



TUGAS AKHIR – ME 184834

**ANALISIS IMPLEMENTASI KONVERTER *BUCK & BOOST*
PADA MOTOR INDUKSI TIGA FASA**

FADHLURROHMAN THORIQ
NRP. 0421124000098

DOSEN PEMBIMBING :
INDRA RANU KUSUMA S.T, M.Sc.

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**



TUGAS AKHIR – ME 184834

**ANALISIS IMPLEMENTASI KONVERTER *BUCK & BOOST*
PADA MOTOR INDUKSI TIGA FASA**

FADHLURROHMAN THORIQ
NRP. 0421124000098

DOSEN PEMBIMBING :
INDRA RANU KUSUMA S.T, M.Sc.

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**

“Halaman Ini Sengaja dikosongkan”



UNDERGRADUATE THESIS – ME 184834

***ANALYSIS OF BUCK & BOOST CONVERTER
IMPLEMENTATION IN THREE PHASE MOTORS***

FADHLURROHMAN THORIQ
NRP. 04211240000098

Supervisor :
INDRA RANU KUSUMA S.T, M.Sc.

***DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUT OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2020***

“Halaman Ini Sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS IMPLEMENTASI KONVERTER *BUCK & BOOST* PADA
MOTOR INDUKSI TIGA FASA**

SKRIPSI

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 :

Fadhlurrohman Thoriq

NRP. 04211240000098

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Indra Ratu Kusuma, S.T., M.Sc.

NIP. 197903272003121001

JANUARI

2020

“Halaman Ini Sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN
**ANALISIS IMPLEMENTASI KONVERTER *BUCK & BOOST* PADA
MOTOR INDUKSI TIGA FASA**

SKRIPSI

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 :

Fadhlurrohman Thoriq
NRP. 04211240000098

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph. D
NIP. 197903192008011008

“Halaman Ini Sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

Pada saat ini mulai dikenal teknologi penggerak utama menggunakan motor AC atau biasa disebut Sistem Propulsi Listrik (*Electric Propulsion*). Motor AC yang biasanya digunakan adalah Motor Induksi Tiga Fasa. Dalam rangkaian Sistem propulsi listrik sering menggunakan konverter DC to DC untuk meningkatkan efisiensi dari sistem. Oleh karena itu, perlu adanya konverter DC yang mampu mengurangi riak gelombang tegangan masukan untuk menambah efisiensi sistem. Konverter *buck & boost* merupakan salah satu jenis rangkaian penaik atau penurun tegangan. Hasil keluaran tegangan *output* mempunyai polaritas yang berkebalikan dengan tegangan *input*. Aliran energi pada konverter *buck & boost* terjadi pada kapasitor pentransfer tegangan, sehingga nilai tegangan yang dihasilkan lebih stabil. Konverter *buck & boost* memiliki induktor di sisi *input* yang berfungsi sebagai *filter* untuk *ripple* gelombang tegangan masukan. Pada Tugas Akhir ini, akan disimulasikan konverter *buck & boost* untuk mengurangi riak tegangan masukan pada Motor Induksi Tiga Fasa sehingga meningkatkan efisiensi dari rangkaian. Konverter *buck & boost* dapat menaikkan rata-rata tegangan dari 7.791 Volt menjadi 10.744 Volt. Kemudian konverter *buck & boost* dapat digunakan untuk menurunkan tegangan dari 11.098 Volt menjadi 691 Volt. Selain itu konverter *buck & boost* juga dapat digunakan untuk menaikkan tegangan dari 690 Volt menjadi 11.058 Volt.

Kata kunci : Motor Induksi Tiga Fasa, Konverter *buck & boost*, Riak Tegangan

“Halaman Ini Sengaja dikosongkan”

ABSTRACT

At this time began to be known as the main driving technology using an AC motor or commonly called the Electric Propulsion System. The AC motor that is commonly used is the Three Phase Induction Motor. In a series of electrical propulsion systems often use DC to DC converters to increase the efficiency of the system. Therefore, it is necessary to have a DC converter that can reduce the input voltage wave ripple to increase system efficiency. The buck & boost converter is a type of voltage-boosting or reducing circuit. The output voltage has an opposite polarity to the input voltage. The energy flow in the buck & boost converter occurs in the voltage transfer capacitor, so the voltage value produced is more stable. The buck & boost converter has an input side inductor which functions as a filter for the input voltage wave ripple. In this Final Project, a buck & boost converter will be simulated to reduce the input voltage ripple in the Three Phase Induction Motor, thereby increasing the efficiency of the circuit. The buck & boost converter can increase the average voltage from 7,791 Volts to 10,744 Volts. Then the buck & boost converter can be used to reduce the voltage from 11,098 Volts to 691 Volts. Besides the buck & boost converter can also be used to increase the voltage from 690 Volts to 11,058 Volts.

Keywords: *Three Phase Induction Motor, Buck & Boost Converter, Voltage Ripple*

“Halaman Ini Sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Illahi Rabbi Allah SWT. Karena atas berkah limpaham rahmatnya, penulis dapat menyelesaikan buku Tugas Akhir ini dengan judul “**ANALISIS IMPLEMENTASI KONVERTER *BUCK & BOOST* PADA MOTOR INDUKSI TIGA FASA**”.

Selama pengerjaan Tugas Akhir ini banyak pihak-pihak yang membantu baik berupa doa, bimbingan dan jasa dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini dan tidak lupa saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu saya Eko Mardiana yang senantiasa memberikan semangat, nasihat dan motivasi untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Beny Cahyono, S.T., M.T., P.Hd selaku Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan
3. Bapak Ir. Sardono Sarwito, M.Sc selaku Kepala Laboratorium Listrik Kapal dan Otomasi
4. Bapak Indra Ranu Kusuma, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing pada Tugas Akhir ini.
5. Teman saya Bagus, Iqbal dan Mas Ridwan yang telah membantu memahami materi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini
6. Teman saya Cantik, Amalia dan Hyosita yang telah memberikan bantuan financial.
7. Teman saya Lutfy, Iqbal yang telah meminjamkan laptop dalam pengerjaan Tugas Akhir ini
8. Teman satu dosen pembimbing Hery yang selalu memberi semangat dan mengajak saya untuk bimbingan
9. Teman kontrakan Iqbal Faruqi, Iham, Mattin, Billy, Ardiana Iqbal yang membangunkan ketika tertidur saat mengerjakan Tugas Akhir ini
10. Teman BISMARCK'12 Priyo, Samid yang senantiasa memberi semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini
11. Keluarga besar Gugusdepan Surabaya 610 Surabaya 611 yang selalu memberikan doa dan motivasi
12. Keluarga besar Kwartir Daerah Gerakan Pramuka Jawa Timur yang selalu mengingatkan untuk menyelesaikan kuliah
13. Keluarga besar Abdoel Madjid atas dukungan dan doanya
14. Dan orang-orang yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam melakukan penulisan tugas akhir ini, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kelancaran dan perbaikan dalam penulisan buku-buku penelitian selanjutnya. Akhir kata semoga laporan skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembacadan penulis pada khususnya.

Surabaya, 24 Januari 2020

Fadhlorrohman Thoriq

“Halaman Ini Sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah.....	1
1.4 Tujuan.....	1
1.5 Manfaat.....	1
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	3
2.1 Tinjauan Pustaka	3
2.2 Dasar Teori.....	3
2.2.1 Motor Induksi Tiga Fasa	3
2.2.2 Klasifikasi Motor Listrik AC.....	4
2.2.3 Prinsip Kerja Motor Induksi.....	4
2.2.4 Karakteristik Motor Induksi	5
2.2.5 Konstruksi Motor Induksi Tiga Fasa.....	7
2.2.6 Jenis-Jenis Motor Induksi Tiga Fasa Berdasarkan Karakteristik Kelasnya 9	9
2.2.7 Aplikasi Motor Induksi Tiga Fasa dalam Kapal.....	10
2.2.8 Konverter <i>Buck & boost</i>	14
2.2.9 Analisa Rangkaian.....	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	25

3.2	Desain Rangkaian.....	27
3.2.1	Spesifikasi Motor Induksi dan Generator.....	27
3.2.2	Desain Konverter <i>Buck & boost</i>	28
3.3	Simulasi Rangkaian.....	31
3.3.1	Simulasi <i>Motor Drive</i>	31
3.3.2	Simulasi <i>Motor Drive</i> dengan Konverter <i>Buck & Boost</i>	32
3.3.3	Simulasi <i>Step Down Voltage</i> menggunakan Konverter <i>Buck & Boost</i> ...	35
3.3.4	Simulasi <i>Step Up Voltage</i> menggunakan Konverter <i>Buck & Boost</i>	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		43
4.1	Hasil Simulasi.....	43
4.1.1	Hasil Simulasi <i>Motor Drive</i>	43
4.1.2	Hasil Simulasi <i>Motor Drive</i> dengan Konverter <i>Buck & Boost</i>	45
4.1.3	Hasil Simulasi <i>Step Down Voltage</i> menggunakan Konverter <i>Buck & Boost</i> 47	
4.1.4	Hasil Simulasi <i>Step Up Voltage</i> menggunakan Konverter <i>Buck & Boost</i> 48	
4.2	Pembahasan Hasil Simulasi.....	50
4.2.1	Pembahasan Hasil Simulasi Motor Drive dengan menggunakan Konverter <i>Buck & Boost</i>	50
4.2.2	Pembahasan Hasil Simulasi <i>Step Down Voltage</i> menggunakan Konverter <i>Buck & Boost</i>	57
4.2.3	Pembahasan Hasil Simulasi <i>Step Up Voltage</i> menggunakan Konverter <i>Buck & Boost</i>	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		61
5.1	Kesimpulan.....	61
5.2	Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA.....		63
LAMPIRAN		65
BIODATA PENULIS.....		69

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Desain Awal Rangkaian	28
Tabel 3.2 Paramater rangkaian konverter <i>buck & boost</i>	30
Tabel 3.3 Parameter Rangkaian <i>Step Down Voltage</i>	36
Tabel 3.4 Parameter Rangkaian <i>Step Up Voltage</i>	39

“Halaman Ini Sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Karakteristik Beban Nol	5
Gambar 2.2 Karakteristik Rotor yang Diblok	6
Gambar 2.3 Karakteristik Start.....	6
Gambar 2.4 Karakteristik Kopel dan Putaran.....	7
Gambar 2.5 Konstruksi Motor Induksi Tiga Fasa	7
Gambar 2.6 (a) Lempengan Inti (b) Tumpukan Inti dengan isolasi kertas (c) Tumpukan inti dan kumparan dalam cangkang stator	8
Gambar 2.7 (a) tipikal rotor sangkar (b) motor induksi rotor sangkar	8
Gambar 2.8 (a) tipikal rotor belitan (b) motor induksi rotor belitan	9
Gambar 2.9 Pompa Ballast	10
Gambar 2.10 Pompa Pendingin.....	11
Gambar 2.11 Pompa Air Tawar	11
Gambar 2.12 Pompa Bahan Bakar	12
Gambar 2.13 Pompa Bilga	12
Gambar 2.14 <i>Crane</i> pada kapal <i>Container</i>	13
Gambar 2.15 Sistem Propulsi Elektrik	13
Gambar 2.16 Rangkaian konverter <i>buck & boost</i>	14
Gambar 2. 17 Bentuk gelombang rangkaian konverter <i>buck & boost</i>	15
Gambar 2.18 Konverter buck & boost saat switch on analisa loop kiri	16
Gambar 2.19 Konverter <i>buck & boost</i> saat switch on analisa loop kanan.....	16
Gambar 2.20 Konverter <i>buck & boost</i> saat switch off analisa loop kiri	17
Gambar 2.21 Konverter <i>buck & boost</i> saat switch off analisa loop kanan	17
Gambar 3.1 Diagram Blok Rangkaian Konverter <i>buck & boost</i>	27
Gambar 3.2 Rangkaian <i>Motor Drive</i> dalam <i>software Power Simulator</i>	31
Gambar 3.3 Indikator Generator tiga Fasa	32
Gambar 3.4 Indikator Motor Induksi tiga Fasa	32
Gambar 3.5 Rangkaian <i>Motor Drive</i> dan <i>Buck & Boost</i> dalam <i>software Power Simulator</i>	33
Gambar 3.6 Indikator Generator tiga Fasa	33
Gambar 3.7 Indikator Motor Induksi tiga Fasa	33
Gambar 3.8 Indikator Induktor Sisi <i>Input</i> (L_1).....	34
Gambar 3.9 Indikator Kapasitor Pentransfer Tegangan (C_1)	34
Gambar 3.10 Indikator I Mosfet.....	34
Gambar 3.11 Indikator II Mosfet	34
Gambar 3.12 Indikator Sisi <i>Output</i> (L_2).....	35
Gambar 3.13 Indikator Kapasitor <i>Filter</i> (C_2)	35

Gambar 3.14 Rangkaian <i>Step Down Voltage</i> dari 11.000 Volt ke 690 Volt	36
Gambar 3.15 Indikator Generator tiga Fasa <i>Step Down Voltage</i>	37
Gambar 3.16 Indikator Motor Induksi tiga Fasa <i>Step Down Voltage</i>	37
Gambar 3.17 Indikator Induktor Sisi <i>Input (L₁) Step Down Voltage</i>	37
Gambar 3.18 Indikator Kapasitor Pentransfer Tegangan (<i>C₁</i>) <i>Step Down Voltage</i>	37
Gambar 3.19 Indikator I Mosfet <i>Step Down Voltage</i>	38
Gambar 3.20 Indikator II Mosfet <i>Step Down Voltage</i>	38
Gambar 3.21 Indikator Sisi <i>Output (L₂) Step Down Voltage</i>	38
Gambar 3. 22Indikator Kapasitor <i>Filter (C₂) Step Down Voltage</i>	38
Gambar 3.23 Rangkaian <i>Step Up Voltage</i> dari 690 Volt ke 11.000 Volt.....	39
Gambar 3.24 Indikator Sumber DC <i>Step Up Voltage</i>	40
Gambar 3.25 Indikator Motor Induksi tiga Fasa <i>Step Up Voltage</i>	40
Gambar 3.26 Indikator Induktor Sisi <i>Input (L₁) Step Up Voltage</i>	40
Gambar 3.27 Indikator Kapasitor Pentransfer Tegangan (<i>C₁</i>) <i>Step Up Voltage</i>	40
Gambar 3.28 Indikator I Mosfet <i>Step Up Voltage</i>	41
Gambar 3.29 Indikator II Mosfet <i>Step Up Voltage</i>	41
Gambar 3.30 Indikator Sisi <i>Output (L₂) Step Up Voltage</i>	41
Gambar 3.31 Indikator Kapasitor <i>Filter (C₂) Step Up Voltage</i>	41
Gambar 4.1 Grafik tegangan DC.....	43
Gambar 4.2 Grafik Arus DC	44
Gambar 4.3 Grafik Tegangan AC	44
Gambar 4.4 Grafik Arus AC	45
Gambar 4.5 Grafik Kecepatan Motor.....	45
Gambar 4.6 Grafik Tegangan DC keluaran Konverter	46
Gambar 4.7 Grafik Arus DC keluaran Konverter	46
Gambar 4.8 Grafik arus AC sebelum masuk Motor.....	46
Gambar 4.9 Grafik Tegangan AC sebelum masuk Motor.....	47
Gambar 4.10 Grafik Kecepatan Motor.....	47
Gambar 4. 11 Grafik Tegangan <i>Input Konverter Step Down Voltage</i>	48
Gambar 4.12 Grafik Tegangan <i>Output Konverter Step Down Voltage</i>	48
Gambar 4.13 Grafik Tegangan <i>Input Konverter Step Up Voltage</i>	49
Gambar 4.14 Grafik Tegangan <i>Output Konverter Step Up Voltage</i>	49
Gambar 4.15 Perbandingan Grafik Tegangan DC	50
Gambar 4.16 Perbandingan Grafik Tegangan DC pada detik ke 0,3 s.d 0,4.....	51
Gambar 4.17 Rata-rata Tegangan DC	51
Gambar 4.18 Perbandingan Grafik Arus DC	52
Gambar 4.19 Perbandingan Grafik Arus DC pada detik ke 0,3 s.d 0,4.....	52
Gambar 4.20 Rata-rata arus DC	53
Gambar 4.21 Perbandingan Grafik Tegangan AC	53

Gambar 4.22 Perbandingan Grafik Tegangan AC pada detik ke 0,3 s.d 0,4.....	54
Gambar 4.23 Rata-rata Tegangan AC	54
Gambar 4.24 Perbandingan Grafik Arus AC	55
Gambar 4.25 Perbandingan Grafik Arus AC pada detik ke 0,3 s.d 0,4.....	55
Gambar 4.26 Rata-rata Arus AC	56
Gambar 4.27 Perbandingan Grafik Kecepatan.....	56
Gambar 4.28 Kecepatan Maksimum Motor	57
Gambar 4.29 Nilai Tegangan <i>Input</i> Konverter <i>Step Down Voltage</i>	57
Gambar 4.30 Nilai Tegangan <i>Output</i> Konverter <i>Step Down Voltage</i>	58
Gambar 4.31 Nilai Tegangan <i>Input</i> Konverter <i>Step Up Voltage</i>	58
Gambar 4. 32 Nilai Tegangan <i>Output</i> Konverter <i>Step Up Voltage</i>	59

“Halaman Ini Sengaja dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1 `Latar Belakang

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki banyak sekali laut dan pulau-pulau yang tersebar luas. Oleh karena itu dibutuhkan alat transportasi yang dapat menjangkau seluruh daerah di Indonesia. Kapal merupakan moda transportasi yang murah dan dapat menjangkau ke pulau-pulau terpencil di Indonesia. Kapal sering digunakan untuk mengirim barang guna memenuhi kebutuhan masyarakat di pulau-pulau tersebut.

Program tol laut yang dicanangkan oleh pemerintah diharapkan dapat memperluas konektivitas antar pulau dan menggairahkan bisnis dalam bidang kemaritiman. Untuk menunjang program tersebut, dibutuhkan banyak kapal yang mampu memenuhi kebutuhan pasar. Dalam operasional kapal dibutuhkan banyak sistem permesinan. Dalam sistem permesinan tersebut banyak yang menggunakan motor AC sebagai penunjangnya. Tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan penunjang, saat ini mulai dikenal teknologi penggerak utama menggunakan motor AC atau biasa disebut Sistem Propulsi Listrik (*Electric Propulsion*). Dalam rangkaian Sistem propulsi listrik sering menggunakan konverter DC to DC untuk meningkatkan efisiensi dari sistem.

Oleh karena itu, perlu adanya konverter DC yang mampu mengurangi riak gelombang tegangan masukan untuk menambah efisiensi sistem. Pada Tugas Akhir ini, akan disimulasikan konverter *buck & boost* untuk mengurangi riak tegangan masukan pada Motor Induksi Tiga Fasa. Konverter *buck & boost* merupakan jenis konverter yang mampu meningkatkan dan menurunkan tegangan dengan polaritas tegangan *output* berkebalikan dengan tegangan *input* dan mempunyai *ripple* tegangan *input* yang rendah.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam proposal tugas akhir ini adalah bagaimana pengaruh konverter *buck & boost* terhadap motor induksi tiga fasa?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah :

1. Desain dan implementasi difokuskan untuk mengurangi riak tegangan masukan motor induksi tiga fasa
2. Analisis perhitungan dan simulasi hanya dilakukan pada sistem konverter dalam keadaan ideal.
3. Analisis dilakukan saat keadaan sudah stabil.

1.4 Tujuan

Tujuan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari implementasi konverter *buck & boost* pada motor induksi tiga fasa.

1.5 Manfaat

Hasil pada tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Mengimplementasikan rangkaian konverter *buck & boost* untuk aplikasi pada motor induksi tiga fasa.
2. Referensi untuk penelitian selanjutnya mengenai konverter *buck & boost*.
3. Menjadi referensi untuk mahasiswa yang akan mengambil tugas akhir dengan topik konverter *buck & boost* dan mengembangkannya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Setelah peneliti melakukan telaah terhadap beberapa penelitian, terdapat beberapa yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang akan peneliti lakukan.

Penelitian pertama yang menjadi rujukan adalah penelitian dari Susanto, Bagus Kurniawan (2017) yang berjudul “Desain Dan Implementasi Konverter Cuk Dengan Induktor Terkopel Untuk Reduksi *Ripple* Arus Masukan”. Tujuan dari penelitian ini adalah menyimulasikan dan mengimplemantasikan konverter cuk dengan induktor terkopling untuk meningkatkan tegangan keluaran dari panel surya. Selain itu juga menganalisa karakteristik konverter cuk dengan induktor terkopel untuk mengurangi *ripple* arus masukan dari sumber tegangan DC. Pada penelitian membahas mengenai desain dan implementasi dari konverter cuk konvensional dan konverter cuk dengan induktor terkopel yang berupa penurunan rumus untuk mencari nilai parameter rangkaian seperti induktor dan kapasitor. Kemudian melakukan simulasi menggunakan *software* PSIM dan diimplementasikan dengan melakukan pengujian skala laboratorium. Setelah melakukan simulasi dan pengujian kemudian dianalisa hasil simulasi dan implementasi serta membandingkan hasil pengujian antara konvertercuk konvensional dengan konverter cuk yang menggunakan induktorterkopel. Hasil dari penelitian ini adalah penggunaan konverter cuk dengan induktor terkopel mampu mengurangi *ripple* masukan hingga 8,24%.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Motor Induksi Tiga Fasa

Motor listrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga putar. Motor listrik terdiri dari dua bagian yang sangat penting yaitu stator atau bagian yang diam dan Rotor atau bagian berputar. Pada motor AC, kumparan rotor tidak menerima energi listrik secara langsung, tetapi secara induksi seperti yang terjadi pada energi kumparan transformator. Oleh karena itu motor AC dikenal dengan motor induksi. Dilihat dari kesederhanaannya, konstruksinya yang kuat dan kokoh serta mempunyai karekteristik kerja yang baik, motor induksi tiga fasa yang cocok dan paling banyak digunakan dalam bidang industri perkapalan.

Penggunaan motor induksi yang banyak dipakai di kalangan industri perkapalan mempunyai keuntungan sebagai berikut :

1. Bentuknya yang sederhana dan memiliki konstruksi yang kuat dan hampir tidak pernah mengalami kerusakan yang berarti.
2. Harga relatif murah dan dapat diandalkan.
3. Efisiensi tinggi pada keadaan berputar normal, tidak memerlukan sikat sehingga rugi – rugi daya yang diakibatkannya dari gesekan dapat dikurangi.
4. Perawatan waktu mulai beroperasi tidak memerlukan starting tambahan khusus dan tidak harus sinkron.

Namun disamping hal tersebut diatas, terdapat pula faktor – faktor kerugian yang tidak menguntungkan dari motor induksi yaitu sebagai berikut :

1. Pengaturan kecepatan dari motor induksi sangat mempengaruhi efisiensinya.
2. Kecepatan motor induksi akan menurun seiring dengan bertambahnya beban, tidak seperti motor DC atau motor shunt.
3. Kopel awal mutunya rendah dibandingkan dengan motor DC shunt.

2.2.2 Klasifikasi Motor Listrik AC

Motor listrik AC memiliki beberapa jenis, yang jenis ini membedakan berdasarkan beberapa faktor utama yang antara lain berdasarkan prinsip kerja, berdasarkan macam arus dan berdasarkan kecepatan.

A. Berdasarkan Prinsip Kerja

1. Motor Sinkron.
 - Biasa (tanpa slip ring)
 - Super (dengan slip ring)
2. Motor Asinkron.
 - Motor Induksi (Squirrel Cage Rotor & Winding Rotor)

B. Berdasarkan Macam Arus

1. Satu fasa

Motor ini hanya memiliki satu gulungan *stator*, beroperasi dengan pasokan daya satu fasa, memiliki sebuah rotor kandang tupai, dan memerlukan sebuah alat untuk menghidupkan motornya. Sejauh ini motor ini merupakan jenis motor yang paling umum digunakan dalam peralatan rumah tangga, seperti kipas angin, mesin cuci dan pengering pakaian, dan untuk penggunaan hingga 3 sampai 4 Hp.

2. Tiga fasa

Medan magnet yang berputar dihasilkan oleh pasokan tiga fasa yang seimbang. Motor tersebut memiliki kemampuan daya yang tinggi, dapat memiliki kandang tupai atau gulungan rotor (walaupun 90% memiliki rotor kandang tupai); dan penyalaan sendiri. Diperkirakan bahwa sekitar 70% motor di industri menggunakan jenis ini, sebagai contoh, pompa, kompresor, *belt conveyor*, jaringan listrik, dan *grinder*.

C. Berdasarkan Kecepatan

1. Kecepatan konstan
2. Kecepatan berubah
3. Kecepatan diatur

2.2.3 Prinsip Kerja Motor Induksi

Pada dasarnya ada beberapa prinsip penting pada motor – motor induksi yaitu :

1. Apabila sumber tegangan tiga fasa dipasang pada kumparan stator, timbullah medan putar dengan kecepatan.
2. Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor.
3. Akibatnya pada kumparan rotor timbul induksi (ggl) sebesar :

$$E_2 = 4,44.f_2.N_2.m \quad (2.1)$$

4. Karena kumparan rotor merupakan rangkaian yang tertutup, ggl (E) akan menghasilkan arus (I).
5. Adanya arus didalam medan magnet menimbulkan gaya pada motor.
6. Bila kopel mula dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban, rotor akan berputar searah dengan medan putar stator.
7. Tegangan induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor (rotor) oleh medan putar stator. Artinya agar tegangan terinduksi diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator (ns) dengan kecepatan berputar rotor (nr).
8. Perbedaan kecepatan antara nr dan ns disebut slip (s) dinyatakan dengan :

$$S = \frac{ns - nr}{ns} \times 100\% \quad (2.2)$$

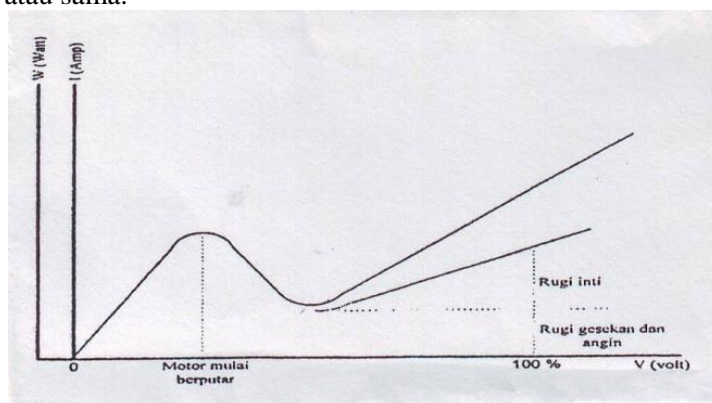
9. Bila nr = ns, tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar (rotor), dengan demikian tidak dihasilkan kopel. Kopel motor akan ditimbulkan apabila nr lebih kecil dari ns.
10. Dilihat dari cara kerjanya maka motor tak serempak disebut juga motor induksi atau motor asinkron.

2.2.4 Karakteristik Motor Induksi

Secara umum motor induksi yang baik mempunyai standar bentuk karakteristik tertentu. Tiap - tiap motor mempunyai karakteristik sendiri - sendiri. Dibawah ini disebutkan beberapa karakteristik yang menggambarkan hubungan antara suatu parameter dan mesin yang lain, yaitu :

a. Karakteristik Beban Nol

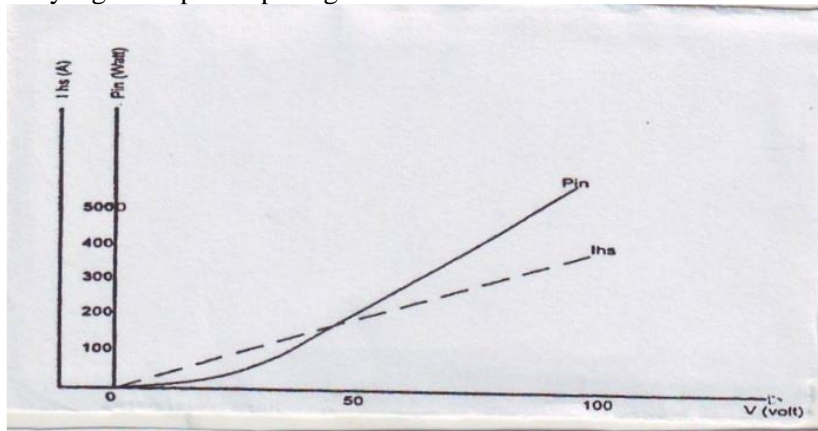
Karakteristik beban nol adalah karakteristik yang menggambarkan hubungan antara tegangan ke motor dengan arus daya $\cos \phi$ motor pada keadaan tanpa beban, seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.1, jadi putaran mendekati sinkron atau sama.



Gambar 2. 1 Karakteristik Beban Nol

b. Karakteristik Rotor yang diblok

Karakteristik motor yang diblok adalah karakteristik yang menggambarkan hubungan antara tegangan masuk dan arus yang masuk, $\cos \phi$, daya masuk. Seperti yang ditampilkan pada gambar 2.2 dibawah ini :

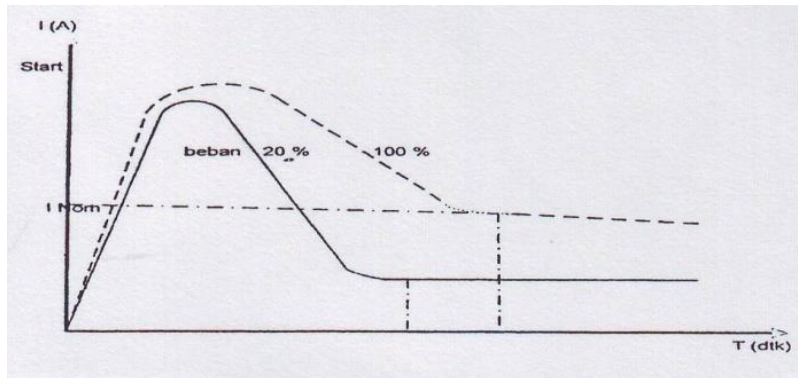


Gambar 2.2 Karakteristik Rotor yang Diblok

c. Karakteristik Start

Karakteristik start ini dipakai untuk menggambarkan hubungan antara waktu dan arus. Putaran untuk macam – macam beban pada tegangan masuk konstan. Dari gambar dibawah berikut (Gambar 2.3) dapat dijelaskan bahwa:

1. Jika waktu start dari motor induksi makin lama, maka pemanas pada belitan akan lebih besar pula pada elemen pengaman. Hal ini akan berpengaruh terhadap lifetime dari motor.
2. Arus akhir ke motor lebih tinggi.
3. Putaran akhir motor akan lebih rendah.

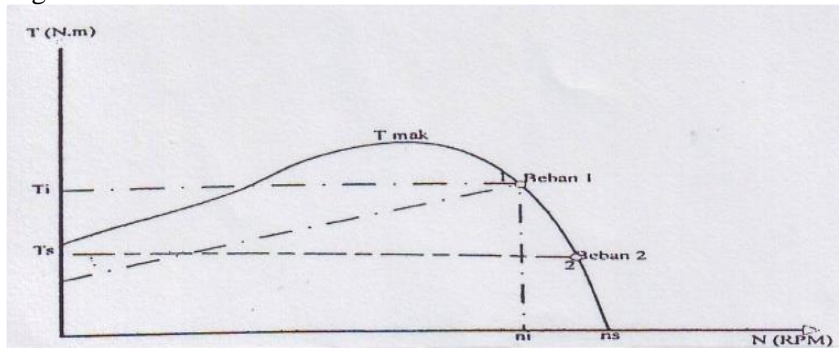


Gambar 2.3 Karakteristik Start

d. Karakteristik Kopel dan Putaran

Daerah kerja motor terletak pada daerah perputaran mendekati n_s . Kopel lawan beban 1 dan 2 pada waktu start $< T_s$ maka motor dapat distart, masing-masing dengan titik kerja 1 (kopel kerja = T_1 dan putaran kerja n_1) dan titik kerja 2. Bila kopel lawan beban pada saat start $> T_s$ maka motor tidak dapat

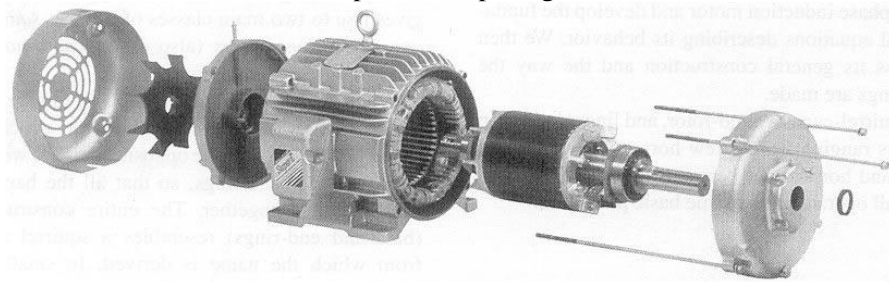
distart. Selama motor belum berputar, arus motor tinggi. Seperti yang terlihat pada gambar 2.4 berikut ini :



Gambar 2.4 Karakteristik Kopel dan Putaran

2.2.5 Konstruksi Motor Induksi Tiga Fasa

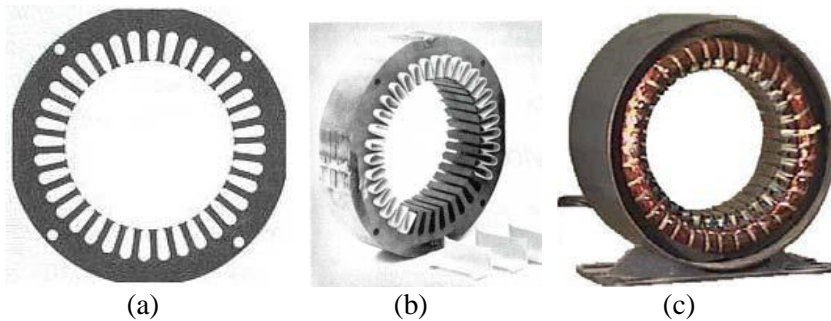
Secara umum konstruksi motor induksi tiga fasa terdiri dari stator dan rotor. Stator merupakan bagian dari mesin yang tidak berputar dan terletak pada bagian luar. Sedangkan rotor merupakan bagian dari mesin yang berputar dan letaknya pada bagian dalam. Konstruksi motor induksi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.5 Konstruksi Motor Induksi Tiga Fasa

1. Stator

Stator adalah bagian dari mesin yang tidak berputar yang terletak pada bagian luar dan merupakan tempat mengalirkan arus beban. Stator terbuat dari besi bundar berlaminasi yang mempunyai alur – alur sebagai tempat meletakkan kumparan. Elemen laminasi inti dibentuk dari lembaran besi (Gambar 2.6 (a)), tiap lembaran besi tersebut memiliki beberapa alur dan beberapa lubang pengikat untuk menyatukan inti. Tiap kumparan tersebar dalam alur yang disebut belitan fasa dimana untuk motor tiga fasa, belitan tersebut terpisah secara listrik sebesar 120° . Alur pada tumpukan laminasi inti diisolasi dengan kertas (Gambar 2.6.(b)). Kemudian tumpukan inti dan belitan stator diletakkan dalam cangkang silindris (Gambar 2.6.(c)). Berikut ini contoh lempengan laminasi inti, lempengan inti yang telah disatukan, dan belitan stator yang telah dilekatkan pada cangkang luar untuk motor induksi tiga fasa.

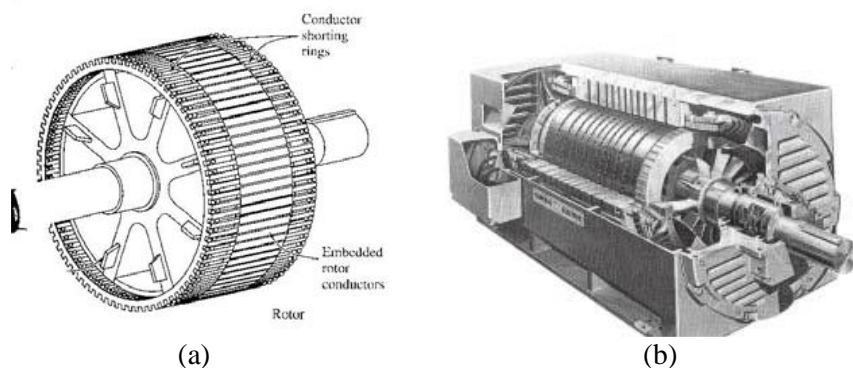


Gambar 2.6 (a) Lempengan Inti (b) Tumpukan Inti dengan isolasi kertas (c) Tumpukan inti dan kumparan dalam cangkang stator

2. Rotor

Rotor adalah bagian dari mesin yang berputar dan letaknya pada bagian dalam. Pada motor induksi terdapat dua tipe rotor yang berbeda yaitu rotor sangkar tupai dan rotor belitan. Kedua tipe rotor ini menggunakan laminasi melingkar yang terikat erat pada poros. Penampang rotor sangkar tupai memiliki konstruksi yang sederhana. Batang rotor dan cincin ujung sangkar tupai yang kecil merupakan coran tembaga atau aluminium dalam satu lempeng pada inti rotor. Pada motor yang lebih besar, batang rotor dibenamkan dalam alur rotor dan kemudian di las dengan kuat ke cincin ujung. Apabila dilihat tanpa inti rotor, maka batang rotor ini kelihatan seperti kandang tupai. Oleh karena itu motor induksi dengan rotor sangkar tupai dinamakan motor induksi sangkar tupai.

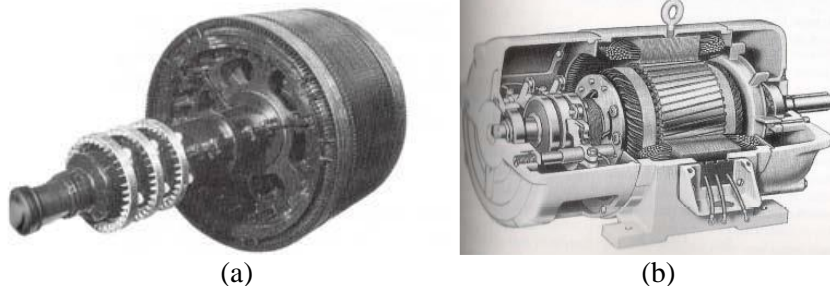
Pada ujung cincin penutup deketakkan kipas yang berfungsi sebagai pendingin. Rotor jenis ini tidak terisolasi, karena batangan dialiri arus yang besar pada tegangan rendah. Motor induksi dengan rotor sangkar tupai ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 (a) tipikal rotor sangkar (b) motor induksi rotor sangkar

Pada tipe rotor belitan, slot rotor menampung belitan terisolasi yang mirip dengan belitan pada stator. Belitan rotor terdistribusi merata, biasanya terhubung bintang dan masing – masing ujung fasa terbuka yang terhubung pada cincin slip yang terpasang pada rotor. Pada motor rotor belitan, sikat

karbon menekan cincin slip, oleh karena itu tahanan eksternal dapat dihubungkan seri dengan belitan rotor untuk mengontrol torsi start dan kecepatan selama pengasutan. Penambahan tahanan eksternal pada rangkaian rotor belitan menghasilkan torsi yang lebih besar dengan arus pengasutan yang lebih kecil dibanding rotor sangkar. Konstruksi motor induksi tiga fasa rotor belitan ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 (a) tipikal rotor belitan (b) motor induksi rotor belitan

2.2.6 Jenis-Jenis Motor Induksi Tiga Fasa Berdasarkan Karakteristik Kelasnya

1. Kelas A

Motor Induksi 3 fasa kelas A memiliki karakteristik sebagai berikut :

- Torsi awal normal (150 – 170%) dari nilai ratingnya) dan torsi breakdownnya tinggi
- Arus awal relatif tinggi dan Slip rendah ($0.0015 < \text{Slip} < 0.005$)
- Tahanan rotor kecil sehingga efisiensi tinggi
- Baik digunakan untuk torsi beban kecil saat start dan cepat mencapai putaran penuhnya

Contoh : pompa dan fan

2. Kelas B

Motor Induksi 3 fasa kelas B memiliki karakteristik sebagai berikut

- Torsi awal normal hampir sama seperti kelas A
- Arus awal rendah (lebih rendah 75% dari kelas A) dan Slip rendah (slip < 0.005)
- Arus awal dapat diturunkan karena rotor mempunyai reaktansi tinggi
- Rotor terbuat dari plat atau saklar ganda
- Efisiensi dan faktor dayanya pada saat berbeban penuh tinggi

Contoh : fan, blower, dan motor generator set

3. Kelas C

Motor Induksi 3 fasa kelas C memiliki karakteristik sebagai berikut

- Torsi awal lebih tinggi (200 % dari nilai ratingnya)
- Arus awal rendah dan Slip rendah (slip < 0.005)
- Reaktansi rotor lebih tinggi dari kelas B
- Rotor menggunakan sankar rendah
- Saat beban penuh slip cukup tinggi sehingga efisiensinya rendah (lebih rendah dari kelas A dan Kelas B)

Contoh : Kompresor, Konveyor, Crushers, dan fort

4. Kelas D

Motor Induksi 3 fasa kelas D memiliki karakteristik sebagai berikut

- a. Torsi awal yang paling tinggi dari kelas lainnya
- b. Arus awal rendah dan Slip tinggi
- c. Motor ini cocok untuk aplikasi dengan perubahan beban dan perubahan kecepatan secara mendadak pada motor
- d. Ketika torsi maksimum slip mencapai harga 0.5 atau lebih, sedangkan ketika beban penuh slip antara 8% hingga 15% sehingga efisiensinya rendah

Contoh : elevator, crane, dan ekstraktor.

2.2.7 Aplikasi Motor Induksi Tiga Fasa dalam Kapal

1. Pompa

Pompa adalah salah satu permesinan bantu diatas kapal yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menghisap dan menaikkan tekanan cairan tersebut. Kenaikan tekanan cairan digunakan untuk mengatasi hambatan-hambatan. Hambatan-hambatan pengaliran itu dapat berupa perbedaan tekanan, perbedaan ketinggian atau hambatan gesek. Pada prinsipnya pompa mengubah energi mekanik motor menjadi energi aliran cairan. Energi yang diterima oleh cairan akan digunakan untuk menaikkan tekanan dan mengatasi tahanan-tahanan yang terdapat pada saluran yang dilalui.

Pompa berdasarkan kegunaannya dikapal antara lain :

e. Pompa Ballast

Ballast yang ditempatkan pada ceruk haluan dan ceruk buritan yang berfungsi untuk melayani perubahan trim kapal. Tangki - tangki ballast dasar ganda dan deep tank diisi dengan ballast berfungsi untuk mendapatkan kondisi draft pada lambung kapal dan menghilangkan kemiringan. Dalam pengoperasian secara sentraslisasi tangki - tangki ballast diisi dan dikosongkan dengan menggunakan pompa yang biasa disebut pompa ballast.



Gambar 2.9 Pompa Ballast

f. Pompa Pendingin

Air yang digunakan untuk mendinginkan mesin induk biasanya diletakkan pada tangki yang ada di double bottom. Dan untuk melancarkan sistem ini

digunakan pompa air tawar yang diletakkan di double bottom yang kemudian dialirkan ke kamar mesin. Sistem ini dipisahkan dari sistem air tawar untuk keperluan air minum.



Gambar 2.10 Pompa Pendingin

g. Pompa Air Tawar

Air tawar biasanya diletakkan pada tangki - tangki persediaan (*storage tanks*) dan tangki dinas yang berada pada *upper deck* dan dari tempat inilah air tersebut dialirkan ke tempat-tempat yang membutuhkan air tawar dengan bantuan pompa air tawar seperti kamar mandi, wc, dapur, laundry, dan sebagainya melalui pipa-pipa. Seluruh air tawar ini harus berdiri sendiri dan penggunaan pipa-pipa, pompa-pompa dan tangki-tangki air tawar tidak digunakan untuk keperluan lain selain sistem air tawar.



Gambar 2.11 Pompa Air Tawar

h. Pompa Bahan Bakar

Bahan bakar disimpan dalam tangki bahan bakar yang berada di *double bottom* dibawah kamar mesin dan untuk mengalirkannya ke tangki induk dan harian digunakan pompa bahan bakar yang juga diletakkan di *double bottom*. Pompa bahan bakar untuk tangki induk dan tangki harian dipisahkan penggunaannya untuk menjaga efisiensi dari pompa tersebut dalam mengalirkan bahan bakar.



Gambar 2.12 Pompa Bahan Bakar

i. Pompa Bilga

Pompa bilga digunakan untuk mengeluarkan air yang ditampung di dalam sumur bilga menuju ke *overboard*. Sistem bilga (*bilge system*) merupakan salah satu sistem di kapal yang digunakan untuk menjaga keselamatan kapal. Fungsi utama sistem bilga adalah sebagai penguras (*drainage*) bila terjadi keborosan pada kapal yang disebabkan oleh kandasnya kapal (*grounded*) atau tabrakan (*collision*), sistem pengurasan harus dapat dilakukan secepat mungkin dari dalam hingga keluar kapal. Fungsi lain dari sistem bilga adalah menguras air yang jumlahnya relatif sedikit yang ditampung di dalam sumur bilga (*bilge well*).



Gambar 2.13 Pompa Bilga

2. Crane

Crane adalah suatu alat pengangkat dan pemindah material yang bekerja dengan prinsip kerja tali, *crane* digunakan untuk angkat muatan secara vertikal dan gerak ke arah horizontal bergerak secara bersama dan menurunkan muatan ke tempat yang telah ditentukan dengan mekanisme pergerakan *crane* secara dua derajat kebebasan. Untuk kapal *container*, *Crane* digunakan untuk memindahkan muatan *container* ke pelabuhan. Sedangkan untuk kapal umum, *Crane* pada kapal biasanya digunakan untuk memasukan persediaan dan *spare part* yang dibutuhkan ke dalam kapal.



Gambar 2.14 Crane pada kapal Container

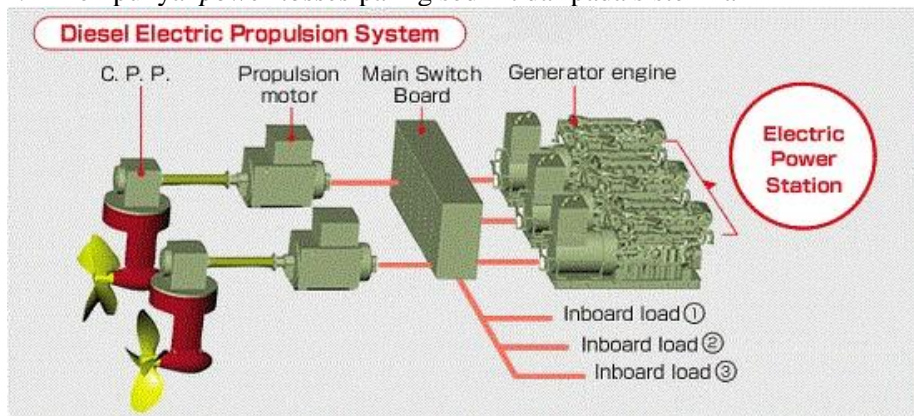
3. Sistem Propulsi Elektrik

Sistem propulsi elektrik adalah sistem penggerak kapal yang menggunakan generator set atau baterai sebagai mesin penggerak kapal. Generator dihubungkan ke *switchboard* kemudian aliran listrik diteruskan ke transformator dan dikonversi menggunakan konverter ke motor elektri yang menggerakkan baling-baling.

Pada awalnya sistem propulsi elektrik merupakan sebuah alternatif penggerak utama kapal yang mahal dan kurang efisien, karena penggunaan motor DC yang besar dan berat. Serta kapal harus memiliki dua sistem elektrik yang terpisah untuk melayani penggerak utama dan permesinan bantu. Namun seiring perkembangan teknologi sekarang ini memungkinkan untuk melengkapi sebuah kapal dengan sistem elektrik dengan kapasitas tenaga yang tak terbatas berdasarkan konsep *Power-station*.

Sistem propulsi elektrik mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan sistem penggerak lain, antara lain :

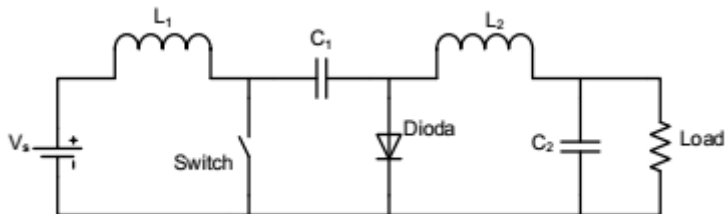
1. Investasi awal tidak teralu besar
2. Menghemat tempat
3. Lebih ringan
4. Mempunyai *power losses* paling sedikit daripada sistem lain



Gambar 2.15 Sistem Propulsi Elektrik

2.2.8 Konverter *Buck & boost*

Konverter *buck & boost* merupakan salah satu jenis rangkaian penaik atau penurun tegangan. Hasil keluaran tegangan *output* mempunyai polaritas yang berkebalikan dengan tegangan *input*. Konverter *buck & boost* terdiri dari sumber tegangan arus searah atau *direct current* (DC), induktor pada sisi *input* (L_1), kapasitor pentransfer tegangan (C_1), pensaklaran atau *switch*, dioda, induktor pada sisi *output* (L_2), kapasitor *filter* (C_2) dan beban (resistif). Bentuk rangkaian konverter *buck & boost* dapat dilihat pada gambar 2.16 Induktor sisi *input* berfungsi sebagai *filter* dari sumber tegangan DC untuk mengurangi riak gelombang *input*. Berbeda dengan konverter pada umumnya dimana aliran energi terjadi pada induktor, pada konverter *buck & boost* aliran energi terjadi pada kapasitor pentransfer tegangan. Hal ini karena pada kondisi *steady state* tegangan rata-rata yang melalui kedua induktor sama dengan nol. Kelebihan dari konverter ini adalah arus kontinu pada sisi *input* dan *output*. Sedangkan kelemahan pada konverter *buck & boost* adalah besarnya nilai reaktif pada komponen dan besarnya arus pada *switch*, dioda serta kapasitor pentransfer tegangan. Berikut adalah rangkaian umum untuk konverter *buck & boost* :

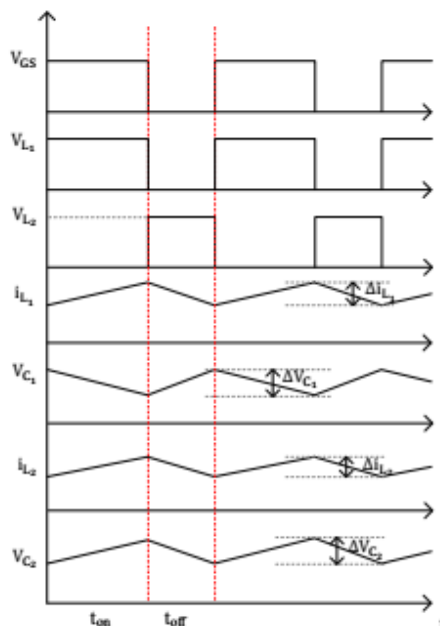


Gambar 2.16 Rangkaian konverter *buck & boost*

Analisa pada konverter *buck & boost* berdasarkan beberapa asumsi berikutini :

1. Kedua induktor pada konverter *buck & boost* mempunyai nilai induktansi yang besar untuk menghasilkan arus yang konstan.
2. Kedua kapasitor pada konverter *buck & boost* mempunyai nilai kapasitansi yang cukup besar untuk menghasilkan tegangan keluaran yang konstan.
3. Rangkaian dioperasikan pada kondisi *steady state*, dimana gelombang tegangan dan arus merupakan gelombang periodik.
4. Untuk *duty cycle* (D), *switch* tertutup pada waktu t_{on} . Dimana t_{on} merupakan perkalian antara *duty cycle* dengan periode (T). Periode merupakan waktu yang dibutuhkan untuk membentuk satu gelombang penuh. Secara matematis dapat dituliskan $t_{on} = D.T$. Selanjutnya, *switch* terbuka pada waktu t_{off} . Dimana t_{off} merupakan perkalian antara $(1-D).T$.
5. Dioda dan *switch* pada rangkaian konverter *buck & boost* merupakan komponen yang ideal.

Prinsip kerja konverter *buck & boost* dapat dianalisa ke dalam dua keadaan, yaitu pada saat *switch on* atau t_{on} dan pada saat *switch off* atau t_{off} . Gambar 2.17 merupakan gambar bentuk gelombang pada rangkaian konverter *buck & boost*.



Gambar 2. 17 Bentuk gelombang rangkaian konverter *buck & boost*

Gambar 2.17 merupakan bentuk gelombang pada rangkaian konverter *buck & boost*, dimana V_{GS} merupakan tegangan pensaklaran pada sisi *gate-source*, V_{L1} merupakan tegangan pada induktor sisi *input* atau L_1 , V_{L2} merupakan tegangan pada induktor sisi *output* atau L_2 , i_{L1} merupakan arus pada sisi *input* atau arus pada sisi induktor L_1 , V_{C1} merupakan tegangan pada kapasitor pentransfer tegangan, i_{L2} merupakan arus pada sisi *output* atau pada induktor L_2 dan V_{C2} merupakan tegangan pada kapasitor filter disisi tegangan *output*.

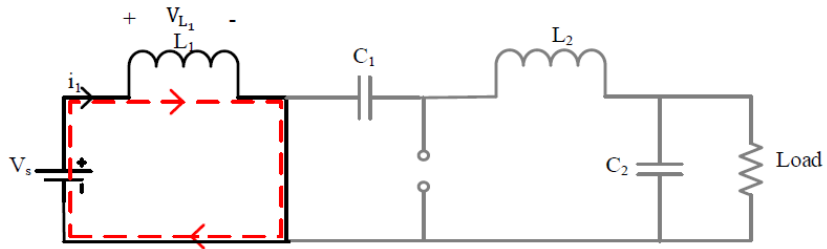
Pada saat *switch on*, *switch* dalam keadaan tertutup dimana V_{GS} akan aktif, sehingga arus akan mengalir melalui *switch* dan dioda dalam kondisi *reverse bias*. Pada kondisi ini, arus pada sisi *input* akan mengalami pengisian energi dari tegangan sumber dan kapasitor pentransfer tegangan (C_1) akan mengalami keadaan *discharge* oleh arus dari induktor sisi *output* (L_2). Sehingga arus pada induktor sisi *output* akan mengalami pengisian energi. Pada saat *switch off*, *switch* dalam keadaan terbuka dan dioda dalam keadaan *forward bias* dimana V_{GS} akan *off*. Sehingga, arus dari induktor sisi *input* (L_1) dan induktor sisi *output* (L_2) akan mengalir melalui dioda dalam kondisi pengosongan energi. Pada keadaan ini kapasitor pentransfer tegangan (C_1) akan mengalami kondisi *charge* oleh arus dari induktor sisi *input* (L_1).

2.2.9 Analisa Rangkaian

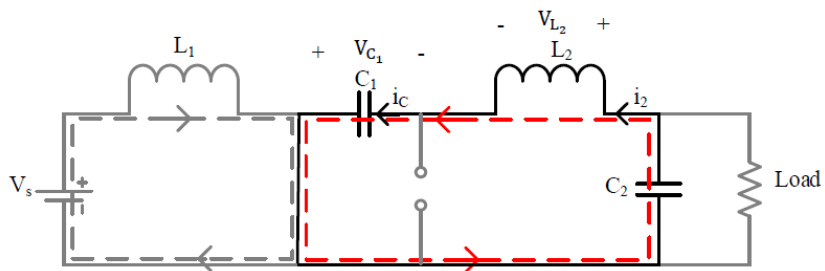
1. Analisis Saklar Tertutup (*Switch On*)

Pada saat saklar tertutup, dioda akan mengalami kondisi *reverse bias*. Sehingga, arus akan mengalir melalui saklar. Pada kondisi ini, induktor sisi *input* (L_1) akan mengalami pengisian energi oleh sumber tegangan DC sesuai dengan gambar 2.18. Sedangkan induktor sisi *output* (L_2) juga mengalami pengisian energi oleh kapasitor pentransfer tegangan (C_1) dan kapasitor *filter*

(C_2) juga mengalami pengisian energi oleh kapasitor pentransfer tegangan serta hanya berfungsi sebagai pengurang riak gelombang pada sisi beban sesuai dengan gambar 2.19.



Gambar 2.18 Konverter buck & boost saat switch on analisa loop kiri



Gambar 2.19 Konverter buck & boost saat switch on analisa loop kanan

Dengan menggunakan analisis rangkaian *loop* tertutup pada gambar 2.18, akan didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$-V_s + V_{L_1(on)} = 0 \quad (2.3)$$

Dengan memindahkan ruas V_s ke sisi sebelah kanan, maka akan didapatkan persamaan baru sebagai berikut :

$$V_{L_1(on)} = V_s \quad (2.4)$$

Dari persamaan 2.4 di atas dapat diketahui bahwa nilai tegangan pada induktor L_1 mempunyai nilai yang sama dengan sumber tegangan DC. Sedangkan pada analisis gambar 2.19, akan didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$-V_{C_1} - V_o + V_{L_2(on)} = 0 \quad (2.5)$$

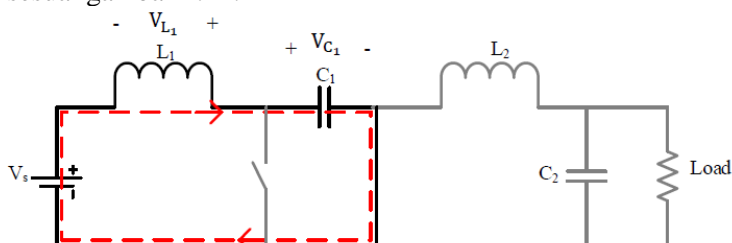
Dengan memindah ruaskan V_o dan V_{C_1} ke ruas sebelah kanan, maka akan didapatkan persamaan baru sebagai berikut:

$$V_{L_2(on)} = V_{C_1} + V_o \quad (2.6)$$

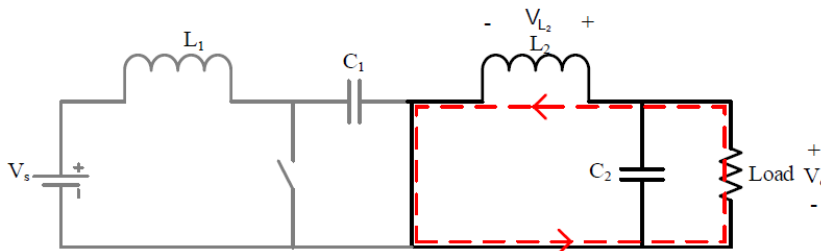
Dari persamaan 2.6 di atas dapat diketahui bahwa nilai tegangan induktor L_2 mempunyai nilai yang sama dengan pengurangan tegangan antara tegangan pada kapasitor pentransfer (C_1) dengan tegangan *output*.

2. Analisis Saklar Terbuka (*Switch Off*)

Pada saat saklar terbuka, dioda akan mengalami kondisi *forward bias*. Sehingga, arus akan mengalir melalui dioda. Arus yang mengalir melalui dioda merupakan arus dari induktor L_1 dan induktor L_2 . Pada kondisi ini, kapasitor pentransfer tegangan (C_1) akan mengalami *charge* dan mendapat aliran energi dari sumber tegangan DC dan induktor L_1 sesuai dengan gambar 2.20. Sedangkan induktor L_2 akan mengalami pengosongan arus dan mengalirkan energi ke beban serta kapasitor *filter* C_2 akan mengalirkan energi ke beban sesuai gambar 2.21.



Gambar 2.20 Konverter *buck & boost* saat *switch off* analisa loop kiri



Gambar 2.21 Konverter *buck & boost* saat *switch off* analisa loop kanan

Dengan menggunakan analisis rangkaian loop tertutup pada gambar 2.20, akan didapatkan dua persamaan sebagai berikut :

$$-V_s + V_{L_1(off)} + V_{C_1} = 0 \quad (2.7)$$

Dengan memindahruaskan V_s dan V_{C_1} ke ruas sisi kanan, maka akan didapatkan persamaan baru sebagai berikut :

$$V_{L_1(off)} = V_s - V_{C_1} \quad (2.8)$$

Dari persamaan 2.8 di atas dapat diketahui bahwa nilai induktor L_1 pada saat pengosongan arus sama dengan nilai dari sumber tegangan DC dikurangi dengan tegangan pada kapasitor pentransfer tegangan (C_1). Sedangkan pada gambar 2.21 akan didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$-V_o + V_{L_2(off)} = 0 \quad (2.9)$$

Dengan memindahruaskan V_o ke ruas sebelah kanan, maka akan didapatkan nilai pengosongan arus pada induktor L_2 sebagai berikut :

$$V_{L_2(off)} = V_o \quad (2.10)$$

Dari persamaan 2.10 di atas dapat diketahui bahwa nilai pengosongan arus pada induktor L_2 sama dengan nilai tegangan output dengan polaritas yang berkebalikan.

3. Penurunan Persamaan Rasio Konversi

Penurunan persamaan rasio konversi dapat dilakukan dengan penurunan arus pada kondisi saklar terbuka dan pada kondisi saklar tertutup. Dengan menggunakan prinsip inductor voltage second balance akan didapatkan dua buah penurunan persamaan untuk nilai V_{L_1} dan nilai V_{L_2} . Untuk V_{L_1} didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$\int_0^{DT} V_{L_1(on)} + \int_{DT}^T V_{L_1(off)} = 0 \quad (2.11)$$

Dimana D merupakan *duty cycle* dan T merupakan periode gelombang *switch on* dan *switch off*. Dengan melakukan substitusi persamaan 2.14 dan persamaan 2.8 ke persamaan 2.11, maka akan didapatkan persamaan baru sebagai berikut :

$$\int_0^{DT} V_s + \int_{DT}^T V_s + V_{C_1} = 0 \quad (2.12)$$

Integral pertama berlangsung pada saat keadaan saklar tertutup yaitu pada rentang waktu 0 sampai DT . Sedangkan integral kedua berlangsung pada saat saklar dalam keadaan terbuka yaitu pada rentang waktu DT sampai T . Setelah dilakukan pengintegralan pada persamaan 2.12, maka akan didapatkan persamaan baru sebagai berikut :

$$V_s(DT - 0) + (V_s - V_{C_1}).(T - DT) = 0 \quad (2.13)$$

Dengan melakukan proses distribusi matematika pada persamaan 2.13, maka akan didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$DT.V_s + T.V_s - DT.V_s - T.V_{C_1} + DT.V_{C_1} = 0 \quad (2.14)$$

Lakukan pembagian pada persamaan 2.14 dengan T , sehingga akan didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$D.V_s + V_s - D.V_s - V_{C_1} + D.V_{C_1} = 0 \quad (2.15)$$

Nilai $D.V_s$ akan saling menghilangkan dengan nilai $-D.V_s$, sehingga akan didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$V_s - V_{C_1} + D.V_{C_1} = 0 \quad (2.16)$$

Dengan memindahruaskan V_{C_1} dan $D.V_{C_1}$ ke ruas kanan, maka akan didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$V_s = V_{C_1} - D.V_{C_1} \quad (2.17)$$

$$V_s = (1 - D).V_{C_1} \quad (2.18)$$

Pada persamaan 2.18 akan dijadikan ke dalam parameter V_{C_1} , sehingga akan menjadi sebagai berikut :

$$V_{C_1} = \frac{1}{1-D}.V_s \quad (2.19)$$

Dengan cara yang sama untuk mencari nilai V_{L_2} akan didapatkan bentuk persamaan sebagai berikut :

$$\int_0^{DT} V_{L_2(on)} + \int_{DT}^T V_{L_2(off)} = 0 \quad (2.20)$$

Dengan melakukan substitusi persamaan 2.6 dan 2.10 ke persamaan 2.20, maka akan didapatkan persamaan baru sebagai berikut :

$$\int_0^{DT} V_{C_1} + V_o + \int_{DT}^T V_o = 0 \quad (2.21)$$

Integral pertama berlangsung pada saat keadaan saklar tertutup yaitu pada rentang waktu 0 sampai DT. Sedangkan integral kedua berlangsung pada saat saklar dalam keadaan terbuka yaitu pada rentang waktu DT sampai T. Setelah dilakukan pengintegralan pada persamaan 2.21, maka akan didapatkan persamaan baru sebagai berikut :

$$(V_{C_1} + V_o).(DT - 0) + V_o.(T - DT) = 0 \quad (2.22)$$

Dengan melakukan proses distribusi matematika pada persamaan 2.22, maka akan didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$DT.V_{C_1} + DT.V_o + T.V_o - DT.V_o = 0 \quad (2.23)$$

Lakukan pembagian pada persamaan 2.23 dengan T, sehingga akan didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$D \cdot V_{C_1} + D \cdot V_o + V_o - D \cdot V_o = 0 \quad (2.24)$$

Nilai $-D \cdot V_o$ akan saling menghilangkan dengan nilai $D \cdot V_o$, sehingga akan didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$D \cdot V_{C_1} + V_o = 0 \quad (2.25)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 2.19 ke persamaan 2.25, maka akan didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$D \cdot \frac{1}{1-D} V_S + V_o = 0 \quad (2.26)$$

Dengan melakukan pemindahan ruas persamaan $D \cdot \frac{1}{1-D} V_S$ ke ruas sebelah kanan, maka akan didapatkan persamaan sebagai berikut

$$V_o = -D \cdot \frac{1}{1-D} V_S \quad (2.27)$$

Sehingga, persamaan rasio konversi untuk perbandingan nilai tegangan output dengan tegangan input adalah

$$\frac{V_o}{V_S} = -\frac{D}{1-D} \quad (2.28)$$

Dari persamaan 2.28 dapat diketahui bahwa, nilai tegangan output pada konverter *buck & boost* memiliki polaritas minus yang artinya berkebalikan dengan tegangan input. Hal ini sesuai dengan teori yang dijelaskan pada halaman sebelumnya.

4. Penurunan Parameter Komponen

Berdasarkan gambar 2.20, rangkaian konverter *buck & boost* memiliki beberapa parameter, seperti induktor pada sisi *input* (L_1), kapasitor pentransfer tegangan (C_1), induktor pada sisi *output* (L_2), kapasitor *filter* (C_2) dan beban (resistif). Untuk itu, perlu adanya perhitungan dalam menentukan parameter-parameter tersebut sebagai bahan desain konverter *buck & boost*. Berikut akan dibahas mengenai perhitungan parameter konverter *buck & boost* berdasarkan perhitungan. Pertama akan dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai induktor pada sisi *input* (L_1). Perhitungan nilai L_1 dilakukan pada saat kondisi saklar dalam keadaan *on*.

Berdasarkan gambar 2.20 diketahui bahwa arus mengalir dari sumber tegangan DC menuju L_1 dan melalui saklar pada saat *on*. Sehingga, berdasarkan *Khircoff Voltage Law* akan didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$-V_S + V_{L_1} = 0 \quad (2.29)$$

Dengan memindahruaskan nilai V_s ke sisi sebelah kanan, maka akan didapatkan persamaan baru sebagai berikut :

$$V_{L_1} = V_s \quad (2.30)$$

V_{L_1} merupakan nilai dari $L_1 \cdot \frac{di_1}{dt}$, sehingga persamaan 2.30 dapat diubah menjadi berikut

$$L_1 \cdot \frac{di_1}{dt} = V_s \quad (2.31)$$

Nilai $\frac{di_1}{dt}$ merupakan nilai perubahan arus *input* pada interval waktu tertentu, dimana di_1 merupakan nilai dari *ripple* arus pada sisi *input* (Δi_1) dan dt merupakan fungsi waktu pada saat saklar dalam kondisi *on*. Sehingga, nilai dt sama dengan nilai t_{on} . maka, persamaan 2.31 dapat diubah menjadi :

$$L_1 \cdot \frac{di_1}{t_{on}} = V_s \quad (2.32)$$

Δi_1 merupakan nilai dari *factor ripple* (λ) yang dikalikan dengan arus dan t_{on} merupakan nilai dari *duty cycle* (D) dikalikan dengan periode satu gelombang penuh (T). Sehingga, persamaan 2.32 dapat diubah menjadi :

$$L_1 \cdot \frac{\lambda i_1}{D.T} = V_s \quad (2.33)$$

$$L_1 = \frac{V_s \cdot D \cdot T}{\lambda i_1} \quad (2.34)$$

Berdasarkan persamaan 2.28, nilai D dapat diubah ke dalam bentuk $\frac{V_o}{V_o + V_s}$, nilai T merupakan kebalikan dari nilai frekuensi *switching* (f_s) dan nilai i_1 merupakan pembagian antara daya (P) dengan tegangan sumber (V_s). Maka, persamaan 2.34 dapat diubah menjadi :

$$L_1 = \frac{V_s \cdot \frac{V_o}{V_o + V_s}}{\lambda \frac{P}{V_s} \cdot f_s} \quad (2.35)$$

$$L_1 = \frac{V_s^2 \cdot V_o}{\lambda \cdot P \cdot f_s \cdot (V_o + V_s)} \quad (2.36)$$

Kedua, akan dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai dari L_2 . Nilai L_2 dapat ditentukan pada saat rangkaian dalam kondisi saklar *off*. Berdasarkan gambar 2.21, akan ada aliran arus dari induktor L_2 menuju ke beban. Sehingga,

menurut analisa *Khircoff Voltage Law*, akan didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$V_{L_2} = V_o \quad (2.37)$$

V_{L_2} merupakan nilai dari $L_2 \cdot \frac{di_2}{dt}$, sehingga persamaan 2.37 dapat diubah menjadi berikut

$$L_2 \cdot \frac{di_2}{dt} = V_o \quad (2.38)$$

Nilai $\frac{di_2}{dt}$ merupakan nilai perubahan arus *output* pada interval waktu tertentu, dimana di_2 merupakan nilai dari *ripple* arus pada sisi *output* (Δi_2) dan dt merupakan fungsi waktu pada saat saklar dalam kondisi *off*. Sehingga, nilai dt sama dengan nilai t_{off} . maka, persamaan 2.38 dapat diubah menjadi:

$$L_2 \cdot \frac{\Delta i_2}{t_{off}} = V_o \quad (2.39)$$

Δi_2 merupakan nilai dari faktor *ripple* (λ) yang dikalikan dengan arus dan t_{off} merupakan nilai dari *duty cycle* pada kondisi saklar *off* (1-D) dikalikan dengan periode satu gelombang penuh (T). Sehingga, persamaan 2.39 dapat diubah menjadi :

$$L_2 \cdot \frac{\lambda i_2}{(1-D) \cdot T} = V_o \quad (2.40)$$

$$L_2 = \frac{V_o \cdot (1-D) \cdot T}{\lambda i_2} \quad (2.41)$$

Pada perhitungan ini diasumsikan bahwa daya *input* sama dengan daya *ouput*.

$$P_s = P_o$$

$$V_s \cdot i_1 = V_o \cdot i_2$$

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{V_o}{V_s} \quad (2.42)$$

Berdasarkan persamaan 2.28 mengenai rasio konversi, maka nilai i_2 dapat diubah ke dalam rasio konversi pula menjadi persamaan berikut ini :

$$\begin{aligned} \frac{i_1}{i_2} &= \frac{D}{1-D} \\ i_2 &= \frac{1-D}{D} \cdot i_1 \end{aligned} \quad (2.43)$$

Substitusikan persamaan 2.43 ke dalam persamaan 2.41

$$L_2 = \frac{V_o \cdot (1-D) \cdot T}{\lambda \cdot \frac{1-D}{D} \cdot i_1} \quad (2.44)$$

$$L_2 = \frac{V_o \cdot D \cdot T}{\lambda i_1} \quad (2.45)$$

Berdasarkan persamaan 2.28, nilai D dapat diubah ke dalam bentuk $\frac{V_o}{V_o + V_s}$, nilai T merupakan kebalikan dari nilai frekuensi *switching* (fs) dan nilai i_1 merupakan pembagian antara daya (P) dengan tegangan sumber (V_s) Maka, persamaan 2.45 dapat diubah menjadi :

$$L_2 = \frac{V_o \cdot \frac{V_o}{V_o + V_s}}{\lambda \cdot \frac{P}{V_s} \cdot f_s} \quad (2.46)$$

$$L_2 = \frac{V_s \cdot V_o^2}{\lambda \cdot P \cdot f_s \cdot (V_o + V_s)} \quad (2.47)$$

Ketiga, akan dilakukan penurunan persamaan untuk menentukan nilai dari kapasitor pentransfer tegangan (C_1). Analisa C_1 dilakukan pada saat rangkaian dalam kondisi saklar *on*. Berdasarkan gambar 2.17, kapasitor C_1 dalam keadaan *discharging*, sehingga akan mengalirkan arus dari kapasitor C_1 menuju ke beban dan ke induktor L_2 . Karena berada pada satu *loop* yang sama, maka besarnya arus dari kapasitor C_1 sama dengan arus yang mengalir ke beban i_2 . Sehingga dapat dituliskan persamaan sebagai berikut :

$$I_c = i_2 \quad (2.48)$$

I_c merupakan arus yang mengalir pada kapasitor, sehingga dapat diturunkan ke dalam persamaan $C_1 \cdot \frac{dV_c}{dt}$. Sedangkan i_2 merupakan arus yang mengalir ke beban dan dapat diganti dengan persamaan 2.43. Sehingga, persamaan 2.48 dapat diubah menjadi :

$$C_1 \cdot \frac{dV_c}{dt} = \frac{1-D}{D} \cdot i_1 \quad (2.49)$$

dV_c merupakan perkalian antara faktor *ripple* tegangan dengan tegangan maksimal yang dapat ditahan oleh kapasitor C_1 . Kapasitor C_1 merupakan kapasitor pentransfer tegangan, dimana kapasitor C_1 akan dilewati oleh tegangan sumber dan tegangan *output*. Sehingga nilai V_{C_1} sama dengan nilai $V_s + V_o$. Sedangkan dt merupakan waktu dalam keadaan saklar *on* atau t_{on} . Maka, persamaan 2.49 dapat diubah menjadi :

$$C_1 \cdot \frac{\lambda \cdot (V_s + V_o)}{t_{on}} = \frac{1-D}{D} \cdot i_1 \quad (2.50)$$

Nilai t_{on} merupakan nilai dari *duty cycle* (D) dikalikan dengan satu periode gelombang penuh (T). Dengan merubah nilai t_{on} dan memindahruaskan parameter pada persamaan 2.50, maka akan didapatkan persamaan baru sebagai berikut :

$$C_1 = \frac{(1-D) \cdot i_1 \cdot D \cdot T}{D \cdot \lambda \cdot (V_s + V_o)} \quad (2.51)$$

Berdasarkan persamaan 2.28, nilai D dapat diubah menjadi bentuk $\frac{V_o}{V_o + V_s}$, nilai T merupakan kebalikan dari nilai frekuensi *switching* (f_s) dan nilai i_1 merupakan pembagian antara daya (P) dengan tegangan sumber (V_s). Maka persamaan 2.51 dapat diubah menjadi :

$$C_1 = \frac{\left(1 - \frac{V_o}{V_o + V_s}\right) \frac{P}{V_s}}{\lambda \cdot (V_s + V_o) \cdot f_s} \quad (2.52)$$

$$C_1 = \frac{P}{\lambda \cdot f_s \cdot (V_o + V_s)^2} \quad (2.53)$$

Keempat, akan dilakukan penurunan rumus untuk menentukan nilai kapasitor *filter* (C_2). Karena kapasitor ini sebagai kapasitor *filter*, maka penurunannya dapat menggunakan persamaan dasar sebagai berikut:

$$V = I \cdot R \quad \text{atau} \\ \Delta V_o = i_2 \cdot X_{C_2} \quad (2.54)$$

Dimana, ΔV_o merupakan *ripple* tegangan *output* dari rangkaian konverter *buck & boost* yang dapat diganti dengan persamaan $\lambda \cdot V_o$, i_2 merupakan arus yang mengalir pada beban dan X_{C_2} merupakan impedansi dari kapasitor C_2 yang nilainya sama dengan $\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_s \cdot c_2}$. Sehingga, persamaan 2.54 dapat diubah menjadi :

$$\lambda \cdot V_o = i_2 \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_s \cdot c_2} \quad (2.55)$$

Dengan memindahruaskan persamaan 2.55, maka akan didapatkan persamaan untuk menentukan nilai kapasitor *filter* adalah

$$C_2 = i_2 \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_s \cdot V_o \cdot \lambda} \quad (2.56)$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini akan dilakukan dalam beberapa langkah sebagai berikut

:

1. Studi literatur

Pada tahap studi literatur, akan dipelajari mengenai Motor dc dan konverter *buck & boost*. Konverter *buck & boost* merupakan salah satu jenis rangkaian penguat atau pengurang tegangan dengan tegangan keluaran mempunyai polaritas yang berkebalikan dengan tegangan masukan.

2. Analisa rangkaian

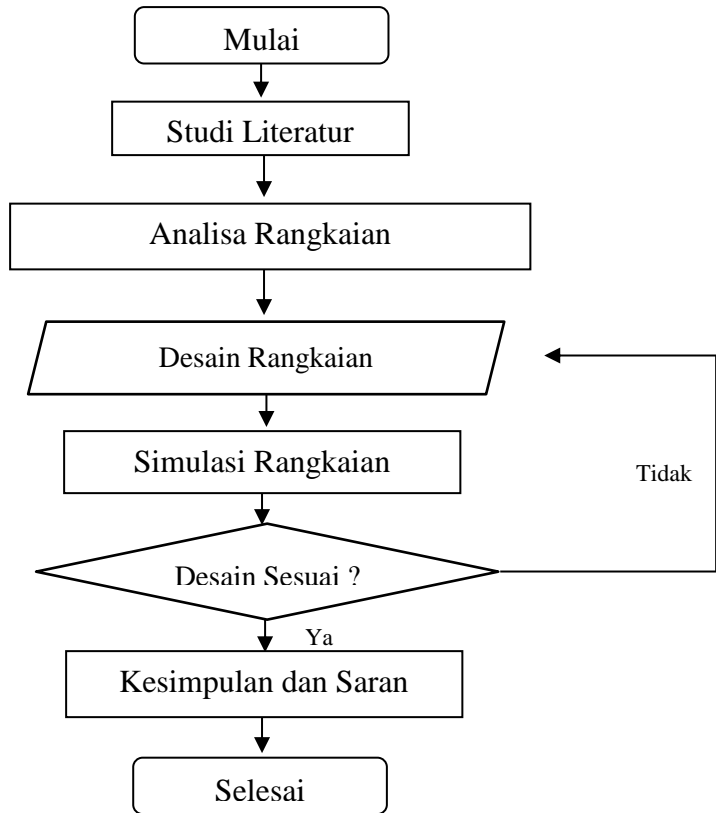
Pada tahap analisa rangkaian, akan dilakukan penurunan rumus untuk mengetahui nilai induktansi dan kapasitansi sebagai parameter yang akan digunakan dalam mendesain rangkaian.

3. Desain dan simulasi rangkaian

Setelah mendapatkan penurunan rumus untuk mengetahui nilai induktansi dan kapasitansi, akan dilakukan desain rangkaian dengan memperhatikan parameter yang telah ada seperti tegangan masukan, tegangan keluaran, frekuensi pensaklaran, dan *duty cycle*.

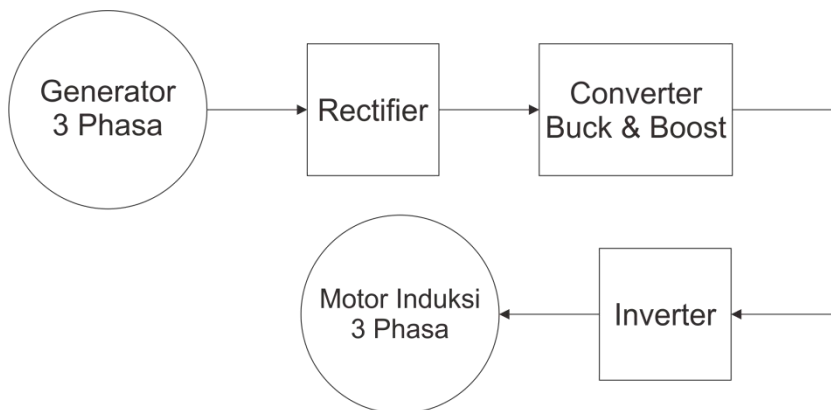
4. Penarikan kesimpulan

Penarikan kesimpulan berdasarkan data yang telah diambil dari tahap simulasi.



3.2 Desain Rangkaian

Pada bab ini akan dibahas mengenai desain konverter *buck & boost*. Pembuatan desain ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik konverter *buck & boost*, bahwa penggunaan konverter *buck & boost* dapat mengurangi *ripple* pada tegangan masukan. Proses menentukan desain konverter *buck & boost* berdasarkan pada penurunan rumus parameter yang telah dibahas pada bab 2.2.9. Setelah mengetahui nilai dari semua parameter, rangkaian konverter *buck & boost* ini akan disimulasikan untuk mengetahui apakah rangkaian dapat berjalan dengan baik atau tidak serta mengamati bentuk gelombang yang terbentuk pada proses pensaklaran dan *ripple* yang dihasilkan oleh tegangan masukan. Secara umum, diagram blok rangkaian konverter *buck & boost* adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Blok Rangkaian Konverter *buck & boost*

3.2.1 Spesifikasi Motor Induksi dan Generator

Pada percobaan kali ini akan menggunakan motor induksi tiga fasa untuk *electric propulsion* pada kapal MV. TRIMARAN TITIAN, dengan spesifikasi sebagai berikut :

Merk : SIEMENS
 Jenis : SIMOTICS HV
 Type : 1RN7714-2
 Power : 10.000 kw
 Volt : 11.000 Volt
 Speed : 2988 rpm
 Effisiensi : 95 %
 Poles : 2
 Frekuensi : 50 Hz
 Curent Rating : 640 A
 Moment of Inertia : 174 J

Sedangkan untuk spesifikasi generator, sebagai berikut :

Merk : AVK
 Type : DIG 161 n/6L
 Power rating : 7125 kVA
 Speed : 1000 rpm

Frekuensi : 50 Hz
 Voltage : 11 kV
 Curent : 374 A

3.2.2 Desain Konverter *Buck & boost*

Desain konverter awal yaitu menentukan parameter tegangan *input*, frekuensi *switching*, faktor *ripple* arus dan tegangan, serta daya. Desain parameter awal ini bertujuan untuk menentukan nilai dari beban, induktor dan kapasitor. Berikut adalah tabel mengenai desain parameter awal rangkaian.

Tabel 3.1 Desain Awal Rangkaian

No.	Komponen	Nilai	Satuan
1	Tegangan <i>Input</i>	11.000	Volt
2	Tegangan <i>Output</i>	11.000	Volt
3	Daya <i>Output</i>	10.000	kWatt
4	Frekuensi <i>switching</i>	62500	Hz
5	<i>Ripple</i> arus masukan	1	%
6	<i>Ripple</i> arus keluaran	2	%
7	<i>Ripple</i> tegangan	0,1	%

Pada desain ini, faktor *ripple* arus masukan dan luaran dibuat berbeda karena pada penentuan nilai induktor, nilai L_1 dan L_2 harus berbeda sehingga faktor yang dapat digunakan untuk membuat nilai induktor berbeda adalah faktor *ripple*. Tegangan *input* 11.000 volt dengan daya 10.000 kw. Untuk tegangan *output* sebesar 11.000 volt. Berdasarkan tegangan *input* dan tegangan *output* yang telah ditentukan, maka *duty cycle* yang digunakan pada rangkaian konverter *buck & boost* dapat ditentukan dengan persamaan rasio konversi 2.28 yaitu :

$$\frac{V_o}{V_s} = - \frac{D}{1 - D}$$

Tanda negatif menunjukkan bahwa tegangan *output* pada rangkaian konverter *buck & boost* memiliki polaritas yang berkebalikan dengan tegangan *input*, sehingga dalam perhitungan dapat diabaikan. Substitusikan nilai tegangan *input* dan tegangan *output* pada persamaan di atas

$$\frac{11.000}{11.000} = \frac{D}{1 - D}$$

$$11.000 - 11.000D = 11.000D$$

$$11.000 = 22.000D$$

$$D = 0,5$$

Duty cycle yang ditentukan pada desain rangkaian konverter *buck & boost* sebesar 50% dengan frekuensi pensaklaran sebesar 62,5 kHz. Kedua parameter tersebut digunakan untuk *switch* pada mosfet.

Selanjutnya pada desain rangkaian konverter *buck & boost* ini terdapat dua buah induktor tunggal pada sisi *input* dan pada sisi *output*. Untuk menentukan nilai kedua induktor tersebut digunakan persamaan yang telah dibahas pada bab 2.2.9. Induktor sisi input (L_1) dapat ditentukan dengan persamaan 2.36, yaitu :

$$L_1 = \frac{V_s^2 \cdot V_o}{\lambda \cdot P \cdot f_s \cdot (V_o + V_s)}$$

V_o	= tegangan <i>input</i> (Volt)
V_s	= tegangan <i>output</i> (Volt)
λ	= faktor <i>ripple</i>
P	= daya (Watt)
f_s	= frekuensi <i>switching</i> (Hz)

Faktor *ripple* yang digunakan pada desain induktor L_1 adalah faktor *ripple* pada sisi arus masukan yaitu 1%. Dengan menyubstitusikan parameter pada tabel 3.1, maka nilai L_1 dapat ditentukan sebagai berikut :

$$L_1 = \frac{11.000^2 \cdot 11.000}{0,01 \cdot 10.000.000 \cdot 62.500 \cdot (11.000 + 11.000)}$$

$$L_1 = 0,00968 = 9,68 \text{ mH}$$

Induktor sisi *output* (L_2) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.47, yaitu

$$L_2 = \frac{V_s \cdot V_o^2}{\lambda \cdot P \cdot f_s \cdot (V_o + V_s)}$$

Faktor *ripple* yang digunakan pada desain induktor L_2 adalah faktor *ripple* pada sisi *output* keluaran yaitu 2%. Dengan menyubstitusikan parameter pada tabel 3.1, maka didapatkan nilai L_2 adalah sebagai berikut :

$$L_2 = \frac{11.000 \cdot 11.000^2}{0,02 \cdot 1.000.000 \cdot 62.500 \cdot (11.000 + 11.000)}$$

$$L_2 = 0,00484 \text{ H} = 4,84 \text{ mH}$$

Kemudian akan ditentukan nilai kapasitor pada rangkaian konverter *buck & boost*. Terdapat dua kapasitor pada rangkaian konverter *buck & boost*, yaitu kapasitor pentransfer tegangan dan kapasitor filter pada sisi *output*. Kapasitor pentransfer tegangan dapat ditentukan dengan persamaan 2.53, yaitu sebagai berikut :

$$C_1 = \frac{P}{\lambda \cdot f_s \cdot (V_o + V_s)^2}$$

Faktor *ripple* yang digunakan pada persamaan diatas adalah faktor *ripple* tegangan dengan nilai 0,1%. Dengan menyubstitusikan parameter pada tabel 3.1 dapat ditentukan nilai C_1 sebagai berikut

$$C_1 = \frac{10.000.000}{0,001.62500. (11.000 + 11.000)^2}$$

$$C_1 = 0,00033 F = 0,33 mF$$

Sedangkan untuk menentukan kapasitor filter pada sisi tegangan output dapat digunakan persamaan 2.56

$$C_2 = i_2 \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_s \cdot V_o \cdot \lambda}$$

Nilai i_2 merupakan nilai arus pada sisi *output*. Nilai i_2 merupakan pembagian antara daya (P) dengan tegangan *output* (V_o), sehingga persamaan di atas dapat diubah menjadi :

$$C_2 = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot f_s \cdot V_o^2 \cdot \lambda}$$

Faktor *ripple* yang digunakan adalah faktor *ripple* tegangan yang nilainya sebesar 0,1%. Sehingga, dengan menyubstitusikan parameter pada tabel 3.1, didapatkan nilai kapasitor *filter* adalah

$$C_2 = \frac{10.000.000}{2,3,14.62500. 11.000^2 \cdot 0,001}$$

$$C_2 = 0,00021 = 0,21 mF$$

Dari perhitungan-perhitungan diatas, didapatkan parameter-parameter untuk simulasi sebagai berikut :

Tabel 3.2 Paramater rangkaian konverter *buck & boost*

No.	Komponen	Nilai	Satuan
1	Tegangan <i>Input</i>	11.000	Volt
2	Tegangan <i>Output</i>	11.000	Volt
3	Daya	10.000	kWatt
4	Frekuensi <i>switching</i>	62500	Hz
5	<i>Ripple</i> arus masukan	1	%
6	<i>Ripple</i> arus keluaran	1	%
7	<i>Ripple</i> tegangan	1	%

8	Induktor L_1	9,68	mH
9	Induktor L_2	4,64	mH
10	Kapasitor Pentransfer	0,33	mF
11	Kapasitor <i>filter</i>	0,21	mF

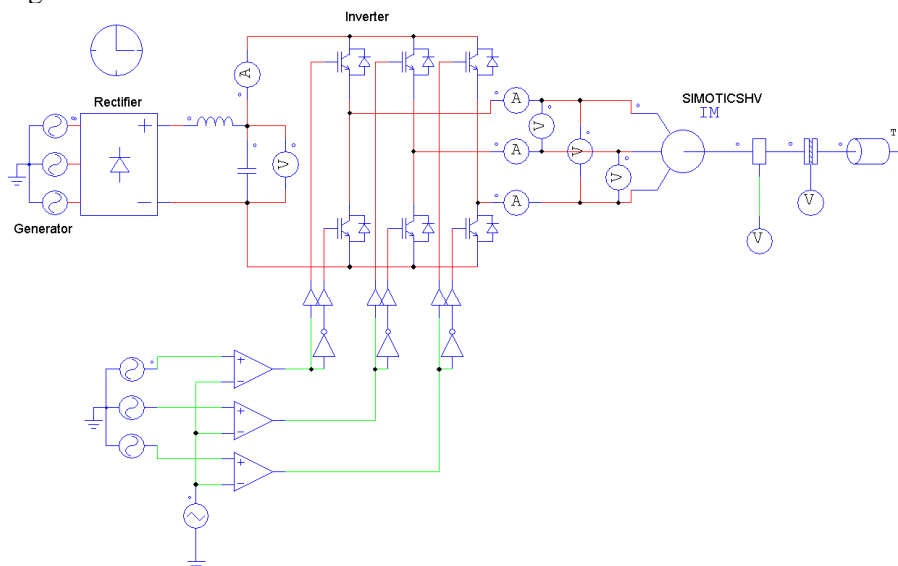
3.3 Simulasi Rangkaian

Simulasi digunakan untuk mengetahui apakah rangkaian dapat berjalan atau tidak. Simulasi ini bertujuan untuk membandingkan nilai ripple tegangan masukan pada saat sebelum menggunakan rangkaian konverter *buck & boost* dan setelah menggunakan rangkaian konverter *buck & boost*. Sesuai teori yang telah dijelaskan bahwa dengan parameter awal yang sama yaitu tegangan *input*, tegangan *output*, frekuensi *switching*, daya, faktor *ripple* arus masukan, faktor *ripple* arus keluaran, faktor *ripple* tegangan, maka akan didapatkan nilai kontruksi induktor. Selain itu, nilai *ripple* arus masukan yang dihasilkan oleh rangkaian konverter *buck & boost* akan lebih rendah dari pada tidak menggunakan rangkaian konverter *buck & boost*.

Oleh karena itu, pada tahap simulasi ini, akan dibuat dua buah rangkaian simulasi sebagai media pembanding. Simulasi pertama merupakan simulasi dengan tidak menggunakan rangkaian konverter *buck & boost*. Simulasi kedua merupakan simulasi dengan menggunakan rangkaian konverter *buck & boost*. Pada penelitian kali ini, simulasi akan menggunakan *software Power Simulator (psim)*.

3.3.1 Simulasi Motor Drive

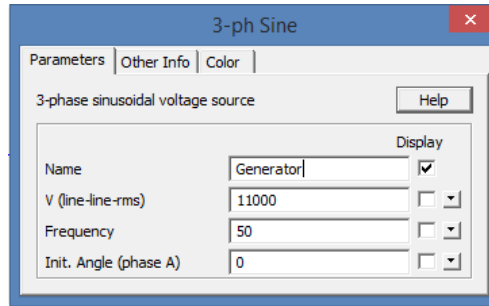
Pada simulasi ini, akan disimulasikan rangkaian *motor drive* tanpa menggunakan konverter. Komponen *Motor Drive* terdiri dari Generator tiga fasa, rectifier tiga fasa, inverter, dan motor induksi tiga fasa. Rangkaian motor drive dapat dilihat pada gambar 3.2 sebagai berikut.



Gambar 3.2 Rangkaian *Motor Drive* dalam *software Power Simulator*

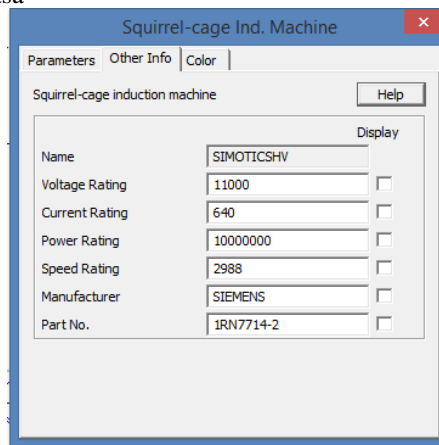
Pada simulasi *motor drive* kita harus memasukkan indikator-indikator pada bab 4.1.1 kedalam *software Power Simulator*. Indikator yang dimasukkan antara lain sebagai berikut :

1. Generator tiga fasa



Gambar 3.3 Indikator Generator tiga Fasa

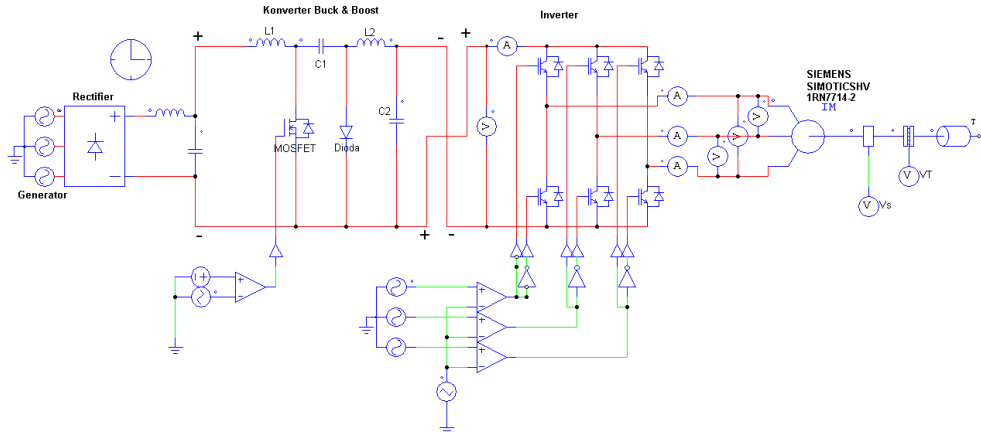
2. Motor Induksi tiga fasa



Gambar 3.4 Indikator Motor Induksi tiga Fasa

3.3.2 Simulasi *Motor Drive* dengan Konverter *Buck & Boost*

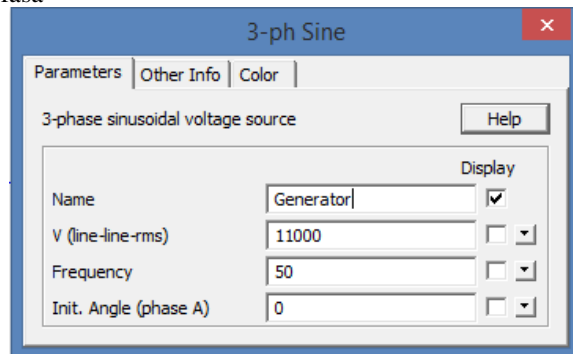
Pada simulasi ini, akan disimulasikan rangkaian *motor drive* dan akan disambungkan dengan konverter *buck & boost*. Komponen *Motor Drive* sama seperti pada bab 3.2.1. Sedangkan untuk komponen konverter *buck & boost* seperti dijelaskan pada bab 2.2.8, yaitu : induktor pada sisi *input* (L_1), kapasitor pentransfer tegangan (C_1), pensaklaran atau *switch* yang akan menggunakan mosfet, dioda, induktor pada sisi *output* (L_2), dan kapasitor *filter* (C_2). Rangkaian *motor Drive* dengan konverter *buck & boost* dapat dilihat pada gambar 3.5 sebagai berikut.



Gambar 3.5 Rangkaian Motor Drive dan Buck & Boost dalam software Power Simulator

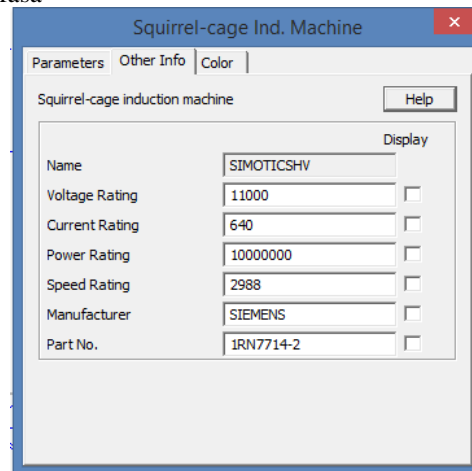
Setelah rangkaian sudah jadi, seperti pada simulasi *motor Drive*, kita memasukkan indikator-indikator pada tabel 3.2 kedalam *software Power Simulator*. Indikator yang dimasukkan antara lain sebagai berikut :

1. Generator tiga fasa

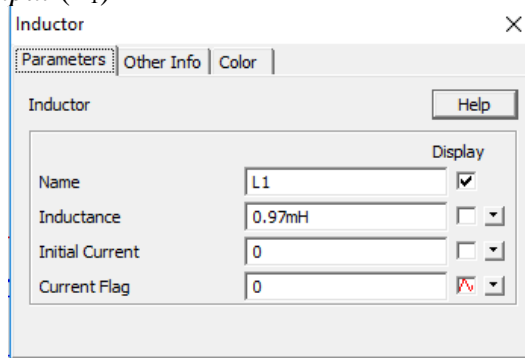
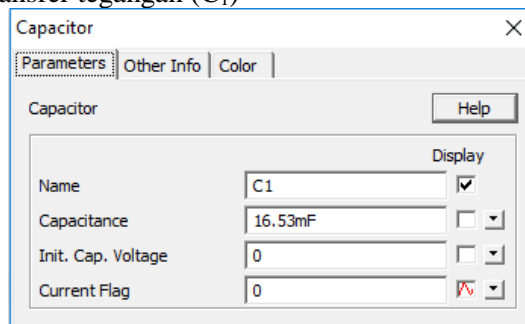
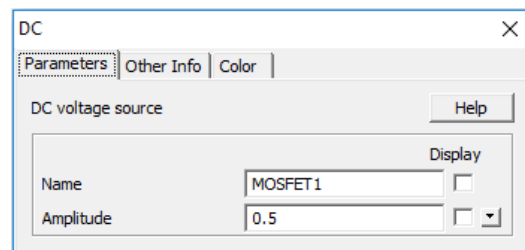


Gambar 3.6 Indikator Generator tiga Fasa

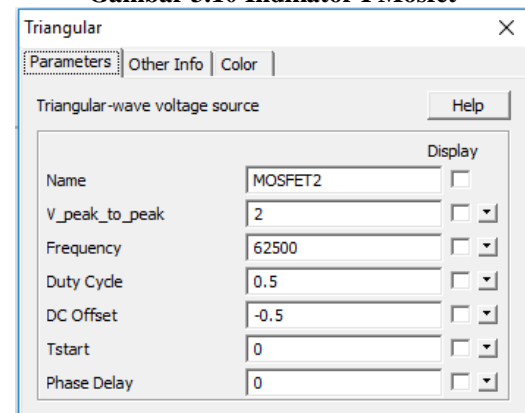
2. Motor Induksi tiga fasa



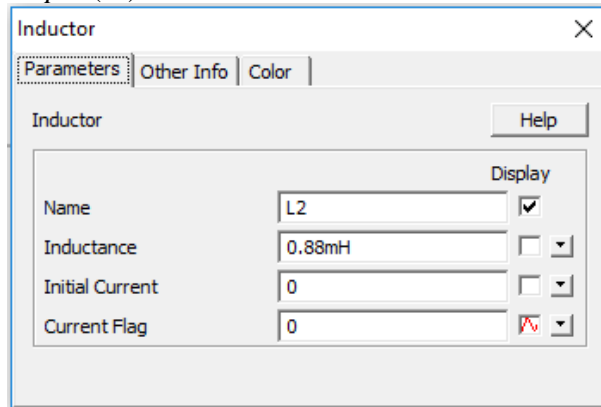
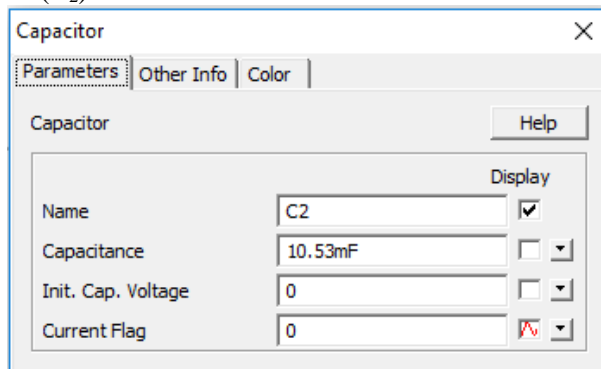
Gambar 3.7 Indikator Motor Induksi tiga Fasa

3. Induktor sisi *input* (L_1)Gambar 3.8 Indikator Induktor Sisi *Input* (L_1)4. Kapasitor pentransfer tegangan (C_1)Gambar 3.9 Indikator Kapasitor Pentransfer Tegangan (C_1)5. *Switch* (mosfet)

Gambar 3.10 Indikator I Mosfet



Gambar 3.11 Indikator II Mosfet

6. Induktor sisi *output* (L_2)Gambar 3.12 Indikator Sisi *Output* (L_2)7. Kapasitor *filter* (C_2)Gambar 3.13 Indikator Kapasitor *Filter* (C_2)

3.3.3 Simulasi *Step Down Voltage* menggunakan Konverter *Buck & Boost*

Pada simulasi ini, akan disimulasikan rangkaian *motor drive* yang akan disambungkan dengan konverter *buck & boost* seperti pada bab 3.3.2. Namun pada simulasi ini akan diturunkan tegangan dari generator yaitu 11.000 Volt menjadi tegangan 690 Volt. Pembebanan motor yang digunakan pada simulasi adalah sebagai berikut :

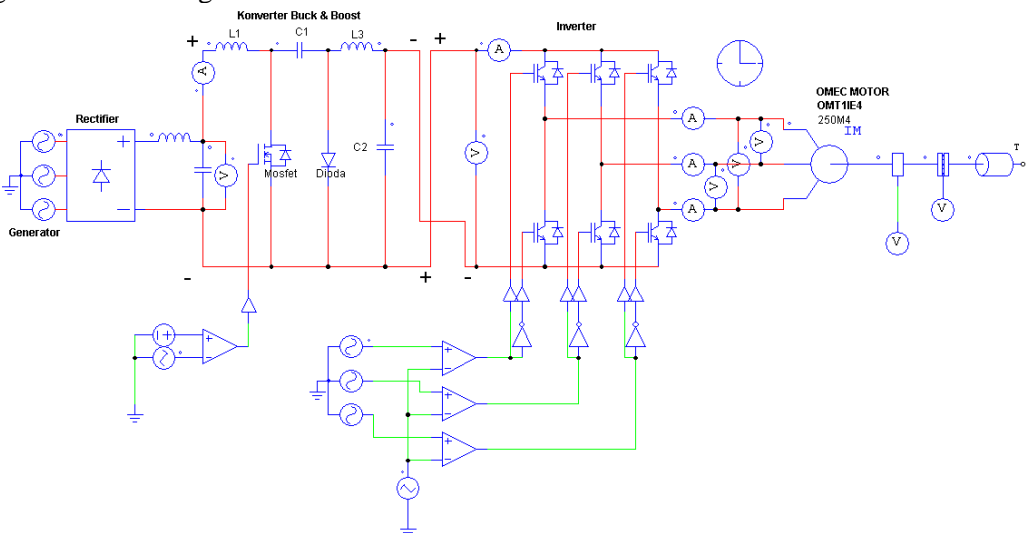
Merk : OMEC MOTOR
 Jenis : OMT1E4
 Type : 250M4
 Power : 55 kw
 Volt : 690 Volt
 Speed : 1485 rpm
 Effisiensi : 95 %
 Poles : 4
 Frekuensi : 50 Hz
 Curent Rating : 56.2 A
 Moment of Inertia : 1.0236 J

Untuk melakukan simulasi terlebih dahulu kita harus mengetahui tegangan *input* dan *output*, kemudian kita menghitung parameter seperti pada bab 3.2.2. Dari hasil perhitungan didapatkan hasil indicator-indikator sebagai berikut :

Tabel 3.3 Parameter Rangkaian Step Down Voltage

No.	Komponen	Nilai	Satuan
1	Tegangan <i>Input</i>	11.000	Volt
2	Tegangan <i>Output</i>	690	Volt
3	Daya	55	kWatt
4	Frekuensi <i>switching</i>	62500	Hz
5	<i>Ripple</i> arus masukan	20	%
6	<i>Ripple</i> arus keluaran	21	%
7	<i>Ripple</i> tegangan	0,0002	%
8	Induktor L_1	10,39	mH
9	Induktor L_2	0,62	mH
10	Kapasitor Pentransfer	0,00322	F
11	Kapasitor <i>filter</i>	0,14716	F

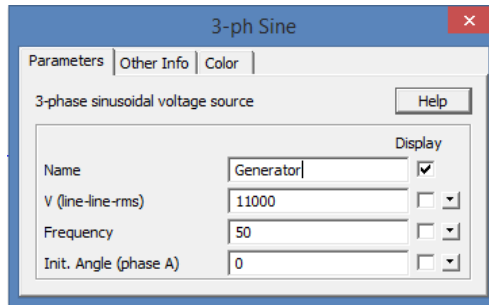
Rangkaian *Step Down Voltage* dengan konverter *buck & boost* dapat dilihat pada gambar 3.14 sebagai berikut.



Gambar 3.14 Rangkaian Step Down Voltage dari 11.000 Volt ke 690 Volt

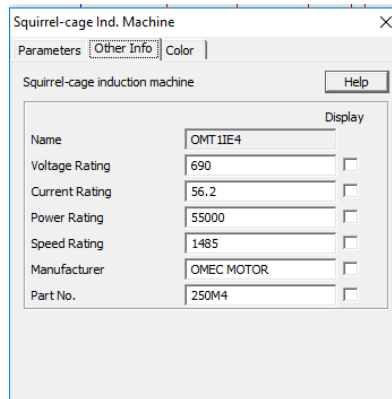
Setelah rangkaian sudah jadi, seperti pada simulasi *motor Drive* dengan menggunakan converter *buck & boost*, kita memasukkan indikator-indikator kedalam *software Power Simulator*. Indikator yang dimasukkan antara lain sebagai berikut :

1. Generator tiga fasa

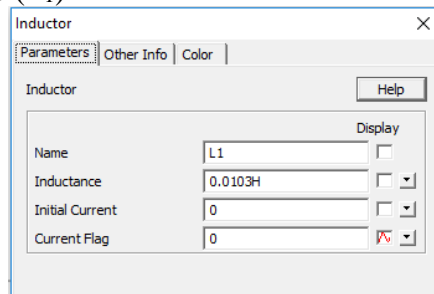


Gambar 3.15 Indikator Generator tiga Fasa *Step Down Voltage*

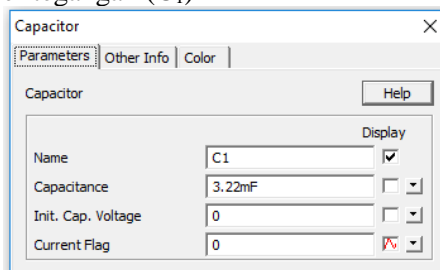
2. Motor Induksi tiga fasa



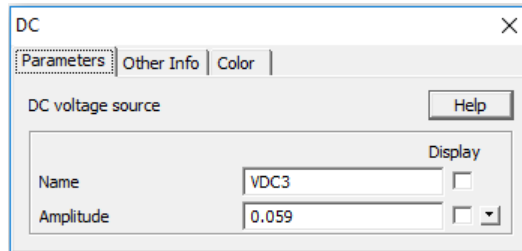
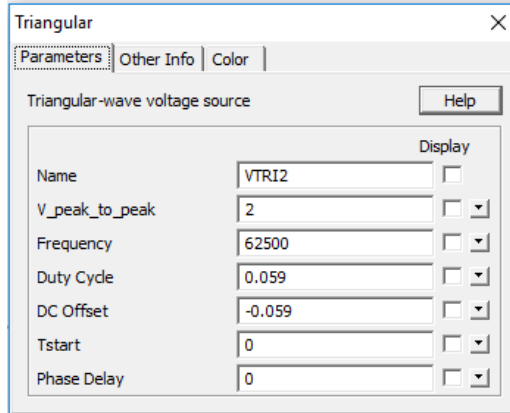
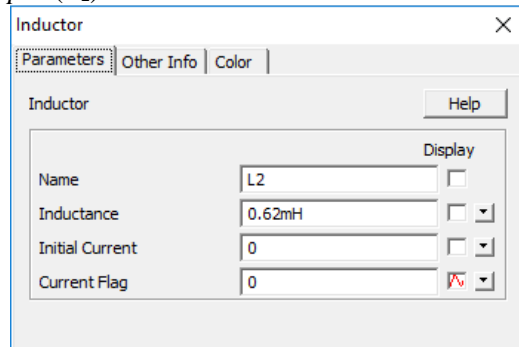
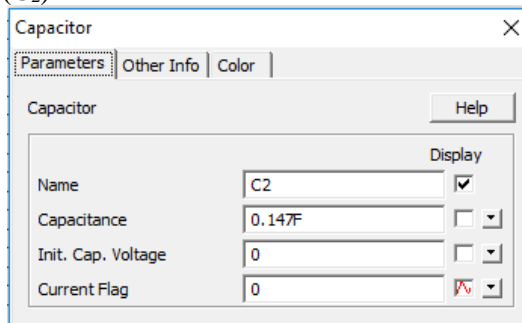
Gambar 3.16 Indikator Motor Induksi tiga Fasa *Step Down Voltage*

3. Induktor sisi input (L_1)

Gambar 3.17 Indikator Induktor Sisi Input (L_1) *Step Down Voltage*

4. Kapasitor pentransfer tegangan (C_1)

Gambar 3.18 Indikator Kapasitor Pentransfer Tegangan (C_1) *Step Down Voltage*

5. *Switch (mosfet)*Gambar 3.19 Indikator I Mosfet *Step Down Voltage*Gambar 3.20 Indikator II Mosfet *Step Down Voltage*6. Induktor sisi *output* (L_2)Gambar 3.21 Indikator Sisi *Output* (L_2) *Step Down Voltage*7. Kapasitor *filter* (C_2)Gambar 3. 22Indikator Kapasitor *Filter* (C_2) *Step Down Voltage*

3.3.4 Simulasi *Step Up Voltage* menggunakan Konverter *Buck & Boost*

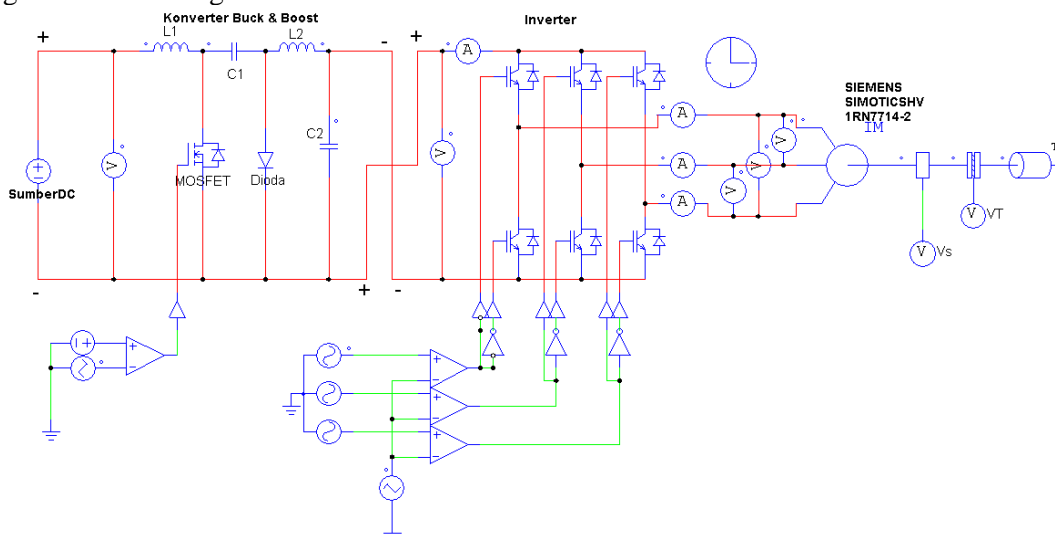
Pada simulasi *step up voltage* rangkaian *motor drive* yang akan disambungkan dengan konverter *buck & boost* seperti pada bab 3.3.2. Namun pada simulasi ini akan menaikkan tegangan dari sumber dc 690 Volt menjadi tegangan 11.000 Volt. Pembebanan motor yang digunakan pada simulasi ini sama seperti pada bab 3.2.1

Sebelum melakukan simulasi, kita menentukan tegangan *input* dan *output*, kemudian kita menghitung parameter seperti pada bab 3.2.2. Dari hasil perhitungan didapatkan hasil indikator-indikator sebagai berikut :

Tabel 3.4 Parameter Rangkaian *Step Up Voltage*

No.	Komponen	Nilai	Satuan
1	Tegangan <i>Input</i>	690	Volt
2	Tegangan <i>Output</i>	11.000	Volt
3	Daya	10.000	kWatt
4	Frekuensi <i>switching</i>	62500	Hz
5	<i>Ripple</i> arus masukan	0,02	%
6	<i>Ripple</i> arus keluaran	0,02	%
7	<i>Ripple</i> tegangan	0,0015	%
8	Induktor L_1	3,5	mH
9	Induktor L_2	0,05	H
10	Kapasitor Pentransfer	0,07	F
11	Kapasitor <i>filter</i>	0,01	F

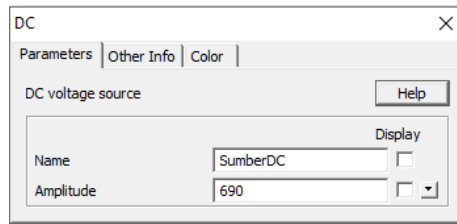
Rangkaian *Step Up Voltage* dengan konverter *buck & boost* dapat dilihat pada gambar 3.23 sebagai berikut.



Gambar 3.23 Rangkaian *Step Up Voltage* dari 690 Volt ke 11.000 Volt

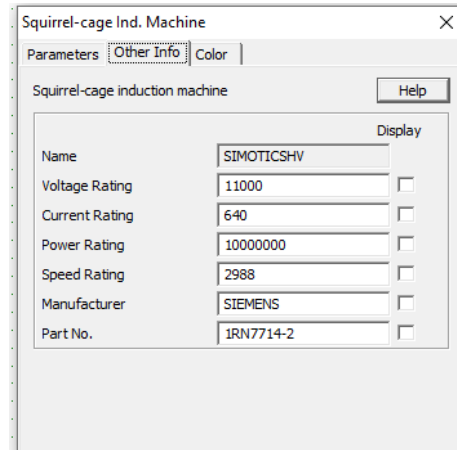
Setelah rangkaian sudah jadi masukkan indikator-indikator kedalam *software Power Simulator*. Indikator yang dimasukkan antara lain sebagai berikut :

1. Sumber DC

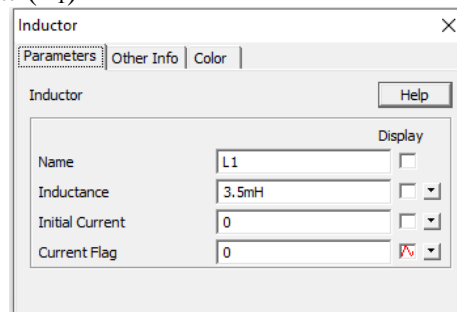
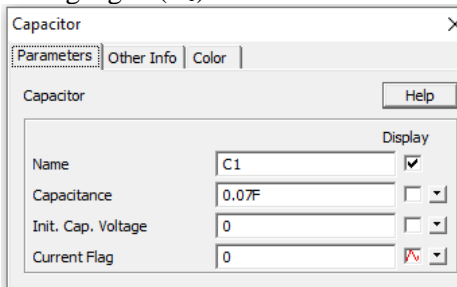


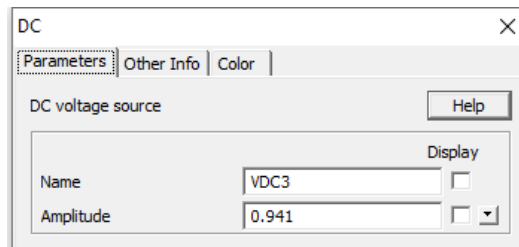
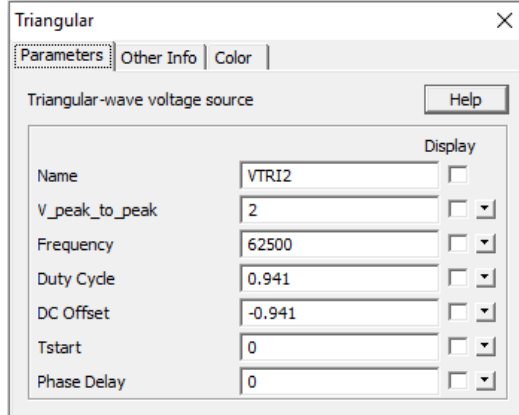
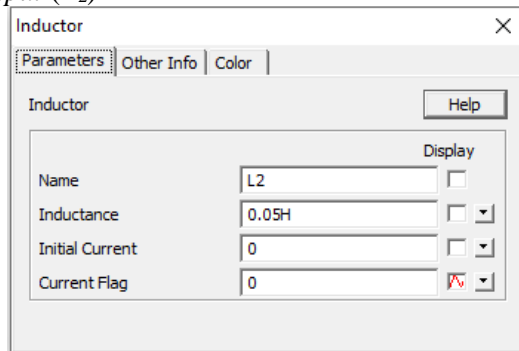
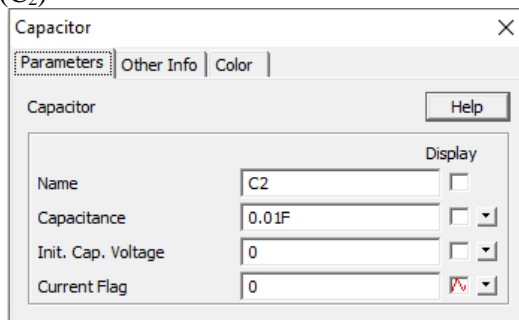
Gambar 3.24 Indikator Sumber DC Step Up Voltage

2. Motor Induksi tiga fasa



Gambar 3.25 Indikator Motor Induksi tiga Fasa Step Up Voltage

3. Induktor sisi input (L_1)Gambar 3.26 Indikator Induktor Sisi Input (L_1) Step Up Voltage4. Kapasitor pentransfer tegangan (C_1)Gambar 3.27 Indikator Kapasitor Pentransfer Tegangan (C_1) Step Up Voltage

5. *Switch (mosfet)*Gambar 3.28 Indikator I Mosfet *Step Up Voltage*Gambar 3.29 Indikator II Mosfet *Step Up Voltage*6. Induktor sisi *output* (L_2)Gambar 3.30 Indikator Sisi *Output* (L_2) *Step Up Voltage*7. Kapasitor *filter* (C_2)Gambar 3.31 Indikator Kapasitor *Filter* (C_2) *Step Up Voltage*

“Halaman Ini Sengaja dikosongkan”

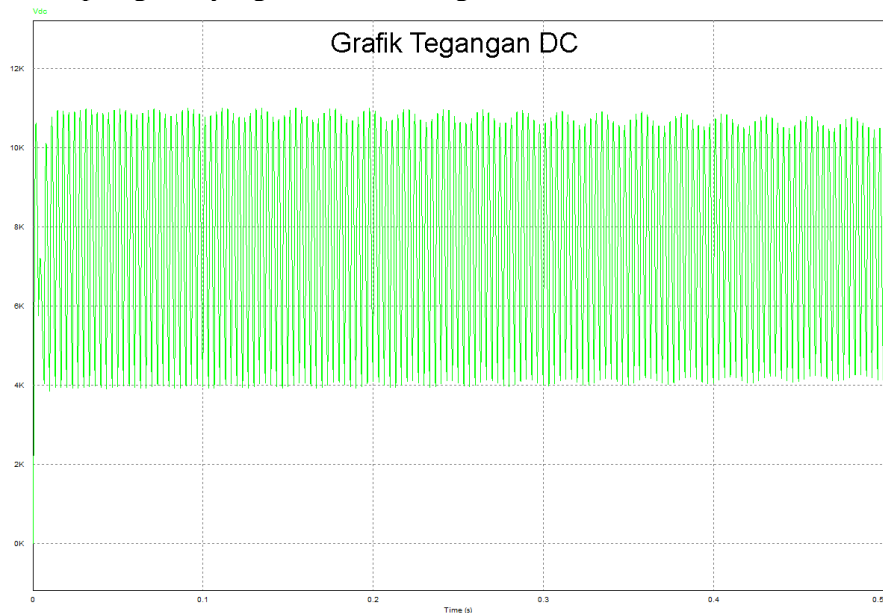
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Simulasi

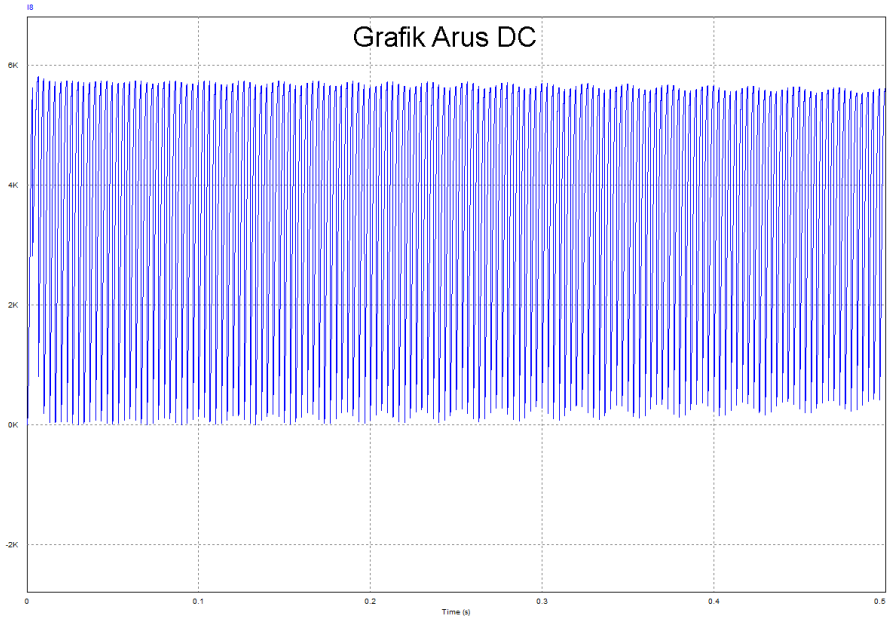
Pada bab ini akan menampilkan hasil-hasil simulasi rangkaian converter *buck & boost* pada *software Power Simulator* yang telah dibahas pada bab 3.3. Hasil simulasi rangkaian meliputi Simulasi Rangkaian *Motor Drive*, Simulasi Rangkaian *Motor Drive* dengan menggunakan Konverter *Buck & Boost*, Simulasi Rangkaian *Step Down Voltage* menggunakan konverter *Buck & Boost*, Simulasi Rangkaian Rangkaian *Step Up Voltage* menggunakan konverter *Buck & Boost*.

4.1.1 Hasil Simulasi *Motor Drive*

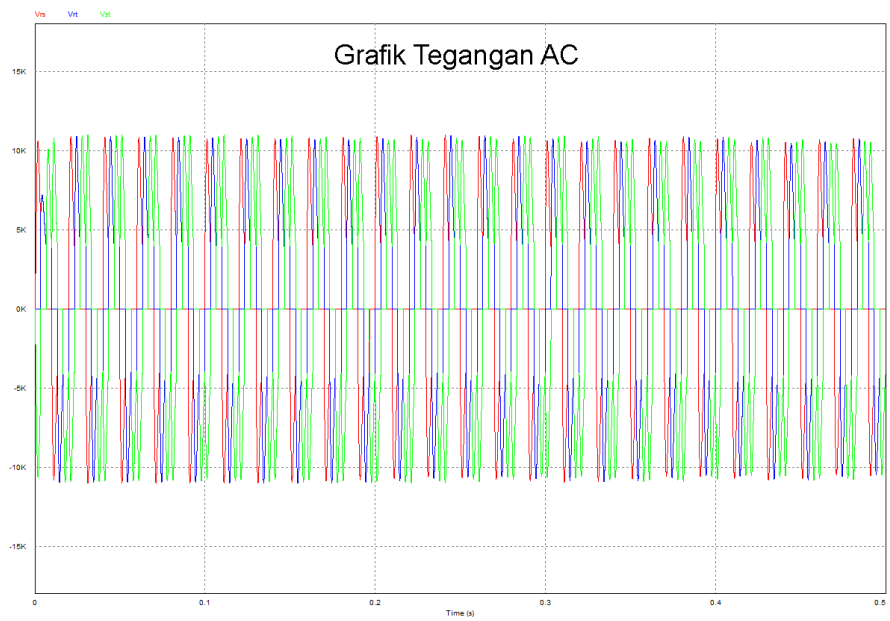
Setelah kita memasukkan indikator-indikator pada *software* seperti yang dijelaskan pada bab 3.3.1, selanjutnya kita menjalankan simulasi. Kita akan mengamati tegangan DC yang masuk dalam inverter, arus DC yang masuk dalam inverter, tegangan AC sebelum masuk ke motor, arus AC sebelum masuk ke motor dan kecepatan dari motor induksi. Adapun grafik yang dihasilkan sebagai berikut :



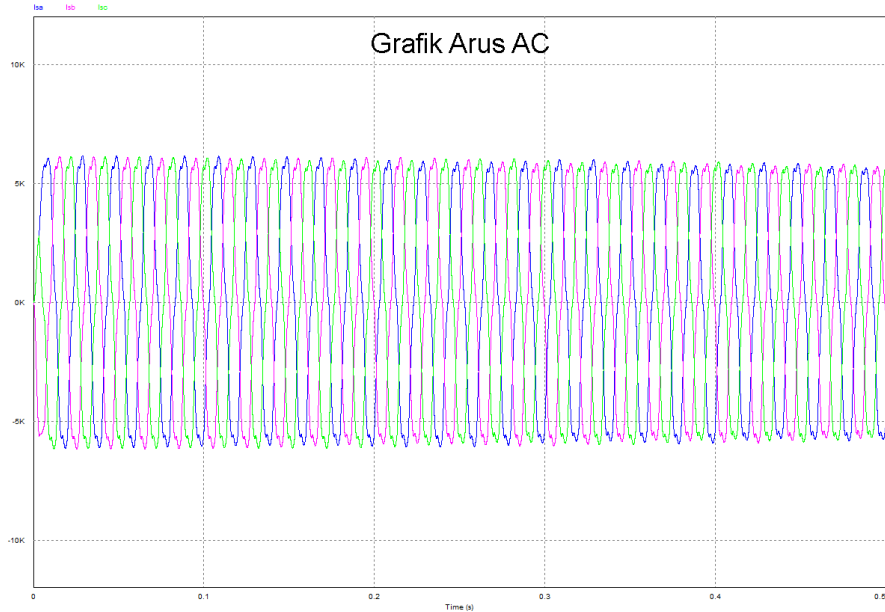
Gambar 4.1 Grafik tegangan DC



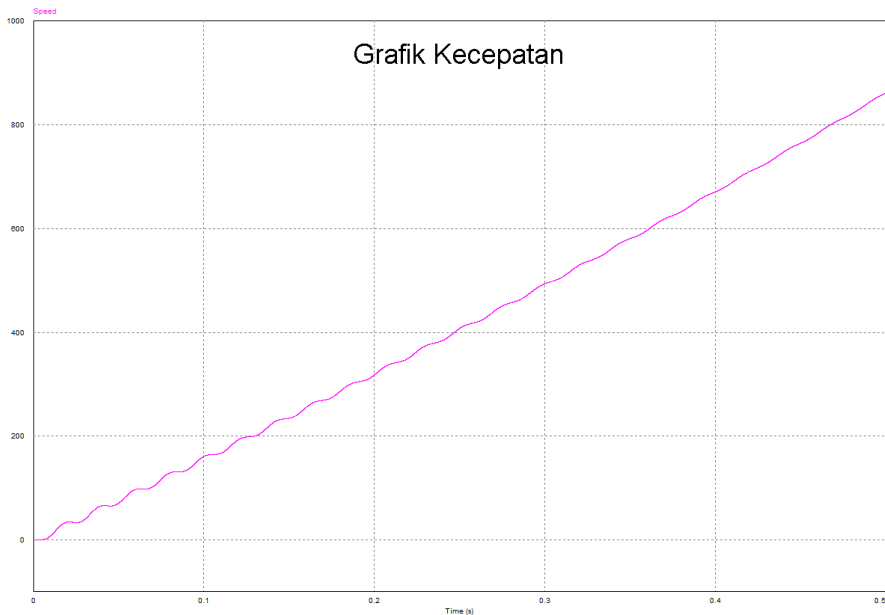
Gambar 4.2 Grafik Arus DC



Gambar 4.3 Grafik Tegangan AC



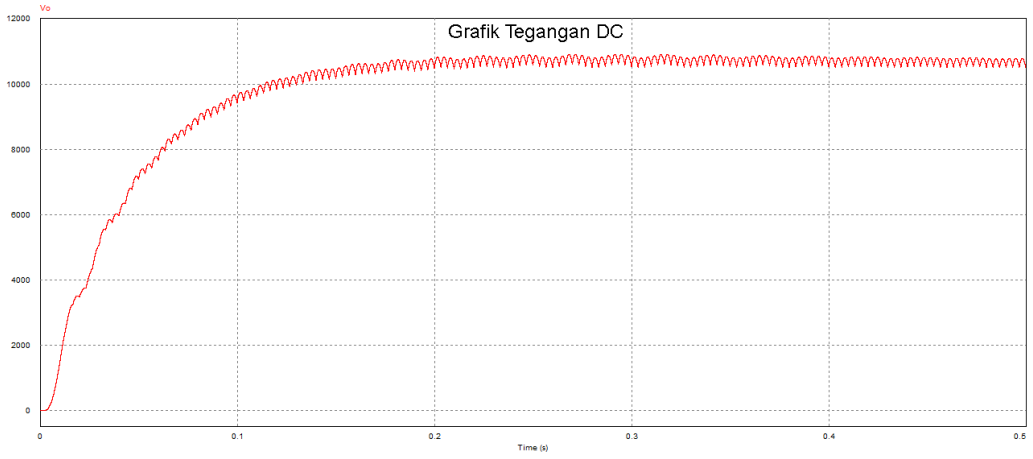
Gambar 4.4 Grafik Arus AC



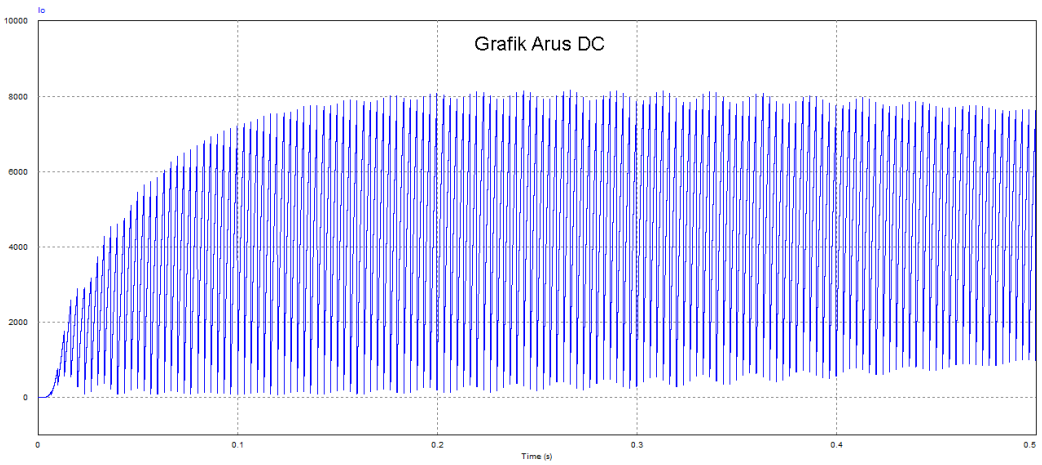
Gambar 4.5 Grafik Kecepatan Motor

4.1.2 Hasil Simulasi *Motor Drive* dengan Konverter *Buck & Boost*

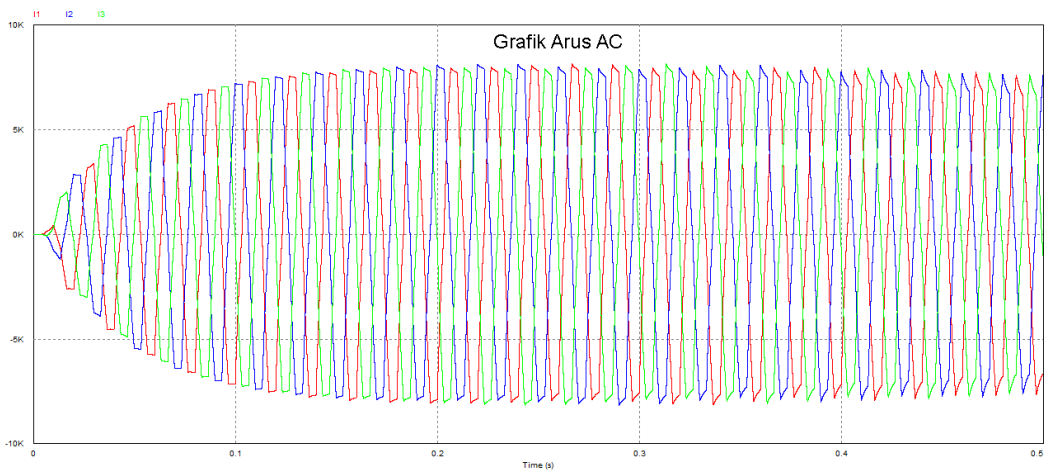
Setelah kita memasukkan indikator-indikator pada *software Power Simulator* seperti yang dijelaskan pada bab 3.3.2, selanjutnya kita menjalankan simulasi. Kita akan mengamati tegangan DC yang keluar dari Konverter, arus DC keluar dari konverter, tegangan AC sebelum masuk ke motor, arus AC sebelum masuk ke motor dan kecepatan dari motor induksi. Adapun grafik yang dihasilkan sebagai berikut :



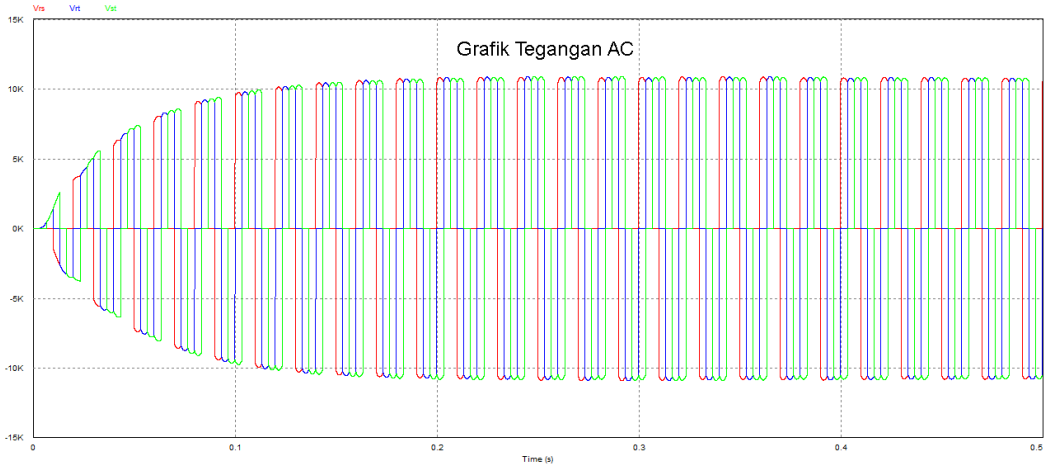
Gambar 4.6 Grafik Tegangan DC keluaran Konverter



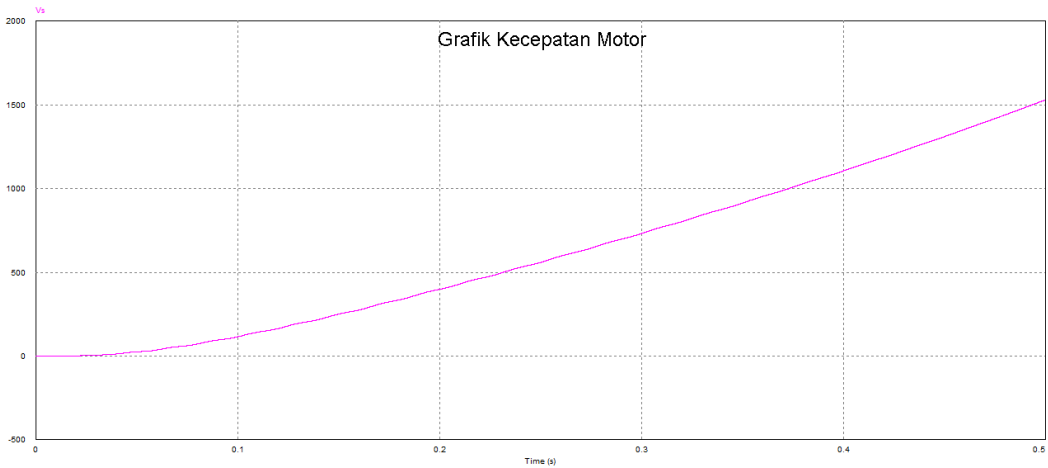
Gambar 4.7 Grafik Arus DC keluaran Konverter



Gambar 4.8 Grafik arus AC sebelum masuk Motor



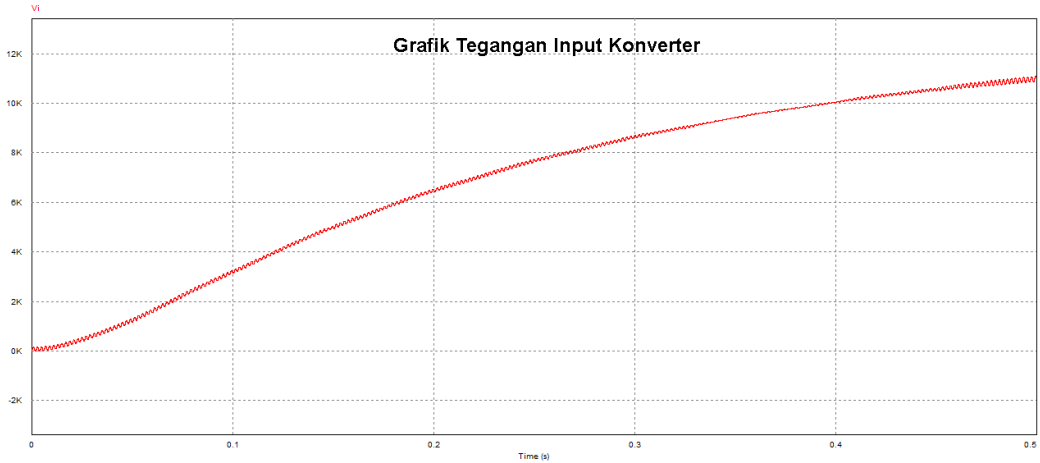
Gambar 4.9 Grafik Tegangan AC sebelum masuk Motor



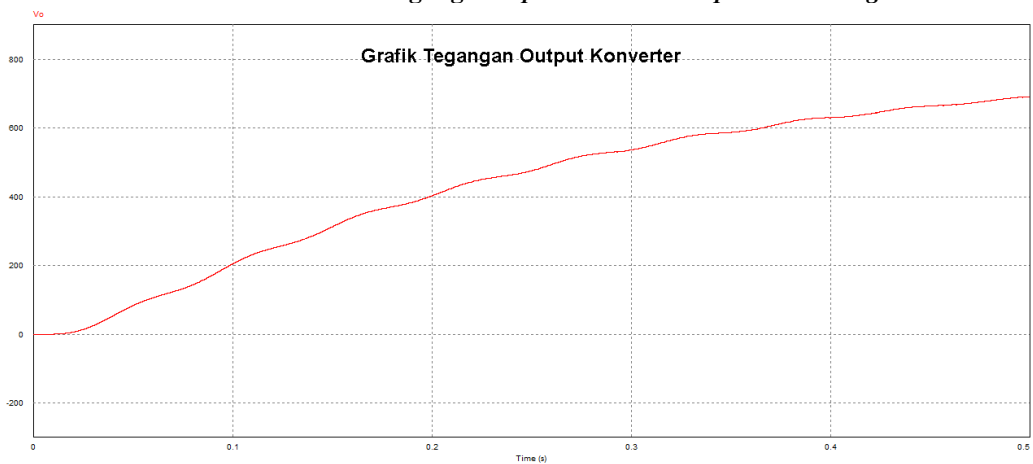
Gambar 4.10 Grafik Kecepatan Motor

4.1.3 Hasil Simulasi *Step Down Voltage* menggunakan Konverter *Buck & Boost*

Setelah kita memasukkan indikator-indikator pada software Power Simulator seperti yang dijelaskan pada bab 3.3.3, selanjutnya kita menjalankan simulasi. Untuk simulasi rangkaian *step down voltage* dari 11.000 Volt menjadi 690 Volt, kita akan mengamati perbandingan tegangan dc yang masuk kedalam konverter *buck & boost* dan tegangan dc yang keluar dari konverter *buck & boost*. Adapun grafik yang dihasilkan sebagai berikut :



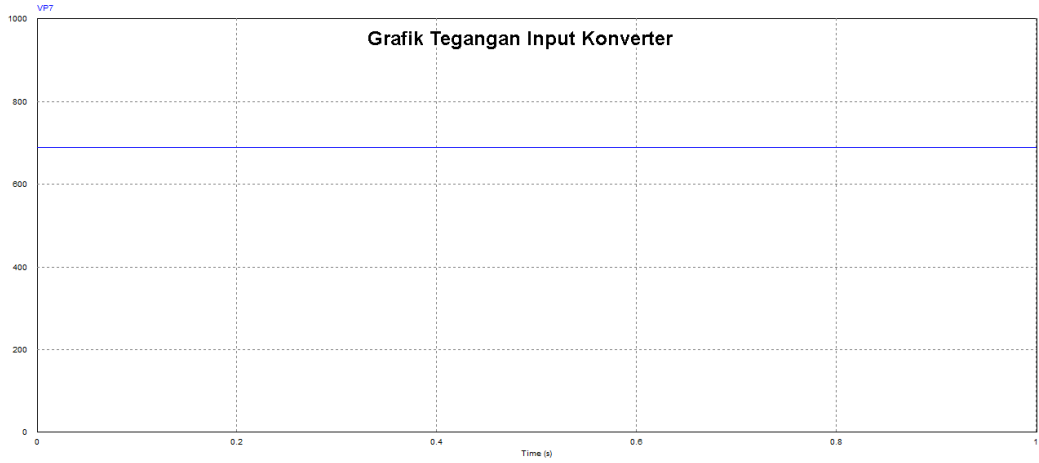
Gambar 4.11 Grafik Tegangan *Input Konverter Step Down Voltage*



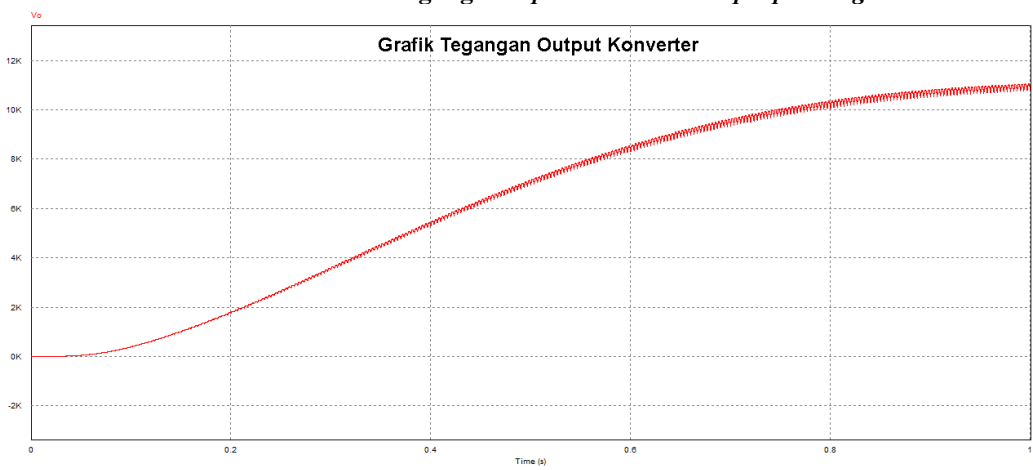
Gambar 4.12 Grafik Tegangan *Output Konverter Step Down Voltage*

4.1.4 Hasil Simulasi *Step Up Voltage* menggunakan Konverter *Buck & Boost*

Setelah kita memasukkan indikator-indikator pada software Power Simulator seperti yang dijelaskan pada bab 3.3.4, selanjutnya kita menjalankan simulasi. Untuk simulasi rangkaian *step up voltage* dari 690 Volt menjadi 11.000 Volt, kita akan mengamati perbandingan tegangan dc yang masuk kedalam konverter *buck & boost* dan tegangan dc yang keluar dari konverter *buck & boost*. Adapun grafik yang dihasilkan sebagai berikut :



Gambar 4.13 Grafik Tegangan *Input* Konverter *Step Up Voltage*



Gambar 4.14 Grafik Tegangan *Output* Konverter *Step Up Voltage*

4.2 Pembahasan Hasil Simulasi

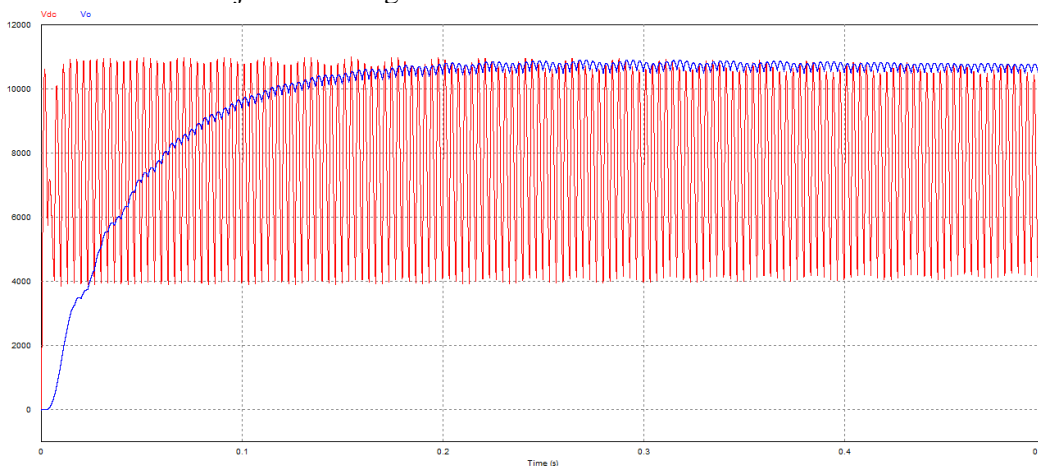
Pada bab pembahasa simulasi kita akan membahas hasil-hasil dari simulasi dan membandingkan hasil simulasi. Pertama kita akan membandingkan hasil simulasi *motor drive* saat tidak menggunakan konverter *buck & boost* dan saat menggunakan konverter *buck & boost*. Selanjutnya pada simulasi *step down voltage* kita akan membandingkan tegangan yang masuk ke konverter *buck & boost* dan tegangan yang keluar konverter *buck & boost*. Kemudian pada simulasi *step up voltage* kita juga akan akan membandingkan tegangan yang masuk ke konverter *buck & boost* dan tegangan yang keluar konverter *buck & boost*.

4.2.1 Pembahasan Hasil Simulasi Motor Drive dengan menggunakan Konverter *Buck & Boost*

Pada bab ini kita akan membahas perbandingan simulasi *Motor Drive* saat tidak menggunakan konverter *buck & boost* dan saat tidak menggunakan konverter *buck & boost*. Hasil simulasi yang akan kita bandingkan adalah tegangan DC sebelum masuk ke inverter, tegangan AC sebelum masuk ke motor induksi, arus DC sebelum masuk ke inverter, arus AC sebelum masuk ke motor induksi, serta kecepatan motor induksi.

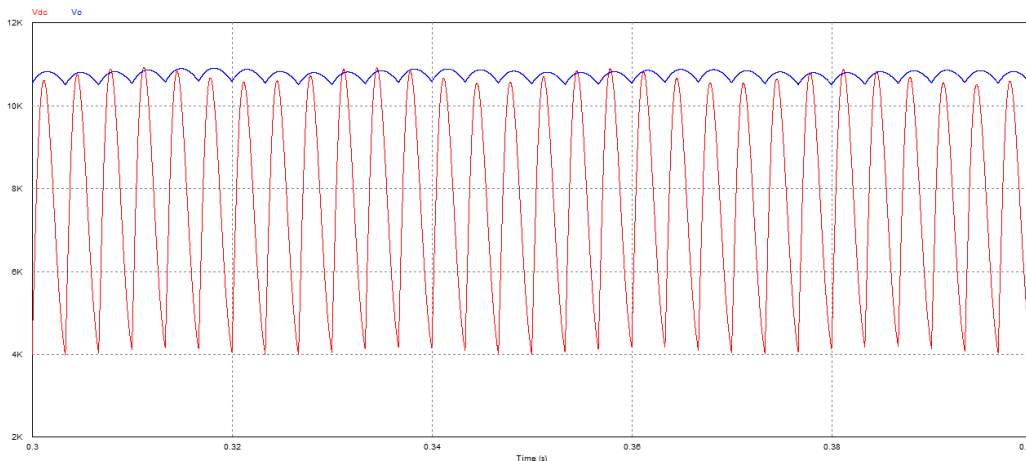
4.2.1.1. Perbandingan Tegangan DC

Untuk membandingkan tegangan DC saat menggunakan konverter dan tidak, terlebih dahulu kita jadikan satu grafik.



Gambar 4.15 Perbandingan Grafik Tegangan DC

Dari gambar 4.15, grafik berwarna merah adalah grafik tegangan DC tanpa menggunakan konverter, sedangkan grafik berwarna biru merupakan grafik tegangan DC setelah menggunakan konverter *buck & boost*. Untuk dapat menganalisa lebih baik, terlebih dahulu kita perbesar grafik saat stabil. Kita ambil grafik dari detik 0,3 sampai dengan 0,4, yang ditunjukkan gambar berikut.



Gambar 4.16 Perbandingan Grafik Tegangan DC pada detik ke 0,3 s.d 0,4

Pertama kita bandingkan rata-rata tegangan DC pada grafik diatas. Rata-rata grafik pada gambar 4.16 dapat dilihat pada gambar berikut.

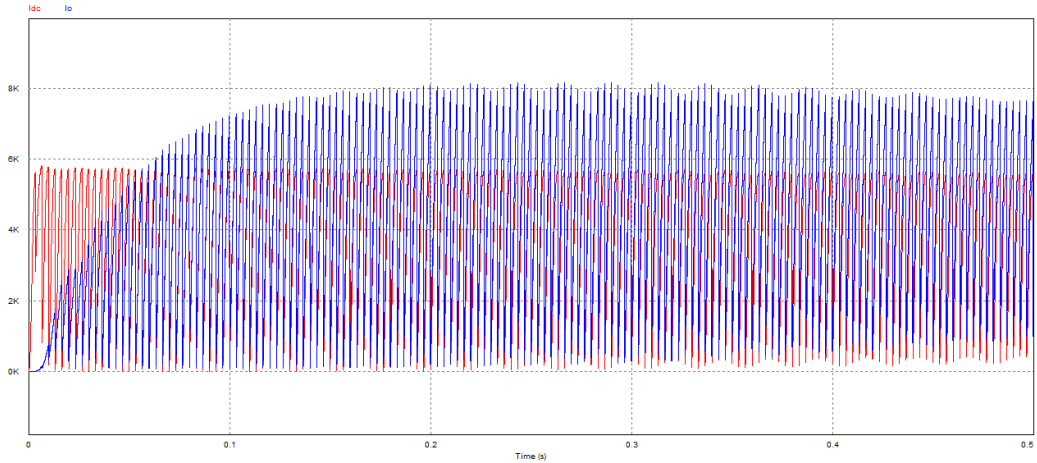
Average Value		
Time From		3.000000e-001
Time To		4.0000160e-001
Vdc		7.7910634e+003
Vo		1.0744380e+004

Gambar 4.17 Rata-rata Tegangan DC

Dari gambar 4.17 dapat diketahui bahwa rata-rata tegangan DC saat tidak menggunakan konverter *buck & boost* sebesar 7.791 Volt. Sedangkan saat menggunakan konverter *buck & boost* sebesar 10.744 Volt. Dari grafik pada gambar 4.17 tersebut dapat dilihat bahwa tegangan DC setelah menggunakan konverter cenderung lebih stabil dan mempunyai *ripple* tegangan lebih kecil.

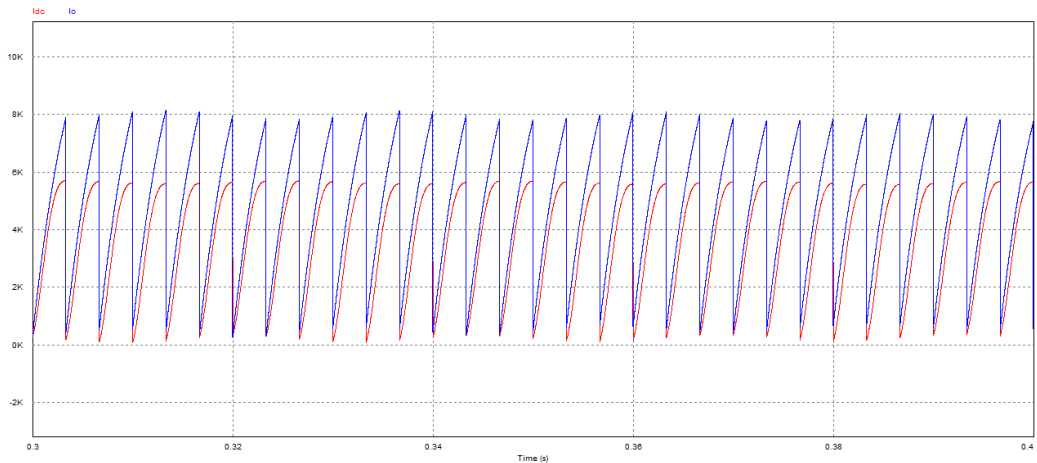
4.2.1.2. Perbandingan Arus DC

Untuk membandingkan arus DC saat menggunakan konverter dan tidak, terlebih dahulu kita jadikan satu grafik.



Gambar 4.18 Perbandingan Grafik Arus DC

Dari gambar 4.18, grafik berwarna merah adalah grafik arus DC tanpa menggunakan konverter, sedangkan grafik berwarna biru merupakan grafik arus DC setelah menggunakan konverter *buck & boost*. Untuk dapat menganalisa lebih baik, terlebih dahulu kita perbesar grafik saat stabil. Kita ambil grafik dari detik 0,3 sampai dengan 0,4, yang ditunjukkan sebagai berikut.



Gambar 4.19 Perbandingan Grafik Arus DC pada detik ke 0,3 s.d 0,4

Pertama kita bandingkan rata-rata arus DC pada grafik diatas. Rata-rata grafik pada gambar 4.19 dapat dilihat pada gambar berikut.

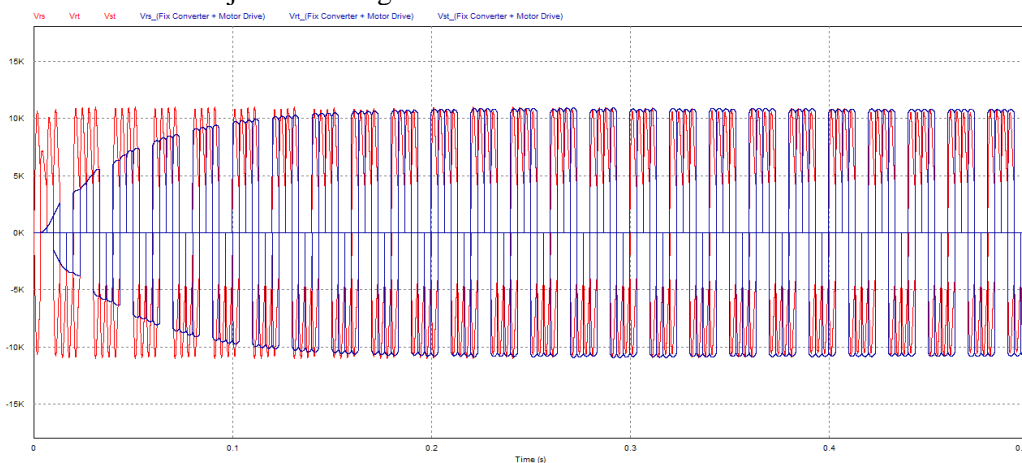
Average Value	
Time From	3.0000000e-001
Time To	4.0000160e-001
Idc	3.6282796e+003
Io	4.7139883e+003

Gambar 4.20 Rata-rata arus DC

Dari gambar 4.20 dapat diketahui bahwa rata-rata arus DC saat tidak menggunakan konverter *buck & boost* sebesar 3.628 Ampere. Sedangkan saat menggunakan konverter *buck & boost* sebesar 4.713 Ampere. Dari grafik pada gambar 4.19 tersebut dapat dilihat bahwa arus DC setelah menggunakan konverter cenderung meningkat dibandingkan tidak menggunakan konverter.

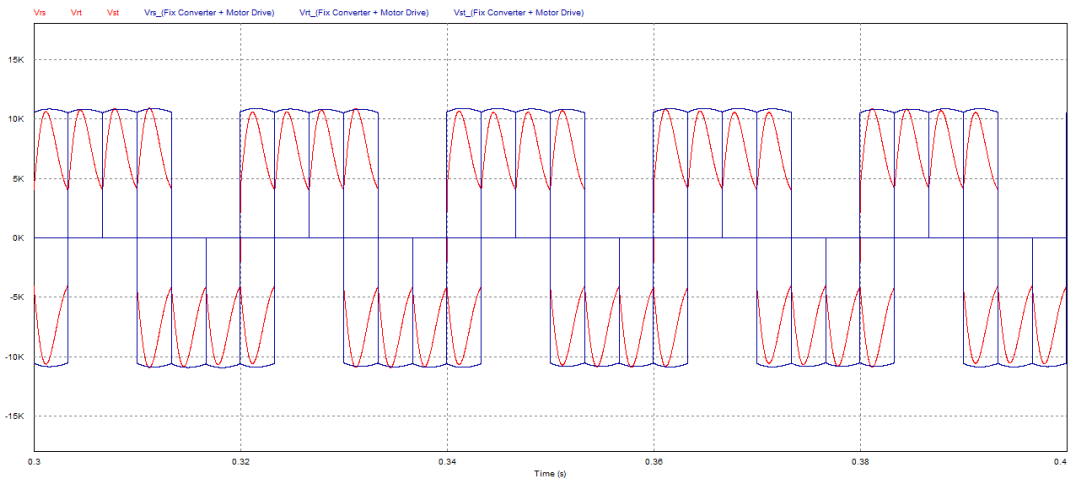
4.2.1.3. Perbandingan Tegangan AC

Untuk membandingkan Tegangan AC saat menggunakan konverter dan tidak, terlebih dahulu kita jadikan satu grafik.



Gambar 4.21 Perbandingan Grafik Tegangan AC

Dari gambar 4.21, grafik berwarna merah adalah grafik tegangan AC tanpa menggunakan konverter, sedangkan grafik berwarna biru merupakan grafik tegangan AC setelah menggunakan konverter *buck & boost*. Untuk dapat menganalisa lebih baik, terlebih dahulu kita perbesar grafik saat stabil. Kita ambil grafik dari detik 0,3 sampai dengan 0,4, yang ditunjukkan sebagai berikut.



Gambar 4.22 Perbandingan Grafik Tegangan AC pada detik ke 0,3 s.d 0,4

Pertama kita bandingkan rata-rata tegangan AC pada grafik diatas. Rata-rata grafik pada gambar 4.22 dapat dilihat pada gambar berikut.

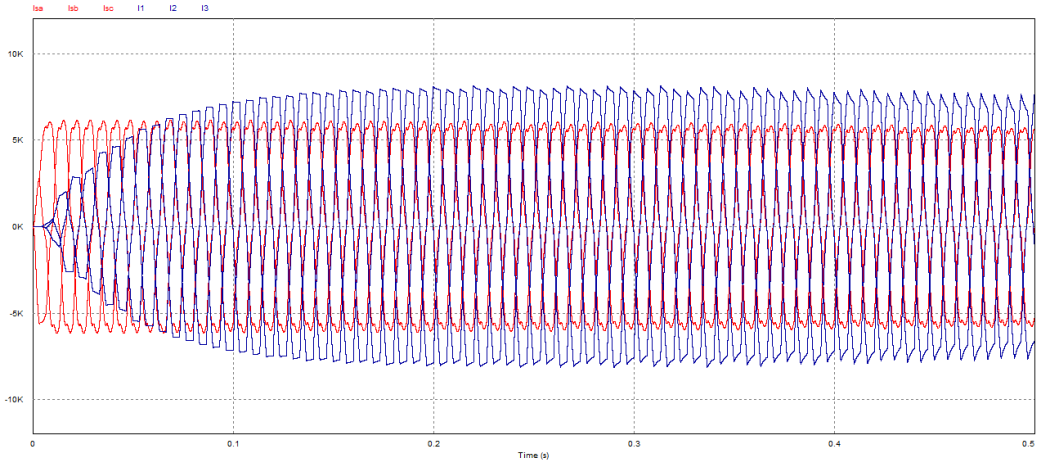
RMS Value		
Time	From	Value
		3.0000000e-001
	Time To	4.0000160e-001
Vrs		6.6126998e+003
Vrt		6.6151854e+003
Vst		6.6152427e+003
Vrs_(Fix Converter + M...		8.7737735e+003
Vrt_(Fix Converter + M...		8.7716136e+003
Vst_(Fix Converter + M...		8.7736901e+003

Gambar 4.23 Rata-rata Tegangan AC

Karena tegangan yang diukur adalah tegangan AC, maka untuk menghitung rata-rata nilainya dengan menggunakan metode RMS (*Root Mean Square*). Dari gambar 4.23 dapat diketahui bahwa rata-rata tegangan AC saat tidak menggunakan konverter *buck & boost* sebesar 6.610 Volt pada tiap fasa. Sedangkan saat menggunakan konverter *buck & boost* sebesar 8.770 Volt pada tiap fasa. Dari grafik pada gambar 4.22 tersebut dapat dilihat bahwa tegangan AC setelah menggunakan konverter cenderung stabil dibandingkan tidak menggunakan konverter.

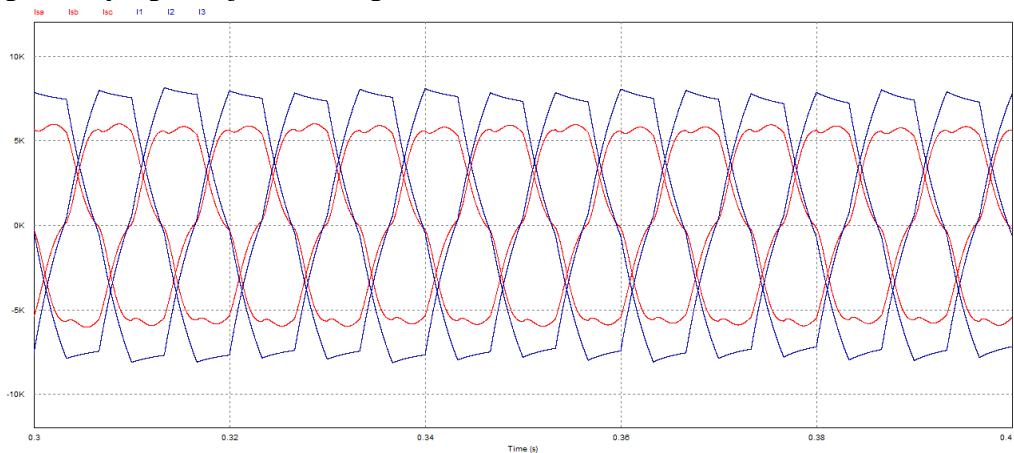
4.2.1.4. Perbandingan Arus AC

Untuk membandingkan arus AC saat menggunakan konverter dan tidak, terlebih dahulu kita jadikan satu grafik.



Gambar 4.24 Perbandingan Grafik Arus AC

Dari gambar 4.24, grafik berwarna merah adalah grafik arus AC tanpa menggunakan konverter, sedangkan grafik berwarna biru merupakan grafik arus AC setelah menggunakan konverter *buck & boost*. Untuk dapat menganalisa lebih baik, terlebih dahulu kita perbesar grafik saat stabil. Kita ambil grafik dari detik 0,3 sampai dengan 0,4, yang ditunjukkan sebagai berikut.



Gambar 4.25 Perbandingan Grafik Arus AC pada detik ke 0,3 s.d 0,4

Pertama kita bandingkan rata-rata tegangan AC pada grafik diatas. Rata-rata grafik pada gambar 4.25 dapat dilihat pada gambar berikut.

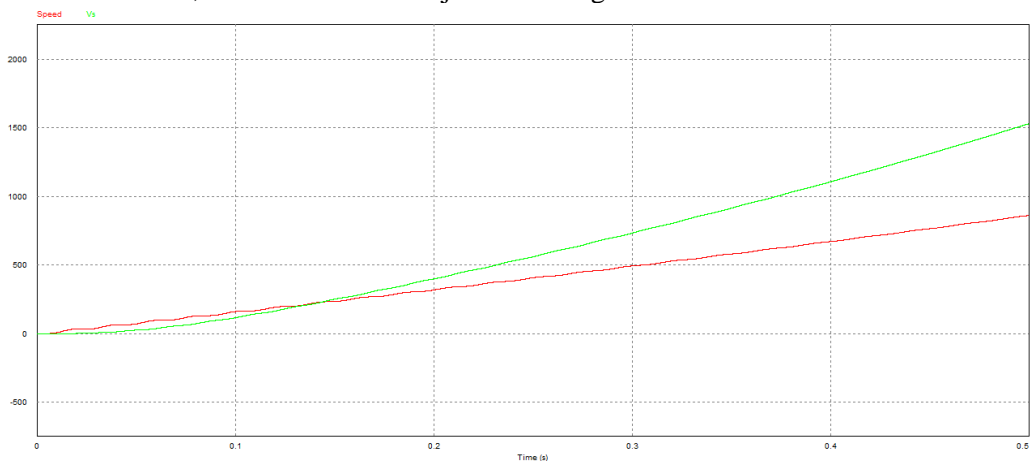
RMS Value		
Time	From	
Time	To	
		3.000000e-001
		4.000016e-001
		4.329221e+003
		4.3306499e+003
		4.3285450e+003
		5.7542010e+003
		5.7599688e+003
		5.7528293e+003

Gambar 4.26 Rata-rata Arus AC

Karena tegangan yang diukur adalah arus AC, maka untuk menghitung rata-rata nilainya dengan menggunakan metode RMS (*Root Mean Square*). Dari gambar 4.26 dapat diketahui bahwa rata-rata arus AC saat tidak menggunakan konverter *buck & boost* sebesar 4.330 Ampere pada tiap fasa. Sedangkan saat menggunakan konverter *buck & boost* sebesar 5.750 Ampere pada tiap fasa. Dari grafik pada gambar 4.25 tersebut dapat dilihat bahwa arus AC setelah menggunakan konverter cenderung lebih besar dibandingkan tidak menggunakan konverter.

4.2.1.5. Perbandingan Kecepatan

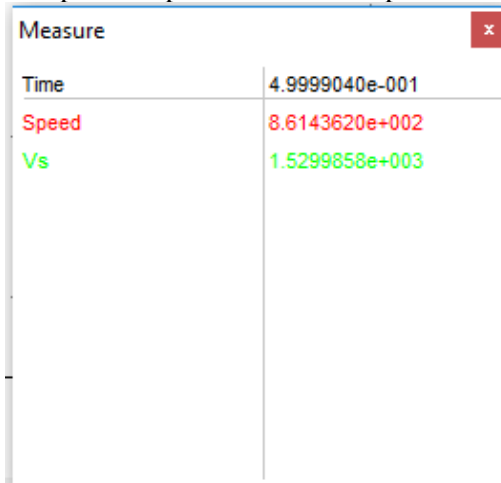
Untuk membandingkan kecepatan pada motor induksi saat menggunakan konverter dan tidak, terlebih dahulu kita jadikan satu grafik.



Gambar 4.27 Perbandingan Grafik Kecepatan

Dari gambar 4.27 grafik warna merah merupakan grafik kecepatan motor induksi tiga fasa saat tidak menggunakan konverter *buck & boost*. Sedangkan grafik berwarna hijau merupakan grafik kecepatan motor induksi tiga fasa saat menggunakan konverter

buck & boost. Dari grafik tersebut kita dapat cari kecepatan maksimum yang dapat dihasilkan oleh motor. Adapun kecepatan maksimal dapat dilihat pada gambar berikut.



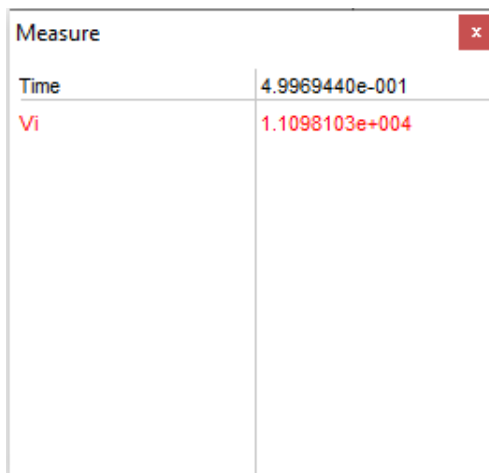
Measure	
Time	4.9999040e-001
Speed	8.6143620e+002
Vs	1.5299858e+003

Gambar 4.28 Kecepatan Maksimum Motor

Dari gambar 4.28 terlihat bahwa kecepatan maksimal dari motor induksi tiga fasa saat tidak menggunakan konverter *buck & boost* sebesar 861 rpm. Sedangkan kecepatan maksimal dari motor induksi tiga fasa saat menggunakan konverter *buck & boost* sebesar 1.529 rpm.

4.2.2 Pembahasan Hasil Simulasi *Step Down Voltage* menggunakan Konverter *Buck & Boost*

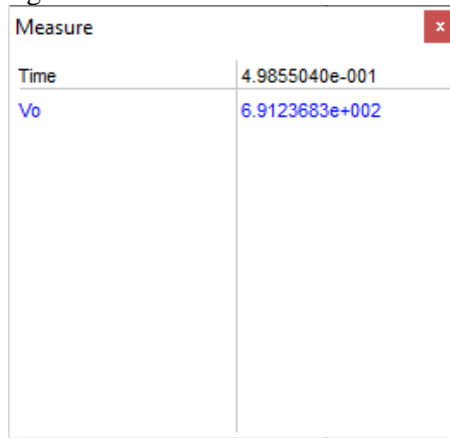
Pada pembahasan ini kita akan membandingkan tegangan dc saat akan memasuki konverter *buck & boost* dan saat keluar dari konverter *buck & boost*. Pertama kita akan melihat hasil nilai dari tegangan *input* konverter *step down voltage* yang telah ada pada gambar 4.11. Adapun nilai dari tegangan *input* konverter *step down voltage* dapat dilihat pada gambar berikut.



Measure	
Time	4.9969440e-001
Vi	1.1098103e+004

Gambar 4.29 Nilai Tegangan Input Konverter *Step Down Voltage*

Setelah itu kita melihat hasil nilai tegangan *output* konverter *step down voltage* yang ditunjukkan pada gambar 4.12. Nilai dari tegangan *output* konverter *step down voltage* dapat dilihat pada gambar berikut.



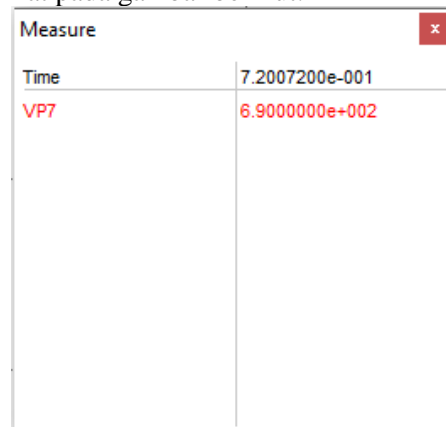
Measure	
Time	4.9855040e-001
Vo	6.9123683e+002

Gambar 4.30 Nilai Tegangan Output Konverter Step Down Voltage

Dari gambar 4.29 dapat kita ketahui bahwa nilai dari tegangan *input* konverter *step down voltage* sebesar 11.098 Volt. Sedangkan dari gambar 4.30 dapat kita ketahui bahwa nilai dari tegangan *output* konverter *step down voltage* sebesar 691 Volt. Jadi konverter *buck & boost* dapat digunakan untuk menurunkan tegangan dari 11.098 Volt menjadi 691 Volt.

4.2.3 Pembahasan Hasil Simulasi *Step Up Voltage* menggunakan Konverter *Buck & Boost*

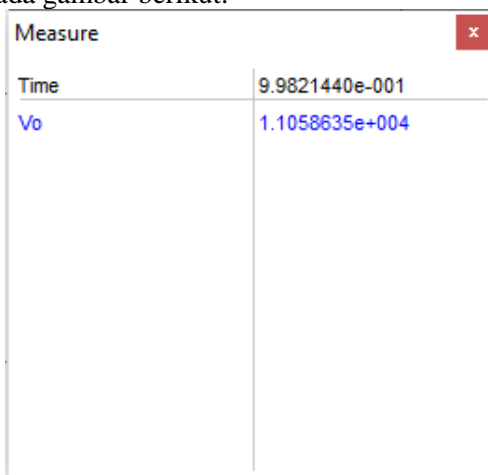
Sama seperti pada bab 4.2.2 pada pembahasan ini kita akan membandingkan tegangan dc saat akan memasuki konverter *buck & boost* dan saat keluar dari konverter *buck & boost*. Pertama kita akan melihat hasil nilai dari tegangan *input* konverter *step up voltage* yang telah ada pada gambar 4.13. Adapun nilai dari tegangan *input* konverter *step up voltage* dapat dilihat pada gambar berikut.



Measure	
Time	7.2007200e-001
VP7	6.9000000e+002

Gambar 4.31 Nilai Tegangan Input Konverter Step Up Voltage

Setelah itu kita melihat hasil nilai tegangan *output* konverter *step down voltage* yang ditunjukkan pada gambar 4.14. Nilai dari tegangan *output* konverter *step down voltage* dapat dilihat pada gambar berikut.



Time	Vo
9.9821440e-001	1.1058635e+004

Gambar 4. 32 Nilai Tegangan *Output* Konverter *Step Up Voltage*

Dari gambar 4.31 dapat kita ketahui bahwa nilai dari tegangan *input* konverter *step up voltage* sebesar 690 Volt. Sedangkan dari gambar 4.32 dapat kita ketahui bahwa nilai dari tegangan *output* konverter *step down voltage* sebesar 11.058 Volt. Jadi konverter *buck & boost* dapat digunakan untuk menaikkan tegangan dari 690 Volt menjadi 11.058 Volt.

“Halaman Ini Sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan dapat kita ambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada hasil perbandingan simulasi rangkaian motor induksi tiga fasa saat menggunakan konverter *buck & boost* dan tidak menggunakan konverter *buck & boost* mendapatkan hasil sebagai berikut :
 - a. Tegangan DC mengalami peningkatan rata-rata saat menggunakan konverter *buck & boost* dari 7.791 Volt menjadi 10.744 Volt, serta tegangan DC setelah menggunakan konverter cenderung lebih stabil dan mempunyai *ripple* tegangan lebih kecil.
 - b. Arus DC mengalami peningkatan rata-rata saat menggunakan menggunakan konverter *buck & boost* dari 3.628 Ampere menjadi 4.713 Ampere.
 - c. Tegangan AC mengalami peningkatan rata-rata saat menggunakan konverter *buck & boost* dari 6.610 Volt pada tiap fasa menjadi 8.770 Volt pada tiap fasa. Dari grafik pada gambar 4.18 tersebut dapat dilihat bahwa tegangan AC setelah menggunakan konverter cenderung stabil dibandingkan tidak menggunakan konverter.
 - d. Arus AC mengalami peningkatan rata-rata saat menggunakan konverter *buck & boost* dari 4.330 Ampere pada tiap fasa menjadi 5.750 Ampere pada tiap fasa.
 - e. Kecepatan maksimum motor tiga fasa saat simulasi mengalami peningkatan saat menggunakan konverter *buck & boost* dari 861 rpm menjadi 1.529 rpm.
2. Konverter *buck & boost* dapat digunakan untuk menurunkan tegangan (*step down voltage*) dari 11.098 Volt menjadi 691 Volt.
3. Konverter *buck & boost* dapat digunakan untuk menaikkan tegangan (*step up voltage*) dari 690 Volt menjadi 11.058 Volt.

5.2 Saran

Adapun saran pada tugas akhir ini yang dapat digunakan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah :

1. Melakukan analisa lebih lanjut tentang formula dari rangkaian untuk mengurangi *ripple* yang terjadi pada arus secara signifikan.
2. Mencari konverter yang mempunyai keuntungan yang hampir sama dengan konverter *buck & boost* namun memiliki polaritas *output* yang sama.

“Halaman Ini Sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

D. J. S. Newlin, R. Ramalakshmi and M. S. Rakasekaran, "A Performance Comparison of Interleaved Boost Converter and Conventional Boost Converter for Renewable Energy Application," in *International Conference on Green High Performance Computing*, Tamil Nadu, India, March, 2013.

D. W. Hart, *Power Electronics*, New York, USA: Pearson Education, Inc., 2011.
M. Ashari, *Elektronika Daya Konverter DC-DC*, Surabaya: Bintang Jaya, 2011.

G. Ranganathan and L. Umanand, "Power Factor Improvement using DCM Cuk Converter with Coupled Inductor," in *IEE Proc.-Electr. Power Appl.*, Vol.146, No.2, India, March, 1999.

V. Bish and B. Singh, "PFC Cuk Converter-fed BLDC Motor Drive," in *IEEE Transactions on Power Electronics*, Vol.30, No.2, New Delhi, India, February, 2015.

L. Mohamed, N. F. Abdul Hamid, Z. M. Isa, N. Saudin, N. H. Ramly and N. B. Ahamad, "Cuk Converter as a LED Lamp Driver," in *Internasional Conference on Power and Energy (PECon)*, Kota Kinabalu Sabah, Malaysia, December, 2012.

J. Falin, "Coupled Inductors Broaden DC/DC Converter Usage," Texas Instruments Incorporated, Dallas, Texas, 2010.\

H. Bryce, "Analysis and Modeling of Magnetic Coupling," University of Colorado, Boulder, Colorado, April 2007.

J. W. Kolar, H. Sree, N. Mohan and F. C. Zach, "Novel Aspects of an Application of 'Zero'-ripple Techniques to basic Converter Topologies," Austria, 1997.

Z. Zhang, "Thesis : Coupled-Inductor Magnetics in Power Electronics," California Institute of Technology, Pasadena, California, October, 1986.

“Halaman Ini Sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN


SIEMENS HV Motors – from 150 kW to 100 MW


A smart concept with a wide range of options makes the SIEMENS HV motors the preferred choice for virtually any imaginable configuration with a power range from 150 kW up to 100 MW and more, speeds from 7 to 15,000 rpm, and torques up to 2,400 kNm and conformity with IEC and NEMA standards. Options include several cooling systems and all common explosion protection types. In addition, degrees of protection up to IP66 and special paint systems are available for use in aggressive atmospheres and under


extreme conditions. We even supply SIEMENS HV motors for use in temperatures as low as -50° Celsius and for applications with rigorous vibration quality requirements in line with the API standard. Motors with slipring or permanent-magnetic rotors are part of the overline below. With its compact, modular, high-power, specialized and ANEMA series, SIEMENS HV is the perfect fit for every large drive application in the low- and medium-voltage range.

	Compact motors		Modular motors		High-power motors	SIEMENS HV Specialized	SIEMENS HV ANEMA
	SIEMENS HV C	SIEMENS HV Series Drumpack	SIEMENS HV M	SIEMENS HV Series Drumpack PLUS	SIEMENS HV HP		
Technical Specifications							
Type of motor	Asynchronous	Asynchronous	Asynchronous	Asynchronous	Asynchronous Synchronous	Asynchronous Synchronous	Asynchronous
Power range	0.75 - 32 MW (also scaled up to 50 MW)	0.75 - 32 MW	0.5 - 11 MW	0.75 - 32 MW	1 - 70 MW	1 - 600 MW maximum	200 - 1000 kW
Voltage range	0.69 - 11 kV	0.69 - 11 kV	0.69 - 10 kV	0.69 - 11 kV	0.6 - 10 kV	0.69 - 11 kV	0.69 - 10 kV
Frequency	50 and 60 Hz	50 and 60 Hz	50 and 60 Hz	50 and 60 Hz	50 and 60 Hz	50 and 60 Hz	50 and 60 Hz
Shaft height	215 - 410 mm (also scaled up to 600 mm)	215 - 410 mm	215 - 380 mm	215 - 410 mm	260 - 460 mm	as request	215 - 210 mm and frame size with 400 mm
Number of poles	2 - 8	2 - 12	2 - 12	2 - 16	2 - 16	as request	2 - 16
Speed	up to 1500 rpm (higher on request)	up to 1500 rpm	up to 1500 rpm (higher on request)	up to 1500 rpm	up to 1500 rpm (higher on request)	2 - 15000 rpm	up to 1500 rpm
Torque	up to 2400 kNm (also scaled up to 50 000 kNm)	up to 2400 kNm	up to 1000 kNm	up to 2400 kNm	up to 700 kNm	up to 2000 kNm	up to 800 kNm
Enclosure	Cast steel, cast-iron	Cast-iron	Cast-iron, cast-steel	Cast-iron	Cast-iron	Cast-iron	Cast-iron, cast-steel
Bearings	Anti-friction bearings, Slotted bearings	Anti-friction bearings, Slotted bearings	Anti-friction bearings, Slotted bearings	Anti-friction bearings, Slotted bearings	Slotted bearings	Anti-friction bearings, Slotted bearings, Slotted bearings	Anti-friction bearings, Slotted bearings
Cooling type	IC01, IC02, IC70 (also scaled up to IC10)	IC01, IC02	IC01, IC02, IC03, IC04, IC05, IC06, IC07	IC01, IC02, IC03, IC04, IC05	IC03, IC04, IC05, IC06, IC07, IC08	IC03, IC04, IC05, IC06, IC07	IC01, IC02, IC03, IC04, IC05, IC06, IC07, IC08
Type of connection	IMB, IMB2, IMV1	IMB, IMB2, IMV1	IMB, IMV1	IMB, IMB2, IMV1	IMB2, IMV1, IMV2, IMV3, IMV4	as request	IMB, IMB2, IMV1
Degree of protection	IP23, IP24, IP25, IP26	IP23, IP24, IP25	IP23, IP24, IP25, IP26, IP27, IP28, IP29, IP30, IP31, IP32, IP33	IP23, IP24, IP25	IP23, IP24, IP25	IP23, IP24	IP23, IP24, IP25, IP26, IP27
Explosion protection	Ex d, Ex de, Ex de I, Ex de II	Ex de, Ex de I	Ex de, Ex de I, Ex de II, Ex de III	Ex de	Ex de, Ex de I, Ex de II	Ex de, Ex de I, Ex de II	Ex de, Ex de I, Ex de II
Acid resistant	IC, IC2	IC, IC2	IC, IC2	IC, IC2	IC, IC2, IC20	IC, IC2, IC20	IC20
Efficiency	up to 95.5%	up to 95.5%	up to 96%	up to 95.5%	up to 96.5%	up to 96% and more	up to 96%

Features	SIEMENS HV C	SIEMENS HV Series Drumpack	SIEMENS HV M	SIEMENS HV Series Drumpack PLUS	SIEMENS HV HP	SIEMENS HV Specialized	SIEMENS HV ANEMA
Advantages	➔ Revolutionary cooling concept	➔ High degree of modularity	➔ High performance with low operating costs	➔ Focus on the available	➔ Extremely flexible concept	➔ Customizable design	➔ Specific for all the standard
	➔ Best-in-class power density	➔ Huge installed base	➔ High power density in a wide range of applications	➔ Proven quality	➔ Maximum quality and availability	➔ Tailor-made products for customer specific needs	➔ High performance design
	➔ High technology of bearing	➔ Slotted bearings meet the widest range available	➔ Optimized for maximum efficiency	➔ Flexible and modern design	➔ Efficiency above 96%	➔ High speed up to 15,000 rpm in the low-power range	➔ All standard designs

		Technische Daten / technical data		DWG	161	n/SL	
Nennwerte / nominal data							
Leistung S_N : rating power	7125 kVA	$\cos \varphi$:	0,80				
Spannung U_N : voltage	11000 V	Strom I_N : current	374 A				
Frequenz f : frequency	50 /s	d polig poles		Drehzahl n : speed	1000 /min		
Reaktanzen und Zeitkonstanten / reactances and time constants							
	sat.	unsat.		sat.	unsat.		
x_{σ}	1,28	1,43 p.u.	x_{σ}	0,71	0,71 p.u.	T_{σ}^{\prime}	4,20 s
x_{σ}^{\prime}	0,196	0,196 p.u.	x_{σ}^{\prime}	0,71	0,71 p.u.	$T_{\sigma}^{\prime\prime}$	0,58 s
$x_{\sigma}^{\prime\prime}$ sat.	0,111	0,122 p.u.	$x_{\sigma}^{\prime\prime}$	0,134	0,134 p.u.	$T_{\sigma}^{\prime\prime\prime}$	0,035 s
$x_{\sigma}^{\prime\prime}$	0,122	0,128 p.u.	$x_{\sigma}^{\prime\prime}$	0,033	0,037 p.u.	$T_{\sigma}^{\prime\prime\prime}$	0,089 s
$r_{\sigma}(20^{\circ}\text{C})$		0,0043 p.u.	SCR:	0,78		Z_{σ}	16,982 Ohm
Wirkungsgrad / efficiency							
		$1/4^*P_N$	$2/4^*P_N$	$3/4^*P_N$	$4/4^*P_N$		
η [%] p.f.=0,8		93,70	96,25	97,16	97,40		
η [%] p.f.=0,85		93,73	96,30	97,16	97,48		
η [%] p.f.=0,9		93,75	96,35	97,23	97,55		
η [%] p.f.=1,0		93,80	96,45	97,35	97,70		
Kurzschlussdaten / short circuit data							
						p.u.	
I_{k1}^{\prime}	5352 A	Anfangskurzschlusswechselstrom (3-)/ initial short circuit current (3-)				0,84	
$I_{k1}^{\prime\prime}$	8687 A	Stoßkurzschlussstrom (3-)/ max. peak current (3-)				23,03	
I_{k1}	1122 A	Dauerkurzschlussstrom (3-)/ sustained short circuit current (3-)				3,00	
M_{k1}^{\prime}	799,9 kNm	Stoßkurzschlussmoment (3-)/ initial short circuit torque (3-)				11,75	
M_{k1}	1719,7 kNm	Max.Feldsynchrotronmoment / max. field synchrotron torque				25,37	
M_{N1}	68,84 kNm	Nennmoment / rated kVA torque*				1,00	
M_{N1}	54,44 kNm	Nennmoment / rated torque				0,80	
dU%	-16,4 %	Transferrer Spannungseinbruch bei Nennlast / PVD at rated load application					
$dS_{max}^* \approx$	5451 kVA	Max. Lastfall bei p.f.0,8 mit dU%*10% / Max. load application at p.f.0,8 for PVD*10%					
Sonstige Daten / other data							
Trägheitsmoment J : moment of inertia	1745 kgm ²	*	Gewicht m : weight	31000 kg*			
Kühlluftmenge Q_{k1} : cooling air volume	5,5 m ³ /s		Kühlmittemtemp.: cooling medium temp.	64 °C			
Schutzart: enclosure	IP55 with CAG1, ambient temp. = 40°C		Isolationsklasse: insulation class	F			
Bemerkungen / remarks							
8428198A000,0001			*nom. values see valid drawing				
Temperature rise according to B for $S_N=6250$ kVA							
Temperature rise according to B+10K for $S_N=6700$ kVA							
Temperature rise according to F for $S_N=7125$ kVA							
Voltage/frequency range according to EN60034-1, zone B, voltage range extended to $\pm 10\%$							
dU%*10% at application of totally 7800kVA, p.f.0,2 on 3 alternators running in parallel							
11.07.08 Rev. 103 01.08.08 Rev. 103							
Alle Angaben sind gemäß VDE 0530, IEC 34				All data are in accordance to VDE 0530, IEC 34			

		Technische Daten / technical data		DIG	161	n/SL
Nennwerte / nominal data						
Leistung S_N : rating power	6700 kVA	$\cos \varphi$:	0,80			
Spannung U_N : voltage	11000 V	Strom I_N : current	352 A			
Frequenz f : frequency	50 /s	δ polig poles		Drehzahl n : speed	1000 /min	
Reaktanzen und Zeitkonstanten / reactances and time constants						
	sat.	unsat.		sat.	unsat.	
x_d	1,21	1,34 p.u.	x_d'	0,67	0,67 p.u.	T_{d0}' : 4,20 s
x_d''	0,184	0,184 p.u.	x_d'''	0,67	0,67 p.u.	T_{d0}'' : 0,58 s
$x_d'''_{sat}$	0,104	0,114 p.u.	x_q''	0,126	0,126 p.u.	T_{d0}''' : 0,035 s
x_q'	0,115	0,120 p.u.	x_q''	0,031	0,034 p.u.	T_{d0}'' : 0,089 s
$r_a(20^\circ\text{C})$		0,0041 p.u.	SCR:	0,83		Z_{sc} : 18,060 Ohm
Wirkungsgrad / efficiency						
		$1/4 P_N$	$2/4 P_N$	$3/4 P_N$	$4/4 P_N$	
η [%] $p.f.=0,8$		93,10	96,10	97,00	97,35	
η [%] $p.f.=0,85$		93,20	96,16	97,08	97,43	
η [%] $p.f.=0,9$		93,30	96,23	97,15	97,50	
η [%] $p.f.=1,0$		93,50	96,35	97,30	97,65	
Kurzschlussdaten / short circuit data						
						p.u.
I_{k1}'	3382 A	Anfangskurzschlussstrom (3-) / initial short circuit current (3-)				9,62
I_{k1}''	8667 A	Stoßkurzschlussstrom (3-) / max. peak current (3-)				24,48
I_{k1}	1055 A	Dauerkurzschlussstrom (3-) / sustained short circuit current (3-)				3,00
M_{k1}'	799,9 kNm	Stoßkurzschlussmoment (3-) / initial short circuit torque (3-)				12,50
M_{k1}	1719,7 kNm	Max.Feldsynchroneisolationmoment / max. field synchronous torque				26,88
M_{k1N}	63,99 kNm	Nennschleimoment / rated kVA torque*				1,00
M_{k1s}	51,19 kNm	Nennmoment / rated torque				0,80
dU:	-15,5 %	Transienter Spannungsseinbruch bei Nennlastfall / FVD at rated load application				
dS_{max}^{*}	5462 kVA	Max. Lastfall bei p.f.0,2 mit dU=15% / Max. load application at p.f.0,2 for FVD=15%				
Sonstige Daten / other data						
Trägheitsmoment J : moment of inertia	1745 kgm ²		Gewicht m : weight	31000 kg*		
Kühlluftmenge Q_L : cooling air volume	5,5 m ³ /s		Kühlmittemtemp.: cooling medium temp	64 °C		
Schutzart: enclosure	IP55 with CAC3 ambient temp. =40°C		Isolationsklasse: insulation class	F		
Bemerkungen / remarks						
84281967000,0001 <small>*total volume see valid drawing</small>						
Temperature rise according to B for $S_N=6250$ kVA						
Temperature rise according to B+10K for $S_N=6700$ kVA						
Temperature rise according to F for $S_N=7125$ kVA						
Voltage/frequency range according to IEC60034-1, zone B, voltage range extended to +10%						
dU=15% at application of totally 7800kVA, p.f.0,2 on 3 alternators running in parallel						
11.07.08 Rev.003 01.08.08 Rev.001						

		Technische Daten / technical data		DFG	161	n/SL
Nennangaben / nominal data						
Leistung S_N : rating power	6250 kVA	cos φ : $\mu.f.$	0,80			
Spannung U_N : voltage	11000 V	Strom I_N : current	328 A			
Frequenz f : frequency	50 /a	δ polig poles	Drehzahl n : speed	1000 /min		
Reaktanzen und Zeitkonstanten / reactances and time constants						
	sat.	unsat.		sat.	unsat.	
x_d	1,13	1,25 p.u.	x_d'	0,63	0,63 p.u.	T_{d0}' : 4,20 s
x_d''	0,172	0,172 p.u.	x_d'''	0,63	0,63 p.u.	T_{d0}'' : 0,58 s
x_d'' sat.	0,097	0,107 p.u.	x_q''	0,117	0,117 p.u.	T_{d0}''' : 0,035 s
x_q	0,107	0,112 p.u.	x_q'	0,029	0,032 p.u.	T_{d0} : 0,089 s
r_a (20°C)	0,0038 p.u.		SCR:	0,89	Z_{sc} :	19,360 Ω m
Wirkungsgrad / efficiency						
		$1/4 P_N$	$2/4 P_N$	$3/4 P_N$	$4/4 P_N$	
η [%] $\mu.f.=0,8$		92,98	94,98	96,98	97,28	
η [%] $\mu.f.=0,85$		92,95	94,96	96,96	97,29	
η [%] $\mu.f.=0,9$		93,08	95,03	97,03	97,38	
η [%] $\mu.f.=1,0$		93,18	95,15	97,15	97,55	
Kurzschlussdaten / short circuit data						
						p.u.
I_{sc}	3382 A	Anfangs kurzschlussstrom (3- ϕ) / initial short circuit current (3- ϕ)				10,31
i_{sc}	8897 A	Stoßkurzschlussstrom (3- ϕ) / max. peak current (3- ϕ)				26,24
I_{sc}	984 A	Dauer kurzschlussstrom (3- ϕ) / sustained short circuit current (3- ϕ)				3,00
M_{sc}	799,9 kNm	Stoßkurzschlussmoment (3- ϕ) / initial short circuit torque (3- ϕ)				13,48
M_s	1719,7 kNm	Max. Füllsynchronisiermoment / max. fully synchron torque				28,81
M_{sc}	59,69 kNm	Nennschleimoment / rated kVA torque*				1,00
M_N	47,75 kNm	Nennmoment / rated torque				0,80
dU _{sc}	-14,7 %	Transienter Spannungsseinbruch bei Nennlast / VFD at rated load application				
dS _{max} d _{sc}	5451 kVA	Max. Laststell bei $\mu.f.=0,8$ mit dU _{sc} =15% / Max. load application at $\mu.f.=0,8$ for VFD=15%				
Sonstige Daten / other data						
Trägheitsmoment J : moment of inertia	1745 kgm ²	*	Gewicht m : weight	31000 kg*		
Kühlluftmenge Q_a : cooling air volume	5,5 m ³ /s		Kühlmittemtemp.: cooling medium temp	64 °C		
Schutzart: enclosure	IP55 with CAC3, ambient temp.=40°C		Isolationsklasse: insulation class	F		
Bemerkungen / remarks						
84381967003,8801 *nominal values are valid during						
Temperature rise according to B for S=6250kVA						
Temperature rise according to B+10K for S=6700kVA						
Temperature rise according to F for S=7125kVA						
Voltage/frequency range according to EN60034-1, zone B, voltage range extended to $\pm 10\%$						
dU=15% at application of totally 7800kVA, $\mu.f.=0,8$ on 3 alternators running in parallel						
11.01.08 Rev.103 01.08.08 Rev.203						
Alle Angaben sind gemäß VDE 0536, IEC 34				All data are in accordance to VDE 0536, IEC 34		

BIODATA PENULIS



Penulis buku Tugas Akhir dengan judul **“Analisa Implementasi Konverter *Buck & Boost* Pada Motor Induksi Tiga Fasa”** bernama lengkap Fadhlurrohman Thoriq. Penulis yang akrab disapa Thoriq lahir di Kudus pada tanggal 17 Desember 1994. Penulis beralamat di Desa Loram Wetan RT 03 RW 05 Kecamatan Jati Kabupaten Kudus. Penulis telah menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Kemala Bhayangkari Kudus pada tahun 2000, pendidikan tingkat dasar di SD Negeri 1 Loram Wetan pada tahun 2006, pendidikan tingkat menengah di SMP Negeri 3 Bae pada tahun 2009, pendidikan tingkat lanjut di SMA Negeri 1 Bae pada tahun 2012 dan pendidikan tingkat tinggi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan ITS pada tahun 2020. Selama menempuh pendidikan, penulis aktif di organisasi Pramuka. Dimulai dari penggalang di SMP, kemudian melanjutkan penegak di SMA. Pada saat penegak penulis mendapatkan amanah menjadi Pradana (Ketua Ekstrakurikuler) periode 2010/2011. Kemudian tergabung di Satuan Karya Bhayangkara Kwarcab Kudus, dan menjadi Dewan Saka Periode 2011/2012. Pada masa perkuliahan, penulis masih melanjutkan mengikuti Unit Kegiatan Mahasiswa Pramuka. Pada saat menjadi Pandega di Gugusdepan Surabaya 610 Surabaya 611, penulis mendapatkan amanah menjadi Ketua Dewan Racana (Ketua UKM) periode 2014/2015 dan Pemangku Adat periode 2015/2016. Selain dalam lingkup Institut penulis juga menjadi bagian pengurus Kwartir Daerah Gerakan Pramuka Jawa Timur a.k.a Dewan Kerja Daerah Jawa Timur periode 2016/2020. Selain dalam organisasi Gerakan Pramuka, penulis juga pernah tergabung dalam organisasi Lembaga Minat Bakat bidang Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa periode 2013/2014, dan juga pernah mendapatkan amanah menjadi *Steering Commite* (SC) Gerakan Integralistik (GERIGI) 2014. Selain itu Penulis juga tergabung dalam Pemandu LKMM Fakultas Teknologi Kelautan. Selain mengikuti organisasi, penulis juga pernah mendapatkan beberapa prestasi diantaranya : Juara II Festival *Music Competition* tingkat kabupaten Kudus tahun 2009, Juara Harapan I Lomba Cerdas Cermat Perjusa Saka Bhayangkara Tingkat Daerah Jawa Tengah Tahun 2011, Juara II *Out Hand Launched Glider* Piala KONI Surabaya tahun 2013.

“Halaman Ini Sengaja dikosongkan”