada kedua rangkaian .....	73
Gambar 4. 45	Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas penuh .....	77
Gambar 4. 46	Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 90%.....	79
Gambar 4. 47	Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 80%.....	81
Gambar 4. 48	Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 70% .....	83
Gambar 4. 49	Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 60%.....	85
Gambar 4. 50	Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 50%.....	87
Gambar 4. 51	Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 40%.....	89
Gambar 4. 52	Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 30%.....	91
Gambar 4. 53	Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 20% .....	93
Gambar 4. 54	Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 10%.....	95
Gambar 4. 55	Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 100%.....	97
Gambar 4. 56	Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 90%.....	99
Gambar 4. 57	Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 80% .....	101

Gambar 4. 58	Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 70%.....	103
Gambar 4. 59	Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 60%.....	105
Gambar 4. 60	Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 50%.....	107
Gambar 4. 61	Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 40%.....	109
Gambar 4. 62	Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 30% .....	111
Gambar 4. 63	Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 20%.....	113
Gambar 4. 64	Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 10%.....	115
Gambar 4. 65	Grafik perbandingan antara efisiensi dan torsi rangkaian seri dan rangkaian paralel pada kondisi penuh ..	116
Gambar 4. 66	Tabel pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 10%.....	117
Gambar 4. 67	Tabel pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 20%.....	118
Gambar 4. 68	Tabel pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 30%.....	120
Gambar 4. 69	Tabel pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 40%.....	121
Gambar 4. 70	Tabel pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 50%.....	122
Gambar 4. 71	Tabel pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 60%.....	123
Gambar 4. 72	Tabel pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 70%.....	124
Gambar 4. 73	Tabel pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 80%.....	125
Gambar 4. 74	Tabel pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 90%.....	126
Gambar 4. 75	Tabel pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 0,543 dengan kecepatan 0.....	127
Gambar 4. 76	Tabel pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 10%.....	129
Gambar 4. 77	Tabel pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 20%.....	129
Gambar 4. 78	Tabel pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 30%.....	130

Gambar 4. 79	Tabel pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 40%.....	131
Gambar 4. 80	Tabel pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 50%.....	132
Gambar 4. 81	Tabel pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 60%.....	133
Gambar 4. 82	Tabel pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 70%.....	135
Gambar 4. 83	Tabel pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 80%.....	136
Gambar 4. 84	Tabel pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 90%.....	136
Gambar 4. 85	Tabel pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 0,539 dengan kecepatan 0.....	137
Gambar 4. 86	Grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 10% torsi-putaran.....	139
Gambar 4. 87	Grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 10% putaran-kecepatan servis.....	140
Gambar 4. 88	Grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 20% torsi-putaran.....	141
Gambar 4. 89	Grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 20% putaran-kecepatan servis.....	142
Gambar 4. 90	Grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 30% torsi-putaran.....	143
Gambar 4. 91	Grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 30% putaran-kecepatan servis.....	144
Gambar 4. 92	Grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 40% torsi-putaran.....	145
Gambar 4. 93	Grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 40% putaran-kecepatan servis.....	146
Gambar 4. 94	Grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 50% torsi-putaran.....	147
Gambar 4. 95	Grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 50% putaran-kecepatan servis.....	148
Gambar 4. 96	Grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 60% torsi-putaran.....	149
Gambar 4. 97	Grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 60% putaran-kecepatan servis.....	150
Gambar 4. 98	Grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 70% torsi-putaran.....	151
Gambar 4. 99	Grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 70% putaran-kecepatan servis.....	152

Gambar 4. 100	Grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 80% torsi-putaran.....	153
Gambar 4. 101	Grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 80% putaran-kecepatan servis.....	154
Gambar 4. 102	Grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 90% torsi-putaran.....	155
Gambar 4. 103	Grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 90% putaran-kecepatan servis.....	156
Gambar 4. 104	Grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 0,543% torsi-putaran.....	157
Gambar 4. 105	Grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 0,543% putaran-kecepatan servis.....	158
Gambar 4. 106	Grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 10% torsi-putaran.....	159
Gambar 4. 107	Grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 10% putaran-kecepatan servis.....	160
Gambar 4. 108	Grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 20% torsi-putaran.....	161
Gambar 4. 109	Grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 20% putaran-kecepatan servis.....	162
Gambar 4. 100	Grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 30% torsi-putaran.....	163
Gambar 4. 110	Grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 30% putaran-kecepatan servis.....	164
Gambar 4. 111	Grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 40% torsi-putaran.....	165
Gambar 4. 112	Grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 40% putaran-kecepatan servis.....	166
Gambar 4. 113	Grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 50% torsi-putaran.....	167
Gambar 4. 114	Grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 50% putaran-kecepatan servis.....	168
Gambar 4. 115	Grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 60% torsi-putaran.....	169
Gambar 4. 116	Grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 60% putaran-kecepatan servis.....	170
Gambar 4. 117	Grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 70% torsi-putaran.....	171
Gambar 4. 118	Grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 70% putaran-kecepatan servis.....	172

Gambar 4. 119	Grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 80% torsi-putaran.....	173
Gambar 4. 120	Grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 80% putaran-kecepatan servis.....	174
Gambar 4. 121	Grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 90% torsi-putaran.....	175
Gambar 4. 122	Grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 90% putaran-kecepatan servis.....	176
Gambar 4. 123	Grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 0,539% torsi-putaran.....	177
Gambar 4. 124	Grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 0,539% putaran-kecepatan servis.....	178

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Massa jenis dan Viskositas Kinematis.....	10
Tabel 2. 2 Nilai dari Cr.....	10
Tabel 2. 3 Nilai Ct Untuk variasi tambahan pada perhitungan Tahanan Tambahan .....	11
Tabel 2. 4 Komponen Tahanan wahana benam .....	11
Tabel 4. 1 Tabel Tahanan sisa.....	36
Tabel 4. 2 Tabel Tahanan tambahan.....	37
Tabel 4. 3 Tabel efisiensi rangkaian seri penuh.....	76
Tabel 4. 4 Tabel efisiensi rangkaian seri terpakai 90%.....	78
Tabel 4. 5 Tabel efisiensi rangkaian seri terpakai 80%.....	80
Tabel 4. 6 Tabel efisiensi rangkaian seri terpakai 70%.....	82
Tabel 4. 7 Tabel efisiensi rangkaian seri terpakai 60%.....	84
Tabel 4. 8 Tabel efisiensi rangkaian seri terpakai 50%.....	86
Tabel 4. 9 Tabel efisiensi rangkaian seri terpakai 40%.....	88
Tabel 4. 10 Tabel efisiensi rangkaian seri terpakai 30% .....	90
Tabel 4. 11 Tabel efisiensi rangkaian seri terpakai 20% .....	92
Tabel 4. 12 Tabel efisiensi rangkaian seri terpakai 10% .....	94
Tabel 4. 13 Tabel efisiensi rangkaian Paralel penuh.....	96
Tabel 4. 14 Tabel efisiensi rangkaian paralel terpakai 90% .....	98
Tabel 4. 15 Tabel efisiensi rangkaian paralel terpakai 80% .....	100
Tabel 4. 16 Tabel efisiensi rangkaian paralel terpakai 70% .....	102
Tabel 4. 17 Tabel efisiensi rangkaian paralel terpakai 60% .....	104
Tabel 4. 18 Tabel efisiensi rangkaian paralel terpakai 50% .....	106
Tabel 4. 19 Tabel efisiensi rangkaian paralel terpakai 40% .....	108
Tabel 4. 20 Tabel efisiensi rangkaian paralel terpakai 30% .....	110
Tabel 4. 21 Tabel efisiensi rangkaian paralel terpakai 20% .....	112
Tabel 4. 22 Tabel efisiensi rangkaian paralel terpakai 10% .....	114
Tabel 4. 23 Tabel rangkaian seri tegangan drop dengan rad/s terpakai 100% .....	187

Tabel 4. 24 Tabel rangkaian paralel tegangan drop dengan rad/s terpakai 100% .....	189
Tabel 4. 25 Tabel rangkaian seri tegangan drop dengan rad/s terpakai 70% .....	191
Tabel 4. 26 Tabel rangkaian paralel tegangan drop dengan rad/s terpakai 70% .....	193
Tabel 4. 27 Tabel rangkaian seri tegangan drop dengan rad/s terpakai 10% .....	195
Tabel 4. 28 Tabel rangkaian paralel tegangan drop dengan rad/s terpakai 10% .....	197

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Sistem propulsi elektrik adalah sistem pada kapal yang menggunakan mesin listrik AC atau DC sebagai mesin penggerak menggantikan posisi atau kinerja dari mesin utama, dimana dalam hal ini generator dihubungkan ke switchboard, dan selanjutnya energi atau aliran listrik diteruskan ke transformer, kemudian dikonversi dengan menggunakan konverter ke motor elektrik yang menggerakkan baling-baling kapal. Pada umumnya kapal yang mempunyai kegunaan khusus yang menggunakan motor DC dan untuk kapal niaga yang berorientasi profit pada umumnya menggunakan motor AC.

Motor listrik DC yang digunakan sebagai tenaga penggerak utama, biasanya digunakan pada kapal-kapal dengan kemampuan manuver yang tinggi, kapal khusus, kapal dengan daya tampung muatan yang besar, dan kapal yang menggunakan penggerak mula non-reversible (umumnya menggunakan turbin gas, turbin uap dan diesel putaran tinggi yang dalam penggunaannya tidak mungkin membalikkan putarannya dengan cepat). Perkembangan prime mover untuk penggerak utama di kapal mengalami perkembangan yang sangat pesat sejak ditemukannya uap oleh J. Watt, mesin diesel oleh Rudolf Diesel serta turbin gas oleh Brayton. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan motor DC sebagai alat penggerak ialah hal-hal yang berhubungan dengan motor listrik antara lain arus awal, metode pengaturan kecepatan, metode pembalikan putaran, pengereman dan lain-lain. Pada tahun-tahun awal berbagai penemuan mengenai ketiga prime mover hanya berkisar pada penyempurnaan sistem kerja. Misalnya untuk kapal pemecah es (ice breaker) menggunakan motor DC dalam hal ini dikarenakan torsi yang diperlukan propeller sangat besar.

Menurut (Zuhal, 2000) Terdapat tiga macam cara dalam mengatur putaran pada motor DC antara lain pengaturan fluks magnet, pengaturan tahanan jangkar, serta pengaturan tegangan terminal.

Adapun hasil yang diharapkan kita akan mendapatkan Mendapatkan karakteristik (seperti torsi dan putaran) pada rangkaian motor DC seri dan paralel pada sistem propulsi tersebut, menentukan rangkaian mana yang efisien untuk sistem propulsi tersebut, Mendapatkan lama penggunaan baterai yang digunakan untuk kebutuhan tersebut.

### 1.2 RUMUSAN PERMASALAHAN

Dari uraian latar belakang di atas maka permasalahan utama yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana karakteristik seperti torsi dan putaran pada rangkaian motor DC seri dan paralel pada sistem propulsi tersebut.
- b. Bagaimana memilih rangkaian yang efisien untuk sistem propulsi tersebut.
- c. Berapa lama penggunaan baterai bisa digunakan untuk kebutuhan tersebut.

### 1.3 BATASAN MASALAH

Dari rumusan permasalahan diatas dapat diambil beberapa batasan masalah dari skripsi ini. Adapun batasan masalahnya adalah :

- a. Rangkaian motor DC seri dan paralel sesuai referensi.
- b. Wahana benam dengan panjang 60 m.
- c. Simulasi dengan menggunakan software MATLAB.

### 1.4 TUJUAN

Adapun tujuan penulisan dari skripsi ini adalah sebagai berikut:

- a. Mendapatkan karakteristik seperti torsi dan putaran pada rangkaian motor DC seri dan paralel pada sistem propulsi tersebut dengan metode MATLAB.
- b. Untuk menentukan rangkaian mana yang efisien untuk sistem propulsi tersebut.

- c. Mendapatkan lama penggunaan baterai yang digunakan untuk kebutuhan tersebut.

#### 1.5 MANFAAT

Adapun manfaat dari penulisan skripsi ini adalah sebagai acuan dalam menentukan performance motor DC yang digunakan sebagai propulsi listrik baik yang dirangkai seri ataupun paralel pada wahana benam.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pendahuluan

Motor listrik arus searah atau motor direct current (DC) dalam perkembangannya dimanfaatkan sebagai sistem propulsi. Hal ini merupakan salah satu inovasi dalam mengembangkan sistem propulsi ramah lingkungan. Salah satu alasan dalam pemilihan motor listrik DC sebagai sistem propulsi ialah kemudahan dalam kontrol putaran motor, yang berarti hal tersebut dapat memudahkan pengontrolan kecepatan pada sistem propulsi.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan motor DC sebagai alat penggerak ialah hal-hal yang berhubungan dengan motor listrik antara lain, arus awal, metode pengaturan kecepatan, metode pembalikan putaran, dll. Berdasarkan Zuhail (1995) terdapat tiga macam metode untuk mengatur putaran dari motor DC, salah satunya ialah dengan mengontrol terminal voltage. Dalam sistem propulsi elektrik, dibutuhkan beberapa variasi dari rangkaian untuk menyesuaikan kebutuhan dengan kecepatan putaran yang dihasilkan oleh motor DC.

### 2.2 Wahana benam

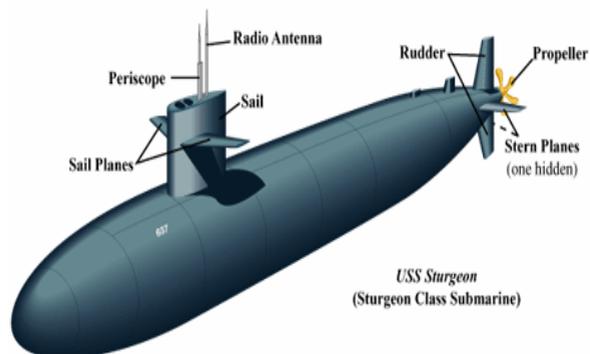
Menurut pasal 309 ayat (1) KUHD, “kapal” adalah semua alat berlayar, apapun nama dan sifatnya. Termasuk didalamnya adalah kapal karam, mesin pengeruk lumpur, mesin penyedot pasir, dan alat pengangkut terapung lainnya. Meskipun benda-benda tersebut tidak dapat bergerak dengan kekuatannya sendiri, namun dapat digolongkan kedalam “alat berlayar” karena dapat terapung/mengapung dan bergerak di air.

Jenis-jenis kapal berikut adalah sesuai dengan yang disebutkan dalam SOLAS 1960 dan dalam Peraturan 2 Ordonansi Kapal-Kapal 1935, sebagai berikut :

- a. Kapal motor
- b. Kapal uap

- c. Kapal nelayan
- d. Kapal nelayan laut
- e. Kapal penangkap ikan
- f. Kapal tongkang
- g. Kapal tunda
- h. Kapal penumpang
- i. Kapal barang
- j. Kapal tangki
- k. Kapal nuklir
- l. Kapal pedalaman/perairan darat
- m. Kapal perang
- n. Kapal layar
- o. Kapal keruk.

Wahana benam adalah kapal yang bergerak di bawah permukaan air, umumnya digunakan untuk tujuan dan kepentingan militer atau penelitian dibawah air. Sebagian besar Angkatan Laut memiliki dan mengoperasikan wahana benam sekalipun jumlah dan populasinya masing-masing negara berbeda. Selain digunakan untuk kepentingan militer, wahana benam juga digunakan untuk ilmu pengetahuan laut dan air tawar dan untuk bertugas di kedalaman yang tidak sesuai untuk penyelam manusia. (Harahap, 2015)

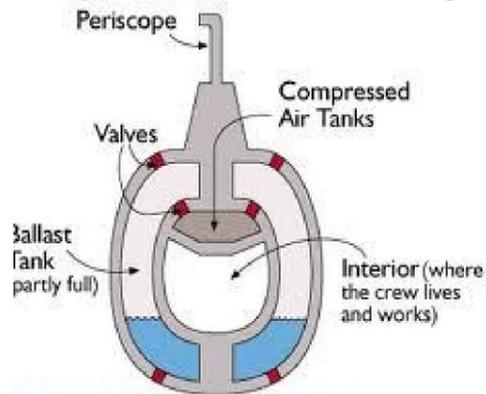


Gambar 2.1. Bagian Wahana benam  
(Harahap, 2015)

### 2.2.1 Prinsip Kerja Wahana benam

Wahana benam memiliki beberapa bagian yang membuat wahana benam dapat melayang dan terapung di dalam air, bagian-bagian tersebut yaitu:

- Tangki Ballast berfungsi untuk menyimpan udara dan air.
- Katup udara, berfungsi untuk memasukkan udara ke dalam ballast (tangki).
- Katup air, berfungsi untuk memasukkan air ke dalam ballast (tangki).
- Tangki Kompresor udara, yang berfungsi memompa air keluar dari ballast dan diganti.



Gambar 2.2. *Cross Section* wahana benam (Harahap, 2015)

Wahana benam itu masuk ke dalam air. Ketika wahana benam siap untuk muncul ke permukaan, lubang-lubang angin ditutup dan tekanan udara didorong masuk ke dalam tangki-tangki. Hal ini meniup air kembali melalui kingstons, dan wahana benam itu pun naik.

### 2.2.2 Wahana benam Modern

Wahana benam yang paling canggih membuat air tawar sendiri dari air laut. Ada pula cadangan udara dengan proses yang membebaskan oksigen dari air tawar. Meskipun wahana benam mengapung dengan mudah, kapal itu mampu menyelam ke dasar samudra dan tetap berada di situ sampai berbulan-bulan lamanya. Rahasiannya terletak pada konstruksi khas dinding rangkap kapal tersebut. Ruang-ruang khusus kedap air (atau tangki pemberat) antara dinding luar dan dinding dalam dapat diisi air laut sehingga meningkatkan bobot keseluruhan dan mengurangi kemampuan mengapungnya. Dengan dorongan baling-baling ke depan dan pengarahannya ke bawah, kapal itu menyelam. Dinding dalam dari baja mampu menahan tekanan luar biasa di kedalaman. Setelah berada di dalam air, kapal mempertahankan posisinya dengan bantuan tangki-tangki pemberat sepanjang lunasnya. Untuk naik ke permukaan, wahana benam mengeluarkan air dari tangki pemberat. Periskop, radar, sonar dan jaringan satelit merupakan alat navigasi utama (Harahap,2015)

Berikut ini adalah beberapa jenis dari wahana benam menurut (Allmendinger,1990) yang disajikan dalam gambar.

<b>Table 1 Types of submersibles (see Fig. 13)</b>	
<b>A. Manned submersibles</b>	
1. One-atmosphere submersibles	
a. untethered or free-swimming	
• <i>Trieste</i>	
• <i>Alvin</i>	
b. tethered	
• observation/work bell	
• ADS-atmosphere diving suit, Jim	
• <i>Mantis</i>	
2. Ambient-pressure submersibles	
a. untethered: swimmer/diver delivery vehicles	
b. tethered: diving-bell or personnel transfer capsule	
3. Diver lockout submersibles—combination of 1 and 2	
a. untethered	
• <i>Perry PC 1801</i>	
• <i>Johnson Sea-Link I and II</i>	
b. tethered: mobile diving unit	
<b>B. Unmanned submersibles</b>	
1. Untethered submersibles	
a. preprogrammed: torpedo	
b. autonomous	
• <i>Epaulard (France)</i>	
• <i>Eave-East</i>	
2. Tethered submersibles—remotely operated vehicles (ROV)	
a. towed: deep-tow	
b. self-propelled	
• 3DM (three-dimension mobility): CURV	
• 2DM (two-dimension mobility): "bottom crawlers"	

Gambar 2.3 Jenis Wahana benam

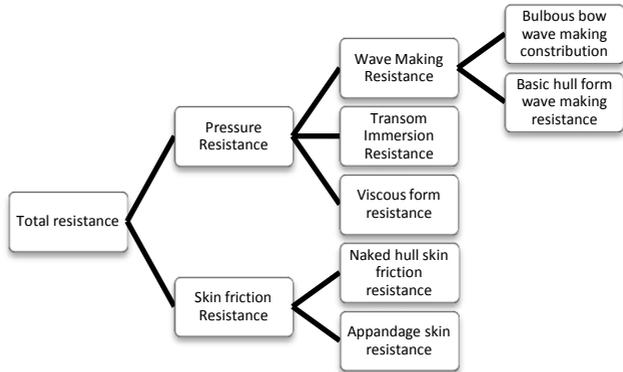
### 2.2.3 Tahanan pada Wahana benam

Hambatan (*resistance*) merupakan gaya-gaya yang menghambat laju kapal. Hambatan tersebut meliputi :

- a. Gaya tegak lurus terhadap badan kapal (gaya normal)
- b. Gaya yang bersinggungan dengan badan kapal.

Dalam merancang sebuah kapal baru, hal yang sangat mempengaruhi rancangan kapal tersebut yakni :

- a. Daya apung
- b. Keseimbangan



Gambar 2.4 Grafik tahanan Total

Menurut Allmendinger (1990) Tahanan total wahana benam dapat di rumuskan sebagai berikut :

$$R_T = R_{BH} + R_{APP} \quad \dots\dots\dots (1)$$

Ket :

$R_T$  = Tahanan Total

$R_{BH}$  = tahanan lambung

$R_{APP}$  = Tahanan tambahan ( seperti control permukaan, kondisi pelayaran)

Sedangkan,

$$R_{BH} = \frac{1}{2}\rho AV^2 C_T \quad \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

$\rho$  = massa jenis

A = Luas area bisa menggunakan rumus  $L^2$

V = kecepatan kapal (ft/s)

$$C_T = C_f + \Delta C_f + C_r + C_w \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$C_f = \frac{0,075}{(\log Re - 2)^2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$Re = \frac{V \times L}{\nu} \dots\dots\dots(5)$$

$\Delta C_f =$  antara 0,0004-0,0009

Tabel 2.1 massa jenis dan viskositas kinematik

Temperature, °F	Density, lb-s <sup>2</sup> /ft <sup>4</sup>	Kinematic Viscosity, ft <sup>2</sup> /s
32	1.9947	—
34	1.9946	—
36	1.9944	—
38	1.9942	—
40	1.9940	—
42	1.9937	1.6568
44	1.9934	1.6035
46	1.9931	1.5531
48	1.9928	1.5053
50	1.9924	1.4599
52	1.9921	1.4168
54	1.9917	1.3758
56	1.9912	1.2268
58	1.9908	1.2996
60	1.9903	1.2641
62	1.9898	1.2303
64	1.9893	1.1979
66	1.9888	1.1669
68	1.9882	1.1372
70	1.9876	1.1088
72	1.9870	1.0816
74	1.9864	1.0554
76	1.9858	1.0303
78	1.9851	1.0062
80	1.9844	0.9830

Untuk nilai dari  $C_r$  berdasarkan dari tabel dibawah ini :

Tabel 2.2 nilai dari  $C_r$

Hull Form	$C_r \times 10^3$
Deep Quest	0,677
DSRV	0,435
Fleet Submarine	0,39
Albacore	0,1

Sedangkan untuk nilai  $C_w$  sangat kecil dan tergantung dari desainer jadi bisa juga diabaikan.

Tabel 2.3 Nilai  $C_t$  untuk variasi Tambahan pada perhitungan Tahanan Tambahan

Appendage	Area Basis	$C_f$
Small domes	Profile	0.015
Antennae	Projected	1.2
Cylinders	Projected	1.2
Arms	Wetted surface	0.005
Long faired protuberances	Wetted surface	0.005
Holes in skin	Projected frontal	0.5
Planes	Projected frontal	0.011

$$R_{APP} = \frac{1}{2}\rho AV^2 C_T \dots\dots\dots (5)$$

Menurut Burcher (1994), Komponen dari tahanan wahana benam adalah :

Tabel 2.4 Komponen tahanan wahana benam

Component	$\frac{\Delta P_E}{\text{Total } P_E} (\%) = \frac{A}{A}$	$\frac{\Delta \text{Area}}{\text{Total Area}} (\%) = \frac{B}{B}$	Resistfulness $\frac{A}{B}$
Hull	68,50	84,33	0,81
Bridge fin	7,87	8,05	0,98
Stern planes	7,71	3,28	2,35
Bow planes	3,54	0,58	6,14
Upper Rudder	5,34	1,64	3,26
Lower rudder	1,81	1,11	1,63
Sonar Fairing	2,88	0,16	18,03
Ballast keel	6,05	6,10	0,99
Total	103,70		

### 2.3 Sistem Propulsi Elektrik

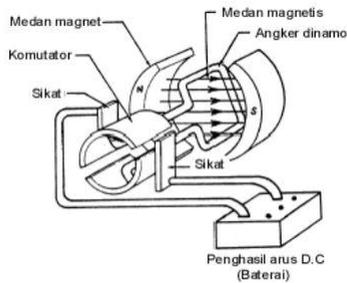
Sistem propulsi elektrik adalah sebuah alternatif penggerak utama kapal yang menggunakan motor listrik AC atau DC sebagai mesin penggerak menggantikan kinerja dari mesin utama, dimana dalam hal ini generator dihubungkan ke switchboard, dan selanjutnya energi atau aliran listrik diteruskan ke transformer, kemudian dikonversi dengan menggunakan konverter ke motor elektrik yang menggerakkan baling-baling kapal.

Keuntungan dalam penggunaan sistem propulsi elektrik jika dibandingkan dengan menggunakan sistem propulsi lain adalah investasi awal yang tidak terlalu besar, menghemat tempat, lebih ringan dan sedikit kehilangan power pada sistem transisi dibandingkan dengan sistem propulsi lain. Hubungan elektrik antara generator dan motor propulsi lebih leluasa dalam peletakkan peralatan di dalam ruangan. Selain itu dapat menggunakan berbagai penggerak utama seperti diesel, turbin gas, turbin uap, dan hasil keluarannya dapat lebih mudah digabung dibandingkan dengan sistem mekanik. Untuk tipe penggerak mula tidak langsung, penggerak elektrik mempunyai keuntungan dapat membalikkan putaran propeller dengan relatif lebih mudah kontrolnya. Dalam beberapa kasus yang masih dalam tahap pengembangan, power yang dibutuhkan oleh propeller dengan menggunakan beberapa penggerak mula dengan tipe medium dan high speed, sistem penggerak elektrik mampu memecahkan persoalan ini tanpa menggunakan kopleng mekanik.

Adapun kelemahan dari sistem propulsi elektrik yaitu dalam hal suara atau kebisingan kapal, memang tidak adanya ledakan atau pembakaran di dalam motor listrik, maka motor sistem propulsi tidak terlalu mengganggu dalam hal suara. Namun untuk propeler-propeler tertentu yang diputar dengan kecepatan dan rpm yang cukup tinggi, maka faktor suara tetap akan timbul akibat kecepatan putar daripada propeller atau baling-baling menghisap dan mendorong udara. Selain itu, sistem propulsi elektrik efisien hanya pada daya maksimum, jika dibandingkan dengan mesin diesel. Membutuhkan perawatan yang ekstra, lebih besar dan lebih mahal, tidak cocok untuk aplikasi kecepatan tinggi dan tidak cocok untuk aplikasi berdaya besar.

#### 2.4 Motor DC

Motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya memutar *impeller* pompa, *fan* atau *blower*, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dan sebagainya. Motor DC adalah motor yang memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan dan kumparan jangkar untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen.



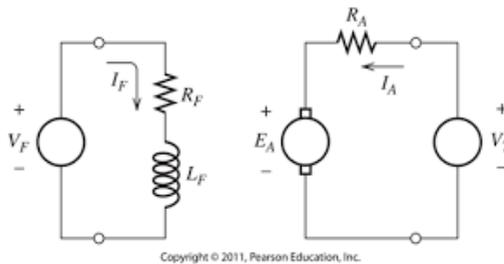
Gambar 2.5. Motor DC Sederhana

Sumber : <http://staff.ui.ac.id/system/files/users/chairul.hudaya>

2.4.1 Jenis Motor DC

- a. Separately Excited (penguat terpisah)

Motor DC penguat terpisah atau *separately excited* disuplai oleh dua sumber tegangan berbeda ( $V_t$  dan  $V_f$ ) pada masing-masing kumparan, yaitu kumparan jangkar dan kumparan medan.



Gambar 2.6. Rangkaian motor DC penguat terpisah

$$V_f = I_f.R_f \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

$$V_t = E_a + I_a.R_a \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

$$E_a = C.n.\phi \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

(Sarwito, 2006)

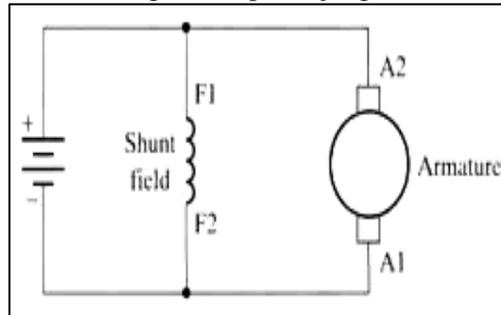
- b. Self Excited (penguat sendiri)

Motor DC penguat sendiri atau *self excited* disuplai oleh satu sumber tegangan ( $V_t=$

tegangan terminal) pada kedua kumparannya, kumparan jangkar dan kumparan medan. Motor DC penguat sendiri dibagi menjadi 3 tipe berbeda berdasarkan rangkaian, antara lain:

a. Motor DC Shunt

Ialah motor DC dengan kumparan penguat yang dihubungkan secara paralel dengan kumparan jangkar.



Gambar 2.7. Rangkaian motor DC shunt

$$V_f = V_t \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

$$V_t = I_{sh}.R_{sh} \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

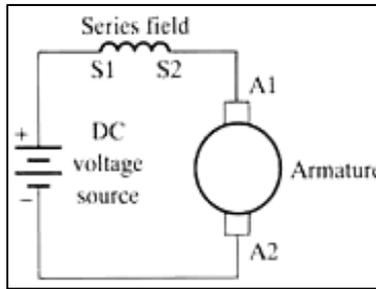
$$V_t = E_a + I_a.R_a \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

$$E_a = C.n.\phi \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

(Sarwito, 2006)

b. Motor DC Series

Ialah motor DC yang memiliki hubungan seri antara kumparan jangkar dengan kumparan penguat.



Gambar 2.8. Rangkaian motor DC seri

$$I_s = I_L = I_a \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

$$V_s = I_s R_s \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

$$V_t = E_a + I_a R_a + I_a R_s \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

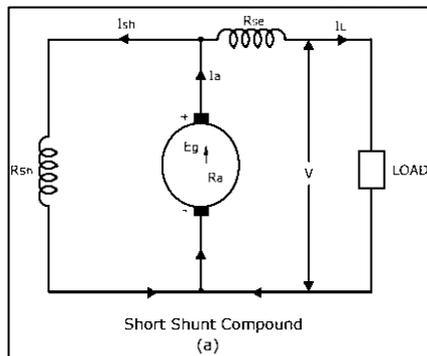
$$E_a = C.n.\phi \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

(Sarwito, 2006)

c. Motor DC Compound

Motor DC Compound atau campuran memiliki dua tipe berbeda, yaitu Motor DC Long Compound dan Motor DC Short Compound. Pada motor DC tipe ini, memiliki kumparan penguat yang dililitkan seri dan paralel.

• Motor DC Short Compound



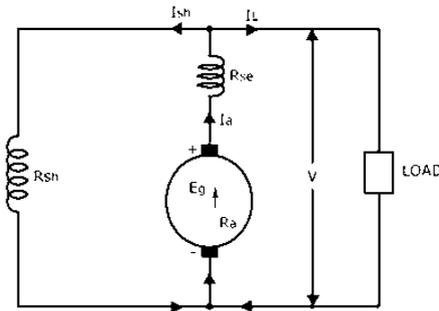
Gambar 2.9. Rangkaian motor DC short compound

$$I_L = I_{sh} + I_a \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

$$\begin{aligned}
 I_L &= I_s && \dots\dots\dots (2.18) \\
 V_{sh} &= I_{sh}.R_{sh} && \dots\dots\dots (2.19) \\
 V_s &= I_s.R_s = I_L.R_s && \dots\dots\dots (2.20) \\
 V_{sh} &= E_a + I_a.R_a && \dots\dots\dots (2.21) \\
 E_a &= C.n.\phi && \dots\dots\dots (2.22) \\
 V_t &= V_{sh} + V_s && \dots\dots\dots (2.23) \\
 V_t &= I_s.R_s + E_a + I_a.R_a && \dots\dots\dots (2.24)
 \end{aligned}$$

(Sarwito, 2006)

- Motor DC Long Compound  
 Motor ini disuplai oleh satu sumber tegangan DC.



Long Shunt Compound  
(b)

Gambar 2.10. Rangkaian motor DC long compound

$$\begin{aligned}
 I_L &= I_{sh} + I_a && \dots\dots\dots (2.25) \\
 I_a &= I_s && \dots\dots\dots (2.26) \\
 V_{sh} &= I_{sh}.R_{sh} && \dots\dots\dots (2.27) \\
 V_{sh} &= V_t && \dots\dots\dots (2.28) \\
 V_s &= I_s.R_s = I_a.R_s && \dots\dots\dots (2.29) \\
 V_t &= E_a + I_a.R_a + V_s && \dots\dots\dots (2.30) \\
 V_t &= E_a + I_a.R_a + I_a.R_s && \dots\dots\dots (2.31) \\
 E_a &= C.n.\phi && \dots\dots\dots (2.32)
 \end{aligned}$$

(Sarwito, 2006)

#### 2.4.2 Pengaturan Putaran Motor DC

Pengaturan kecepatan memegang peranan penting dalam motor DC, karena motor DC

mempunyai kopel-kecepatan yang menguntungkan dibanding dengan motor lainnya. Dari rumus umum motor DC, didapatkan :

$$V_t = E_a + I_a.R_a \quad \dots\dots\dots(2.33)$$

$$E_a = C.n.\phi \quad \dots\dots\dots (2.34)$$

$$E_a = V_t - I_a.R_a \quad \dots\dots\dots (2.35)$$

$$C.n.\phi = V_t - I_a.R_a \quad \dots\dots\dots (2.36)$$

$$n = \frac{V_t - I_a.R_a}{C.\phi} \quad \dots\dots\dots(2.37)$$

(Sarwito, 2006)

Dari persamaan diatas dapat dilihat bahwa kecepatan (n) dapat diatur dengan mengubah-ubah besaran  $\phi$ ,  $R_a$ ,  $V_t$ .

Berdasarkan (Zuhal, 2000) Sehingga, untuk mengatur putaran dari motor DC dapat menggunakan tiga macam cara, antara lain:

#### 1. Pengaturan Fluks Magnet (Medan shunt)

Pengaturan fluks magnet pada motor DC ialah dengan menambahkan kumparan (*variable resistance*) yang dihubungkan seri dengan kumparan medan.

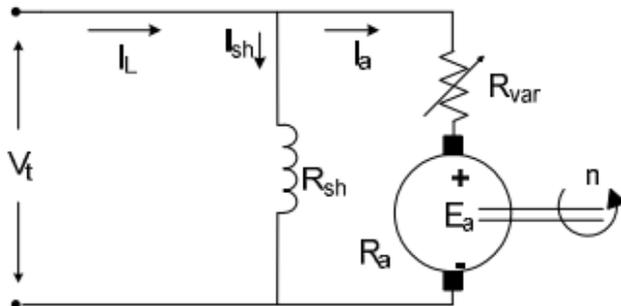
Pengaturan putaran motor DC dengan mengatur fluks magnet memiliki karakteristik antara lain:

- Kecepatan minimum dari motor dapat diperoleh ketika *variable resistance* mendekati nol atau sama dengan nol.
- Kecepatan maksimum pada motor DC dibatasi oleh kapasitas maksimum dari gaya centrifugal pada poros motor DC.
- Memiliki heat losses yang rendah.
- Mudah dan sederhana dalam pengaplikasian rangkaianannya.
- Hanya dapat diaplikasikan pada tipe motor DC Shunt dan motor DC Long Compound.

- Range putaran nominal ke atas, nilai putaran terendah berada pada putaran nominal.
- Putaran dibatasi oleh kekuatan poros.

## 2. Pengaturan Tahanan Jangkar

Pada pengaturan tahanan jangkar, *variabel rheostadt* dihubungkan seri dengan kumparan jangkar, sehingga hasil dari  $I_a R_a$  dapat diatur. Dengan mengatur hasil dari  $I_a R_a$  maka kecepatan motor dapat ditentukan. Namun, pengaturan motor DC dengan metode ini sangat jarang digunakan karena dapat meningkatkan heat losses pada *variabel resistance*. Pada pengaturan tahanan jangkar, nilai putaran tertinggi berada pada putaran nominal. Kelemahan dari penggunaan metode ini ialah dapat menghasilkan heat losses yang tinggi.



Gambar 2.11. Rangkaian motor DC pengaturan tahanan jangkar

## 3. Pengaturan Tegangan Terminal

Pengaturan motor DC dengan mengatur tegangan terminal menggunakan metode Ward-Leonard. Pengaturan jenis ini biasa digunakan pada industri yang memiliki proses

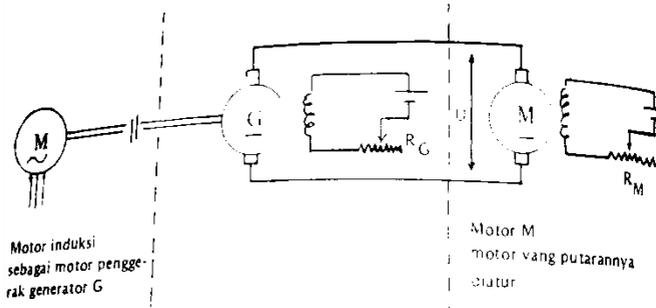
penggulungan (*rolling process*) seperti, industri kertas, industri plat baja, dll. Dengan beberapa modifikasi, metode ini dapat diaplikasikan di kapal khususnya pada sistem propulsi listrik di kapal.

Ward-Leonard sistem lebih dari sekadar cara sederhana dengan menerapkan suatu variabel dc ke armature dari motor dc. Hal tersebut benar-benar dapat memaksa motor untuk mengembangkan torsi dan kecepatan yang dibutuhkan oleh beban. Contohnya, misalkan  $E_s$  disesuaikan dengan sedikit lebih tinggi daripada  $E_o$  dari motor. Arus akan mengalir dengan arah sesuai dengan gambar di atas, dan motor mengembangkan torsi yang positif. Armature dari motor menyerap power karena  $I$  mengalir ke terminal positif.

Sekarang, misalkan kita mengurangi  $E_s$  dengan mengurangi excitation  $\Phi_G$ . Segera setelah  $E_s$  menjadi kurang dari  $E_o$ , arus  $I$  berbalik. Hasilnya, torsi motor berbalik dan armature dari motor menghantarkan daya ke generator G. Akibatnya, motor dc mendadak menjadi generator dan generator G mendadak menjadi motor. Maka, dengan mengurangi  $E_s$ , motor tiba-tiba dipaksa untuk memperlambat.

Apa yang terjadi kepada power dc yg diterima oleh generator? Saat generator menerima daya listrik, generator beroperasi sebagai motor, mengendalikan motor ac nya sendiri sebagai asynchronous generator. Hasilnya, ac power memberikan kembali ke rangkaian yang biasanya memberikan motor ac. Kenyataannya daya bisa diperoleh

kembali, cara ini membuat Ward-Leonard sistem menjadi sangat efisien.



Gambar 2.12. Rangkaian motor DC pengaturan tegangan terminal

(<http://www.omegadelta-electric.tk/2016/02/pengaturan-putaran-secara-ward-leonard.html>)

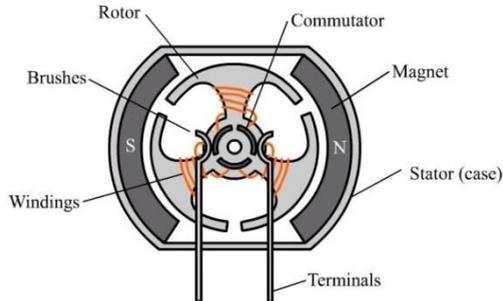
Karakteristik dari pengaturan putaran motor DC dengan metode Ward-Leonard antara lain:

- Input atau masukan dari generator memiliki kecepatan yang konstan, yang disuplai oleh motor induksi.
- Tegangan output dari generator DC ialah tegangan input pada motor DC sehingga dapat diatur.
- Kegunaan dari *variabel resistance* pada generator DC ialah sebagai pengendali atau pengatur tegangan output dari generator DC.
- Pengaturan arus medan pada motor DC bertujuan untuk mengatur torsi pada motor DC.
- Kekurangan dari metode Ward-Leonard ialah biaya yang dibutuhkan lebih tinggi

jika dibandingkan dengan metode pengaturan putaran yang lain.

- Kontrol putaran sangat halus, dimulai saat  $n = 0$  hingga putaran mencapai putaran nominal.

#### 2.4.3. Bagian-bagian Motor DC



Gambar 2.13. Bagian-bagian Motor DC

Sumber : <http://artikel-teknologi.com/prinsip-kerja-motor-listrik/>

Bagian – bagian motor dc secara umum, yaitu :

##### 1. Badan Mesin

Badan mesin ini berfungsi sebagai tempat mengalirnya fluks magnet yang dihasilkan kutub magnet, sehingga harus terbuat dari bahan ferromagnetik. Fungsi lainnya adalah untuk meletakkan alat-alat tertentu dan mengelilingi bagian-bagian dari mesin, sehingga harus terbuat dari bahan yang benar-benar kuat, seperti dari besi tuang dan plat campuran baja.

##### 2. Inti kutub magnet dan belitan penguat magnet

Inti kutub magnet dan belitan penguat magnet ini berfungsi untuk mengalirkan arus listrik agar dapat terjadi proses elektromagnetik. Adapun aliran fluks magnet dari kutub utara melalui celah udara yang melewati badan mesin.

##### 3. Sikat-sikat

Sikat-sikat ini berfungsi sebagai jembatan bagi aliran arus jangkar dengan bebas, dan juga memegang peranan penting untuk terjadinya proses komutasi.

#### 4. Komutator

Komutator ini berfungsi sebagai penyearah mekanik yang akan dipakai bersama-sama dengan sikat. Sikat-sikat ditempatkan sedemikian rupa sehingga komutasi terjadi pada saat sisi kumparan berbeda.

#### 5. Jangkar

Jangkar dibuat dari bahan ferromagnetik dengan maksud agar kumparan jangkar terletak dalam daerah yang induksi magnetiknya besar, agar ggl induksi yang dihasilkan dapat bertambah besar.

#### 6. Penyearah Gelombang (Rectifier)

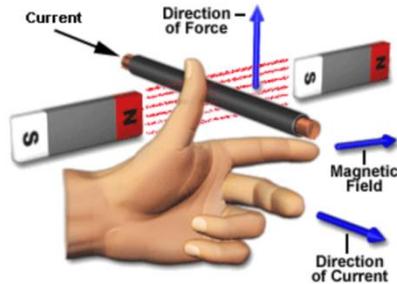
Penyearah gelombang (rectifier) adalah bagian dari power supply / catu daya yang berfungsi untuk mengubah sinyal tegangan AC (Alternating Current) menjadi tegangan DC (Direct Current). Komponen utama dalam penyearah gelombang adalah diode yang dikonfigurasikan secara forward bias. Ada 3 bagian utama dalam penyearah gelombang pada suatu power supply yaitu, penurun tegangan (transformer), penyearah gelombang/rectifier (diode) dan filter (kapasitor).

Penyearah Gelombang Penuh (Full wave Rectifier) Penyearah gelombang penuh dapat dibuat dengan 2 macam yaitu, menggunakan 4 diode dan 2 diode. Untuk membuat penyearah gelombang penuh dengan 4 dioda.

#### 2.4.4 Prinsip Kerja Motor DC

Prinsip dasar motor listrik arus searah adalah jika kumparan jangkar yang dialiri listrik dan kumparan medan diberi penguatan, maka akan timbul gaya

lorenz pada tiap-tiap sisi kumparan jangkar tersebut. Gaya lorenz mempunyai arah seperti ditunjukkan oleh kaidah tangan kanan, yaitu bila ibu jari dan telapak tangan saling tegak lurus maka:



Gambar 2.14. Motor DC Sederhana

Sumber : <http://artikel-teknologi.com/prinsip-kerja-motor-listrik/>

Besarnya gaya lorenz yang timbul adalah sebagai berikut:

$$F = B \cdot I \cdot L \quad \dots\dots\dots (2.39)$$

Dimana:

F : gaya lorenz yang dialami penghantar(N)

I : besar arus pada penghantar(A)

L : panjang sisi kumparan

B =Kerapatan Fluks ( $\text{WB}/\text{m}^2$ ) =  $\Phi/A$

$\Phi$  = Fluks total (Weber),

A = Luas medan magnet ( $\text{m}^2$ )

Besarnya gaya Lorents bergantung dari besarnya arus yang mengalir pada kumparan jangkar (I), kerapatan fluks (B) dari kedua kutub dan panjang konduktor jangkar (L). Semakin besar fluksi yang terimbas pada kumparan jangkar maka arus yang mengalir pada kumparan jangkar juga besar, dengan demikian gaya yang terjadi pada konduktor juga semakin besar.

## 2.5 Karakteristik Motor DC untuk Sistem Propulsi

Sistem pembangkit listrik DC biasanya terdiri dari beberapa generator putaran tinggi atau menengah yang dirangkai secara paralel. Pemilihan ukuran mesin berdasarkan pada tingkat operasi yang memungkinkan beberapa unit beroperasi tidak melebihi dari total daya yang dihasilkan. Untuk memperoleh daya yang optimal, generator biasanya dipilih generator pada dua putaran yang berbeda. Arus listrik yang dihasilkan generator dihubungkan dengan terminal utama melalui rangkaian penghubung. Rangkaian penghubung ini dimaksudkan untuk menghubungkan dan memutuskan arus pada saat terjadi over load dan hubungan singkat. Sering kali sebuah sistem terminal rangkaian dibuat untuk memenuhi kebutuhan daya pada kapal yang diambil pada terminal yang sama melalui transformer atau motor generator.

Karena unggul dalam ukuran, berat dan biaya, generator set 600 Volt lebih disenangi untuk sistem yang berukuran kecil dan sedang. Tetapi ketika generator rating melebihi 3300 kVA, seperti yang terjadi pada medium speed engine beban penuh atau dapat diatasi oleh 600 Volt circuit breakers. Pada kasus tegangan tinggi (4160 V) semua sistem menggunakan transformer untuk menurunkan tegangan, biasanya hingga 600 V untuk mesin penggerak 500 Hp. Untuk motor 1000 Hp, jenis konverter yang sering digunakan adalah konverter 6 pulsa.

Konverter 6 pulsa digunakan untuk mengatur bow thruster dan motor DC untuk propulsi utama. Pada kasus ini generator dirangkai secara paralel pada bus 600 V yang juga mensuplai tegangan 480 V dengan transformer step down. Setiap 3 konverter daya 6 pulsa dihubungkan secara langsung ke bus 600 V untuk mengurangi penambahan jarak dan berat dengan transformer.

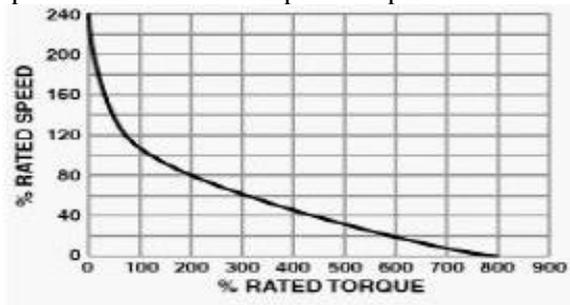
Motor dengan HP tinggi dan motor khusus disuplai dengan arus DC dari konverter 12 pulsa atau lebih.

Pemilihan ini biasanya berdasarkan pada faktor ekonomi, dimana aliran 12 pulsa hanya cocok pada sistem yang besar sejak dibuat transformer 12 pulsa. Pemilihan tegangan untuk motor jangkar DC dipengaruhi oleh 2 faktor yaitu :

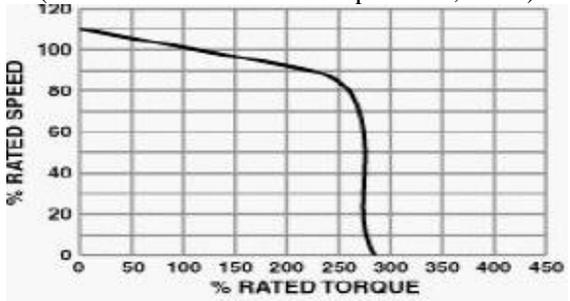
- Tegangan yang dihasilkan motor maksimum 1000 V. Batasan ini untuk mesin DC dioperasikan dengan memperhatikan akibat getaran, rawan basah dan manuvering yang semuanya diatur oleh IEEE Committe On Marine Transportation.
- Untuk beban sistem dengan power konverter dihubungkan langsung ke bus tanpa menuju ke transformer. Tegangan DC yang dihasilkan menggunakan standar 600 V line to line, umumnya tegangan 750 V dengan perbandingan 1 : 1,25.

Jika transformator diletakkan diantara konverter dan sumber tegangan. ratio tegangan transformer ditentukan dengan menambah atau mengurangi tegangan jangkar. Berdasarkan jumlah lilitan transformer, tegangan yang mungkin dihasilkan antara 750 V sampai 1000 V. Untuk transmisi dan daya lainnya, penurunan tegangan sebanding dengan arus yang dihasilkan dan peningkatan arus membutuhkan komutator yang besar dan kabel yang besar. Juga berhubungan dengan biaya, kebutuhan ruang dan berat sistem, sehingga kapasitas yang diberikan sangat kecil dibandingkan power konverter yang dihubungkan langsung ke terminal AC. Arus jangkar yang dialirkan oleh kabel DC adalah hasil data pabrik atau data perhitungan. Jika itu diperhitungkan untuk menghitung arus motor, SHP motor yang biasa digunakan adalah sekitar 50 HP. Arus jangkar yang dihitung dikonversi dalam kW dan dibagi tegangan DC dan efisiensi motor. Sebagian besar dari efisiensi motor DC sekitar 92 % – 96 % dengan direct

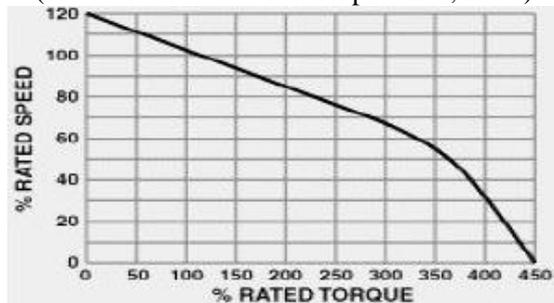
drive. Mesin kecepatan rendah memberikan efisiensi yang kecil dan putaran mesin 400 sampai 900 rpm.



Gambar 2.15. Grafik Karakteristik Motor DC Seri (Rodwell International Corporation, 1999)



Gambar 2.16. Grafik Karakteristik Motor DC Shunt (Rodwell International Corporation, 1999)



Gambar 2.17. Grafik Karakteristik Motor DC  
`Compound  
(Rodwell International Corporation, 1999)

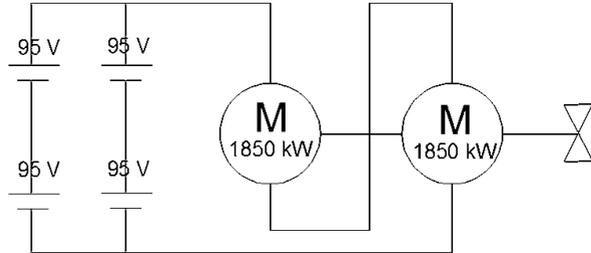
Untuk membalik arah putaran motor DC yang biasanya dilakukan pada propeller jenis Fixed Pitch, ada dua pendekatan yang mungkin digunakan. Pertama adalah membalik arah aliran arus pada medan motor. Metode yang kedua adalah merubah arah arus jangkarnya. Sistem penggerak elektrik DC sering kali dilengkapi dengan pengatur medan shunt yang menjaga motor beroperasi pada daya konstan. Secara mekanik digambarkan sebagai pengaturan ratio reduction gear sehingga memungkinkan mesin utama beroperasi dengan kecepatan putaran propeller yang berubah-ubah. Pada kapal-kapal besar daya torsi diperkirakan 70 % dari rpm putaran propeller.

Sistem DC telah digunakan secara luas pada instalasi. Kebanyakan sistem DC dipakai pada beberapa mesin diesel kecepatan tinggi bersama dengan generator AC yang dihubungkan ke terminal daya konverter statis dimana AC diubah menjadi DC dan menghasilkan daya untuk menjalankan motor DC guna memutar shaft propeller. Motor listrik dibuat dengan satu atau dua dinamo pada shaft, umumnya ditahan oleh dua bantalan. Didasarkan pada standar biaya yang minimum dan berat yang ringan, motor dengan satu dinamo lebih disukai. Perencanaan lain yang mungkin digunakan akibat terbatasnya ruangan dan berat pada sebuah motor kecepatan tinggi adalah menghubungkan shaft propeller dengan reduction gear. Motor DC yang menggunakan reduction gear sering kali dilengkapi sistem pelumasan gemuk untuk menghindari pergeseran bantalan.

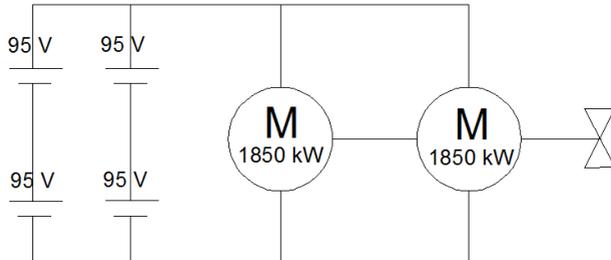
Pada pemakaian motor propulsi berukuran kecil selalu dilengkapi dengan thrust bearing yang dipasang pada bagian belakang motor tersebut. Bila motor memakai gear, thrust bearing biasa dipasang pada reduction gear. Untuk motor DC berukuran besar, thrust bearing dipasang pada bagian depan terpisah dari motor. Thrust bearing dan motor

bearing memiliki minyak pelumas yang termasuk dalam sistem pelumasan.

a. Skema Rangkaian Motor DC untuk Penggerak Propulsi Kapal



Gambar 2.18. Rangkaian seri motor sistem penggerak propulsi kapal



Gambar 2.19. Rangkaian paralel motor sistem penggerak propulsi kapal

Berikut adalah data dari motor DC;

Jumlah : 1 buah

Type : DL Motor shunt 380 volt DC

Daya :  $2 \times 1850$  kW pada 200 Rpm

Konstruksi : dibuat doble jangkar

Sedangkan untuk data baterai adalah

Jumlah : 480 cell dibagi 4 grup (grup I & II di R.Batt 1 dan grup III & IV di R.Batt 2)

Tegangan : 2-3 volt/cell

Kapasitas : 10260 AH (27,5 KWH)  
Dimensi :  $(1421 \times 290 \times 450) \text{ mm}^3$   
Berat :  $525 \pm 2 \text{ kg}$

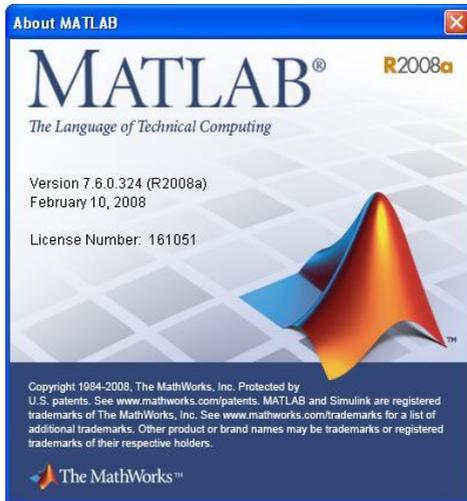
## 2.6. Sekilas tentang MATLAB

MATLAB (Matrix Laboratory) adalah sebuah program untuk analisis dan komputasi numerik dan merupakan suatu bahasa pemrograman matematika lanjutan yang dibentuk dengan dasar pemikiran menggunakan sifat dan bentuk matriks.

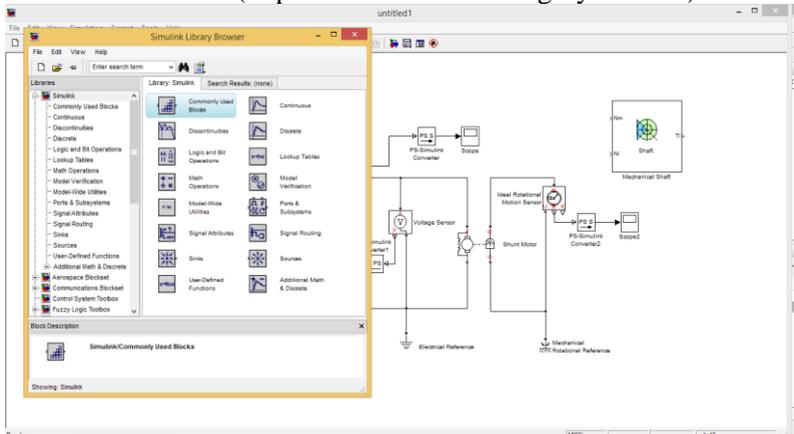
Pada awalnya, program ini merupakan interface untuk koleksi rutin-rutin numerik dari proyek LINPACK dan EISPACK, dan dikembangkan menggunakan bahasa FORTRAN namun sekarang merupakan produk komersial dari perusahaan Mathworks, Inc. yang dalam perkembangan selanjutnya dikembangkan menggunakan bahasa C++ dan assembler (utamanya untuk fungsi-fungsi dasar MATLAB).

MATLAB telah berkembang menjadi sebuah environment pemrograman yang canggih yang berisi fungsi-fungsi built-in untuk melakukan tugas pengolahan sinyal, aljabar linier, dan kalkulasi matematis lainnya. MATLAB juga berisi toolbox yang berisi fungsifungsi tambahan untuk aplikasi khusus .

MATLAB bersifat extensible, dalam arti bahwa seorang pengguna dapat menulis fungsi baru untuk ditambahkan pada library ketika fungsi-fungsi built-in yang tersedia tidak dapat melakukan tugas tertentu. Kemampuan pemrograman yang dibutuhkan tidak terlalu sulit bila Anda telah memiliki pengalaman dalam pemrograman bahasa lain seperti C, PASCAL, atau FORTRAN.



Gambar 2.20. MATLAB  
(<https://rohmedi.com/category/matlab/>)



Gambar 2.21. MATLAB-SIMULINK

## BAB 3 METODOLOGI

### 3.1 Tahapan Pelaksanaan Tugas Akhir

Tahapan pelaksanaan tugas akhir ini meliputi :

a. Perumusan Masalah

Tahapan awal yang dilakukan adalah mengidentifikasi masalah yang ada untuk kemudian akan dicari penyelesaiannya pada pengerjaan Skripsi ini.

b. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pendalaman untuk memahami beberapa literatur, buku, serta jurnal mengenai variasi rangkaian pada motor DC sebagai penggerak propulsi kapal.

c. Pengumpulan Data

Data – data yang diperlukan akan dikumpulkan melalui berbagai cara, antara lain sebagai berikut :

- ✓ Data Primer : data primer diperoleh dari variasi rangkain motor DC pada rangkaian sistem propulsi elektrik pada penelitian sebelumnya.
- ✓ Data Sekunder : data sekunder diperoleh dari jurnal terkait, paper, buku dan internet.

d. Perencanaan Sistem dan Analisa

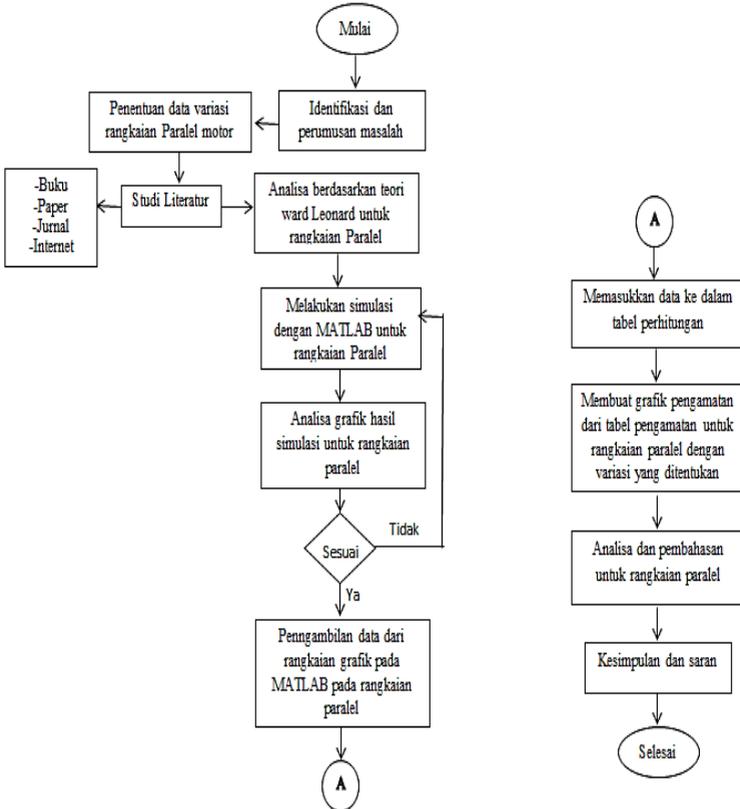
Pada tahap ini akan dilakukan perencanaan analisa dari setiap variasi rangkaian motor DC yang akan digunakan sebagai sistem penggerak propulsi kapal, yang terdiri dari :

- ✓ Analisa bentuk variasi rangkaian motor DC
- ✓ Analisa kebutuhan daya pada setiap rangkaian motor DC
- ✓ Analisa kebutuhan arus atau ampere pada setiap rangkaian motor DC
- ✓ Analisa tegangan yang dihasilkan baterai pada setiap rangkaian motor DC

e. Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan analisis karakteristik pada setiap variasi rangkaian motor DC sebagai penggerak propulsi kapal maka dapat ditarik kesimpulan dan saran bagi penelitian yang telah dilakukan.

### 3.2 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir Rangkaian Paralel

## BAB 4 ANALISA DATA

### 4.1 Ukuran Utama Wahana Benam

LOA	: 59,570 meter
Panjang Beban Tekan	: 45,159 meter
Diameter dalam kapal	: 6,2 meter
Tinggi sarat air	: 5,5 meter
Displacement menyelam	: 1390 m <sup>3</sup>
Kedalaman menyelam	: 250 meter
Kec. Waktu menyelam	: 21,5 knot
Jarak jelajah	: 22 NM (80% Batt)

### 4.2 Data pada Sistem Propulsi

Namun dalam pembahasan ini hanya motor listrik dan baterai saja yang akan dibahas. Berikut ini adalah keterangan lebih lanjut tentang baterai dan motor listrik yang digunakan dalam sistem ini.

#### a. Motor Listrik

- Jumlah : 1 buah
- Type : DL motor shunt 380 V, DC
- Daya : 2 x 1850 KW pada putaran propeller 200 rpm
- Konstruksi : dibuat dobel jangkar

Tugas utama motor listrik DC ialah menggerakkan kapal (maju/mundur) melalui perantara kopling-flexible (flexible coupling) ke baling-baling atau propeller. Arus listrik diperoleh dari keempat baterai atau didapatkan secara langsung dari keempat diesel generator. Motor dibuat dobel jangkar yang dapat dirangkai seri atau paralel saat digunakan tergantung berdasarkan rezim pendorongan yang dikehendaki.

#### b. Battery

Adapun spesifikasi baterai yang digunakan pada wahana benam ini adalah :

- Jumlah : 480 cell, dibagi 4 grup (Grup I dan II di R. Batt. 1 dan Grup III dan IV di R. Batt. 2)
- Tegangan : 2-3 volt/cell
- Kapasitas : 10260 AH (27,5 kWh)
- Dimensi : (1421 x 290 x 450) mm
- Berat : 525±2 kg

Penempatan baterai dibagi dalam 4 group, yang masing-masing group ditempatkan berjajar 6 baris. Tiap baris terdiri dari 20 cell.

#### 4.3 Detail Perhitungan

Dari data kapal diatas maka dapat dihitung pula tahanan yang dipengaruhi oleh kecepatan yang dihasilkan oleh kapal. Berikut ini adalah perhitungan tahanan total dari kapal :

a. Perhitungan bilangan Reynold

Berikut ini adalah perhitungan untuk mencari bilangan reynold: (Allmendinger,1990)

$$Re = \frac{v \times L}{\nu}$$

$$= 172,863248$$

b. Perhitungan Cf

$$Cf = 0,075/(\log Re-2)^2$$

$$= 0,06198$$

c. Menentukan nilai Correlative allowance ( $\Delta Cf$ )

$\Delta Cf$  memiliki nilai 0,0004-0,0009

Maka dari pernyataan diatas adalah 0,0004

d. Menentukan tahanan Sisa ( $C_r$ )

Berdasarkan tabel (allmendinger, 1990)

Hull form	$C_r \times 10^{-3}$
Deep Quest	0.677
DSRV	0.435
Fleet Submarine	0.39
Albacore	0.1

Diambil nilai  $0,39 \times 10^{-3}$  yaitu fleet submarine, maka nilai dari  $C_r$  adalah 0,00039 dan albacore  $0,1 \times 10^{-3}$

- e. Menentukan nilai tahanan Gelombang  
Dikarenakan nilainya sangat kecil dan tergantung dari desaigner maka nilainya diabaikan jadi 0
- f. Menghitung *nondimensional drag coefisien*  

$$C_t = C_f + \Delta C_f + C_r + C_w$$

$$= 0,06248$$
- g. Menghitung nilai Tahanan *bare Hull*  

$$R_{BH} = \frac{1}{2}\rho AV^2 C_t$$

$$= 101730,1444 \text{ N}$$

$$= 101,7301444 \text{ kN}$$
- h. Menghitung nilai tahanan tambahan ( $R_{APP}$ )  
 Nilai tahanan Tambahan rumusnya sama dengan  $R_{BH}$  hanya pembedanya adalah nilai  $C_t$ . Untuk  $C_t$  pada  $R_{APP}$  adalah pada tabel berikut: (Allmendinger, 1990)

Appendage	Area Basis	$C_t$
Small domes	profile	0.015
Antennae	Projected	1.2
Cylinders	Projected	1.2
Arms	Wetted surface	0.005
Long faired protuberances	Wetted surface	0.005
Holes in skin	Projected frontal	0.5
Planes	Projected frontal	0.011

Dan diambil  $C_t = 0,005$

Maka,  $R_{APP} = \frac{1}{2}\rho AV^2 C_t$

$$= 34190,37061 \text{ N}$$

$$= 34,19037061 \text{ kN}$$

- i. Menghitung Tahanan Total ( $R_T$ )

$$R_T = R_{BH} + R_{APP}$$

$$= 101,7301444 + 34,19037061$$

$$= 135,9205 \text{ kN}$$

#### 4.4 Perhitungan Torsi

- a. Mencari EHP

$$EHP = R_{tdinas} \times V$$

$$= 135,9205 \times 21,5$$

$$= 2922,29 \text{ kW}$$

$$= 3973,203 \text{ HP}$$

b. Mencari DHP

Adalah daya yang diserap oleh propeller dari sistem perporosan atau daya yang dihantarkan oleh sistem perporosan ke propeller untuk diubah menjadi daya dorong (thrust)

$$\text{DHP} = \text{EHP}/P_c$$

$$\text{Dimana, } P_c = \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_o$$

- Efisiensi lambung ( $\eta_H$ )  $(1-t)/(1-w)$

Wake friction atau arus ikut merupakan perbandingan antara kecepatan kapal dengan kecepatan air yang menuju ke propeller. Dengan menggunakan rumus yang diberikan oleh Taylor, maka didapat :

$$W = 0.5C_b - 0.05$$

$$= 0,4070$$

Nilai t dapat dicari dari nilai w yang telah diketahui yaitu :

$$t = k.w$$

$$= 0,285$$

$$\text{Jadi } \eta_H = (1-t)/(1-w) = 1,205$$

- Harga  $\eta_R$  untuk kapal dengan propeller tipe single screw berkisar 1,0-1,1 maka nilainya 1
- Efisiensi Propulsi ( $\eta_o$ ) Adalah open water efficiency yaitu efficiency dari propeller pada saat dilakukan open water test. Nilainya antara 40-70%, dan diambil : 40%

- $P_c = \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_o = 0,4824$

$$\text{DHP} = \text{EHP}/P_c$$

$$= 2922,29$$

c. Mencari Torsi

$$\text{DHP} = \frac{2 \times 3,14 \times n \times Q}{60}$$

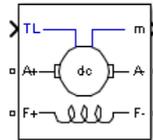
Maka dari rumus diatas Q adalah  $\frac{\text{DHP} \times 60}{2 \times 3,14 \times n}$  (ft lb)

$$Q = 102,37 \text{ ft lb} = 139,599 \text{ Nm}$$

## 4.5 Simulasi rangkaian motor DC dengan menggunakan MATLAB-Simulink

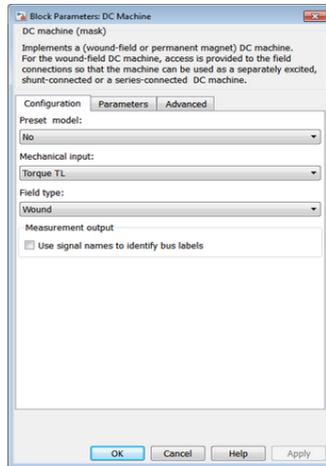
### 4.5.1 Penjelasan blok pada rangkaian

#### a. DC Machine

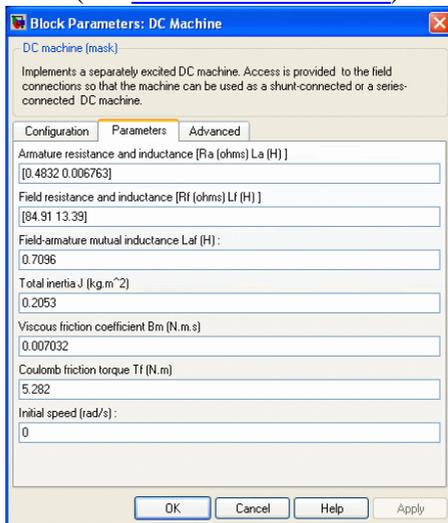


4.1 gambar *block DC machine*  
(ref. [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com))

DC blok mesin mengimplementasikan lilitan medan atau magnet permanen mesin DC. Untuk lilitan medan mesin DC, akses disediakan untuk terminal medan (F +, F-) sehingga model mesin dapat digunakan sebagai rangkaian paralel atau mesin DC rangkaian seri. Torsi diterapkan pada poros disediakan di input TL Simulink®. Rangkaian yang jangkar (A +, A-) terdiri dari sebuah induktor  $L_a$  dan resistor  $R_a$  dalam seri dengan kekuatan kontra-listrik (CEMF)  $E$ .

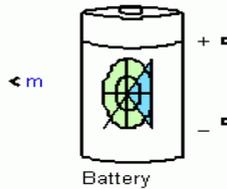


4.2. Gambar diagram blok yang ada pada blok *DC machine* di Matlab  
(ref. [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com))



4.3. Gambar parameter tab yang ada pada blok *DC machine* di Matlab  
(Matlab Help)

## b. Battery



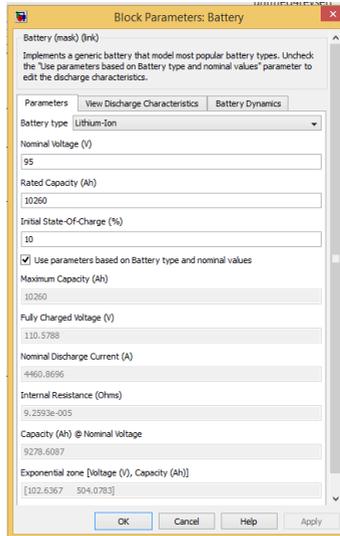
#### 4.4. Gambar yang ada pada blok *Battery* di Matlab (Matlab Help)

Blok Baterai mengimplementasikan model dinamis generik diparameterkan untuk mewakili jenis yang paling populer dari baterai isi ulang.

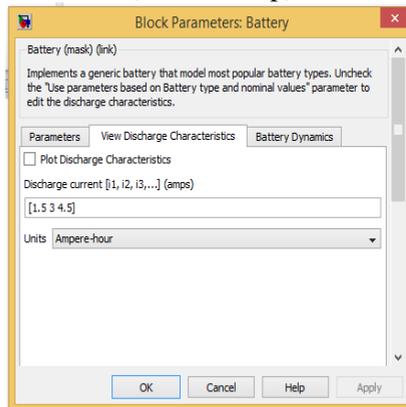
Dari jenis baterai : Menyediakan satu set perilaku biaya yang telah ditentukan untuk empat jenis baterai:

- Lead-Acid
- Lithium-Ion
- Nikel-kadmium
- Nickel-Metal Hydride-

Nominal tegangan ( $V_{nom}$ ) dari baterai (volt). Tegangan nominal merupakan akhir dari zona linear dari karakteristik keluarannya. Nilai Kapasitas (AH) dinilai kapasitas ( $Q_{rated}$ ) dari baterai di ampere-jam. Kapasitas dinilai adalah kapasitas minimum efektif baterai. State of Discharge (SOC) baterai. 100% menunjukkan baterai yang terisi penuh dan 0% menunjukkan baterai kosong. Parameter ini digunakan sebagai kondisi awal untuk simulasi dan tidak mempengaruhi kurva debit (ketika Karakteristik opsi Plot Discharge digunakan).

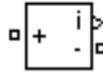


4.5. Gambar parameter yang ada pada blok Battery di Matlab (Matlab Help)



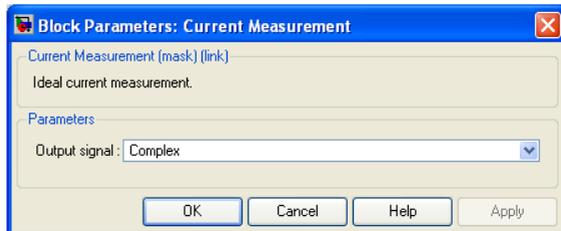
4.6. Gambar parameter view discharge characteristics yang ada pada blok Battery di Matlab (Matlab Help)

c. *Current measurement*



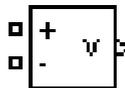
4.7. Gambar *current measurement block* yang ada di Matlab  
(Matlab Help)

Blok Pengukuran arus listrik digunakan untuk mengukur arus sesaat yang mengalir di setiap blok atau sambungan listrik line. Output Simulink memberikan sinyal Simulink yang dapat digunakan oleh blok Simulink lainnya.



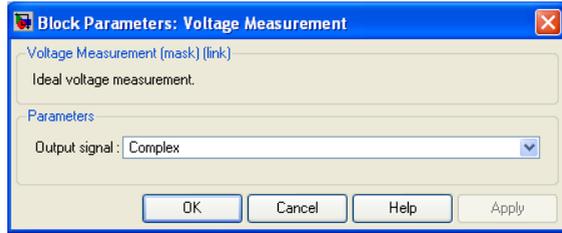
4.8. Gambar parameter *current measurement block* yang ada di Matlab  
(Matlab Help)

d. *Voltage measurement*



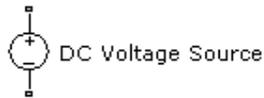
4.9. Gambar *voltage measurement block* yang ada di Matlab  
(Matlab Help)

Blok Pengukuran Tegangan mengukur tegangan sesaat antara dua node listrik. output memberikan sinyal Simulink yang dapat digunakan oleh blok Simulink lainnya.



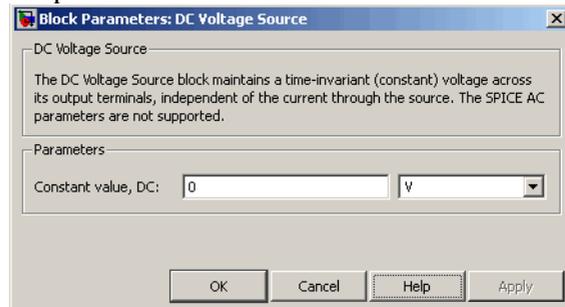
4.9. Gambar parameter *voltage measurement block* yang ada di Matlab  
(*Matlab Help*)

e. DC *voltage source*



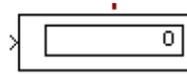
4.10. Gambar DC *voltage source block* yang ada di Matlab  
(*Matlab Help*)

Blok DC Sumber Tegangan merupakan sumber tegangan konstan yang output tegangan nilai independen dari arus melalui sumber.



4.11. Gambar parameter *DC voltage source block* yang ada di Matlab  
(*Matlab Help*)

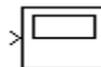
## f. Display

4.12. Gambar *display block* yang ada di Matlab  
(*Matlab Help*)

Blok layar menunjukkan nilai input pada ikon.

Kalian mengatur format tampilan menggunakan parameter Format:

- pendek - menampilkan nilai skala 5-digit dengan titik desimal tetap
- panjang - menampilkan nilai skala 15-digit dengan titik desimal tetap
- short\_e - menampilkan nilai 5-digit dengan titik desimal floating
- long\_e - menampilkan nilai 16 digit dengan titik desimal floating
- Bank - menampilkan nilai dalam dolar dan sen tetap Format (tapi tanpa \$ atau koma)
- hex (Stored Integer) - menampilkan nilai integer yang disimpan dari masukan fixed-point dalam format heksadesimal
- biner (Stored Integer) - menampilkan nilai integer yang disimpan dari masukan fixed-point dalam format biner
- desimal (Stored Integer) - menampilkan nilai integer yang disimpan dari masukan fixed-point dalam format desimal
- oktal (Stored Integer) - menampilkan nilai integer yang disimpan dari masukan fixed-point dalam format oktal

g. *Scope*4.13. Gambar *scope block* yang ada di Matlab

*(Matlab Help)*

Blok Cakupan menampilkan input terhadap waktu simulasi.

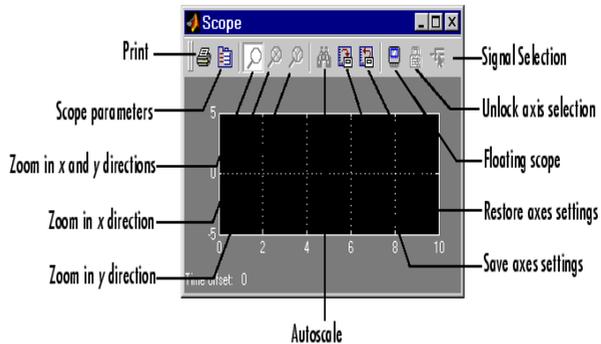
Blok Cakupan dapat memiliki beberapa sumbu (satu per port) dan semua sumbu memiliki rentang waktu yang sama dengan independen y-sumbu. Blok Cakupan memungkinkan Anda untuk menyesuaikan jumlah waktu dan kisaran nilai masukan ditampilkan. Anda dapat memindahkan dan mengubah ukuran jendela Lingkup dan Anda dapat mengubah nilai parameter Lingkup selama simulasi.

Lingkup Blok dijelaskan di sini tidak sama dengan Viewer Lingkup. Untuk bantuan pada lingkup penampil, melihat Hal lain yang Tahu Ketika Menggunakan Pemirsa.

Ketika Anda mulai simulasi jendela Cakupan tidak dibuka, tapi data ditulis ke terhubung Scopes. Akibatnya, jika Anda membuka Cakupan setelah simulasi, sinyal input Lingkup atau sinyal akan ditampilkan.

Jika sinyal kontinu, Cakupan menghasilkan plot point-to-point. Jika sinyal diskrit, Cakupan menghasilkan tangga-langkah rencana.

Cakupan menyediakan tombol toolbar yang memungkinkan Anda untuk memperbesar data yang ditampilkan, menampilkan semua input data untuk Lingkup, melestarikan pengaturan sumbu dari satu simulasi untuk data berikutnya, batas ditampilkan, dan menyimpan data ke ruang kerja. Tombol-tombol toolbar diberi label dalam gambar ini, yang menunjukkan Lingkup.



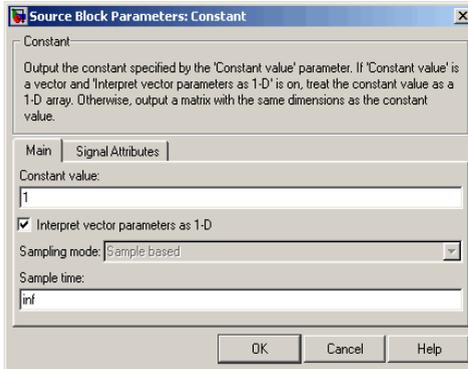
4.14. Gambar *scope block* yang ada di Matlab-simulink  
(*Matlab Help*)

h. *Constant*



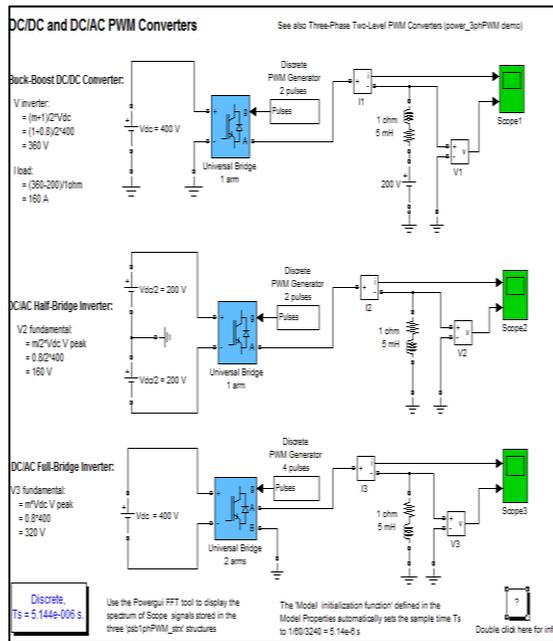
4.15. Gambar *constant block* yang ada di  
Matlab-simulink  
(*Matlab Help*)

Blok Konstan menghasilkan nilai konstan real atau kompleks. blok menghasilkan skalar (satu-elemen array), vektor (1-D array), atau matriks (2-D array) output, tergantung pada dimensi dari parameter nilai konstan dan pengaturan parameter vektor. Menafsirkan sebagai 1-D parameter. Juga, blok dapat menghasilkan baik sinyal-berbasis frame berbasis sampel-atau, tergantung pada pengaturan parameter modulus Sampel.



4.16. Gambar parameter *constant block* yang ada di Matlab-simulink (*Matlab Help*)

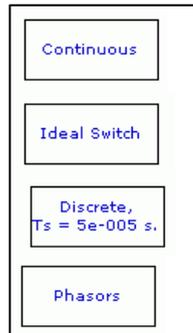
i. DC/DC converter



4.17. Gambar DC/DC *converter block* yang ada di Matlab-simulink  
(*Matlab Help*)

Demonstrasi ini menggambarkan penggunaan Jembatan Universal dan Discrete blok Generator PWM Pulse. Hal ini juga menunjukkan analisis harmonik dari bentuk gelombang PWM menggunakan alat Powergui / FFT.

j. Powergui



4.18. Gambar *powergui block* yang ada di Matlab-simulink  
(*Matlab Help*)

Blok Powergui memungkinkan Anda untuk memilih salah satu metode berikut untuk memecahkan sirkuit Anda:

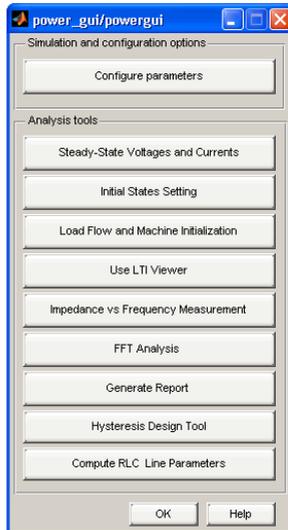
- Metode yang terus menerus, yang menggunakan langkah variabel Simulink solver
- Metode terus menerus Ideal Switching
- Diskritasi sistem listrik untuk solusi pada langkah waktu tetap
- Metode solusi fasor

Blok Powergui diperlukan untuk simulasi model Simulink mengandung SimPowerSystems blok. Hal ini digunakan untuk menyimpan sirkuit

Simulink setara yang mewakili persamaan state-space model.

Anda harus mengikuti aturan-aturan ini ketika menggunakan blok ini dalam model:

- Tempatkan blok Powergui di tingkat atas dari diagram untuk kinerja yang optimal. Namun, Anda dapat menempatkan di mana saja di dalam subsistem untuk kenyamanan Anda; fungsinya tidak akan terpengaruh.
- Kalian dapat memiliki maksimal satu blok Powergui per model
- Kalian harus nama blok powergui



4.19. Gambar *configuration powergui block* yang ada di Matlab-simulink  
(*Matlab Help*)

k. *Random number*



4.20. Gambar *Random number block* yang ada di  
Matlab-simulink  
(*Matlab Help*)

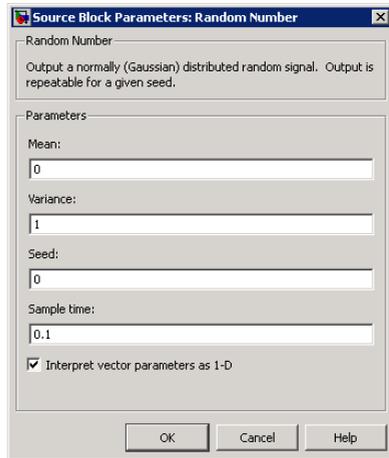
Blok Random Number membangkitkan terdistribusi normal nomor acak. benih ulang ke nilai yang ditentukan setiap kali simulasi dimulai.

Secara default, urutan yang dihasilkan memiliki mean 0 dan varians dari 1, meskipun Anda dapat bervariasi parameter ini. Urutan angka adalah berulang dan dapat diproduksi oleh blok Nomor Acak dengan benih dan parameter yang sama. Untuk menghasilkan vektor dari nomor acak dengan mean dan varians yang sama, menentukan parameter Seed sebagai vektor.

Untuk menghasilkan angka acak terdistribusi secara merata, menggunakan Uniform blok Random Number.

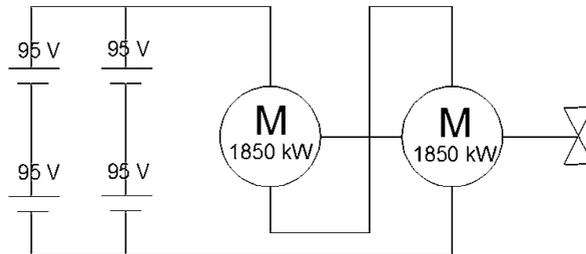
Hindari mengintegrasikan sinyal acak, karena pemecah dimaksudkan untuk mengintegrasikan sinyal relatif lancar. Sebaliknya, menggunakan blok White Noise Band-Terbatas.

Semua parameter numerik blok ini harus dari dimensi yang sama setelah ekspansi skalar.



4.21. Gambar parameter *Random number block* yang ada di Matlab-simulink (*Matlab Help*)

#### 4.5.2 Rangkaian Seri

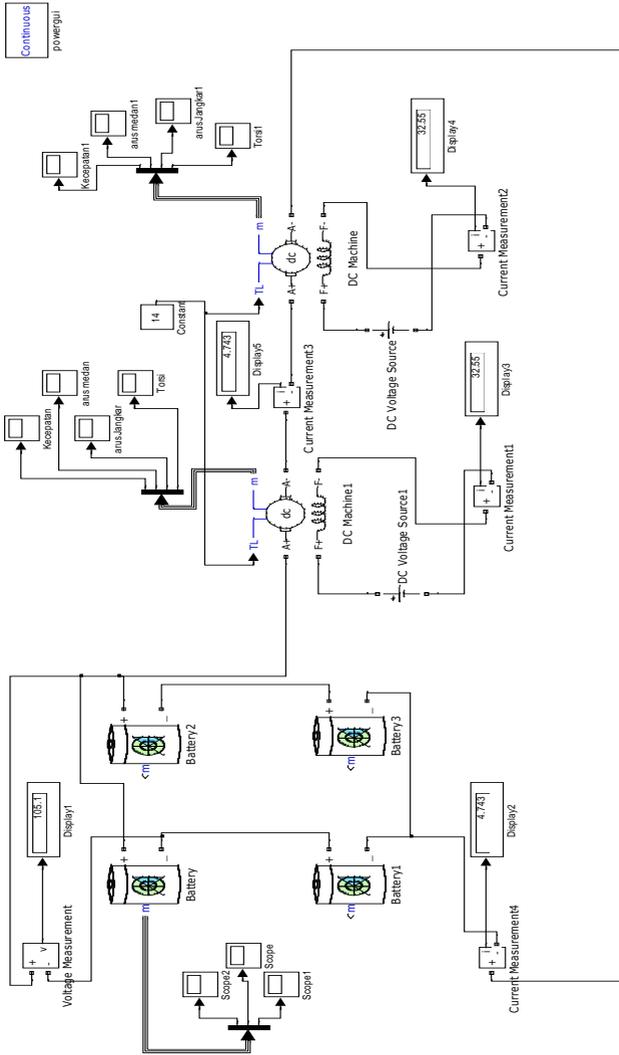


Gambar 4.22 Rangkaian Seri Motor DC

Gambar diatas adalah acuan untuk penggambaran simulasi rangkaian pada Matlab-simulink. Sehingga dari rangkaian di atas akan didapatkan rangkaian seperti ini pada matlab-simulink :

Gambar 4.23 rangkaian seri bila pada Matlab-Simulink Dari gambar 4.2. rangkaian motor DC seri dengan menggunakan Matlab-simulink, terdapat scope berupa grafik. Simulasi dilakukan dalam waktu 5 detik.

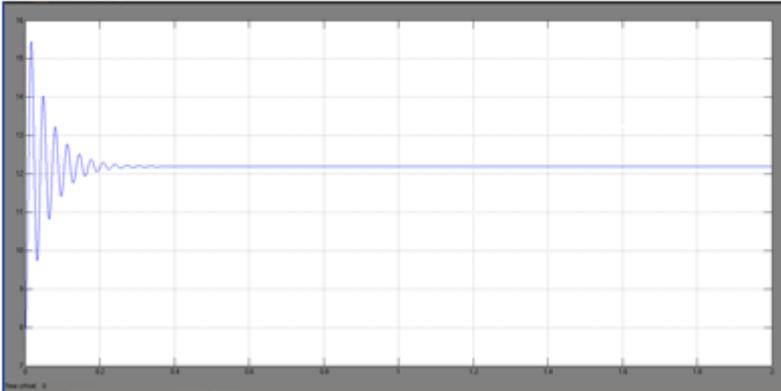
Terdapat beberapa data yang harus diinput, antara lain besar tegangan pada masing-masing baterai, Dalam rangkaian ini, tegangan yang dihasilkan oleh rangkaian seri pada baterai sebesar 190V dengan 10260 AH. Setelah rangkaian disimulasikan didapatkan hasil grafik, antara lain grafik arus medan, arus jangkar, kecepatan dan torsi.



Gambar 4.23. Rangkaian Seri bila pada Matlab-Simulink

Berikut hasil simulasi pada rangkaian seri:

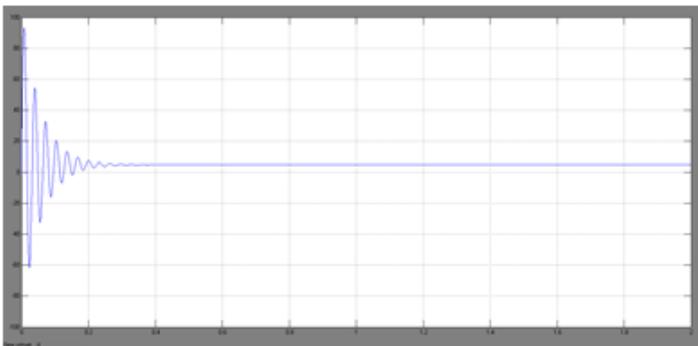
a. Grafik Kecepatan



Gambar 4.24 Grafik Kecepatan pada rangkaian seri

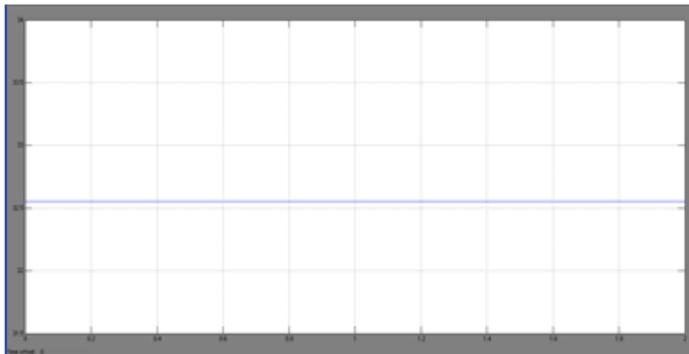
Setelah dilakukan *running* selama 5 detik pada matlab-simulink maka secara otomatis akan menghasilkan grafik seperti diatas. Dari grafik diatas, diambil data yang nilainya konstan dan input data yang ada pada tabel pengamatan, ulangi sampai semua variasi dilakukan. Dalam percobaan ini masukkan variasi Torsi dari 0-140. Tetapi, pada variasi cukup memasukkan angka 0-14 dengan beda 0,5 jadi yang tertlis pada variasi torsi adalah 0 atau 0,5 atau 1 atau 1,5 atau 2 atau 2,5 dan seterusnya sampai pada variasi 14.

b. Grafik Arus Medan



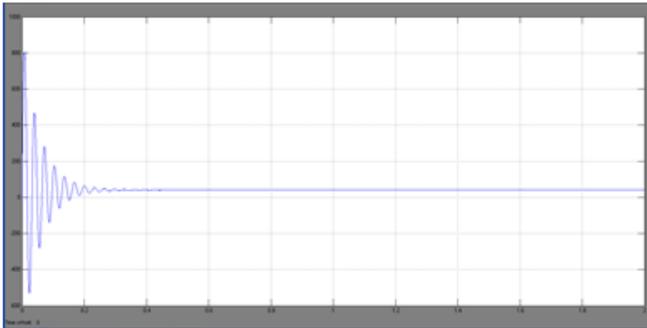
Gambar 4.25 Grafik Arus Medan pada rangkaian seri  
Setelah dilakukan *running* selama 5 detik pada matlab-simulink maka secara otomatis akan menghasilkan grafik seperti diatas. Dari grafik diatas, diambil data yang nilainya konstan dan input data yang ada pada tabel pengamatan, ulangi sampai semua variasi dilakukan. Dalam percobaan ini masukkan variasi Torsi dari 0-140. Tetapi, pada variasi cukup memasukkan angka 0-14 dengan beda 0,5 jadi yang tertlis pada variasi torsi adalah 0 atau 0,5 atau 1 atau 1,5 atau 2 atau 2,5 dan seterusnya sampai pada variasi 14.  
Sedangkan untuk grafik arus medan hanya diperhatikam saja dan diamati bagaimana perkembangannya.

c. Grafik Arus Jangkar



Gambar 4.26 Grafik Arus Jangkar pada rangkaian seri  
Setelah dilakukan *running* selama 5 detik pada matlab-simulink maka secara otomatis akan menghasilkan grafik seperti diatas. Dari grafik diatas, diambil data yang nilainya konstan dan input data yang ada pada tabel pengamatan, ulangi sampai semua variasi dilakukan. Dalam percobaan ini masukkan variasi Torsi dari 0-140. Tetapi, pada variasi cukup memasukkan angka 0-14 dengan beda 0,5 jadi yang tertlis pada variasi torsi adalah 0 atau 0,5 atau 1 atau 1,5 atau 2 atau 2,5 dan seterusnya sampai pada variasi 14.  
Sedangkan untuk grafik arus jangkar hanya diperhatikam saja dan diamati bagaimana perkembangannya.

#### d. Grafik Torsi

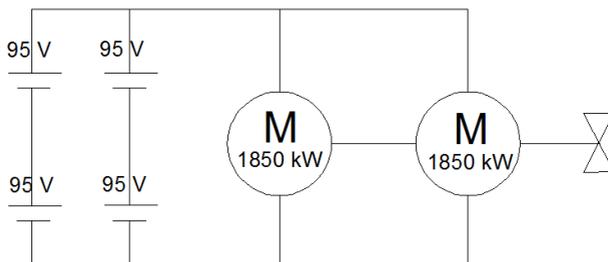


Gambar 4.27 Grafik Torsi pada rangkaian seri

Setelah dilakukan *running* selama 5 detik pada matlab-simulink maka secara otomatis akan menghasilkan grafik seperti diatas. Dari grafik diatas, diambil data yang nilainya konstan dan input data yang ada pada tabel pengamatan, ulangi sampai semua variasi dilakukan. Dalam percobaan ini masukkan variasi Torsi dari 0-140. Tetapi, pada variasi cukup memasukkan angka 0-14 dengan beda 0,5 jadi yang tertlis pada variasi torsi adalah 0 atau 0,5 atau 1 atau 1,5 atau 2 atau 2,5 dan seterusnya sampai pada variasi 14.

Sedangkan untuk grafik torsi hanya diperhatikam saja dan diamati bagaimana perkembangannya. Serta diamati pada tabel pengamatan yang sama dengan tabel kecepatan.

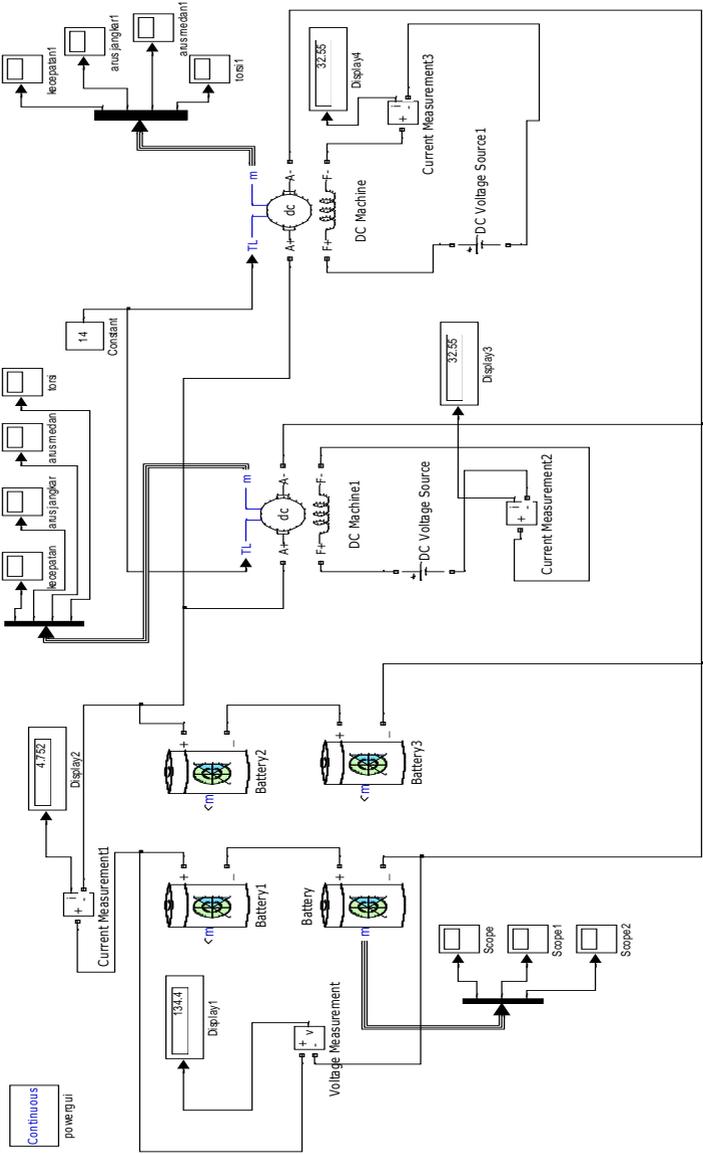
#### 4.5.3 Rangkaian Paralel



Gambar 4.28 Gambar rangkaian Paralel

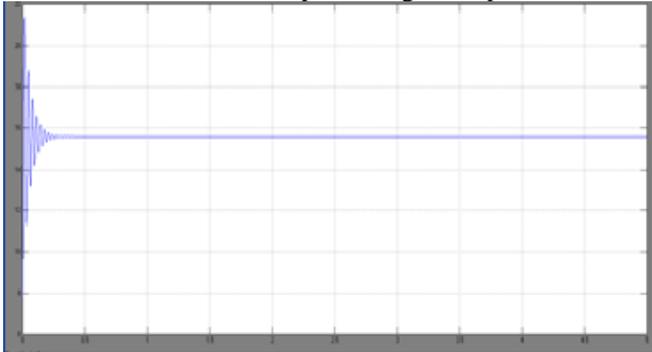
Gambar diatas adalah acuan utnuk penggambaran simulasi rangkaian pada Matlab-simulink. Sehingga dari rangkaian di atas akan didapatkan rangkaian seperti ini pada matlab-simulink :

Dari gambar 4.29 dibawah ini rangkaian motor DC Paralel dengan menggunakan Matlab-simulink, terdapat scope berupa grafik. Simulasi dilakukan dalam waktu 5 sekon. Terdapat beberapa data yang harus diinput, antara lain besar tegangan pada masing-masing baterai, Dalam rangkaian ini, tegangan yang dihasilkan oleh rangkaian seri pada baterai sebesar 190V dengan 10260 AH. Setelah rangkaian disimulasikan didapatkan hasil grafik, antara lain grafik arus medan, arus jangkar, kecepatan dan torsi.



Gambar 4.29 Gambar rangkaian Paralel pada Matlab-Simulink

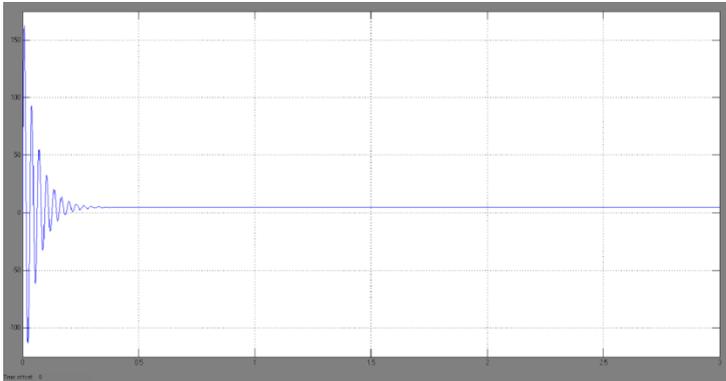
Berikut hasil simulasi pada rangkaian paralel:



Gambar 4.30 Grafik Kecepatan pada rangkaian Paralel

Setelah dilakukan *running* selama 5 detik pada matlab-simulink maka secara otomatis akan menghasilkan grafik seperti diatas. Dari grafik diatas, diambil data yang nilainya konstan dan input data yang ada pada tabel pengamatan, ulangi sampai semua variasi dilakukan. Dalam percobaan ini masukkan variasi Torsi dari 0-140. Tetapi, pada variasi cukup memasukkan angka 0-14 dengan beda 0,5 jadi yang tertlis pada variasi torsi adalah 0 atau 0,5 atau 1 atau 1,5 atau 2 atau 2,5 dan seterusnya sampai pada variasi 14.

Data yang diinputkan kecepatan ini adalah masih dalam bentuk rad/s jadi setelah data di masukan dibuat juga tabel kecepatan dalam RPM dan RPS agar dapat diketahui berapa kecepatan servis kapal (knot)



Gambar 4.31 Grafik Arus Jangkar pada rangkaian Paralel

Setelah dilakukan *running* selama 5 detik pada matlab-simulink maka secara otomatis akan menghasilkan grafik seperti diatas. Dari grafik diatas, diambil data yang nilainya konstan dan input data yang ada pada tabel pengamatan, ulangi sampai semua variasi dilakukan. Dalam percobaan ini masukkan variasi Torsi dari 0-140. Tetapi, pada variasi cukup memasukkan angka 0-14 dengan beda 0,5 jadi yang tertulis pada variasi torsi adalah 0 atau 0,5 atau 1 atau 1,5 atau 2 atau 2,5 dan seterusnya sampai pada variasi 14.

Sedangkan untuk grafik arus jangkar hanya diperhatikan saja dan diamati bagaimana perkembangannya.



#### Gambar 4.32 Grafik Arus Medan pada rangkaian Paralel

Setelah dilakukan *running* selama 5 detik pada matlab-simulink maka secara otomatis akan menghasilkan grafik seperti diatas. Dari grafik diatas, diambil data yang nilainya konstan dan input data yang ada pada tabel pengamatan, ulangi sampai semua variasi dilakukan. Dalam percobaan ini masukkan variasi Torsi dari 0-140. Tetapi, pada variasi cukup memasukkan angka 0-14 dengan beda 0,5 jadi yang tertlis pada variasi torsi adalah 0 atau 0,5 atau 1 atau 1,5 atau 2 atau 2,5 dan seterusnya sampai pada variasi 14.

Sedangkan untuk grafik arus medan hanya diperhatikan saja dan diamati bagaimana perkembangannya.



Gambar 4.33 Grafik Torsi pada rangkaian Paralel

Setelah dilakukan *running* selama 5 detik pada matlab-simulink maka secara otomatis akan menghasilkan grafik seperti diatas. Dari grafik diatas, diambil data yang nilainya konstan dan input data yang ada pada tabel pengamatan, ulangi sampai semua variasi dilakukan. Dalam percobaan ini masukkan variasi Torsi dari 0-140. Tetapi, pada variasi cukup memasukkan angka 0-14 dengan beda 0,5 jadi yang tertlis pada variasi torsi adalah 0 atau 0,5 atau 1 atau 1,5 atau 2 atau 2,5 dan seterusnya sampai pada variasi 14.

Sedangkan untuk grafik torsi hanya diperhatikan saja dan diamati bagaimana perkembangannya. Serta diamati

pada tabel pengamatan yang sama dengan tabel kecepatan untuk rangkaian paralel.

#### 4.6 Hasil Pengamatan pada saat baterai Penuh (100%)

Dari grafik diatas dapat diambil data seperti dibawah ini:

Q mot	Q	Rad/s	Rpm	rps	THP	SHP	BHP	Va	Vs (m/s)	Vs (knot)
27,1109	0	12,2066	111,68	1,861	0	0	0	3,663	6,18	12,003
27,1216	5	12,2062	111,68	1,861	383,2747	391,0966122	460,11	3,663	6,18	12,002
27,630	10	12,2057	111,67	1,861	766,518	782,1611837	920,19	3,663	6,18	12,002
28,2885	15	12,2055	111,67	1,861	1149,758	1173,222551	1380,3	3,663	6,18	12,001
28,6227	20	12,2048	111,67	1,861	1532,923	1564,20702	1840,2	3,663	6,18	12,001
29,2905	25	12,2044	111,66	1,861	1916,091	1955,194694	2300,2	3,663	6,18	12,000
29,7878	30	12,2039	111,66	1,861	2299,215	2346,13751	2760,2	3,662	6,18	12,000
30,1098	35	12,2034	111,65	1,861	2682,307	2737,048286	3220,1	3,662	6,18	11,999
30,7889	40	12,203	111,65	1,861	3065,394	3127,952653	3679,9	3,662	6,18	11,999
31,1056	45	12,2025	111,64	1,861	3448,427	3518,802551	4139,8	3,662	6,18	11,999
31,666	50	12,2021	111,64	1,861	3831,459	3909,652449	4599,6	3,662	6,18	11,998
32,1016	55	12,2016	111,64	1,861	4214,433	4300,441469	5059,3	3,662	6,17	11,998
32,5992	60	12,2012	111,63	1,861	4597,412	4691,236898	5519,1	3,662	6,17	11,997
33,2876	65	12,2007	111,63	1,860	4980,326	5081,965041	5978,8	3,661	6,17	11,997
33,608	70	12,2003	111,62	1,860	5363,252	5472,706	6438,5	3,661	6,17	11,996
34,0937	75	12,2	111,62	1,860	5746,2	5863,469388	6898,2	3,661	6,17	11,996
34,5917	80	12,1993	111,62	1,860	6128,928	6254,00849	7357,7	3,661	6,17	11,995
35,2962	85	12,1989	111,61	1,860	6511,773	6644,666143	7817,3	3,661	6,17	11,995
35,7917	90	12,1984	111,61	1,860	6894,536	7035,24049	8276,8	3,661	6,17	11,995
36,294	95	12,198	111,60	1,860	7277,327	7425,843673	8736,3	3,661	6,17	11,994
36,6894	100	12,1975	111,60	1,860	7660,03	7816,357143	9195,7	3,660	6,17	11,994
37,0818	105	12,1971	111,59	1,860	8042,768	8206,905857	9655,2	3,660	6,17	11,993
37,800	110	12,1966	111,59	1,860	8425,411	8597,358449	10115	3,660	6,17	11,993
38,1051	115	12,1962	111,59	1,860	8808,096	8987,852694	10574	3,660	6,17	11,992
38,7902	120	12,1957	111,58	1,860	9190,68	9378,244408	11033	3,660	6,17	11,992
39,2941	125	12,1952	111,58	1,860	9573,232	9768,604082	11492	3,660	6,17	11,991
39,7411	130	12,1945	111,57	1,860	9955,59	10158,7651	11951	3,660	6,17	11,991
40,240	135	12,1943	111,57	1,859	10338,33	10549,31382	12411	3,659	6,17	11,990
40,793	140	12,194	111,57	1,859	10720,96	10939,75103	12870	3,659	6,17	11,990

Gambar 4.34 Tabel pengamatan rangkaian motor Seri

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, dapat diketahui Vs atau kecepatan servis kapal pada rangkaian seri. Seperti misalkan pada saat variasi Torsi diinput 0 maka akan dihasilkan Q (Torsi) Motor sebesar 27,1109 N/m sedangkan kecepatannya dalam rad/s

adalah 12,2066 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 12 knot. Sedangkan untuk 140 dihasilkan Q (Torsi) Motor sebesar 40,793 N/m sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 12,194 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 11,99 knot.

Jadi, kesimpulannya pada rangkaian motor secara seri Kecepatan dinas wahana benamnya adalah 12 knot dan pada kecepatan itu kondisi kapal adalah dalam keadaan patroli seperti biasa.

Q motor	Q	Rad/s	Rpm	rps	THP	SHP	BHP	Va	Vs (m/s)	Vs (knot)
26,7571	0	14,604	133,62	2,227	0	0	0,0	4,3826	7,391	14,360
27,3925	5	14,6036	133,61	2,227	458,553	467,9112653	550,5	4,3825	7,390	14,360
27,755	10	14,6031	133,61	2,227	917,0747	935,7904898	1100,9	4,3823	7,390	14,359
28,3805	15	14,6027	133,6	2,227	1375,574	1403,647286	1651,3	4,3822	7,390	14,359
28,878	20	14,6022	133,6	2,227	1834,036	1871,465633	2201,7	4,3821	7,390	14,358
29,1883	25	14,6018	133,6	2,227	2292,483	2339,267959	2752,1	4,382	7,389	14,358
29,6889	30	14,6013	133,59	2,227	2750,885	2807,025429	3302,4	4,3818	7,389	14,357
30,3732	35	14,6008	133,59	2,226	3209,256	3274,750857	3852,6	4,3817	7,389	14,357
30,7327	40	14,6004	133,58	2,226	3667,62	3742,469878	4402,9	4,3815	7,389	14,356
31,246	45	14,5999	133,58	2,226	4125,932	4210,134429	4953,1	4,3814	7,389	14,356
31,8757	50	14,5995	133,58	2,226	4584,243	4677,79898	5503,3	4,3813	7,388	14,355
32,377	55	14,5990	133,57	2,226	5042,495	5145,402653	6053,4	4,3811	7,388	14,355
32,8735	60	14,5986	133,57	2,226	5500,752	5613,012735	6603,5	4,381	7,388	14,355
33,1723	65	14,5981	133,56	2,226	5958,944	6080,555531	7153,6	4,3808	7,388	14,354
33,8765	70	14,5976	133,56	2,226	6417,105	6548,066286	7703,6	4,3807	7,387	14,354
34,3836	75	14,5972	133,55	2,226	6875,281	7015,593061	8253,6	4,3806	7,387	14,353
34,6865	80	14,5967	133,55	2,226	7333,382	7483,042939	8803,6	4,3804	7,387	14,353
35,1644	85	14,5963	133,55	2,226	7791,505	7950,515245	9353,5	4,3803	7,387	14,352
35,877	90	14,5958	133,54	2,226	8249,546	8417,904245	9903,4	4,3802	7,386	14,352
36,2571	95	14,5953	133,54	2,226	8707,556	8885,261204	10453,2	4,38	7,386	14,351
36,695	100	14,5949	133,53	2,226	9165,597	9352,650204	11003,1	4,3799	7,386	14,351
37,4219	105	14,5944	133,53	2,225	9623,547	9819,946286	11552,9	4,3797	7,386	14,350
38,0056	110	14,594	133,52	2,225	10081,54	10287,28082	12102,7	4,3796	7,386	14,350
38,4212	115	14,5935	133,52	2,225	10539,43	10754,51602	12652,4	4,3795	7,385	14,350
38,655	120	14,5931	133,52	2,225	10997,36	11221,79608	13202,1	4,3793	7,385	14,349
39,3892	125	14,5926	133,51	2,225	11455,19	11688,97041	13751,7	4,3792	7,385	14,349
39,9465	130	14,5922	133,51	2,225	11913,07	12156,196	14301,4	4,3791	7,385	14,348
40,4992	135	14,5917	133,5	2,225	12370,84	12623,30945	14851,0	4,3789	7,384	14,348
40,775	140	14,5913	133,5	2,225	12828,67	13090,48057	15400,6	4,3788	7,384	14,347

Gambar 4.35 Tabel pengamatan rangkaian motor Paralel

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, dapat diketahui  $V_s$  atau kecepatan servis

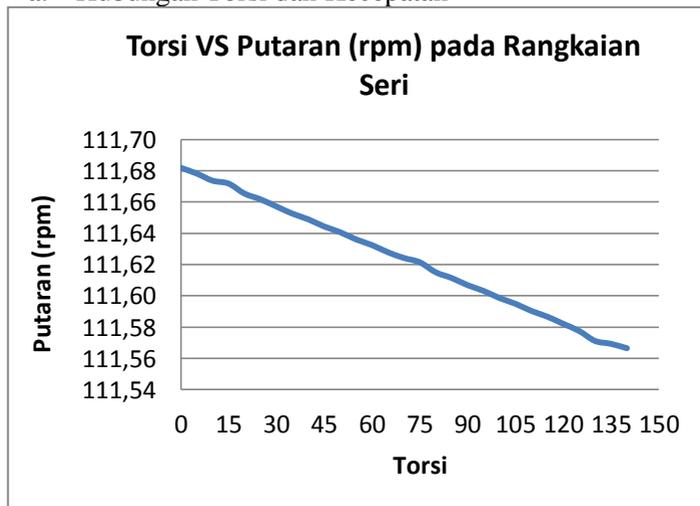
wahana benam pada rangkaian paralel. Seperti misalkan pada saat variasi Torsi diinput 0 maka akan dihasilkan Q (Torsi) Motor sebesar 27,1109 N/m sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 12,2066 dan kecepatan Vs nya adalah 14,4 knot. Sedangkan untuk 140 dihasilkan Q (Torsi) Motor sebesar 40,793 N/m sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 12,194 dan kecepatan Vs nya adalah 14,3 knot.

Jadi, kesimpulannya pada rangkaian motor secara Paralel Kecepatan dinas wahana benamnya adalah 14 knot dan pada kecepatan itu adalah dalam keadaan patroli seperti biasa.

#### 4.7 Analisa Grafik pengamatan Baterai Penuh

Dari tabel pengamatan pada sub sebelumnya maka dapat dibuatkan grafik pengamatannya. Hal ini bertujuan agar memudahkan dalam perbandingan data yang dituju. Dengan bebegitu akan memudahkan analisa dari pokok permasalahan yang ada.

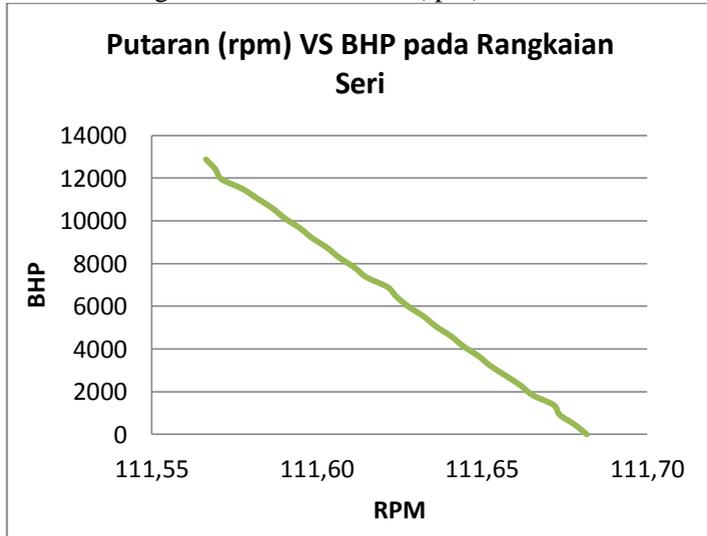
##### 4.7.1 Grafik Pengamatan Baterai penuh pada Rangkaian Seri a. Hubungan Torsi dan Kecepatan



Gambar 4.36 Grafik hubungan Torsi dan Putaran (rpm)

Pada gambar 4.36 menunjukkan hubungan grafik torsi dengan putaran (RPM) pada rangkaian seri. Berdasarkan grafik tersebut, nilai torsi berbanding lurus dengan nilai putaran (rpm). Ketika torsi 0 maka nilai rad/s sebesar 111,68. Ketika nilai torsi maksimum, justru nilai rad/s nya hanya 111,57 untuk pemakaian penuh 100%. Hal ini berarti nilai torsi berbanding terbalik dengan nilai putaran (rpm).

b. Hubungan BHP dan Putaran (rpm)

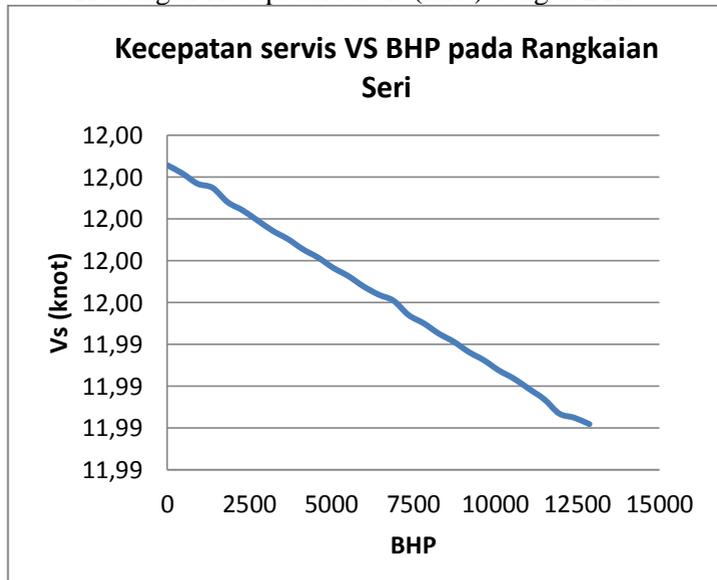


Gambar 4.37 Grafik hubungan BHP dan RPM

Pada gambar 4.37 menunjukkan hubungan grafik BHP dan RPM pada rangkaian seri. Berdasarkan grafik tersebut, nilai BHP berbanding terbalik dengan nilai RPM. Seperti pada saat Rpm nya 111,68 pada saat Torsi 0 nilai BHPnya juga 0. Dan pada saat nilai Torsi 140 nilai RPM nya 111,57 dan nilai BHP nya 12870. Hal ini membuktikan pada saat RPM nya kecil

justru nilai BHP nya semakin besar begitu sebaliknya. Hal ini berarti nilai RPM berbanding terbalik dengan nilai BHP.

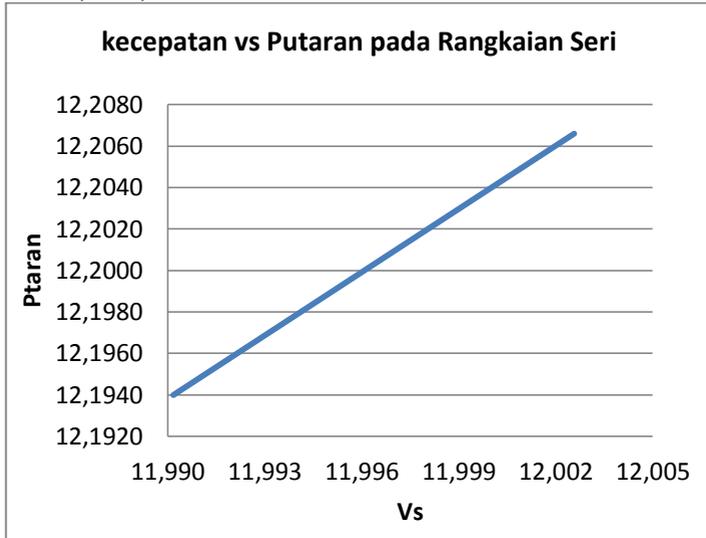
c. Hubungan Kecepatan servis (knot) dengan BHP



Gambar 4.38 Grafik hubungan BHP dan Vs (Knot)

Pada gambar 4.38 menunjukkan hubungan grafik BHP dan Vs (Knot) pada rangkaian seri. Berdasarkan grafik tersebut, nilai BHP berbanding terbalik dengan nilai Vs (knot). Seperti pada saat BHP 5059,3 pada grafik menunjukkan kecepatan 11,998 knot. Nilai maksimum saat 12 knot adalah pada 0 BHP. Sedangkan untuk nilai maksimum BHP 12870 adalah pada kecepatan 11,990 knot. Hal ini membuktikan pada saat Vs nya kecil justru nilai BHP nya semakin besar begitu sebaliknya. Hal ini berarti nilai Vs berbanding terbalik dengan nilai BHP.

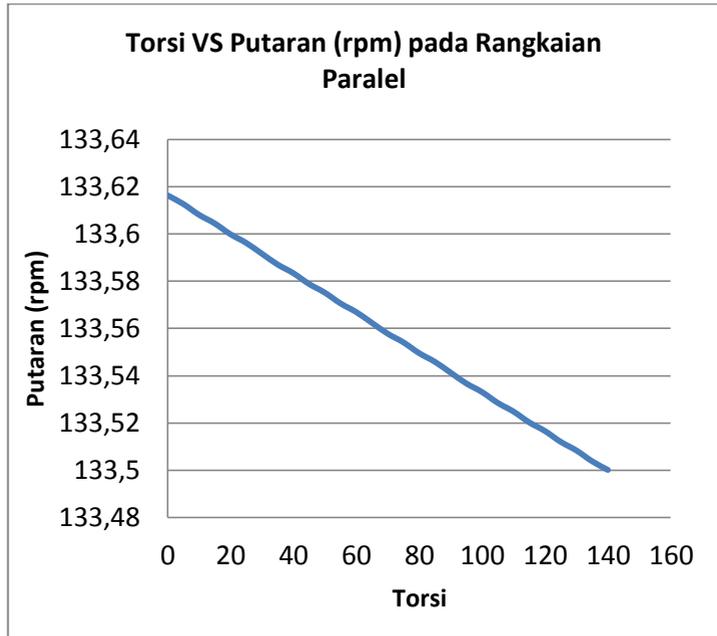
- d. Hubungan Kecepatan servis (knot) dengan Putaran (rad/s)



Gambar 4.39 Grafik hubungan putaran (rad/s) dan Vs (Knot)

Pada gambar 4.39 menunjukkan hubungan grafik Putaran (rad/s) dan Vs (Knot) pada rangkaian seri. Berdasarkan grafik tersebut, nilai putaran (rad/s) berbanding lurus dengan nilai Vs (knot). Seperti pada saat putarannya 12,2066 rad/s kecepatannya menunjukkan angka 12,003 knot dan hal ini adalah nilai maksimum dari rangkaian seri. Sedangkan bila pada saat nilai putarannya 12,2 rad/s nilai kecepatan service nya adalah 11,996 knot dan itu adalah nilai tengah dari grafik diatas. Sedangkan untuk nilai minimumnya adalah saat nilai putarannya 12,194 rad/s dan nilai kecepatannya adalah 11,990 knot. Hal ini cukup membuktikan bahwa kecepatan dan putaran berbanding lurus.

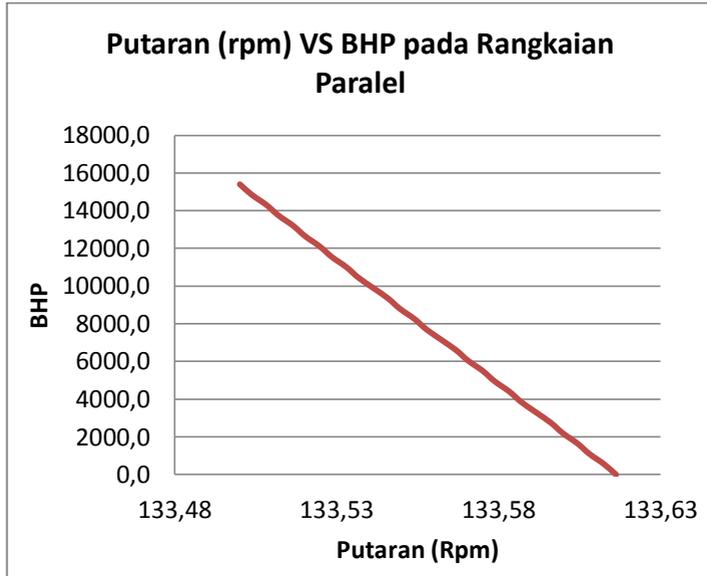
4.7.2 Grafik Pengamatan Baterai penuh pada rangkaian Paralel  
a. Hubungan Torsi dan Kecepatan



Gambar 4.40 Grafik hubungan Torsi dan Kecepatan (rpm)

Pada gambar 4.40 menunjukkan hubungan grafik torsi dengan putaran (rpm) pada rangkaian paralel. Berdasarkan grafik tersebut, nilai torsi berbanding terbalik dengan nilai putaran (rpm). Ketika torsi 0 maka nilai rpm sebesar 133,62. Ketika torsi 50 nilai putarannya sebesar 133,56 rpm. Ketika nilai torsi maksimum 140, justru nilai rpm nya hanya 133,5 untuk pemakaian penuh 100%. Hal ini berarti nilai torsi berbanding terbalik dengan nilai putaran (rpm). Ketika nilai torsi kecil maka putarannya besar dan sebaliknya nilai torsi besar maka nilai putarannya besar.

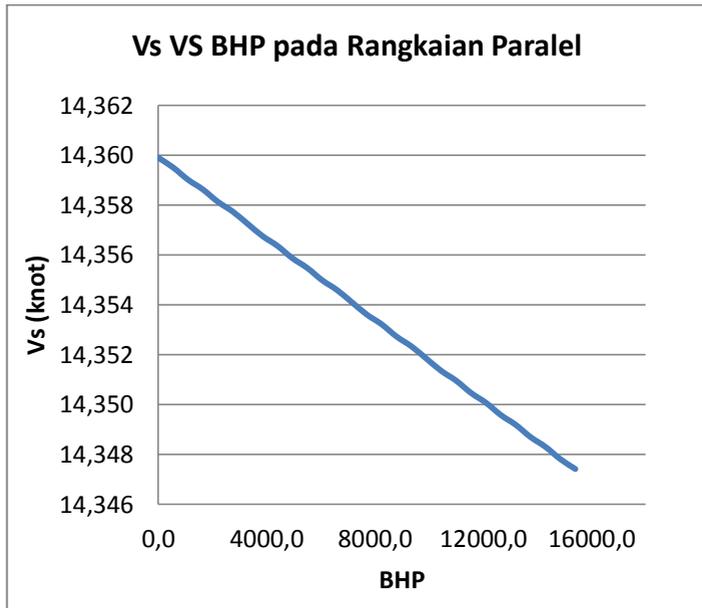
b. Hubungan BHP dan Putaran (rpm)



Gambar 4.41 Grafik hubungan BHP dan putaran

Pada gambar 4.41 menunjukkan hubungan grafik BHP dan putaran (rpm) pada rangkaian paralel. Berdasarkan grafik tersebut, nilai BHP berbanding terbalik dengan nilai putaran (rpm). Seperti pada saat Rpm nya 133,62 pada saat Torsi 0 nilai BHPnya juga 0. Dan pada saat nilai Torsi 140 nilai putarannya 133,5 dan nilai BHP nya 15400,6. Hal ini membuktikan pada saat putaran nya kecil justru nilai BHP nya semakin besar begitu sebaliknya. Hal ini berarti nilai putaran berbanding terbalik dengan nilai BHP. Ketika nilai BHP kecil maka putarannya besar dan sebaliknya nilai BHP besar maka nilai putarannya kecil.

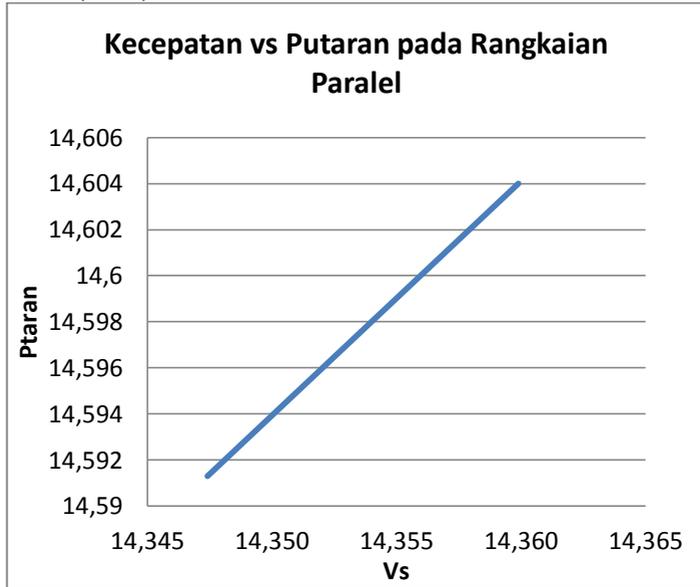
c. Hubungan  $V_s$  (knot) dengan BHP



Gambar 4.42 Grafik hubungan BHP dan  $V_s$  (Knot)

Pada gambar 4.42 menunjukkan hubungan grafik BHP dan  $V_s$  (Knot) pada rangkaian paralel. Berdasarkan grafik tersebut, nilai BHP berbanding terbalik dengan nilai  $V_s$  (knot). Seperti pada saat BHP 5503,3 pada grafik menunjukkan kecepatan 14,355 knot. Nilai maksimum saat 14,36 knot adalah pada 0 BHP. Sedangkan untuk nilai maksimum BHP 15400,6 adalah pada kecepatan 14,347 knot. Hal ini membuktikan pada saat  $V_s$  nya kecil justru nilai BHP nya semakin besar begitu sebaliknya. Hal ini berarti nilai  $V_s$  berbanding terbalik dengan nilai BHP. Ketika nilai BHP kecil maka kecepatannya besar dan sebaliknya nilai BHP besar maka nilai kecepatannya kecil.

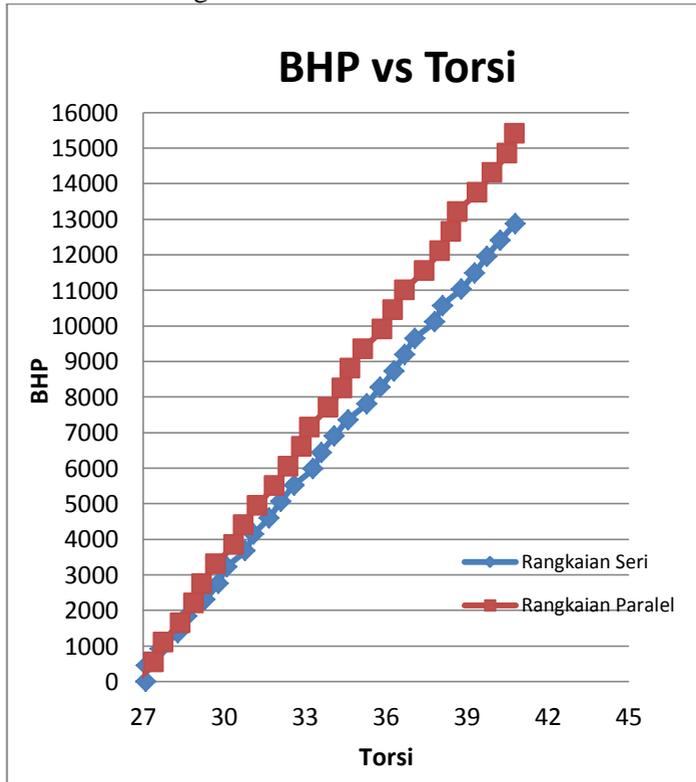
- d. Hubungan Kecepatan servis (knot) dengan Putaran (rad/s)



Gambar 4.43 Grafik hubungan putaran (rad/s) dan Vs (Knot)

Pada gambar 4.43 menunjukkan hubungan grafik Putaran (rad/s) dan Vs (Knot) pada rangkaian paralel. Berdasarkan grafik tersebut, nilai putaran (rad/s) berbanding lurus dengan nilai Vs (knot). Seperti pada saat putarannya 14,604 rad/s kecepatannya menunjukkan angka 14,360 knot dan hal ini adalah nilai maksimum dari rangkaian paralel. Sedangkan bila pada saat nilai putarannya 14,5976 rad/s nilai kecepatan service nya adalah 14,354 knot dan itu adalah nilai tengah dari grafik diatas. Sedangkan untuk nilai minimumnya adalah saat nilai putarannya 14,5916 rad/s dan nilai kecepatannya adalah 14,347 knot. Hal ini cukup membuktikan bahwa kecepatan dan putaran berbanding lurus.

- 4.7.3 Grafik pengamatan perbandingan baterai penuh pada rangkaian seri dan paralel
- a. Perbandingan BHP dan torsi



Gambar 4.44 Menunjukkan hubungan perbandingan antara BHP dengan Torsi pada kedua rangkaian

Pada gambar 4.44 menunjukkan hubungan grafik BHP- torsi pada rangkaian I dan rangkaian II. Ketika nilai putaran pada propeller mencapai nilai maksimum yaitu 133,62 rpm pada rangkaian paralel dan 111,68 rpm pada rangkaian seri, nilai torsi menunjukkan nilai yang sebaliknya yaitu 41,05 Nm untuk rangkaian paralel dan 40,793 Nm untuk

rangkaian seri. Sehingga hubungan antara torsi dengan putaran yang dihasilkan propeller ialah berbanding terbalik. Pada rangkaian I atau rangkaian paralel, nilai torsi yang dihasilkan mencapai dua kali lipat lebih besar dibandingkan dengan nilai torsi pada rangkaian II atau rangkaian seri seperti pada kecepatan minimum yaitu 11,99 knot pada masing-masing rangkaian, nilai torsi pada rangkaian paralel bernilai 41,05 Nm, sedangkan nilai torsi pada rangkaian seri bernilai 40,793 Nm. Hal ini disebabkan karena motor dirangkai secara seri atau paralel akan berpengaruh pada tegangan yang masuk pada motor. Dengan input tegangan yang sama yaitu 190 V dengan 10260 AH, untuk motor yang dirangkai paralel input tegangan pada setiap motor akan bernilai sama dengan tegangan yang dihasilkan oleh baterai. Sedangkan ketika motor dirangkai seri, input tegangan pada setiap motor akan berbeda, karena tegangan awal yang dihasilkan oleh baterai akan masuk ke salah satu motor, kemudian akan diteruskan ke motor yang dipasang seri. Hal tersebut akan berpengaruh pada nilai putaran, serta torsi dengan kecepatan yang sama antara kedua rangkaian tersebut.

#### 4.8 Hasil Pengamatan pada Efisiensi

Untuk menghitung efisiensi, maka perlu digunakan penghitungan sebagai berikut :

a. Menentukan nilai arus jangkar

Ia pada motor diambil yang ada pada motor atau pada *scope* pengukuran data pada rangkaian di matlab. Nilai Ia : 38,2477 A

b. Menentukan nilai arus medan

If pada motor diambil yang ada pada motor atau pada *scope* pengukuran data pada rangkaian di matlab. Nilai If : 3,255 A

- c. Menentukan nilai arus sumber yang mengalir (IL)
- $$\begin{aligned} IL &= I_a + I_f \\ &= 38,2477 + 3,255 \\ &= 41,5027 \text{ A} \end{aligned}$$
- d. Menentukan nilai daya yang masuk (Pin)
- $$\begin{aligned} P_{in} &= V_t \times IL \\ &= 190 \times 41,5027 \\ &= 7885,513 \text{ watt} \end{aligned}$$
- e. Menentukan nilai Tahanan jangkar (Ra)
- Nilai tahanan jangkar adalah nilai tahanan pada motor dan hal ini terdapat pada parameter di *DC machine block* dan nilainya adalah 0,06727 ohm
- f. Menentukan nilai tahanan medan (Rf)
- Nilai tahanan medan adalah nilai tahanan pada motor dan hal ini terdapat pada parameter di *DC machine block* dan nilainya adalah 30,72 ohm
- g. Menentukan nilai rugi tembaga (Wcu)
- $$\begin{aligned} W_{cu} &= (I_a^2 R_a) + (I_f^2 R_f) \\ &= (38,2477^2 \times 0,06727) + (3,255^2 \times 30,72) \\ &= 423,8875 \text{ watt} \end{aligned}$$
- h. Menentukan nilai rugi besi dan mekanik
- $$\begin{aligned} W_{(b+m)} &= 20\% W_{cu} \\ &= 84,777 \text{ watt} \end{aligned}$$
- i. Menentukan nilai rugi total (Wtot)
- $$\begin{aligned} W_{tot} &= W_{cu} + W_{(b+m)} \\ &= 423,8875 + 84,777 \\ &= 508,6651 \text{ watt} \end{aligned}$$
- j. Menentukan nilai daya keluaran (Pout)
- $$\begin{aligned} P_{out} &= P_{in} - W_{tot} \\ &= 7885,513 - 508,6651 \\ &= 7376,848 \text{ watt} \end{aligned}$$
- k. Menentukan nilai efisiensi ( $\eta$ )
- $$\begin{aligned} \text{Eff} &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{7376,848}{7885,513} \times 100\% \end{aligned}$$

$$= 93,5493\%$$

#### 4.8.1 Pada rangkaian Seri

##### 4.8.1.1 Rangkaian Seri Penuh

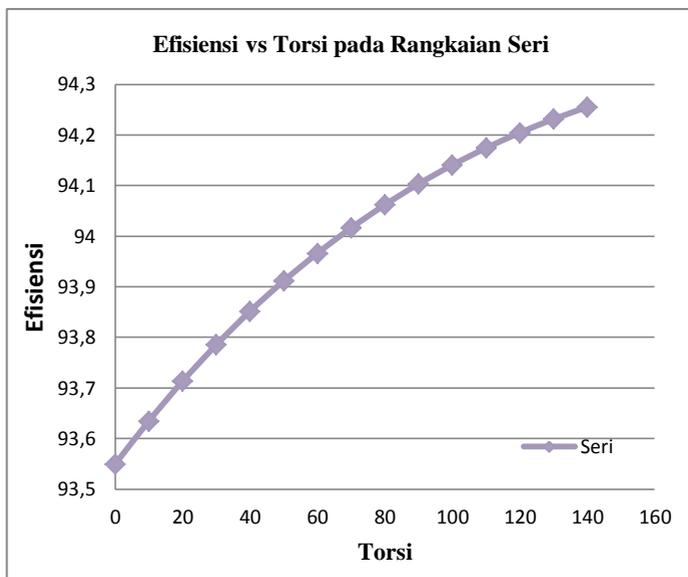
###### a. Tabel Pengamatan

Torsi	efisiensi
0	93,54937
10	93,63454
20	93,71325
30	93,78521
40	93,85153
50	93,91152
60	93,96624
70	94,01635
80	94,06197
90	94,1034
100	94,14067
110	94,17424
120	94,20449
130	94,23134
140	94,25527

Tabel. 4.3 tabel efisiensi rangkaian Seri penuh

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada tabel diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,2% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian seri tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,5%.

###### b. Grafik Hubungan Efisiensi-Torsi



Gambar 4.45 Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas penuh

Pada tabel grafik dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada grafik diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,2% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian seri tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,5%. Sedangkan untuk nilai torsi 50 menunjukkan angka 93,9 %.

#### 4.8.1.2 Rangkaian seri terpakai 90%

##### a. Tabel Pengamatan

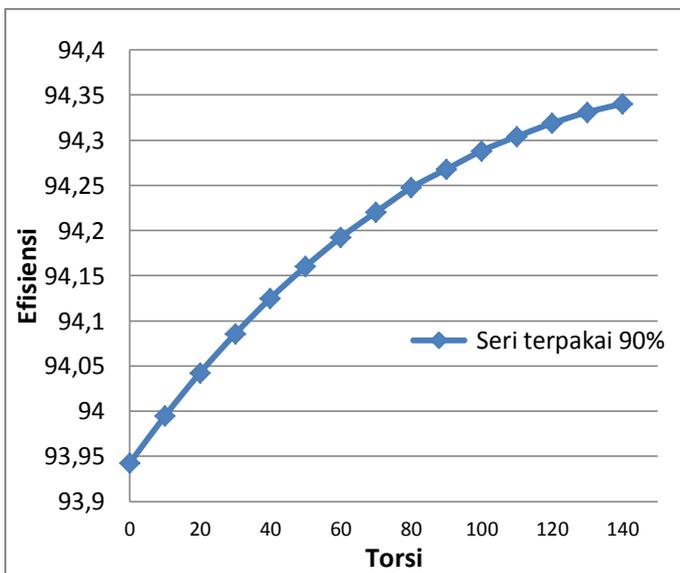
Torsi	efisiensi
0	93,94216
10	93,99439
20	94,04233

30	94,08547
40	94,12485
50	94,16008
60	94,19224
70	94,22026
80	94,24722
90	94,26775
100	94,28805
110	94,304
120	94,31859
130	94,33082
140	94,34003

Tabel. 4.4 tabel efisiensi rangkaian Seri terpakai 90%

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada tabel diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,34% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian seri tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,9%.

b. Grafik hubungan efisiensi torsi



Gambar 4.46 Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 90%

Pada grafik dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada grafik diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,2% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian seri tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,5%.

#### 4.8.1.3 Rangkaian seri terpakai 80%

##### a. Tabel pengamatan

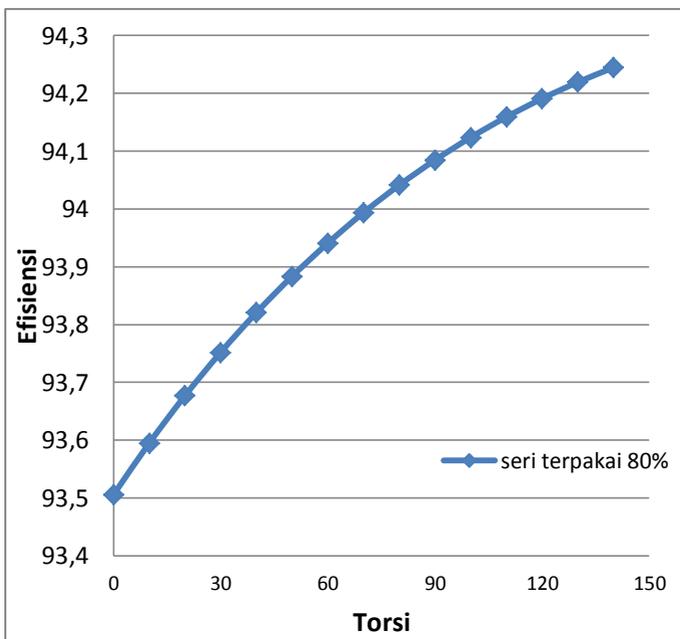
Torsi	efisiensi
0	93,50546
10	93,59479
20	93,67669
30	93,75174

40	93,82047
50	93,88333
60	93,94077
70	93,99359
80	94,04124
90	94,08452
100	94,12371
110	94,15908
120	94,19087
130	94,21931
140	94,24459

Tabel. 4.5 tabel efisiensi rangkaian Seri terpakai 80%

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada tabel diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,2% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian seri tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,50%.

b. Grafik hubungan efisiensi torsi



Gambar 4.47 Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 80%

Pada grafik dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada grafik diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,2% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian seri tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,5%. Setidaknya untuk kapasitas 80% lebih rendah daripada kapasitas 90%.

#### 4.8.1.4 Rangkaian seri terpakai 70%

##### a. Tabel pengamatan

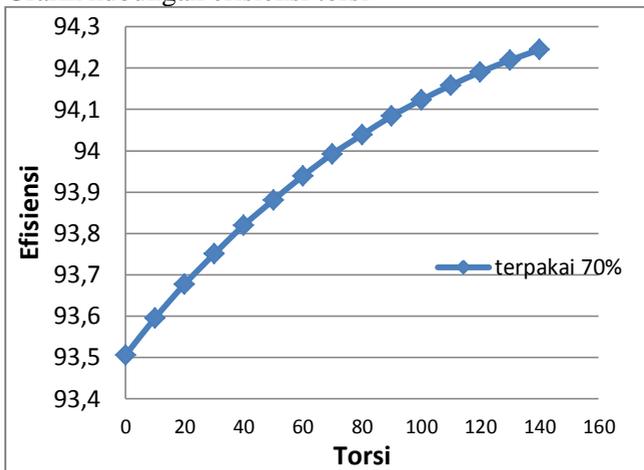
Torsi	efisiensi
0	93,50465
10	93,59479

20	93,67669
30	93,74988
40	93,81933
50	93,88022
60	93,93887
70	93,9923
80	94,03849
90	94,08345
100	94,12275
110	94,15821
120	94,19035
130	94,21908
140	94,24438

Tabel. 4.6 tabel efisiensi rangkaian Seri terpakai 70%

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada tabel diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,2438% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian seri tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,50465%.

## b. Grafik hubungan efisiensi torsi



Gambar 4.48 Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 70%

Pada grafik dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada grafik diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,2% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian seri tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,5%. Setidaknya untuk kapasitas 70% lebih rendah daripada kapasitas 80%.

## 4.8.1.5 Rangkaian seri terpakai 60%

## a. Tabel pengamatan

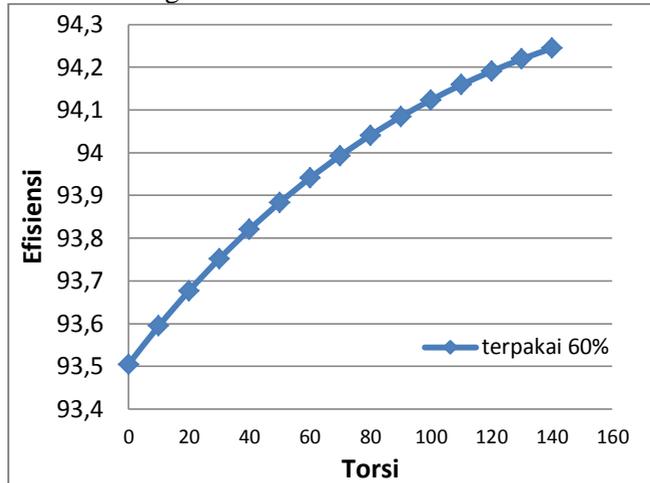
Torsi	efisiensi
0	93,50433
10	93,59405
20	93,67602
30	93,75112
40	93,8199

50	93,88282
60	93,9403
70	93,99273
80	94,04046
90	94,08381
100	94,12307
110	94,1585
120	94,19009
130	94,21884
140	94,24418

Tabel. 4.7 tabel efisiensi rangkaian Seri terpakai 60%

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada tabel diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,24418% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian seri tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,50433%.

## b. Grafik hubungan efisiensi torsi



Gambar 4.49 Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 60%

Pada grafik dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada grafik diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,2% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian seri tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,5%. Setidaknya untuk kapasitas 60% lebih rendah daripada kapasitas 70%.

## 4.8.1.6 Rangkaian seri terpakai 50%

## a. Tabel pengamatan

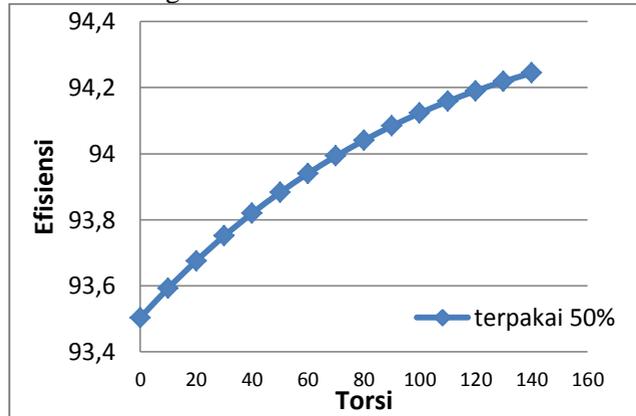
Torsi	efisiensi
0	93,50304
10	93,59258
20	93,67466
30	93,75051
40	93,81933

50	93,8823
60	93,93982
70	93,9923
80	94,04007
90	94,08345
100	94,12275
110	94,15821
120	94,19009
130	94,21861
140	94,24397

Tabel. 4.8 tabel efisiensi rangkaian Seri terpakai 50%

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada tabel diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,24397% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian seri tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,50304%.

## b. Grafik hubungan efisiensi torsi



Gambar 4.50 Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 50%

Pada grafik dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada grafik diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,2% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian seri tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,5%. Setidaknya untuk kapasitas 50% lebih rendah daripada kapasitas 60%.

## 4.8.1.7 Rangkaian seri terpakai 40%

## a. Tabel pengamatan

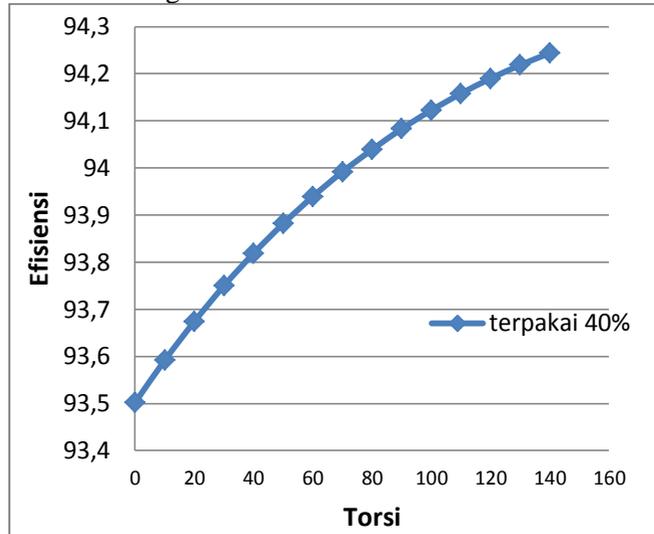
Torsi	efisiensi
0	93,50143
10	93,5911
20	93,67331
30	93,74926
40	93,8182

50	93,88126
60	93,93887
70	93,99143
80	94,03849
90	94,08274
100	94,1221
110	94,15763
120	94,18957
130	94,21815
140	94,24356

Tabel. 4.9 tabel efisiensi rangkaian Seri terpakai 40%

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada tabel diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,24356% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian seri tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,50143%.

## b. Grafik hubungan efisiensi torsi



Gambar 4.51 Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 40%

Pada grafik dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada grafik diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,2% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian seri tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,5%. Setidaknya untuk kapasitas 40% lebih rendah daripada kapasitas 50%.

## 4.8.1.8 Rangkaian seri terpakai 30%

## a. Tabel pengamatan

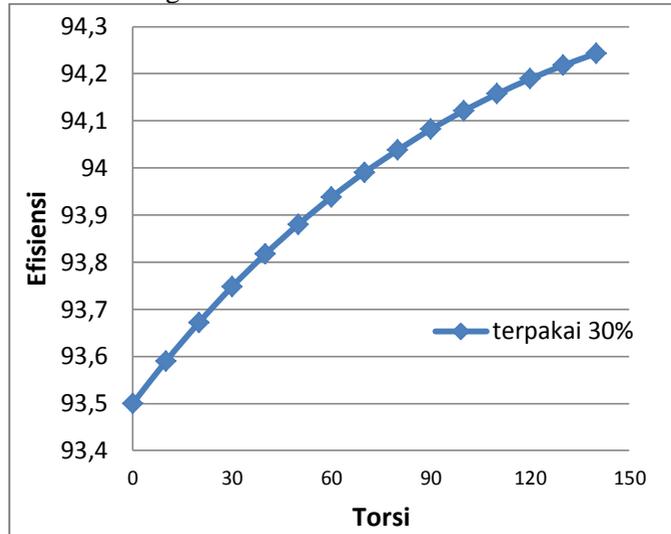
Torsi	efisiensi
0	93,499
10	93,58888
20	93,67127

30	93,7474
40	93,81649
50	93,8797
60	93,93745
70	93,99013
80	94,03731
90	94,08167
100	94,12113
110	94,15676
120	94,18879
130	94,21745
140	94,24294

Tabel. 4.10 tabel efisiensi rangkaian Seri terpakai 30%

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada tabel diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,24294% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian seri tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,499%.

## b. Grafik hubungan efisiensi torsi



Gambar 4.52 Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 30%

Pada grafik dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada grafik diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,2% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian seri tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,5%. Setidaknya untuk kapasitas 30% lebih rendah daripada kapasitas 40%.

## 4.8.1.9 Rangkaian seri terpakai 20%

## a. Tabel pengamatan

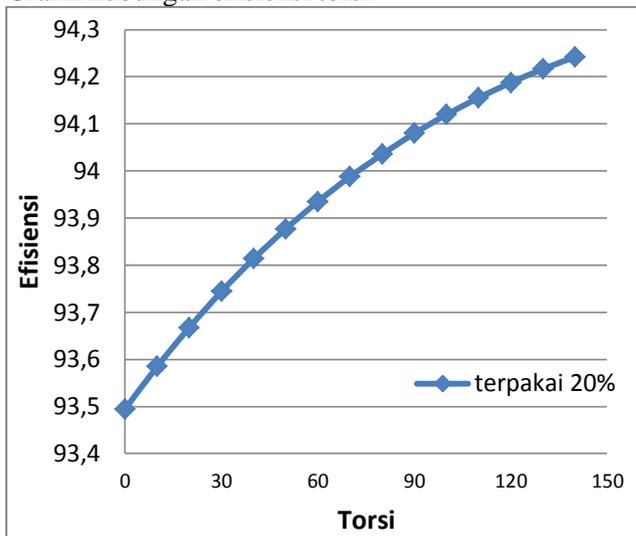
Torsi	efisiensi
0	93,49414
10	93,58442
20	93,66718

30	93,74366
40	93,81307
50	93,87657
60	93,93459
70	93,98753
80	94,03494
90	94,07952
100	94,11919
110	94,15501
120	94,18722
130	94,21605
140	94,2417

Tabel. 4.11 tabel efisiensi rangkaian Seri terpakai 20%

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada tabel diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,2417% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian seri tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,49414%.

## b. Grafik hubungan efisiensi torsi



Gambar 4.54 Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 20%

Pada grafik dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada grafik diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,2% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian seri tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,5%. Setidaknya untuk kapasitas 20% lebih rendah daripada kapasitas 30%.

## 4.8.1.10Rangkaian seri terpakai 10%

## a. Tabel pengamatan

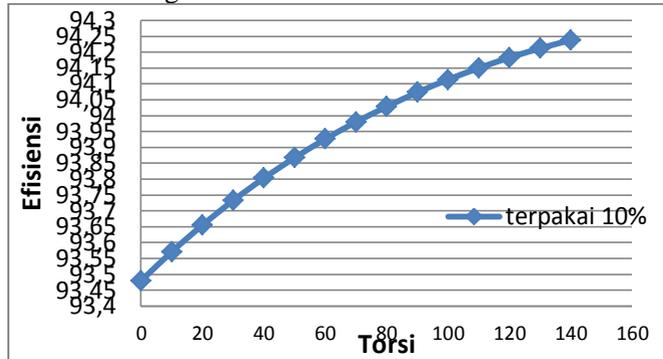
Torsi	efisiensi
0	93,47942
10	93,57092
20	93,65481

30	93,73233
40	93,80269
50	93,86708
60	93,92593
70	93,97963
80	94,02774
90	94,073
100	94,11329
110	94,14969
120	94,18245
130	94,21179
140	94,23792

Tabel. 4.12 tabel efisiensi rangkaian Seri terpakai 10%

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada tabel diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,23792% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian seri tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,4792%.

## b. Grafik hubungan efisiensi torsi



Gambar 4.54 Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 10%

Pada grafik dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada grafik diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,2% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian seri tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,5%. Setidaknya untuk kapasitas 10% lebih rendah daripada kapasitas 20%. Pada kapasitas ini adalah penghitungan terendah unruk rangkaian seri tetapi masih menunjukkan efisiensi yang besar, dan untuk selisih antara 10-100% tidak menunjukkan hasil yang terlalu besar.

## 4.8.2 Pada rangkaian Paralel

## 4.8.2.1 Rangkaian Paralel penuh

## a. Tabel Pengamatan

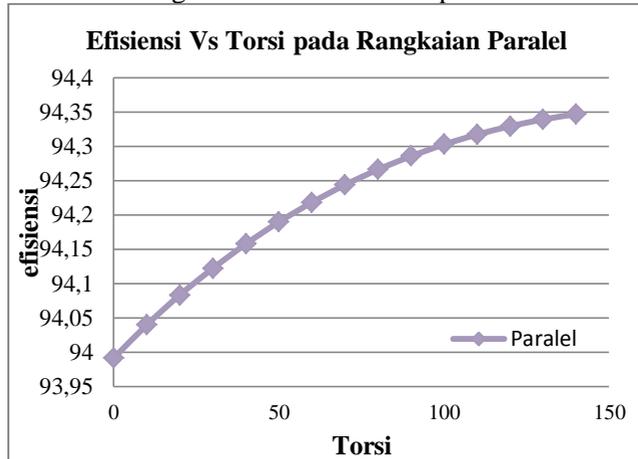
Torsi	efisiensi
0	93,99155
10	94,0399
20	94,08336
30	94,12214

40	94,15766
50	94,18976
60	94,21818
70	94,24372
80	94,26613
90	94,28552
100	94,30267
110	94,31709
120	94,32915
130	94,33915
140	94,3469

Tabel. 4.13 tabel efisiensi rangkaian Paralel penuh

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada tabel diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,3% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian paralel tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,99%.

b. Grafik Hubungan efisiensi torsi saat penuh



Gambar 4.55 Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 100%

Pada grafik dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada grafik diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,2% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian paralel tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,5%. Setidaknya efisiensi 94,2% adalah efisiensi maksimum.

4.8.2.2 Rangkaian Paralel terpakai 90%

a. Tabel pengamatan

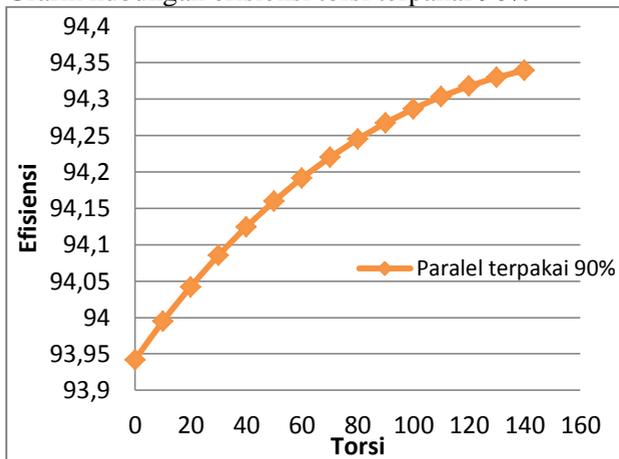
Torsi	efisiensi
0	93,94168
10	93,99439
20	94,04194
30	94,08512

40	94,12421
50	94,1595
60	94,19147
70	94,21957
80	94,24478
90	94,26703
100	94,28634
110	94,30333
120	94,31769
130	94,32971
140	94,3395

Tabel. 4.14 tabel efisiensi rangkaian Paralel terpakai 90%

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada tabel diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,33% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian paralel tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,94%.

## b. Grafik hubungan efisiensi torsi terpakai 90%



Gambar 4.56 Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 90%

Pada grafik dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada grafik diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,35% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian paralel tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,95%. Setidaknya untuk kapasitas 90% lebih rendah daripada kapasitas 100%.

## 4.8.2.3 Rangkaian Paralel terpakai 80%

## a. Tabel pengamatan

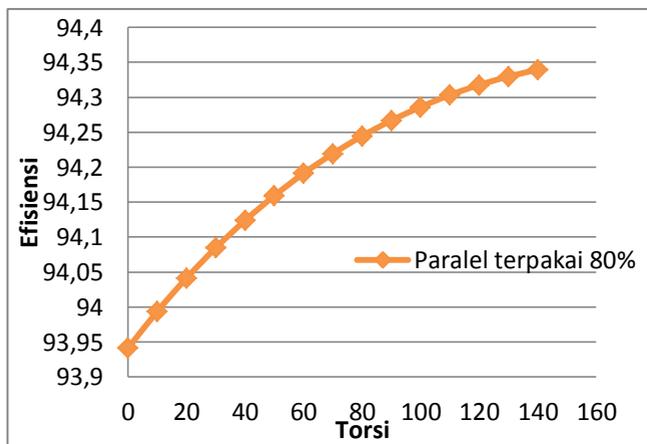
Torsi	efisiensi
0	93,94121
10	93,99396
20	94,04155
30	94,08476

40	94,12389
50	94,15921
60	94,19121
70	94,21934
80	94,24458
90	94,26685
100	94,28618
110	94,3032
120	94,31758
130	94,32961
140	94,33943

Tabel. 4.15 tabel efisiensi rangkaian Paralel terpakai 80%

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada tabel diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,33% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian paralel tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,94%.

- b. Grafik hubungan efisiensi torsi terpakai 80%



Gambar 4.57 Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 80%

Pada grafik dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada grafik diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,35% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian paralel tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,95%. Setidaknya untuk kapasitas 80% lebih rendah daripada kapasitas 90%.

#### 4.8.2.4 Rangkaian Paralel terpakai 70%

##### a. Tabel pengamatan

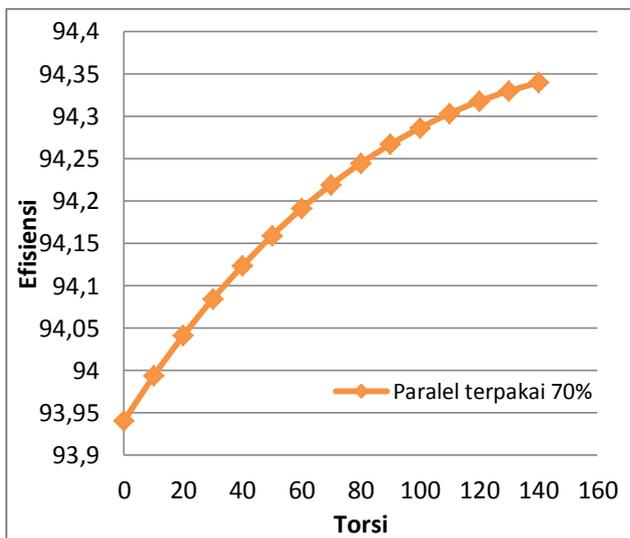
Torsi	efisiensi
0	93,94074
10	93,99353
20	94,04115
30	94,08441
40	94,12325
50	94,15892

60	94,19095
70	94,21911
80	94,24437
90	94,26667
100	94,28603
110	94,30307
120	94,31746
130	94,32952
140	94,33935

Tabel. 4.16 tabel efisiensi rangkaian Paralel terpakai 70%

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada tabel diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,33% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian paralel tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,940%.

- b. Grafik hubungan efisiensi torsi terpakai 70%



Gambar 4.58 Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 70%

Pada grafik dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada grafik diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,35% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian paralel tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,95%. Setidaknya untuk kapasitas 70% lebih rendah daripada kapasitas 80%.

#### 4.8.2.5 Rangkaian Paralel terpakai 60%

##### a. Tabel pengamatan

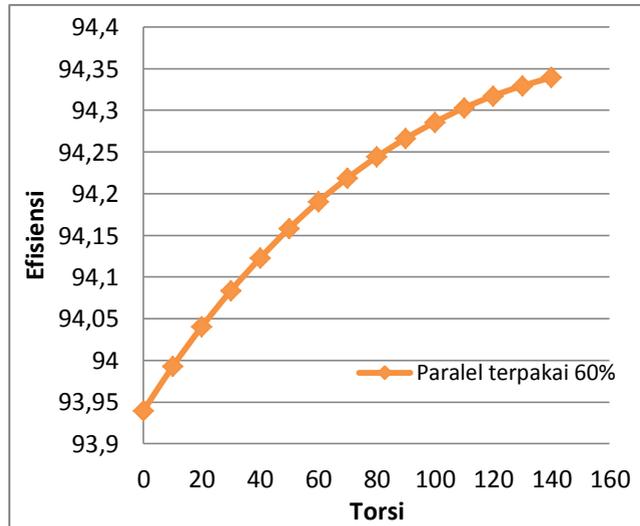
Torsi	efisiensi
0	93,93979
10	93,99267
20	94,04037

30	94,0837
40	94,12261
50	94,15834
60	94,19043
70	94,21865
80	94,24396
90	94,26631
100	94,28571
110	94,3028
120	94,31724
130	94,32933
140	94,3392

Tabel. 4.17 tabel efisiensi rangkaian Paralel terpakai 60%

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada tabel diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,33% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian paralel tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,939%.

- b. Grafik hubungan efisiensi torsi terpakai 60%



Gambar 4.59 Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 60%

Pada grafik dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada grafik diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,35% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian paralel tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,95%. Setidaknya untuk kapasitas 60% lebih rendah daripada kapasitas 70%.

#### 4.8.2.6 Rangkaian Paralel terpakai 50%

##### a. Tabel pengamatan

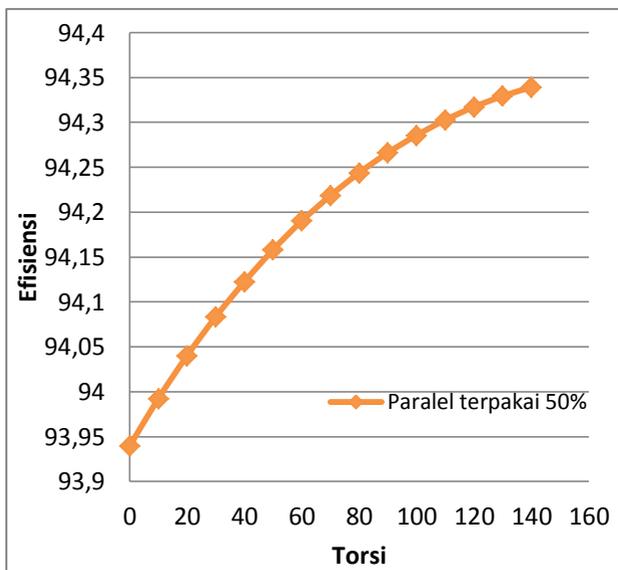
Torsi	efisiensi
0	93,93932
10	93,99224
20	94,03998
30	94,08334

40	94,12229
50	94,15805
60	94,19017
70	94,21841
80	94,24376
90	94,26613
100	94,28556
110	94,30266
120	94,31712
130	94,32923
140	94,33913

Tabel. 4.18 tabel efisiensi rangkaian Paralel terpakai 50%

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada tabel diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,33% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian paralel tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,939%.

b. Grafik hubungan efisiensi torsi terpakai 50%



Gambar 4.60 Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 50%

Pada grafik dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada grafik diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,35% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian paralel tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,95%. Setidaknya untuk kapasitas 50% lebih rendah daripada kapasitas 60%.

#### 4.8.2.7 Rangkaian Paralel terpakai 40%

##### a. Tabel pengamatan

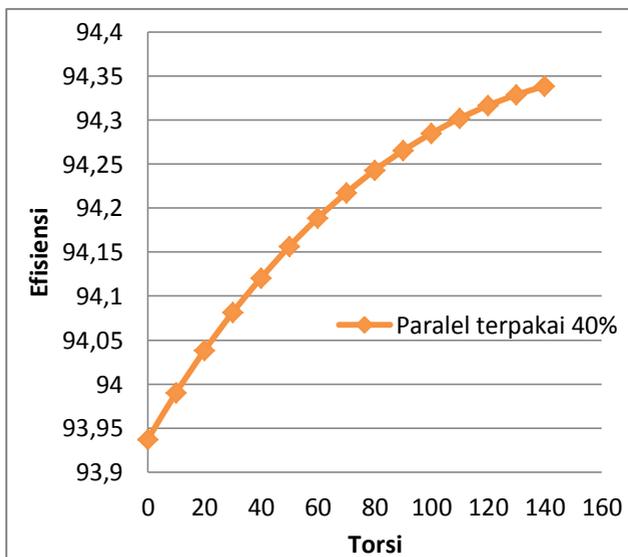
Torsi	efisiensi
0	93,93695
10	93,99008
20	94,03801

30	94,08156
40	94,12067
50	94,1566
60	94,18887
70	94,21725
80	94,24293
90	94,26523
100	94,28477
110	94,30198
120	94,31655
130	94,32876
140	94,33874

Tabel. 4.19 tabel efisiensi rangkaian Paralel terpakai 40%

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada tabel diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,33% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian paralel tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,936%.

- b. Grafik hubungan efisiensi torsi terpakai 40%



Gambar 4.61 Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 40%

Pada grafik dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada grafik diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,35% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian paralel tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,95%. Setidaknya untuk kapasitas 50% lebih tinggi daripada 40%.

#### 4.8.2.8 Rangkaian Paralel terpakai 30%

##### a. Tabel pengamatan

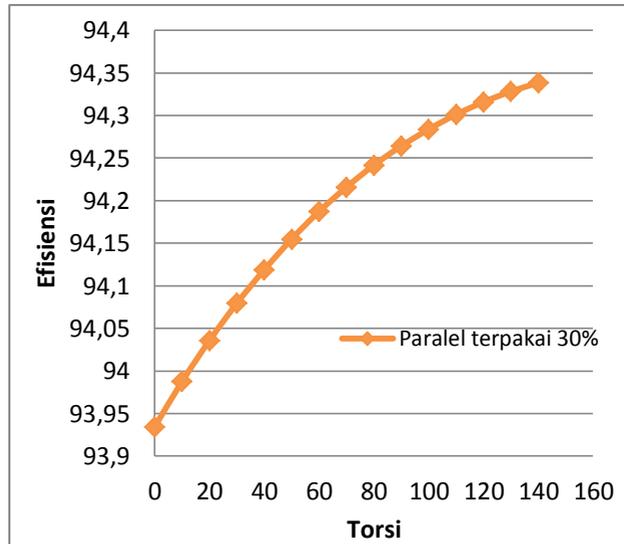
Torsi	efisiensi
0	93,93409
10	93,98747
20	94,03564

30	94,07941
40	94,11873
50	94,15485
60	94,1873
70	94,21585
80	94,24169
90	94,26413
100	94,28381
110	94,30116
120	94,31585
130	94,32818
140	94,33828

Tabel. 4.20 tabel efisiensi rangkaian Paralel terpakai 30%

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada tabel diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,338% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian paralel tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,934%.

- b. Grafik hubungan efisiensi torsi terpakai 30%



Gambar 4.62 Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 30%

Pada grafik dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada grafik diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,35% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian paralel tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,95%. Setidaknya untuk kapasitas 30% lebih rendah daripada kapasitas 40%.

#### 4.8.2.9 Rangkaian Paralel terpakai 20%

##### a. Tabel pengamatan

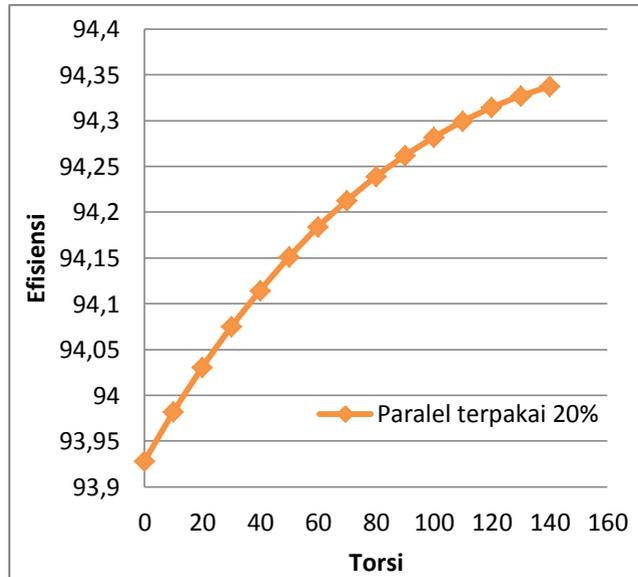
Torsi	efisiensi
0	93,92784
10	93,98178
20	94,03047

30	94,07471
40	94,11448
50	94,15102
60	94,18387
70	94,21278
80	94,23897
90	94,26174
100	94,28172
110	94,29936
120	94,31433
130	94,32691
140	94,33726

Tabel. 4.21 tabel efisiensi rangkaian Paralel terpakai 20%

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada tabel diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,337% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian paralel tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,927%.

- b. Grafik hubungan efisiensi torsi terpakai 20%



Gambar 4.63 Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 20%

Pada grafik dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada grafik diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,35% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian paralel tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,95%. Setidaknya untuk kapasitas 20% lebih rendah daripada kapasitas 30%.

#### 4.8.2.10 Rangkaian Paralel terpakai 10%

##### a. Tabel pengamatan

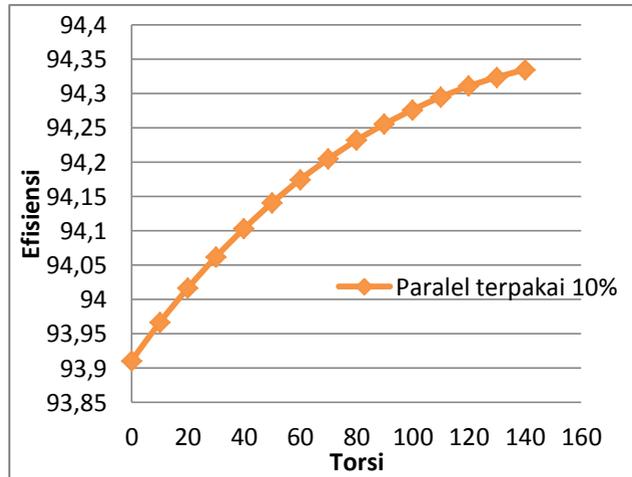
Torsi	efisiensi
0	93,91072
10	93,96622

20	94,01634
30	94,06191
40	94,10292
50	94,14064
60	94,17459
70	94,20451
80	94,23168
90	94,25534
100	94,27616
110	94,29462
120	94,31059
130	94,32364
140	94,33466

Tabel. 4.22 tabel efisiensi rangkaian Paralel terpakai 10%

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada tabel diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,334% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian paralel tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,910%.

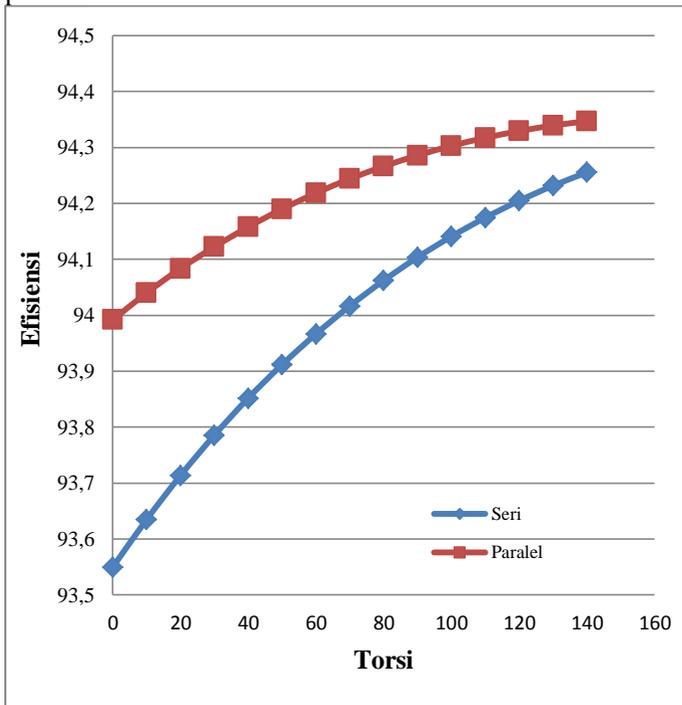
- b. Grafik hubungan efisiensi torsi terpakai 10%



Gambar 4.64 Grafik hubungan antara efisiensi dan torsi saat kapasitas 10%

Pada grafik dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada grafik diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,35% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian paralel tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,95%. Setidaknya untuk kapasitas 10% lebih rendah daripada kapasitas 20%. Untuk kapasitas 10% adalah yang terakhir dan yang paling kecil, tetapi dari grafik dapat diketahui bahwa selisih antara kapasitas 100-10% tidaklah begitu signifikan.

#### 4.8.3 Hubungan efisiensi dan torsi pada rangkaian Seri dan paralel



Gambar 4.65 Grafik perbandingan antara efisiensi dan torsi rangkaian seri dan rangkaian paralel pada kondisi penuh

Pada grafik hubungan diatas dapat diketahui bahwa efisiensi rangkaian, hubungannya dengan torsi adalah berbanding lurus, jika torsi semakin tinggi maka semakin tinggi pula nilai efisiensinya. Nilai maksimum pada grafik diatas adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah 94,3% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian paralel tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,99%. Sedangkan untuk rangkaian seri adalah jika torsinya 140 maka efisiensinya adalah

94,2% tetapi dengan nilai torsi 0 rangkaian seri tetap mempunyai nilai efisiensi sebesar 93,5%. Untuk harga efisiensi pada kedua rangkaian perbandingannya antara seri dan paralel lebih tinggi paralel.

#### 4.9 Hasil Pengamatan pada saat baterai Terpakai

##### 4.9.1 Rangkaian Seri

###### a. Terpakai 10%

Terpakai 10%										
Q Motor	torsi	rad/s	Rpm	RPS	THP	SHP	BHP	Va	Vs (m/s)	Vs (knot)
26,788	0	10,7854	98,6788	1,6446	0	0	0	3,2367	5,4581	10,6051
27,7033	10	10,7844	98,6697	1,6445	677,26032	691,08196	813,0376	3,2364	5,4576	10,6041
28,5895	20	10,7835	98,6614	1,6444	1354,4076	1382,0486	1625,9395	3,2361	5,4572	10,6033
29,8399	30	10,7826	98,6532	1,6442	2031,44184	2072,8998	2438,7057	3,2358	5,4567	10,6024
30,682	40	10,7818	98,6459	1,6441	2708,38816	2763,6614	3251,3663	3,2356	5,4563	10,6016
31,6595	50	10,7808	98,6367	1,6439	3385,1712	3454,2563	4063,831	3,2353	5,4558	10,6006
32,5467	60	10,7799	98,6285	1,6438	4061,86632	4144,7616	4876,1901	3,2350	5,4553	10,5997
33,4941	70	10,779	98,6203	1,6437	4738,4484	4835,1514	5688,4134	3,2347	5,4549	10,5988
34,3663	80	10,7781	98,6120	1,6435	5414,91744	5525,426	6500,5011	3,2345	5,4544	10,5979
35,2761	90	10,7772	98,6038	1,6434	6091,27344	6215,5851	7312,4531	3,2342	5,4540	10,5971
36,1859	100	10,7763	98,5956	1,6433	6767,5164	6905,629	8124,2694	3,2339	5,4535	10,5962
37,0957	110	10,7754	98,5873	1,6431	7443,64632	7595,5575	8935,95	3,2337	5,4531	10,5953
38,0055	120	10,7745	98,5791	1,6430	8119,6632	8285,3706	9747,4948	3,2334	5,4526	10,5944
39,2153	130	10,7736	98,5709	1,6428	8795,56704	8975,0684	10558,904	3,2331	5,4521	10,5935
40,559	140	10,7726	98,5617	1,6427	9471,26992	9664,5611	11370,072	3,2328	5,4516	10,5925

Gambar 4.66 Tabel pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 10%

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, pada saat dimasukkan 10% pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui  $V_s$  atau kecepatan servis kapal pada rangkaian seri. Seperti misalkan pada saat variasi Torsi diinput 0 maka akan dihasilkan BHP sebesar 0 kW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 10,7854 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 10,6051 knot. Sedangkan untuk 140 dihasilkan BHP sebesar 11370,072 KW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 10,7726 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 10,5925 knot.

b. Terpakai 20%

Terpakai 20%										
Q motor	torsi	rad/s	Rpm	RPS	THP	SHP	BHP	Va	Vs (m/s)	Vs (knot)
26,7573	0	11,0809	101,3824	1,68971	0	0	0	3,3253	5,6077	10,8957
27,7577	10	11,08	101,3742	1,68957	695,824	710,0245	835,3229	3,3251	5,6072	10,8948
28,6581	20	11,0791	101,366	1,68943	1391,535	1419,934	1670,51	3,3248	5,6068	10,8939
29,8585	30	11,0782	101,3577	1,68930	2087,133	2129,727	2505,562	3,3245	5,6063	10,8930
30,7589	40	11,0773	101,3495	1,68916	2782,618	2839,406	3340,478	3,3243	5,6058	10,8921
31,7593	50	11,0764	101,3413	1,68902	3477,99	3548,969	4175,258	3,3240	5,6054	10,8913
32,4597	60	11,0755	101,333	1,68888	4173,248	4258,417	5009,902	3,3237	5,6049	10,8904
33,7601	70	11,0746	101,3248	1,68875	4868,394	4967,749	5844,411	3,3235	5,6045	10,8895
34,8605	80	11,0737	101,3166	1,68861	5563,427	5676,966	6678,784	3,3232	5,6040	10,8886
35,7609	90	11,0728	101,3083	1,68847	6258,347	6386,068	7513,021	3,3229	5,6036	10,8877
36,7613	100	11,0719	101,3001	1,68833	6953,153	7095,054	8347,123	3,3226	5,6031	10,8868
37,5617	110	11,071	101,2919	1,68820	7647,847	7803,925	9181,089	3,3224	5,6027	10,8860
38,7621	120	11,0701	101,2836	1,68806	8342,427	8512,681	10014,92	3,3221	5,6022	10,8851
39,7625	130	11,0692	101,2754	1,68792	9036,895	9221,321	10848,61	3,3218	5,6017	10,8842
40,6702	140	11,0681	101,2653	1,68776	9731,074	9929,667	11681,96	3,3215	5,6012	10,8831

Gambar 4.67 Tabel pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 20%

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, pada saat dimasukkan 20% pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui Vs atau kecepatan servis kapal pada rangkaian seri. Seperti misalkan pada saat variasi Torsi diinput 0 maka akan dihasilkan BHP sebesar 0 kW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 11,0809 dan kecepatan Vs nya adalah 10,8957 knot. Sedangkan untuk variasi Torsi 140 dihasilkan BHP sebesar 11681,96 KW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 11,0681 dan kecepatan Vs nya adalah 10,8831 knot.

Berbeda hanya sedikit jika dibandingkan dengan pada saat pemakaian baterai 10%.

c. Terpakai 30%

Terpakai 30%										
Q motor	torsi	rad/s	Rpm	RPS	THP	SHP	BHP	Va	Vs (m/s)	Vs (knot)
26,7683	0	11,1794	102,2836	1,70473	0	0	0	3,3549	5,65751	10,9925
27,7613	10	11,1784	102,2745	1,70457	702,0035	716,3301	842,7413	3,3546	5,65700	10,9916
28,6221	20	11,1775	102,2663	1,70444	1403,894	1432,545	1685,347	3,3543	5,65655	10,9907
29,571	30	11,1765	102,2571	1,70429	2105,653	2148,625	2527,794	3,3540	5,65604	10,9897
30,4979	40	11,1755	102,248	1,70413	2807,286	2864,577	3370,091	3,3537	5,65554	10,9887
31,4248	50	11,1746	102,2397	1,70400	3508,824	3580,433	4212,274	3,3535	5,65508	10,9878
32,3517	60	11,1736	102,2306	1,70384	4210,212	4296,135	5054,277	3,3532	5,65458	10,9868
33,2786	70	11,1727	102,2223	1,70371	4911,519	5011,754	5896,181	3,3529	5,65412	10,9860
34,2055	80	11,1718	102,2141	1,70357	5612,712	5727,257	6737,95	3,3526	5,65366	10,9851
35,1324	90	11,1708	102,205	1,70342	6313,736	6442,588	7579,515	3,3523	5,65316	10,9841
36,0593	100	11,1699	102,1967	1,70328	7014,697	7157,854	8421,005	3,3521	5,65270	10,9832
37,6862	110	11,1689	102,1876	1,70313	7715,476	7872,935	9262,276	3,3518	5,65220	10,9822
38,9131	120	11,1678	102,1775	1,70296	8416,054	8587,81	10103,31	3,3514	5,65164	10,9811
39,8401	130	11,167	102,1702	1,70284	9116,739	9302,795	10944,46	3,3512	5,65124	10,9803
40,8519	140	11,1666	102,1665	1,70278	9817,675	10018,04	11785,92	3,3511	5,65103	10,9800

Gambar 4.68 Tabel pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 30%

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, pada saat dimasukkan 30% pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui  $V_s$  atau kecepatan servis kapal pada rangkaian seri. Seperti misalkan pada saat variasi Torsi diinput 0 maka akan dihasilkan BHP sebesar 0 kW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 11,1794 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 10,9925 knot. Sedangkan untuk variasi Torsi 140 dihasilkan BHP sebesar 11785,92 KW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 11,1666 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 10,98 knot.

Berbeda hanya sedikit jika dibandingkan dengan pada saat pemakaian baterai 20%.

d. Terpakai 40%

Terpakai 40%										
Q Motor	torsi	rad/s	Rpm	RPS	THP	SHP	BHP	Va	Vs (m/s)	Vs (knot)
26,604	0	11,2286	102,7338	1,71223	0	0	0	3,36967	5,682409	11,04092
27,6998	10	11,2277	102,7256	1,712093	705,09956	719,48935	846,45806	3,3694	5,681953	11,040035
28,7213	20	11,2268	102,7173	1,711955	1410,08608	1438,8633	1692,7804	3,36913	5,681498	11,03915
29,7923	30	11,2259	102,7091	1,711818	2114,95956	2158,122	2538,9671	3,36886	5,681042	11,038265
30,8509	40	11,225	102,7009	1,711681	2819,72	2877,2653	3385,018	3,36859	5,680587	11,03738
31,9096	50	11,2241	102,6926	1,711544	3524,3674	3596,2933	4230,9333	3,36832	5,680131	11,036495
32,96828	60	11,2232	102,6844	1,711406	4228,90176	4315,2059	5076,7128	3,36805	5,679676	11,03561
34,02693	70	11,2223	102,6762	1,711269	4933,32308	5034,0031	5922,3566	3,36778	5,679221	11,034725
35,08558	80	11,2214	102,6679	1,711132	5637,63136	5752,6851	6767,8648	3,36751	5,678765	11,03384
36,14423	90	11,2205	102,6597	1,710995	6341,8266	6471,2516	7613,2372	3,36724	5,67831	11,032956
37,20288	100	11,2196	102,6514	1,710857	7045,9088	7189,7029	8458,4739	3,36697	5,677854	11,032071
38,26153	110	11,2187	102,6432	1,71072	7749,87796	7908,0387	9303,575	3,3667	5,677399	11,031186
39,32018	120	11,2178	102,635	1,710583	8453,73408	8626,2593	10148,54	3,36643	5,676943	11,030301
39,7732	130	11,2167	102,6249	1,710415	9157,31388	9344,1978	10993,174	3,3661	5,676387	11,029219
40,7699	140	11,2158	102,6167	1,710278	9860,93136	10062,175	11837,853	3,36583	5,675931	11,028334

Gambar 4.69 Tabel pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 40%

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, pada saat dimasukkan 40% pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui Vs atau kecepatan servis kapal pada rangkaian seri. Seperti misalkan pada saat variasi Torsi diinput 0 maka akan dihasilkan BHP sebesar 0 kW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 11,2286 dan kecepatan Vs nya adalah 11,0409 knot. Sedangkan untuk variasi Torsi 140 dihasilkan BHP sebesar 11837,853 KW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 11,2158 dan kecepatan Vs nya adalah 11,0283 knot.

Berbeda hanya sedikit jika dibandingkan dengan pada saat pemakaian baterai 30%.

e. Terpakai 50%

Terpakai 50%										
Q motor	torsi	rad/s	Rpm	RPS	THP	SHP	BHP	Va	Vs (m/s)	Vs (knot)
26,7236	0	11,2582	103,0046	1,71674	0	0	0	3,3786	5,69739	11,0700
27,7674	10	11,2572	102,9955	1,71659	706,9522	721,3798	848,6821	3,3783	5,69688	11,0690
28,7812	20	11,2563	102,9872	1,71645	1413,791	1442,644	1697,228	3,3780	5,69643	11,0682
29,815	30	11,2553	102,9781	1,71630	2120,499	2163,774	2545,616	3,3777	5,69592	11,0672
30,8438	40	11,2544	102,9698	1,71616	2827,105	2884,801	3393,884	3,3774	5,69547	11,0663
31,8726	50	11,2534	102,9607	1,71601	3533,568	3605,681	4241,978	3,3771	5,69496	11,0653
32,9014	60	11,2525	102,9525	1,71587	4239,942	4326,471	5089,966	3,3768	5,69450	11,0644
33,9302	70	11,2515	102,9433	1,71572	4946,159	5047,101	5937,766	3,3765	5,69400	11,0634
34,959	80	11,2506	102,9351	1,71558	5652,301	5767,655	6785,476	3,3763	5,69354	11,0626
35,9878	90	11,2496	102,9259	1,71543	6358,274	6488,035	7632,982	3,3760	5,69304	11,0616
37,0166	100	11,2487	102,9177	1,71529	7064,184	7208,351	8480,412	3,3757	5,69258	11,0607
38,0454	110	11,2477	102,9085	1,71514	7769,911	7928,481	9327,624	3,3754	5,69207	11,0597
39,0742	120	11,2468	102,9003	1,71501	8475,588	8648,56	10174,78	3,3751	5,69162	11,0588
39,575	130	11,2463	102,8957	1,71493	9181,479	9368,856	11022,18	3,3750	5,69137	11,0583
40,7685	140	11,2454	102,8875	1,71479	9886,956	10088,73	11869,09	3,3747	5,69091	11,0574

Gambar 4.70 Tabel pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 50%

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, pada saat dimasukkan 50% pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui Vs atau kecepatan servis kapal pada rangkaian seri. Seperti misalkan pada saat variasi Torsi diinput 0 maka akan dihasilkan BHP sebesar 0 kW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 11,2582 dan kecepatan Vs nya adalah 11,07 knot. Sedangkan untuk variasi Torsi 140 dihasilkan BHP sebesar 11869,09 KW sedangkan kecepatannya dalam rad/s

adalah 11,2454 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 11,0574 knot.

Berbeda hanya sedikit jika dibandingkan dengan pada saat pemakaian baterai 40%.

f. Terpakai 60%

Terpakai 60%										
Q Motor	torsi	rad/s	Rpm	RPS	THP	SHP	BHP	Va	Vs (m/s)	Vs (knot)
26,9776	0	11,2778	103,1839	1,719732	0	0	0	3,3844	5,7073	11,0893
27,6101	10	11,2769	103,1757	1,719595	708,18932	722,6422	850,167	3,3842	5,7069	11,0884
28,6058	20	11,276	103,1675	1,719458	1416,2656	1445,1690	1700,199	3,3839	5,7064	11,0875
29,6015	30	11,2750	103,1583	1,719305	2124,21	2167,5612	2550,072	3,3836	5,7059	11,0865
30,5972	40	11,2741	103,1501	1,719168	2832,05392	2889,8509	3399,825	3,3833	5,7054	11,0857
31,5929	50	11,2732	103,1419	1,719031	3539,7848	3612,0253	4249,442	3,3831	5,7050	11,0848
32,5886	60	11,2723	103,1336	1,718894	4247,40264	4334,0843	5098,923	3,3828	5,7045	11,0839
33,5843	70	11,2714	103,1254	1,718756	4954,90744	5056,028	5948,268	3,3825	5,7041	11,0830
34,58	80	11,2705	103,1171	1,718619	5662,2992	5777,8563	6797,478	3,3822	5,7036	11,0821
35,9506	90	11,2696	103,1089	1,718482	6369,57792	6499,5693	7646,552	3,3820	5,7032	11,0812
36,8911	100	11,2687	103,1007	1,718345	7076,7436	7221,1669	8495,491	3,3817	5,7027	11,0803
37,8316	110	11,2678	103,0924	1,718207	7783,79624	7942,6492	9344,293	3,3814	5,7022	11,0795
38,7721	120	11,2669	103,0842	1,71807	8490,73584	8664,0162	10192,960	3,3812	5,7018	11,0786
39,7126	130	11,2660	103,076	1,717933	9197,5624	9385,2678	11041,491	3,3809	5,7013	11,0777
40,6531	140	11,2651	103,0677	1,717796	9904,27592	10106,404	11889,887	3,3806	5,7009	11,0768

Gambar 4.71 Tabel pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 60%

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, pada saat dimasukkan 60% pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui  $V_s$  atau kecepatan servis kapal pada rangkaian seri. Seperti misalkan pada saat variasi Torsi diinput 0 maka akan dihasilkan BHP sebesar 0 kW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 11,2778 dan

kecepatan  $V_s$  nya adalah 11,0893 knot. Sedangkan untuk variasi Torsi 140 dihasilkan BHP sebesar 11889,987 KW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 11,2651 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 11,0768 knot.

Berbeda hanya sedikit jika dibandingkan dengan pada saat pemakaian baterai 50%.

g. Terpakai 70%

Terpakai 70%										
Q motor	torsi	rad/s	Rpm	RPS	THP	SHP	BHP	Va	Vs (m/s)	Vs (knot)
26,6034	0	11,2919	103,3129	1,72188	0	0	0	3,3887	5,71444	11,1032
27,5995	10	11,2910	103,3047	1,72175	709,0748	723,5457	851,2303	3,3884	5,71399	11,1023
28,7843	20	11,2901	103,2965	1,72161	1418,037	1446,976	1702,325	3,3881	5,71353	11,1014
29,8697	30	11,2892	103,2882	1,72147	2126,885	2170,291	2553,284	3,3879	5,71308	11,1005
30,96015	40	11,2882	103,2791	1,72132	2835,596	2893,465	3404,077	3,3876	5,71257	11,0995
32,05852	50	11,2873	103,2709	1,72118	3544,212	3616,543	4254,757	3,3873	5,71211	11,0986
33,15689	60	11,2864	103,2626	1,72104	4252,716	4339,506	5105,301	3,3870	5,71166	11,0978
34,25526	70	11,2855	103,2544	1,72091	4961,106	5062,353	5955,709	3,3867	5,71120	11,0969
35,35363	80	11,2846	103,2462	1,72077	5669,383	5785,085	6805,982	3,3865	5,71075	11,0960
36,31	90	11,2837	103,2379	1,72063	6377,547	6507,701	7656,119	3,3862	5,71029	11,0951
37,1541	100	11,2828	103,2297	1,72049	7085,598	7230,202	8506,121	3,3859	5,70984	11,0942
37,9982	110	11,2819	103,2214	1,72036	7793,537	7952,588	9355,986	3,3857	5,70938	11,0933
38,8596	120	11,281	103,2132	1,72022	8501,362	8674,859	10205,72	3,3854	5,70893	11,0924
39,6518	130	11,2801	103,205	1,72008	9209,074	9397,014	11055,31	3,3851	5,70847	11,0916
40,5478	140	11,2792	103,1967	1,71995	9916,673	10119,05	11904,77	3,3849	5,70802	11,0907

Gambar 4.72 Tabel pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 70%

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, pada saat dimasukkan 60% pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui  $V_s$  atau kecepatan servis kapal pada rangkaian seri.

Seperti misalkan pada saat variasi Torsi diinput 0 maka akan dihasilkan BHP sebesar 0 kW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 11,2778 dan kecepatan Vs nya adalah 11,1032 knot. Sedangkan untuk variasi Torsi 140 dihasilkan BHP sebesar 11904,77 KW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 11,2792 dan kecepatan Vs nya adalah 11,0907 knot.

Berbeda hanya sedikit jika dibandingkan dengan pada saat pemakaian baterai 60%.

#### h. Terpakai 80%

Terpakai 80%										
Q Motor	torsi	rad/s	Rpm	RPS	THP	SHP	BHP	Va	Vs (m/s)	Vs (knot)
26,8215	0	11,3025	103,4099	1,723499	0	0	0	3,3918	5,7198	11,1136
27,7654	10	11,3016	103,4017	1,723362	709,74048	724,2250	852,0294	3,3916	5,7194	11,1127
28,7785	20	11,3006	103,3925	1,723209	1419,35536	1448,3218	1703,9080	3,3913	5,7188	11,1117
30,2694	30	11,3000	103,3871	1,723118	2128,92	2172,3673	2555,7263	3,3911	5,7185	11,1111
31,2035	40	11,2990	103,3779	1,722965	2838,3088	2896,2335	3407,3335	3,3908	5,7180	11,1101
32,1376	50	11,2981	103,3697	1,722828	3547,6034	3620,0035	4258,8276	3,3905	5,7176	11,1093
33,0717	60	11,2972	103,3614	1,722691	4256,78496	4343,6581	5110,1860	3,3903	5,7171	11,1084
34,0058	70	11,2963	103,3532	1,722553	4965,85348	5067,1974	5961,4087	3,3900	5,7167	11,1075
34,9399	80	11,2953	103,344	1,722401	5674,75872	5790,5701	6812,4354	3,3897	5,7162	11,1065
35,874	90	11,2944	103,3358	1,722264	6383,59488	6513,8723	7663,3792	3,3894	5,7157	11,1056
36,8081	100	11,2934	103,3267	1,722111	7092,2552	7236,9951	8514,1119	3,3891	5,7152	11,1046
37,8002	110	11,2925	103,3184	1,721974	7800,859	7960,0602	9364,7767	3,3888	5,7147	11,1038
38,5777	120	11,2916	103,3102	1,721837	8509,34976	8683,0100	10215,306	3,3886	5,7143	11,1029
39,634	130	11,2906	103,301	1,721684	9217,64584	9405,7611	11065,601	3,3883	5,7138	11,1019
40,5618	140	11,2897	103,2928	1,721547	9925,90424	10128,4737	11915,851	3,3880	5,7133	11,1010

Gambar 4.73 Tabel pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 80%

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, pada saat dimasukkan 60% pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui Vs

atau kecepatan servis kapal pada rangkaian seri. Seperti misalkan pada saat variasi Torsi diinput 0 maka akan dihasilkan BHP sebesar 0 kW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 11,3025 dan kecepatan Vs nya adalah 11,1136 knot. Sedangkan untuk variasi Torsi 140 dihasilkan BHP sebesar 11915,851 KW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 11,2897 dan kecepatan Vs nya adalah 11,101 knot.

Berbeda hanya sedikit jika dibandingkan dengan pada saat pemakaian baterai 70%.

i. Terpakai 90%

Terpakai 90%										
Q motor	torsi	rad/s	Rpm	RPS	THP	SHP	BHP	Va	Vs (m/s)	Vs (knot)
26,6039	0	11,3127	103,5032	1,72505	0	0	0	3,3949	5,72497	11,1236
27,6646	10	11,3118	103,495	1,72492	710,381	724,8786	852,7984	3,3946	5,72451	11,1227
28,7652	20	11,3108	103,4859	1,72476	1420,636	1449,629	1705,446	3,3943	5,72401	11,1217
29,8392	30	11,3099	103,4773	1,72462	2130,779	2174,264	2557,958	3,3941	5,72353	11,1208
30,9198	40	11,3089	103,4686	1,72448	2840,8	2898,775	3410,324	3,3938	5,72305	11,1199
31,5005	50	11,3080	103,4599	1,72433	3550,702	3623,165	4262,547	3,3935	5,72257	11,1190
32,0811	60	11,3070	103,4512	1,72419	4260,484	4347,433	5114,627	3,3932	5,72209	11,1180
33,1618	70	11,3061	103,4426	1,72404	4970,147	5071,578	5966,563	3,3929	5,72161	11,1171
34,2424	80	11,3051	103,4339	1,72390	5679,691	5795,603	6818,356	3,3926	5,72113	11,1162
35,3231	90	11,3042	103,4252	1,72375	6389,115	6519,505	7670,006	3,3923	5,72065	11,1152
36,4037	100	11,3032	103,4165	1,72361	7098,42	7243,286	8521,513	3,3921	5,72017	11,1143
37,4844	110	11,3023	103,4078	1,72346	7807,606	7966,945	9372,876	3,3918	5,71969	11,1134
38,565	120	11,3013	103,3991	1,72332	8516,672	8690,482	10224,1	3,3915	5,71921	11,1124
39,7717	130	11,3008	103,3944	1,72324	9225,973	9414,258	11075,6	3,3913	5,71895	11,1119
40,581	140	11,2999	103,3861	1,72310	9934,872	10137,62	11926,62	3,3911	5,71849	11,1110

Gambar 4.74 Tabel pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 90%

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, pada saat dimasukkan 60% pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui Vs

atau kecepatan servis kapal pada rangkaian seri. Seperti misalkan pada saat variasi Torsi diinput 0 maka akan dihasilkan BHP sebesar 0 kW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 11,3127 dan kecepatan Vs nya adalah 11,1236 knot. Sedangkan untuk variasi Torsi 140 dihasilkan BHP sebesar 11926,62 KW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 11,2999 dan kecepatan Vs nya adalah 11,111 knot.

Berbeda hanya sedikit jika dibandingkan dengan pada saat pemakaian baterai 80%.

j. Kecepatan 0 pada saat 0,543 %

Kecepatan 0 pada 0,543 %

Q Motor	torsi	rad/s	Rpm	RPS	THP	SHP	BHP	Va	Vs (m/s)	Vs (knot)
26,5326	0	0,4932	4,512433	0,075207	0	0	0	0,14801	0,249592	0,4849564
27,405	10	0,4923	4,504199	0,07507	30,91644	31,547388	37,114574	0,14774	0,249136	0,4840715
28,5671	20	0,4914	4,495964	0,074933	61,71984	62,979429	74,093445	0,14747	0,248681	0,4831865
29,434	30	0,4905	4,48773	0,074795	92,4102	94,296122	110,93661	0,1472	0,248225	0,4823016
30,455	40	0,4895	4,478581	0,074643	122,9624	125,47184	147,61393	0,1469	0,247719	0,4813183
31,4342	50	0,4886	4,470346	0,074506	153,4204	156,55143	184,17815	0,14663	0,247264	0,4804333
32,455	60	0,4877	4,462112	0,074369	183,76536	187,51567	220,60667	0,14636	0,246808	0,4795484
33,4895	70	0,4868	4,453878	0,074231	213,99728	218,36457	256,8995	0,14609	0,246353	0,4786634
34,524	80	0,4858	4,444728	0,074079	244,06592	249,04686	292,9963	0,14579	0,245847	0,4776801
35,5585	90	0,4849	4,436494	0,073942	274,06548	279,65865	329,01018	0,14552	0,245391	0,4767952
36,593	100	0,484	4,42826	0,073804	303,952	310,1551	364,88836	0,14525	0,244936	0,4759102
37,6275	110	0,4831	4,420025	0,073667	333,72548	340,5362	400,63083	0,14498	0,24448	0,4750252
38,662	120	0,4821	4,410876	0,073515	363,31056	370,72506	436,14713	0,14468	0,243974	0,474042
39,6965	130	0,4812	4,402642	0,073377	392,85168	400,86906	471,61066	0,14441	0,243519	0,473157
40,5037	140	0,4803	4,394407	0,07324	422,27976	430,89771	506,93849	0,14414	0,243063	0,4722721

Gambar 4.75 Tabel pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 0,543 % dengan kecepatan 0

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, untuk mendapatkan data dengan kecepatan 0 (error) maka dari beberapa kali

percobaan input data dimasukkan 0,543 % pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui  $V_s$  atau kecepatan servis kapal pada rangkaian seri. Seperti misalkan pada saat variasi Torsi diinput 0 maka akan dihasilkan BHP sebesar 0 kW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 0,493 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 0,4849 knot. Sedangkan untuk variasi Torsi 140 dihasilkan BHP sebesar 506,938 KW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 0,4803 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 0,4772 knot.

Berbeda hanya sedikit jika dibandingkan dengan pada saat pemakaian baterai 10-90%. Perhitungan ini dimaksudkan agar pada persen keberapakah baterai mengalami error dan kecepatannya 0.

#### 4.9.2 Rangkaian Paralel

##### a. Terpakai 10%

Terpakai 10%											
Q Motor	torsi	rad/s	Rpm	RPS	THP	SHP	BHP	Va	Vs (m/s)	Vs (knot)	
26,788	0	13,788	126,1505	2,1025	0	0	0	4,1377	6,9776	13,5575	
27,7033	10	13,7871	126,1423	2,1024	865,8299	883,4999	1039,4116	4,1375	6,9772	13,5567	
28,5895	20	13,7862	126,134	2,1022	1731,5467	1766,8844	2078,6875	4,1372	6,9767	13,5558	
29,8399	30	13,7853	126,1258	2,1021	2597,1505	2650,1536	3117,8278	4,1369	6,9763	13,5549	
30,682	40	13,7844	126,1176	2,1020	3462,6413	3533,3074	4156,8323	4,1367	6,9758	13,5540	
31,6595	50	13,7835	126,1093	2,1018	4328,0190	4416,3459	5195,7011	4,1364	6,9754	13,5531	
32,5467	60	13,7826	126,1011	2,1017	5193,2837	5299,2691	6234,4342	4,1361	6,9749	13,5522	
33,4941	70	13,7817	126,0929	2,1015	6058,4353	6182,0769	7273,0316	4,1358	6,9744	13,5513	
34,3663	80	13,7808	126,0846	2,1014	6923,4739	7064,7693	8311,4933	4,1356	6,9740	13,5505	
35,2761	90	13,7799	126,0764	2,1013	7788,3995	7947,3464	9349,8193	4,1353	6,9735	13,5496	
36,1859	100	13,779	126,0682	2,1011	8653,2120	8829,8082	10388,0096	4,1350	6,9731	13,5487	
37,0957	110	13,7781	126,0599	2,1010	9517,9115	9712,1546	11426,0642	4,1348	6,9726	13,5478	
38,0055	120	13,7772	126,0517	2,1009	10382,4979	10594,3856	12463,9831	4,1345	6,9722	13,5469	
39,2153	130	13,7763	126,0435	2,1007	11246,9713	11476,5013	13501,7663	4,1342	6,9717	13,5460	
40,559	140	13,7754	126,0352	2,1006	12111,3317	12358,5017	14539,4138	4,1340	6,9713	13,5452	

Gambar 4.76 Tabel pengamatan pada rangkaian Paralel saat baterai terpakai 10%

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, pada saat dimasukkan 10% pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui  $V_s$  atau kecepatan servis kapal pada rangkaian paralel. Seperti misalkan pada saat variasi Torsi diinput 0 maka akan dihasilkan BHP sebesar 0 kW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 13,788 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 13,5575 knot. Sedangkan untuk 140 dihasilkan BHP sebesar 14539,4138 KW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 13,7754 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 10,5452 knot.

b. Terpakai 20%

Terpakai 20%										
Q motor	torsi	rad/s	Rpm	RPS	THP	SHP	BHP	Va	Vs (m/s)	Vs (knot)
26,7573	0	14,1655	129,6044	2,16007	0	0	0	4,2510	7,16867	13,9287
27,7577	10	14,1646	129,5961	2,15994	889,5369	907,6907	1067,871	4,2508	7,16822	13,9278
28,6581	20	14,1637	129,5879	2,15980	1778,961	1815,266	2135,607	4,2505	7,16776	13,9270
29,8585	30	14,1628	129,5797	2,15966	2668,272	2722,726	3203,207	4,2502	7,16731	13,9261
30,7589	40	14,1619	129,5714	2,15952	3557,469	3630,071	4270,671	4,2499	7,16685	13,9252
31,7593	50	14,161	129,5632	2,15939	4446,554	4537,3	5338	4,2497	7,16640	13,9243
32,4597	60	14,1601	129,555	2,15925	5335,526	5444,414	6405,193	4,2494	7,16594	13,9234
33,7601	70	14,1592	129,5467	2,15911	6224,384	6351,413	7472,25	4,2491	7,16548	13,9225
34,8605	80	14,1583	129,5385	2,15897	7113,13	7258,296	8539,172	4,2489	7,16503	13,9217
35,7609	90	14,1574	129,5303	2,15884	8001,762	8165,064	9605,957	4,2486	7,16457	13,9208
36,7613	100	14,1565	129,522	2,15870	8890,282	9071,716	10672,61	4,2483	7,16412	13,9199
37,5617	110	14,1556	129,5138	2,15856	9778,688	9978,254	11739,12	4,2481	7,16366	13,9190
38,7621	120	14,1547	129,5055	2,15843	10666,98	10884,68	12805,5	4,2478	7,16321	13,9181
39,7625	130	14,1538	129,4973	2,15829	11555,16	11790,98	13871,74	4,2475	7,16275	13,9172
40,6702	140	14,1529	129,4891	2,15815	12443,23	12697,17	14937,85	4,2472	7,16230	13,9163

Gambar 4.77 Tabel pengamatan pada rangkaian Paralel saat baterai terpakai 20%

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, pada saat dimasukkan 20% pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui  $V_s$  atau kecepatan servis kapal pada rangkaian paralel. Seperti misalkan pada saat variasi Torsi diinput 0 maka akan dihasilkan BHP sebesar 0 kW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 14,1655 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 13,9287 knot. Sedangkan untuk 140 dihasilkan BHP sebesar 14937,85 KW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 14,1529 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 13,9163 knot.

Terdapat beberapa sedikit perbedaan nilai yang tidak terlalu signifikan, bila dibandingkan dengan pada saat terpakai sebelumnya, yaitu 10%.

c. Terpakai 30%

Terpakai 30%										
Q motor	torsi	rad/s	Rpm	RPS	THP	SHP	BHP	Va	Vs (m/s)	Vs (knot)
26,7683	0	14,2914	130,7563	2,1793	0	0	0	4,2888	7,23239	14,0525
27,7613	10	14,2905	130,748	2,1791	897,4434	915,7586	1077,363	4,2885	7,23193	14,0516
28,6221	20	14,2896	130,7398	2,1790	1794,774	1831,402	2154,59	4,2883	7,23148	14,0508
29,571	30	14,2887	130,7316	2,1789	2691,991	2746,93	3231,682	4,2880	7,23102	14,0499
30,4979	40	14,2878	130,7233	2,1787	3589,095	3662,342	4308,638	4,2877	7,23056	14,0490
31,4248	50	14,2869	130,7151	2,1786	4486,087	4577,639	5385,458	4,2875	7,23011	14,0481
32,3517	60	14,286	130,7069	2,1784	5382,965	5492,821	6462,143	4,2872	7,22965	14,0472
33,2786	70	14,2851	130,6986	2,1783	6279,73	6407,888	7538,691	4,2869	7,22920	14,0463
34,2055	80	14,2842	130,6904	2,1782	7176,382	7322,839	8615,105	4,2866	7,22874	14,0454
35,1324	90	14,2833	130,6821	2,1780	8072,921	8237,675	9691,382	4,2864	7,22829	14,0446
36,0593	100	14,2824	130,6739	2,1779	8969,347	9152,395	10767,52	4,2861	7,22783	14,0437
37,6862	110	14,2815	130,6657	2,1778	9865,66	10067	11843,53	4,2858	7,22738	14,0428
38,9131	120	14,2806	130,6574	2,1776	10761,86	10981,49	12919,4	4,2856	7,22692	14,0419
39,8401	130	14,2797	130,6492	2,1775	11657,95	11895,86	13995,13	4,2853	7,22647	14,0410
40,8519	140	14,2788	130,641	2,1773	12553,92	12810,12	15070,73	4,2850	7,22601	14,0401

Gambar 4.78 Tabel pengamatan pada rangkaian Paralel saat baterai terpakai 30%

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, pada saat dimasukkan 30% pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui  $V_s$  atau kecepatan servis kapal pada rangkaian paralel. Seperti misalkan pada saat variasi Torsi diinput 0 maka akan dihasilkan BHP sebesar 0 kW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 14,2914 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 14,0525 knot. Sedangkan untuk 140 dihasilkan BHP sebesar 15070,73 KW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 14,2788 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 14,0401 knot.

Terdapat beberapa sedikit perbedaan nilai yang tidak terlalu signifikan, bila dibandingkan dengan pada saat terpakai sebelumnya, yaitu 20%.

d. Terpakai 40%

Terpakai 40%										
Q.Motor	torsi	rad/s	Rpm	RPS	THP	SHP	BHP	Va	Vs (m/s)	Vs (knot)
26,604	0	14,354	131,329	2,188817	0	0	0	4,30759	7,264066	14,114081
27,6998	10	14,3534	131,3235	2,188725	901,39352	919,78931	1082,1051	4,30741	7,263763	14,113491
28,7213	20	14,3528	131,318	2,188634	1802,71168	1839,5017	2164,1197	4,30723	7,263459	14,112901
29,7923	30	14,3522	131,3125	2,188542	2703,95448	2759,1372	3246,0438	4,30705	7,263155	14,112311
30,8509	40	14,3516	131,307	2,188451	3605,12192	3678,6958	4327,8775	4,30687	7,262852	14,111721
31,9096	50	14,351	131,3016	2,188359	4506,214	4598,1776	5409,6206	4,30669	7,262548	14,111131
32,96828	60	14,3504	131,2961	2,188268	5407,23072	5517,5824	6491,2734	4,30651	7,262244	14,110541
34,02693	70	14,3498	131,2906	2,188176	6308,17208	6436,9103	7572,8356	4,30633	7,261941	14,109951
35,08558	80	14,3492	131,2851	2,188085	7209,03808	7356,1613	8654,3074	4,30615	7,261637	14,109361
36,14423	90	14,3486	131,2796	2,187993	8109,82872	8275,3354	9735,6887	4,30597	7,261334	14,108771
37,20288	100	14,348	131,2741	2,187902	9010,544	9194,4327	10816,98	4,30579	7,26103	14,108181
38,26153	110	14,3474	131,2686	2,18781	9911,18392	10113,453	11898,18	4,30561	7,260726	14,107591
39,32018	120	14,3468	131,2631	2,187719	10811,7485	11032,396	12979,29	4,30543	7,260423	14,107001
39,7732	130	14,3462	131,2576	2,187627	11712,2377	11951,263	14060,309	4,30525	7,260119	14,106411
40,7699	140	14,3456	131,2521	2,187536	12612,6515	12870,053	15141,238	4,30507	7,259815	14,105821

Gambar 4.79 Tabel pengamatan pada rangkaian Paralel saat baterai terpakai 40%

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, pada saat dimasukkan 40% pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui  $V_s$  atau kecepatan servis kapal pada rangkaian paralel. Seperti misalkan pada saat variasi Torsi diinput 0 maka akan dihasilkan BHP sebesar 0 kW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 14,2914 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 14,0525 knot. Sedangkan untuk 140 dihasilkan BHP sebesar 15070,73 KW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 14,2788 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 14,0401 knot.

Terdapat beberapa sedikit perbedaan nilai yang tidak terlalu signifikan, bila dibandingkan dengan pada saat terpakai sebelumnya, yaitu 30%.

e. Terpakai 50%

Terpakai 50%										
Q motor	torsi	rad/s	Rpm	RPS	THP	SHP	BHP	Va	Vs (m/s)	Vs (knot)
26,7236	0	14,3921	131,6776	2,19463	0	0	0	4,3190	7,28335	14,1515
27,7674	10	14,3912	131,6694	2,19449	903,7674	922,2116	1084,955	4,3188	7,28289	14,1507
28,7812	20	14,3903	131,6611	2,19435	1807,422	1844,308	2169,774	4,3185	7,28244	14,1498
29,815	30	14,3894	131,6529	2,19421	2710,963	2766,289	3254,457	4,3182	7,28198	14,1489
30,8438	40	14,3885	131,6447	2,19408	3614,391	3688,154	4339,005	4,3179	7,28153	14,1480
31,8726	50	14,3876	131,6364	2,19394	4517,706	4609,904	5423,417	4,3177	7,28107	14,1471
32,9014	60	14,3867	131,6282	2,19380	5420,909	5531,539	6507,693	4,3174	7,28061	14,1462
33,9302	70	14,3858	131,62	2,19367	6323,998	6453,059	7591,834	4,3171	7,28016	14,1453
34,959	80	14,3849	131,6117	2,19353	7226,974	7374,463	8675,839	4,3169	7,27970	14,1445
35,9878	90	14,384	131,6035	2,19339	8129,837	8295,752	9759,708	4,3166	7,27925	14,1436
37,0166	100	14,3831	131,5952	2,19325	9032,587	9216,925	10843,44	4,3163	7,27879	14,1427
38,0454	110	14,3822	131,587	2,19312	9935,224	10137,98	11927,04	4,3161	7,27834	14,1418
39,0742	120	14,3813	131,5788	2,19298	10837,75	11058,93	13010,5	4,3158	7,27788	14,1409
39,575	130	14,3804	131,5705	2,19284	11740,16	11979,75	14093,83	4,3155	7,27743	14,1400
40,7685	140	14,3795	131,5623	2,19271	12642,46	12900,47	15177,02	4,3152	7,27697	14,1392

Gambar 4.80 Tabel pengamatan pada rangkaian Paralel saat baterai terpakai 50%

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, pada saat dimasukkan 50% pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui  $V_s$  atau kecepatan servis kapal pada rangkaian paralel. Seperti misalkan pada saat variasi Torsi diinput 0 maka akan dihasilkan BHP sebesar 0 kW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 14,3921 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 14,1515 knot. Sedangkan untuk 140 dihasilkan BHP sebesar 15177,02 KW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 14,3795 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 14,1392 knot.

Terdapat beberapa sedikit perbedaan nilai yang tidak terlalu signifikan, bila dibandingkan dengan pada saat terpakai sebelumnya, yaitu 40%.

f. Terpakai 60%

Terpakai 60%										
Q Motor	torsi	rad/s	Rpm	RPS	THP	SHP	BHP	Va	Vs (m/s)	Vs (knot)
26,9776	0	14,4172	131,9072	2,198454	0	0	0	4,32656	7,29605	14,176224
27,6101	10	14,4163	131,899	2,198317	905,34364	923,82004	1086,8471	4,32629	7,295594	14,175339
28,6058	20	14,4154	131,8908	2,19818	1810,57424	1847,5247	2173,5585	4,32602	7,295139	14,174455
29,6015	30	14,4145	131,8825	2,198042	2715,6918	2771,1141	3260,1342	4,32575	7,294683	14,17357
30,5972	40	14,4136	131,8743	2,197905	3620,69632	3694,5881	4346,5742	4,32548	7,294228	14,172685
31,5929	50	14,4127	131,8661	2,197768	4525,5878	4617,9467	5432,8785	4,32521	7,293772	14,1718
32,5886	60	14,4118	131,8578	2,197631	5430,36624	5541,19	6519,0471	4,32494	7,293317	14,170915
33,5843	70	14,4109	131,8496	2,197493	6335,03164	6464,318	7605,08	4,32467	7,292861	14,17003
34,58	80	14,41	131,8414	2,197356	7239,584	7387,3306	8690,9772	4,3244	7,292406	14,169145
35,9506	90	14,4091	131,8331	2,197219	8144,02332	8310,2279	9776,7387	4,32413	7,291951	14,16826
36,8911	100	14,4082	131,8249	2,197082	9048,3496	9233,0098	10862,364	4,32386	7,291495	14,167375
37,8316	110	14,4073	131,8167	2,196944	9952,56284	10155,676	11947,855	4,32359	7,29104	14,16649
38,7721	120	14,4064	131,8084	2,196807	10856,663	11078,228	13033,209	4,32332	7,290584	14,165605
39,7126	130	14,4055	131,8002	2,19667	11760,6502	12000,663	14118,428	4,32305	7,290129	14,16472
40,6531	140	14,4046	131,792	2,196533	12664,5243	12922,984	15203,511	4,32278	7,289673	14,163835

Gambar 4.81 Tabel pengamatan pada rangkaian Paralel saat baterai terpakai 60%

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, pada saat dimasukkan 60% pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui  $V_s$  atau kecepatan servis kapal pada rangkaian paralel. Seperti misalkan pada saat variasi Torsi diinput 0 maka akan dihasilkan BHP sebesar 0 kW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 14,4172 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 14,1762 knot. Sedangkan untuk 140 dihasilkan BHP sebesar 15203,511 KW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 14,4046 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 14,1638 knot.

Terdapat beberapa sedikit perbedaan nilai yang tidak terlalu signifikan, bila dibandingkan dengan pada saat terpakai sebelumnya, yaitu 50%.

g. Terpakai 70%

Terpakai 70%										
Q motor	torsi	rad/s	Rpm	RPS	THP	SHP	BHP	Va	Vs (m/s)	Vs (knot)
26,6034	0	14,4352	132,0719	2,20120	0	0	0	4,3320	7,30516	14,1939
27,5995	10	14,4343	132,0637	2,20106	906,474	924,9735	1088,204	4,3317	7,30470	14,1930
28,7843	20	14,4334	132,0555	2,20092	1812,835	1849,832	2176,273	4,3314	7,30425	14,1922
29,8697	30	14,4325	132,0472	2,20079	2719,083	2774,574	3264,205	4,3311	7,30379	14,1913
30,96015	40	14,4316	132,039	2,20065	3625,218	3699,202	4352,002	4,3309	7,30334	14,1904
32,05852	50	14,4307	132,0308	2,20051	4531,24	4623,714	5439,664	4,3306	7,30288	14,1895
33,15689	60	14,4298	132,0225	2,20038	5437,149	5548,111	6527,189	4,3303	7,30243	14,1886
34,25526	70	14,4289	132,0143	2,20024	6342,944	6472,392	7614,579	4,3301	7,30197	14,1877
35,35363	80	14,4280	132,0061	2,20010	7248,627	7396,558	8701,833	4,3298	7,30152	14,1868
36,31	90	14,4271	131,9978	2,19996	8154,197	8320,609	9788,952	4,3295	7,30106	14,1860
37,1541	100	14,4262	131,9896	2,19983	9059,654	9244,544	10875,93	4,3293	7,30060	14,1851
37,9982	110	14,4253	131,9813	2,19969	9964,997	10168,36	11962,78	4,3290	7,30015	14,1842
38,8596	120	14,4244	131,9731	2,19955	10870,23	11092,07	13049,49	4,3287	7,29969	14,1833
39,6518	130	14,4235	131,9649	2,19941	11775,35	12015,66	14136,07	4,3284	7,29924	14,1824
40,5478	140	14,4226	131,9566	2,19928	12680,35	12939,13	15222,51	4,3282	7,29878	14,1815

Gambar 4.82 Tabel pengamatan pada rangkaian Paralel saat baterai terpakai 70%

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, pada saat dimasukkan 70% pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui  $V_s$  atau kecepatan servis kapal pada rangkaian paralel. Seperti misalkan pada saat variasi Torsi diinput 0 maka akan dihasilkan BHP sebesar 0 kW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 14,4352 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 14,1939 knot. Sedangkan untuk 140 dihasilkan BHP sebesar 15222,51 KW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 14,4226 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 14,1815 knot.

Terdapat beberapa sedikit perbedaan nilai yang tidak terlalu signifikan, bila dibandingkan dengan pada saat terpakai sebelumnya, yaitu 60%.

h. Terpakai 80%

Terpakai 80%										
QMotor	torsi	rad/s	Rpm	RPS	THP	SHP	BHP	Va	Vs (m/s)	Vs (knot)
26,8215	0	14,4487	132,1954	2,203257	0	0	0	4,33601	7,311991	14,207198
27,7654	10	14,4478	132,1872	2,20312	907,32184	925,83861	1089,2219	4,33574	7,311535	14,206313
28,7785	20	14,4469	132,179	2,202983	1814,53064	1851,5619	2178,3081	4,33547	7,31108	14,205428
30,2694	30	14,4460	132,1707	2,202846	2721,6264	2777,1698	3267,2586	4,3352	7,310624	14,204543
31,2035	40	14,4451	132,1625	2,202708	3628,60912	3702,6624	4356,0734	4,33493	7,310169	14,203658
32,1376	50	14,4442	132,1543	2,202571	4535,4788	4628,0396	5444,7525	4,33466	7,309713	14,202773
33,0717	60	14,4433	132,146	2,202434	5442,23544	5553,3015	6533,2958	4,33439	7,309258	14,201888
34,0058	70	14,4424	132,1378	2,202297	6348,87904	6478,448	7621,7035	4,33412	7,308802	14,201003
34,9399	80	14,4415	132,1296	2,202159	7255,4096	7403,4792	8709,9755	4,33385	7,308347	14,200118
35,874	90	14,4406	132,1213	2,202022	8161,82712	8328,395	9798,1118	4,33358	7,307892	14,199233
36,8081	100	14,4397	132,1131	2,201885	9068,1316	9253,1955	10886,112	4,33331	7,307436	14,198348
37,8002	110	14,4388	132,1049	2,201748	9974,32304	10177,881	11973,977	4,33304	7,306981	14,197463
38,5777	120	14,4379	132,0966	2,20161	10880,4014	11102,45	13061,706	4,33277	7,306525	14,196578
39,634	130	14,4370	132,0884	2,201473	11786,3668	12026,905	14149,3	4,3325	7,30607	14,195694
40,5618	140	14,4361	132,0802	2,201336	12692,2191	12951,244	15236,758	4,33223	7,305614	14,194809

Gambar 4.83 Tabel pengamatan pada rangkaian Paralel saat baterai terpakai 80%

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, pada saat dimasukkan 80% pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui  $V_s$  atau kecepatan servis kapal pada rangkaian paralel. Seperti misalkan pada saat variasi Torsi diinput 0 maka akan dihasilkan BHP sebesar 0 kW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 14,4487 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 14,2071 knot. Sedangkan untuk 140 dihasilkan BHP sebesar 15236,758 KW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 14,4361 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 14,1948 knot.

Terdapat beberapa sedikit perbedaan nilai yang tidak terlalu signifikan, bila dibandingkan dengan pada saat terpakai sebelumnya, yaitu 70%.

i. Terpakai 90%

Terpakai 90%										
Q motor	torsi	rad/s	Rpm	RPS	THP	SHP	BHP	Va	Vs (m/s)	Vs (knot)
26,6039	0	14,4617	132,3144	2,20524	0	0	0	4,3399	7,31857	14,2200
27,6646	10	14,4609	132,3071	2,20512	908,1445	926,6781	1090,21	4,3397	7,31816	14,2192
28,7652	20	14,4601	132,2997	2,20500	1816,189	1853,254	2180,298	4,3394	7,31776	14,2184
29,8392	30	14,4593	132,2924	2,20487	2724,132	2779,727	3270,267	4,3392	7,31736	14,2176
30,9198	40	14,4585	132,2851	2,20475	3631,975	3706,097	4360,114	4,3390	7,31695	14,2168
31,5005	50	14,4577	132,2778	2,20463	4539,718	4632,365	5449,841	4,3387	7,31655	14,2160
32,0811	60	14,4569	132,2705	2,20451	5447,36	5558,531	6539,448	4,3385	7,31614	14,2153
33,1618	70	14,4561	132,2631	2,20439	6354,902	6484,593	7628,933	4,3382	7,31574	14,2145
34,2424	80	14,4553	132,2558	2,20426	7262,343	7410,554	8718,299	4,3380	7,31533	14,2137
35,3231	90	14,4545	132,2485	2,20414	8169,683	8336,412	9807,543	4,3378	7,31493	14,2129
36,4037	100	14,4537	132,2412	2,20402	9076,924	9262,167	10896,67	4,3375	7,31452	14,2121
37,4844	110	14,4529	132,2339	2,20390	9984,063	10187,82	11985,67	4,3373	7,31412	14,2113
38,565	120	14,4521	132,2265	2,20378	10891,1	11113,37	13074,55	4,3370	7,31371	14,2105
39,7717	130	14,4513	132,2192	2,20365	11798,04	12038,82	14163,31	4,3368	7,31331	14,2098
40,581	140	14,4505	132,2119	2,20353	12704,88	12964,16	15251,96	4,3366	7,31290	14,2090

Gambar 4.84 Tabel pengamatan pada rangkaian Paralel saat baterai terpakai 90%

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, pada saat dimasukkan 40% pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui  $V_s$  atau kecepatan servis kapal pada rangkaian paralel. Seperti misalkan pada saat variasi Torsi diinput 0 maka akan dihasilkan BHP sebesar 0 kW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 14,4617 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 14,22 knot. Sedangkan untuk 140 dihasilkan BHP sebesar 15251,96 KW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 14,4505 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 14,2090 knot.

Terdapat beberapa sedikit perbedaan nilai yang tidak terlalu signifikan, bila dibandingkan dengan pada saat terpakai sebelumnya, yaitu 80%.

j. Kecepatan 0 pada saat 0,539 %

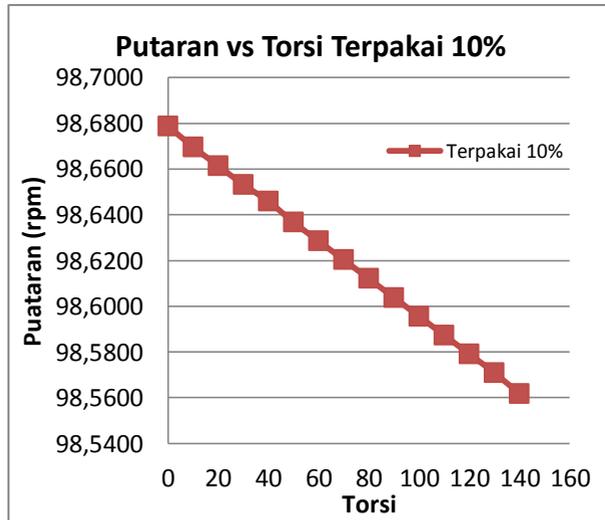
Kecepatan 0 pada 0,539 %											
Q Motor	torsi	rad/s	Rpm	RPS	THP	SHP	BHP	Va	Vs (m/s)	Vs (knot)	
26,5326	0	0,5334	4,880235	0,081337	0	0	0	0,16007	0,2699	0,5245	
27,405	10	0,5325	4,872	0,0812	33,441	34,1235	40,1453	0,15980	0,2695	0,5236	
28,5671	20	0,5316	4,863766	0,081063	66,76896	68,1316	80,1548	0,15953	0,2690	0,5227	
29,434	30	0,5307	4,855532	0,080926	99,98388	102,0244	120,0287	0,15926	0,2686	0,5218	
30,455	40	0,5298	4,847297	0,080788	133,08576	135,8018	159,7668	0,15899	0,2681	0,5209	
31,4342	50	0,5289	4,839063	0,080651	166,0746	169,4639	199,3693	0,15872	0,2677	0,5201	
32,455	60	0,528	4,830829	0,080514	198,9504	203,0106	238,8360	0,15845	0,2672	0,5192	
33,4895	70	0,5271	4,822594	0,080377	231,71316	236,4420	278,1671	0,15818	0,2667	0,5183	
34,524	80	0,5262	4,81436	0,080239	264,36288	269,7580	317,3624	0,15791	0,2663	0,5174	
35,5585	90	0,5253	4,806126	0,080102	296,89956	302,9587	356,4220	0,15764	0,2658	0,5165	
36,593	100	0,5244	4,797891	0,079965	329,3232	336,0441	395,3460	0,15737	0,2654	0,5156	
37,6275	110	0,5235	4,789657	0,079828	361,6338	369,0141	434,1342	0,15710	0,2649	0,5147	
38,662	120	0,5226	4,781422	0,07969	393,83136	401,8687	472,7867	0,15683	0,2645	0,5139	
39,6965	130	0,5217	4,773188	0,079553	425,91588	434,6080	511,3036	0,15656	0,2640	0,5130	
40,5037	140	0,5201	4,758549	0,079309	457,27192	466,604	548,9459	0,15608	0,2632	0,5114	

Gambar 4.85 Tabel pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 0,539 % dengan kecepatan 0

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, untuk mendapatkan data dengan kecepatan 0 (error) maka dari beberapa kali percobaan input data dimasukkan 0,539 % pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui  $V_s$  atau kecepatan servis kapal pada rangkaian paralel. Seperti misalkan pada saat variasi Torsi diinput 0 maka akan dihasilkan BHP sebesar 0 kW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 0,5334 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 0,5245 knot. Sedangkan untuk variasi Torsi 140 dihasilkan BHP sebesar 548,9459 KW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 0,5201 dan kecepatan  $V_s$  nya adalah 0,5114 knot.

Berbeda hanya sedikit jika dibandingkan dengan pada saat pemakaian baterai 10-90%. Perhitungan ini dimaksudkan agar pada persen keberapakah baterai mengalami error dan kecepatannya 0.

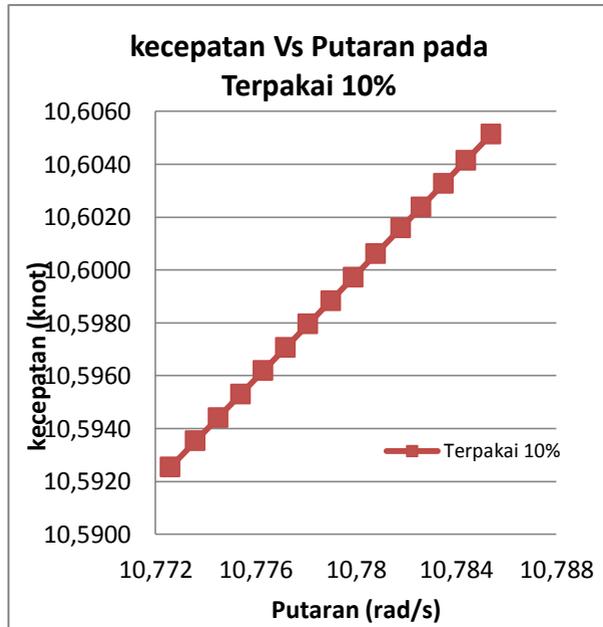
- 4.10 Analisa grafik hubungan saat baterai terpakai pada rangkaian seri dan paralel
- 4.10.1 Rangkaian Seri
- 4.10.1.1 Rangkaian Seri terpakai 10%
  - a) Torsi-putaran



Gambar 4.86 grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 10% torsi-putaran

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara torsi dan putaran (rpm) berbanding terbalik, saat nilai torsi maksimal 140 nilai putarannya 98,56 dan saat nilai torsi minimum 0 nilai putarannya 98,68 rpm. Hal ini membuktikan bahwa Torsi dan putaran berbanding terbalik

b) Putaran-kecepatan

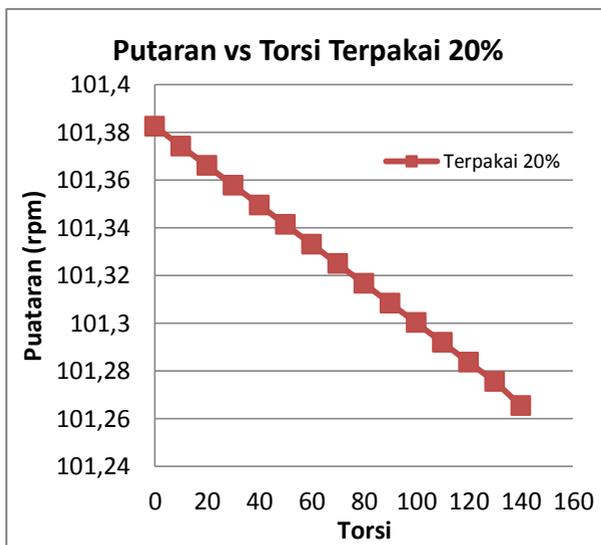


Gambar 4.87 grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 10% putaran-kecepatan servis

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara putaran (rad/s) dan kecepatan (knot) berbanding lurus, saat putaran menunjukkan angka 10,772 rad/s kecepataannya juga menunjukkan angka 10,592 knot ini adalah nilai minimum dari grafik saat baterai terpakai 10%. Saat putaran menunjukan angka 10,788 rad/s nilai kecepataannya menunjukkan 10,606 knot.

#### 4.10.1.2 Rangkaian seri terpakai 20%

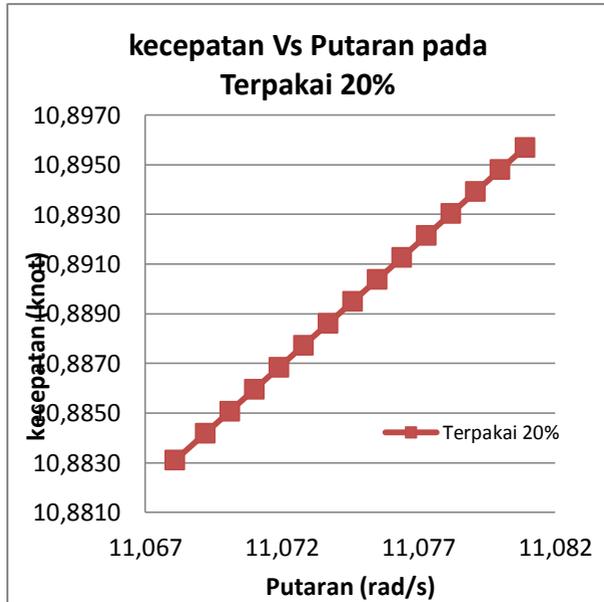
##### a. Torsi-Putaran



Gambar 4.88 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 20% torsi-putaran

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara torsi dan putaran (rpm) berbanding terbalik, saat nilai torsi maksimal 140 nilai putarannya 101,26 dan saat nilai torsi minimum 0 nilai putarannya 101,38 rpm. Hal ini membuktikan bahwa Torsi dan putaran berbanding terbalik

b. Putaran-Kecepatan

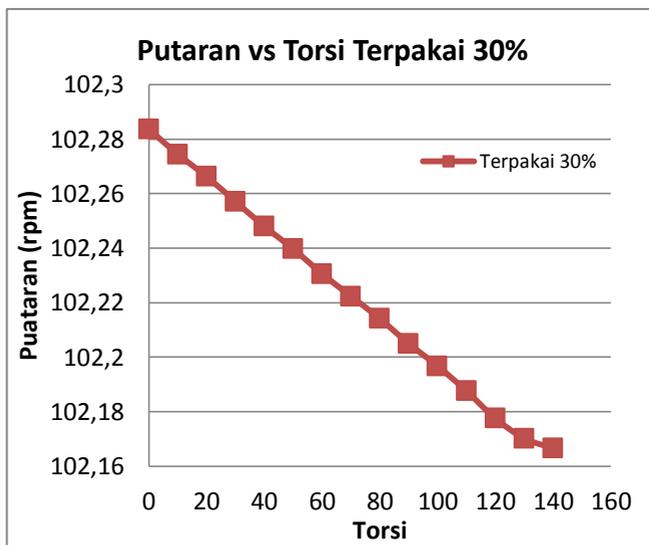


Gambar 4.89 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 20% putaran-kecepatan servis

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara putaran (rad/s) dan kecepatan (knot) berbanding lurus, saat putaran menunjukkan angka 11,067 rad/s kecepatannya juga menunjukkan angka 10,883 knot ini adalah nilai minimum dari grafik saat baterai terpakai 20%. Saat putaran menunjukkan angka 10,788 rad/s nilai kecepatannya menunjukkan 10,606 knot.

#### 4.10.1.3 Rangkaian seri terpakai 30%

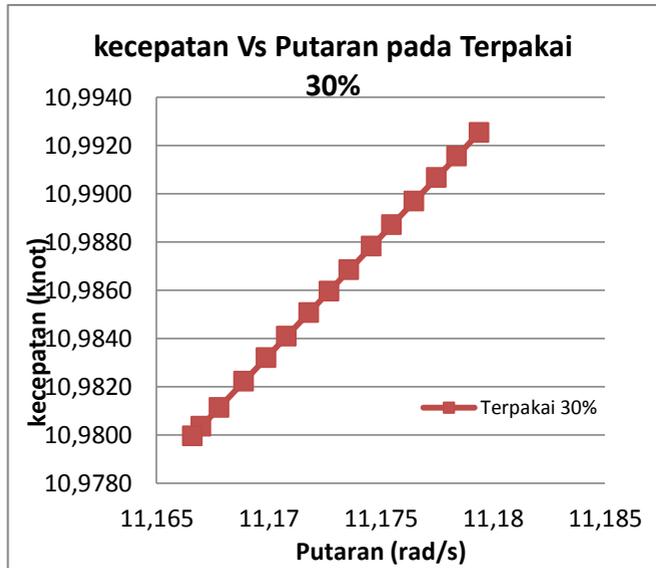
##### a. Torsi-Putaran



Gambar 4.90 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 30% torsi-putaran

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara torsi dan putaran (rpm) berbanding terbalik, saat nilai torsi maksimal 140 nilai putarannya 102,17 dan saat nilai torsi minimum 0 nilai putarannya 102,28 rpm. Hal ini membuktikan bahwa Torsi dan putaran berbanding terbalik

b. Putaran-kecepatan

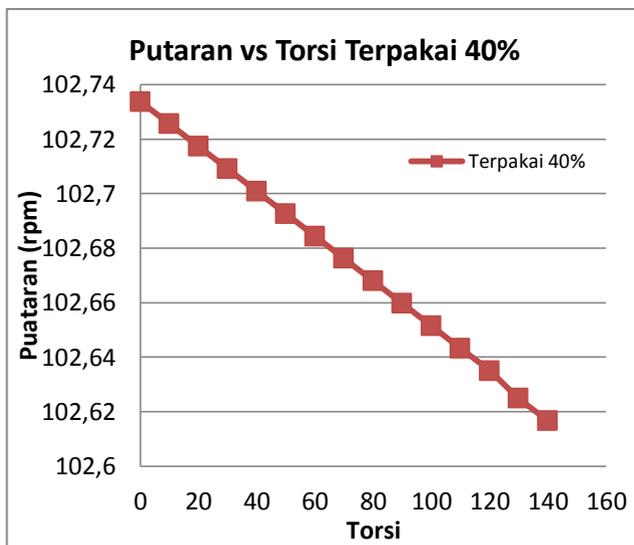


Gambar 4.91 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 30% putaran-kecepatan servis

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara putaran (rad/s) dan kecepatan (knot) berbanding lurus, saat putaran menunjukkan angka 11,165 rad/s kecepatannya juga menunjukkan angka 10,98 knot ini adalah nilai minimum dari grafik saat baterai terpakai 30%. Saat putaran menunjukkan angka 11,18 rad/s nilai kecepatannya menunjukkan 10,993 knot.

#### 4.10.1.4 Rangkaian seri terpakai 40%

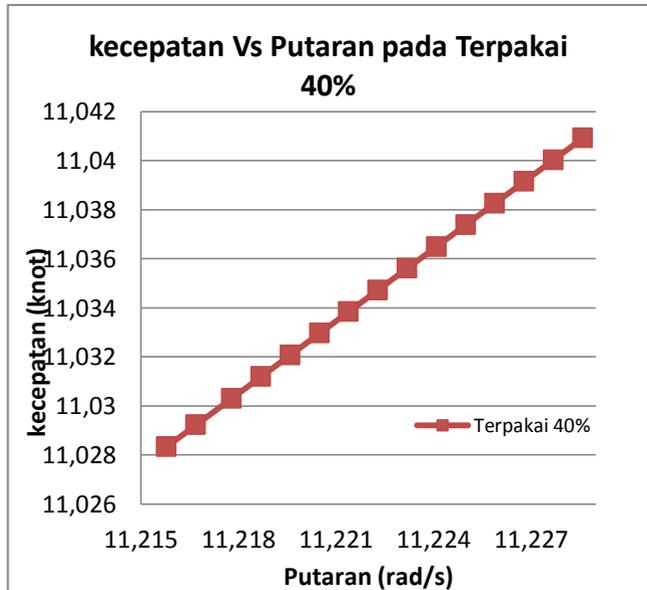
##### a. Torsi-Putaran



Gambar 4.92 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 40% torsi-putaran

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara torsi dan putaran (rpm) berbanding terbalik, saat nilai torsi maksimal 140 nilai putarannya 102,62 dan saat nilai torsi minimum 0 nilai putarannya 102,74 rpm. Hal ini membuktikan bahwa Torsi dan putaran berbanding terbalik.

b. Putaran-Kecepatan

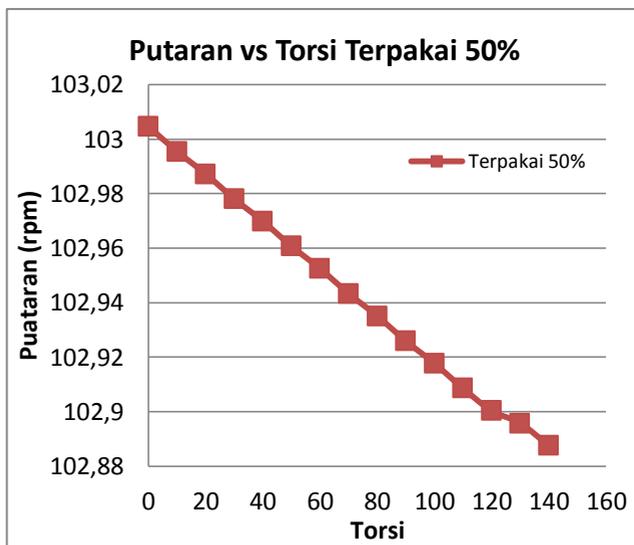


Gambar 4.93 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 40% putaran-kecepatan servis

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara putaran (rad/s) dan kecepatan (knot) berbanding lurus, saat putaran menunjukkan angka 11,215 rad/s kecepataannya juga menunjukkan angka 11,028 knot ini adalah nilai minimum dari grafik saat baterai terpakai 40%. Saat putaran menunjukan angka 11,229 rad/s nilai kecepataannya menunjukkan 11,04 knot.

#### 4.10.1.5 Rangkaian seri terpakai 50%

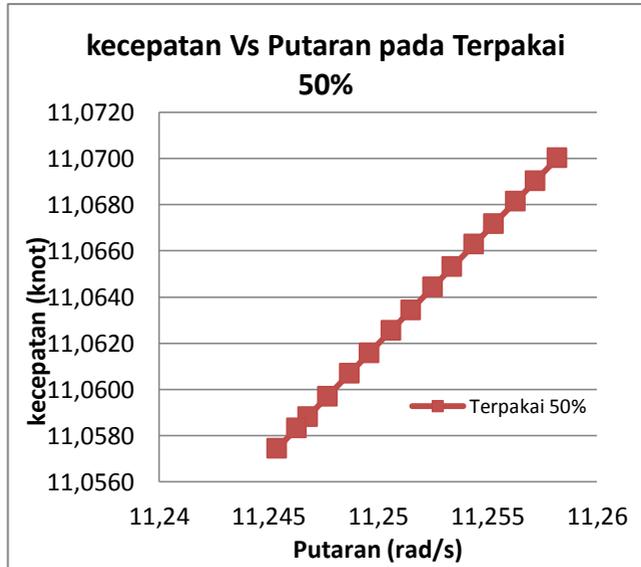
##### a. Torsi-Putaran



Gambar 4.94 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 50% torsi-putaran

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara torsi dan putaran (rpm) berbanding terbalik, saat nilai torsi maksimal 140 nilai putarannya 102,89 dan saat nilai torsi minimum 0 nilai putarannya 103 rpm. Hal ini membuktikan bahwa Torsi dan putaran berbanding terbalik.

b. Putaran-kecepatan

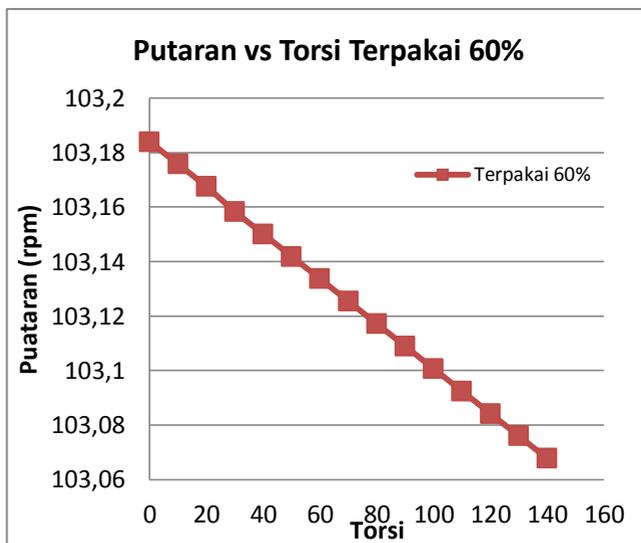


Gambar 4.95 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 50% putaran-kecepatan servis

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara putaran (rad/s) dan kecepatan (knot) berbanding lurus, saat putaran menunjukkan angka 11,245 rad/s kecepataannya juga menunjukkan angka 11,058 knot ini adalah nilai minimum dari grafik saat baterai terpakai 50%. Saat putaran menunjukkan angka 11,26 rad/s nilai kecepataannya menunjukkan 11,07 knot.

#### 4.10.1.6 Rangkaian seri terpakai 60%

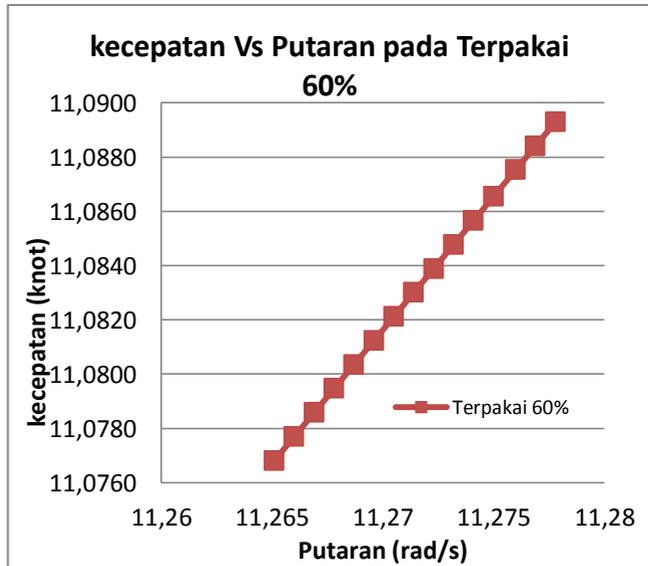
##### a. Torsi-Putaran



Gambar 4.96 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 60% torsi-putaran

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara torsi dan putaran (rpm) berbanding terbalik, saat nilai torsi maksimal 140 nilai putarannya 103,7 dan saat nilai torsi minimum 0 nilai putarannya 103,18 rpm. Hal ini membuktikan bahwa Torsi dan putaran berbanding terbalik.

b. Putaran-Kecepatan

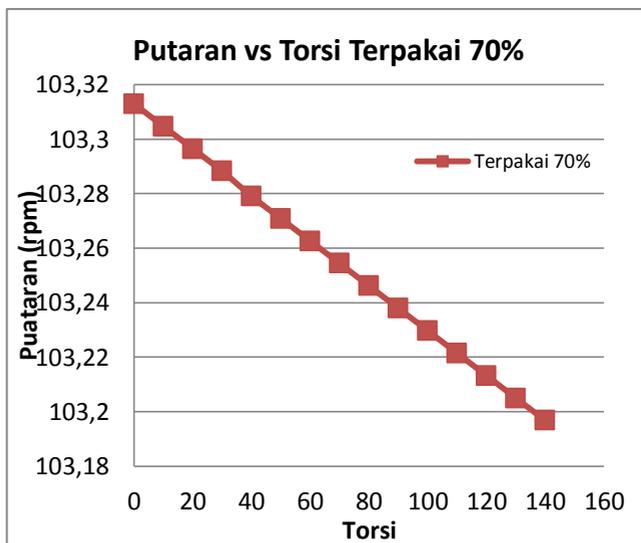


Gambar 4.97 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 60% putaran-kecepatan servis

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara putaran (rad/s) dan kecepatan (knot) berbanding lurus, saat putaran menunjukkan angka 11,265 rad/s kecepataannya juga menunjukkan angka 11,078 knot ini adalah nilai minimum dari grafik saat baterai terpakai 60%. Saat putaran menunjukkan angka 11,275 rad/s nilai kecepataannya menunjukkan 11,089 knot.

#### 4.10.1.7 Rangkaian seri terpakai 70%

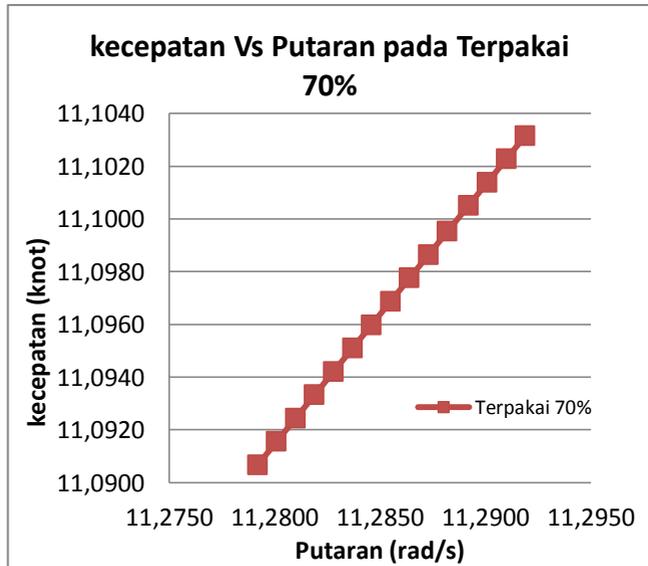
##### a. Torsi-Putaran



Gambar 4.98 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 70% torsi-putaran

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara torsi dan putaran (rpm) berbanding terbalik, saat nilai torsi maksimal 140 nilai putarannya 103,2 dan saat nilai torsi minimum 0 nilai putarannya 103,32 rpm. Hal ini membuktikan bahwa Torsi dan putaran berbanding terbalik.

b. Putaran-kecepatan

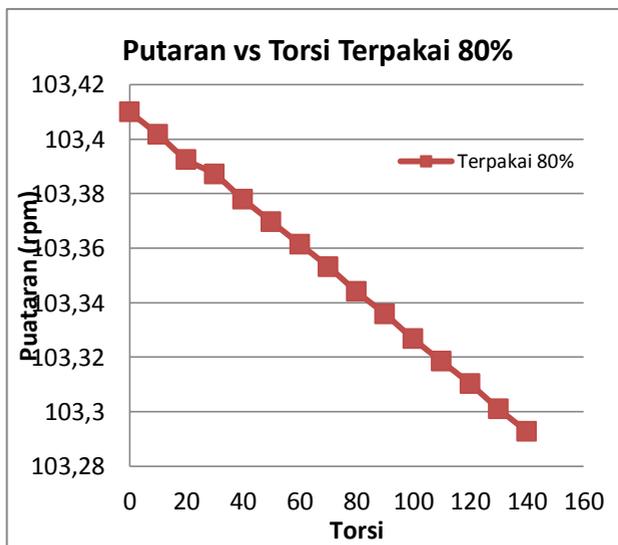


Gambar 4.99 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 70% putaran-kecepatan servis

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara putaran (rad/s) dan kecepatan (knot) berbanding lurus, saat putaran menunjukkan angka 11,28 rad/s kecepatannya juga menunjukkan angka 11,0091 knot ini adalah nilai minimum dari grafik saat baterai terpakai 70%. Saat putaran menunjukkan angka 11,293 rad/s nilai kecepatannya menunjukkan 11,041 knot.

#### 4.10.1.8 Rangkaian seri terpakai 80%

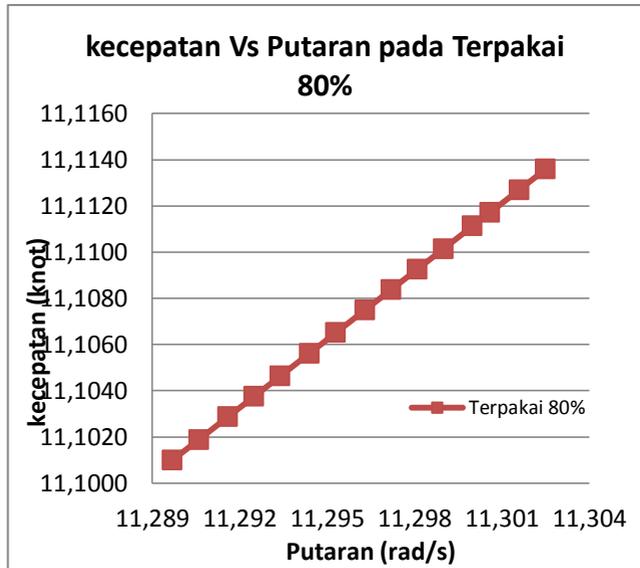
##### a. Torsi-Putaran



Gambar 4.100 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 80% torsi-putaran

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara torsi dan putaran (rpm) berbanding terbalik, saat nilai torsi maksimal 140 nilai putarannya 103,29 dan saat nilai torsi minimum 0 nilai putarannya 103,41 rpm. Hal ini membuktikan bahwa Torsi dan putaran berbanding terbalik.

b. Putaran-Kecepatan

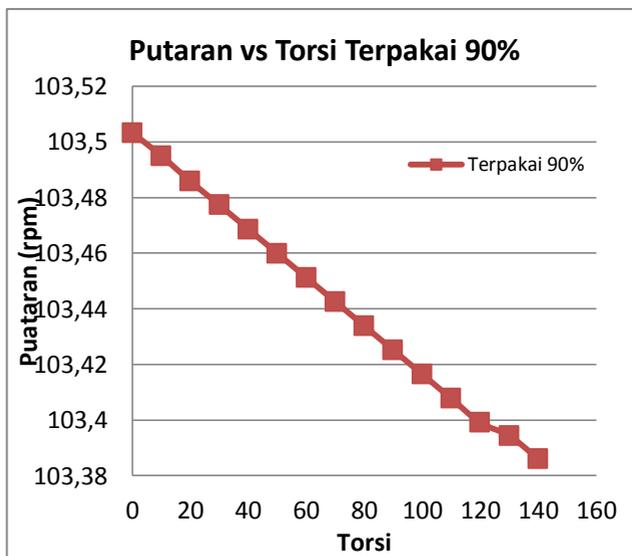


Gambar 4.101 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 80% putaran-kecepatan servis

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara putaran (rad/s) dan kecepatan (knot) berbanding lurus, saat putaran menunjukkan angka 11,289 rad/s kecepatannya juga menunjukkan angka 11,101 knot ini adalah nilai minimum dari grafik saat baterai terpakai 80%. Saat putaran menunjukkan angka 11,302 rad/s nilai kecepatannya menunjukkan 11,114 knot.

#### 4.10.1.9 Rangkaian seri terpakai 90%

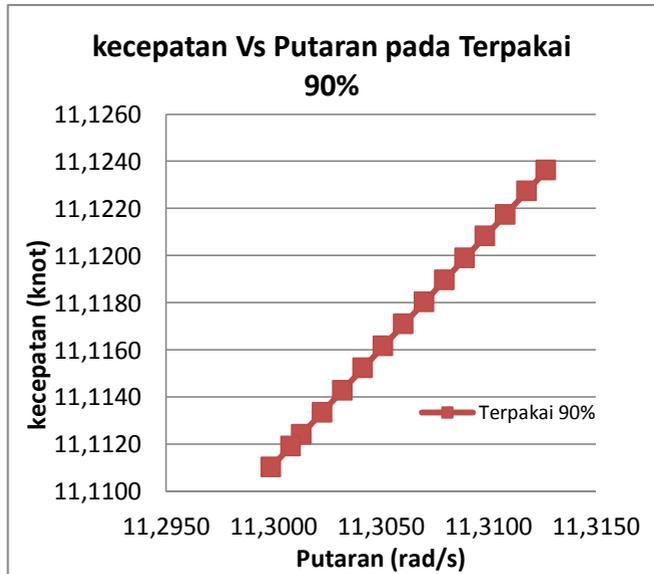
##### a. Torsi-Putaran



Gambar 4.102 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 90% torsi-putaran

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara torsi dan putaran (rpm) berbanding terbalik, saat nilai torsi maksimal 140 nilai putarannya 1023,39 dan saat nilai torsi minimum 0 nilai putarannya 103,5 rpm. Hal ini membuktikan bahwa Torsi dan putaran berbanding terbalik.

b. Putaran-Kecepatan

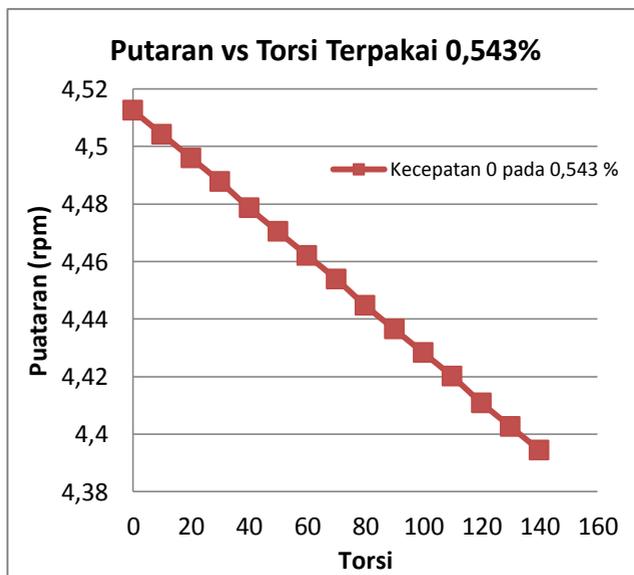


Gambar 4.103 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 90% putaran-kecepatan servis

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara putaran (rad/s) dan kecepatan (knot) berbanding lurus, saat putaran menunjukkan angka 11,3 rad/s kecepatannya juga menunjukkan angka 11,111 knot ini adalah nilai minimum dari grafik saat baterai terpakai 90%. Saat putaran menunjukkan angka 11,313 rad/s nilai kecepatannya menunjukkan 11,124 knot.

#### 4.10.1.10 Rangkaian seri terpakai 0,543%

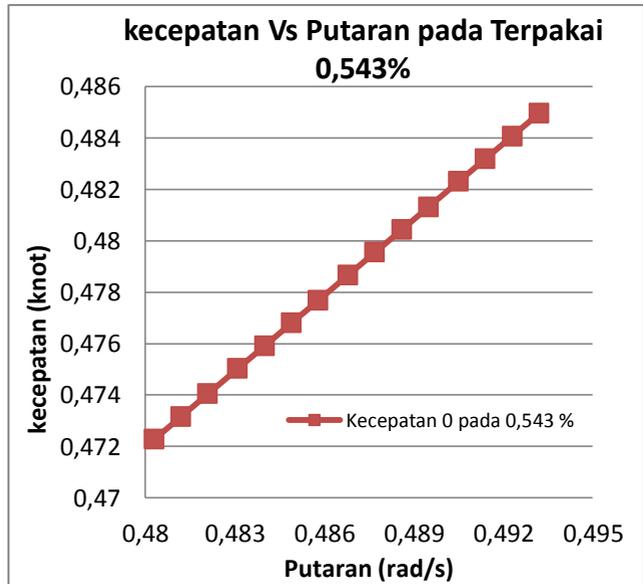
##### a. Torsi-Putaran



Gambar 4.104 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 0,543% torsi-putaran

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara torsi dan putaran (rpm) berbanding terbalik, saat nilai torsi maksimal 140 nilai putarannya 4,4 dan saat nilai torsi minimum 0 nilai putarannya 4,51 rpm. Hal ini membuktikan bahwa Torsi dan putaran berbanding terbalik.

b. Putaran-Kecepatan



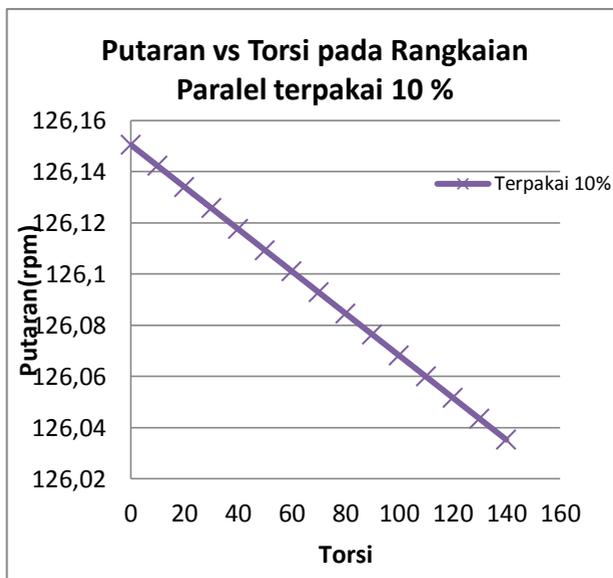
Gambar 4.105 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 0,543% putaran-kecepatan servis

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara putaran (rad/s) dan kecepatan (knot) berbanding lurus, saat putaran menunjukkan angka 0,48 rad/s kecepataannya juga menunjukkan angka 0,472 knot ini adalah nilai minimum dari grafik saat baterai terpakai 0,543%. Saat putaran menunjukkan angka 0,493 rad/s nilai kecepataannya menunjukkan 0,487 knot.

#### 4.10.2 Rangkaian Paralel

##### 4.10.2.1 Rangkaian Paralel terpakai 10%

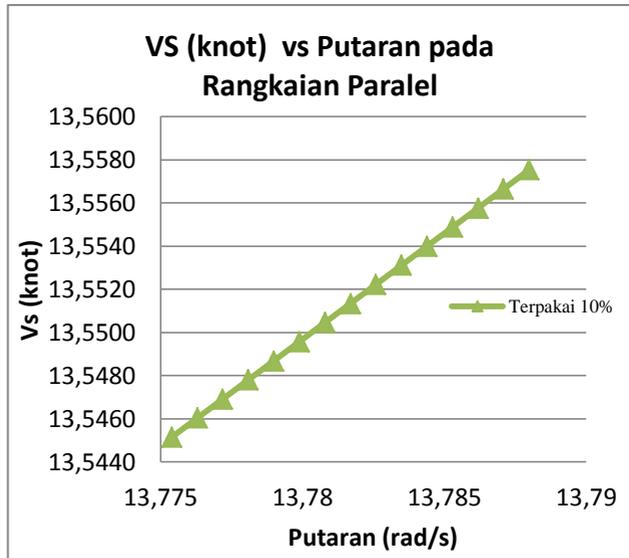
###### a. Torsi-Putaran



Gambar 4.106 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 10% torsi-putaran

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara torsi dan putaran (rpm) berbanding terbalik, saat nilai torsi maksimal 140 nilai putarannya 126,03 dan saat nilai torsi minimum 0 nilai putarannya 126,15 rpm. Hal ini membuktikan bahwa Torsi dan putaran berbanding terbalik.

b. Putaran-Kecepatan

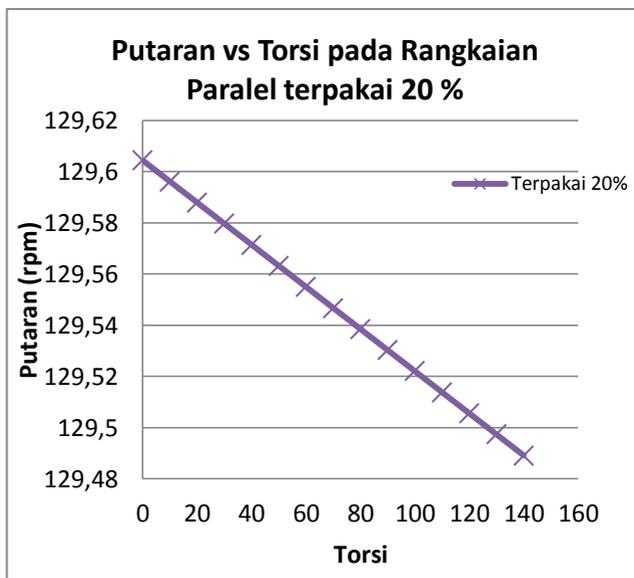


Gambar 4.107 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian Paralel saat baterai terpakai 10% putaran-kecepatan servis

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara putaran (rad/s) dan kecepatan (knot) berbanding lurus, saat putaran menunjukkan angka 13,7755 rad/s kecepatannya juga menunjukkan angka 13,545 knot ini adalah nilai minimum dari grafik saat baterai terpakai 10%. Saat putaran menunjukan angka 13,787 rad/s nilai kecepatannya menunjukkan 13,557 knot.

#### 4.10.2.2 Rangkaian Paralel terpakai 20%

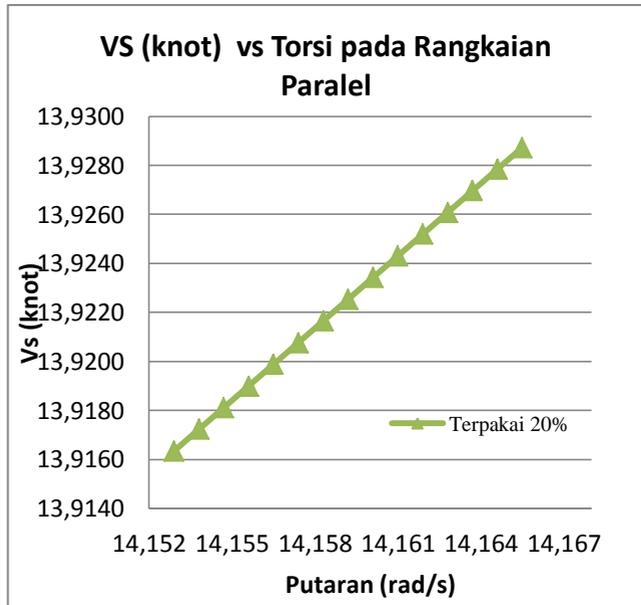
##### a. Torsi-Putaran



Gambar 4.108 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 20% torsi-putaran

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara torsi dan putaran (rpm) berbanding terbalik, saat nilai torsi maksimal 140 nilai putarannya 129,49 dan saat nilai torsi minimum 0 nilai putarannya 129,6 rpm. Hal ini membuktikan bahwa Torsi dan putaran berbanding terbalik.

b. Putaran-Kecepatan

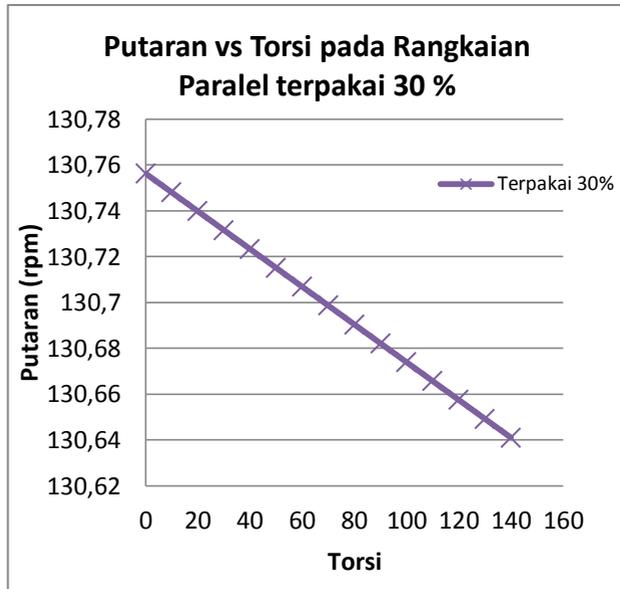


Gambar 4.109 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian Paralel saat baterai terpakai 20% putaran-kecepatan servis

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara putaran (rad/s) dan kecepatan (knot) berbanding lurus, saat putaran menunjukkan angka 14,152 rad/s kecepatannya juga menunjukkan angka 13,916 knot ini adalah nilai minimum dari grafik saat baterai terpakai 20%. Saat putaran menunjukkan angka 14,165 rad/s nilai kecepatannya menunjukkan 13,929 knot.

#### 4.10.2.3 Rangkaian paralel terpakai 30%

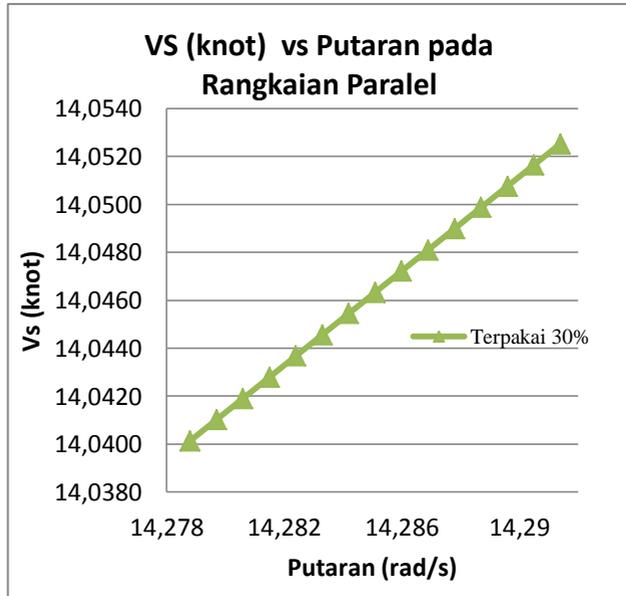
##### a. Torsi-Putaran



Gambar 4.110 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 30% torsi-putaran

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara torsi dan putaran (rpm) berbanding terbalik, saat nilai torsi maksimal 140 nilai putarannya 130,64 dan saat nilai torsi minimum 0 nilai putarannya 130,76 rpm. Hal ini membuktikan bahwa Torsi dan putaran berbanding terbalik.

b. Putaran-Kecepatan

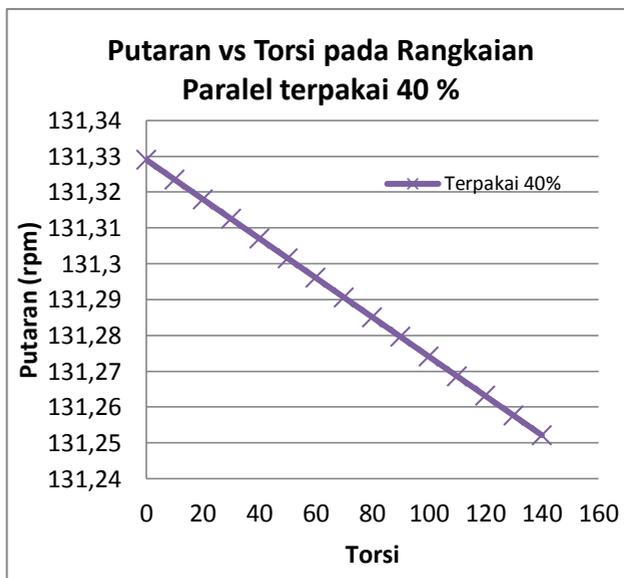


Gambar 4.111 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 30% putaran-kecepatan servis

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara putaran (rad/s) dan kecepatan (knot) berbanding lurus, saat putaran menunjukkan angka 14,278 rad/s kecepatannya juga menunjukkan angka 14,04 knot ini adalah nilai minimum dari grafik saat baterai terpakai 30%. Saat putaran menunjukkan angka 14,30 rad/s nilai kecepatannya menunjukkan 14,052 knot.

#### 4.10.2.4 Rangkaian paralel terpakai 40%

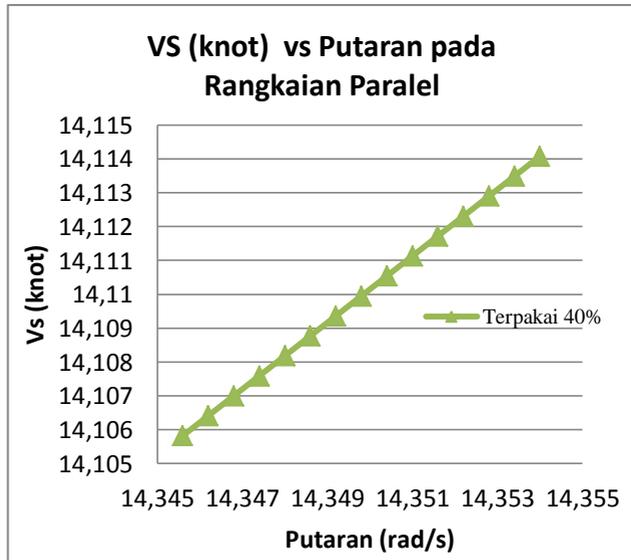
##### a. Torsi-Putaran



Gambar 4.112 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 40% torsi-putaran

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara torsi dan putaran (rpm) berbanding terbalik, saat nilai torsi maksimal 140 nilai putarannya 131,25 dan saat nilai torsi minimum 0 nilai putarannya 131,33 rpm. Hal ini membuktikan bahwa Torsi dan putaran berbanding terbalik.

b. Putaran-Kecepatan

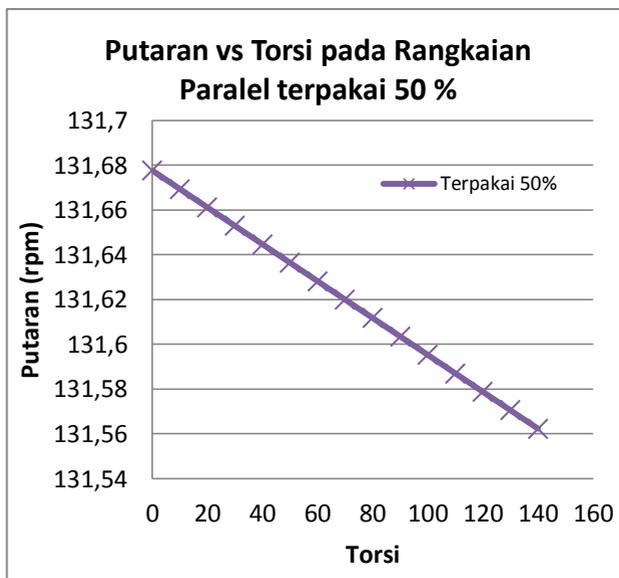


Gambar 4.113 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 40% putaran-kecepatan servis

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara putaran (rad/s) dan kecepatan (knot) berbanding lurus, saat putaran menunjukkan angka 14,345 rad/s kecepatannya juga menunjukkan angka 14,1055 knot ini adalah nilai minimum dari grafik saat baterai terpakai 40%. Saat putaran menunjukan angka 14,353 rad/s nilai kecepatannya menunjukkan 14,114 knot.

#### 4.10.2.5 Rangkaian paralel terpakai 50%

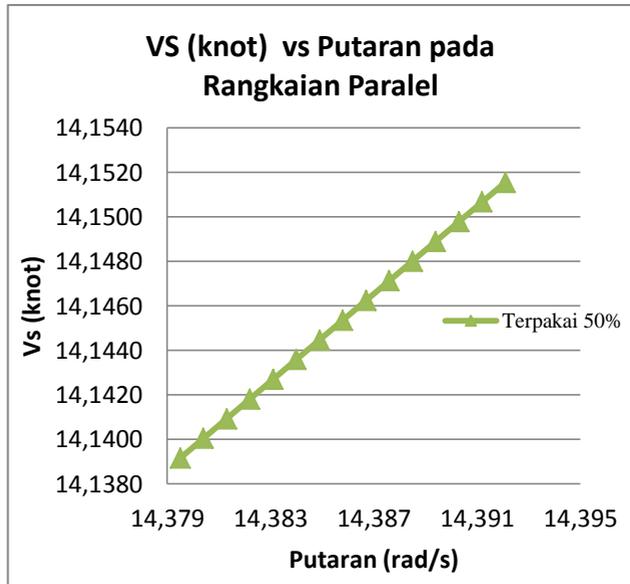
##### a. Torsi-Putaran



Gambar 4.114 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 50% torsi-putaran

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara torsi dan putaran (rpm) berbanding terbalik, saat nilai torsi maksimal 140 nilai putarannya 131,56 dan saat nilai torsi minimum 0 nilai putarannya 131,68 rpm. Hal ini membuktikan bahwa Torsi dan putaran berbanding terbalik.

b. Putaran-Kecepatan

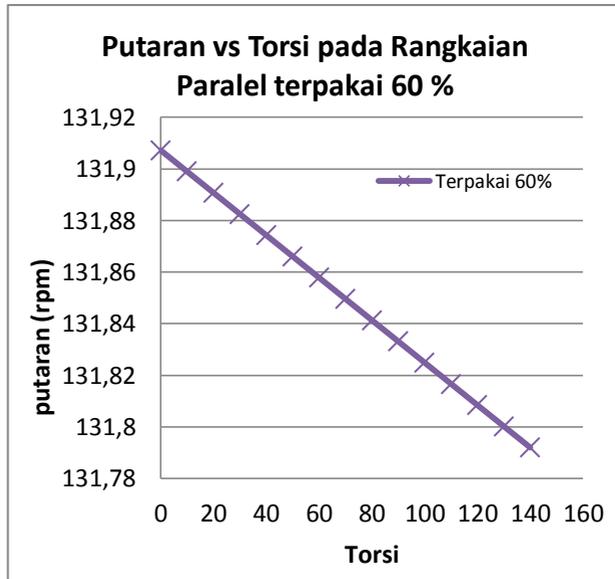


Gambar 4.115 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 50% putaran-kecepatan servis

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara putaran (rad/s) dan kecepatan (knot) berbanding lurus, saat putaran menunjukkan angka 14,379 rad/s kecepatannya juga menunjukkan angka 14,139 knot ini adalah nilai minimum dari grafik saat baterai terpakai 50%. Saat putaran menunjukan angka 14,391 rad/s nilai kecepatannya menunjukkan 14,152 knot.

#### 4.10.2.6 Rangkaian paralel terpakai 60%

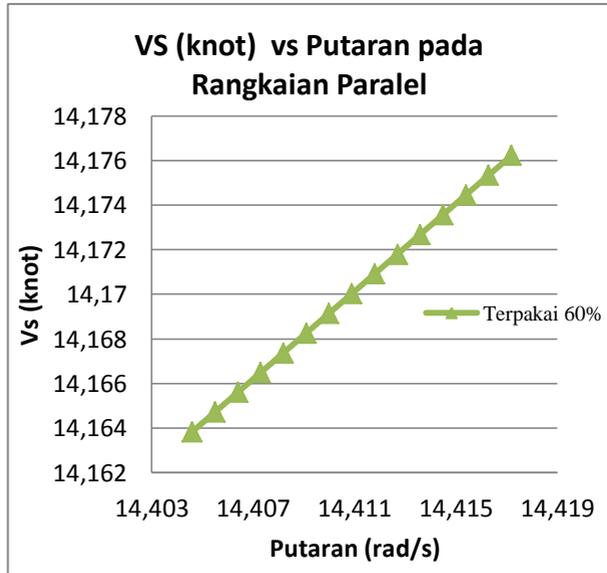
##### a. Torsi-Putaran



Gambar 4.116 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 60% torsi-putaran

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara torsi dan putaran (rpm) berbanding terbalik, saat nilai torsi maksimal 140 nilai putarannya 131,79 dan saat nilai torsi minimum 0 nilai putarannya 131,91 rpm. Hal ini membuktikan bahwa Torsi dan putaran berbanding terbalik.

b. Putaran-Kecepatan

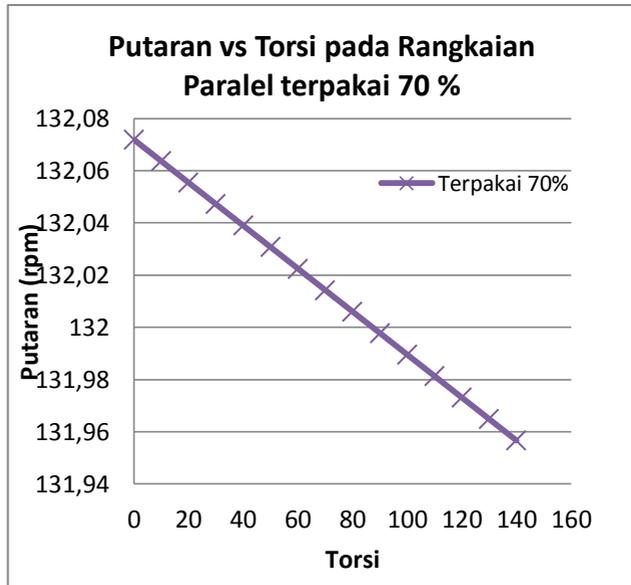


Gambar 4.117 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 60% putaran-kecepatan servis

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara putaran (rad/s) dan kecepatan (knot) berbanding lurus, saat putaran menunjukkan angka 14,403 rad/s kecepatannya juga menunjukkan angka 14,163 knot ini adalah nilai minimum dari grafik saat baterai terpakai 60%. Saat putaran menunjukkan angka 14,416 rad/s nilai kecepatannya menunjukkan 14,176 knot.

#### 4.10.2.7 Rangkaian Paralel terpakai 70%

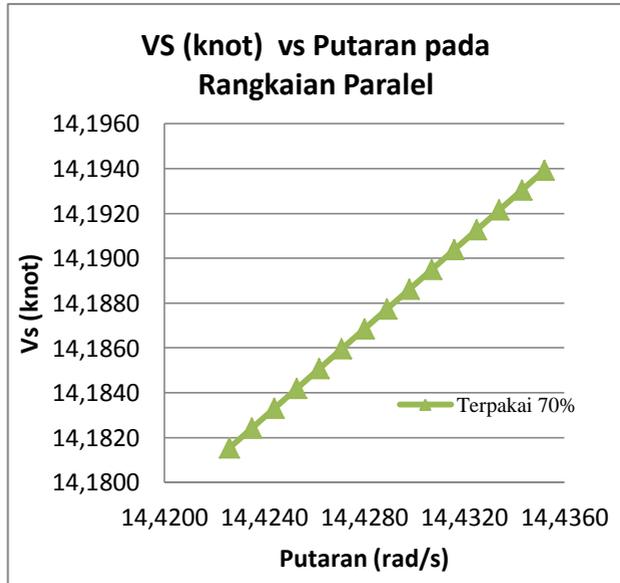
##### a. Torsi-Putaran



Gambar 4.118 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 70% torsi-putaran

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara torsi dan putaran (rpm) berbanding terbalik, saat nilai torsi maksimal 140 nilai putarannya 131,95 dan saat nilai torsi minimum 0 nilai putarannya 132,07 rpm. Hal ini membuktikan bahwa Torsi dan putaran berbanding terbalik.

b. Putaran-Kecepatan

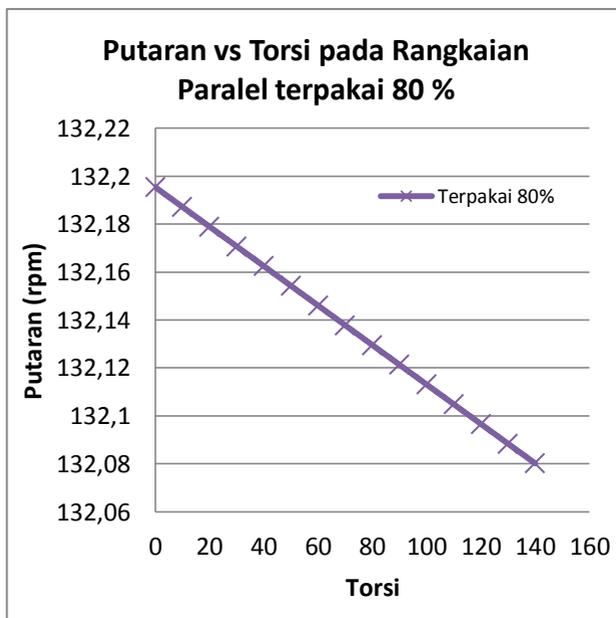


Gambar 4.119 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 70% putaran-kecepatan servis

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara putaran (rad/s) dan kecepatan (knot) berbanding lurus, saat putaran menunjukkan angka 14,423 rad/s kecepatannya juga menunjukkan angka 14,181 knot ini adalah nilai minimum dari grafik saat baterai terpakai 70%. Saat putaran menunjukkan angka 14,436 rad/s nilai kecepatannya menunjukkan 14,194 knot.

#### 4.10.2.8 Rangkaian paralel terpakai 80%

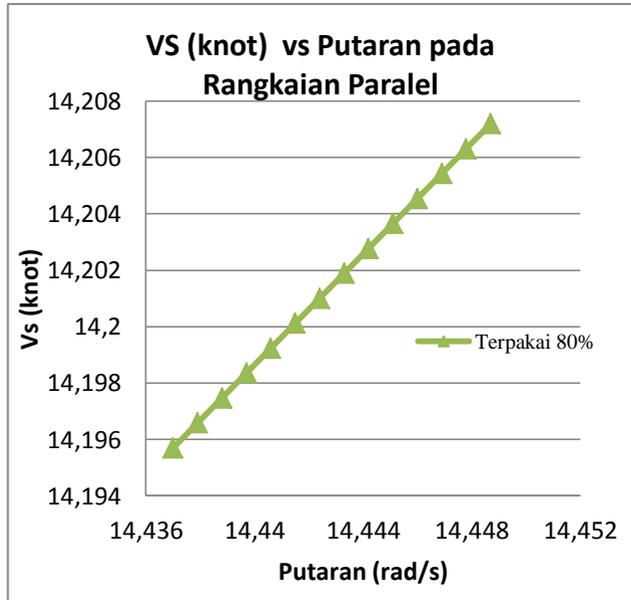
##### a. Torsi-Putaran



Gambar 4.120 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 80% torsi-putaran

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara torsi dan putaran (rpm) berbanding terbalik, saat nilai torsi maksimal 140 nilai putarannya 132,08 dan saat nilai torsi minimum 0 nilai putarannya 132,2 rpm. Hal ini membuktikan bahwa Torsi dan putaran berbanding terbalik.

b. Putaran-Kecepatan

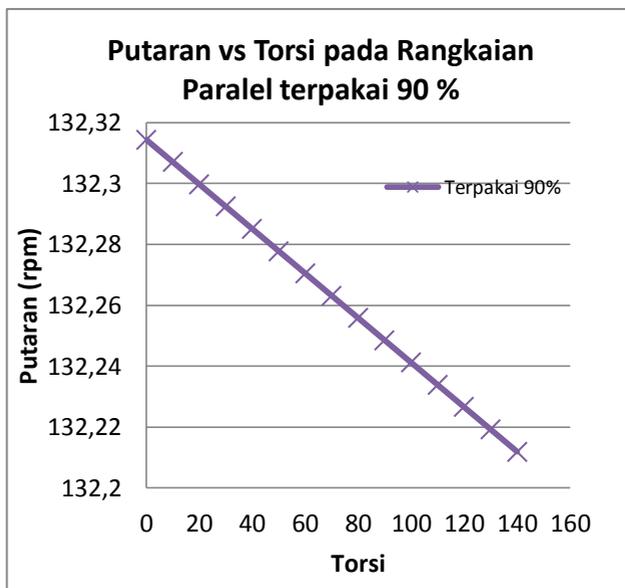


Gambar 4.121 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 80% putaran-kecepatan servis

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara putaran (rad/s) dan kecepatan (knot) berbanding lurus, saat putaran menunjukkan angka 14,436 rad/s kecepatannya juga menunjukkan angka 14,196 knot ini adalah nilai minimum dari grafik saat baterai terpakai 80%. Saat putaran menunjukkan angka 14,448 rad/s nilai kecepatannya menunjukkan 14,207 knot.

#### 4.10.2.9 Rangkaian paralel terpakai 90%

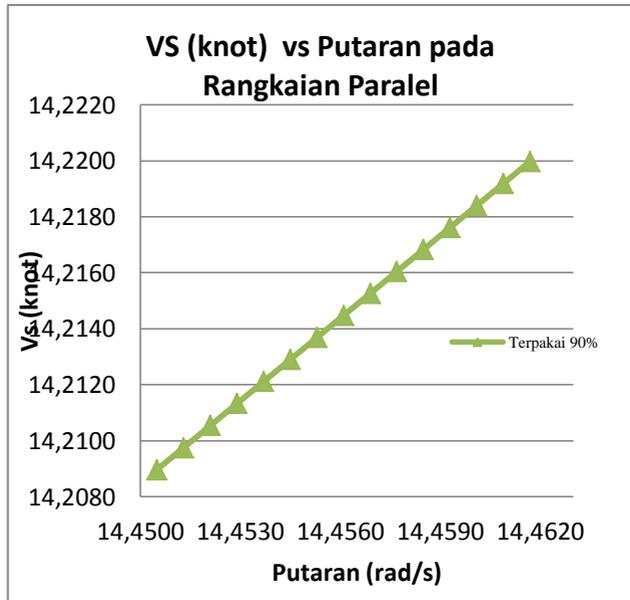
##### a. Torsi-Putaran



Gambar 4.122 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 90% torsi-putaran

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara torsi dan putaran (rpm) berbanding terbalik, saat nilai torsi maksimal 140 nilai putarannya 132,21 dan saat nilai torsi minimum 0 nilai putarannya 132,31 rpm. Hal ini membuktikan bahwa Torsi dan putaran berbanding terbalik.

b. Putaran-Kecepatan

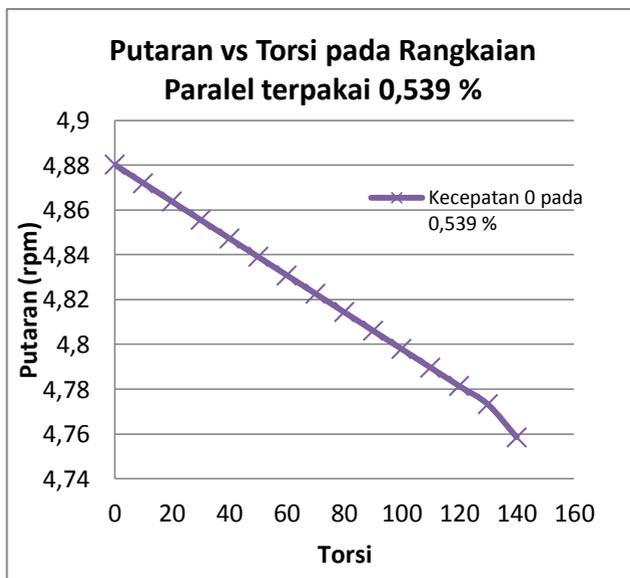


Gambar 4.123 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 90% putaran-kecepatan servis

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara putaran (rad/s) dan kecepatan (knot) berbanding lurus, saat putaran menunjukkan angka 14,45 rad/s kecepatannya juga menunjukkan angka 14,209 knot ini adalah nilai minimum dari grafik saat baterai terpakai 90%. Saat putaran menunjukkan angka 14,462 rad/s nilai kecepatannya menunjukkan 14,22 knot.

#### 4.10.2.10 Rangkaian paralel terpakai 0,539%

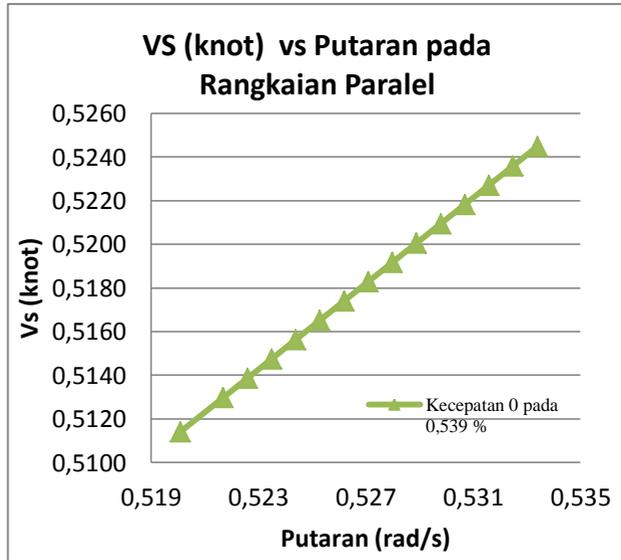
##### a. Torsi-Putaran



Gambar 4.124 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian paralel saat baterai terpakai 0,539% torsi-putaran

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara torsi dan putaran (rpm) berbanding terbalik, saat nilai torsi maksimal 140 nilai putarannya 4,76 dan saat nilai torsi minimum 0 nilai putarannya 4,88 rpm. Hal ini membuktikan bahwa Torsi dan putaran berbanding terbalik.

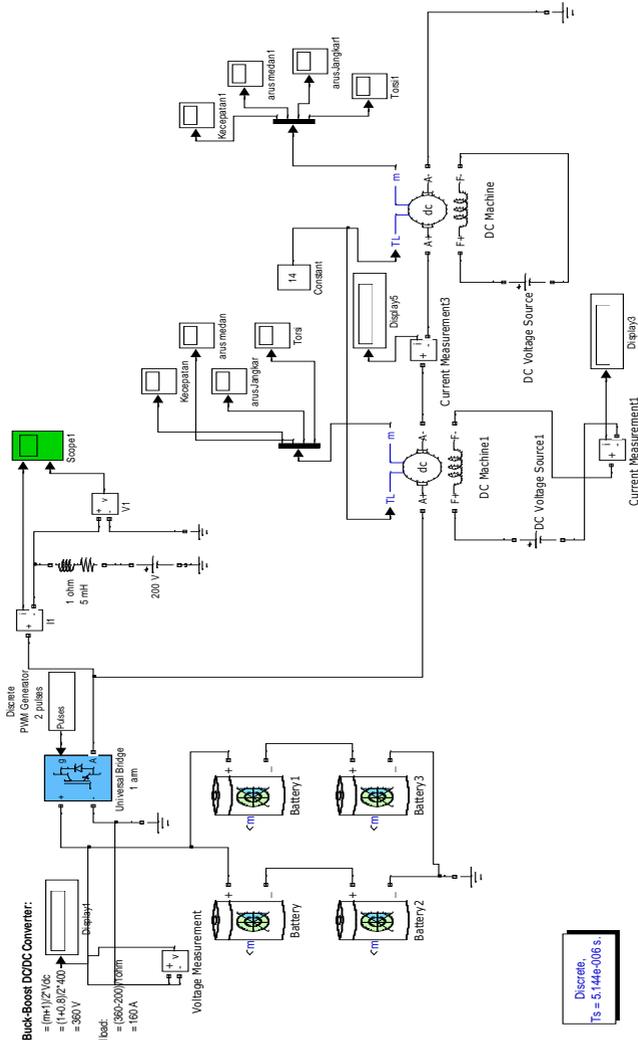
b. Putaran-Kecepatan



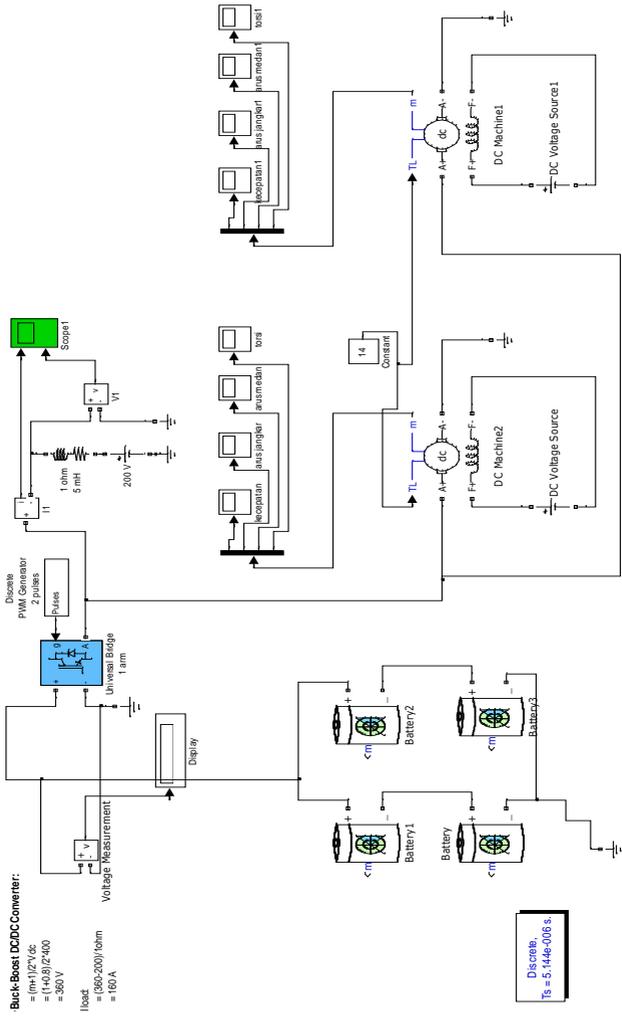
Gambar 4.125 Gambar grafik pengamatan pada rangkaian seri saat baterai terpakai 0,539% putaran-kecepatan servis

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, dan dimasukkan kedalam grafik pengamatan yang terlihat adalah hubungan antara putaran (rad/s) dan kecepatan (knot) berbanding lurus, saat putaran menunjukkan angka 0,519 rad/s kecepataannya juga menunjukkan angka 0,5115 knot ini adalah nilai minimum dari grafik saat baterai terpakai 0,539%. Saat putaran menunjukan angka 0,533 rad/s nilai kecepataannya menunjukkan 0,524 knot.

#### 4.11 Analisa rangkaian beban statis dengan converter saat Torsi penuh dengan variasi kapasitas



Gambar 4.127 Gambar rangkaian Seri dengan Conver Converte Matlab-



Gambar 4.128 Gambar rangkaian Paralel dengan Conver terpada Matlab-Simulink

#### 4.11.1 Rangkaian seri

##### a. Tabel pengamatan

Seri beban statis

Kapasitas(%)	Q Motor	Torsi	rad/s	Drop Voltage	Rpm	RPS	THP	SHP	BHP	Va	Vs (m/s)	Vs (knot)
100%	38,8	140	11,3325	222	103,6844	1,7281	9963,534	10166,87	11961,03	3,4008	5,7350	11,1431
90%	37,4	140	10,7892	205,8	98,7136	1,6452	9485,865	9679,454	11387,59	3,2378	5,4600	10,6089
80%	36	140	10,7798	205,6	98,6276	1,6438	9477,6	9671,021	11377,67	3,2350	5,4553	10,5996
70%	37,75	140	10,77	205,4	98,5379	1,6423	9468,984	9662,229	11367,33	3,2320	5,4503	10,5900
60%	33,2	140	10,757	205,1	98,4190	1,6403	9457,354	9650,566	11353,61	3,2281	5,4437	10,5772
50%	39,94	140	10,734	204,8	98,2085	1,6368	9437,333	9629,931	11329,33	3,2212	5,4321	10,5546
40%	40,188	140	10,7094	204,2	97,9835	1,6331	9415,704	9607,862	11303,37	3,2139	5,4197	10,5304
30%	33,2	140	10,664	203,3	97,5681	1,6261	9375,789	9567,131	11255,45	3,2002	5,3967	10,4858
20%	39,005	140	10,5709	201,6	96,7163	1,6119	9293,935	9483,607	11157,19	3,1723	5,3496	10,3942
10%	39,22	140	10,2885	196,2	94,1325	1,5689	9045,649	9230,254	10839,12	3,0875	5,2067	10,1165

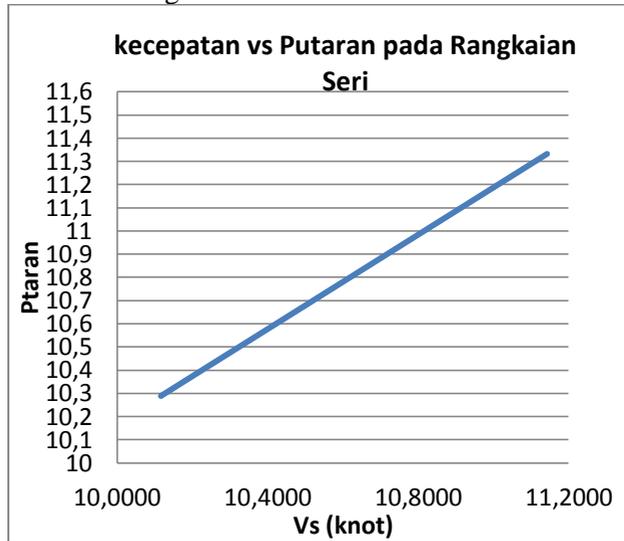
Gambar 4.129 Tabel pengamatan pada rangkaian seri dengan converter saat torsi penuh dengan variasi kapasitas

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, untuk mendapatkan data dengan kecepatan 0 (error) maka dari beberapa kali percobaan input data dimasukkan 0,539 % pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui Vs atau kecepatan servis kapal pada rangkaian seri. Seperti misalkan pada saat variasi Torsi diinput 0 maka akan dihasilkan BHP sebesar 0 kW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 0,5334 dan kecepatan Vs nya adalah 0,5245 knot. Sedangkan untuk variasi Torsi 140 dihasilkan BHP sebesar 548,9459 KW sedangkan kecepatannya dalam rad/s adalah 0,5201 dan kecepatan Vs nya adalah 0,5114 knot.

Pada saat torsi penuh, kapasitas penuh kecepatan servis nya adalah 11,1 knot

Hal ini membuktikan jika pada saat kondisi torsi penuh maka kecepatan antara 10-11 knot untuk rangkaian seri.

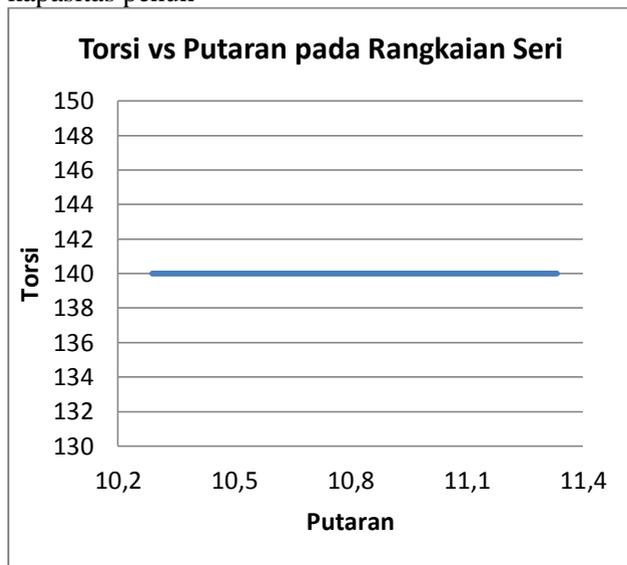
b. Grafik hubungan antara



Gambar 4.130 grafik hubungan kecepatan dan putaran pada rangkaian seri dengan converter saat torsi penuh dengan variasi kapasitas

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, untuk mendapatkan data pada saat kapasitas divariasikan dari 10-100% maka ada perubahan yang signifikan hal ini membuktikan jika hubungan kecepatan dan putaran berbanding lurus, jika putran motor naik maka kecepatan kapal juga naik. Nilai maksimum dari kecepatan adalah 11,1 sedangkan pada putaran 11,3 sedangkan nilai minimumnya adalah 10,1 dan 10,2

- c. Grafik hubungan antara torsi dan putaran saat kapasitas penuh



Gambar 4.131 grafik hubungan torsi dan putaran pada rangkaian seri dengan converter saat torsi penuh dengan variasi kapasitas

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, untuk mendapatkan data pada saat kapasitas divariasikan dari 10-100% maka ada perubahan yang signifikan hal ini membuktikan jika hubungan torsi dan putaran adalah stagnan bila torsi berbanding lurus, jika putaran motor naik maka kecepatan kapal juga naik.

#### 4.11.2 Rangkaian Paralel

- a. Tabel pengamatan

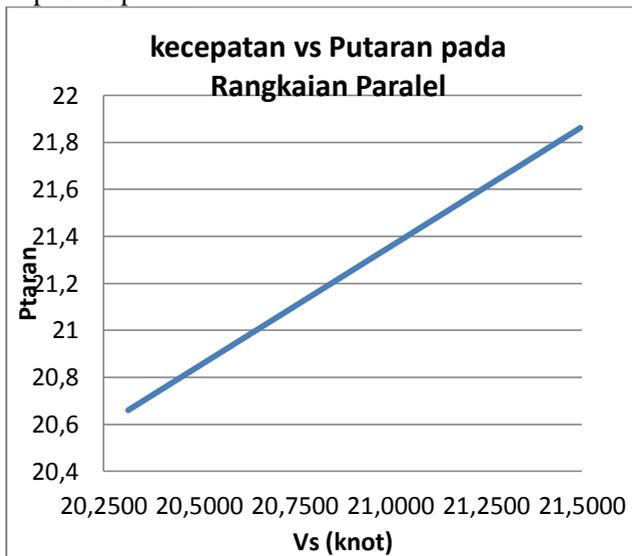
Paralel beban statis												
Kapasitas(%)	Q Motor	Torsi	rad/s	Drop Voltage	Rpm	RPS	THP	SHP	BHP	Va	Vs (m/s)	Vs (knot)
100%	39,5	140	21,862	222,6	200,0219	3,3337	19221,07	19613,34	23074,51	6,5607	11,0636	21,4966
90%	37,84	140	21,606	206,4	197,6797	3,2947	18996	19383,67	22804,32	6,4839	10,9341	21,2449
80%	36	140	21,586	206	197,4967	3,2916	18978,41	19365,73	22783,21	6,4779	10,9239	21,2252
70%	30,3	140	21,566	205,9	197,3137	3,2886	18960,83	19347,78	22762,1	6,4719	10,9138	21,2055
60%	41,75	140	21,5422	205,7	197,0960	3,2849	18939,9	19326,43	22736,98	6,4647	10,9018	21,1821
50%	28	140	21,505	205,3	196,7556	3,2793	18907,2	19293,06	22697,71	6,4536	10,8829	21,1456
40%	31,8	140	21,4545	204,8	196,2936	3,2716	18862,8	19247,75	22644,41	6,4384	10,8574	21,0959
30%	28,8	140	21,3706	203,8	195,5260	3,2588	18789,03	19172,48	22555,86	6,4133	10,8149	21,0134
20%	39,005	140	21,205	201,6	194,0108	3,2335	18643,44	19023,91	22381,08	6,3636	10,7311	20,8506
10%	32,5	140	20,66	196,7	189,0245	3,1504	18164,27	18534,97	21805,85	6,2000	10,4553	20,3147

Gambar 4.132 Tabel pengamatan pada rangkaian paralel dengan converter saat torsi penuh dengan variasi kapasitas

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, untuk mendapatkan data dengan kecepatan 0 (error) maka dari beberapa kali percobaan input data dimasukkan 0,539 % pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui Vs atau kecepatan servis kapal pada rangkaian seri. Seperti misalkan pada saat variasi kapasitas 50% torsi tetap 140 Nm rad/s (putarannya) 21,505 sedangkan pada RPM nya 196,7556 dengan BHP 22697,71 kW dengan kecepatan servise nya 21,14 knot. Pada saat torsi penuh, kapasitas penuh kecepatan servis nya adalah 21,5 knot. Sedangkan nilai minimum saat kapasitas 10% adalah 20,3 knot dengan 20,66 rad/s dan BHPnya adalah 21805,65 kW.

Hal ini membuktikan jika pada saat kondisi torsi penuh maka kecepatan antara 20,3-21,5 knot untuk rangkaian paralel.

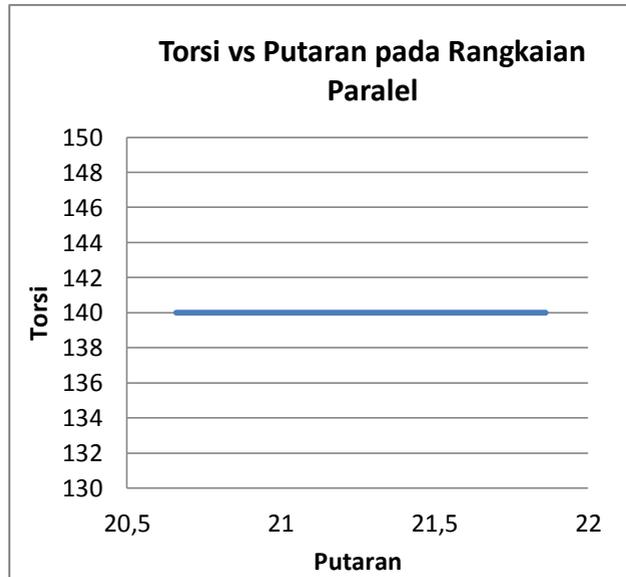
- b. Grafik hubungan antara torsi dan putaran saat kapasitas penuh



Gambar 4.133 grafik hubungan kecepatan dan putaran pada rangkaian paralel dengan converter saat torsi penuh dengan variasi kapasitas

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, untuk mendapatkan data pada saat kapasitas divariasikan dari 10-100% maka ada perubahan yang signifikan hal ini membuktikan jika hubungan kecepatan dan putaran berbanding lurus, jika putaran motor naik maka kecepatan kapal juga naik. Nilai maksimum dari kecepatan adalah 21,5 sedangkan pada putaran 21,9 sedangkan nilai minimumnya adalah 20,25 dan 20,7

- c. Grafik hubungan antara torsi dan putaran saat kapasitas penuh



Gambar 4.134 grafik hubungan torsi dan putaran pada rangkaian paralel dengan converter saat torsi penuh dengan variasi kapasitas

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, untuk mendapatkan data pada saat kapasitas divariasikan dari 10-100% maka ada perubahan yang signifikan hal ini membuktikan jika hubungan torsi dan putaran adalah stagnan bila torsi berbanding lurus, jika putaran motor naik maka kecepatan kapal juga naik. Hanya saja pada rangkaian paralel nilai yang ditunjukkan lebih besar daripada rangkaian seri.

#### 4.12 Analisa rangkaian dengan converter saat variasi torsi dengan kapasitas tertentu (100%)

##### 4.12.1 Rangkaian seri

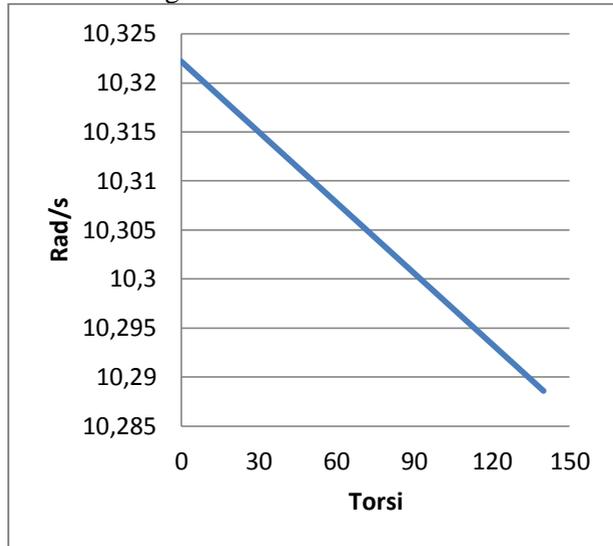
###### a. Tabel pengamatan

seri 100%		
torsi	rad/s	tegangan drop
0	10,3222	196,2
10	10,3198	196,2
20	10,3174	196,2
30	10,315	196,2
40	10,3126	196,2
50	10,3102	196,2
60	10,3078	196,2
70	10,3054	196,2
80	10,303	196,2
90	10,3006	196,2
100	10,2982	196,2
110	10,2958	196,2
120	10,2934	196,2
130	10,291	196,2
140	10,2886	196,2

Tabel. 4.23 tabel rangkaian seri tegangan drop dengan rad/s terpakai 100%

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui  $V_s$  atau kecepatan servis kapal pada rangkaian seri. Seperti misalkan pada saat variasi torsi 50 nilai rad/s nya 10,3102 dengan drop tegangannya sebesar 196,2 volt. Dan hal ini drop tegangannya bernilai sama dengan torsi berubah.

## b. Grafik hubungan



Gambar 4.135 grafik hubungan torsi dan putaran pada rangkaian seri dengan converter dengan variasi kapasitas

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, untuk mendapatkan data pada saat kapasitas 100% sedangkan ada variasi torsi dengan tambahan tegangan drop pada rangkaian ini maka ada perubahan yang signifikan hal ini membuktikan jika hubungan torsi dan putaran adalah stagnan bila torsi berbanding lurus, jika putaran motor naik maka kecepatan kapal juga naik. Hanya saja pada rangkaian paralel nilai yang ditunjukkan lebih besar daripada rangkaian seri.

## 4.12.2 Rangkaian paralel

## a. Tabel pengamatan

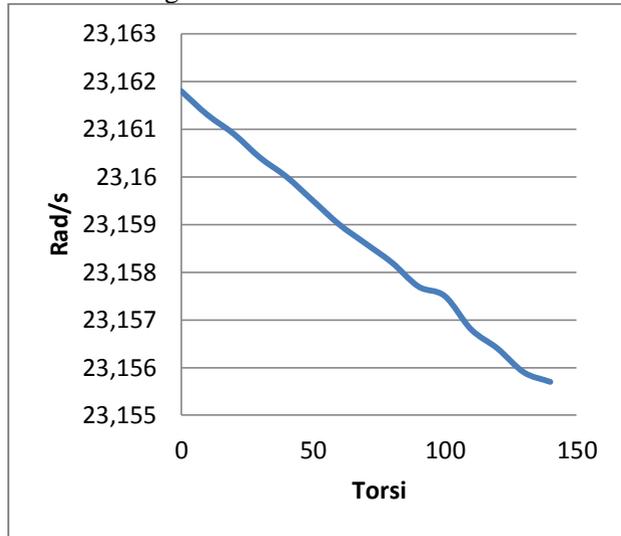
paralel penuh		
torsi	rad/s	tegangan drop

0	23,1618	222,6
10	23,1613	222,6
20	23,1609	222,6
30	23,1604	222,6
40	23,16	222,6
50	23,1595	222,6
60	23,159	222,6
70	23,1586	222,6
80	23,1582	222,6
90	23,1577	222,6
100	23,1575	222,6
110	23,1568	222,6
120	23,1564	222,6
130	23,1559	222,6
140	23,1557	222,6

Tabel. 4.24 tabel rangkaian paralel tegangan drop dengan rad/s terpakai 100%

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui Vs atau kecepatan servis kapal pada rangkaian seri. Seperti misalkan pada saat variasi torsi 50 nilai rad/s nya 23,1595 dengan drop tegangannya sebesar 222,6 volt. Dan hal ini drop tegangannya bernilai sama dengan torsi berubah.

## b. Grafik hubungan



Gambar 4.136 grafik hubungan torsi dan putaran pada rangkaian paralel dengan converter dengan variasi kapasitas

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, untuk mendapatkan data pada saat kapasitas 100% sedangkan ada variasi torsi dengan tambahan tegangan drop pada rangkaian ini maka ada perubahan yang signifikan hal ini membuktikan jika hubungan torsi dan putaran adalah stagnan bila torsi berbanding lurus, jika putaran motor naik maka kecepatan kapal juga naik. Hanya saja pada rangkaian paralel nilai yang ditunjukkan lebih besar daripada rangkaian seri.

#### 4.13 Analisa rangkaian dengan converter saat variasi torsi dengan kapasitas tertentu (70%)

##### 4.13.1 Rangkaian seri

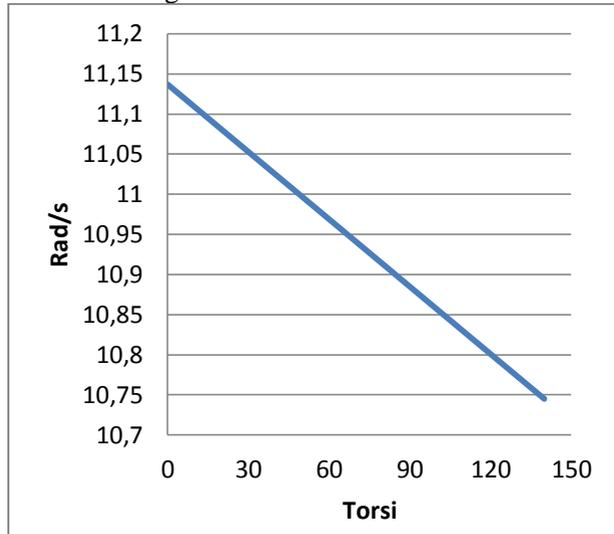
###### a. Tabel pengamatan

seri 70%		
torsi	rad/s	tegangan drop
0	11,137	205,3
10	11,109	205,3
20	11,081	205,3
30	11,053	205,3
40	11,025	205,3
50	10,997	205,4
60	10,969	205,4
70	10,941	205,4
80	10,913	205,4
90	10,885	205,4
100	10,857	205,4
110	10,829	205,4
120	10,801	205,4
130	10,773	205,4
140	10,745	205,4

Tabel. 4.25 tabel rangkaian seri tegangan drop dengan rad/s terpakai 70%

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui  $V_s$  atau kecepatan servis kapal pada rangkaian seri. Seperti misalkan pada saat variasi torsi 50 nilai rad/s nya 10,997 dengan drop tegangannya sebesar 205,4 volt. Dan hal ini drop tegangannya bernilai sama dengan torsi berubah.

## b. Grafik hubungan



Gambar 4.137 grafik hubungan torsi dan putaran pada rangkaian seri dengan converter dengan variasi kapasitas

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, untuk mendapatkan data pada saat kapasitas 100% sedangkan ada variasi torsi dengan tambahan tegangan drop pada rangkaian ini maka ada perubahan yang signifikan hal ini membuktikan jika hubungan torsi dan putaran adalah stagan bila torsi berbanding lurus, jika putran motor naik maka kecepatan kapal juga naik. Hanya saja pada rangkaian paralel nilai yang ditunjukkan lebih besar daripada rangkaian seri.

## 4.13.2 Rangkaian paralel

## a. Tabel pengamatan

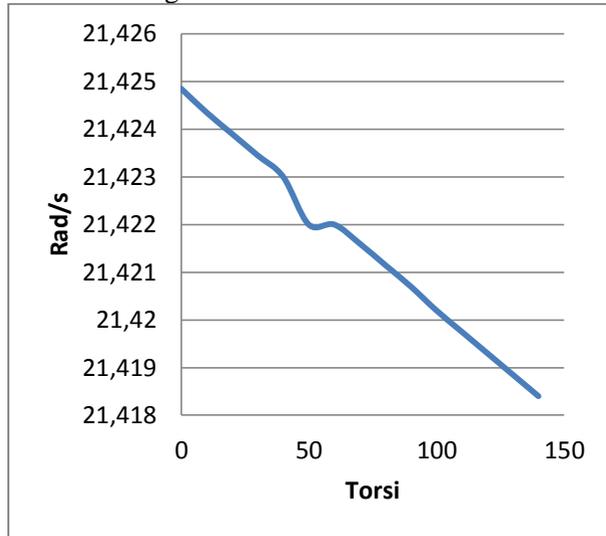
paralel 70%		
torsi	rad/s	tegangan drop

0	21,42485	205,4
10	21,42435	205,4
20	21,4239	205,4
30	21,42345	205,4
40	21,423	205,4
50	21,422	205,4
60	21,422	205,4
70	21,4216	205,4
80	21,42115	205,4
90	21,4207	205,4
100	21,4202	205,4
110	21,41975	205,4
120	21,4193	205,4
130	21,41885	205,4
140	21,4184	205,4

Tabel. 4.26 tabel rangkaian paralel tegangan drop dengan rad/s terpakai 70%

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui Vs atau kecepatan servis kapal pada rangkaian seri. Seperti misalkan pada saat variasi torsi 50 nilai rad/s nya 21,422 dengan drop tegangannya sebesar 205,4 volt. Dan hal ini drop tegangannya bernilai sama dengan torsi berubah.

## b. Grafik hubungan



Gambar 4.138 grafik hubungan torsi dan putaran pada rangkaian paralel dengan converter dengan variasi kapasitas

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, untuk mendapatkan data pada saat kapasitas 100% sedangkan ada variasi torsi dengan tambahan tegangan drop pada rangkaian ini maka ada perubahan yang signifikan hal ini membuktikan jika hubungan torsi dan putaran adalah stagnan bila torsi berbanding lurus, jika putaran motor naik maka kecepatan kapal juga naik. Hanya saja pada rangkaian paralel nilai yang ditunjukkan lebih besar daripada rangkaian seri.

#### 4.14 Analisa rangkaian dengan converter saat variasi torsi dengan kapasitas tertentu (10%)

##### 4.14.1 rangkaian seri

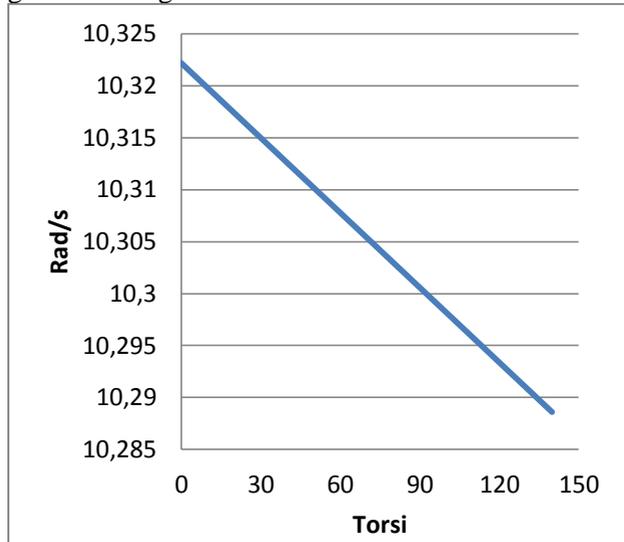
## a. tabel pengamatan

seri 10%		
torsi	rad/s	tegangan drop
0	10,3222	196,2
10	10,3198	196,2
20	10,3174	196,2
30	10,315	196,2
40	10,3126	196,2
50	10,3102	196,2
60	10,3078	196,2
70	10,3054	196,2
80	10,303	196,2
90	10,3006	196,2
100	10,2982	196,2
110	10,2958	196,2
120	10,2934	196,2
130	10,291	196,2
140	10,2886	196,2

Tabel. 4.27 tabel rangkaian seri tegangan drop dengan rad/s terpakai 10%

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui  $V_s$  atau kecepatan servis kapal pada rangkaian seri. Seperti misalkan pada saat variasi torsi 50 nilai rad/s nya 10,3102 dengan drop tegangannya sebesar 196,2 volt. Dan hal ini drop tegangannya bernilai sama dengan torsi berubah.

## b. grafik hubungan



Gambar 4.140 grafik hubungan torsi dan putaran pada rangkaian seri dengan converter dengan variasi kapasitas

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, untuk mendapatkan data pada saat kapasitas 100% sedangkan ada variasi torsi dengan tambahan tegangan drop pada rangkaian ini maka ada perubahan yang signifikan hal ini membuktikan jika hubungan torsi dan putaran adalah stagnan bila torsi berbanding lurus, jika putaran motor naik maka kecepatan kapal juga naik. Hanya saja pada rangkaian paralel nilai yang ditunjukkan lebih besar daripada rangkaian seri.

## 4.14.2 rangkaian paralel

## a. Tabel pengamatan

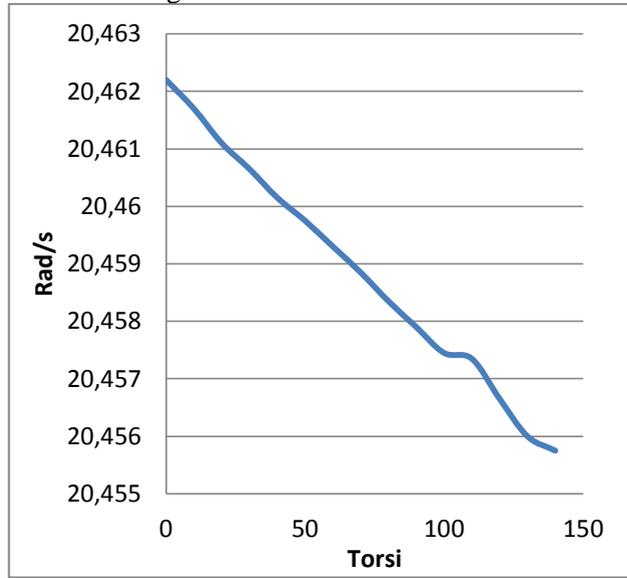
paralel 10%		
torsi	rad/s	tegangan drop

0	20,4622	196,2
10	20,4617	196,2
20	20,4611	196,2
30	20,46065	196,2
40	20,46015	196,2
50	20,45975	196,2
60	20,4593	196,2
70	20,45885	196,2
80	20,45835	196,2
90	20,4579	196,2
100	20,45745	196,2
110	20,45735	196,2
120	20,45665	196,2
130	20,456	196,2
140	20,45575	196,2

Tabel. 4.28 tabel rangkaian seri tegangan drop dengan rad/s terpakai 10%

Pada tabel pengamatan diatas setelah input data dilakukan, pada baterai. Dari perhitungan dengan rumus, dapat diketahui  $V_s$  atau kecepatan servis kapal pada rangkaian seri. Seperti misalkan pada saat variasi torsi 50 nilai rad/s nya 20,45975 dengan drop tegangannya sebesar 196,2 volt. Dan hal ini drop tegangannya bernilai sama dengan torsi berubah.

## b. Grafik hubungan



Gambar 4.141 grafik hubungan torsi dan putaran pada rangkaian paralel dengan converter dengan variasi kapasitas

Pada grafik diatas setelah input data dilakukan, untuk mendapatkan data pada saat kapasitas 100% sedangkan ada variasi torsi dengan tambahan tegangan drop pada rangkaian ini maka ada perubahan yang signifikan hal ini membuktikan jika hubungan torsi dan putaran adalah stagnan bila torsi berbanding lurus, jika putaran motor naik maka kecepatan kapal juga naik. Hanya saja pada rangkaian paralel nilai yang ditunjukkan lebih besar daripada rangkaian seri.

## 4.15 Lama penggunaan baterai

Untuk lama penggunaan baterai bisa menggunakan :

## a. Rangkaian Paralel

$$\text{Lama baterai} = \frac{\text{kapasitas Baterai (AH)}}{\text{Arus mengalir/IL (A)}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{10260 \times 2}{41,5027} \\
 &= 494,4257 \text{ jam} \\
 &= 20,6 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

$$I_a = 38,2477 \text{ A}$$

$$I_f = 3,255 \text{ A}$$

$I_a$  dan  $I_f$  didapatkan dari simulasi rangkaian pada Matlab-Simulink

$$\begin{aligned}
 I_L &= i_a + i_f \\
 &= 38,2477 + 3,255 \\
 &= 41,5027 \text{ A}
 \end{aligned}$$

b. Rangkaian Seri

$$\begin{aligned}
 \text{Lama baterai} &= \frac{\text{kapasitas Baterai (AH)}}{\text{Arus mengalir (A)}} \\
 &= \frac{10260 \times 2}{40,55} \\
 &= 506,0419 \text{ jam} \\
 &= 21,08 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

$$I_a = 37,29 \text{ A}$$

$$I_f = 3,255 \text{ A}$$

$I_a$  dan  $I_f$  didapatkan dari simulasi rangkaian pada Matlab-Simulink

$$\begin{aligned}
 I_L &= i_a + i_f \\
 &= 37,29 + 3,255 \\
 &= 40,55 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Jadi, lama penggunaan baterai adalah kapasitas baterai (AH) / Arus mengalir (A). Untuk rangkaian seri perhitungannya adalah  $10260 \times 2 / 40,55 = 506,0419 \text{ jam} = 21,08 \text{ hari}$ . Untuk rangkaian paralel perhitungannya adalah  $10260 \times 2 / 41,5027 = 494,4257 \text{ jam} = 20,6 \text{ hari}$

Perbedaan lama penggunaan baterai tergantung dari kecepatan kapal, semakin besar nilai kecepatannya maka lama penggunaan baterainya semakin sedikit begitu sebaliknya.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan simulasi serta analisa pada setiap rangkaian maka dapat ditarik kesimpulan:

- a. Rangkaian motor secara Paralel Kecepatan dinas wahana benamnya adalah 14 knot dan pada kecepatan itu kondisi kapal adalah dalam keadaan patroli seperti biasa.
- b. Rangkaian motor secara Seri Kecepatan dinas wahana benamnya adalah 12 knot dan pada kecepatan itu kondisi kapal adalah dalam keadaan patroli seperti biasa.
- c. Rangkaian motor secara paralel dengan converter Kecepatan dinas wahana benamnya adalah 11 knot dan pada kecepatan itu kondisi kapal adalah dalam keadaan patroli seperti biasa.
- d. Rangkaian motor secara Seri dengan converter Kecepatan dinas wahana benamnya adalah 21,5 knot dan pada kecepatan itu kondisi kapal adalah dalam keadaan patroli seperti biasa.
- e. Lama penggunaan baterai untuk rangkaian paralel adalah 20,6 hari, sedangkan untuk rangkaian seri adalah 21,08 hari.

### 5.2 Saran

Setelah dilakukan simulasi serta analisa pada setiap rangkaian maka dapat ditarik saran:

- a. Melakukan analisa dengan memvariasikan rangkaian baterai pada setiap rangkaian motor seri maupun paralel.
- b. Melakukan simulasi software dengan data yang lebih detail.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adji, Suryo Widodo; [1995]; “Evaluasi Teknis Sistem Propulsi Motor Sailing Boat Maruta Jaya 900”; Laporan Penelitian TSP-FTK ITS; Surabaya.
- [2] Berahim, Hamzah Ir.; [1991]; “Pengantar Teknik Tenaga Listrik”; Andi Offset; Yogyakarta.
- [3] Tachibana, Y. dkk; [1985]; “Diesel Electric Propulsion System of Ice Breaker ‘SHIRASE’ “; Jurnal on Bulletin of The M.E.S.J. Vol. 13 No. 1; Jepang.
- [4] Zuhail; [1991]; “Dasar Tenaga Listrik”; Penerbit ITB; Bandung.
- [5] Sarwito, Sardono Ir; [2006]; “Sistem Kelistrikan dan pengendalian”; ITS; Surabaya
- [6] Astrania, Amalia; [2016]; “Tugas Akhir Simulasi Propulsi Motor DC 2x1850 Kw, 380 V Dengan Rangkaian Motor Seri Dan Paralel Bertegangan Penuh 10260 AH Pada Kapal 69 M”; ITS; Surabaya
- [7] Allmendenger, Eugene; [1990]; “Submersible Vehicle System Design”; The Society of Naval Architect and Marine Engineer; Jersey City
- [8] Kitab Undang-Undang Hukum Dagang (KUHD) [1935]
- [9] Undang-Undang RI No. 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran.
- [10] Safety Of Life At Sea (1974)

## BIODATA PENULIS



Bernama lengkap Annisa Maya Shabrina lahir di Rembang 6 juli 1993. Anak pertama dari 6 bersaudara ini anak pasangan bapak Tubri dan Ibu Eko Mardiana. Dia mengenyam bangku pendidikan di SD 1 Loram Wetan tahun 1999-2005, lalu dilanjutkan ke bangku SMP di SMP 2 Kudus tahun 2005-2008, kemudian bangku SMA tahun 2008-2011 di SMA N 1 Bae Kudus jurusan IPA, setelah itu di bangku kuliah mengenyam di Universitas Diponegoro Jurusan Program Studi Diploma III Teknik Perkapalan dari tahun 2011-2014. Lalu melanjut studi S1 di Institut teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Departemen Teknik Sistem Perkapalan. Penulis memiliki beberapa pengalaman organisasi diantaranya dari tahun 2011-2013 aktif pada BEM FT KM UNDIP Departemen Sosial. Ditahun yang sama juga aktif di Himpunan mahasiswa. Selain itu juga mengambil pekerjaan paruh waktu sebagai tutor les privat dari tahun 2011-sekarang. Juga merupakan peserta terbaik ke 7 LKMM D Fakultas Teknik UNDIP. Untuk organisasi ketika melanjutkan S1, penulis bergabung dengan Swayanaka Indonesia regional Surabaya tahun 2016 dan menjadi relawan anak Kanker tahun 2016-sekarang.

**Annisa Maya Shabrina**  
Departemen Teknik Sistem Perkapalan-FTK-ITS  
Annisamayas.ams@gmail.com