



**RANCANG BANGUN KONVERTER *BUCK-BOOST*
DENGAN KONTROL LOGIKA *FUZZY***

SKRIPSI

Oleh

**ILHAM SYAFRIZAL
NIM 111910201016**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**RANCANG BANGUN KONVERTER *BUCK-BOOST*
DENGAN KONTROL LOGIKA *FUZZY***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**ILHAM SYAFRIZAL
NIM 111910201016**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Dengan rahmat Allah S.W.T yang telah melimpahkan segala nikmat serta anugerah-Nya sehingga saya dapat mempersembahkan skripsi ini kepada:

1. Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
2. Kedua orang tua tercinta, Bapak Mujianto dan Ibu Sofiyah atas kasih sayang, pengorbanan dan kesabaran yang tiada tara serta doa yang selalu menyertai.
3. Kakak dan adik Yosy Ervianto Kurniawan dan Muhammad Naufal Hakim yang telah memberikan semangat dan dorongan.
4. Guru – guruku mulai SDN Pulorejo 1 Mojokerto, SMP Negeri 6 Mojokerto dan SMA Islam Brawijaya Mojokerto. Terima kasih untuk ilmu dan pengalaman yang telah diajarkan selama ini.
5. Almamater Teknik Elektro Universitas Jember.

MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.”

(Qs. Al-Insyirah, ayat 6-8)

“Janganlah kamu menyepelkan apapun itu, karena jika kamu terbiasa menyepelkan maka percayalah kelak hidupmu akan terlena karenanya.”

(Bapakku tercinta, Mujianto)

“Allah akan meninggikan orang – orang yang beriman diantaramu dan orang – orang yang diberi ilmu pengetahuan. ”

(QS. Al-Mujadalah : 11)

“Lelaki tengguh dan terpercaya pasti bisa menyelesaikan apa yang telah mereka mulai. Semangat !”

(Anonim)

“Barangsiapa yang mempermudah urusan orang yang mengalami kesulitan, maka Allah akan mempermudah urusannya di dunia dan di akhirat.”

(HR. Ibnu Majah).

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama: Ilham Syafrizal

NIM : 111910201016

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Rancang Bangun Konverter *Buck-Boost* Dengan Kontrol Logika *Fuzzy*" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 16 Juni 2016

Yang menyatakan,

Ilham Syafrizal

NIM 111910201016

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN KONVERTER *BUCK-BOOST*
DENGAN KONTROL LOGIKA *FUZZY***

Oleh

Ilham Syafrizal
NIM 111910201016

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M.

Dosen Pembimbing Anggota : H. Samsul Bachri, S.T., M.MT.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Rancang Bangun Konverter *Buck-Boost* dengan Kontrol Logika *Fuzzy*” Telah diuji dan disahkan pada :

Hari, Tanggal :

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M.
NIP 19700826 199702 1 001

H. Samsul Bachri, S.T., M.MT.
NIP 19610414 198902 1 001

Penguji I,

Penguji II,

Dr. Triwahju Hardianto, ST., M.T.
NIP 19700826 199702 1 001

Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T.
NIP 19700404 199601 1 001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah M.U.M.
NIP 19661215 199503 2 001

Rancang Bangun Konverter *Buck-Boost* dengan Kontrol Logika *Fuzzy*

Ilham Syafrizal

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Konverter *buck-boost* digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan sumber, dimana tegangan *output* akan mempunyai tegangan yang lebih kecil atau lebih besar dari tegangan sumber. Besarnya tegangan *output* konverter ditentukan dari nilai kapasitor (C) sebesar 47 μF , inductor (L) sebesar 68 mH dan sinyal *switching* mosfet yaitu PWM dengan frekuensi 4 kHz. Besar kecilnya tegangan sumber dan tegangan *output* konverter yang dihasilkan akan masuk ke PCI 1710HG, untuk diolah di Simulink matlab dengan menggunakan kontrol logika *fuzzy*. Terdapat 3 *input* pada logika *fuzzy*, yaitu *set point*, tegangan *input* (sumber) dan tegangan *output* dengan 1 *output* dari logika *fuzzy* yaitu *inverting*. *Inverting* akan masuk ke LM324 untuk di komparator dengan sinyal segitiga dari NE555 sehingga nantinya LM324 akan menghasilkan sinyal PWM terkontrol. Untuk pengujian tanpa kontrol dengan *duty cycle* tetap 27,7%, maka tegangan *output* yang dihasilkan semakin besar dengan tegangan sumber yang diberikan sebesar 30 V sampai 60 V. Sedangkan pada pengujian dengan menggunakan kontrol saat diberikan tegangan sumber sebesar 30 V, 45 V, 60 V, menghasilkan tegangan *output* sebesar 36 V, dengan besarnya sinyal *duty cycle* PWM yang dibangkitkan sebesar 47,3%, 33,9%, 27,38%.

Kata kunci: konverter *buck-boost*, *duty cycle*, *Pulse Width Modulation* (PWM), PCI 1710HG, logika *fuzzy*, Simulink matlab.

Design Of Buck-Boost Converter With Fuzzy Logic Controller

Ilham Syafrizal

*Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering,
University of Jember*

ABSTRACT

Buck-boost converter is used to raise or lower the voltage source, wherein the voltage output will have a smaller or larger voltage than the source voltage. The magnitude of the converter output voltage is determined from the value of the capacitor (C) is 47 μ F, inductor (L) of 68 mH and switching mosfet is PWM signal with a frequency of 4 kHz. The size of the voltage source and the converter output voltage generated will go into PCI 1710HG, to be processed in Simulink matlab using fuzzy logic control. There are three inputs to the fuzzy logic, the set point, the input voltage (source) and the output voltage with the one output of the fuzzy logic is inverting. Inverting will go into the LM324's in the comparator with a triangular signal of NE555 so that later on LM324 will produce a PWM control signals. For testing without a control with value of the fixed duty cycle is 27.7%, then the output voltage produced is even greater given value of the source voltage is 30 V to 60 V. While in the testing using current control given source voltage of 30 V, 45 V, 60 V, produces an output voltage of 36 V, with a duty cycle PWM signal magnitude is raised by 47.3%, 33.9%, 27.38%.

Key words : *buck-boost converter, duty cycle, Pulse Width Modulation (PWM), PCI 1710HG, fuzzy logic, simulink matlab*

RINGKASAN

Rancang Bangun Konverter *Buck-Boost* dengan Kontrol Logika *Fuzzy* : Ilham Syafrizal, 111910201016; 2016: 76 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Perkembangan teknologi komponen dan rangkaian elektronika saat ini telah mampu menghasilkan sistem penyedia daya tegangan searah (dc), yang dihasilkan melalui konversi tegangan dc masukan ke bentuk tegangan dc keluaran yang lebih tinggi atau lebih rendah. Konversi tegangan dc ini biasa disebut sebagai dc-dc konverter. Pada perkembangannya, penerapan dc-dc konverter telah memungkinkan suatu perangkat elektronika dapat berfungsi dengan menggunakan sumber energi baterai yang berukuran kecil.

Konverter *buck-boost* merupakan salah satu jenis dc-dc konverter yang mempunyai kelebihan yaitu tegangan output dapat diatur lebih besar atau lebih kecil dari tegangan *input*. Konverter *buck-boost* ini membutuhkan *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk mengatur besarnya *duty cycle*, yang nantinya besarnya nilai *duty cycle* dari PWM berfungsi sebagai *trigger* atau *switching* untuk saklar elektrik, sehingga mempengaruhi besar kecilnya nilai tegangan yang dilewatkan. Pada penelitian ini metode pengontrolan PWM yang digunakan adalah logika *fuzzy*, dengan menggunakan PCI 1710HG yang dapat bekerja dengan matlab. Logika *fuzzy* yang digunakan untuk mengontrol PWM memiliki 3 *input* yaitu *set point*, tegangan *input* dan tegangan *output*. Logika *fuzzy* mempunyai 1 *output* yaitu *inverting*, dimana *inverting* ini akan membangkitkan sinyal PWM dengan cara *inverting* akan di komparator dengan sinyal segitiga (*non inverting*). Logika *fuzzy* akan menyesuaikan seberapa besar tegangan *inverting* yang dikeluarkan, agar *duty cycle* yang dibangkitkan PWM saat kondisi tegangan *input* sebesar 30 V sampai 60 V dapat menghasilkan tegangan *output* yang konstan sebesar 36 V dan 42 V.

Data yang sudah diperoleh dapat dibandingkan antara konverter *buck-boost* menggunakan kontrol dengan yang tanpa kontrol. Pada grafik hasil pengujian konverter tanpa kontrol dengan *duty cycle* konstan sebesar 27,7%, pada saat kondisi

diberikan tegangan *input* 30 – 60 V, tegangan yang dihasilkan konverter *buck-boost* semakin besar dari awal 13,2 V hingga 36,1 V. Kemudian dilakukan pengujian kedua dengan *duty cycle* konstan sebesar 30,6 %. Tegangan konverter yang dihasilkan saat kondisi tegangan *input* sama dengan pengujian pertama yaitu sebesar 15,9 V saat tegangan *input* 30 V, tegangan *output* 29,6 V saat tegangan *input* 45 V dan tegangan *output* 42,9 V saat tegangan *input* 60 V. Hal ini terlihat pada grafik dengan nilai tegangan *output* yang semakin naik saat tegangan *input* naik dengan kondisi *duty cycle* tetap. Pada pengujian konverter *buck-boost* dengan kontrol logika *fuzzy*, ketika *set point* di *setting* sebesar 36 konverter *buck boost* menghasilkan tegangan *output* konstan sebesar 36 V dengan tegangan *input* 30 V sampai 60 V. Hal ini dapat dilihat pada tabel dan grafik pengujian, dimana saat tegangan *input* 30 V, PWM membangkitkan *duty cycle* sebesar 47,3% sehingga menghasilkan tegangan sebesar 36,2 V. Saat tegangan *input* 45 V, PWM yang dibangkitkan sebesar 33,9% sehingga menghasilkan tegangan sebesar 35,5 V. Saat tegangan *input* 60 V, PWM yang dibangkitkan sebesar 27,3%, sehingga menghasilkan tegangan 35,7 V. Pada pengujian kedua konverter terkontrol dengan *set point* 42, konverter *buck-boost* menghasilkan tegangan sebesar 42,6 V, saat tegangan *input* 30 V dengan *duty cycle* 52,5%. Saat tegangan *input* sebesar 45 V, PWM yang dibangkitkan sebesar 37,8% sehingga menghasilkan tegangan sebesar 42,8 V. Dan saat tegangan *input* sebesar 60 V, PWM yang dibangkitkan sebesar 30% sehingga menghasilkan tegangan sebesar 42,3 V. Hal ini dapat dilihat pada tabel serta grafik pengujian konverter *buck-boost* terkontrol saat *set point* 36 dan 42.

Setelah dilakukan pengujian konverter *buck-boost* baik dengan kontrol ataupun tanpa kontrol, dapat dilihat bahwa dari data yang telah diperoleh dapat diketahui bahwa konverter *buck-boost* dengan kontrol mempunyai tegangan *output* yang konstan di 36 V dan 42 V, sedangkan pada pengujian konverter *buck-boost* tanpa kontrol, semakin tinggi tegangan masukkan yang diberikan maka tegangan *output* yang dihasilkan juga semakin besar, hal ini disebabkan karena PWM bernilai konstan dan tidak adanya kontrol yang dapat mengubah besarnya nilai PWM yang dibangkitkan.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Konverter *Buck-Boost* dengan Kontrol Logika Fuzzy”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah M.U.M., selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M, selaku dosen pembimbing utama dan bapak H. Samsul Bachri, S.T, M.MT., selaku dosen pembimbing anggota yang telah rela meluangkan waktu, pikiran serta motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T., selaku dosen penguji utama dan Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku dosen penguji anggota yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga sangat membantu terhadap penyempurnaan skripsi ini.
4. Bapak Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa.
5. Bapak M. Agung Prawira N, S.T., M.T., selaku Komisi Bimbingan S1 yang telah membantu penulisan skripsi secara administratif.
6. Kepada teknisi lab serta asisten lab yang telah memberikan arahan untuk proses perancangan alat pada penelitian ini serta penyusunan skripsi.
7. Kepada orang tuaku tercinta Bapak Mujianto dan Ibu Sofiyah yang telah memberikan dukungan baik secara materi maupun moral dalam penyusunan skripsi ini.
8. Kedua saudaraku Yosy Ervianto Kurniawan dan M Naufal Hakim yang telah menyemangati dalam penyusunan skripsi ini.

9. Teman-teman kostan Fauzi, Fattah, Armand, Iqbal, Teguh, Deka, Rizal yang telah mengisi kegiatan sehari-hari di kostan.
10. Teman – teman jejak tangguh Nofan, Sidiq, Imam, Mas Fathur, Galuh, Fani, Yazid yang telah berbagi serta berjuang bersama selama menjadi mahasiswa.
11. Teman-teman seperjuangan Dwi, Firzon, Intan, Anisia, Yulanta, Faiz, Dharma, Rifan, Afif, Gunawan, Ichal yang telah memberikan pengalaman hidup, berbagi cerita dan ilmu, serta dukungan tidak ada bosannya selama penyusunan skripsi.
12. Rekan-rekan Fakultas Teknik Universitas Jember khususnya rekan-rekan Teknik Elektro Angkatan 2011 yang tidak dapat disebutkan satu per satu, selama ini telah memberikan pengalaman hidup selama penulis menjadi keluarga Fakultas Teknik Universitas Jember.
13. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah mendukung dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 16 Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMBUTAN	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
RINGKASAN	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR TABEL	xxi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan.....	3
1.5. Manfaat.....	3
1.6. Sistematika Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Konverter DC-DC	5

2.1.1	<i>Buck</i> Konverter.....	5
2.1.2	<i>Boost</i> Konverter	8
2.1.3	<i>Buck-boost</i> konverter	11
2.2	MOSFET	13
2.3	<i>Pulse Width Modulation</i> (PWM).....	15
2.4	PCI 1710HG	16
2.5	MATLAB	17
2.6	Logika Fuzzy	18
2.7	Motor DC	20
2.7.1	Prinsip Kerja Motor DC	21
2.7.2	Komponen Motor DC	22
2.7.3	Karakteristik Motor DC	23
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....		26
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.2	Jenis Penelitian	26
3.3	Prosedur Penelitian.....	26
3.4	Diagram Alir Penelitian.....	28
3.5	Blok Diagram Sistem	29
3.6	Perancangan Rangkaian Konverter <i>Buck-Boost</i>	31
3.6.1	Prinsip Kerja Rangkaian	32
3.6.2	Perancangan konverter <i>buck-boost</i>	33
3.6.3	Perancangan PWM.....	34
3.6.4	Rangkaian <i>Driver</i> Mosfet.....	35
3.6.5	Rangkaian Sensor Tegangan	35

3.6.6	Rangkaian Sensor Arus	37
3.6.7	Simulink MATLAB	38
3.6.8	Perangkat PCI 1710HG dan PCLD 8710.....	39
3.6.9	Koneksi PC dengan PCI <i>card</i>	39
3.6.10	Koneksi PCI <i>Card</i> dengan Perangkat Luar	41
3.7	Desain Sistem <i>Buck-Boost</i> Konverter	42
3.8	Spesifikasi Motor DC Magnet Permanen.....	43
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		44
4.1	Pengujian PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>).....	44
4.2	Pengujian Sensor Arus	45
4.3	Pengujian Sensor Tegangan	47
4.4	Analisis dan Pengujian Konverter <i>Buck-Boost</i> Tanpa Menggunakan Kontrol	50
4.5	Analisis dan Pengujian Kontrol Logika <i>Fuzzy</i>	53
4.5.1	Fungsi Keanggotaan Logika <i>Fuzzy</i>	53
4.5.2	Rule Viewer	56
4.5.3	Hasil Pengujian Kontrol Logika <i>Fuzzy</i>	56
4.6	Analisis dan Pengujian Konverter <i>Buck-Boost</i> dengan Menggunakan Kontrol Logika <i>Fuzzy</i>	57
4.6.1	Pengujian Konverter <i>buck-boost</i> dengan <i>output</i> tetap 36 V	57
4.6.2	Pengujian Konverter <i>buck-boost</i> dengan <i>output</i> tetap 42 V	59
BAB 5. PENUTUP.....		61
5.1	Kesimpulan.....	61
5.2	Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA		62

LAMPIRAN..... 64



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 <i>Buck</i> Konverter (Danie Novine Sugiharto, 2010)	5
Gambar 2. 2 Arah arus pada saat saklar <i>Switch ON</i> dan <i>OFF</i> (Danie Novin Sugiharto,2010)	5
Gambar 2. 3 <i>Boost</i> konverter (Danie Novin Sugiharto, 2010).....	8
Gambar 2. 4 Arah arus saat saklar <i>switch ON</i> dan <i>OFF</i> (Danie Novin Sugiharto,2010)	8
Gambar 2. 5 <i>Buck-boost</i> konverter (Danie Novin Sugiharto, 2010).....	11
Gambar 2. 6 Arah arus saat saklar <i>switch ON</i> dan <i>OFF</i> (Danie Novin Sugiharto, 2010)	11
Gambar 2. 7 Ilustrasi komponen MOSFET	14
Gambar 2. 8 Bentuk sinyal <i>duty cycle</i>	15
Gambar 2. 9 Perangkat PCI 1710HG	16
Gambar 2. 10 <i>Board</i> PCLD-8710 sebagai I/O	17
Gambar 2. 11 Pendefinisian temperatur dalam bentuk logika <i>fuzzy</i> dan logika <i>boolean</i>	18
Gambar 2. 12 Konsep dasar logika <i>fuzzy</i>	20
Gambar 2. 13 Motor DC	21
Gambar 2. 14 Penentuan arah gerak kawat berarus	21
Gambar 2. 15 Prinsip kerja putaran motor DC	22
Gambar 2. 16 Konstruksi stator motor DC	22
Gambar 2. 17 Rotor atau jangkar motor DC	23
Gambar 2. 18 Komutator.....	23
Gambar 2. 19 Kurva torsi dan kecepatan	23

Gambar 2. 20 Operasi motor DC magnet permanen.....	25
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 3. 2 Perencanaan Sistem dan Kontrol Logika <i>Fuzzy</i> untuk PWM	29
Gambar 3. 3 Kontrol Logika <i>Fuzzy</i>	30
Gambar 3. 4 <i>Flowchart</i> sistem konverter <i>buck-boost</i>	31
Gambar 3. 5 Konsep Perancangan Konverter <i>Buck-Boost</i>	32
Gambar 3. 6 Rangkaian PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>)	34
Gambar 3. 7 Rangkaian <i>Driver</i> Mosfet.....	35
Gambar 3. 8 Rangkaian Sensor Tegangan	36
Gambar 3. 9 Rangkaian Sensor Arus	37
Gambar 3. 10 <i>Block</i> Simulink Kontrol Logika <i>Fuzzy</i>	38
Gambar 3. 11 Layar <i>setup</i> pada <i>Advantech Automation Software</i>	40
Gambar 3. 12 Tampilan <i>Different Options For Driver Setup</i>	40
Gambar 3. 13 Tes Koneksi PCI dengan PC	41
Gambar 3. 14 tampilan Blok Parameter Digital <i>Output</i>	42
Gambar 3. 15 Desain Sistem <i>Buck Boost</i> Keseluruhan.....	42
Gambar 3. 16 Motor DC magnet permanen.....	43
Gambar 4. 1 Grafik Pengujian PWM.....	45
Gambar 4. 2 Sensor arus ACS712-20A-T.....	46
Gambar 4. 3 Blok <i>filter</i> dan kalibrasi sensor arus ACS712-20A-T	46
Gambar 4. 4 Grafik hubungan tegangan terhadap arus pada <i>output</i> sensor arus ACS712-20A-T	47
Gambar 4. 5 Grafik perbandingan hasil pengukuran sensor tegangan <i>input</i> dengan hasil perhitungan sensor tegangan <i>input</i>	49

Gambar 4. 6 Grafik perbandingan hasil pengukuran sensor tegangan <i>output</i> dengan hasil perhitungan sensor tegangan <i>output</i>	50
Gambar 4. 7 Grafik pengujian konverter <i>buck-boost</i> tanpa kontrol dengan <i>duty cycle</i> tetap 27,7%	51
Gambar 4. 8 Grafik pengujian konverter <i>buck-boost</i> tanpa kontrol dengan <i>duty cycle</i> konstan 30,6%	52
Gambar 4. 9 <i>Mamdani fuzzy inference system editor</i>	53
Gambar 4. 10 <i>Membership function</i> untuk <i>set point</i>	54
Gambar 4. 11 <i>Membership function</i> untuk tegangan <i>input</i>	54
Gambar 4. 12 <i>Membership function</i> untuk tegangan <i>output</i>	55
Gambar 4. 13 Gambar <i>membership function inverting</i> untuk keluaran <i>fuzzy</i>	55
Gambar 4. 14 Gambar <i>rule viewer</i> pada <i>FIS Editor</i>	56
Gambar 4. 15 Simulink pengujian logika <i>fuzzy</i>	57
Gambar 4. 16 Grafik pengujian konverter <i>buck-boost</i> terkontrol dengan <i>set point</i> 36	58
Gambar 4. 17 Grafik pengujian konverter <i>buck-boost</i> terkontrol dengan <i>set point</i> 42	59

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1 Nilai V_{out} terhadap V_s berdasarkan <i>Duty Cycle</i> (D).....	33
Tabel 4. 1 Pengujian PWM	44
Tabel 4. 2 Pengujian kelinieran antara tegangan keluaran sensor arus ACS712-20A-T dengan arus AVOMeter.....	46
Tabel 4. 3 Hasil pengujian sensor arus ACS712-20A-T.....	47
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Sensor Tegangan <i>Input</i>	48
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Sensor Tegangan <i>Output</i>	49
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian konverter <i>buck-boost</i> tanpa kontrol dengan <i>duty cycle</i> tetap 27,7%.....	51
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian konverter <i>buck-boost</i> tanpa kontrol dengan <i>duty cycle</i> tetap 30,6%.....	52
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian konverter <i>buck-boost</i> terkontrol dengan <i>set point</i> konstan 36 V	57
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian konverter <i>buck-boost</i> menggunakan kontrol logika <i>fuzzy</i> dengan <i>set point</i> konstan 42 V.....	59

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi komponen dan rangkaian elektronika telah mampu menghasilkan sistem penyedia daya tegangan searah (dc), yang dihasilkan melalui konversi tegangan dc masukan ke bentuk tegangan dc keluaran yang lebih tinggi atau lebih rendah. Konversi tegangan dc ini biasa disebut sebagai dc-dc konverter. Pada perkembangannya, penerapan dari dc-dc konverter telah memungkinkan suatu perangkat elektronika dapat berfungsi dengan menggunakan sumber energi baterai yang berukuran kecil. Hingga saat ini, berbagai konfigurasi dc-dc konverter telah banyak dikembangkan, seperti konfigurasi dc-dc konverter yang tidak memiliki isolasi dielektrik antara tegangan masukan dan keluaran, atau biasa disebut sebagai *non-isolated* dc-dc konverter (Suryo Mochamad Hidayat, 2010).

Konverter *buck-boost* merupakan salah satu jenis dc-dc konverter yang mempunyai kelebihan yaitu tegangan *output* dapat diatur lebih besar atau lebih kecil dari tegangan *input*. Yang membuat tegangan keluaran dari *buck-boost* konverter bisa lebih besar atau lebih kecil dari tegangan *input* adalah adanya saklar elektrik (IGBT, *Power Mosfet*, *Thyristor*) yang akan mengatur arus masuk ke induktor sehingga nilai rata – rata tegangan beban sebanding dengan *ratio* antara waktu pembukaan dan waktu penutupan saklar.

Konverter *buck-boost* ini membutuhkan *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk mengatur besarnya *duty cycle* yang nantinya besarnya nilai *duty cycle* dari PWM ini lah yang berfungsi sebagai *trigger* untuk saklar elektrik, sehingga mempengaruhi besar kecilnya nilai tegangan yang dikeluarkan. Supaya *Pulse Width Modulation* (PWM) ini bekerja secara langsung maka dibutuhkan suatu pengendali atau kontroler. Pada penelitian sebelumnya oleh Risyad Danu Wijaya pada tahun 2013, melakukan penelitian tentang *buck-boost* konverter dengan menggunakan pengendali PI (*Proportional Integratif*). Akan tetapi kontroler PI masih banyak kekurangan jika dibandingkan dengan kontroler logika *fuzzy*. Dimana tanggapan

sistem kontroler logika *fuzzy* lebih baik dari pada kontroler PI. Terlebih kemampuan kontroler dalam mengembalikan kestabilan saat mendapat gangguan (dalam hal ini terjadi perubahan torka beban secara mendadak) pada kontroler logika *fuzzy* lebih baik dari pada kontroler PI (Hasibuan, 2007).

Berdasarkan uraian tersebut, maka akan dilakukan sebuah penelitian tentang **Rancang Bangun Konverter *Buck-Boost* Dengan Kontrol Logika *Fuzzy***. Kontrol logika *fuzzy* tersebut menggunakan fungsi keanggotaan yang dapat ditentukan nilai fungsi keanggotaannya dan *rule* untuk kinerja paling baik dari konverter *buck-boost*. Dengan digunakannya kontrol logika *fuzzy*, diharapkan konverter *buck-boost* memiliki kinerja yang baik dalam menyuplai beban dengan nilai error yang kecil.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara mendesain konverter *buck-boost* dengan baik pada kondisi sumber tegangan bervariasi ?
2. Bagaimana pengendali sistem konverter *buck-boost* pada kondisi sumber tegangan bervariasi dengan menggunakan logika *fuzzy* ?

1.3 Batasan Masalah

Agar dalam penulisan skripsi ini dapat mencapai sasaran dan tujuan yang diharapkan, maka dalam pembahasan penelitian ini membatasi pembahasan menjadi beberapa permasalahan berikut :

1. Tegangan *input* yang digunakan untuk konverter *buck-boost* berasal dari *power supply*.
2. Tegangan *input* yang digunakan besarnya bervariasi, dengan *range* 30 V – 60 V.
3. Sinyal kendali pemicu pensaklaran konverter *buck-boost* menggunakan sinyal kendali PWM (*Pulse Width Modulation*).
4. Tegangan *output* yang dikeluarkan di stabilkan hanya pada tegangan 36 V dan 42 V.

5. Tanpa melakukan uji pembebanan pada keluaran konverter *buck-boost*.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kinerja konverter *buck-boost* menggunakan pengendali logika *fuzzy* saat mecatu beban DC dengan *input* dan beban yang bervariasi.
2. Mengetahui kinerja pengendali logika *fuzzy* dalam mengontrol PWM.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang diperoleh dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Didapatkan solusi dalam mengatasi permasalahan tentang energi, yaitu dengan mengoptimalkan energi listrik dengan menggunakan konverter *buck-boost*.
2. Memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya tentang pengoptimalan energi alternatif.
3. Skripsi ini dapat dijadikan referensi pembelajaran dikemudian hari.

1.6 Sistematika Penelitian

Secara garis besar penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB 1. PENDAHULUAN

Latar belakang, tujuan pembahasan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang tinjauan pustaka yang menguraikan pendapat-pendapat atau hasil-hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan, landasan teori merupakan penjabaran dari tinjauan pustaka.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang metode kajian yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi hasil pengujian dan analisa hasil pengujian.

BAB 5. PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran dari penulis



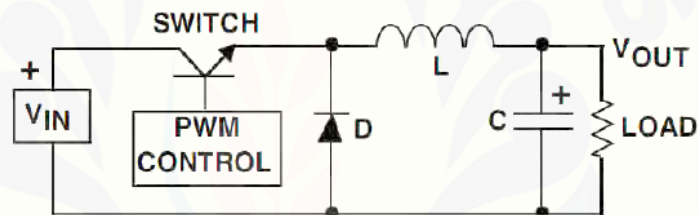
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konverter DC-DC

DC-DC konverter adalah rangkaian elektronika daya untuk mengkonversi level tegangan DC ke level tegangan DC yang berbeda. Beberapa jenis DC-DC konverter diantara lain yaitu *Boost* Konverter, *Buck* Konverter dan *Buck-Boost* Konverter. (Danie Novin Sugiharto,2010)

2.1.1 *Buck* Konverter

Buck konverter digunakan untuk meregulasi tegangan DC menjadi tegangan DC yang lebih rendah levelnya dan dengan polaritas yang sama. Keunggulannya adalah *power loss* nya yang cukup kecil.



Gambar 2. 1 *Buck* Konverter (Danie Novine Sugiharto, 2010)



Gambar 2. 2 Arah arus pada saat saklar *Switch ON* dan *OFF* (Danie Novin Sugiharto,2010)

Gambar 2.1 menunjukkan rangkaian dasar dari *buck* konverter, dan gambar 2.2 memperlihatkan arah arus saat *switch on* dan *switch off* pada *PWM control*. Disaat *switch on*, tegangan *input* terhubung dengan induktor. Beda potensial antara tegangan *input* dan *output* menghasilkan arus yang akan melintasi induktor dan bertambah berdasarkan waktu. Dan dalam waktu ini, arus pada induktor akan mengalir ke tahanan beban dan kapasitor dalam mengisi (*charge*). Kemudian saat *switch off* tegangan *input* terputus dengan induktor yang mengakibatkan arus pada

induktor berkurang berdasarkan waktu, akan tetapi arus dalam induktor tidak dapat berkurang langsung secara cepat, maka dari itu level tegangan akan berubah sehingga arus pada beban cenderung konstan. Level tegangan akan berhenti berubah sampai batas level tegangan dioda, disaat yang sama pula kapasitor akan memberikan arus pada beban, sehingga dalam kondisi ini arus beban = arus induktor + arus kapasitor.

Tegangan yang melalui induktor L, pada umumnya,

$$e_L = L \frac{di}{dt} \quad (2.1)$$

Dengan mengasumsikan arus induktor naik secara linear dari I_1 ke I_2 pada waktu t_1 ,

$$V_a - V_s = L \frac{I_1 - I_2}{t_1} = L \frac{\Delta I}{t_1} \quad (2.2)$$

Atau

$$t_1 = \frac{\Delta I \cdot L}{V_a - V_s} \quad (2.3)$$

Arus induktor turun secara linear dari I_1 ke I_2 pada waktu t_1 ,

$$-V_a = -L \frac{\Delta I}{t_1} \quad (2.4)$$

Atau

$$t_2 = \frac{\Delta I \cdot L}{V_a} \quad (2.5)$$

Dengan $\Delta I = I_1 - I_2$ adalah arus *ripple* puncak ke puncak induktor L, dengan menyamakan nilai ΔI pada persamaan (2.4) dan (2.5).

$$\Delta I = \frac{(V_a - V_s)}{L} = \frac{V_a t_2}{L} \quad (2.6)$$

Substitusi $t_1 = k T$ dan $t_2 = (1 - k) T$ menghasilkan tegangan keluaran rata – rata

$$V_a = \frac{t_1}{T} = V_s k \quad (2.7)$$

Dengan menganggap bahwa rangkain tidak mengalami rugi – rugi, $V_s I_s = V_a I_a = k V_s I_a$ dan masukan rata – rata

$$I = k I_a \quad (2.8)$$

Periode pensaklaran T dapat dinyatakan

$$T = \frac{1}{f} = t_1 + t_2 = \frac{\Delta I L}{V_s - V_a} = L \frac{\Delta I L \cdot V_s}{V_a (V_s - V_a)} \quad (2.9)$$

Yang memberikan arus *ripple* puncak ke puncak

$$\Delta I = \frac{V_a (V_s - V_a)}{f L V_s} \quad (2.10)$$

Atau

$$\Delta I = \frac{V_a (1 - k)}{f L} \quad (2.11)$$

Dengan hukum arus *kirchoff*, kita dapat menuliskan arus induktor I_L

$$I_L = I_c + I_0 \quad (2.12)$$

Bila diasumsikan arus *ripple* beban I_0 sangat kecil dan bisa diabaikan, $\Delta i_L = \Delta i_c$.

Arus kapasitor rata – rata yang mengalir selama $t_1/2 + t_2/2 = T/2$. Adalah

$$I_c = \frac{\Delta I}{4} \quad (2.13)$$

Tegangan kapasitor dinyatakan dengan

$$V_c = \frac{1}{C} \int I_c dt + V_c(t = 0) \quad (2.14)$$

Tegangan *ripple* puncak ke puncak kapasitor adalah

$$\Delta V_c = V_c - V_c(t = 0) = \frac{1}{C} \int_0^{T/2} \frac{\Delta I}{4} dt = \frac{\Delta I T}{8C} = \frac{\Delta I}{8fC} \quad (2.15)$$

Dengan mensubtitusikan nilai ΔI dari persamaan (2.10) atau (2.11) ke dalam persamaan (2.15) menghasilkan

$$\Delta V_c = \frac{V_a(V_s - V_a)}{8LCf^2V_s} \quad (2.16)$$

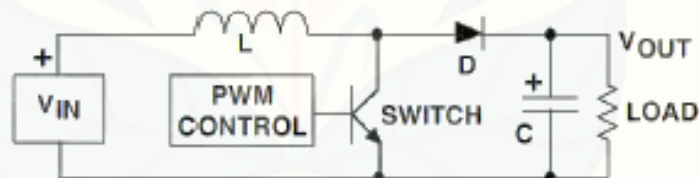
Atau

$$\Delta V_c = \frac{V_s k(1-k)}{8LCf^2V_s} \quad (2.17)$$

Buck converter hanya memerlukan sebuah transistor dan memiliki efisiensi yang tinggi, lebih dari 90%. Arus beban dibatasi oleh induktor L namun demikian arus masukan tidak kontinyu dan *filter* masukan biasanya dibutuhkan. *Buck* konverter memiliki polaritas tegangan keluaran dan arus keluaran yang *unidirectional* dan memerlukan rangkaian pelindung untuk kemungkinan adanya hubung singkat pada arus yang mengalir pada dioda (Surojo, 2010).

2.1.2 Boost Konverter

Sama dengan *buck* konverter, *boost* konverter juga mempunyai fungsi mengubah level tegangan DC, namun dalam *boost* konverter mengubahnya ke level yang lebih tinggi.



Gambar 2. 3 *Boost* konverter (Danie Novin Sugiharto, 2010)



Gambar 2. 4 Arah arus saat saklar *switch ON* dan *OFF* (Danie Novin Sugiharto,2010)

Disaat *switch on* tegangan *input* masuk kedalam induktor dan menyebabkan kenaikan arus berdasarkan waktu. Pada kondisi *switch off* saat ujung indikator

bernilai positif, *forward bias* dari dioda akan memberikan jalur agar kapasitor dalam keadaan mengisi (*charge*) dengan tegangan yang lebih besar dari tegangan *input*, dalam waktu yang sama arus induktor akan mengalir pada kapasitor dan beban, dan disaat *switch on* lagi, tegangan dan arus hanya akan disuplai oleh kapasitor.

Perlu diketahui bahwa arus *output* pada beban tidak sama dengan nilai rating arus pada *switch* transistor, nilai maksimum arus pada *output* beban adalah nilai tegangan *input* maksimumnya dikali dengan arus rata – rata *input* yang jelas kurang dari nilai arus maksimum *switch* transistor. Maka dari itu walaupun tegangan *output* lebih besar dari tegangan *input*, tetapi arus *output* lebih kecil dari arus *input*.

Dengan mengasumsikan arus induktor naik secara linear dari I_1 ke I_2 pada waktu t_1 ,

$$V_s = L \frac{I_1 - I_2}{t_1} = L \frac{\Delta I}{t_1} \quad (2.18)$$

Atau

$$t_1 = \frac{\Delta I \cdot L}{V_s} \quad (2.19)$$

Arus induktor turun secara linear dari I_2 ke I_1 pada waktu t_2

$$V_s - V_a = -L \frac{\Delta I}{t_2} \quad (2.20)$$

Atau

$$t_2 = \frac{\Delta I \cdot L}{V_a - V_s} \quad (2.21)$$

Dengan $\Delta I = I_2 - I_1$ adalah arus *ripple* puncak ke puncak induktor L , dengan menyamakan nilai ΔI pada persamaan (2.20) dan (2.21)

$$\Delta I = \frac{V_s t}{L} = L \frac{(V_a - V_s) t_2}{L} \quad (2.22)$$

Substitusi $t_1 = kT$ dan $t_2 = (1 - k) T$ menghasilkan tegangan keluaran rata – rata

$$V_a = V_s \frac{T}{t_2} = \frac{V_s}{1-k} \quad (2.23)$$

Dengan menganggap bahwa rangkaian tidak mengalami rugi – rugi, $V_s I_s = V_a I_a$
 $V_s I_a / (1 - k)$ dan masukan rata – rata

$$I_s = \frac{I_a}{1-k} \quad (2.24)$$

Periode pensaklaran T dapat dinyatakan

$$T = \frac{1}{f} = t_1 + t_2 = \frac{\Delta I L}{V_s} + \frac{\Delta I L}{V_a - V_s} = \frac{\Delta I L \cdot V_s}{V_s(V_a - V_s)} \quad (2.25)$$

Yang memberikan arus *ripple* puncak ke puncak

$$\Delta I = \frac{V_s(V_a - V_s)}{f L V_a} \quad (2.26)$$

Atau

$$\Delta I = \frac{V_s k}{f L} \quad (2.27)$$

Pada saat transistor *on*, kapasitor mencatu arus beban selama $t = 1$. Arus kapasitor rata – rata selama t_1 adalah $I_c = I_a$ dan tegangan *ripple* puncak ke puncak transistor adalah

$$\Delta V_c = V_c - V_c(t = 0) = \frac{1}{C} \int_0^{t_1} I_c dt = \frac{1}{C} \int_0^{t_1} I_a dt = \frac{I_a}{C} \quad (2.28)$$

Persamaan (2.23) memberikan $t_1 = (V_a - V_s) / (V_a f)$ dan substitusikan t_1 ke dalam persamaan (2.28) akan memberikan.

$$\Delta V_c = \frac{I_a(V_a - V_s)}{8 L C f^2 V_s} \quad (2.29)$$

Atau

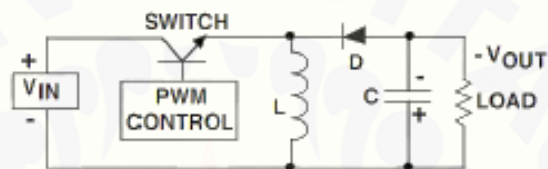
$$\Delta V_c = \frac{I_a k}{f C} \quad (2.30)$$

Boost konverter dapat menaikkan tegangan keluaran tanpa memerlukan trafo. Konverter ini memiliki efisiensi yang tinggi dan tegangan keluaran sangat sensitif

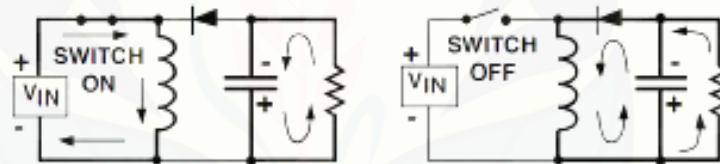
terhadap perubahan *duty cycle* (k) dan sangat sulit untuk menstabilkan regulator. Arus keluaran rata – rata lebih kecil dibandingkan dengan arus induktor rata – rata oleh faktor kapasitor maka diperlukan penggunaan *filter* kapasitor dan induktor yang lebih besar (Surojo, 2010).

2.1.3 Buck-boost konverter

Buck-boost konverter berfungsi untuk mengubah level tegangan DC, baik ke level yang lebih tinggi maupun level yang lebih rendah. Namun *buck-boost* konverter mengubah polaritas dari tegangan *input* terhadap *output*.



Gambar 2. 5 *Buck-boost* konverter (Danie Novin Sugiharto, 2010)



Gambar 2. 6 Arah arus saat saklar *switch ON* dan *OFF* (Danie Novin Sugiharto, 2010)

Saat *switch on*, induktor mendapat tegangan dari *input*, dan mengakibatkan adanya arus yang melewati induktor berdasarkan waktu, dalam waktu yang sama, kapasitor dalam kondisi membuang (*discharge*) dan menjadi sumber tegangan dan arus pada beban. Saat *switch off* tegangan *input* terputus menyebabkan mulainya penurunan arus dan menyebabkan ujung dioda bernilai negatif, dan induktor mensuplai kapasitor (*charge*) dan beban. Jadi pada saat *switch on* arus beban disuplai oleh kapasitor, namun pada saat *switch off* disuplai oleh induktor. (Sugiharto, Danie Novin, 2010).

Dengan mengansumsikan arus induktor naik secara linear dari I_1 ke I_2 pada waktu t_1 ,

$$V_s = L \frac{\Delta I_2 - I_1}{t_1} = L \frac{\Delta I}{t_1} \quad (2.31)$$

Atau

$$t_1 = L \frac{\Delta I}{V_s} \quad (2.32)$$

Arus induktor turun secara linear dari I_2 ke I_1 pada waktu t_2

$$V_a = -L \frac{\Delta I}{t_2} \quad (2.33)$$

Atau

$$t_2 = L \frac{-\Delta I}{V_a} \quad (2.34)$$

Dengan $\Delta I = I_2 - I_1$ adalah arus *ripple* puncak ke puncak induktor L , dengan menyamaan nilai ΔI pada persamaan (2.31) dan (2.33) menghasilkan.

$$\Delta I = \frac{V_s t_1}{L} = \frac{-V_a t_2}{L} \quad (2.35)$$

Substitusi $t_1 = k T$ dan $t_2 = (1 - k) T$ menghasilkan tegangan keluaran rata – rata

$$V_a = \frac{V_s k}{1 - k} \quad (2.36)$$

Dengan menganggap bahwa rangkaian tidak mengalami rugi – rugi, $V_s I_s = -V_a I_a = V_s I_a k / (1 - k)$ dan arus masukan rata – rata I_s memiliki hubungan dengan arus keluaran I_a sebagai berikut

$$I_s = \frac{I_a}{1 - k} \quad (2.37)$$

Periode pensaklaran T dapat dinyatakan

$$T = \frac{1}{f} = t_1 + t_2 = \frac{\Delta I L}{V_s} - \frac{\Delta I L}{V_a} = \frac{\Delta I L (V_a - V_s)}{V_s V_a} \quad (2.38)$$

Yang memberikan arus *ripple* puncak ke puncak

$$\Delta I = \frac{V_s V_a}{f L (V_a - V_s)} \quad (2.39)$$

Atau

$$\Delta I = \frac{V_s k}{fL} \quad (2.40)$$

Pada saat transistor sedang *on*, kapasitor mencatu arus beban selata $t = 1$. Arus kapasitor rata – rata selama t_1 adalah $I_c = I_a$ dan tegangan *ripple* puncak ke puncak kapasitor adalah

$$\Delta V_c = V_c - V_c(t = 0) = \frac{1}{C} \int_0^{t_1} I_c dt = \frac{1}{C} \int_0^{t_1} I_a dt = \frac{I_a t_1}{C} \quad (2.41)$$

Persamaan (2.32) memberikan $t_1 = V_a / [(V_a - V_s)f]$ dan substitusikan t_1 ke dalam persamaan (2.37) akan memberikan.

$$\Delta V_c = \frac{I_a V_a}{(V_a - V_s) f C} \quad (2.42)$$

Atau

$$\Delta V_c = \frac{I_a k}{fC} \quad (2.43)$$

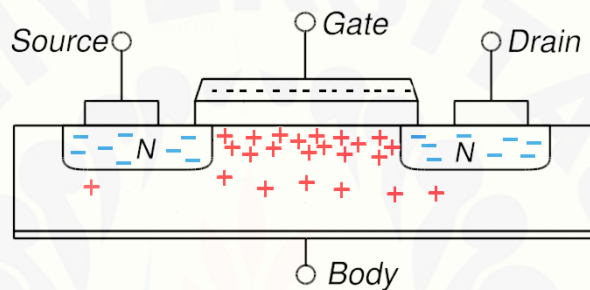
Buck-boost konverter menghasilkan tegangan keluaran yang terbalik tanpa memerlukan trafo. Regulator ini memiliki efisiensi yang tinggi. Bila kondisi transistor rusak, arus di/dt dibatasi oleh induktor L dan akan menjadi V_s/L . Proteksi terhadap arus hubung singkat mudah diimplementasikan.

2.2 MOSFET

Mosfet merupakan singkatan dari *Meal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor* dan bahan – bahan penyusunnya terdiri dari logam, oksida dan semikonduktor. MOSFET dibuat denan meletakkan lapisan oksida pada semikonduktor dari tipe NPN maupun tipe PNP dan lapisan logam diletakkan diatasnya.

MOSFET sebagai piranti penyaklaran elektronik mempunyai beberapa kelebihan, antara lain :

1. Terminal *gate* MOSFET secara elektrik terisolasi dari sumber oleh lapisan oksida, sehingga MOSFET mempunyai impedansi masukan yang sangat tinggi, sehingga tidak akan membebani rangkaian sebelumnya dan tidak memerlukan rangkaian *driver* yang rumit untuk terminal *gate*.
2. Kecepatan *switching* sangat tinggi, dalam orde nano detik, sehingga rugi – rugi akibat *switching* dapat dibuat sekecil mungkin.
3. Sangat cocok digunakan untuk aplikasi rangkaian yang menggunakan tegangan rendah.



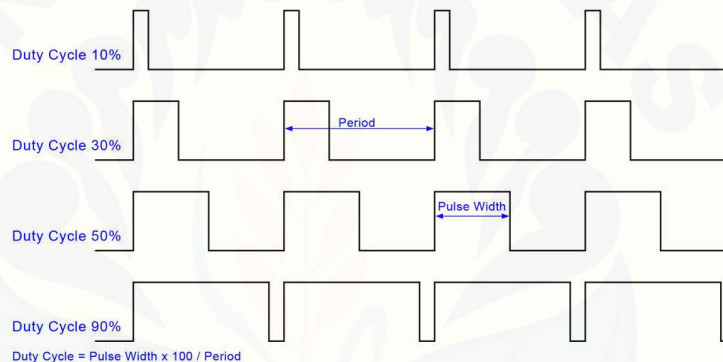
Gambar 2. 7 Ilustrasi komponen MOSFET

4. MOSFET tidak memerlukan *interface* berupa rangkaian *buffer* apabila dihubungkan dengan rangkaian logika.

MOSFET dapat konduksi apabila diberikan pulsa pada terminal *gate* (G)-nya. Rangkaian kontrol pulsa PWM dapat menggerakkan MOSFET sebagai berikut : apabila pulsa PWM menjadi tinggi yang berarti terminal *gate* (G) mendapat pemicuan, MOSFET akan menjadi *on*, sehingga terminal sumber (S) dan terminal cerat (D) akan terlihat seperti terhubung singkat (V_{in} tinggi, MOSFET menghantar, V_{out} rendah). Sebaliknya, apabila pulsa PWM menjadi rendah, maka MOSFET akan menjadi *off* sehingga terminal sumber (S) dan terminal cerat (D) akan terlihat seperti saklar yang dalam keadaan hubung terbuka (V_{in} rendah, MOSFET terputus, V_{out} sama dengan tegangan catu daya).

2.3 Pulse Width Modulation (PWM)

Kontrol pensaklaran mosfet pada *buck-boost* konverter adalah dengan memanfaatkan penyaklaran (*switching*) frekuensi tinggi menggunakan teknik modulasi lebar pulsa (PWM) pada sumber tegangan DC yang dijaga konstan, kemudian diambil rata – rata dari bentuk gelombang keluaran untuk mendapatkan komponen fundamental tegangan yang diatur magnitudnya. Teknik PWM memberikan keuntungan dimana komponen harmonisa urutan komponen rendah berkurang sehingga akan mengurangi jumlah harmonisa dan memfilter harmonisa. Semakin tinggi rasio frekuensi *switching* terhadap frekuensi fundamental maka semakin berkurang komponen harmonisa yang muncul.



Gambar 2. 8 Bentuk sinyal *duty cycle*

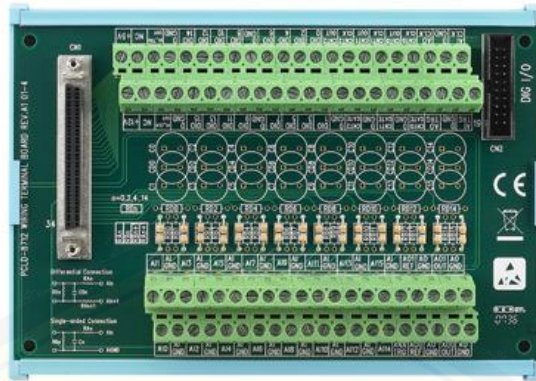
Sinyal PWM dapat dibangun dengan banyak cara, dapat menggunakan metode analog dengan menggunakan rangkaian op-amp atau dengan menggunakan metode digital. Dengan metode analog setiap perubahan PWM-nya sangat halus, sedangkan menggunakan metode digital setiap perubahan PWM dipengaruhi oleh resolusi dari PWM itu sendiri, misalkan PWM digital 8 bit berarti PWM tersebut memiliki resolusi $2^8 = 256$, maksudnya nilai keluaran PWM ini memiliki 256 variasi, variasinya mulai dari 0 – 256 yang mewakili *duty cycle* 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut, pada perancangan driver ini, sinyal PWM akan diatur secara digital yang dibangkitkan oleh mikrokontroler (Seno Ajie Nugroho, 2009).

2.4 PCI 1710HG

PCI 1710 / 1710HG adalah sebuah *card* multifungsi yang berfungsi untuk menerima, menyimpan dan mengirimkan data. PCI ini juga *support* pada semua *computer* yang mempunyai *card* VGA. Selain itu PCI ini juga *support* pada *software* seperti MATLAB yang akan kamu gunakan selain MATLAB juga *support* pada C++, *Visual Basic*, dan Delphi. Tujuan menggunakan ADVANTECH PCI 1710 perangkat DAQ dengan Matlab dan Simulink adalah dengan *interfacing* perangkat DAQ dengan Matlab simulink atau kita dapat menggunakan semua fungsi yang disediakan oleh matlab atau simulink. Untuk tujuan pengendalian, matlab menyediakan kitab pengendalian secara *real-time* untuk *plant* nyata kita dimana menggunakan *Real Time Windows Target Toolbox* (RTWT). Pada dasarnya simulink bekerja pada 4 blok yang mendasar yaitu analog *input* (AI), *output* Analog (OA), Digital *Input* (DI) dan *Output* Digital (DO). Dan juga dapat digunakan untuk *kode file m untuk AI, AO, DI, DO.



Gambar 2. 9 Perangkat PCI 1710HG



Gambar 2. 10 Board PCLD-8710 sebagai I/O

Perangkat lunak *Real Time Windows Target* (RTWT) adalah *Toolbox built in* di bawah perangkat lunak simulink yang memungkinkan untuk menjalankan Simulink dan model *stateflow* secara *real time* pada komputer. Satu dapat membuat dan mengontrol aplikasi *real-time* melalui perangkat lunak simulink. *Real-time* sasaran windows termasuk I/ O *driver* perangkat untuk mendukung jumlah banyak papan I/O, memungkinkan kita untuk ber *interface* ke perangkat DAQ, sensor, aktuator, dan perangkat lainnya untuk eksperimen, pengembangan, dan pengujian sistem *real-time*. Jadi RTWT mendukung ADVANETCH PCI 1710 perangkat DAQ juga. (Deniz, 2008)

2.5 MATLAB

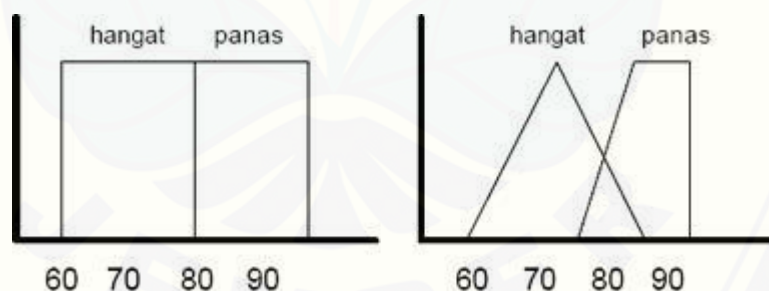
Menurut bahasa, MATLAB adalah singkatan dari *Mathematics Laboratory* atau *Matrix Laboratory*. Dalam ilmu komputer, MATLAB didefinisikan sebagai bahasa pemrograman yang digunakan untuk mengerjakan operasi matematika atau operasi aljabar matriks. MATLAB merupakan sistem interaktif yang data dasarnya adalah matriks. Matriks dianggap data dasar dalam Matlab dapat ditulis dalam bentuk matrik. Selain itu di dalam Matlab sendiri tersedia perangkat lunak simulink dimana kita dapat memanfaatkan penggunaan simulink dari macam – macam demos yang tersedia untuk keperluan teknik pengendalian maupun untuk analisis suatu *plant*. Pada penelitian ini metode *Fuzzy Logic* diterapkan pada simulink Matlab (www.mathworks.com, 2012)

2.6 Logika Fuzzy

Logika fuzzy adalah cabang dari sistem kecerdasan buatan (*Artificial Inteligent*) yang mengemulasi kemampuan manusia dalam berfikir ke dalam bentuk algoritma yang kemudian dijalankan oleh mesin. Algoritma ini digunakan dalam berbagai aplikasi pemrosesan data yang tidak dapat direpresentasikan dalam bentuk biner. Logik fuzzy menginterpretasikan statement yang samar menjadi sebuah pengertian logis.

a. Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy merupakan suatu pengembangan lebih lanjut tentang konsep himpunan dalam matematika. Himpunan fuzzy adalah rentang nilai – nilai. Masing – masing nilai mempunyai derajat keanggotaan (*membership*) antara 0 sampai dengan 1. Ungkapan logika *boolean* menggambarkan nilai – nilai “benar” atau “salah”. Logika *fuzzy* menggunakan ungkapan misalnya : “sangat lambat”, “agak sedang”, “sangat cepat” dan lain – lain untuk mengungkapkan derajat intensitasnya. Ilustrasi antara keanggoataan *fuzzy* dengan *boolean set* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2. 11 Pendefinisian temperatur dalam bentuk logika *fuzzy* dan logika *boolean*

b. Variabel Linguistik

Suatu himpunan *fuzzy* bisa didefinisikan berdasarkan variabel linguistik tertentu. Variabel linguistik didefinisikan sebagai :

$$(u, T(u), U, R, S)$$

Dengan U adalah nama variabel linguistik; T(u) adalah himpunan term (*linguistic value/linguistic label*) pada u dan masing – masing term didefinisikan

sebagai fungsi keanggotaan yang normal (mempunyai harga maksimum sama dengan 1) dan convex pada U; R adalah aturan sintatik untuk menghasilkan nama pada sintatik u; dan S adalah aturan sematik untuk menghubungkan tiap nilai dengan artinya.

c. Fuzzyfikasi

Proses fuzzyfikasi merupakan proses untuk mengubah variabel *non fuzzy* (variabel numerik) menjadi variabel *fuzzy* (variabel linguistik). Nilai masukan – masukan yang masih dalam bentuk variabel numerik yang telah dikuantisasi sebelum diolah oleh pengendali *fuzzy* harus diubah terlebih dahulu ke dalam variabel *fuzzy*. Melalui fungsi keanggotaan yang telah disusun maka nilai masukan – masukan tersebut menjadi informasi *fuzzy* yang berguna nantinya untuk proses pengolahan secara *fuzzy* pula. Proses ini disebut fuzzyfikasi.

d. Inferencing (Rule Base)

Pada umumnya, aturan – aturan *fuzzy* dinyatakan dalam bentuk '*IF...THEN*' yang merupakan inti dari relasi *fuzzy*. Relasi *fuzzy*, dinyatakan dengan R, juga disebut implikasi *fuzzy*. Untuk mendapatkan aturan '*IF...THEN*' ada dua cara utama :

- 1) Menanyakan ke operator manusia dengan cara manual telah mampu mengendalikan sistem tersebut, dikenal dengan '*human expert*'.
- 2) Dengan menggunakan algoritma pelatihan berdasarkan data – data masukan dan keluaran.

Dalam penalaran logika *fuzzy*, ada dua tipe utama untuk pengambilan keputusan *fuzzy* yaitu : *Generalized Modus Ponens* (GMP) dan *Generalized Modus Tolens* (GMT). GMP disebut juga dengan *direct reasoning*, sedangkan GMT juga disebut *indirect reasoning*.

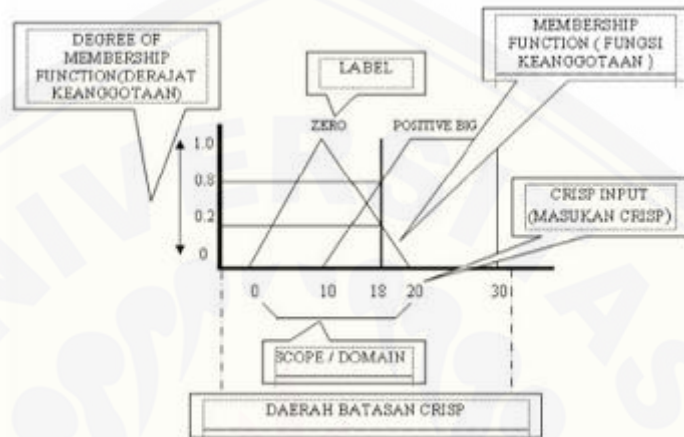
e. Defuzzyfikasi

Keputusan yang dihasilkan dari proses penalaran masih dalam bentuk fuzzy, yaitu berupa derajat keanggotaan keluaran. Hasil ini harus diubah kembali menjadi variabel numerik *non fuzzy* melalui proses defuzzyfikasi.

$$V_{(0)} = \sum_{j=1}^i \frac{V_j}{J}$$

$$|Vf| = v \mu v (v)$$

Secara umum diagramnya adalah sebagai berikut :



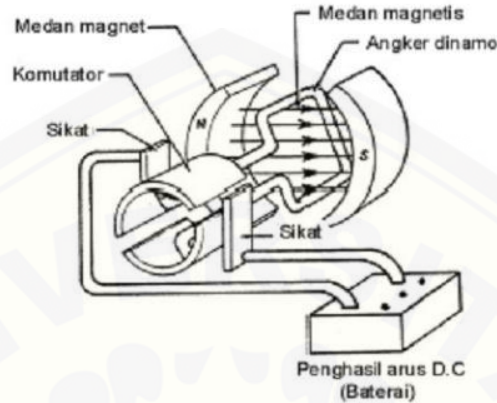
Gambar 2. 12 Konsep dasar logika *fuzzy*

2.7 Motor DC

Motor listrik menggunakan energi listrik dan energi magnet untuk menghasilkan energi mekanis. Operasi motor tergantung pada interaksi dua medan magnet. Secara sederhana dikatakan bahwa motor listrik bekerja dengan prinsip bahwa dua medan magnet dapat dibuat berinteraksi untuk menghasilkan gerakan. Tujuan motor adalah untuk menghasilkan gaya yang menggerakkan (torsi).

Motor arus searah (dc) digunakan dimana kontrol torsi dan kecepatan dengan rentang yang lebar diperlukan untuk memenuhi kebutuhan aplikasi. Arah putaran motor dc magnet permanen ditentukan oleh arah arus yang mengalir pada kumparan jangkar (*armature*). Pembalikan ujung-ujung jangkar tidak membalik arah putaran. Salah satu keistimewaan motor dc ini adalah kecepatannya dapat dikontrol dengan mudah. Kecepatan motor magnet permanen berbanding langsung dengan harga tegangan yang diberikan pada kumparan jangkar. Semakin besar tegangan jangkar, semakin tinggi kecepatan motor. (M Andri Zumain, 2009).

Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen. Motor dc merupakan jenis motor yang menggunakan tegangan searah sebagai sumber tenaganya.



Gambar 2. 13 Motor DC

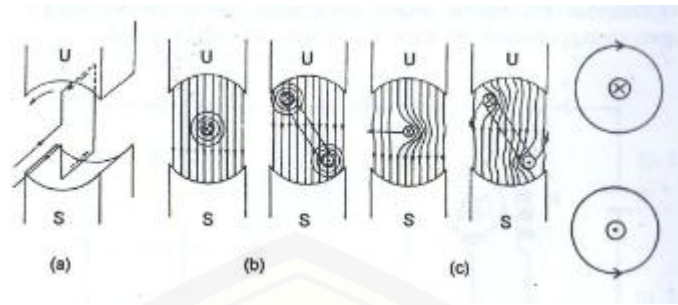
2.7.1 Prinsip Kerja Motor DC

Prinsip kerja motor DC dapat dijelaskan sebagai berikut, jika sepotong kawat dialiri arus listrik terletak di antara 2 kutub magnet utara dan selatan, maka pada kawat tersebut terkena suatu gaya *Lorentz*. Arah dari gerakan kawat sesuai dengan aturan kaidah tangan kiri. Perhatikan Gambar 2.14 berikut :



Gambar 2. 14 Penentuan arah gerak kawat berarus

Untuk mengetahui arah putaran motor searah atau berlawanan arah dengan arah jarum jam, perhatikan Gambar 2.15. Pada Gambar 2.15 (a) arus listrik yang mengalir melalui sisi kumparan sebelah atas (dekat kutub utara) meninggalkan kita, sedangkan arah arus listrik pada sisi kumparan sebelah bawah (dekat kutub selatan) menuju kita, maka kumparan akan berputar berlawanan jarum jam. Perhatikan pula perbedaannya dengan Gambar 2.15 (b) dan 2.15 (c).



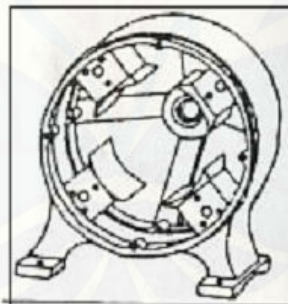
Gambar 2. 15 Prinsip kerja putaran motor DC

Agar proses perubahan energi mekanik dapat berlangsung secara sempurna, maka tegangan sumber harus lebih besar daripada tegangan gerak yang disebabkan reaksi. Dengan memberi arus pada kumparan jangkar yang dilindungi oleh medan maka menimbulkan perputaran pada motor.

2.7.2 Komponen Motor DC

a. Stator motor DC

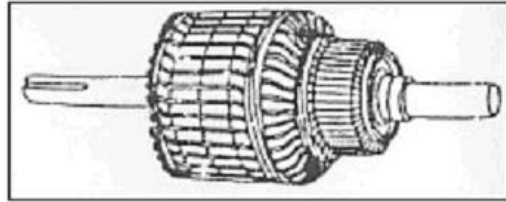
Fungsi stator sebagai bagian dari rangkaian magnetik, dan oleh karenanya mempunyai seperangkat kutub medan yang dipasangkan disebelah dalam stator.



Gambar 2. 16 Konstruksi stator motor DC

b. Rotor atau jangkar motor DC

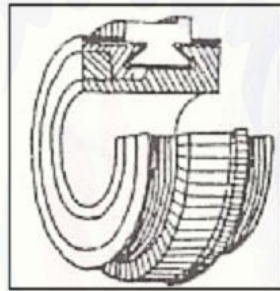
Fungsi dari rotor atau jangkar yaitu untuk merubah energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk gerak putar. Rotor terdiri dari poros baja dimana tumpukan keping-keping inti yang berbentuk silinder dijepit. Pada inti terdapat alur-alur dimana lilitan rotor diletakkan.



Gambar 2. 17 Rotor atau jangkar motor DC

c. Komutator

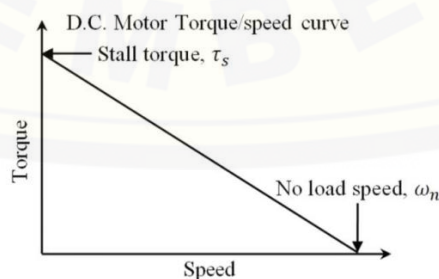
Komponen ini terutama ditemukan dalam motor dc. Kegunaannya adalah untuk membalikan arah arus listrik dalam dinamo. Komutator juga membantu dalam transmisi arus antara dinamo dan sumber daya.



Gambar 2. 18 Komutator

2.7.3 Karakteristik Motor DC

Karakteristik yang dimiliki suatu motor dc dapat digambarkan melalui kurva daya dan kurva torsi / kecepatannya, dari kurva tersebut dapat dianalisa batasan-batasan kerja dari motor serta daerah kerja optimum dari motor tersebut.



Gambar 2. 19 Kurva torsi dan kecepatan

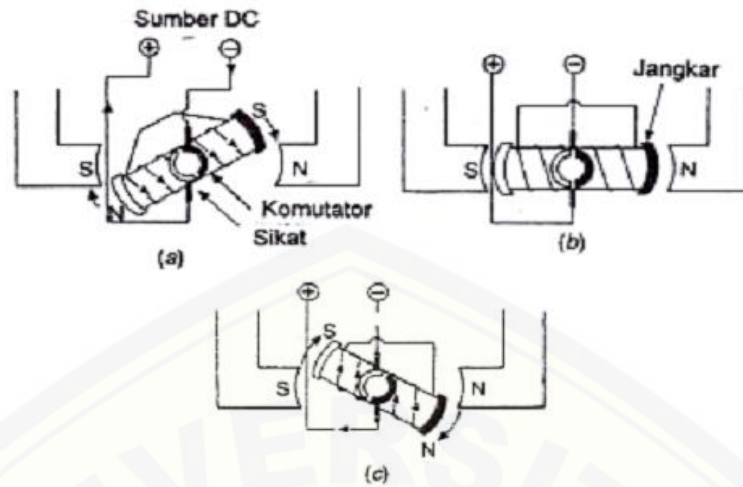
Dari gambar 2.19 di atas terlihat hubungan antara torsi dan kecepatan suatu motor dc tertentu. Dari grafik terlihat bahwa torsi berbanding terbalik dengan kecepatan putaran. Dengan kata lain terdapat tradeoff antara besar torsi yang dihasilkan motor dengan kecepatan putaran motor.

Dua karakteristik penting terlihat dari grafik yaitu:

1. *Stall torque*, menunjukkan titik pada grafik dimana torsi maksimum tetapi tidak ada putaran pada motor.
2. *No load speed*, menunjukkan titik pada grafik dimana terjadi kecepatan putaran maksimum tetapi tidak ada beban pada motor

Motor DC magnet permanen adalah motor yang fluks magnet utamanya dihasilkan oleh magnet permanen. Elektromagnetik digunakan untuk medan sekunder atau fluks jangkar. Gambar 6 menggambarkan operasi motor magnet permanen. Arus mengalir melalui kumparan jangkar dari sumber tegangan DC, menyebabkan jangkar beraksi sebagai magnet. Kutub jangkar ditarik kutub medan dari polaritas yang berbeda, menyebabkan jangkar berputar. (Gesit Ari Nugroho, 2006)

Pada gambar 2.20 (a) jangkar berputar searah dengan putaran jarum jam. Apabila kutub jangkar segaris dengan kutub medan, sikat-sikat ada celah di komutator dan tidak ada arus mengalir pada jangkar. Jadi, gaya tarik atau gaya tolak magnet berhenti, seperti pada gambar 2.20 (b). Kemudian kelembaman membawa jangkar melewati titik netral. Komutator membalik arus jangkar ketika kutub yang tidak sama dari jangkar dan medan berhadapan satu sama lain, sehingga membalik polaritas medan jangkar. Kutub-kutub yang sama dari jangkar dan medan kemudian saling menolak, menyebabkan jangkar berputar terus menerus seperti diperlihatkan pada gambar 2.20 (c).



Gambar 2. 20 Operasi motor DC magnet permanen

Adapun persamaan-persamaan yang digunakan dalam karakteristik kerja motor arus searah dimana :

$$n = \frac{Ea}{K.\phi} \quad (2.44)$$

$$n = \frac{V - I_a.R_a}{K.\phi} \quad (2.45)$$

V = sumber tegangan DC (volt)

n = Putaran motor (rpm)

I_a = Arus jangkar (A)

R_a = Tahanan jangkar (

ϕ = Fluks magnet (Wb)

K = Konstanta

Jika tegangan diperbesar, maka putaran akan cepat. Untuk menjadikan putaran lebih lambat yaitu dengan menurunkan tegangan.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian “Rancang Bangun *Buck-Boost* Konverter Dengan Kontrol Logika *Fuzzy*” dilaksanakan di Laboratorium Dasar Konversi Energi, Kampus Fakultas Teknik, Universitas Jember di Jl. Slamet Riyadi No. 62 Patrang, Jember. Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Juli 2015 hingga Mei 2016

3.2 Jenis Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah :

- a. *Power supply*
- b. Personal Komputer / PC
- c. Bor Listrik
- d. Timah
- e. Solder
- f. Kabel Jumper
- g. PCI 1710HG
- h. *Oscilloscope*
- i. Akrilik
- j. Motor DC
- k. *Software* Matlab R2009b

3.3 Prosedur Penelitian

Dalam pembuatan skripsi dan penelitian ini memiliki beberapa langkah atau prosedur penelitian, secara garis besar meliputi :

- a. Tahapan persiapan

Dalam tahap persiapan ini berisi tentang pengurusan administrasi, izin, survey, pelatihan dan membuat rencana / secara garis besar.

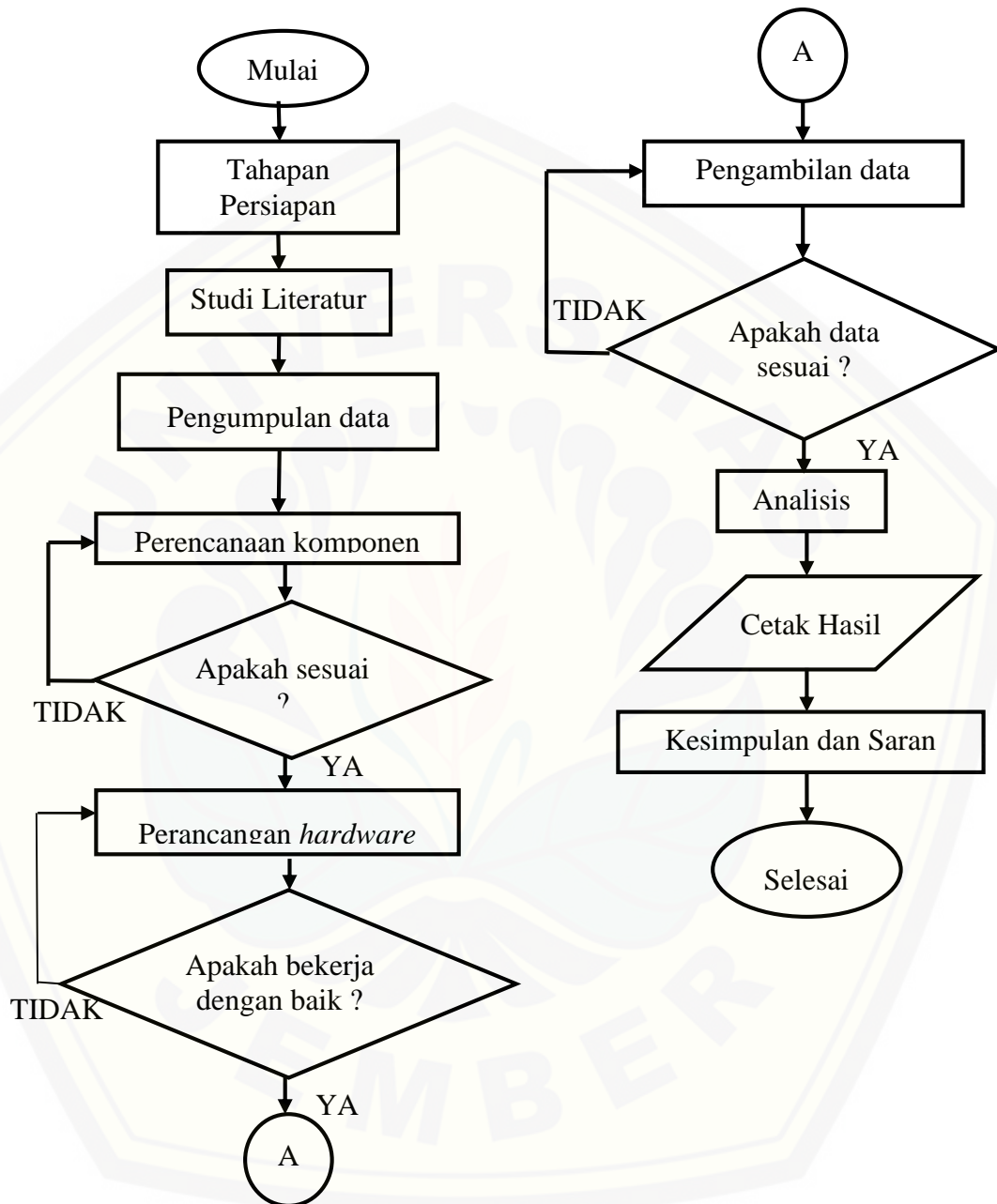
- b. Studi literatur terhadap objek dan penelitian

Pada tahap ini adalah proses menggali dan mempelajari materi yang didapat dari jurnal-jurnal, buku atau artikel baik lokal maupun internasional demi

menunjang penelitian ini, yang akan dijadikan sebagai rujukan untuk menentukan hipotesis awal penelitian. Bahan studi literatur yang diambil mencakup dari konverter DC-DC, logika *fuzzy*, PWM, karakteristik PCI 1710HG, dan komponen – komponen yang menunjang dalam merancang bangun skripsi ini.

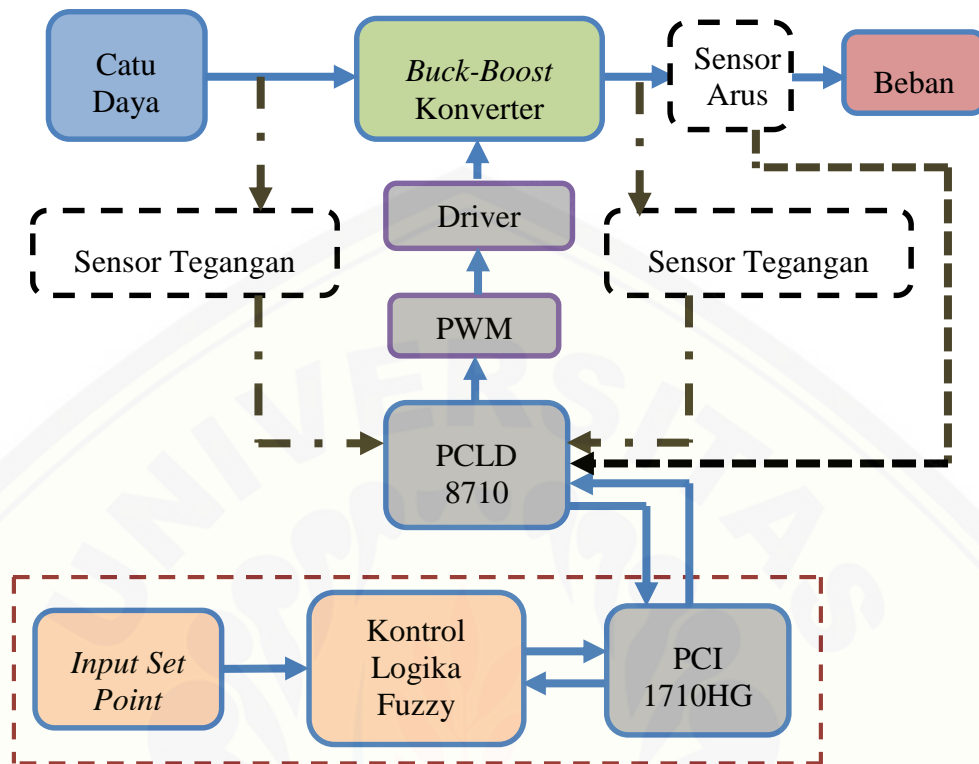
- c. Perencanaan ukuran komponen sistem yang akan dibuat.
Perencanaan ini meliputi rencana beban dan perangkat keras yang dipakai. Beban ini kami menggunakan beban searah (DC) sebesar 48V dengan *input* tegangan yang fluktuatif dengan *range* sebesar 30V – 60 V.
- d. Merancang sistem *buck-boost* konverter serta pengendali logika *fuzzy*.
Pada tahap ini akan dilakukan beberapa hal yang meliputi :
 1. Perancangan Skematik
Tahap ini adalah tahap pendesainan skema rangkaian pada PCB rangkaian *buck-boost* konverter, *driver* mosfet, PWM, dan kontrol *Fuzzy* pada Simulink matlab.
 2. Pembuatan *Hardware*
Tahap ini adalah tahap penyablonan rangkaian sampai dengan penyolderan komponen – komponen pada PCB dan kemudian dilakukan pengujian.
- e. Melakukan pengujian dari hasil performa rancang bangun yang telah jadi.
Setelah dilakukan perencanaan dan pembuatan *hardware*-nya selanjutnya dilakukan pengujian. Dalam pengujian ini digunakan untuk mengetahui respon atau variabel yang terkait, sehingga didapat hasil yang optimal.
- f. Analisis sistem
Menganalisa kinerja dari alat yang telah dibuat apakah sesuai dengan permintaan / kehendak, dan akan dilakukan penyempurnaan ketika memiliki kekurangan.
- g. Pengambilan kesimpulan dan saran
Tahap terakhir dari penelitian ini adalah pengambilan kesimpulan dari rancangan sistem serta memberikan saran yang membangun untuk dijadikan acuan pada penelitian selanjutnya.

3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.5 Blok Diagram Sistem

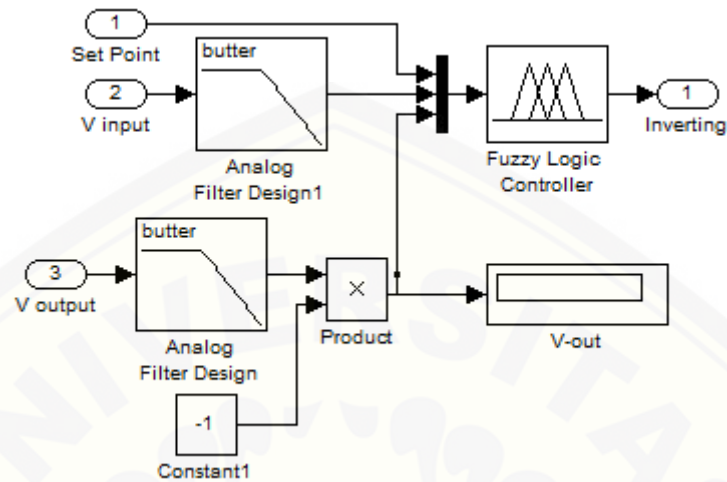


Gambar 3. 2 Perencanaan Sistem dan Kontrol Logika *Fuzzy* untuk PWM

Sistem yang diusulkan seperti pada gambar 3.2 terdiri dari *Personal Computer* (PC) catu daya (*power supply*), kontrol (*fuzzy* dengan PCI 1710HG), PCLD 8710, beban DC, *buck-boost* konverter, dan *Pulse Width Modulation* (PWM). Unit – unit ini terhubung sesuai dengan diagram blok yang ditampilkan pada gambar 3.2.

Dari perancangan diatas, PCI 1710HG akan dipasangkan pada *Personal Computer* yang kemudian disambung dengan PCLD 8710 sebagai *card I/O* penghubung antara perangkat keras dan perangkat lunak. Digunakan *port 1 analog output* pada PCLD 8710 untuk dihubungkan ke PWM yang kemudian akan mengatur besar kecilnya *duty cycle* yang akan dibangkitkan. Besarnya tegangan keluaran dari *buck-boost* konverter tergantung dari besarnya *duty cycle* yang di bangkitkan oleh PWM. Tegangan keluaran dari *buck-boost* konverter kemudian akan mencatu beban. Sensor tegangan *input* kemudian akan dihubungkan ke *port 1*

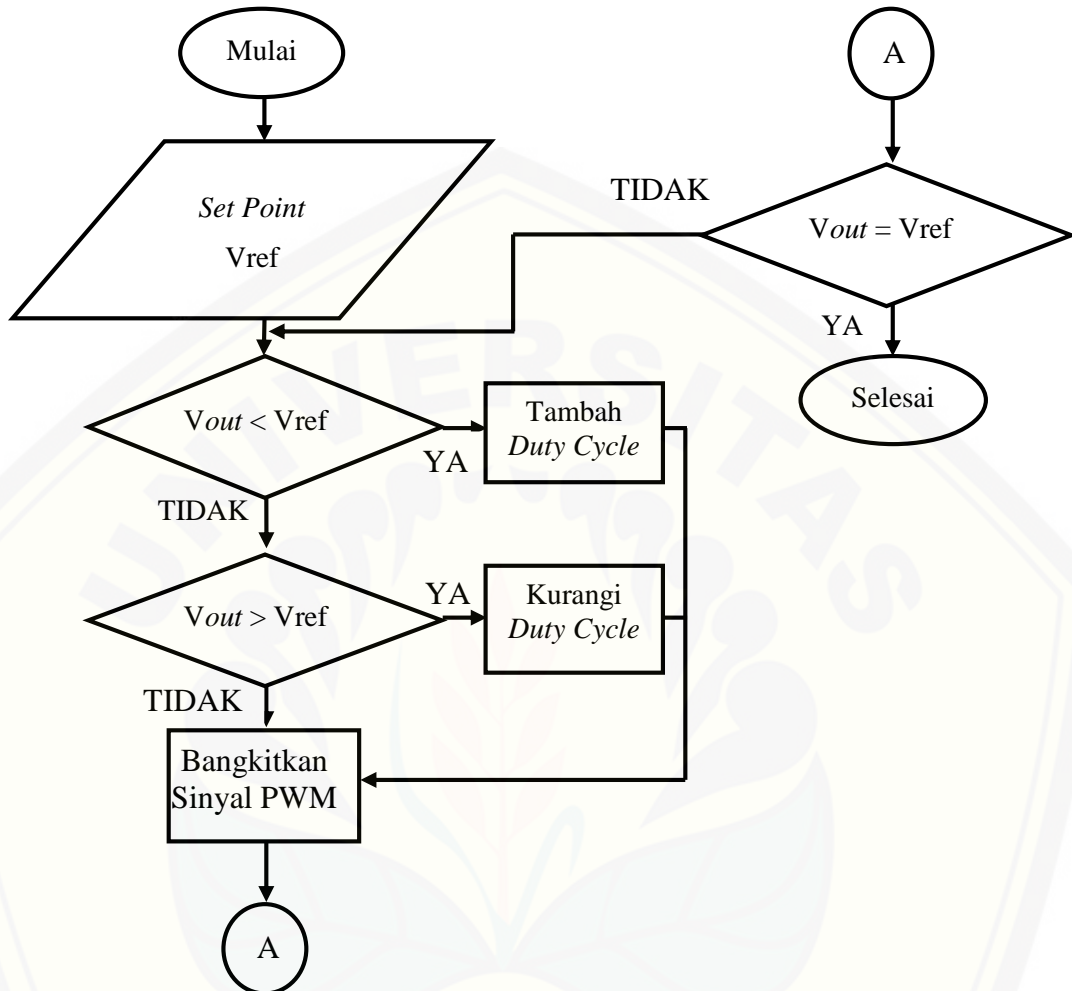
analog *input* dan sensor tegangan *output* akan dihubungkan pada *port 3 analog input* pada PCLD 8710 dimana menjadi informasi besarnya tegangan yang terbaca.



Gambar 3. 3 Kontrol Logika *Fuzzy*

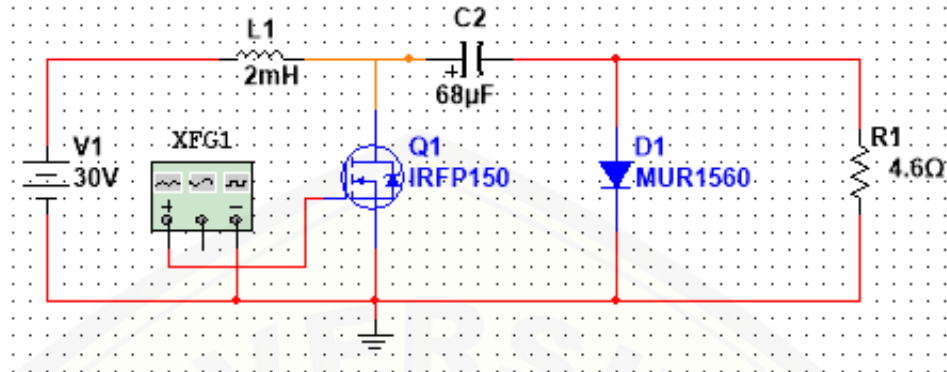
Dalam pengontrolan besar kecilnya *duty cycle* yang dibangkitkan oleh PWM, digunakan kontrol logika *fuzzy*. Dalam pengontrolan menggunakan logika *fuzzy*, dipengaruhi oleh beberapa *input* antara lain, tegangan referensi atau *set point* (V_{ref}), tegangan *input* atau masukan (V_{in}), dan tegangan *output* atau keluaran (V_{out}) dari *buck-boost* konverter seperti pada gambar 3.3. Dari masing – masing *input* tersebut akan mempunyai fungsi keanggotaan masing - masing. Kemudian dibuatlah sebuah *rule* pada logika *fuzzy* tersebut. Hasil *output* dari logika *fuzzy* tersebut berupa tegangan dengan range 0V – 5V yang nantinya akan masuk ke pin 13 IC LM324 sebagai *inverting input* untuk membangkitkan sinyal PWM.

3.6 Flowchart Sistem Pengendali Tegangan Keluaran Buck-Boost Konverter



Gambar 3. 4 Flowchart sistem konverter buck-boost

3.7 Perancangan Rangkaian Konverter *Buck-Boost*



Gambar 3. 5 Konsep Perancangan Konverter *Buck-Boost*

3.7.1 Prinsip Kerja Rangkaian

DC-DC konverter yang digunakan adalah konverter *buck-boost* dengan menggunakan kontrol PWM (*Pulse Width Modulation*). *Buck-boost* konverter berfungsi untuk mengubah nilai tegangan masukan menjadi nilai tegangan yang lebih kecil (*buck*) atau nilai tegangan yang lebih besar (*boost*) nilai tegangan masukan.

Terdapat 4 komponen utama pada konverter *buck-boost* yaitu mosfet, dioda, induktor dan kapasitor. Mosfet berfungsi sebagai saklar dan kontrol *switching* mosfet menggunakan PWM (*Pulse Width Modulation*). *Switching* PWM diaplikasikan dengan perbandingan waktu saat saklar *close* (tertutup / *Ton*) dan saat saklar *open* (terbuka / *Toff*), atau dalam satu periode *Ton* dan *Toff* biasa disebut dengan *duty cycle* (D).

Terjadinya perubahan tegangan rata-rata pada *output* ini terjadi karena perbedaan nilai *duty cycle*. Bila *duty cycle* (D) < 50% maka nilai tegangan *output* akan lebih kecil dari tegangan *input* dan bila *duty cycle* (D) > 50% maka nilai tegangan *output* akan lebih besar dari tegangan *input*.

Tabel 3. 1 Nilai V_{out} terhadap V_s berdasarkan *Duty Cycle* (D)

<i>Duty Cycle</i> (D)	V_s, V_{out}
$D > 50\%$	$V_{out} > V_s$
$D < 50\%$	$V_{out} < V_s$
$D = 50\%$	$V_{out} = V_s$

3.7.2 Perancangan konverter *buck-boost*

a. Menentukan *ripple* tegangan

Jika *ripple* tegangan yang diinginkan sebesar 5%

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = 5\%$$

$$\Delta V_o = 5\% \times 42v$$

$$\Delta V_o = 2,1 v$$

b. Menentukan *Duty Cycle*

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

- Beban 36 V

$$D_{max} = \frac{36}{(30 + 36)} = 54\%$$

$$D_{min} = \frac{36}{(60 + 36)} = 37.5\%$$

- Beban 42 V

$$D_{max} = \frac{42}{(30 + 42)} = 58\%$$

$$D_{min} = \frac{42}{(60 + 42)} = 41.1\%$$

c. Menentukan nilai induktor minimal

$$L_{min} = \frac{R \cdot (1 - D)^2}{2 \cdot f}$$

$$L_{min} = \frac{4.6 (1 - 0,375)^2}{2 \times 4.10^3}$$

$$L_{min} = 223 \mu H$$

d. Menentukan nilai kapasitor minimal

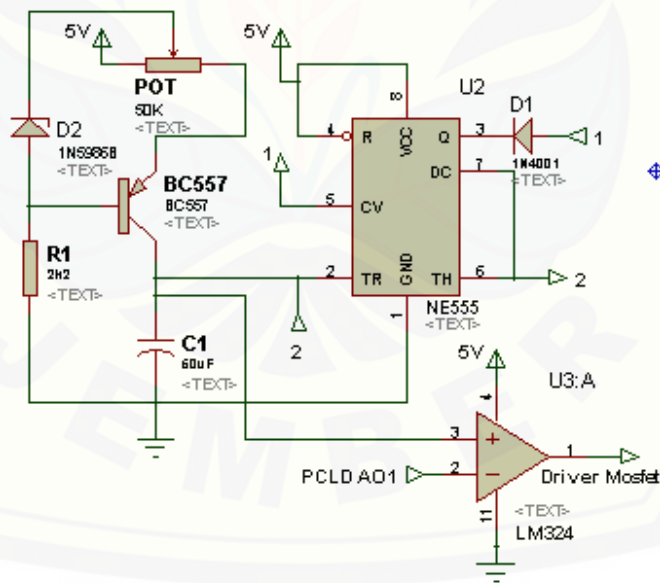
$$C_{min} = \frac{V_o \cdot D}{\Delta V_o \cdot R \cdot f}$$

$$C_{min} = \frac{42 \times 0,41}{2,1 \times 4,6 \times 4 \cdot 10^3}$$

$$C_{min} = 44 \mu F$$

3.7.3 Perancangan PWM

Sinyal persegi PWM (*Pulsed Width Modulation*) terbentuk dari sinyal segitiga yang dibangkitkan dari IC NE555 kemudian dikomparator oleh LM324 dengan menggunakan tegangan sinyal DC yang mempunyai besar tegangan dapat dirubah dengan menggunakan potensiometer.



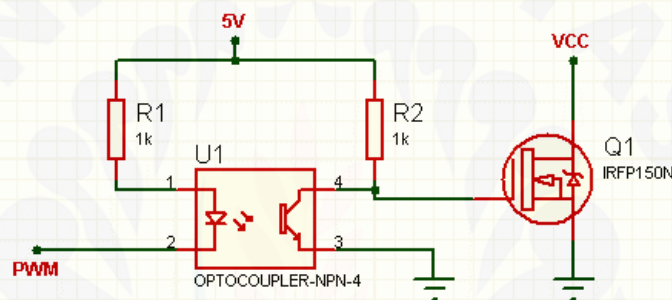
Gambar 3. 6 Rangkaian PWM (*Pulse Width Modulation*)

Pada gambar 3.5 rangkaian PWM terdapat potensiometer yang berfungsi sebagai pengatur nilai dari frekuensi sinyal yang dibangkitkan oleh PWM tersebut. Untuk mengubah besar kecilnya nilai *duty cycle* dari PWM, port A01 (Analog

Output 1) pada PCLD akan mengirimkan tegangan sebesar 0 – 5 V ke komparator yang digunakan sebagai pembanding untuk sinyal segitiga yang nantinya akan membangkitkan sinyal persegi. Sumber tegangan yang dibutuhkan untuk menjalankan PWM ini sebesar 5 V, sehingga tegangan *output* dari PWM ini hanya berkisar 0 – 5 V.

3.7.4 Rangkaian *Driver* Mosfet

Dalam Pembuatan *Driver* Mosfet ini memiliki cara kerja sebagai pemisah antara tegangan PWM dan mosfet. Tujuan dari cara kerja tersebut tidak lain adalah untuk menghindari kerusakan pada masing – masing alat apabila terjadi arus balik.

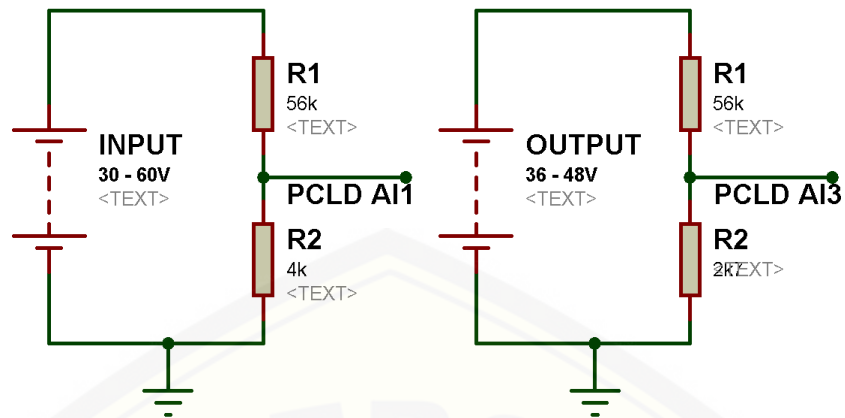


Gambar 3. 7 Rangkaian *Driver* Mosfet

Pada gambar 3.6 terlihat bahwa *optocoupler* juga menggunakan sumber tegangan sebesar 5 V. Pada *optocoupler* terlihat bahwa output PWM terhubung dengan kaki pin 2. Dan, kaki pin 1 dan pin 4 mendapatkan sumber tegangan sebesar 5 V. Hal ini bertujuan agar *output driver* mosfet tetap berada pada *range* tegangan sebesar 0 – 5 V, walaupun masukan dari pin 2 melebihi atau kurang dari 5 V.

3.7.5 Rangkaian Sensor Tegangan

Pada dasarnya rangkaian sensor tegangan ini sama dengan prinsip dari hukum pembagi tegangan. Tujuan digunakannya sensor tegangan ini sama dengan prinsip hukum pembagi tegangan adalah untuk mengetahui besar suatu tegangan, dimana agar dapat terbaca oleh PCI 17810HG maka besarnya tegangan yang masuk ke PCI 1710HG maksimal sebesar 5V.



Gambar 3. 8 Rangkaian Sensor Tegangan

Pada penelitian ini digunakan 2 sensor tegangan, yaitu pada *input* dan *output*. Untuk *output* dari sensor tegangan input akan masuk ke AI0 (Analog Input 0) dan untuk *output* dari sensor tegangan *output* akan masuk ke AI1 (Analog Input 1) untuk diolah oleh PCI 1710HG. Dengan perhitungannya sebagai berikut :

a. Perhitungan sensor tegangan *input* :

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in}$$

$$4 = \frac{R_2}{56k + R_2} \times 60$$

$$22k4 + 4R_2 = 60R_2$$

$$R_2 = \frac{22k4}{56} = 4k \Omega$$

b. Perhitungan sensor tegangan *output* :

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in}$$

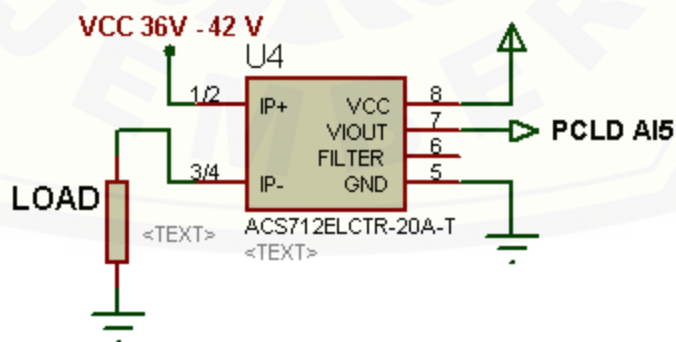
$$2.76 = \frac{R_2}{56k + R_2} \times 60$$

$$154k56 + 2.76R_2 = 60R_2$$

$$R_2 = \frac{154k56}{57,24} = 2k7 \Omega$$

3.7.6 Rangkaian Sensor Arus

Sensor arus yang digunakan pada sistem ini menggunakan sensor arus dalam bentuk kit dengan tipe ACS712-20A-T yang dapat mengukur arus hingga 20A. ACS712-20A-T adalah *hall effect current sensor*. *Hall effect allegro ACS712* merupakan sensor yang presisi sebagai sensor arus AC atau DC dalam pembacaan arus pada pengaplikasian deteksi beban listrik, *switched-mode power supplies* dan lain-lain. Sensor ini memiliki ketepatan yang tinggi, karena didalamnya terdapat *low-offset linier hall* dengan satu lintasan yang terbuat tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh *integrated Hall IC* dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada didalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan *hall transducer* secara berdekatan. Lebih tepatnya tegangan proporsional yang rendah akan menstabilkan Bi CMOS *Hall IC* yang didalamnya telah dibuat untuk ketelitian yang tinggi oleh pabrik. Hambatan pada penghantar sensor sebesar kurang lebih 1.2 mΩ dengan daya rendah. Berikut ini adalah gambar rangkaian sensor arus ACS712-20A-T dengan kemampuan 20A.

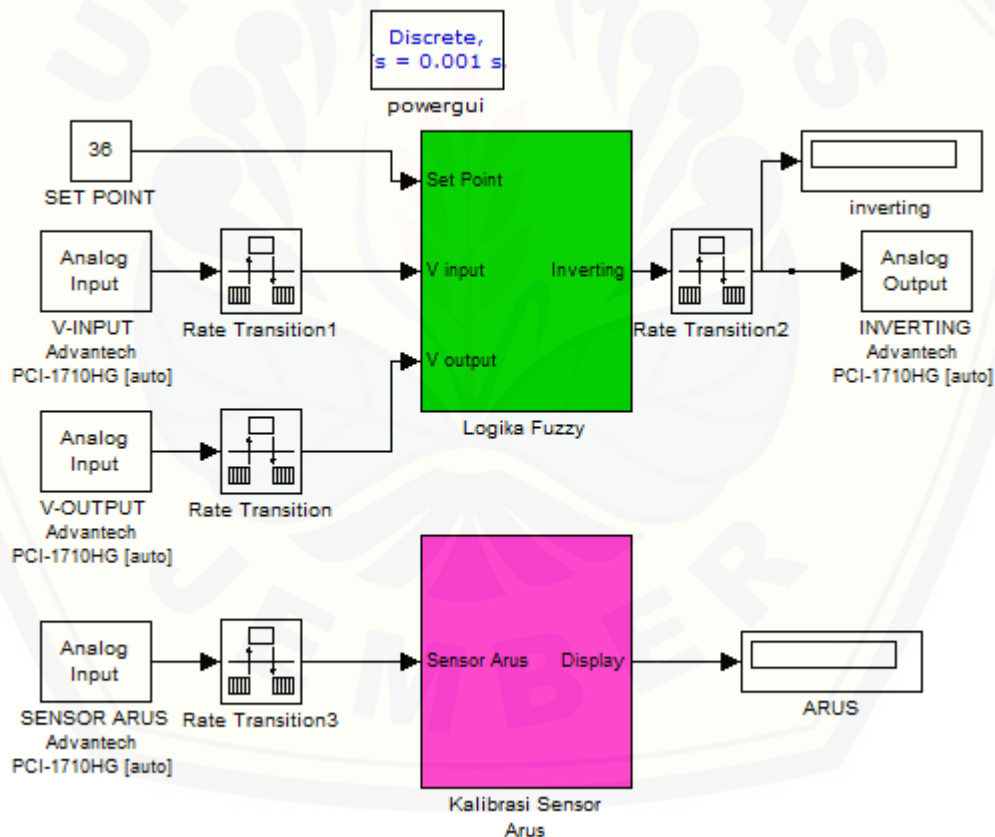


Gambar 3. 9 Rangkaian Sensor Arus

Keluaran sensor arus ACS712-20A-T ini adalah berupa tegangan yang sangat kecil, dengan perubahan 100mV per setiap 1A, ini merupakan referensi *datasheet*. IP+ dan IP- sebagai masukan arus yang akan diuku. Vcc dihubungkan pada sumber 5V arduino dan GND dihubungkan ke *ground*. Vout sebagai keluran akan masuk menuju pin ADC arduino.

3.7.7 Simulink MATLAB

Penggunaan MATLAB pada sistem ini pada dasarnya dikarenakan PCI 1710HG kompatibel atau dapat dioperasikan dengan menggunakan MATLAB. Pembuatan kontrol *fuzzy* pun juga dilakukan dalam MATLAB dengan membuat *rule*.



Gambar 3. 10 Block Simulink Kontrol Logika Fuzzy

Pada gambar 3.9 terlihat bahwa terdapat beberapa *block* pada simulink MATLAB, dimana terdapat analog *input* berfungsi menerima nilai dari sensor tegangan *input* dan tegangan *output*, *fuzzy logic controller* berfungsi sebagai pusat

dari kontrol *fuzzy* yang telah dibuat sebelumnya, dan analog *output* berfungsi untuk mengirimkan hasil keluaran dari *fuzzy* menuju komparator PWM melalui PCI 1710HG serta PCLD 8710 untuk membangkitkan besarnya *duty cycle* yang dibangkitkan.

3.7.8 Perangkat PCI 1710HG dan PCLD 8710

Perangkat PCI 1710HG dan PCLD 8710 digunakan sebagai perangkat kontrol. PCI 1710HG dipasang di slot PCI pada CPU dan dihubungkan dengan PCLD 8710 menggunakan kabel serial. PCLD 8710 sendiri berupa perangkat yang digunakan sebagai penghubung antara perangkat lunak (program) dengan perangkat keras yang ingin dikontrol (alat) secara *real time*. PCLD 8710 sendiri terdiri dari beberapa *port* yaitu : digital *input* sebanyak 16 *port* (DI0 – DI15), digital *output* sebanyak 16 *port* (D00 – D015), Vcc 5V DC, Vcc 10V DC, GND dan analog *input* sebanyak 15 *port* (AI0 – AI14).

3.7.9 Koneksi PC dengan PCI card

Untuk mengkoneksikan antara PC dengan perangkat keras, dibutuhkan suatu alat *interface*. Pada tugas akhir ini, digunakan satu *set interface* (PCI 1710HG dan PCLD 8710). Sebelum melakukan instalasi *driver* pada PCI 1710HG terlebih dahulu tancapkan PCI 1710HG pada slot PCI yang ada pada *Personal Computer* (PC) pada saat kondisi PC mati. Setelah selesai kita lakukan proses instalasi kepada kedua *device* tersebut, yaitu masukkan CD *driver*-nya lalu program secara otomatis melakukan *autorun enable* pada sebuah sistem. Gambar 3.10 merupakan setup pada *advantech automation software*.



Gambar 3. 11 Layar *setup* pada *Advantech Automation Software*.

Pilihan instalasi yang sesuai dengan kebutuhan anda secara satu persatu. Pilihlah *device* yang lebih spesifik ketika proses intruksi *setup* secara satu persatu sampai dengan lengkap.



Gambar 3. 12 Tampilan *Different Options For Driver Setup*

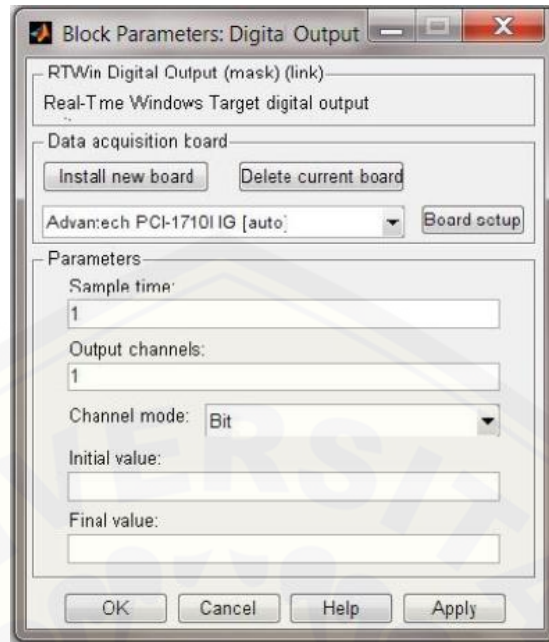


Gambar 3. 13 Tes Koneksi PCI dengan PC

Setelah selesai proses instalasi secara keseluruhan maka pada PC kita lakukan proses *restart* untuk mengetahui apakah *driver* yang kita instalasikan sudah benar terkoneksi pada PC. Gambar 3.12 adalah bagan tes koneksi PCI dengan PC apabila PCI telah berhasil terkoneksi. Langkah selanjutnya adalah men-klik pada *test board* maka akan muncul berapa *board interface* yang sesuai dengan *device interface* pada PCI 1710HG. Hasil tes koneksi tiap *port* yang ada akan menampilkan keluaran tegangan apabila koneksi dengan PC berhasil dengan baik.

3.7.10 Koneksi PCI Card dengan Perangkat Luar

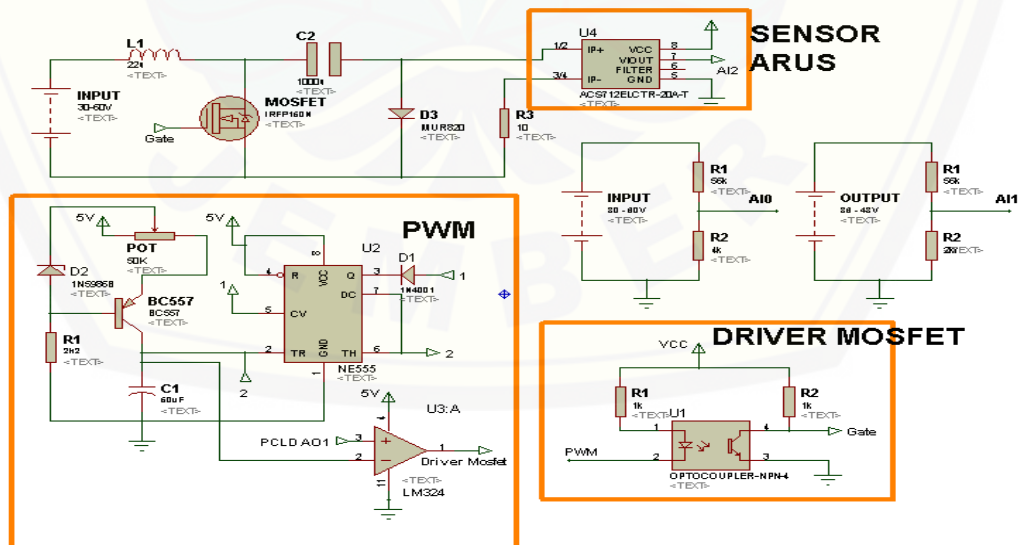
Satu *set interface* pada skripsi ini digunakan untuk penyulutan logika *fuzzy* dan juga digunakan untuk menampilkan hasil keluaran sensor tegangan. Proses penyulutan logika *fuzzy* melalui PC dapat berjalan dengan baik, bila *port digital output* pada PCLD 8710 terpasang pada perangkat keras (PWM).



Gambar 3. 14 tampilan Blok Parameter Digital Output

3.8 Desain Sistem Buck-Boost Konverter

Mengacu berdasarkan pada sub – bab rangkaian penyusun sistem *buck-boost* konverter, berikut ini merupakan gambaran rangkaian *buck-boost* konverter secara keseluruhan.



Gambar 3. 15 Desain Sistem Buck Boost Keseluruhan

3.9 Spesifikasi Motor DC Magnet Permanen

Pada penelitian ini beban yang digunakan adalah motor DC magnet permanen yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. 16 Motor DC magnet permanen

Merk : JYYL36V12A050603-203
Tegangan : 36 V, 12 A
Daya : 500 Watt
Kecepatan : 500 rpm

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada penelitian ini telah berhasil dibuat konverter *buck-boost* berbasis logika *fuzzy* dengan nilai induktor (L) 2 mH, kapasitor (C) 68 μ F dan frekuensi PWM sebesar 4 kHz.
2. Sistem kontrol logika *fuzzy* pada konverter *buck-boost* mempunyai 3 *input* yaitu, *set point*, tegangan *input* dan tegangan *output*. Dan mempunyai 1 *output* (keluaran *fuzzy*) dengan *rule* pada logika *fuzzy* berjumlah 98 *rules*.
3. Kontrol logika *fuzzy* bekerja dengan baik, pada saat pengujian konverter *buck-boost* dengan tegangan *input* 35 V dan pada saat tegangan *output* sebesar 36 V dan 42 V dengan prosentase *error* sebesar 0%.
4. Keluaran logika *fuzzy* berbanding terbalik dengan tegangan *output* PWM. Pada saat keluaran logika *fuzzy* yang dihasilkan 3,04 V, 2,29 V dan 0 V, maka tegangan *output* PWM yang dihasilkan berturut – turut sebesar 0 V, 2,79 V dan 4,02 V dengan tegangan sinyal segitiga (*non inverting*) konstan 2,4 V.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk lebih menyempurnakan hasil penelitian ini atau untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai berikut :

1. Perlu adanya penambahan pengujian dengan melakukan penambahan beban pada motor atau dengan menambahkan gaya gesek pada roda motor.
2. Dalam penggunaan PCI, gunakan komputer dengan spesifikasi CPU yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Sujanarko, Yagus Wijayanto. 2012. “Dasar-Dasar Pemrograman *Simulink Matlab* Serta Antar Muka Menggunakan *PCII710HG*”. Universitas Jember.
- Danu Wijaya, Risyad. 2013. “*Buck-Boost Converter* dengan *Power Mosfet* Sebagai Pengkondisi Daya Pada Pembangkit *Photovoltaic* Dengan Beban DC Bervariasi”. Universitas Jember.
- Fitra Padillah, Syahril, Siti Saodah. 2014. “Perancangan dan Realisasi Konverter DC-DC Tipe *Boost* Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535”. Jurnal Reka Elektronika.
- Hasibuan, P, 2007. “Kendali Kecepatan Motor DC *Shunt* Dengan *Fuzzy Logic controller* dan *Fuzzy Curent Limiter*”. SNATI. Yogyakarta.
- Mochamad Hidayat, Suryo. 2010. “Rancang Bangun *Buck Boost* Konverter”. Universitas Indonesia.
- Sutedjo, Zaenal Efendi, Dina Mursyida. “Rancang Bangun Modul DC – DC *Converter* Dengan Pengendali PI”. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya – ITS.
- Thiang, Resmana Lim, Wahyudi. 2001. “Aplikasi Kendali *Fuzzy Logic* untuk Pengaturan Kecepatan Motor Universal”. Jurnal Teknik Elektro Vol. 1 No. 1, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat U.K. Petra.
- Intan Nugroho, Terry. 2014. “Kontrol Kecepatan Motor DC Berbasis Logika *Fuzzy*”. Universitas Jember
- Kumar, Mahesh. “*NPTEL Course on Power Quality in Power Distribution Systems*”. Version EE IIT, Departement of Electrical Engineering, Indian Institute of Technology Madras.
- Andri Zumain, M. 2009. “Prototipe Mobil Listrik dengan Menggunakan Motor DC Magnet Permanen 0,37 HP”. Universitas Indonesia.

Diah Septi Yanaratri, Epyk Sunarno, dan Suhariningsih. 2010. “Pengaturan Switching Boost Converter Menggunakan Logika Fuzzy pada Sistem Solar Cell Sebagai Tenaga Alternatif”. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.



LAMPIRAN

A. Rule Logika Fuzzy

1. If (Set-Point is 36) and (V-in is 30) and (V-out is 12) then (V-komparator is 2,79) (1)
2. If (Set-Point is 36) and (V-in is 30) and (V-out is 18) then (V-komparator is 2,69) (1)
3. If (Set-Point is 36) and (V-in is 30) and (V-out is 24) then (V-komparator is 2,62) (1)
4. If (Set-Point is 36) and (V-in is 30) and (V-out is 30) then (V-komparator is 2,62) (1)
5. If (Set-Point is 36) and (V-in is 30) and (V-out is 36) then (V-komparator is 2,62) (1)
6. If (Set-Point is 36) and (V-in is 30) and (V-out is 42) then (V-komparator is 2,62) (1)
7. If (Set-Point is 36) and (V-in is 30) and (V-out is 48) then (V-komparator is 2,89) (1)
8. If (Set-Point is 36) and (V-in is 35) and (V-out is 12) then (V-komparator is 2,79) (1)
9. If (Set-Point is 36) and (V-in is 35) and (V-out is 18) then (V-komparator is 2,76) (1)
10. If (Set-Point is 36) and (V-in is 35) and (V-out is 24) then (V-komparator is 2,76) (1)
11. If (Set-Point is 36) and (V-in is 35) and (V-out is 30) then (V-komparator is 2,76) (1)
12. If (Set-Point is 36) and (V-in is 35) and (V-out is 36) then (V-komparator is 2,76) (1)
13. If (Set-Point is 36) and (V-in is 35) and (V-out is 42) then (V-komparator is 2,76) (1)
14. If (Set-Point is 36) and (V-in is 35) and (V-out is 48) then (V-komparator is 2,76) (1)
15. If (Set-Point is 36) and (V-in is 40) and (V-out is 12) then (V-komparator is 2,95) (1)
16. If (Set-Point is 36) and (V-in is 40) and (V-out is 18) then (V-komparator is 2,89) (1)
17. If (Set-Point is 36) and (V-in is 40) and (V-out is 24) then (V-komparator is 2,85) (1)
18. If (Set-Point is 36) and (V-in is 40) and (V-out is 30) then (V-komparator is 2,85) (1)

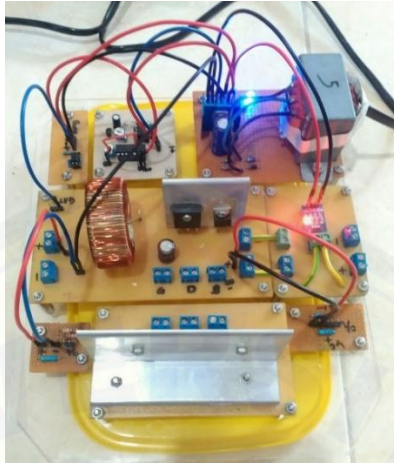
19. If (Set-Point is 36) and (V-in is 40) and (V-out is 36) then (V-komparator is 2,85) (1)
20. If (Set-Point is 36) and (V-in is 40) and (V-out is 42) then (V-komparator is 2,85) (1)
21. If (Set-Point is 36) and (V-in is 40) and (V-out is 48) then (V-komparator is 2,85) (1)
22. If (Set-Point is 36) and (V-in is 45) and (V-out is 12) then (V-komparator is 3,01) (1)
23. If (Set-Point is 36) and (V-in is 45) and (V-out is 18) then (V-komparator is 2,99) (1)
24. If (Set-Point is 36) and (V-in is 45) and (V-out is 24) then (V-komparator is 2,92) (1)
25. If (Set-Point is 36) and (V-in is 45) and (V-out is 30) then (V-komparator is 2,92) (1)
26. If (Set-Point is 36) and (V-in is 45) and (V-out is 36) then (V-komparator is 2,92) (1)
27. If (Set-Point is 36) and (V-in is 45) and (V-out is 42) then (V-komparator is 2,92) (1)
28. If (Set-Point is 36) and (V-in is 45) and (V-out is 48) then (V-komparator is 2,92) (1)
29. If (Set-Point is 36) and (V-in is 50) and (V-out is 12) then (V-komparator is 3,03) (1)
30. If (Set-Point is 36) and (V-in is 50) and (V-out is 18) then (V-komparator is 2,99) (1)
31. If (Set-Point is 36) and (V-in is 50) and (V-out is 24) then (V-komparator is 2,96) (1)
32. If (Set-Point is 36) and (V-in is 50) and (V-out is 30) then (V-komparator is 2,96) (1)
33. If (Set-Point is 36) and (V-in is 50) and (V-out is 36) then (V-komparator is 2,96) (1)
34. If (Set-Point is 36) and (V-in is 50) and (V-out is 42) then (V-komparator is 2,96) (1)
35. If (Set-Point is 36) and (V-in is 50) and (V-out is 48) then (V-komparator is 2,96) (1)
36. If (Set-Point is 36) and (V-in is 55) and (V-out is 12) then (V-komparator is 3,07) (1)
37. If (Set-Point is 36) and (V-in is 55) and (V-out is 18) then (V-komparator is 3,07) (1)
38. If (Set-Point is 36) and (V-in is 55) and (V-out is 24) then (V-komparator is 3) (1)

39. If (Set-Point is 36) and (V-in is 55) and (V-out is 30) then (V-komparator is 3) (1)
40. If (Set-Point is 36) and (V-in is 55) and (V-out is 36) then (V-komparator is 3) (1)
41. If (Set-Point is 36) and (V-in is 55) and (V-out is 42) then (V-komparator is 3) (1)
42. If (Set-Point is 36) and (V-in is 55) and (V-out is 48) then (V-komparator is 3) (1)
43. If (Set-Point is 36) and (V-in is 60) and (V-out is 12) then (V-komparator is 3,09) (1)
44. If (Set-Point is 36) and (V-in is 60) and (V-out is 18) then (V-komparator is 3,07) (1)
45. If (Set-Point is 36) and (V-in is 60) and (V-out is 24) then (V-komparator is 3,03) (1)
46. If (Set-Point is 36) and (V-in is 60) and (V-out is 30) then (V-komparator is 3,03) (1)
47. If (Set-Point is 36) and (V-in is 60) and (V-out is 36) then (V-komparator is 3,03) (1)
48. If (Set-Point is 36) and (V-in is 60) and (V-out is 42) then (V-komparator is 3,03) (1)
49. If (Set-Point is 36) and (V-in is 60) and (V-out is 48) then (V-komparator is 3,03) (1)
50. If (Set-Point is 42) and (V-in is 30) and (V-out is 12) then (V-komparator is 2,79) (1)
51. If (Set-Point is 42) and (V-in is 30) and (V-out is 18) then (V-komparator is 2,69) (1)
52. If (Set-Point is 42) and (V-in is 30) and (V-out is 24) then (V-komparator is 2,63) (1)
53. If (Set-Point is 42) and (V-in is 30) and (V-out is 30) then (V-komparator is 2,43) (1)
54. If (Set-Point is 42) and (V-in is 30) and (V-out is 36) then (V-komparator is 2,43) (1)
55. If (Set-Point is 42) and (V-in is 30) and (V-out is 42) then (V-komparator is 2,43) (1)
56. If (Set-Point is 42) and (V-in is 30) and (V-out is 48) then (V-komparator is 2,43) (1)
57. If (Set-Point is 42) and (V-in is 35) and (V-out is 12) then (V-komparator is 2,89) (1)
58. If (Set-Point is 42) and (V-in is 35) and (V-out is 18) then (V-komparator is 2,79) (1)

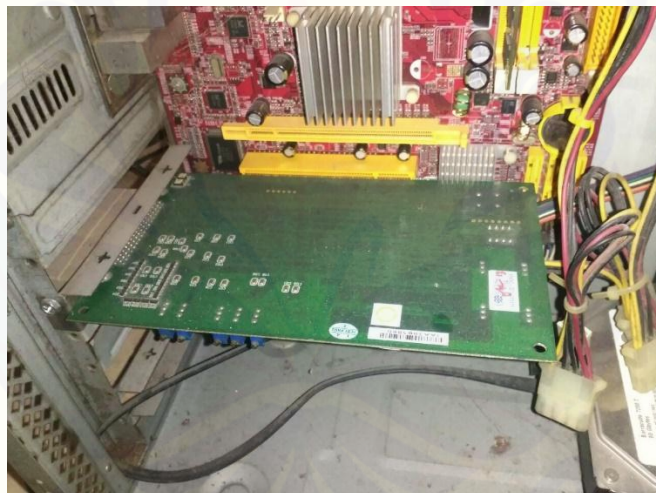
59. If (Set-Point is 42) and (V-in is 35) and (V-out is 24) then (V-komparator is 2,77) (1)
60. If (Set-Point is 42) and (V-in is 35) and (V-out is 30) then (V-komparator is 2,67) (1)
61. If (Set-Point is 42) and (V-in is 35) and (V-out is 36) then (V-komparator is 2,67) (1)
62. If (Set-Point is 42) and (V-in is 35) and (V-out is 42) then (V-komparator is 2,67) (1)
63. If (Set-Point is 42) and (V-in is 35) and (V-out is 48) then (V-komparator is 2,67) (1)
64. If (Set-Point is 42) and (V-in is 40) and (V-out is 12) then (V-komparator is 2,95) (1)
65. If (Set-Point is 42) and (V-in is 40) and (V-out is 18) then (V-komparator is 2,89) (1)
66. If (Set-Point is 42) and (V-in is 40) and (V-out is 24) then (V-komparator is 2,85) (1)
67. If (Set-Point is 42) and (V-in is 40) and (V-out is 30) then (V-komparator is 2,77) (1)
68. If (Set-Point is 42) and (V-in is 40) and (V-out is 36) then (V-komparator is 2,77) (1)
69. If (Set-Point is 42) and (V-in is 40) and (V-out is 42) then (V-komparator is 2,77) (1)
70. If (Set-Point is 42) and (V-in is 40) and (V-out is 48) then (V-komparator is 2,77) (1)
71. If (Set-Point is 42) and (V-in is 45) and (V-out is 12) then (V-komparator is 3,01) (1)
72. If (Set-Point is 42) and (V-in is 45) and (V-out is 18) then (V-komparator is 2,95) (1)
73. If (Set-Point is 42) and (V-in is 45) and (V-out is 24) then (V-komparator is 2,88) (1)
74. If (Set-Point is 42) and (V-in is 45) and (V-out is 30) then (V-komparator is 2,85) (1)
75. If (Set-Point is 42) and (V-in is 45) and (V-out is 36) then (V-komparator is 2,85) (1)
76. If (Set-Point is 42) and (V-in is 45) and (V-out is 42) then (V-komparator is 2,85) (1)
77. If (Set-Point is 42) and (V-in is 45) and (V-out is 48) then (V-komparator is 2,85) (1)
78. If (Set-Point is 42) and (V-in is 50) and (V-out is 12) then (V-komparator is 3,03) (1)

79. If (Set-Point is 42) and (V-in is 50) and (V-out is 18) then (V-komparator is 2,99) (1)
80. If (Set-Point is 42) and (V-in is 50) and (V-out is 24) then (V-komparator is 2,97) (1)
81. If (Set-Point is 42) and (V-in is 50) and (V-out is 30) then (V-komparator is 2,91) (1)
82. If (Set-Point is 42) and (V-in is 50) and (V-out is 36) then (V-komparator is 2,91) (1)
83. If (Set-Point is 42) and (V-in is 50) and (V-out is 42) then (V-komparator is 2,91) (1)
84. If (Set-Point is 42) and (V-in is 50) and (V-out is 48) then (V-komparator is 2,91) (1)
85. If (Set-Point is 42) and (V-in is 55) and (V-out is 12) then (V-komparator is 3,07) (1)
86. If (Set-Point is 42) and (V-in is 55) and (V-out is 18) then (V-komparator is 3,02) (1)
87. If (Set-Point is 42) and (V-in is 55) and (V-out is 24) then (V-komparator is 3,01) (1)
88. If (Set-Point is 42) and (V-in is 55) and (V-out is 30) then (V-komparator is 2,95) (1)
89. If (Set-Point is 42) and (V-in is 55) and (V-out is 36) then (V-komparator is 2,95) (1)
90. If (Set-Point is 42) and (V-in is 55) and (V-out is 42) then (V-komparator is 2,95) (1)
91. If (Set-Point is 42) and (V-in is 55) and (V-out is 48) then (V-komparator is 2,95) (1)
92. If (Set-Point is 42) and (V-in is 60) and (V-out is 12) then (V-komparator is 3,09) (1)
93. If (Set-Point is 42) and (V-in is 60) and (V-out is 18) then (V-komparator is 3,05) (1)
94. If (Set-Point is 42) and (V-in is 60) and (V-out is 24) then (V-komparator is 3,04) (1)
95. If (Set-Point is 42) and (V-in is 60) and (V-out is 30) then (V-komparator is 2,99) (1)
96. If (Set-Point is 42) and (V-in is 60) and (V-out is 36) then (V-komparator is 2,99) (1)
97. If (Set-Point is 42) and (V-in is 60) and (V-out is 42) then (V-komparator is 2,99) (1)
98. If (Set-Point is 42) and (V-in is 60) and (V-out is 48) then (V-komparator is 2,99) (1)

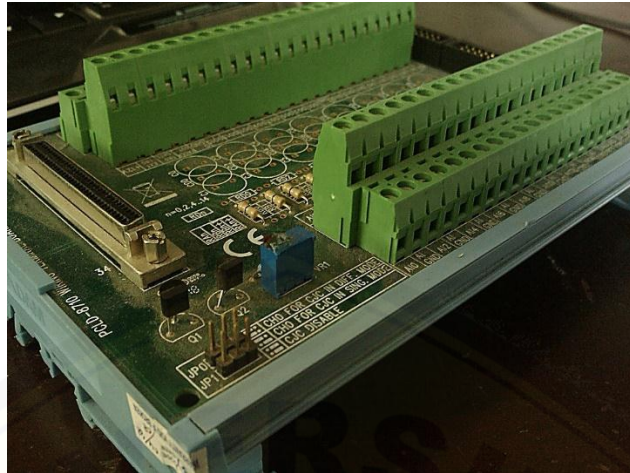
B. Dokumentasi Alat Penelitian



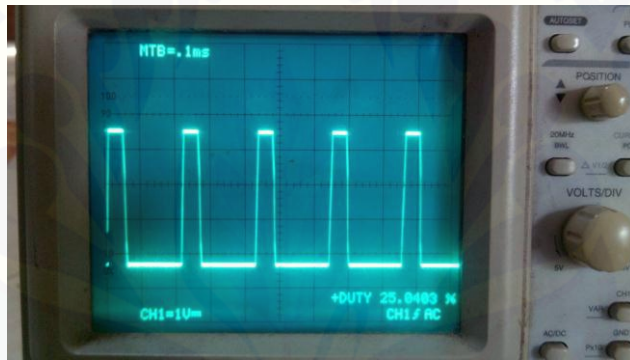
Gambar Keseluruhan Rangkaian Konverter *Buck-Boost*



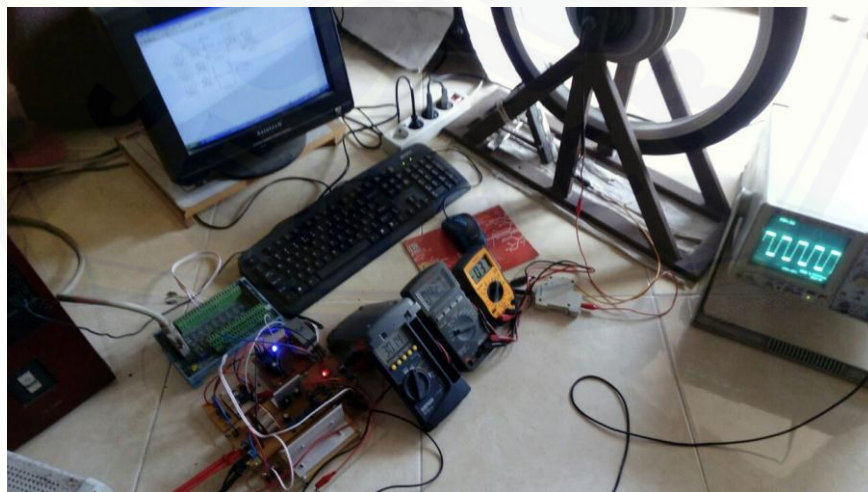
Gambar Pemasangan PCI 1710HG pada *slot* VGA



Gambar perangkat PCLD 8710



Gambar Pengujian Sinyal PWM Konverter *Buck-Boost*



Gambar Pengujian Konverter *Buck-Boost* dengan Menggunakan Beban Motor