

PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas segala petunjuk dan nikmat-Nya lah skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi berjudul “***Bidirectional Dc to Dc Converter menggunakan Switching Manual***” ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada:

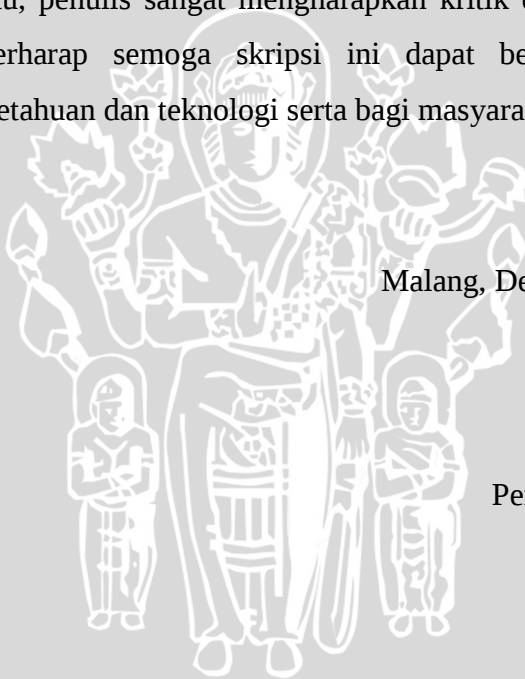
- Allah SWT atas rahmat dan hidayah yang telah diberikan,
- Rosulullah Muhammad SAW, semoga shalawat serta salam selalu tercurah kepada beliau,
- Ayah dan Ibu atas segala nasehat, kasih sayang, perhatian dan kesabarannya didalam membesarkan dan mendidik penulis, serta telah banyak mendoakan kelancaran penulis hingga terselesaikannya skripsi ini,
- Bapak M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- Bapak Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- Bapak Ali Mustofa, ST., MT. selaku Ketua Prodi Strata Satu Jurusan Teknik Elektro Universitas,
- Bapak Eka Maulana, S.T., M.T., M.Eng. selaku pembimbing I, terima kasih atas segala bimbingan, pengarahan, ide, saran, motivasi, dan masukan yang diberikan,
- Ibu Ir. Nurussa’adah, M.T. selaku pembimbing II, terima kasih atas segala bimbingan, pengarahan, ide, saran, motivasi, dan masukan yang diberikan,
- Ibu Ir. Retnowati, M.T. selaku dosen Penasehat Akademik,
- Ibu Ir. Nurussa’adah, MT. selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Elektronika Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,

- Seluruh dosen pengajar Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- Staff Recording Jurusan Teknik Elektro,
- Teman – teman Inverter angkatan 2011,
- Teman – teman Inverternika 2011,
- Rekan-rekan Asisten Laboratorium Elektroika.
- Keluarga Besar Muhammad Jaka Wimbang Wicaksono yang selama ini memberikan semangat untuk mengerjakan skripsi ini,
- Seluruh teman-teman serta semua pihak yang tidak mungkin bagi penulis untuk mencantumkan satu-persatu, terimakasih banyak atas bantuan dan dukungannya.

Pada akhirnya, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta bagi masyarakat.

Malang, Desember 2016

Penulis



DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	ix
BAB I 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
BAB II DASAR TEORI	4
2.1 H-Brigde.....	4
2.2 MOSFET.....	7
2.2.1 Jenis – Jenis MOSFET	4
2.2.2 Karakteristik dan Operasi MOSFET	6
2.3 ATMEGA 16	8
2.4 Rangkaian Driver IR2110.....	9
2.5 Transformator	9
2.6 Rectifier.....	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN, PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT.....	13
3.1 Penentuan Spesifikasi Alat	13
3.2 Perancangan dan Pembuatan Alat.....	13
3.2.1 Diagram Blok	13

3.2.2 Perancangan Perangkat Keras	14
A. Rangkaian mikrokontroler Atmega16	14
B. Rangkaian <i>H-Bridge</i>	15
C. Rangkaian Transformator	15
D. Rangkaian Rectifier	15
3.2.3 Perancangan Perangkat Lunak	15
3.3 Pengujian Alat.....	15
3.3.1 Pengujian Perangkat Keras.....	15
A. Pengujian Rangkaian Minimum Atmega16.....	15
B. Pengujian Rangkaian <i>H-Bridge</i> MOSFET	16
C. Pengujian rangkaian Transformator.....	16
D. Pengujian Keseluruhan Sistem	16
3.4 Perancangan Minimum Sistem Atmega 16	16
3.5 Perancangan Driver IR2110.....	17
3.6 Perancangan Rangkaian <i>H-Bridge</i>	19
3.7 Perancangan Transformator.....	20
3.8 Perancangan Penyearah Gelombang Penuh (Rectifier)	22
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS.....	23
4.1 Pengujian Mikrokontroler.....	23
4.2 Pengujian Driver IR2110	24
4.3 Pengujian <i>H-Bridge</i>	25
4.3.1 Pengujian <i>H-Bridge</i> 12 V	26
4.3.2 Pengujian <i>H-Bridge</i> 24 V	26
4.4 Pengujian Transformator	26
4.5 Pengujian Penyearah Gelombang Penuh (Rectifier)	27

4.6	Pengujian Keseluruhan Sistem	29
-----	------------------------------------	----

BAB V PENUTUP	49
----------------------------	-----------

5.1	Kesimpulan.....	49
-----	-----------------	----

5.2	Saran	50
-----	-------------	----



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Simbol Transistor MOSFET <i>Mode Depletion</i>	4
Gambar 2. 2 Simbol Transistor MOSFET <i>Mode Enhancement</i>	5
Gambar 2. 3 Grafik karakteristik MOSFET arus I_D sebagai fungsi V_{DS} dengan parameter V_{GS}	7
Gambar 2. 4 Prinsip kerja <i>H-bridge</i>	8
Gambar 2. 5 Konfigurasi <i>Pin</i> Atmega 16.....	8
Gambar 2. 6 Konfigurasi <i>Pin</i> IR2110.....	9
Gambar 2. 7 <i>Transformator</i>	10
Gambar 2. 8 Penyearah gelombang penuh.....	10
Gambar 2. 9 Penyearah gelombang penuh dengan jembatan (a) rangkaian dasar; (b) saat siklus positif ; (c) saat siklus negatif ; (d) arus beban.....	11
GAMBAR 3. 1 DIAGRAM BLOK PERANCANGAN SISTEM SECARA KESELURUHAN....	14
Gambar 3. 2 Sistem Minimum Mikrokontroler Atmega16.	17
Gambar 3. 3 Konfigurasi Pin IR2110	18
Gambar 3. 4 Grafik ID terhadap perubahan Temperatur.....	20
Gambar 3. 5 Skematik rangkaian H-Bridge	20
Gambar 3. 6 Gambar transformator jenis toroid.....	21
GAMBAR 4. 1 DIAGRAM BLOK PENGUJIAN MIKROKONTROLER.....	23
Gambar 4. 2 Hasil Pengujian Mikrokontroler.	23
Gambar 4. 3 Diagram blok pengujian Driver IR2110.	24
Gambar 4. 4 Skematik driver IR2110.....	24
Gambar 4. 5 Konfigurasi pin IR2110	24

Gambar 4. 6 Hasil pengujian driver IR2110.....	25
Gambar 4. 7 Diagram Blok Pengujian H-Bridge.....	25
Gambar 4. 8 Skematik rangkaian H-Bridge.....	25
Gambar 4. 9 Hasil pengujian H-Bridge dengan input 12 V.....	26
Gambar 4. 10 Hasil pengujian H-Bridge dengan input 24 V.....	26
Gambar 4. 11 Hasil Pengujian Transformator dengan $V_{in} = 12\text{ V}$	27
Gambar 4. 12 Hasil Pengujian Transformator dengan $V_{in} = 24\text{ V}$	27
Gambar 4. 13 Skematik rangkaian penyearah gelombang penuh.....	28
Gambar 4. 14 Blok diagram keseluruhan sistem	29
Gambar 4. 15 Grafik V_{in} terhadap V_{out}	30
Gambar 4. 16 Grafik V_{in} terhadap V_{out}	30
Gambar 4. 17 Grafik V_{in} terhadap V_{out} dengan beban $R = 550\text{ Ohm}$	32
Gambar 4. 18 Grafik V_{in} terhadap I_{out} dengan beban $R = 550\text{ Ohm}$	32
Gambar 4. 19 Grafik V_{in} terhadap P_{out} dengan beban $R = 550\text{ Ohm}$	32
Gambar 4. 20 Grafik V_{in} terhadap V_{out} dengan beban $R = 1\text{kOhm}$	33
Gambar 4. 21 Grafik V_{in} terhadap I_{out} dengan beban $R = 1\text{kOhm}$	34
Gambar 4. 22 Grafik V_{in} terhadap P_{out} dengan beban $R = 1\text{kOhm}$	34
Gambar 4. 23 Grafik V_{in} terhadap V_{out} dengan beban $R = 550\text{ Ohm}$	35
Gambar 4. 24 Grafik V_{in} terhadap V_{out} dengan beban $R = 550\text{ Ohm}$	35
Gambar 4. 25 Grafik V_{in} terhadap Daya output dengan beban $R = 550\text{ Ohm}$	36
Gambar 4. 26 Grafik V_{in} terhadap V_{out} dengan beban $R = 1\text{kOhm}$	37

Gambar 4. 27 Grafik Vin terhadap Iout dengan beban $R = 1k\Omega$	37
Gambar 4. 28 Grafik Vin terhadap Daya output dengan beban $R = 1k\Omega$	38
Gambar 4. 29 Grafik Vout terhadap Frekuensi dengan beban $R = 550 \Omega$	39
Gambar 4. 30 Grafik Iout terhadap Frekuensi dengan beban $R = 550 \Omega$	39
Gambar 4. 31 Grafik Pout terhadap Frekuensi dengan beban $R = 550 \Omega$	40
Gambar 4. 32 Grafik Vout terhadap Frekuensi dengan beban $R = 1 k\Omega$	41
Gambar 4. 33 Grafik Iout terhadap Frekuensi dengan beban $R = 1 k\Omega$	41
Gambar 4. 34 Grafik Pout terhadap Frekuensi dengan beban $R = 1 k\Omega$	42
Gambar 4. 35 Grafik Vout terhadap Frekuensi dengan beban $R = 550 \Omega$	43
Gambar 4. 36 Grafik Iout terhadap Frekuensi dengan beban $R = 550 \Omega$	44
Gambar 4. 37 Grafik Pout terhadap Frekuensi dengan beban $R = 550 \Omega$	44
Gambar 4. 38 Grafik Vout terhadap Frekuensi dengan beban $R = 1 k\Omega$	46
Gambar 4. 39 Grafik Iout terhadap Frekuensi dengan beban $R = 1 k\Omega$	46
Gambar 4. 40 Grafik Pout terhadap Frekuensi dengan beban $R = 1 k\Omega$	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Fungsi Khusus Port B	9
Tabel 3. 1 konfigurasi pin IR2110.....	19
Tabel 4.1 Hasil pengujian rectifier dengan beban resistif, induktif dan kapasitif.....	28
Tabel 4. 2 Hasil pengujian rectifier dengan beban resistif, induktif dan kapasitif.	28
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian tegangan input terhadap tegangan output.....	29
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian tegangan input terhadap tegangan output.....	30
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian tegangan input terhadap arus output dan tegangan output dengan beban $R = 550 \text{ Ohm}$	31
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian tegangan input terhadap arus output dan tegangan output dengan beban $R = 1 \text{ kOhm}$	33
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian tegangan input terhadap arus output dan tegangan output dengan beban $R = 550 \text{ Ohm}$	35
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian tegangan input terhadap arus output dan tegangan output dengan beban $R = 1 \text{ kOhm}$	37
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian tegangan input 12 V terhadap perubahan frekuensi dengan $R = 550 \text{ Ohm}$	39
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian tegangan input 12 V terhadap perubahan frekuensi dengan $R = 1 \text{ kOhm}$	41
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian tegangan input 24 V terhadap perubahan frekuensi dengan $R = 550 \text{ Ohm}$	43
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian tegangan input 24 V terhadap perubahan frekuensi dengan $R = 1 \text{ kOhm}$	45

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era *modern* ini, semua orang mengetahui bahwa energi listrik sangat dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari. Kemajuan teknologi membuat beberapa peralatan listrik menjadi lebih efektif dan efisien. Indonesia kaya akan sumber energi, namun saat ini pembangkit listrik di Indonesia masih didominasi oleh penggunaan bahan bakar fosil, khususnya batubara. Sedangkan daerah yang masih mengalami kekurangan daya listrik seperti Sulawesi, Kalimantan, dan Nusa Tenggara, dan Papua pembangkit listriknya masih menggunakan BBM, yang dalam komponen biaya pembangkitan masih merupakan komponen terbesar (Sutrisna, 2012 :1).

Penyebab utama Indonesia menjadi negara yang boros akan penggunaan energi adalah karena Indonesia adalah negara dengan jumlah penduduk peringkat ke-4 terbanyak di dunia dan konsumsi energi listrik tergolong besar untuk golongan rumah tangga yaitu sebesar 43 %, disusul kemudian dengan industri sebesar 33 %, bisnis 18 % dan terakhir 6 % publik (Kementerian ESDM, 2015:1). Energi listrik yang kita dapat berasal dari Pembangkit Tenaga Listrik (PLN) berupa sumber AC. Jaringan listrik pada umumnya menggunakan sumber AC (*Alternating Current*) yang arusnya bolak – balik. Sumber listrik AC sangat efektif jika digunakan pada jarak jauh, sehingga pemerintah membangun pembangkit listrik yang jauh dari penduduk. Berbeda dengan sumber arus DC (*Direct Current*) yang efektif digunakan pada jarak dekat. Sedangkan saat ini potensi penggunaan sumber DC untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari sangat besar.

Smart grid merupakan model jaringan listrik yang dapat dikembangkan di Indonesia sebagai jaringan listrik masa depan. *Smart grid* memiliki keunggulan flexible, efisien dan biaya operasionalnya murah merupakan solusi untuk memecahkan masalah lingkungan yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik. Sistem ini mengintegrasikan berbagai sumber energi seperti sumber energi fosil dan sumber energi terbarukan untuk menghasilkan energi listrik. Salah satu

sumber energi terbarukan yang menjanjikan dalam *smart grid* adalah cahaya matahari (*Solar Cell*).

Smart grid secara umum mengacu pada teknologi sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik dengan pengontrolan dan otomatisasi berbasis komputer. Sedangkan *microgrid* memiliki definisi sebagai sekelompok beban, penyimpanan energi dan sistem pembangkit yang saling terhubung tanpa perlu bergantung pada jaringan distribusi yang lebih besar (Satya, 2014 :12).

Jaringan DC yang dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari memiliki level tegangan yang berbeda-beda. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dibahas mengenai DC to DC *Bidirectional Converter* yang berfungsi untuk mengkonversi tegangan DC 24V ke 12V dan sebaliknya 12V ke 24V. Pada makalah Toshiro Hirose dan Hirofumi Matsuo menjelaskan prinsip-prinsip dan karakteristik dari sebuah konverter dua arah superposed dengan H-Bridge ganda dan menggunakan 8 buah Mosfet P-Channel, namun pada skripsi ini penulis menggunakan H-Bridge tunggal dengan menggunakan 4 buah Mosfet N-Channel (Hirose, Toshiro.2010:1)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana merancang rangkaian elektrik DC Converter Bidirectional?
- 2) Bagaimana karakteristik Arus dan Tegangan pada rangkaian DC Converter Bidirectional?
- 3) Bagaimana pengaruh frekuensi terhadap output DC Converter ?

1.3 Batasan Masalah

Dengan mengacu pada permasalahan yang telah dirumuskan, maka hal-hal yang berkaitan dengan penelitian akan diberikan batasan sebagai berikut :

- 1.) Mengubah tegangan DC 12V ke DC 24V atau sebaliknya 24V ke 12V secara manual.
- 2.) Frekuensi yang digunakan sebesar 10 kHz..

- 3.) Mikrokontroler yang digunakan adalah ATMEGA 16
- 4.) Pengujian dilakukan dengan bergantian memberi beban resistif dan kapasitif pada sisi 12V atau pada sisi 24V secara bergantian.

1.4 Tujuan

Tujuan skripsi ini adalah merancang DC to DC Converter Bidirectional dengan menggunakan sistem *H-Bridge* dan menggunakan mikrokontroler sebagai pemroses utamanya.

1.5 Manfaat

Manfaat penelitian ini adalah untuk mengkonversi tegangan dc 12 V ke tegangan dc 24 V atau mengkonversi dari tegangan dc 24 V ke tegangan dc 12 V yang akan digunakan pada sistem *Smart Grid*.



BAB II DASAR TEORI

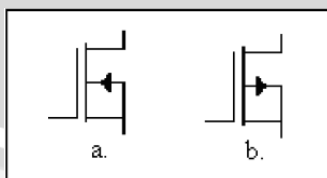
2.1 MOSFET

MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) adalah suatu transistor dari bahan semikonduktor (silicon) dengan tingkat konsentrasi ketidakmurnian tertentu. Tingkat dari ketidakmurnian ini akan menentukan jenis transistor tersebut, yaitu transistor MOSFET tipe-N (NMOS) dan transistor MOSFET tipe P (PMOS). Bahan silicon digunakan sebagai landasan (*substrat*) dari penguras (*drain*), sumber (*source*), dan gerbang (*gate*). Selanjutnya transistor dibuat sedemikian rupa agar antara substrat dan gerbangnya dibatasi oleh oksida silikon yang sangat tipis. Oksida ini diendapkan di atas sisi kiri dari kanal, sehingga transistor MOSFET akan mempunyai kelebihan dibanding dengan transistor BJT (*Bipolar Junction Transistor*), yaitu menghasilkan disipasi daya yang rendah.

2.1.1 Jenis – Jenis MOSFET

1) Transistor Mode Pengosongan (*Transistor Depletion Mode*)

Pada transistor *mode depletion*, antara *drain* dan *source* terdapat saluran yang menghubungkan dua terminal tersebut, dimana saluran tersebut mempunyai fungsi sebagai saluran tempat mengalirnya elektron saluran tersebut mempunyai fungsi sebagai tempat mengalirnya elektron bebas. Lebar dari saluran itu sendiri dapat dikendalikan oleh tegangan gerbang. Transistor MOSFET mode pengosongan terdiri dari tipe-N dan tipe-P, symbol transistor di tunjukkan dalam Gambar 2.1.



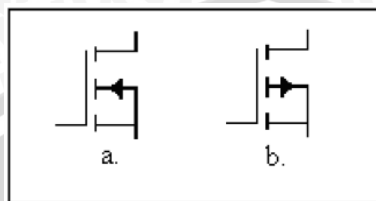
Gambar 2. 1 Simbol Transistor MOSFET Mode Depletion

(a).N-Channel Depletion (b) P-Channel Depletion

Sumber : (Maulana , 2014 : 2)

2) Transistor Mode Peningkatan (*Transistor Enhancement Mode*)

Transistor mode peningkatan ini pada fisiknya tidak memiliki saluran Antara *drain* dan *source*nya karena lapisan bulk meluas dengan lapisan SiO_2 pada terminal *gate*. Transistor MOSFET mode peningkatan terdiri dari tipe-N dan tipe-P, simbol transistor ditunjukkan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Simbol Transistor MOSFET Mode *Enhancement*

(a). N-Channel *Enhancement* (b). P-Channel *Enhancement*

Sumber : (Maulana , 2014 : 2)

Dilihat dari jenis saluran yang digunakan, transistor MOSFET dapat dikelompokkan menjadi tiga, antara lain:

1) NMOS

Transistor NMOS terbuat dari substrat dasar tipe p dengan daerah source dan drain didifusikan tipe n^+ dan daerah kanal terbentuk pada permukaan tipe n. NMOS yang umumnya banyak digunakan adalah NMOS jenis enhancement, dimana pada jenis ini source NMOS sebagian besar akan dihubungkan dengan $-V_{ss}$ mengingat struktur dari MOS itu sendiri hampir tidak memungkinkan untuk dihubungkan dengan $+V_{dd}$. Dalam aplikasi gerbang NMOS dapat dikombinasikan dengan resistor, PMOS atau dengan NMOS lainnya sesuai dengan karakteristik gerbang yang akan dibuat. Sebagai contoh sebuah NMOS dan resistor digabungkan menjadi sebuah gerbang NOT.

Negatif MOS adalah MOSFET yang mengalirkan arus penguras sumber menggunakan saluran dari bahan elektron, sehingga arus yang mengalir jika tegangan gerbang lebih positif dari substrat dan nilai mutlaknya lebih besar dari V_T (*Voltage Treshold*).

2) PMOS

Transistor PMOS terbuat dari substrat dasar tipe-n dengan daerah source dan drain didifusikan tipe p^+ dan daerah kanal terbentuk pada permukaan tipe p. Positif MOS adalah MOSFET yang mengalirkan arus penguras sumber melalui saluran positif berupa *hole*, dimana arus akan mengalir jika tegangan gerbang lebih negative terhadap substrat dan nilai mutlaknya lebih besar dari V_T .

PMOS yang umumnya banyak digunakan adalah PMOS jenis enhancement, dimana pada jenis ini source PMOS sebagian besar akan dihubungkan dengan $+V_{DD}$ mengingat struktur dari MOS itu sendiri hampir tidak memungkinkan untuk dihubungkan dengan $-V_{SS}$. Dalam aplikasi gerbang PMOS dapat dikombinasikan dengan resistor, NMOS, atau dengan PMOS lainnya sesuai dengan karakteristik gerbang yang akan dibuat. Sebagai contoh sebuah PMOS dan resistor digabungkan menjadi sebuah gerbang NOT.

3) CMOS (Complementary MOS)

MOSFET tipe *complementary* ini mengalirkan arus penguras sumber melalui tipe-n dan tipe-p secara bergantian sesuai dengan tegangan yang dimasukkan pada gerbangnya (*gate*)

2.1.2 Karakteristik dan Operasi MOSFET

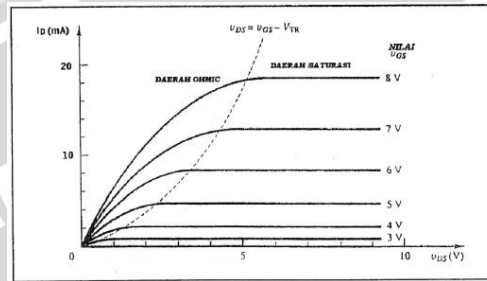
Grafik karakteristik MOSFET (NMOS) arus I_D sebagai fungsi V_{DS} dengan parameter V_{GS} ditunjukkan dalam Gambar 2.4. Pada MOSFET terdapat tiga daerah operasi yaitu daerah *cut-off*, linear dan saturasi. Pada daerah *cutt-off*, tegangan gerbang lebih kecil dari tegangan ambang, sehingga tidak terbentuk saturasi, dan arus tidak dapat mengalir ($I_D = 0$).

Pada daerah linear, pada awalnya gerbang diberi tegangan hingga terbentuk saluran. Apabila *drain* diberi tegangan yang kecil, maka elektron akan mengalir dari *source* menuju *drain* atau arus akan mengalir dari *drain* ke *source*. Selanjutnya saluran tersebut akan bertindak sebagai suatu tahanan, sehingga arus *drain* (I_D) akan sebanding dengan tegangan *drain*.

$$I_D(LIN) = k_n \left[(V_{GS} - V_T)V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right] \quad (2-1)$$

Apabila tegangan *drain* terus ditingkatkan hingga tegangan pada *gate* menjadi netral, lapisan inversi pada sisi *drain* akan hilang, dan mencapai suatu titik yang disebut titik *pinch-off*. Pada titik *pinch-off* ini merupakan permulaan dari daerah kerja saturasi. Apabila melebihi titik ini, peningkatan tegangan *drain* tidak akan mengubah arus *drain*, sehingga arus *drain* tetap (konstan).

$$I_D(SAT) = \frac{k_n}{2} (V_{GS} - V_{Tn})^2 \quad (2-2)$$



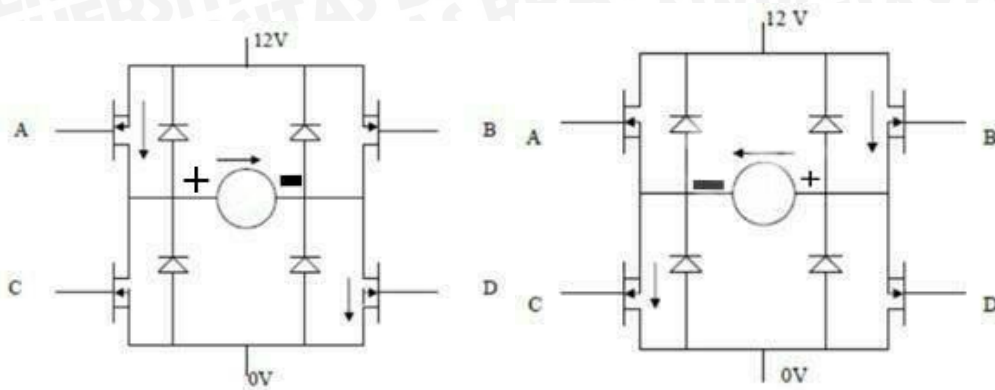
Gambar 2. 3 Grafik karakteristik MOSFET arus I_D sebagai fungsi V_{DS} dengan parameter V_{GS} .

Sumber : (Geiger, Allen, Strader, 1990 : 151)

2.2 H-Bridge

H-Bridge adalah rangkaian yang konfigurasi atau susunan transistornya membentuk huruf H dan terdiri dari 4 buah transistor. Transistor yang digunakan merupakan mosfet dan mosfet ini digunakan sebagai switching atau saklar.

Prinsip Kerja dari *H-Bridge* adalah Ketika switch (a) dan (b) menutup, maka tegangan positif akan diterapkan di seluruh rangkaian konverter dan akan membangkitkan sinyal kotak setengah gelombang. Setengah gelombang lainnya akan dibangkitkan oleh *H-bridge* ketika switch (c) dan (d) menutup tegangan input menjadi negatif (terbalik) yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Hal ini memungkinkan untuk mendapatkan sinyal kotak satu gelombang. Switch (a) dan (c) tidak diperbolehkan ditutup secara bersamaan karena hal ini akan menyebabkan hubungan pendek pada sumber tegangan input. Hal yang sama berlaku untuk switch (b) dan switch (d).



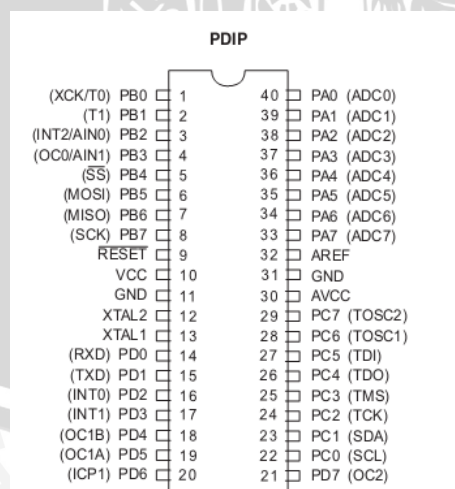
Gambar 2. 4 Prinsip kerja H-bridge

Sumber : (Fahmizal , 2011 : 1)

2.3 ATMEGA 16

Konfigurasi *pin* Atmega 16 dengan kemasan 40 *pin* DIP (*Dual Inline Package*) dapat dilihat pada Gambar 2.5. Berdasarkan Gambar 2.5 dapat dijelaskan fungsi dari masing-masing *pin* ATMEGA 16 sebagai berikut:

1. VCC merupakan *pin* yang berfungsi sebagai masukan catu daya.
2. GND merupakan *pin* *Ground*.
3. Port A(PA0...PA7) merupakan *pin* *input/output* dua arah dan *pin* masukan ADC.
4. Port B (PB0...PB7) merupakan *pin* *input/output* dua arah dan *pin*

Gambar 2. 5 Konfigurasi *Pin* Atmega 16.

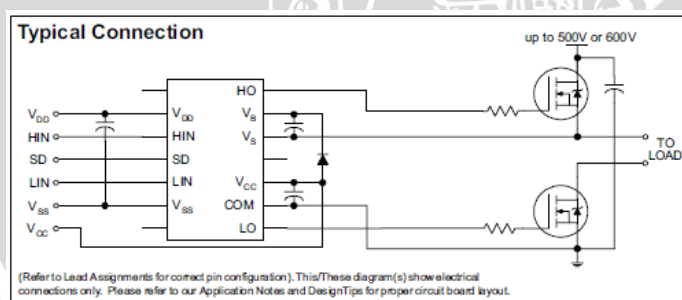
Sumber: Atmel (2007)

Tabel 2. 1 Fungsi Khusus *Port B*

<i>Pin</i>	<i>Fungsi Khusus</i>
PB7	SCK (SPI Bus Serial Clock)
PB6	MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output)
PB5	MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input)
PB4	$\overline{SS}$ (SPI Slave Select Input)
PB3	AIN1 (Analog Comparator Negative Input) OC0 (Timer/Counter0 Output Compare Match Output)
PB2	AIN0 (Analog Comparator Positive Input) INT2 (External Interrupt 2 Input)
PB1	T1 (Timer/Counter1 External Counter Input)
PB0	T0 T1 (Timer/Counter0 External Counter Input) XCX (USART External Clock Input/Output)

2.4 Rangkaian *Driver* IR2110

Rangkaian *driver* ini merupakan rangkaian yang terdiri dari IC IR2110 yang digunakan untuk mengontrol *gate* MOSFET pada *H-Bridge*. Satu driver IR2110 ini hanya bisa mengatur dua buah *gate* Mosfet. Konfigurasi *driver* IR2110 ditunjukkan dalam Gambar 2.6.



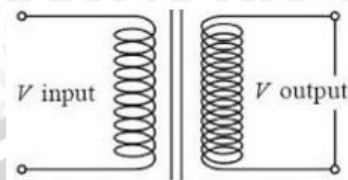
Gambar 2. 6 Konfigurasi *Pin* IR2110

Sumber : (International Rectifier , 2005 : 1)

2.5 Transformer

Transformer atau *trafo* adalah alat listrik yang dapat mengubah level tegangan AC ke level tegangan yang lain. Trafo ini bekerja berdasarkan prinsip kerja Induksi Elektromagnetik dan hanya dapat bekerja pada tegangan AC.

Sebuah *Transformer* sederhana pada dasarnya terdiri dari 2 lilitan atau kumparan kawat yang terisolasi yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder yang ditunjukkan dalam Gambar 2.7. *Transformer* yang digunakan pada skripsi ini merupakan *transformator* yang memiliki perbandingan antara kumparan primer dan kumparan sekunder = $N_1 : N_2 = 1 : 2$.

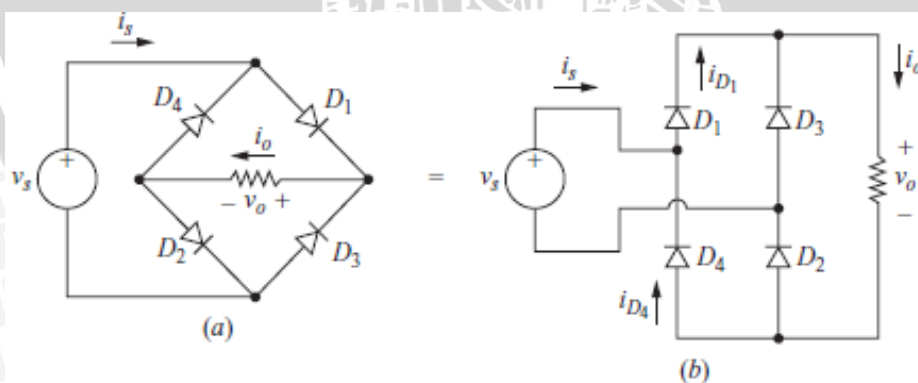


Gambar 2.7 *Transformer*

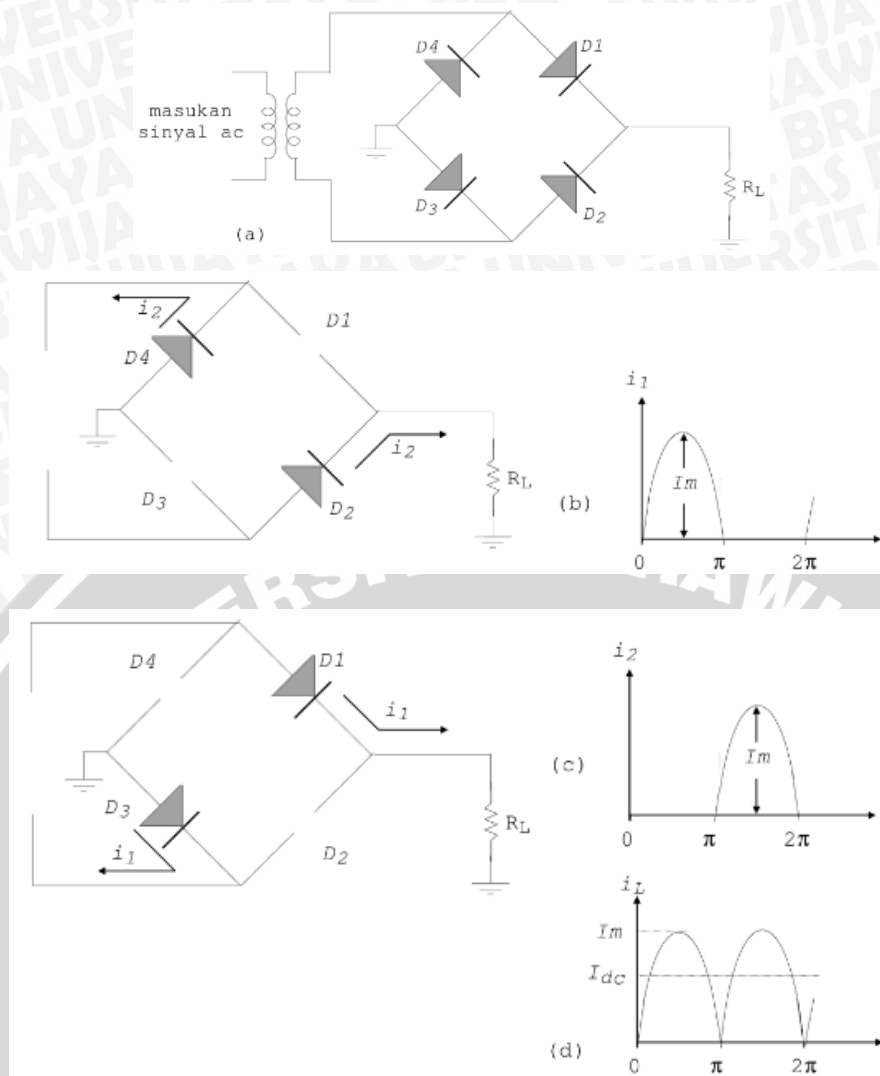
Sumber : (Noordiyono, 2011 : 1)

2.6 Rectifier

Rectifier atau penyearah gelombang adalah rangkaian yang berfungsi untuk mengubah sinyal tegangan AC (*Alternating Current*) menjadi sinyal tegangan DC (*Direct Current*). *Rectifier* dapat dibuat dengan 2 macam cara yaitu menggunakan 2 diode atau 4 diode. *Rectifier* dengan 2 diode digunakan untuk transformator dengan CT (*Center Tap*), sedangkan *Rectifier* dengan 4 diode digunakan untuk transformator non-CT. *Rectifier* yang digunakan pada perancangan ini adalah *Rectifier* dengan 4 diode. Rangkaian diode yang digunakan ditunjukkan dalam Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Penyearah gelombang penuh



Gambar 2. 9 Penyearah gelombang penuh dengan jembatan (a) rangkaian dasar; (b) saat siklus positif ; (c) saat siklus negatif ; (d) arus beban.

Penyearah gelombang penuh ini merupakan gabungan dari dua penyearah setengah gelombang yang aktif bergantian setiap setengah siklus. Sehingga arus maupun tegangan rata-ratanya adalah dua kali penyearah setengah gelombang. Maka diperoleh :

$$I_{DC} = \frac{2Im}{\pi}$$

$$V_{DC} = I_{DC} * R_L$$

$$V_{DC} = \frac{2Im * R_L}{\pi}$$



BAB III METODOLOGI PENELITIAN, PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT.

Penyusunan proposal ini didasarkan pada masalah yang bersifat aplikatif, yaitu perencanaan dan perealisasiian alat agar dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan dengan mengacu pada rumusan masalah. Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang dirancang adalah penentuan spesifikasi alat, studi literatur, perancangan sistem, pembuatan alat, pengujian alat, dan pengambilan kesimpulan.

3.1 Penentuan Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat secara keseluruhan perlu ditentukan terlebih dahulu sebagai acuan untuk mendapatkan sistem yang sesuai dengan keinginan dan dapat bekerja dengan efektif serta efisien. Alat yang dirancang memiliki spesifikasi sebagai berikut :

1. Alat mampu menghasilkan tegangan 24V dengan sumber 12V dan 12 V dengan sumber 24 V.
2. Menggunakan saklar manual untuk menentukan arah konversi.
3. Sumber tegangan DC menggunakan baterai 12 V & 24 V.
4. Menggunakan beban resistif, kapasitif atau induktif.

3.2 Perancangan dan Pembuatan Alat

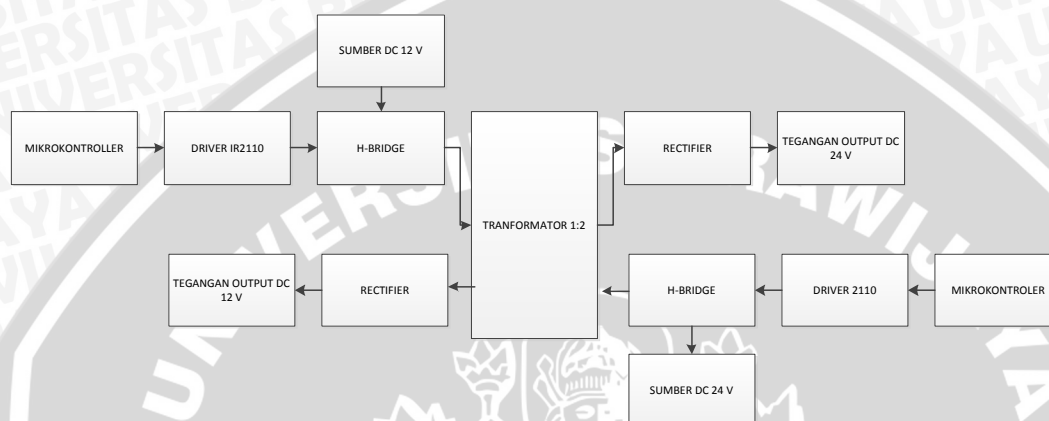
Dalam perancangan dan perealisasiian alat membahas tentang diagram blok, perencanaan perangkat keras, dan perencanaan perangkat lunak.

3.2.1 Diagram Blok

Diagram blok pada penelitian ini memiliki 9 blok yang ditunjukkan dalam Gambar 3.1 dan setiap blok memiliki fungsi, yaitu :

1. Mikrokontroler yang digunakan untuk membangkitkan sinyal picu pada rangkaian.
2. Driver IR2110 yang digunakan untuk mengkontrol gate Mosfet pada *H-bridge*.
3. Sumber DC input yang berfungsi untuk supply rangkaian converter.

4. *H-bridge* berfungsi untuk *switching* atau saklar
5. Transformator dengan perbandingan 1 : 2 yang digunakan untuk step-up dan perbandingan 2 : 1 step-down.
6. Rectifier atau penyearah yang digunakan untuk menyearahkan tegangan AC output dari transformator.
7. Sumber DC output menunjukkan tegangan DC yang ada dirangkaian setelah melewati penyearah.



Gambar 3. 1 Diagram Blok Perancangan Sistem Secara Keseluruhan.

Pembuatan diagram blok merupakan dasar dari perancangan sistem agar perancangan dan perealisasi alat berjalan secara sistematis.

3.2.2 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras meliputi perencanaan rangkaian minimum sistem untuk mikrokontroler Atmega16, rangkaian *H-Bridge* MOSFET, rangkaian Transformator dan rangkaian *rectifier*.

A. Rangkaian mikrokontroler Atmega16

Rangkaian minimum sistem untuk mikrokontroler Atmega16 merupakan rangkaian yang dibutuhkan agar mikrokontoler Atmega16 dapat digunakan sesuai fungsi yang diharapkan. Atmega16 akan membangkitkan sinyal kotak berlevel tegangan 5 V dengan frekuensi 10kHz. Dan sinyal kotak tersebut akan menjadi masukan untuk rangkaian *H-Bridge*.

B. Rangkaian *H-Bridge*

Rangkaian *H-bridge* merupakan rangkaian yang terdiri dari 4 buah mosfet IRF540. Rangkaian *H-bridge* menerima sinyal kotak dari Atmega16 yang kemudian akan di *switching* di *H-bridge*. Keluaran dari rangkaian *H-bridge* berupa sinyal kotak dengan frekuensi 10kHz yang level tegangannya sebesar 10 V. Sinyal tersebut kemudian akan di proses di *Transformator*.

C. Rangkaian *Transformator*

Rangkaian transformator mengubah level tegangan sinyal sinusoida yang merupakan sinyal *output* dari *H-Bridge*.

D. Rangkaian *Rectifier*

Rangkaian *Rectifier* terdiri dari 4 buah dioda. Rangkaian ini berfungsi untuk mengubah sinyal AC yang diterima dari transformator menjadi sinyal DC, yang kemudian akan mengalir ke beban.

3.2.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perencanaan dan pembuatan perangkat lunak digunakan untuk membangkitkan sinyal kotak atau sebagai generator pulsa

3.3 Pengujian Alat

Untuk menganalisis kinerja alat apakah sesuai dengan yang direncanakan maka dilakukan pengujian sistem. Pengujian dilakukan pada masing-masing blok pada perancangan perangkat keras serta pengujian keseluruhan untuk mengetahui perangkat lunak dapat bekerja dengan baik atau tidak.

3.3.1 Pengujian Perangkat Keras

Pada bagian ini pengujian dilakukan pada masing-masing blok. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah masing-masing blok dapat bekerja sesuai dengan fungsinya seperti yang telah direncanakan. Pengujian tersebut meliputi :

A. Pengujian Rangkaian Minimum Atmega16.

Pengujian bertujuan untuk mengetahui apakah rangkaian tersebut berfungsi dengan baik. Hal ini perlu dilakukan karena proses pengiriman data dan

switching bergantung pada level tegangan yang terdapat pada kaki – kaki IC tersebut. Sehingga pengujian dilakukan dengan menyambungkan LED pada beberapa kaki IC dan diberi logika high atau low. Kemudian diamati level tegangannya.

B. Pengujian Rangkaian *H-Bridge* MOSFET

Pengujian dilakukan dengan cara memicu *gate* dengan sinyal kotak yang diberi tegangan *input* sebesar 5V, kemudian dilihat tegangan *output* dan sinyal *output* di oscilloscope.

C. Pengujian rangkaian Transformator

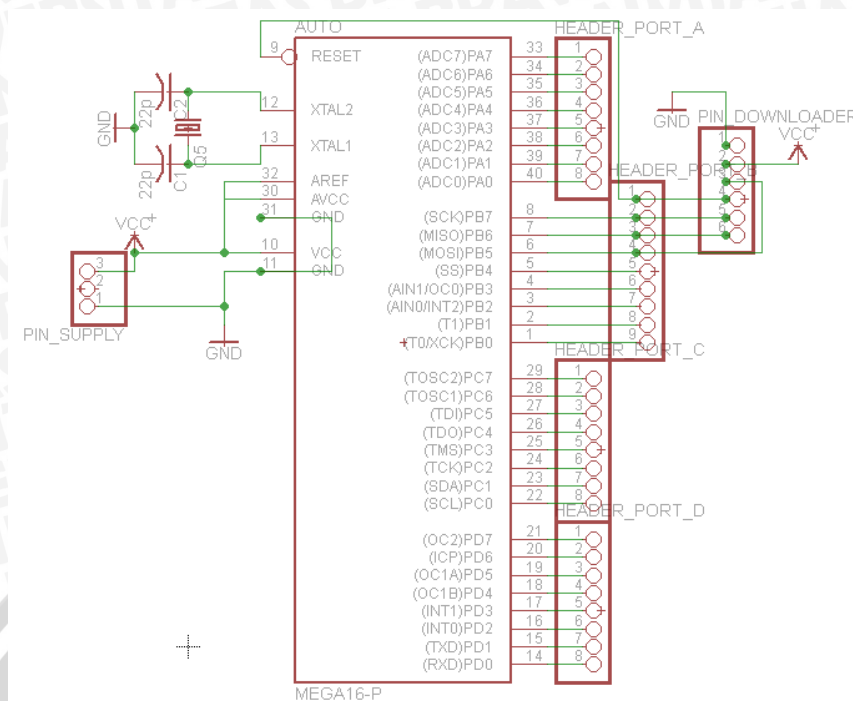
Pengujian bertujuan untuk mengetahui apakah rangkaian tersebut berfungsi dengan baik. Hal ini dilakukan dengan cara melihat perbandingan sinyal masukan dan sinyal keluaran pada transformator.

D. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem ini dengan menggabungkan semua sistem yang dibuat berdasarkan blok diagram. Sistem bekerja dengan baik jika dapat berjalan sesuai *flowchart* yang telah direncanakan.

3.4 Perancangan Minimum Sistem Atmega 16

Pada perancangan Dc Converter ini digunakan system minimum Atmega 16. Pada perancangan ini skema perancangan mikokontroler Atmega 16 ditunjukkan dalam Gambar 3.1. Mikrokontroler Atmega 16 akan membangkitkan sinyal picu berupa sinyal kotak berlevel tegangan 5 V dengan frekuensi 10 kHz. Kemudian pulsanya dibangkitkan dengan mengatur keluaran pin dari 1 menjadi 0 secara bergantian menggunakan fungsi delay, pin yang digunakan adalah pin B0, B1, B2, dan B3. Antara B0 dan B1 berbeda fasa 180° , Antara B2 dan B3 berbeda fasa 180° . B0 dan B1 digunakan untuk *H-Bridge* sisi primer sedangkan B2 dan B3 digunakan untuk *H-Bridge* sisi sekunder. Sinyal yang dihasilkan memiliki perbedaan fasa 180° . *Output* dari Atmega 16 ini akan diteruskan ke driver IR2110.



Gambar 3.2 Sistem Minimum Mikrokontroler Atmega16.

3.5 Perancangan Driver IR2110

Pada perancangan Driver IR2110 digunakan untuk mengontrol *gate* pada *H-Bridge* Mosfet. Driver IR2110 menerima sinyal picu dari mikrokontroler Atmega 16 yang berupa sinyal kotak. Kemudian driver IR2110 menghasilkan sinyal kotak dengan level tegangan yang lebih tinggi untuk mengontrol *gate* pada *H-bridge* Mosfet. Driver IR2110 menerima input dengan :

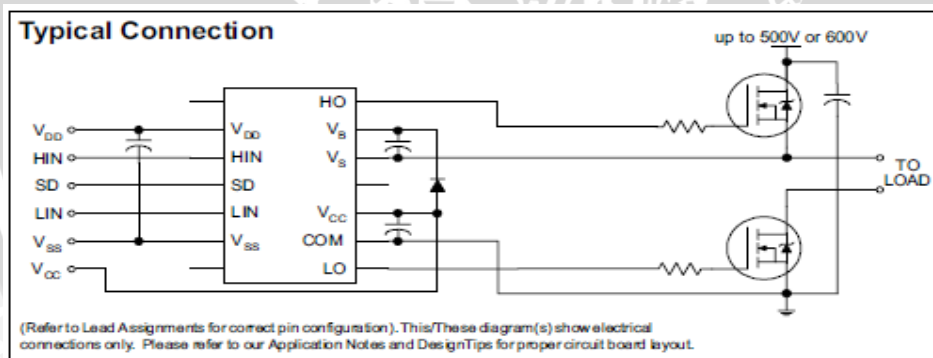
- $I_o = 40 \text{ mA}$
- $V_{OL} = 0,7 \text{ V}$ ketika $I_{OL} = 20 \text{ mA}$, $V_{cc} = 5 \text{ V}$.
- $V_{OL} = 0,5 \text{ V}$ ketika $I_{OL} = 10 \text{ mA}$, $V_{cc} = 3 \text{ V}$.
- $V_{OH} = 4 \text{ V}$ ketika $I_{OH} = - 20 \text{ mA}$, $V_{cc} = 5 \text{ V}$.
- $V_{OH} = 2.2 \text{ V}$ ketika $I_{OH} = -10 \text{ mA}$, $V_{cc} = 3 \text{ V}$.

Driver IR2110 akan aktif saat HIN dan LIN memiliki tegangan minimal sama dengan tegangan VSS dan maksimal sama dengan VDD. VDD memiliki tegangan minimal sebesar $V_{SS}+3$ dan tegangan maksimal $V_{SS}+20$. VSS memiliki tegangan minimal sebesar -5 V dan tegangan maksimal sebesar 5 V , sehingga spesifikasi untuk driver IR2110 adalah :

- V_{DD} tegangan minimal $(-0,3) \text{ V}$ dan tegangan maksimal $(V_{SS}+25) \text{ V}$

- V_{SS} tegangan minimal ($V_{CC}-25$) V dan tegangan maksimal ($V_{CC}+0,3$) V
- V_{CC} tegangan minimal (-0,3) V dan tegangan maksimal (25) V
- H_{IN} dan L_{IN} memiliki tegangan minimal ($V_{SS}-0,3$) V dan tegangan maksimal ($V_{DD} + 0,3$)
- I_{IN}^+ (logika “1”) typical = 20 uA dan maksimal = 40 uA.
- I_{IN}^- (logika “0”) maksimal = 1 uA.
- I_{O}^+ minimal = 2 uA dan typical = 2.5 uA.
- I_{O}^- minimal = 2 uA dan typical = 2.5 uA.
- V_{HO} minimal = $V_S - 0,3$ dan maksimal = $V_{CC} + 0,3$
- V_{LO} minimal = - 0,3 V dan maksimal = $V_{CC} + 0,3$

IR2110 membutuhkan arus sebesar 20 uA sedangkan arus yang didapatkan dari mikrokontroler sebesar 40 mA, sehingga kebutuhan arus terpenuhi. Tegangan V_{CC} yang digunakan pada perancangan ini adalah 15 V dan $V_S = GND = 0$ V. Sehingga V_{HO} minimal = $V_S - 0,3 = 0 - 0,3 = -0,3$ V dan maksimal = $V_{CC} + 0,3 = 15 + 0,3 = 15,3$ V. V_{LO} minimal = - 0,3 V dan maksimal = $V_{CC} + 0,3 = 15 + 0,3 = 15,3$ V.



Gambar 3. 3 Konfigurasi Pin IR2110

Tabel 3. 1 konfigurasi pin IR2110

NO.	NAMA PIN	FUNGSI
1.	V_{DD}	Logic Supply
2.	HIN	Logic input untuk high side gate driver (HO)
3.	SD	Logic input untuk menon-aktifkan driver
4.	LIN	Logic input untuk low side gate driver output (LO)
5.	V_{SS}	Ground
6.	V_{CC}	Low side supply
7.	HO	High side gate driver output
8.	V_B	High side floating supply
9.	V_S	Ground
10.	COM	Low side return
11.	LO	Low side gate driver output

3.6 Perancangan Rangkaian *H-Bridge*

H-Bridge adalah rangkaian yang berupa 4 buah mosfet yang konfigurasi atau susunannya membentuk huruf H dan berfungsi untuk *switching* atau saklar *H-Bridge* mendapatkan input dari driver IR2110 berupa :

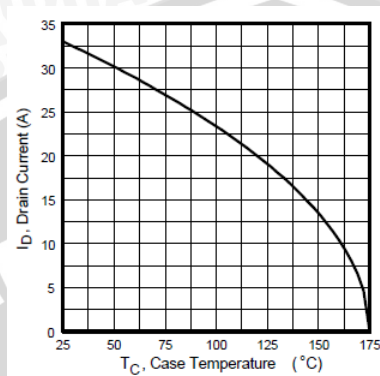
- I_O^+ minimal = 2 uA dan typical = 2.5 uA.
- I_O^- minimal = 2 uA dan typical = 2.5 uA.
- V_{HO} minimal = $V_S - 0,3$ dan maksimal = $V_{CC} + 0,3$
- V_{LO} minimal = - 0,3 V dan maksimal = $V_{CC} + 0,3$

Mosfet yang digunakan adalah IRF540 yang mempunyai spesifikasi :

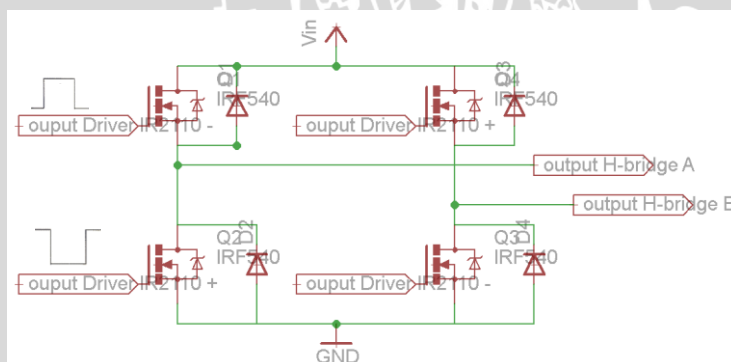
- a) $V_{DSS} = 100 \text{ V}$
- b) $I_D = 23 \text{ A}$ saat $T_c = 100^\circ \text{ C}$
- c) $I_D = 33 \text{ A}$ saat $T_c = 25^\circ \text{ C}$
- d) $V_{GS(TO)} = 3 \text{ V}$

Berdasarkan spesifikasi mosfet diketahui bahwa tegangan yang dibutuhkan gate untuk aktif sebesar 3 V ($V_{GS(TO)}$), saya memberikan V_{GS} sebesar

12 V dari IR2110 untuk memenuhi kebutuhan tegangan tersebut. Pada kondisi ideal I_D pada Mosfet sebesar 33 A saat suhu 25°C , namun saat Mosfet digunakan Mosfet tidak dapat selalu berada pada kondisi ideal karena semakin lama Mosfet digunakan maka suhu pada Mosfet semakin tinggi dan I_D yang mengalir mengalami penurunan menjadi 23 A saat suhu mencapai 100°C . Grafik I_D terhadap perubahan Temperatur ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Grafik I_D terhadap perubahan Temperatur



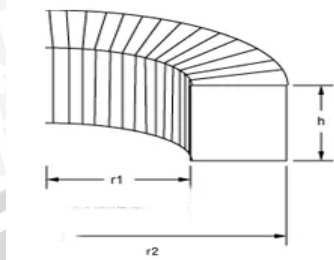
Gambar 3. 5 Skematik rangkaian *H-Bridge*

Pada Gambar 3.4 dapat diketahui bahwa prinsip kerja *H-Bridge* adalah Mosfet aktif ketika diberi logika high kemudian arus akan mengalir sesuai pada Gambar 3.4 dimana arus akan melewati dua buah Mosfet dalam satu siklus.

3.7 Perancangan Transformator

Transformator digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan. Pada skripsi ini transformator yang digunakan adalah transformator yang dililit sendiri dengan spesifikasi :

1. Transformator jenis Toroid / Donat dari ferit
2. Diameter dalam 2 cm
3. Diameter luar 3 cm
4. Tinggi 1 cm



Gambar 3. 6 Gambar transformator jenis toroid

Jumlah lilitan yang digunakan pada transformator ini dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$GVP = 50/A \quad (3-1)$$

Transformator jenis Toroid memiliki luas penampang sebesar :

$$A = (r_2 - r_1) * h \quad (3-2)$$

Keterangan :

GVP = Gulungan per Volt

A = Luas Penampang (cm²)

r₁ = Jari-jari dalam ($\frac{1}{2}$ diameter dalam) (cm)

r₂ = Jari-jari luar ($\frac{1}{2}$ diameter luar) (cm)

h = Tinggi (cm)

Sehingga untuk perhitungan lilitan pada skripsi ini adalah :

$$A = (r_2 - r_1) * h$$

$$A = (1,5 - 1) * 1$$

$$A = 0,5 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$GVP = 50/0,5$$

$$GVP = 100 \text{ gulungan per volt}$$

Untuk mengetahui jumlah lilitan yang dibutuhkan untuk lilitan primer dan lilitan sekunder maka perlu untuk mengetahui tegangan input dan tegangan

output pada transformator. Pada rangkaian ini untuk tegangan input sebesar 12 V dan tegangan output sebesar 24 V, maka lilitan primer dibutuhkan sebesar :

$$N_{primer} = GVP * 12 V$$

$$= 100 * 12 V$$

$$= 120 \text{ lilitan}$$

$$N_{sekunder} = GVP * 24 V$$

$$= 100 * 24 V$$

$$= 240 \text{ lilitan}$$

Pada pengujian perancangan transformator didapatkan transformator dengan perbandingan $N_1 : N_2 = 120 : 240 = 1:2$

3.8 Perancangan Penyearah Gelombang Penuh (*Rectifier*)

Rectifier dapat dibuat dengan 2 macam cara yaitu menggunakan 2 diode atau 4 diode. *Rectifier* dengan 2 diode digunakan untuk transformator dengan CT (*Center Tap*), sedangkan *Rectifier* dengan 4 diode digunakan untuk transformator non-CT. *Rectifier* yang digunakan pada perancangan ini adalah *Rectifier* dengan 4 dioda. Dioda yang digunakan adalah 1N4002 dengan spesifikasi :

- VRMS maksimum 70 V
- VDC maksimum 100 V
- I(AV) maksimum 1 A

Rectifier mendapatkan input dari transformator berupa tegangan AC dengan sinyal sinusoida yang kemudian akan disearahkan oleh *Rectifier* sehingga menjadi tegangan DC.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

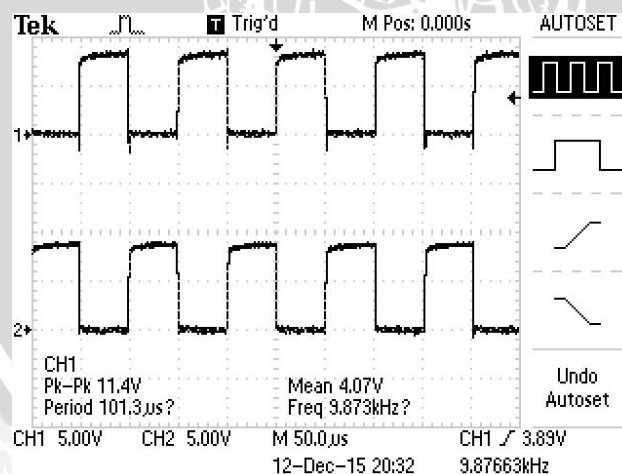
4.1 Pengujian Mikrokontroler

Pada pengujian mikrokontroler ini dilakukan menggunakan *oscilloscope* untuk melihat level tegangannya. Diagram blok pengujian ditunjukkan dalam Gambar 4.1. Berdasarkan Gambar 4.1 pengujian mikrokontroler dilakukan dengan cara memberikan PWM dengan *duty cycle* 50% dengan perhitungan rumus ditunjukkan dalam persamaan 4-1. Pembangkitan sinyal picu ini menggunakan fungsi delay dalam menghasilkan PWM dengan *duty cycle* 50%. Hasil pengujian ditunjukkan dalam Gambar 4.2. Berdasarkan Gambar 4.2 hasil pengujian mikrokontroler menghasilkan dua sinyal picu berupa sinyal kotak berbeda fasa 180° dengan level tegangan 5 V dan frekuensi 10 kHz.



Gambar 4. 1 Diagram blok pengujian Mikrokontroler.

$$Duty\ Cycle = \frac{T_{on}}{T_{on}+T_{off}} \times 100\% \quad (4-1)$$



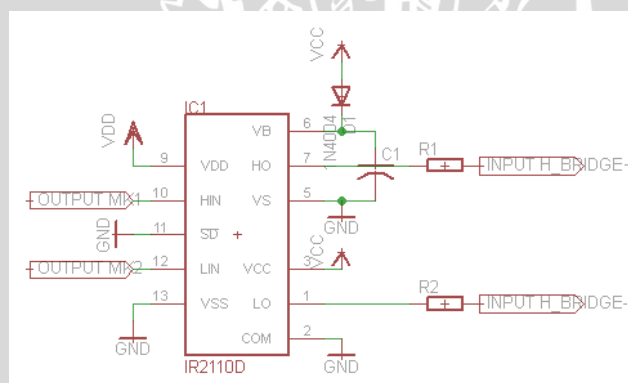
Gambar 4. 2 Hasil Pengujian Mikrokontroler.

4.2 Pengujian Driver IR2110

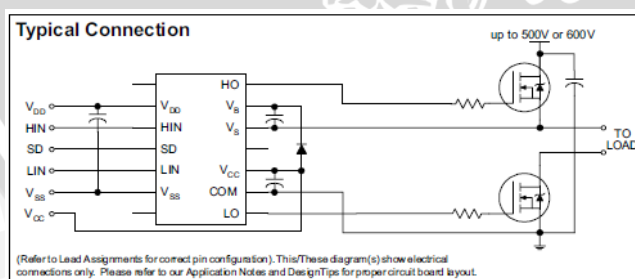
Pengujian *driver* IR2110 ini dilakukan dengan menggunakan *oscilloscope* untuk mengetahui level tegangannya. Diagram blok pengujian driver IR2110 ditunjukkan pada Gambar 4.3. *Input* untuk driver IR2110 ini berasal dari *output* mikrokontroler. Driver ini akan digunakan untuk mengontrol *gate* pada *H-bridge*. Skematik rangkaian driver IR2110 ditunjukkan dalam Gambar 4.4. Konfigurasi pin rangkaian *driver* IR2110 ditunjukkan dalam Gambar 4.5. Hasil pengujian *driver* IR2110 ditunjukkan dalam Gambar 4.6. Berdasarkan Gambar 4.6 didapatkan dua tegangan berbeda fasa dengan tegangan 12 V dengan frekuensi 10 kHz.



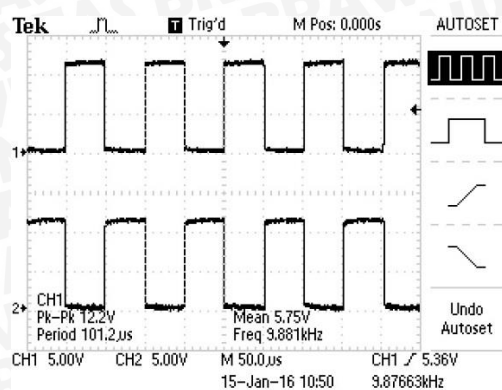
Gambar 4. 3 Diagram blok pengujian Driver IR2110.



Gambar 4. 4 Skematik driver IR2110



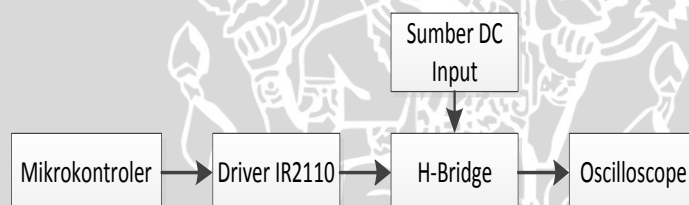
Gambar 4. 5 Konfigurasi pin IR2110



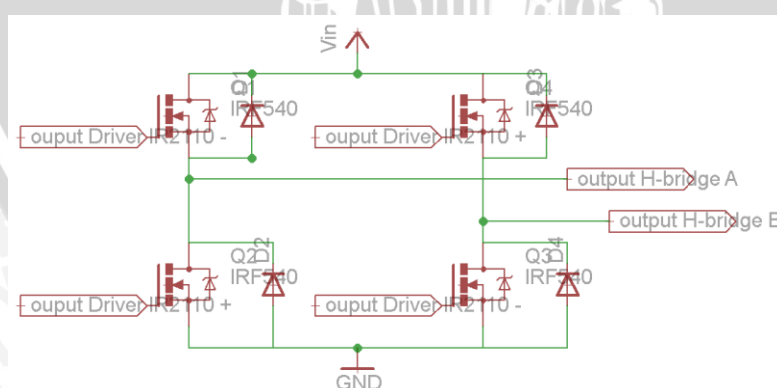
Gambar 4. 6 Hasil pengujian *driver* IR2110.

4.3 Pengujian *H-Bridge*

Pengujian *H-bridge* dilakukan dengan menggunakan *oscilloscope* untuk melihat level tegangannya. Diagram blok pengujian ini ditunjukkan dalam Gambar 4.7. Berdasarkan Gambar 4.7 pengujian dilakukan dengan cara melihat *output H-bridge* setelah *gate* pada *H-bridge* dikontrol oleh *driver* IR2110. Skematik rangkaian ditunjukkan dalam Gambar 4.8.



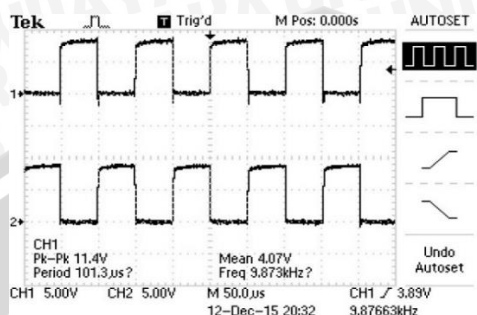
Gambar 4. 7 Diagram Blok Pengujian *H-Bridge*



Gambar 4. 8 Skematik rangkaian *H-Bridge*

4.3.1 Pengujian *H-Bridge* 12 V

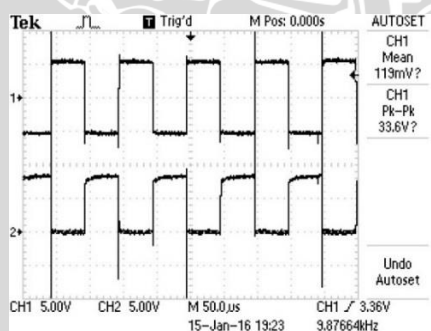
Pengujian ini dilakukan dengan cara memberi supply 12 V. Hasil pengujian ditunjukkan dalam Gambar 4.9. Berdasarkan Gambar 4.9 sinyal *switching* yang dihasilkan berbentuk sinyal kotak dan memiliki level tegangan 10 V dengan frekuensi 10 kHz.



Gambar 4. 9 Hasil pengujian *H-Bridge* dengan input 12 V

4.3.2 Pengujian *H-Bridge* 24 V

Pengujian ini dilakukan dengan cara memberi supply 24 V. Hasil pengujian ditunjukkan dalam Gambar 4.10. Berdasarkan Gambar 4.10 sinyal *switching* yang dihasilkan berbentuk sinyal kotak dan memiliki level tegangan 12 V dengan frekuensi 10 kHz.

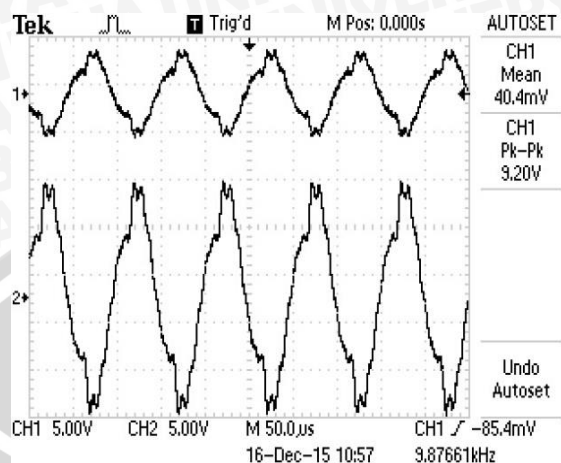


Gambar 4. 10 Hasil pengujian *H-Bridge* dengan input 24 V

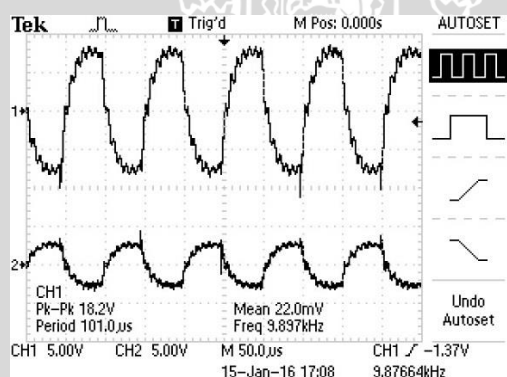
4.4 Pengujian Transformator

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik *transformator*. *Transformator* ini memiliki perbandingan $N_1 : N_2 = 1 : 2$ untuk *step-up* dan $2 : 1$ untuk *step-down*. Hasil pengujian *transformator* ditunjukkan dalam Gambar 4.11 dan Gambar 4.12. Berdasarkan Gambar 4.11 didapatkan CH1 merupakan *input*

transformator dengan level tegangan sebesar 10 V dan CH2 merupakan *output* transformator dengan level tegangan 25 V. Sedangkan pada Gambar 4.12 didapatkan CH1 *input* transformator dengan level tegangan 18 V dan CH2 *output* transformator dengan level tegangan 9 V.



Gambar 4. 11 Hasil Pengujian Transformator dengan $V_{in} = 12$ V

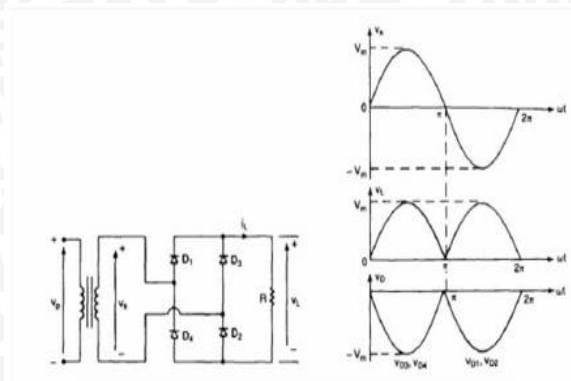


Gambar 4. 12 Hasil Pengujian Transformator dengan $V_{in} = 24$ V

4.5 Pengujian Penyearah Gelombang Penuh (Rectifier)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui level tegangan setelah *output* dari Transformator disearah kan dengan Rectifier. Rectifier ini menggunakan 4 buah dioda yang disusun sesuai Gambar 4.13. Hasil pengujian rectifier ini ditunjukkan dalam Tabel 4.1.

Berdasarkan Tabel 4.1 rangkaian telah diuji menggunakan beban resistif , induktif dan kapasitif. Tegangan *output* paling besar 26,56 V didapatkan ketika diberi beban kapasitor sebesar 10nF. Berdasarkan Tabel 4.2 tegangan *output* paling besar 8,52 V terdapat pada beban kapasitif 10nF.



Gambar 4. 13 Skematik rangkaian penyearah gelombang penuh

Tabel 4. 1 Hasil pengujian rectifier dengan beban resistif, induktif dan kapasitif.

No.	V_{in}	Beban			V_o
		R (Ω)	L(H)	C (F)	
1	12 V _{AC}	-	-	-	22,4 V _{DC}
2	12 V _{AC}	-	-	10n	26,56 V _{DC}
3	12 V _{AC}	-	140u	-	20 mV _{DC}
4	12 V _{AC}	550	-	-	5,50 V _{DC}
5	12 V _{AC}	1k	-	-	4,97 V _{DC}
6	12 V _{AC}	1k	-	10n	5,36 V _{DC}
7	12 V _{AC}	100	-	10n	0,767 V _{DC}
8	12 V _{AC}	15k	-	10n	15,27 V _{DC}
9	12 V _{AC}	47k	-	10n	20,74 V _{DC}

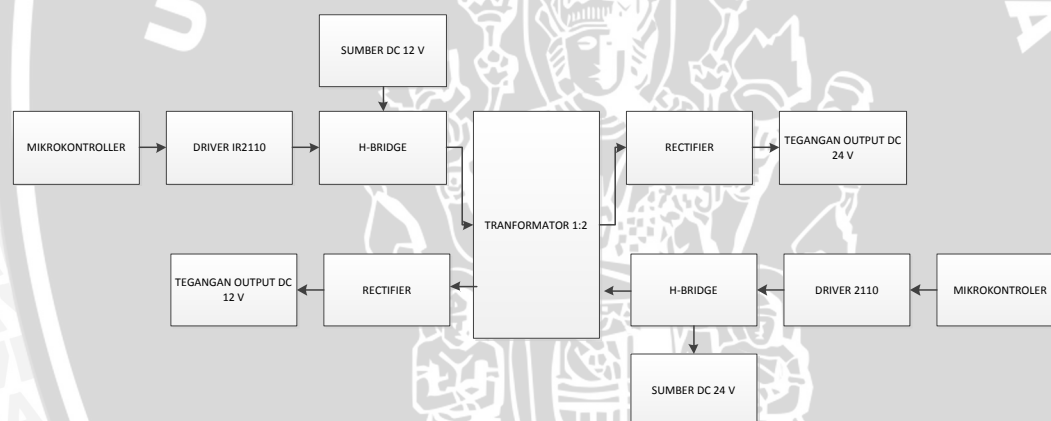
Tabel 4. 2 Hasil pengujian rectifier dengan beban resistif, induktif dan kapasitif.

No	V_{in}	Beban			V_o (V)
		R	L(H)	C(F)	
1	24 V	-	-	-	8,15
2	24 V	-	-	10n	8,52
3	24 V	-	140 u	-	0,51
4	24 V	550	-	-	3,88
5	24 V	1k	-	-	5,33
6	24 V	1k	-	10n	5,42
7	24 V	100	-	10n	4,03
8	24 V	15 k	-	10n	6,8
9	24 V	47k	-	10n	7,43
10	24 V	-	-	470u	7,46

4.6 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik arus dan tegangan pada rangkaian DC Converter. Pengujian dilakukan dengan cara menggabungkan seluruh blok diagram yang ditunjukkan dalam Gambar 4.14 dan memberi beban resistif pada rangkaian DC Converter. Data tegangan *output* terhadap tegangan *input* tanpa beban yang didapatkan dari hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel 4.3. dan Tabel 4.4.

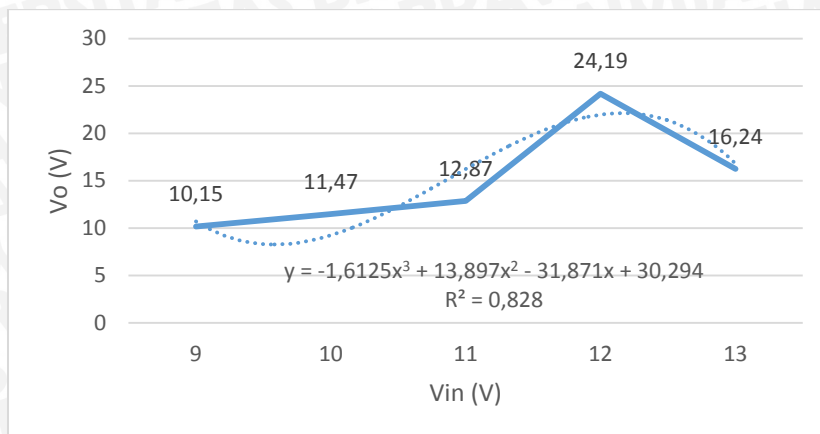
Berdasarkan Tabel 4.3 tegangan *output* sebesar 24,19 V didapatkan ketika tegangan *input* 12 V dengan frekuensi 10 kHz. Sedangkan berdasarkan Tabel 4.4 tegangan *output* terbesar adalah 11,39 V didapatkan ketika tegangan *input* 24 V dengan frekuensi 10 kHz. Berdasarkan Tabel 4.3 didapatkan pula grafik yang ditunjukkan dalam Gambar 4.15, sedangkan berdasarkan Tabel 4.4 didapatkan grafik pada Gambar 4.16.



Gambar 4. 14 Blok diagram keseluruhan sistem

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian tegangan *input* terhadap tegangan *output*

No.	f (kHz)	V_{in}	V_o (V)
1	10	9	10,15
2	10	10	11,47
3	10	11	12,87
4	10	12	24,19
5	10	13	16,24

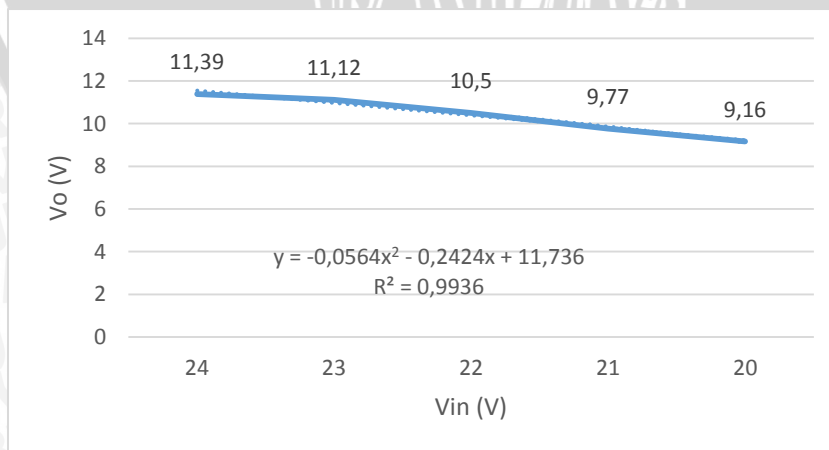


Gambar 4. 15 Grafik Vin 12 V terhadap Vout

Berdasarkan Gambar 4.15 didapatkan tegangan *output* sebesar 10,15 V pada Vin 9 V dan mengalami kenaikan hingga didapatkan tegangan tertinggi sebesar 24,19 V pada Vin 12 V, dan akan mengalami penurunan tegangan pada Vin 13 V sehingga didapatkan Vout sebesar 16,24 V

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian tegangan *input* terhadap tegangan *output*

No.	f (kHz)	V_{in}	V_o (V)
1	10	24	11.39
2	10	23	11.12
3	10	22	10.5
4	10	21	9.77
5	10	20	9.16



Gambar 4. 16 Grafik Vin 24 V terhadap Vout

Berdasarkan Gambar 4.16 didapatkan tegangan *output* sebesar 9,16 V pada V_{in} 20 V dan mengalami kenaikan hingga didapatkan tegangan tertinggi sebesar 11,39 V pada saat V_{in} sebesar 24 V.

Untuk menentukan nilai resistor yang akan digunakan pada pengujian seluruh sistem maka, dilakukan pengujian dengan menggunakan berbagai nilai resistor. Resistor yang digunakan antara lain : 1 Ohm, 100 Ohm, 550 Ohm, 1 kOhm, dan 10 kOhm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada resistor 550 Ohm dan 1 kOhm memiliki daya *output* dan efisiensi yang cukup baik untuk digunakan pada konverter ini.

Berdasarkan pengujian keseluruhan sistem didapatkan juga data arus *input* dan arus *output* dengan beban berupa resistor sebesar 550 Ohm yang ditunjukkan pada Tabel 4.5 dan didapatkan juga data arus *input* dan arus *output* dengan beban berupa resistor sebesar 1 kOhm yang ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Berdasarkan data V_{in} , I_{in} , V_{out} dan I_{out} didapatkan daya *input* dan daya *output* yang ditunjukkan dalam Tabel 4.5 dan Tabel 4.6.

Daya *input* dan daya *ouput* menghasilkan efisiensi dengan persamaan :

$$\eta = \frac{P_o}{P_{in}} * 100\% \quad (4-2)$$

Dengan keterangan :

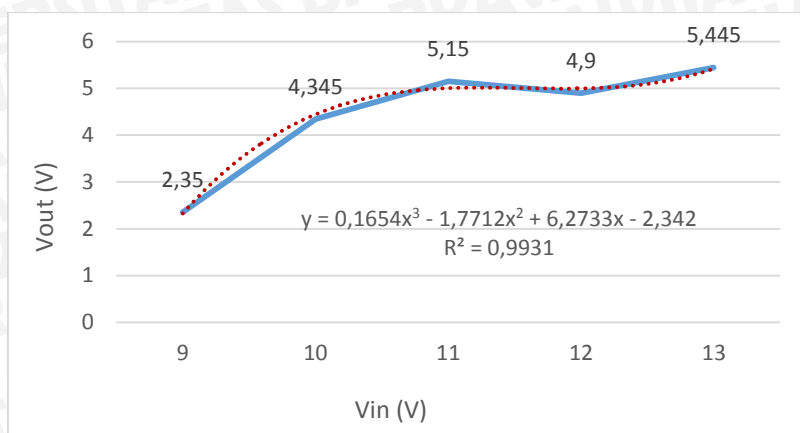
η = efisiensi

P_o = Daya *output*

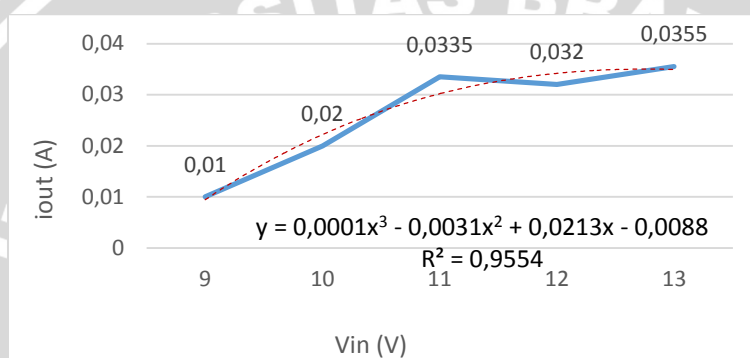
P_{in} = Daya *input*

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian tegangan input terhadap arus *output* dan tegangan *output* dengan beban $R = 550$ Ohm.

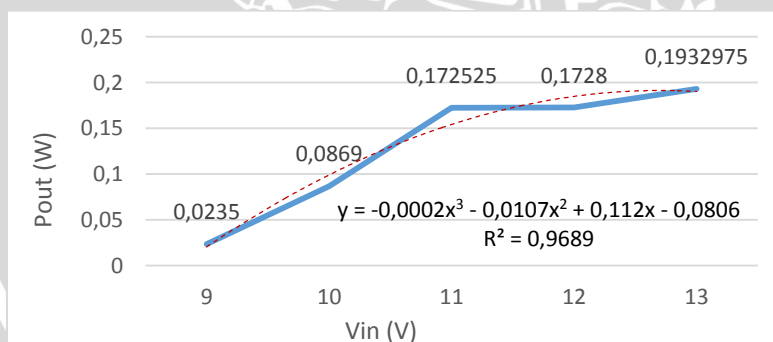
V_{in}	$I_{in} 1$	$I_{in} 2$	I_{in}	P_{in}	$V_o 1$	$V_o 2$	V_o	$I_o 1$	$I_o 2$	I_o	P_o	E
9	0,003	0,003	0,003	0,027	2,5	2,2	2,35	0,01	0,01	0,01	0,0235	87%
10	0,012	0,012	0,012	0,12	4,35	4,34	4,345	0,02	0,02	0,02	0,0869	72%
11	0,024	0,023	0,0235	0,2585	5,15	5,15	5,15	0,033	0,034	0,0335	0,172525	67%
12	0,035	0,037	0,036	0,432	4,94	4,86	4,9	0,032	0,032	0,032	0,1568	36%
13	0,041	0,04	0,0405	0,5265	5,56	5,33	5,445	0,036	0,035	0,0355	0,1932975	37%



Gambar 4. 17 Grafik Vin terhadap Vout dengan beban R = 550 Ohm



Gambar 4. 18 Grafik Vin terhadap Iout dengan beban R = 550 Ohm



Gambar 4. 19 Grafik Vin terhadap Pout dengan beban R = 550 Ohm

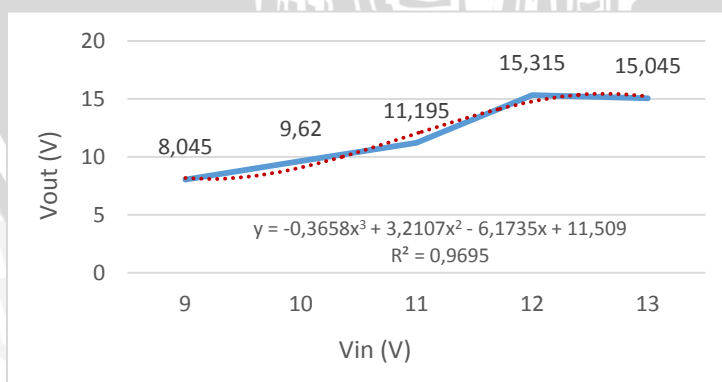
Berdasarkan Tabel 4.5 didapatkan arus *output* sebesar 36 mA dan tegangan *output* sebesar 4,9 V pada tegangan *input* 12 V dengan beban resistor 550 Ohm. Daya *input* yang didapatkan berdasarkan Tabel 4.5 sebesar 0,432 W dan Daya *output* yang didapatkan sebesar 0,1568 W dan menghasilkan efisiensi sebesar 36%.

Berdasarkan Gambar 4.17 didapatkan tegangan sebesar 2,35 V pada Vin sebesar 9 V dengan beban resistor 550 Ohm, dan mengalami kenaikan tegangan sebesar 5,15 V pada Vin 11 V. Pada Vin 12 V tegangan mengalami penurunan sebesar 4,9 V dan saat Vin 13 V tegangan mengalami kenaikan sebesar 5,445 V. Hal yang sama terjadi Gambar 4.18 pada grafik arus *output* didapatkan arus sebesar 0,01 A pada Vin 9 V dan mengalami kenaikan arus hingga Vin mencapai 11 V dengan arus *output* sebesar 0,0335 A. Kemudian mengalami penurunan arus sebesar 0,0015 A, pada Vin 12 V arus *output* menjadi 0,032 A. Arus *output* mengalami kenaikan pada Vin 13 V sebesar 0,0035 A sehingga arus *output* pada Vin 13 V menjadi 0,0355 A.

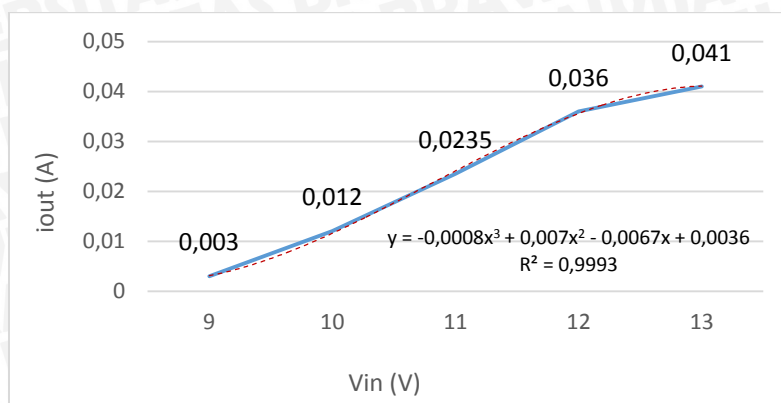
Berdasarkan Gambar 4.19 daya *output* yang didapatkan 0,0235 W pada Vin 9 V dan mengalami kenaikan hingga Vin 11 V didapatkan daya *output* sebesar 0,172525 W. Kemudian daya *output* mengalami penurunan pada Vin 12 V daya *output* menjadi 0,1728 W. Daya mengalami kenaikan pada Vin 13 V dengan Daya *output* sebesar 0,1932975 W.

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian tegangan input terhadap arus *output* dan tegangan *output* dengan beban $R = 1 \text{ k}\Omega$.

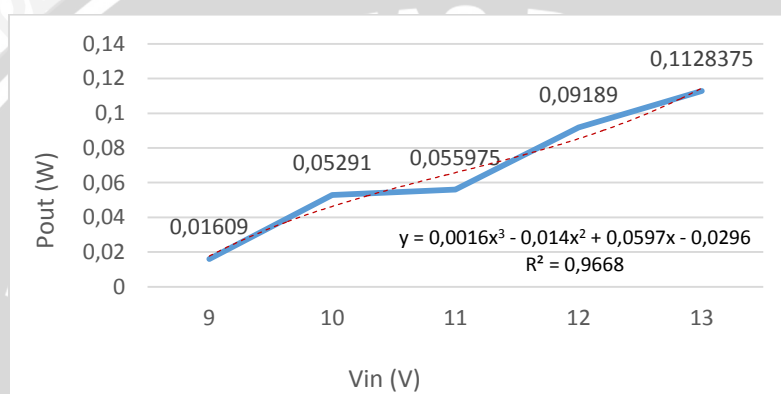
Vin	lin 1	lin 2	I in	Pin	Vo 1	Vo 2	Vo	Io 1	Io 2	Io	Po	E
9	0,003	0,003	0,003	0,027	8	8,09	8,045	0,002	0,002	0,002	0,01609	60%
10	0,012	0,012	0,012	0,12	9,79	9,45	9,62	0,0055	0,0055	0,0055	0,05291	44%
11	0,024	0,023	0,0235	0,2585	11,19	11,2	11,195	0,005	0,005	0,005	0,055975	22%
12	0,035	0,037	0,036	0,432	16,53	14,1	15,315	0,006	0,006	0,006	0,09189	21%
13	0,041	0,041	0,041	0,533	17,5	12,59	15,045	0,009	0,006	0,0075	0,112838	21%



Gambar 4. 20 Grafik Vin terhadap Vout dengan beban $R = 1 \text{ k}\Omega$



Gambar 4. 21 Grafik Vin terhadap Iout dengan beban R = 1kOhm



Gambar 4. 22 Grafik Vin terhadap Pout dengan beban R = 1kOhm

Pada Tabel 4.6 didapatkan arus *output* sebesar 0,036 A dan tegangan *output* sebesar 15,315 V pada tegangan input 12 V dengan beban resistor 1 kOhm. Daya input yang didapatkan sebesar 0,432 W dan Daya *output* yang didapatkan sebesar 0,09189 W dan menghasilkan efisiensi sebesar 21 %.

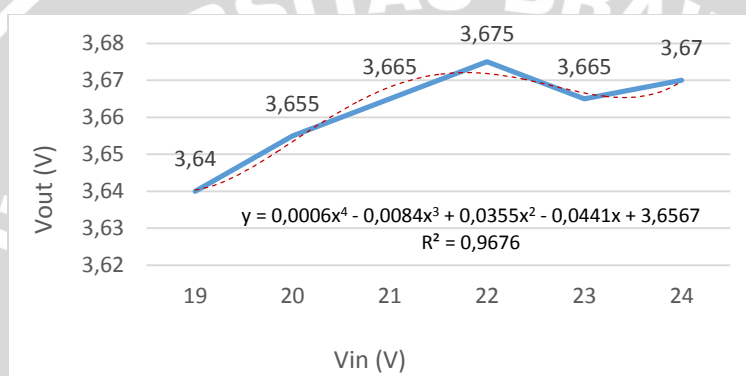
Berdasarkan Gambar 4.20 dapat diketahui ketika Vin 9 V didapatkan Vout 8,045 V dan mengalami kenaikan tegangan hingga Vin 12 V dengan Vout 15,315 V. Kemudian pada Vin 13 V mengalami penurunan tegangan menjadi 15,045 V. Berbeda dengan Gambar 4.21 pada Vin 9 V didapatkan arus sebesar 0,003 A dan mengalami kenaikan arus hingga Vin 13 V dengan arus sebesar 0,041 A. Pada Gambar 4.22 grafik mengalami kenaikan mulai dari Vin 9 V dengan Pout 0,01609 W hingga Vin 13 V dengan Pout 0,1128375 W.

Pengujian keseluruhan sistem juga dilakukan pada tegangan input 24 V yang menghasilkan arus dan tegangan dengan beban resistor 550 Ohm yang

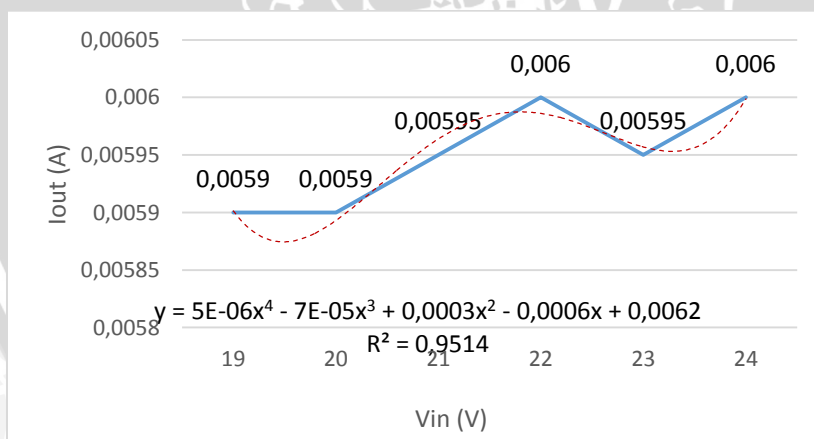
ditunjukkan pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 yang menunjukkan hasil pengujian arus dan tegangan dengan beban resistor 1 kOhm.

Tabel 4. 7 Hasil Pengujian tegangan input terhadap arus *output* dan tegangan *output* dengan beban R = 550 Ohm.

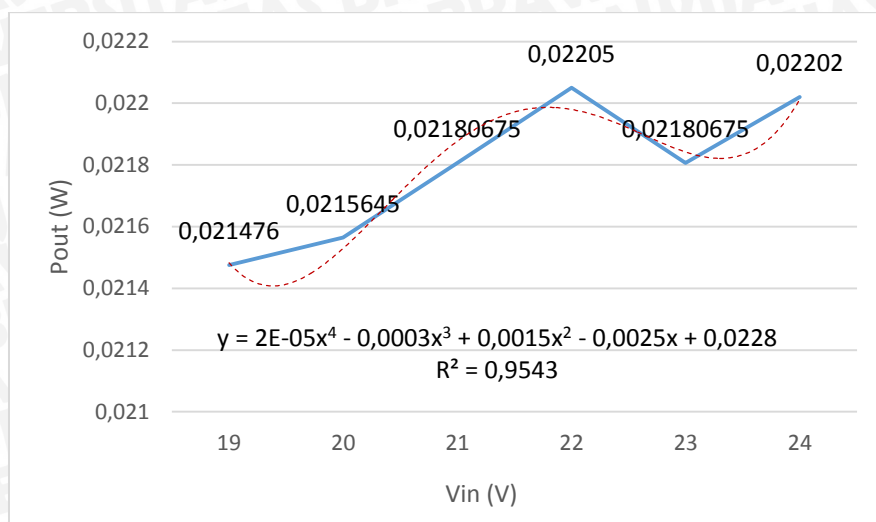
Vin	lin 1	lin 2	I	PIN	Vo1	Vo2	V	Io 1	Io 2	I	PO	e
19	0,0016	0,0016	0,0016	0,0304	3,64	3,64	3,64	0,0059	0,0059	0,006	0,021476	71%
20	0,0016	0,0016	0,0016	0,032	3,66	3,65	3,655	0,0059	0,0059	0,006	0,0215645	67%
21	0,0016	0,0016	0,0016	0,0336	3,67	3,66	3,665	0,006	0,0059	0,006	0,0218068	65%
22	0,0016	0,0016	0,0016	0,0352	3,67	3,68	3,675	0,006	0,006	0,006	0,02205	63%
23	0,0017	0,0016	0,0017	0,03795	3,66	3,67	3,665	0,0059	0,006	0,006	0,0218068	57%
24	0,002	0,0017	0,0019	0,0444	3,67	3,67	3,67	0,006	0,006	0,006	0,02202	50%



Gambar 4. 23 Grafik Vin terhadap Vout dengan beban R = 550 Ohm



Gambar 4. 24 Grafik Vin terhadap Vout dengan beban R = 550 Ohm



Gambar 4. 25 Grafik Vin terhadap Daya *output* dengan beban $R = 550$ Ohm

Berdasarkan Tabel 4.7 didapatkan arus *output* sebesar 0,006 A dan tegangan *output* sebesar 3,67 V pada tegangan *input* 24 V dengan beban resistor 550 Ohm. Daya input yang didapatkan sebesar 0,0444 W dan Daya *output* yang didapatkan sebesar 0,02202 W dan menghasilkan efisiensi sebesar 50 % .

Berdasarkan Gambar 4.23 pada saat Vin 19 V didapatkan Vout sebesar 3,64 V dan grafik mengalami kenaikan tegangan hingga Vin 22 V dengan Vout 3,675 V. Grafik menunjukkan bahwa Vout mengalami penurunan tegangan pada Vin 23 V dengan Vout 3,665 V dan kemudian mengalami kenaikan pada Vin 24 V dengan Vout 3,67 V. Pada Gambar 4.24 grafik arus *output* menunjukkan pada saat Vin 9 V arus yang didapatkan sebesar 0,0059 A hingga Vin 20 V arus *output* tetap, namun pada Vin 21 V arus mengalami kenaikan 0,00005 A sehingga arus menjadi 0,00595 A.

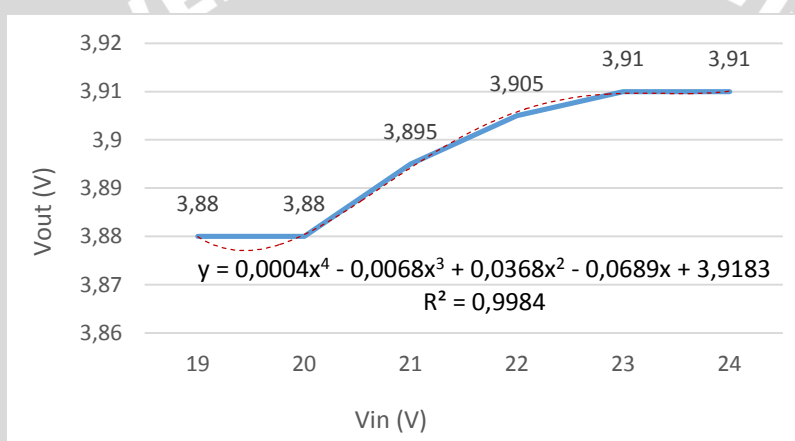
Hal yang sama terjadi juga pada saat Vin 22 V, arus mengalami kenaikan 0,00005 A sehingga arus *output* menjadi 0,006 A. Namun pada saat Vin 23 V arus mengalami penurunan sebesar 0,00005 A sehingga arus *output* menjadi 0,00595 A. Pada saat Vin 24 V arus mengalami kenaikan sebesar 0,00005 A sehingga arus *output* menjadi 0,006 A.

Berdasarkan Gambar 4.25 diketahui bahwa pada Vin 19 V didapatkan daya *output* sebesar 0,021476 W dan mengalami kenaikan hingga Vin 22 V dengan daya *output* sebesar 0,02205 W. Kemudian daya mengalami penurunan

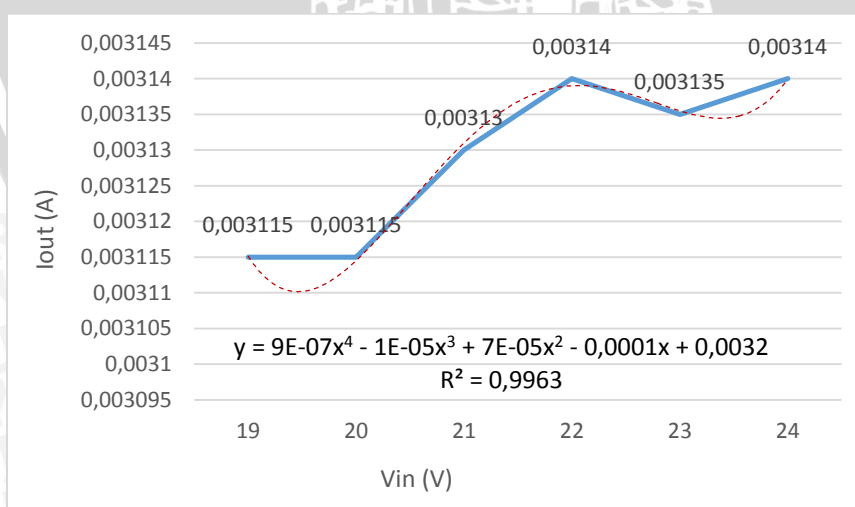
pada V_{in} 23 V daya *output* menjadi 0,02180675 W dan mengalami kenaikan kembali pada V_{in} 24 V dengan daya *output* sebesar 0,02202 W.

Tabel 4. 8 Hasil Pengujian tegangan input terhadap arus *output* dan tegangan *output* dengan beban $R = 1 \text{ k}\Omega$.

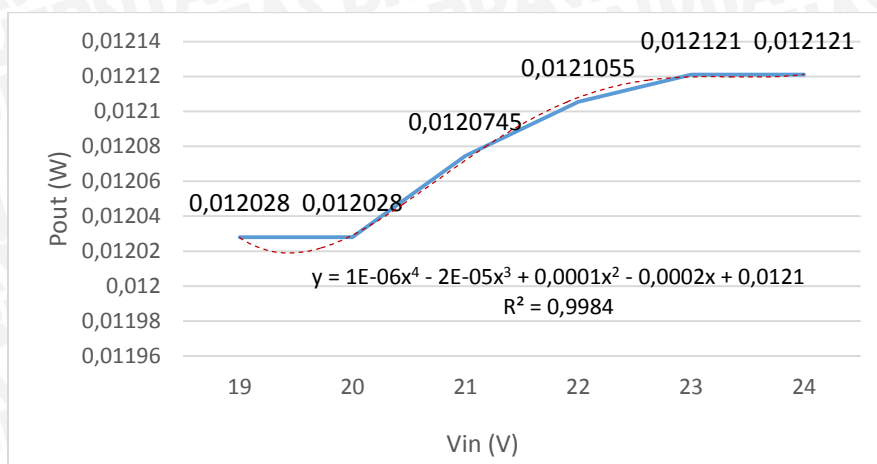
V_{in}	lin 1	lin 2	I	PIN	V_{o1}	V_{o2}	V	I_{o1}	I_{o2}	I	PO	e
19	0,0016	0,0016	0,0016	0,0304	3,88	3,88	3,88	0,00311	0,00312	0,00312	0,0120862	40%
20	0,0016	0,0016	0,0016	0,032	3,88	3,88	3,88	0,00312	0,00311	0,00312	0,0120862	38%
21	0,0016	0,0016	0,0016	0,0336	3,89	3,9	3,895	0,00312	0,00314	0,00313	0,0121914	36%
22	0,0016	0,0016	0,0016	0,0352	3,91	3,9	3,905	0,00318	0,0031	0,00314	0,0122617	35%
23	0,0017	0,0016	0,0017	0,03795	3,91	3,91	3,91	0,00312	0,00315	0,00314	0,0122579	32%
24	0,002	0,0017	0,0019	0,0444	3,91	3,91	3,91	0,00315	0,00313	0,00314	0,0122774	28%



Gambar 4. 26 Grafik V_{in} terhadap V_{out} dengan beban $R = 1 \text{ k}\Omega$



Gambar 4. 27 Grafik V_{in} terhadap I_{out} dengan beban $R = 1 \text{ k}\Omega$



Gambar 4. 28 Grafik Vin terhadap Daya *output* dengan beban $R = 1\text{k}\Omega$

Berdasarkan Table 4.8 ketika Vin 24 V didapatkan Vout sebesar 3,91 V dan Iout sebesar 0,00314 A dengan beban resistor sebesar 1 kOhm. Daya *input* yang didapatkan sebesar 0,0444 W dan daya *output* yang didapatkan sebesar 0,012121 W. Dari daya *input* dan daya *output* didapatkan efisiensi sebesar 28%

Berdasarkan Gambar 4.26 grafik Vin terhadap Vout dapat diketahui ketika Vin 19 V didapatkan Vout sebesar 3,88 V hingga mencapai Vin 20 V Vout tetap 3,88 V. Namun ketika Vin 21 V tegangan mengalami kenaikan sebesar 0,015 V sehingga Vout menjadi 3,895 V. Pada saat Vin 22 V tegangan juga mengalami kenaikan sebesar 0,01 V sehingga Vout menjadi 3,905 V. Ketika Vin 23 V tegangan mengalami kenaikan sebesar 0,005 V sehingga tegangan menjadi 3,91 V. Pada saat Vin 24 V tegangan tetap 3,91 V.

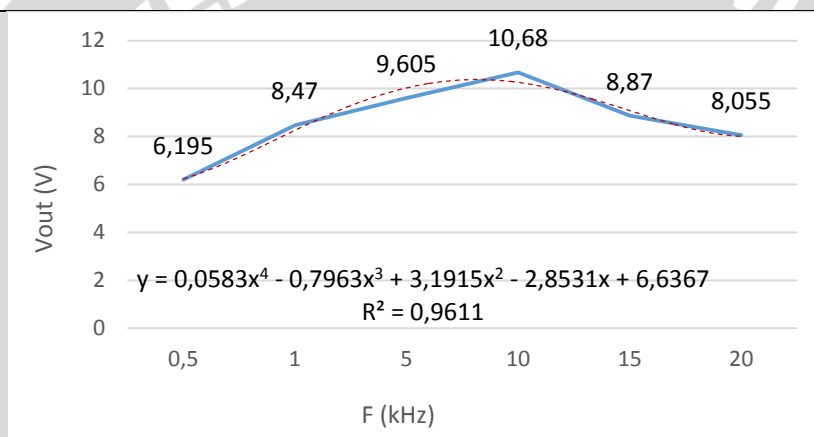
Berdasarkan Gambar 4.27 dapat diketahui ketika Vin 19 V didapatkan Iout sebesar 0,003115 A hingga Vin 20 V arus tetap. Pada Vin 21 V arus *output* mengalami kenaikan sebesar 0,028185 A sehingga didapatkan arus *output* sebesar 0,00313 A. Pada saat Vin 22 V arus mengalami kenaikan 0,00001 A sehingga arus menjadi 0,00314 A. Namun arus mengalami penurunan kembali sebesar 0,000005 A, sehingga arus menjadi 0,003135 A. Arus mengalami kenaikan saat Vin 24 V sehingga arus menjadi sebesar 0,00314 A.

Berdasarkan Gambar 4.28 ketika Vin 19 V daya yang didapat sebesar 0,012028 W dan daya *output* yang sama juga didapatkan pada Vin 20 V. Ketika Vin 21 V daya *output* mengalami kenaikan sebesar 0,0000456 W sehingga daya *output* menjadi 0,0120745 W. Daya *output* mengalami kenaikan sesuai dengan

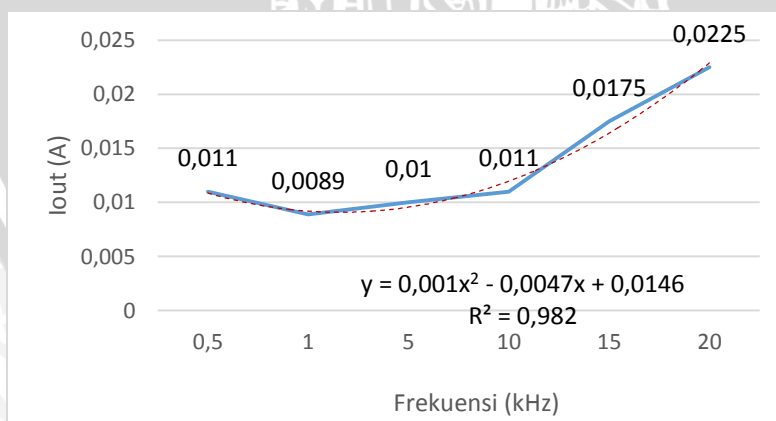
semakin tinggi nya tegangan input hingga Vin 23 V, pada saat Vin 23 V daya yang didapatkan sebesar 0,012121 W. Kemudian pada saat Vin 24 V daya *output* tidak mengalami kenaikan maupun penurunan daya, daya yang didapatkan tidak mengalami perubahan hingga ketika Vin 23 V yaitu sebesar 0,012121 W.

Tabel 4. 9 Hasil Pengujian tegangan input 12 V terhadap perubahan frekuensi dengan R = 550 Ohm.

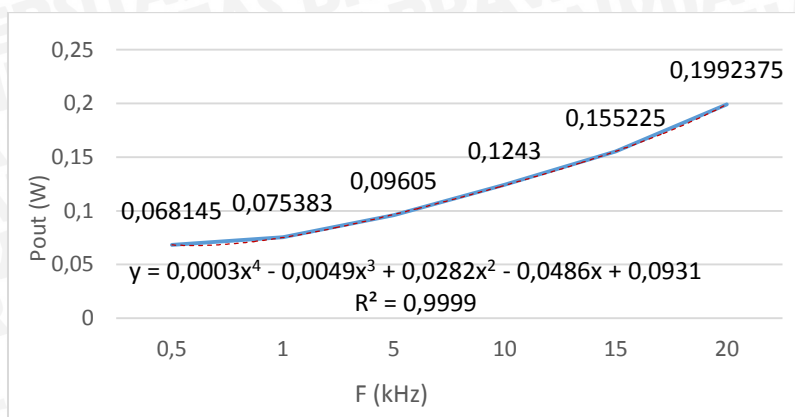
Iin (1)	Iin (2)	I	f (kHz)	Vo (1)	Vo (2)	V	Io (1)	Io (2)	I	Pin	Pout	e
0,0016	0,015	0,0083	0,5	6,19	6,2	6,195	0,012	0,01	0,011	0,0996	0,0681	68%
0,0016	0,017	0,0093	1	8,5	8,44	8,47	0,0098	0,008	0,0089	0,1116	0,0754	68%
0,0016	0,023	0,0123	5	9,39	9,82	9,605	0,01	0,01	0,01	0,1476	0,0961	65%
0,016	0,03	0,023	10	11,7	10,9	11,3	0,011	0,011	0,011	0,276	0,1243	45%
0,017	0,03	0,0235	15	8,86	8,88	8,87	0,015	0,02	0,0175	0,282	0,1552	55%
0,002	0,037	0,0195	20	8,85	8,86	8,855	0,02	0,025	0,0225	0,234	0,1992	85%



Gambar 4. 29 Grafik Vout terhadap Frekuensi dengan beban R = 550 Ohm



Gambar 4. 30 Grafik Iout terhadap Frekuensi dengan beban R = 550 Ohm



Gambar 4. 31 Grafik Pout terhadap Frekuensi dengan beban $R = 550 \text{ Ohm}$

Berdasarkan Tabel 4.9 didapatkan tegangan *output* tertinggi pada frekuensi 10 kHz sebesar 10,69 V dan arus *output* sebesar 0,011 A dengan beban resistor sebesar 550 Ohm. Daya *input* yang didapatkan sebesar 0,276 W dan daya *output* sebesar 0,1243 W sehingga menghasilkan efisiensi sebesar 45 %.

Berdasarkan Gambar 4.29 dapat diketahui ketika frekuensi 0,5 kHz menghasilkan *Voutput* sebesar 6,195 V. Kemudian tegangan mengalami kenaikan sebesar 2,275 V pada frekuensi 1 kHz sehingga *Voutput* menjadi 8,47 V. Pada frekuensi 5 kHz tegangan mengalami kenaikan sebesar 1,135 V sehingga didapatkan *Voutput* 9,605 V. Pada frekuensi 10 kHz *Voutput* mencapai 10,68 V dan merupakan *Voutput* tertinggi diantara frekuensi lain yang digunakan untuk pengujian seluruh sistem, setelah frekuensi 10 kHz *Voutput* mengalami penurunan tegangan. Pada 15 kHz *Voutput* sebesar 8,87 V dan pada frekuensi 20 kHz *Voutput* sebesar 8,055 V.

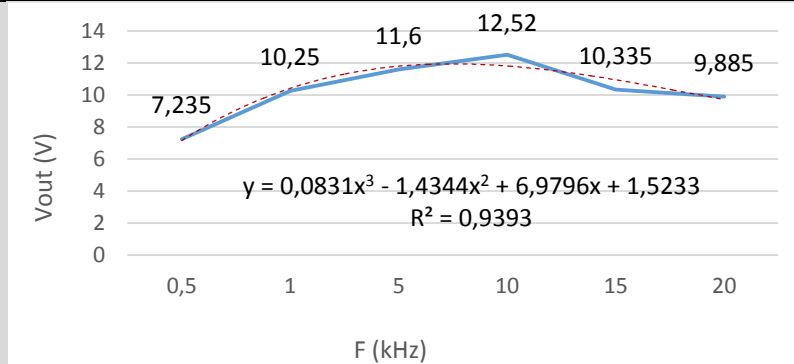
Berdasarkan Gambar 4.30 pada saat frekuensi 0,5 kHz *Ioutput* yang didapatkan sebesar 0,011 A. Arus mengalami penurunan pada frekuensi 1 kHz sebesar 0,0021 A sehingga arus pada 1 kHz menjadi sebesar 0,0089 A. Pada frekuensi 5 kHz arus mengalami peningkatan sebesar 0,0011 A sehingga arus pada frekuensi 5 kHz menjadi 0,01 A. Pada frekuensi 10 kHz didapatkan arus sebesar 0,011 A, pada frekuensi 15 kHz arus mengalami peningkatan sebesar 0,0065 A sehingga arus menjadi 0,0175 A. Pada frekuensi 20 kHz arus mengalami peningkatan sebesar 0,005 A sehingga arus menjadi 0,0225 A.

Berdasarkan Gambar 4.31 grafik Daya *output* terhadap perubahan frekuensi, pada frekuensi 0,5 kHz daya *output* yang didapatkan sebesar 0,068145

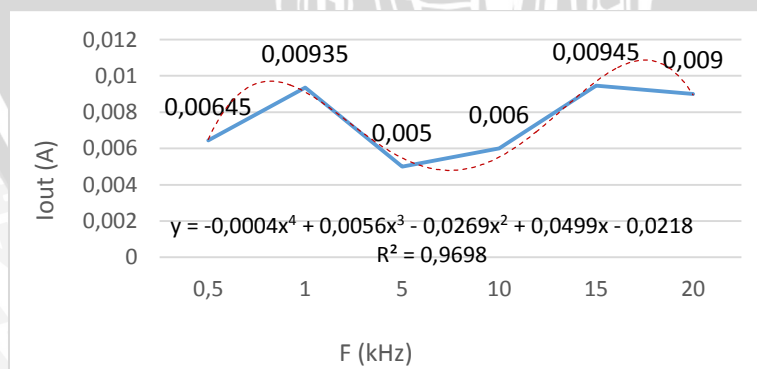
W. Daya *output* mengalami peningkatan sebesar 0,007238 W sehingga daya yang didapatkan pada frekuensi 1 kHz 0,075383 W. Pada frekuensi 5 kHz daya *output* didapatkan sebesar 0,09605 W. Daya *output* yang didapatkan pada saat frekuensi 10 kHz sebesar 0,1243 W. Pada frekuensi 15 kHz daya *output* yang didapat sebesar 0,155225 W dan pada frekuensi 20 kHz daya *output* sebesar 0,1992375 W.

Tabel 4. 10 Hasil Pengujian tegangan input 12 V terhadap perubahan frekuensi dengan $R = 1 \text{ k}\Omega$.

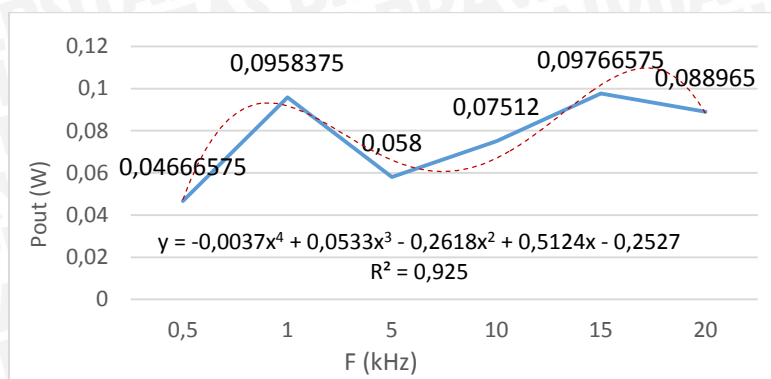
lin (1)	lin (2)	I	f (kHz)	Vo (1)	Vo (2)	V	Io (1)	Io (2)	I	Pin	Pout	e
0,0016	0,015	0,0083	0,5	7,2	7,27	7,235	0,0064	0,0065	0,00645	0,0996	0,0467	47%
0,0016	0,017	0,0093	1	10,26	10,24	10,25	0,0093	0,0094	0,00935	0,1116	0,0958	86%
0,0016	0,023	0,0123	5	11,6	11,6	11,6	0,005	0,005	0,005	0,1476	0,058	39%
0,016	0,03	0,023	10	12,53	12,51	12,52	0,006	0,006	0,006	0,276	0,0751	27%
0,017	0,03	0,0235	15	10,35	10,32	10,335	0,0095	0,0094	0,00945	0,282	0,0977	35%
0,002	0,037	0,0195	20	9,89	9,88	9,885	0,009	0,009	0,009	0,234	0,089	38%



Gambar 4. 32 Grafik Vout terhadap Frekuensi dengan beban $R = 1 \text{ k}\Omega$



Gambar 4. 33 Grafik Iout terhadap Frekuensi dengan beban $R = 1 \text{ k}\Omega$



Gambar 4. 34 Grafik Pout terhadap Frekuensi dengan beban $R = 1 \text{ k}\Omega$

Pada Tabel 4.10 tegangan *output* tertinggi didapatkan pada frekuensi 10 kHz sebesar 12,52 V dan arus *output* sebesar 0,006 A dengan beban resistor sebesar 1 k Ω . Daya *input* didapatkan sebesar 0,282 W dan daya *output* didapatkan 0,0977 W sehingga didapatkan efisiensi sebesar 27%.

Berdasarkan Gambar 4.32 grafik V_{out} terhadap perubahan frekuensi menunjukkan bahwa pada saat frekuensi 0,5 kHz didapatkan tegangan *output* sebesar 7,235 V. Tegangan mengalami kenaikan sebesar 3,015 V pada frekuensi 1 kHz sehingga tegangan menjadi 10,25 V. Tegangan *output* mengalami kenaikan sebesar 1,35 V pada frekuensi 5 kHz sehingga tegangan *output* menjadi 11,6 V. Tegangan *output* mengalami kenaikan pada frekuensi 10 kHz sebesar 0,92 V sehingga tegangan *output* menjadi 12,52 V, pada frekuensi 10 kHz ini tegangan *output* yang didapatkan merupakan tegangan yang paling tinggi diantara frekuensi lainnya. Saat pengujian mencapai frekuensi 15 kHz tegangan *output* mengalami penurunan tegangan sebesar 2,185 V sehingga tegangan *output* menjadi 10,335 V. Saat frekuensi 20 kHz V_{out} mengalami penurunan sebesar 0,45 V sehingga menghasilkan V_{out} sebesar 9,885 V.

Berdasarkan Gambar 4.33 grafik I_{out} terhadap perubahan frekuensi, pada grafik arus terjadi peningkatan dan penurunan arus. Pada frekuensi 0,5 kHz arus 0,00645 A. Kemudian arus meningkat sebesar 0,0029 A sehingga arus *output* pada frekuensi 1 kHz menjadi 0,00935 A. Pada frekuensi 5 kHz terjadi penurunan arus sebesar 0,0885 A sehingga arus *output* menjadi 0,005 A. Arus pada frekuensi 10 kHz mengalami kenaikan sebesar 0,001 A, sehingga arus *output* menjadi sebesar 0,006 A. Peningkatan arus juga terjadi pada frekuensi 15 kHz sebesar 0,00345 A sehingga arus *output* pada frekuensi 15 kHz sebesar 0,00945 A. Pada

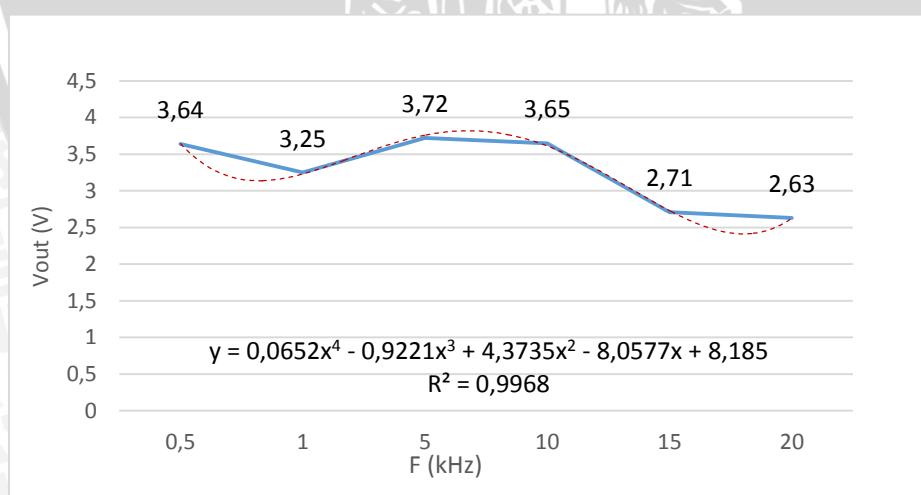
frekuensi 20 kHz arus mengalami penurunan sebesar 0,00045 A sehingga arus yang didapatkan sebesar 0,009 A.

Berdasarkan Gambar 4.34 grafik Daya *output* terhadap perubahan frekuensi, pada frekuensi 0,5 kHz daya *output* yang didapatkan sebesar 0,04666575 W. Daya *output* mengalami peningkatan sebesar 0,04917175 W sehingga daya yang didapatkan pada frekuensi 1 kHz 0,0958375 W. Pada frekuensi 5 kHz daya *output* didapatkan sebesar 0,058 W dan pada frekuensi 10 kHz daya *output* sebesar 0,0751 W. Pada frekuensi 15 kHz daya *output* yang didapat sebesar 0,0977 W dan pada frekuensi 20 kHz daya *output* sebesar 0,089 W.

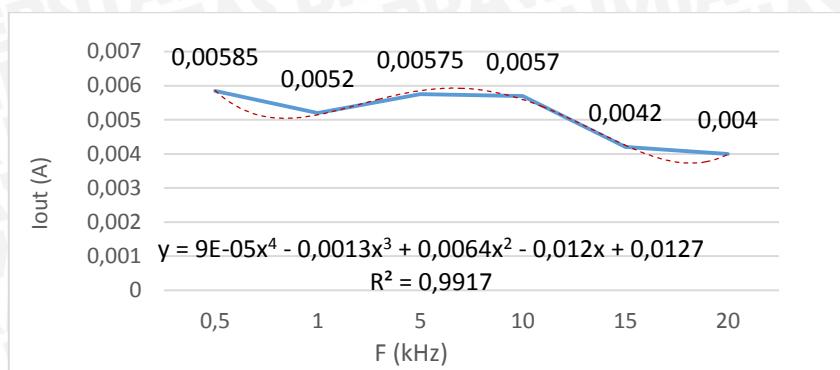
Pengujian dilakukan juga pada tegangan input 24 V dan hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.11 dengan beban resistor 550 Ohm dan Tabel 4.12 dengan beban resistor 1 kOhm.

Tabel 4. 11 Hasil Pengujian tegangan input 24 V terhadap perubahan frekuensi dengan R = 550 Ohm.

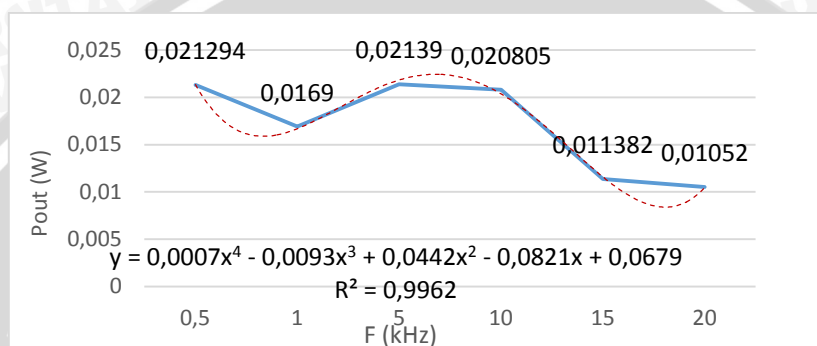
lin (1)	lin (2)	I	f (kHz)	Vo (1)	Vo (2)	V	Io (1)	Io (2)	I	Pin	Pout	e
0,0016	0,002	0,0018	0,5	3,64	3,64	3,64	0,0059	0,0058	0,00585	0,0432	0,0213	49%
0,0016	0,0021	0,0019	1	3,25	3,25	3,25	0,0052	0,0052	0,0052	0,0444	0,0169	38%
0,0016	0,003	0,0023	5	3,72	3,72	3,72	0,0058	0,0057	0,00575	0,0552	0,0214	39%
0,0015	0,0037	0,0026	10	3,65	3,65	3,65	0,0057	0,0057	0,0057	0,0624	0,0208	33%
0,0016	0,0007	0,0012	15	2,71	2,71	2,71	0,0042	0,0042	0,0042	0,0276	0,0114	41%
0,0015	0,0002	0,0009	20	2,63	2,63	2,63	0,004	0,004	0,004	0,0204	0,0105	52%



Gambar 4. 35 Grafik Vout terhadap Frekuensi dengan beban R = 550 Ohm



Gambar 4. 36 Grafik Iout terhadap Frekuensi dengan beban R = 550 Ohm



Gambar 4. 37 Grafik Pout terhadap Frekuensi dengan beban R = 550 Ohm

Pada Tabel 4.11 tegangan *output* pada frekuensi 10 KHz sebesar 3,65 V dan arus *output* sebesar 0,0057 A dengan beban resistor sebesar 550 Ohm. Daya input didapatkan sebesar 0,0624 W dan daya *output* didapatkan 0,0208 W sehingga didapatkan efisiensi sebesar 33 %.

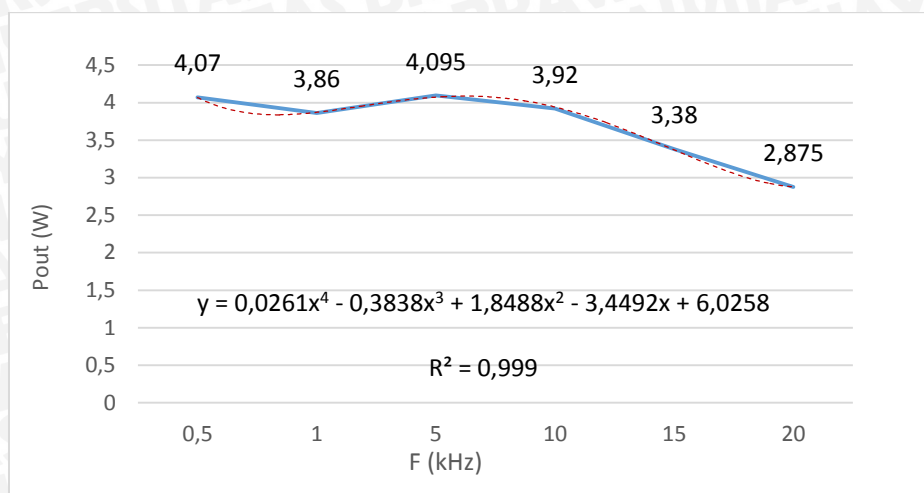
Berdasarkan Gambar 4.35 grafik *Vout* terhadap perubahan frekuensi, pada frekuensi 0,5 kHz didapatkan tegangan *output* sebesar 3,64 V. Tegangan mengalami penurunan tegangan sebesar 0,39 V pada frekuensi 1 kHz sehingga tegangan menjadi 3,25 V. Tegangan *output* mengalami kenaikan sebesar 0,47 V pada frekuensi 5 kHz sehingga tegangan *output* menjadi 3,72 V. Tegangan *output* mengalami penurunan tegangan pada frekuensi 10 kHz sebesar 0,07 V sehingga tegangan *output* menjadi 3,65 V. Saat pengujian mencapai frekuensi 15 kHz tegangan *output* mengalami penurunan tegangan sebesar 0,94 V sehingga tegangan *output* pada frekuensi 15 kHz menjadi 2,71 V. Pada saat frekuensi 20 kHz *Vout* mengalami penurunan sebesar 0,08 V sehingga menghasilkan *Vout* sebesar 2,63 V.

Berdasarkan Gambar 4.36 pada grafik arus terjadi peningkatan dan penurunan arus. Pada frekuensi 0,5 kHz arus 0,00585 A, kemudian arus mengalami penurunan sebesar 0,00065 A. Hal tersebut membuat Arus *output* pada frekuensi 1 kHz menjadi 0,0052 A. Pada frekuensi 5 kHz terjadi kenaikan arus sebesar 0,00055 A sehingga arus *output* menjadi 0,00575 A. Arus pada frekuensi 10 kHz mengalami penurunan sebesar 0,00005 A, sehingga arus *output* sebesar 0,0057 A. Pada frekuensi 15 kHz arus mengalami penurunan sebesar 0,0015 A sehingga arus *output* pada frekuensi 15 kHz sebesar 0,0042 A. Pada frekuensi 20 kHz arus mengalami penurunan sebesar 0,0002 A sehingga arus yang didapatkan sebesar 0,004 A.

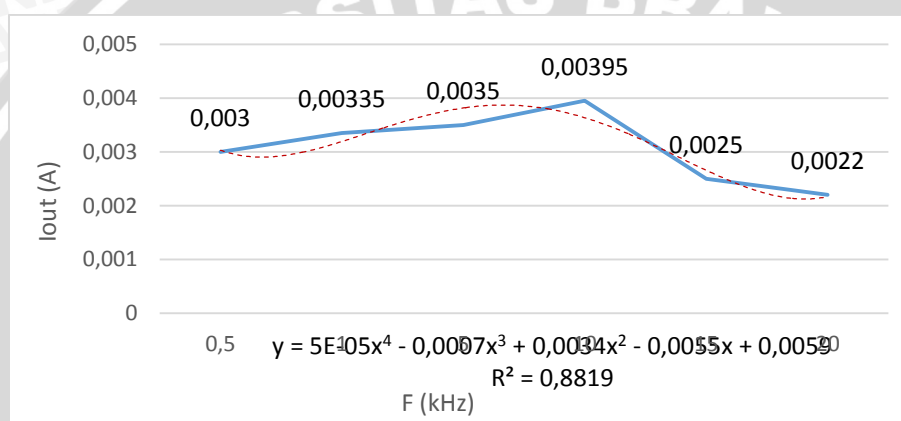
Berdasarkan Gambar 4.37 pada frekuensi 0,5 kHz daya *output* yang didapatkan sebesar 0,0213 W. Daya *output* mengalami penurunan sebesar 0,0044 W sehingga daya yang didapatkan pada frekuensi 1 kHz 0,0169 W. Pada frekuensi 5 kHz daya *output* mengalami kenaikan sebesar 0,0045 sehingga didapatkan daya *output* sebesar 0,0214 W. Pada frekuensi 10 kHz daya *output* mengalami penurunan sebesar 0,0006 W sehingga daya *output* sebesar 0,0208 W. Pada frekuensi 15 kHz dan 20 kHz daya *output* mengalami penurunan. Pada frekuensi 15 kHz didapatkan daya *output* sebesar 0,0114 W dan pada frekuensi 20 kHz daya *output* sebesar 0,0105 W.

Tabel 4. 12 Hasil Pengujian tegangan input 24 V terhadap perubahan frekuensi dengan $R = 1 \text{ k}\Omega$.

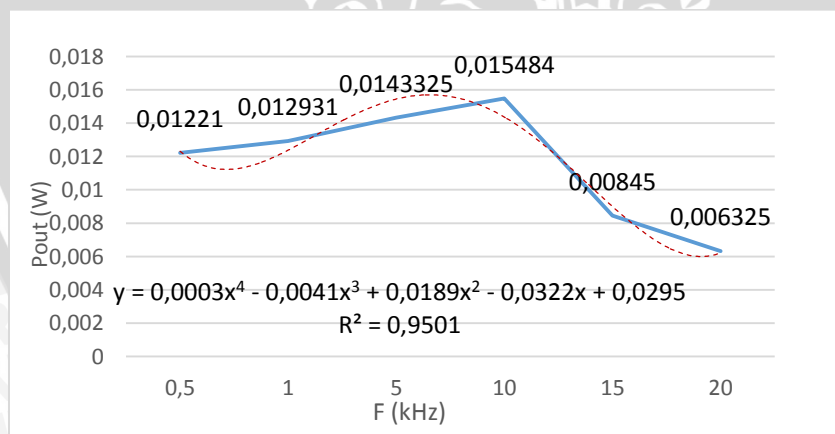
$I_{in} (1)$	$I_{in} (2)$	I	f (kHz)	V_o (1)	V_o (2)	V	$I_o (1)$	$I_o (2)$	I	P_{in}	P_o	e
0,0016	0,002	0,0018	0,5	4,08	4,06	4,07	0,003	0,003	0,003	0,0432	0,0122	28%
0,0016	0,0021	0,0019	1	3,86	3,86	3,86	0,0034	0,0033	0,00335	0,0444	0,0129	29%
0,0016	0,003	0,0023	5	4,2	3,99	4,095	0,0032	0,0038	0,0035	0,0552	0,0143	26%
0,0015	0,0037	0,0026	10	3,92	3,92	3,92	0,004	0,0039	0,00395	0,0624	0,0155	25%
0,0016	0,0007	0,0012	15	3,41	3,35	3,38	0,0026	0,0024	0,0025	0,0276	0,0085	31%
0,0015	0,0002	0,0009	20	2,89	2,86	2,875	0,0021	0,0023	0,0022	0,0204	0,0063	31%



Gambar 4. 38 Grafik Vout terhadap Frekuensi dengan beban R = 1 kOhm



Gambar 4. 39 Grafik Iout terhadap Frekuensi dengan beban R = 1 kOhm



Gambar 4. 40 Grafik Pout terhadap Frekuensi dengan beban R = 1 kOhm

Pada Tabel 4.12 tegangan *output* pada frekuensi 10 Khz sebesar 3,92 V dan arus *output* sebesar 0,004 A dengan beban resistor sebesar 1 kOhm. Daya input didapatkan sebesar 0,0624 W dan daya *output* didapatkan 0,0155 W sehingga didapatkan efisiensi sebesar 25 %.

Berdasarkan Gambar 4.38 pada frekuensi 0,5 kHz didapatkan tegangan *output* sebesar 4,07 V, tegangan mengalami penurunan sebesar 0,21 V pada frekuensi 1 kHz sehingga tegangan menjadi 3,86 V. Tegangan mengalami kenaikan sebesar 0,245 V Pada frekuensi 5 kHz sehingga tegangan *output* menjadi 4,095 V. Tegangan *output* mengalami penurunan pada frekuensi 10 kHz sebesar 0,175 V sehingga tegangan *output* menjadi 3,92 V. Saat pengujian mencapai frekuensi 15 kHz tegangan *output* mengalami penurunan sebesar 0,54 V sehingga tegangan *output* pada frekuensi 15 kHz menjadi 3,38 V. Saat frekuensi 20 kHz tegangan *output* mengalami penurunan sebesar 0,505 V sehingga menghasilkan V_{out} sebesar 2,875 V.

Berdasarkan Gambar 4.39 pada gambar grafik arus terjadi peningkatan dan penurunan arus. Pada frekuensi 0,5 kHz didapatkan arus sebesar 0,003 A, kemudian arus mengalami kenaikan sebesar 0,00035 A. Hal tersebut membuat Arus *output* pada frekuensi 1 kHz menjadi 0,00335 A. Pada frekuensi 5 kHz terjadi penurunan arus sebesar 0,00035 A sehingga arus *output* menjadi 0,003 A. Arus pada frekuensi 10 kHz mengalami kenaikan sebesar 0,00045 A, sehingga arus *output* menjadi sebesar 0,00395 A. Pada frekuensi 15 kHz arus mengalami penurunan sebesar 0,00145 A sehingga arus *output* pada frekuensi 15 kHz sebesar 0,0025 A. Pada frekuensi 20 kHz arus mengalami penurunan sebesar 0,0003 A sehingga arus yang didapatkan sebesar 0,0022 A.

Berdasarkan Gambar 4.40 pada frekuensi 0,5 kHz daya *output* yang didapatkan sebesar 0,0122 W. Daya *output* mengalami kenaikan sebesar 0,0007 W sehingga daya yang didapatkan pada frekuensi 1 kHz sebesar 0,0129 W. Pada frekuensi 5 kHz daya *output* mengalami kenaikan sebesar 0,0014 W sehingga didapatkan daya *output* sebesar 0,0143 W. Pada frekuensi 10 kHz daya *output* mengalami kenaikan sebesar 0,0012 W sehingga daya *output* sebesar 0,0155 W. Pada frekuensi 15 kHz dan 20 kHz daya *output* mengalami penurunan. Pada frekuensi 15 kHz didapatkan daya *output* sebesar 0,0085 W dan pada frekuensi 20 kHz daya *output* sebesar 0,0063 W.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian Atmega 16 didapatkan sinyal *switching* menggunakan frekuensi 10 kHz. Pada *output* ATmega16 level tegangannya 5 V, sedangkan *output H-Bridge* berlevel tegangan 10 V ketika V_{in} 12 V dan berlevel tegangan 12 V ketika V_{in} 24 V. Pada transformator menunjukkan *input transformer step up* dengan perbandingan lilitan 1 : 2 sehingga menghasilkan sinyal sinusoida berlevel tegangan dari 12 V menjadi 24 V ketika V_{in} 12 V. Dan transformator *step down* dengan perbandingan 2 : 1 sehingga menghasilkan transformator berlevel tegangan dari 24 V menjadi 12 V ketika V_{in} 24 V.

Pengujian dilakukan menggunakan beban 550 ohm dan 1 kOhm dengan frekuensi 10 kHz. Menghasilkan tegangan *output* sebesar 4,9 V dan arus 0,032 A dengan beban 550 ohm dan efisiensi sebesar 36%. Menghasilkan tegangan *output* sebesar 15,315 V_{DC} dan arus 0,006 A dengan beban 1 kOhm dan efisiensi sebesar 21 %. Namun pada seluruh pengujian hasil yang paling baik terdapat pada pengujian dengan beban 1 kOhm, karena pada beban tersebut tegangan *output* yang dihasilkan mendekati tegangan yang diinginkan.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dengan mengubah-ubah frekuensi. Pada pengujian dengan V_{in} 12 V frekuensi dengan hasil terbaik adalah 10 kHz karena menghasilkan tegangan *output* paling mendekati tegangan yang diinginkan, namun pada V_{in} 24 V frekuensi 5 kHz memiliki tegangan *output* tertinggi. Namun frekuensi yang digunakan pada pengujian adalah 10 kHz, karena pada saat 10 kHz pada pengujian didapatkan arus *output* lebih tinggi daripada saat frekuensi 5 kHz. Berdasarkan pengujian seluruh sistem diketahui juga bahwa tegangan *output* dan daya *output* mengalami kenaikan dan penurunan, namun pada tegangan input 12 V dan 24 V memiliki efisiensi paling kecil pada frekuensi 10 kHz, beban 550 Ohm dan 1 kOhm.

5.2 Saran

1. Untuk penyempurnaan alat ini dibutuhkan sensing dan mekanisme arah konversi secara otomatis.
2. Transformator yang digunakan bisa lebih baik lagi.



DAFTAR PUSTAKA

- Atmel. 2007. *ATMEGA16/ATMEGA16L, 8-bit AVR with 8 kbytes in System Programmable Flash*. San jose : Atmel Corporation.
- Cha, Honnyong., Peng, Z. Fang & Yoo, Dongwook. 2010. *Z-Source Resonant DC-DC Converter for Wide Input Voltage and Load Variation*. USA : IEEE
- Djarmiko,W.Istanto. 2010. *Elektronika Daya*. [\(diakses 29 Desember 2015\)](https://id.scribd.com/doc/287052297/7-Gambar-2-3-b-Penyearah-Gelombang-penuh-Satu-Fasa-Jembatan).
- Fahmizal. 2011. *Driver Motor DC pada Robot Beroda dengan Konfigurasi H-BRIDGE MOSFET*. <https://fahmizaleeits.wordpress.com/tag/driver-motor-dc/> (diakses 28 Januari 2017)
- Hirose, Toshiro & Hirofumi Matsuo. 2010. *A Consideration of Bidirectional Superposed Dual Active Bridge DC – DC Concerter*. Japan : IEEE
- Maulana, Eka. 2012. *Teori Dasar Mosfet*. <http://maulana.lecture.ub.ac.id>. (diakses 25 November 2015).
- Mentri ESDM. 2015. *Mentri ESDM : 5 dari 22 Sistem Listrik Nasional masih Defisit*. <http://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20150330115044-85-42906/menteri-esdm-5-dari-22-sistem-listrik-nasional-masih-defisit/>. (diakses 2 Januari 2016).
- Nugraha, Satya B. 2015. *RANCANG BANGUN MONITORING AND SWITCHING SYSTEM UNTUK MENGETAHUI ARUS DAN TEGANGAN PADA MICRO GRID*. Skripsi. Tidak dipublikasikan Malang : Universitas Brawijaya.
- U.S.Department of energy. 2007. *Smart Grid*. <http://energy.gov/oe/service/technology-development/smart-grid>, (diakses 22 Januari 2015).