

**RANCANG BANGUN INVERTER *PURESINE* DC KE AC
MENGUNAKAN *HALF-BRIDGE CLASS D* AMPLIFIER**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan Ini Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana (S1) Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas
Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang



Di susun oleh :

ATHO' URRAHMAN

NIM : 30601501702

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SUTAN AGUNG SEMARANG**

2022

***BUILD DESIGN INVERTER DC TO AC PURESINE USE
HALF-BRIDGE CLASS D AMPLIFIER***

FINAL REPORT

*This Report Is Prepared To Fulfill One Of The Requirements To Get A
Undergraduate Degree (S1) In Electrical Engineering Study Program, Faculty Of
Industrial Technology Sultan Agung Islamic University Semarang*



ARRANGED BY :

ATHO' URRAHMAN

30601501702

MAJORING OF ELECTRICAL ENGINEERING

INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY

SULTAN AGUNG ISLAMIC UNIVERSITY

SEMARANG

2022

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “RANCANG BANGUN INVERTER PURESINE DC KE AC MENGGUNAKAN HALF-BRIDGE CLASS D AMPLIFIER” ini disusun oleh:

Nama : ATHO' URRAHMAN
NIM : 30601501702
Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

Hari : Selasa
Tanggal : 30 Agustus 2022

Pembimbing I



Ir. Budi Pramono Jati, S.T., M.T.

NIDN : 0623126501

Pembimbing II



Muhammad Khosyi'in, S.T., M.T.

NIDN : 0625077901

Mengetahui,

Ka. Program Studi Teknik Elektro



Jenny Putri Hapsari, S.T., M.T.

NIDN : 0607018501

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “RANCANG BANGUN INVERTER PURESINE DC KE AC MENGGUNAKAN HALF-BRIDGE CLASS D AMPLIFIER” ini telah dipertahankan di depan Penguji sidang Tugas Akhir pada:

Hari : Kamis
Tanggal : 8 September 2022

Tim Penguji

Tanda Tangan

Agus Suprajitno, ST., MT.

NIDN : 0619076401

Ketua Penguji

Jenny Putri Hapsari, ST., MT.

NIDN : 0607018501

Penguji I

Dr. Bustanul Arifin, ST., MT.

NIDN : 0614117701

Penguji II

LEMBAR PERSETUJUAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Atho' Urrahman
NIM : 30601501702
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : RANCANG BANGUN INVERTER DC KE AC
PURESINE MENGGUNAKAN HALF-BRIDGE
CLASS D AMPLIFIER.

Dengan ini menyatakan bahwa judul Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Elektro tersebut adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan maupun sebagian, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, dan apabila dikemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir tersebut pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 08 September 2022

Yang menyatakan



Atho' Urrahman

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Atho' Urrahman

NIM : 30601501702

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan judul:
**RANCANG BANGUN INVERTER DC KE AC PURESINE
MENGUNAKAN HALF-BRIDGE CLASS D AMPLIFIER.**

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan hak bebas royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dan pangkalan data dan dipublikasikan di internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran hak cipta/plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, 8 September 2022

Yang Menyatakan



Atho' Urrahman
Atho' Urrahman

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puja dan puji syukur yang mendalam kepada Allah SWT, atas nikmat Iman, nikmat sehat, nikmat akal yang telah diberikan kepada saya, dan Sholawat serta salam kepada Baginda Rasulullah Nabi Muhammad SAW yang saya harapkan Syafa'at Beliau di Yaumul Akhir nanti.

Dengan diselesaikannya Skripsi ini, penulis mempersembahkannya kepada:

1. Kedua orang Tua saya Bapak Nur Rofiq dan Ibu Maftuchah yang tak henti-hentinya memberikan semangat dan terus mendorong agar saya menyelesaikan skripsi, juga Adik saya Irfan Zidny Ardiansyah yang selalu mendoakan, mendukung dan memberi semangat juga sehingga saya bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Budi Pramono Jati, MM., MT dan Bapak Muhammad Khosyi'in, ST, MT. selaku dosen pembimbing I dan dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan sehingga tugas akhir saya dapat terselesaikan.
3. Saudara'i Abdillah Munif, M Syafiq Ulya, S.n Azizah W.a, dan teman-teman group warga tengah yang berkenan membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Kepada teman – teman seperjuangan Teknik Elektro 2015 Kloter Terakhir yang banyak membantu, memberi semangat dan dukungan selama penulis mengerjakan Tugas Akhir ini.

HALAMAN MOTTO

“(Ingatlah) ketika pemuda-pemuda itu berlindung ke dalam gua lalu mereka berdoa, Ya Tuhan kami. Berikanlah rahmat kepada kami dari sisi-Mu dan sempurnakanlah petunjuk yang lurus bagi kami dalam urusan kami.” (QS. Al Kahfi: 10)

“Sungguh, orang-orang yang beriman dan mengerjakan kebajikan, kelak (Allah) Yang Maha Pengasih akan menanamkan rasa kasih sayang (dalam hati mereka).” (QS. Maryam: 96)



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Rasa syukur penulis kepada kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan rahmat-Nya sehingga masih berkesempatan untuk menuntut ilmu dalam keadaan sehat wal'afiat. Shalawat serta Salam tercurahkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW, semoga kelak kita mendapatkan syafaatnya. Aamiin ya Yaa Robbaalalamin.

Penyusunan Tugas Akhir ini adalah merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Fakultas Teknologi Industri di Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Dalam penulisan Tugas Akhir ini, tentunya banyak pihak yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materil. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan banyak terimakasih yang tiada hingganya kepada:

1. Ibu Dr. Novi Marlyana, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Ibu Jenny Putri Hapsari, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Ir. Budi Pramono Jati, MM., MT dan Bapak Muhammad Khosyi'in, ST, MT. selaku dosen pembimbing I dan dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan dukungan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang atas ilmu, bimbingan, dan bantuannya hingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Kepada teman – teman seperjuangan Teknik Elektro 2015 yang banyak membantu, memberi semangat dan dukungan selama penulis mengerjakan Tugas Akhir ini.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi' Wabarakatuh

DAFTAR PUSTAKA

BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	2
1.3 BATASAN MASALAH	2
1.4 TUJUAN TUGAS AKHIR.....	3
1.5 MANFAAT	3
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	5
2.1 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.2 LANDASAN TEORI.....	7
2.2.1 Inverter.....	7
2.2.2 Inverter Berdasarkan Bentuk Gelombang.....	8
2.2.3 <i>Half-Bridge</i>	9
2.2.4 <i>Pulse Width Modulation</i> (PWM).....	10
2.2.5 Amplifier class D.....	11
2.2.6 MOSFET.....	18
2.2.7 FUNCTION GENERATOR	19
2.2.8 Ic XR2206.....	21
2.2.9 TRANSFORMATOR	22
2.2.10 Metode Pengolahan Data	27
BAB III METODE PENELITIAN / PERANCANGAN.....	29
3.1 Metode Penelitian	29
3.2 Perancangan Alat	30

3.2.1 Pemilihan Trafo	31
3.2.2 Menyiapkan Half-Bridge Class D	32
3.2.3 Menyiapkan Function Generator + Level Control	33
3.2.4 Proses Perakitan	34
3.3 Diagram Blok	35
BAB IV ANALISA DATA	41
4.1 Pengujian Alat	41
4.1.1 Pengujian Menggunakan Lampu 48 V	41
4.1.2 Pengujian Menggunakan Trafo Step Up.....	43
4.2 Hasil Pengukuran Inverter.....	46
4.3 Pengukuran Tegangan Pada Frekuensi 50 Dan 60 Hz.....	47
4.3.1 Tegangan VDC pada frekuensi 50 Hz.....	47
4.3.2 Tegangan VAC pada frekuensi 50 Hz.....	50
4.3.3 Arus Pada Frekuensi 50 Hz.....	52
4.3.4 Tegangan VDC pada frekuensi 60 Hz.....	53
4.3.5 Tegangan VAC pada frekuensi 60 Hz.....	54
4.3.6 Arus pada setting frekuensi 60 Hz.....	55
4.4 Analisa Data	57
4.4.1 Analisa V_{pt} (tegangan Primer Trafo) 50 Hz dan 60 Hz	57
4.4.2 Analisa V_{st} (tegangan Sekunder Trafo) 50 dan 60 Hz	59
BAB V PENUTUP.....	61
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Konverter DC to AC	7
Gambar 2. 2	Gelombang <i>Puresine</i> , Square , Modified Square	9
Gambar 2. 3	Rangkaian Half-Bridge	9
Gambar 2. 4	Gelombang Pulsa (kotak).....	10
Gambar 2. 5	Alur Class D.....	12
Gambar 2. 6	Puncak Gelombang Sinus	13
Gambar 2. 7	Ton dan Toff Transistor	13
Gambar 2. 8	Gelombang Pada Mosfet.....	14
Gambar 2. 9	Filter High-Pass Diikuti Dengan Filter Low-Pass.....	14
Gambar 2. 10	LMC555LN.....	15
Gambar 2. 11	Comparator.....	16
Gambar 2. 12	IC IR2110.....	17
Gambar 2. 13	Dasar Sistem Penguat Kelas-D.....	17
Gambar 2. 14	Proses PWM Yang Dihasilkan Oleh Penguat Class D	17
Gambar 2. 15	Simbol Transistor MOSFET mode Depletion.....	18
Gambar 2. 16	Transistor Mode Enhancement.....	19
Gambar 2. 17	Rangkaian kit function generator	21
Gambar 2.18	Ic Xr 2206	22
Gambar 2. 19	Inductive low-pass filter.....	23
Gambar 2. 20	Respons filter low-pass induktif.....	23
Gambar 2. 21	CapACitive low-pass filter	24
Gambar 2. 22	Respons filter low-pass kapasitif.....	24
Gambar 2. 23	Kumparan Trafo step up	26
Gambar 2. 24	Kumparan Trafo Step Down	27
Gambar 3. 1	Diagram Alir Perancangan Inverter.....	31
Gambar 3. 2	Trafo Step Up 5 Ampare.....	32
Gambar 3. 3	Driver Class D	33
Gambar 3. 4	Function Generator	33
Gambar 3. 5	Rangkaian Keseluruhan Inverter	34
Gambar 3. 6	Blok Diagram Inverter	35

Gambar 3. 7 Blok Diagram Pengukuran Inverter.....	36
Gambar 3. 8 Oscilloscope	37
Gambar 3. 9 Frekuensi Counter.....	38
Gambar 3. 10 Volt Meter	39
Gambar 3. 11 Clamp Mater.....	40
Gambar 4. 1 Gelombang sinus pada osciloscop.....	42
Gambar 4. 2 Pengujian alat menggunakan Frekuensi counter	42
Gambar 4. 3 Pengujian alat menggunakan lampu 12 V.....	43
Gambar 4. 4 Pengujian inverter menggunakan beban lampu pijar 60 W	44
Gambar 4. 5 Hasil pengukuran frekuensi.....	45
Gambar 4. 6 Gelombang yang dihasilkan ketika inverter dengan beban..	45



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ic Diskripsi XR 2206	22
Tabel 3. 1 Spesifikasi Osciloscop.....	37
Tabel 3. 2 Spesifikasi Frekuensi Counter.....	38
Tabel 4. 1 Tabel Keterangan.....	46
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Keseluruhan Inverter Pada Frekuensi 50 Hz	46
Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Keseluruhan Inverter Pada Frekuensi 60 Hz	47
Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Tegangan AC Pada Frekuensi 50 Hz.....	48
Tabel 4. 5 Hasil Pengukuran Tegangan AC Pada Frekuensi 50 Hz.....	50
Tabel 4. 6 Hasil Pengukuran Arus Pada Frekuensi 50 Hz.....	52
Tabel 4. 7 Hasil Pengukuran Tegangan DC Pada Frekuensi 60 Hz.....	54
Tabel 4. 8 Hasil Pengukuran Tegangan AC Pada Frekuensi 60 Hz.....	55
Tabel 4. 9 Hasil Pengukuran Arus Pada Frekuensi 60 Hz.....	56



DAFTAR GRAFIK

- Grafik 4. 1** Tegangan Primer Trafo (VAC) dengan frekuensi 50Hz..... 57
- Grafik 4. 2** Tegangan Primer Trafo (VAC) dengan frekuensi 60Hz..... 58
- Grafik 4. 3** Tegangan Sekunder Trafo (VAC) dengan frekuensi 50Hz.... 59
- Grafik 4. 4** Tegangan Sekunder Trafo (VAC) dengan frekuensi 60Hz.... 60



ABSTRAK

Pemadaman listrik yang dilakukan oleh pihak PLN terjadi karena adanya beberapa faktor yang dapat menyebabkan aliran listrik tidak terdistribusikan dengan baik seperti biasanya, faktor penyebab dari padamnya listrik tersebut yaitu terjadi karena adanya gangguan kabel pada jaringan distribusi dan juga bisa disebabkan karena sedang dilakukannya pemeliharaan/peremajaan alat dari pihak PLN. Dalam proses tersebut kadang bisa memakan waktu yang cukup lama sehingga dapat menghambat aktifitas yang berhubungan dengan elektronik. Maka dari itu melihat kondisi tersebut tugas akhir ini ingin merancang sebuah inverter DC ke AC *puresine* menggunakan *Half-Bridge Class D Amplifier* sebagai penguat yang diharapkan dapat menghasilkan *output* gelombang yang hampir menyerupai sinusoidal yang dimiliki PLN.

Inverter merupakan sebuah rangkaian yang berfungsi sebagai sumber masukan daya listrik sementara untuk menggantikan sumber daya listrik yang biasanya dialirkan oleh PLN. Inverter bekerja mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak-balik (AC) dari sumber *input* accumulator. Sistem inverter yang di buat pada penelitian ini adalah dengan jenis gelombang *puresine* menggunakan penguat *amplifier class D Half-Bridge* yang di *input* *oscilator* dengan frekuensi yang di atur pada nilai 50 & 60 Hz agar dapat menghasilkan gelombang sinus, Trafo *non ct step up* ditambahkan agar *output* dari inverter dapat mendekati nilai *output* 220 VAC dengan *input* +-48 VDC.

Pada hasil perancangan inverter DC ke AC *puresine* menggunakan *Half-Bridge Class D Amplifier*, ketika inverter di beri *input* +-48 VDC dan di beri *input* frekuensi yang diatur pada nilai 50 & 60 Hz menggunakan *function* generator saat dilakukan pengukuran *class D* yang sudah terhubung dengan trafo *step up* menghasilkan nilai rata-rata *output* 217.80 VAC dengan akurasi sebesar 99% pada frekuensi 50 Hz, sedangkan pada frekuensi 60 Hz mendapatkan nilai rata-rata *output* sebesar 216.60 VAC dengan akurasi 98%. Dalam pengujian dilakukan 2 tahap, pada tahap pengujian yang pertama dengan memberikan beban lampu pijar 12 volt dirangkai secara seri sebanyak 4 biji. Dan pada pengujian tahap kedua yang sudah diberi trafo *step up* diberikan beban lampu pijar 60 watt

kata kunci : *Inverter Puresine, Amplifier Class D, Half-Bridge, Function Generator*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Di era ini, kebutuhan masyarakat dalam menggunakan alat elektronik semakin tinggi tak hanya sekedar untuk menemani waktu luang kini kebutuhan akan elektronik itu sendiri digunakan untuk menunjang banyak pekerjaan seperti mengerjakan tugas bagi pelajar, pekerjaan kantor yang memang harus dilanjutkan dirumah dan kebutuhan rumah tangga lainnya.

Untuk menunjang semua kegiatan yang berhubungan elektronik seperti diatas maka diperlukanya sumber daya listrik yang di sediakan dan di distribusikan oleh PLN. Namun terkadang ada waktu dimana ada pemeliharaan jaringan dari pihak PLN yang mengharuskan untuk menghentikan sementara pendistribusian aliran listrik demi keamanan dan keselamatan petugas saat pemeliharaan berlangsung. Dengan adanya pemeliharaan tersebut para pengguna seperti pekerja, pelajar dll yang menggunakan sumber daya listrik jadi terhambat karna tidak adanya daya yang dialirkan. Untuk bisa terus beraktivitas masyarakat mempunyai 2 pilihan sebagai sumber pengganti dari listrik yg disediakan oleh PLN yaitu bisa menggunakan inverter atau genset.

Inverter merupakan suatu rangkaian elektronika daya yang dapat melakukan konversi arus listrik searah (DC) ke arus listrik bolak balik (AC). Untuk mengkonversi arus tersebut tegangan dan frekuensi harus sesuai dengan perancangan rangkaiannya. Maka dari itu sumber *input* dari inverter DC to AC menggunakan Baterai, Aki, atau Sel Surya (*Solar Cell*).

Penggunaan inverter sangat dibutuhkan oleh banyak kalangan. Contohnya di perumahan ketika listrik padam. Inverter DC to AC dapat di gunakan sebagai sumber daya listrik untuk sementara waktu sehingga dapat menyelamatkan keperluan atau pekerjaan yang sedang dikerjakan dan dengan begitu semua dapat berlangsung dengan lancar tanpa terhambat dikarenakan oleh padamnya listrik. Penggunaan inverter juga lebih efisien dibandingkan dengan generator (*genset*),

dikarenakan generator (*genset*) membutuhkan bahan bakar yang relatif cukup mahal dan dalam pengoperasiannya generator (*genset*) cenderung menimbulkan suara yang cukup mengganggu karena cara kerja genset itu sendiri yang mengubah energi bahan bakar fosil menjadi mekanik, dari mekanik di konversi oleh generator sehingga menghasilkan daya listrik, di proses itulah generator menimbulkan suara yang cukup bising dan sebaliknya inverter dalam pengoperasiannya tidak mengeluarkan suara yang cukup bising sehingga nyaman untuk di gunakan. Selain itu kini kendaraan seperti mobil juga membutuhkan supply arus bolak-balik (AC) 220 volt, yang nantinya digunakan untuk mengisi ulang baterai Laptop, Hp, maupun Tablet. Dengan begitu pengendara tidak harus merasa khawatir akan kehabisan baterai saat terjebak di tengah-tengah kemacetan. Dan disini inverter mempunyai beberapa jenis, semua jenis dapat dibedakan dari bentuk *output* gelombangnya seperti sebagai berikut, Inverter Gelombang Kotak (*Square wave*), Inverter Gelombang modifikasi (*Modified Sine Wave*), Inverter Gelombang murni, (*Pure Sine Wave*). Dari semua Inverter tersebut gelombang sinus murni merupakan gelombang yang paling mendekati gelombang keluaran pada PLN.

Namun dengan tingginya harga dipasaran untuk mendapatkan sebuah inverter dengan sinus murni akhirnya banyak yang tidak memakai inverter jenis ini

Dengan berdasarkan masalah diatas tugas akhir ini akan membuat sebuah alat “Rancang Bangun Inverter DC ke AC *Puresine* Menggunakan *Half-Bridge Class D Amplifier*” bertujuan untuk merancang inverter yang menekan biaya pengeluaran tapi dengan hasil yang tidak jauh beda.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan di atas, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sebuah inverter *puresine* dengan penguat class D ?
2. Bagaimana unjuk kerja inverter *puresine* menggunakan *Half-Bridge Class D Amplifier*?

1.3 BATASAN MASALAH

Penelitian membatasi batasan masalah sebagai berikut :

1. Menggunakan inverter amplifier Class D.

2. Menggunakan sumber sinyal *oscilator* sinus dengan frekuensi 50 dan 60 Hz.
3. Menggunakan sumber *input* baterai ± 48 VDC yang akan di konversikan ke *output* sinus yang menyerupai sumber PLN yaitu 220 VAC tidak lebih.

1.4 TUJUAN TUGAS AKHIR

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Dapat merancang dan membuat inverter menggunakan amplifier class d yang *outputnya* mendekati 220 VAC seperti *output* yang diberikan PLN.
2. Dapat menganalisa dan mengetahui batas pada amplifier class d ketika diberi frekuensi

1.5 MANFAAT

Manfaat umum dari perancangan alat ini ialah agar masyarakat bisa tetap melakukan aktivitas yang berhubungan dengan elektronik ketika pemadaman dilakukan oleh pihak PLN. Sedangkan manfaat di bidang keilmuan, inverter pure sine yang menggunakan Amplifier Class D sebagai penguat ini bisa digunakan ketika mahasiswa akan membuat sebuah penelitian dan membuat suatu rancang bangun tentang energi terbarukan maka inverter ini dapat jadi rekomendasi karna *output* dari inverter dengan jenis pure sine mempunyai gelombang yang mendekati sinus seperti yang di distribusikan oleh PLN sehingga cocok untuk semua alat elektronik.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini, disusun sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab pertama ini berisikan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan tugas akhir, manfaat dan sistematika penulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang uraian dari inti penelitian sejenis yang pernah ada, yang nantinya akan digunakan sebagai pembandingan terkait tugas akhir yang akan dibuat. Selain itu pada bab ini juga memuat tentang landasan teori sebagai

bahan referensi dan dasar pemahaman bagi penulis untuk mengerjakan tugas akhir ini

BAB III METODE PENELITIAN / PERANCANGAN

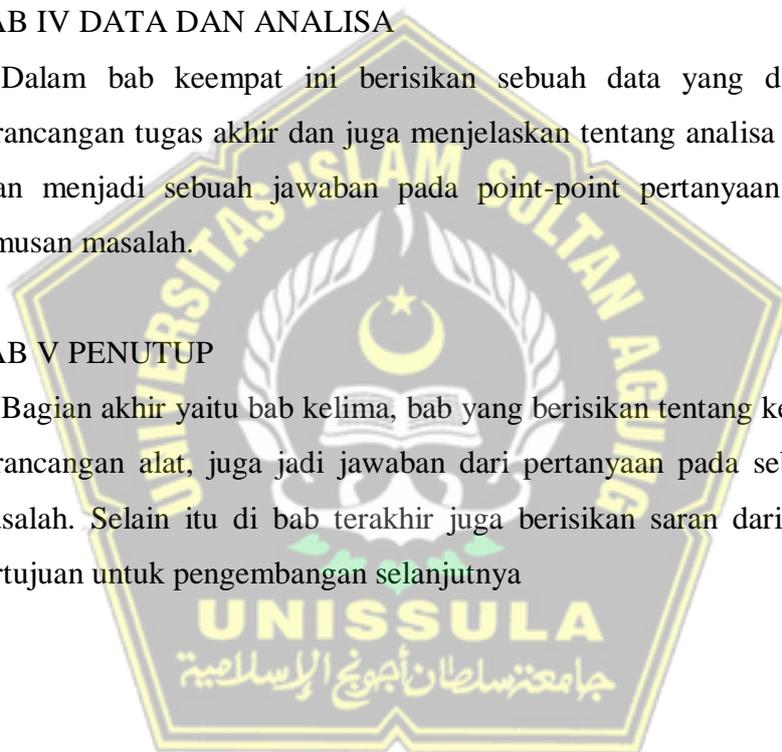
Pada bab ketiga ini berisikan tentang perancangan inverter *pure sine* DC ke AC menggunakan *Half-Bridge Class D Amplifier* agar bisa mendapatkan *output* gelombang sinus murni yang mendekati gelombang keluaran pada PLN.

BAB IV DATA DAN ANALISA

Dalam bab keempat ini berisikan sebuah data yang dihasilkan dari perancangan tugas akhir dan juga menjelaskan tentang analisa yang nantinya akan menjadi sebuah jawaban pada point-point pertanyaan yang ada di rumusan masalah.

BAB V PENUTUP

Bagian akhir yaitu bab kelima, bab yang berisikan tentang kesimpulan dari perancangan alat, juga jadi jawaban dari pertanyaan pada sebuah rumusan masalah. Selain itu di bab terakhir juga berisikan saran dari penulis yang bertujuan untuk pengembangan selanjutnya



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 TINJAUAN PUSTAKA

Berdasarkan studi dan penelitian sebelumnya mengenai inverter *pure sine* diantaranya memiliki metode dan system yang berbeda dan menampilkan *output* gelombang yang berbeda juga ketika di beri beban.

Pada penelitian yang berjudul “*Analisis Penggunaan Inverter Pure Sine Wave (Psw) Satu Fasa 500 Watt Terhadap Efisiensi Beban Rlc Pada Plts Kapasitas 100 Wp*”. Hasil dari pengukuran dan analisa beban listrik yang telah dilakukan yaitu, bahwa efisiensi paling tinggi yang di dapat ketika pengukuran beban induktif belender dengan daya 300 watt dengan efisiensi yang dihasilkan sebesar (58,41%) dan efisiensi paling rendah terdapat pada Buzzer 5 watt yaitu (1,63%), Capacitor (1,62%), dan yang paling kecil di peroleh ketika di bebani oleh lampu emergency 5 watt (1,61%) dimana dari 3 pengukuran terakhir mendapatkan nilai efesiensi yang hampir sama. Pada penggunaan baterai dengan sistem 12 VDC 17 AH, pengujian yang dilakukan pada alat mendapatkan sebuah perubahan yaitu berupa drop tegangan dari setiap pengukuran beban yang berbeda, dimana drop tegangan paling signifikan, ketika dalam kondisi berbeban terjadi pada beban blender sebesar 12,6 Volt dari tegangan awal 14 Volt, sedangkan drop tegangan paling kecil yaitu pada beban *buzzer* sebesar 13,9 Volt dari tegangan awal 14 Volt [1].

Pada judul tugas akhir “*Inverter Berbasis ACcumulator Sebagai Alternatif Penghemat Daya Listrik Rumah Tangga*”. Inverter yang dirancang pada tugas akhir ini bekerja pada daya maksimum 1300 Watt dengan tegangan *input* 12VDC dan *output* 220VAC. Dan ketika digunakan daya *input* inverter yang sebenarnya hanya dapat menampung daya sebesar 960 Watt. Jika arus dan tegangan dipengaruhi oleh faktor daya yang nilainya sebesar 0.9, maka daya maksimumnya adalah 862.4 Watt. Ketika pengukuran arus dilakukan dan tegangan *input* pada beban nilainya 200 Watt maka dayanya sebesar 191.82 Watt. Dan ketika diukur arus dan tegangan *input*

pada beban 1200 Watt dayanya sebesar 715 Watt. Sedangkan pada pengukuran arus dan tegangan serta faktor kerja daya *output* pada beban 200 Watt daya *output*nya sebesar 192.37 Watt. Dan ketika diukur pada beban 1200 Watt daya *output*nya sebesar 780 Watt. Perhitungan efisiensi daya *input* pada beban 200 Watt didapat sebesar 80.0%. Dan efisiensi daya *input* pada beban 1200 Watt didapat sebesar 25.5%. Sedangkan perhitungan efisiensi daya *output* pada beban 200 Watt didapat sebesar 77.69%. Dan efisiensi daya *output* pada beban 1200 Watt didapat sebesar 9.55%. [2]

Pada tugas akhir yang berjudul “*Inverter Dengan Tegangan Masukan 12v DC Dan Tegangan Keluaran AC Dengan Frekuensi Yang Dapat Diatur*” pada tugas akhir ini untuk menghasilkan tegangan AC dibutuhkan 2 Driver Sebagai pembangkit gelombang PWM dan mosfet berjumlah 4 buah 2 pasang yang berkerja secara *on off* . menggunakan 2 driver IC IR2110 sebagai pendukung pembentukan gelombang SPWM yang digunakan sebagai masukan driver mosfet yang bekerja *on off* dan kemudian akan diberi beban hingga 180 W. Dan menggunakan Mikrokontroler sebagai pembangkit sinyal PWM yang frekuensinya dapat diatur. Kelemahan dari tugas akhir ini ialah ketika mengubah menambah atau mengurangi frekuensi harus masuk dan mensettingnya melalui program[3].

Dan penelitian yang akan di lakukan pada tugas akhir ini yaitu membuat *Rancang Bangun Inverter DC ke AC Puresine Menggunakan Half-Bridge Amplifier Class D*. Di dalam penelitian tersebut menggunakan penguat Amplifier class d yang dimana pada penelitian sebelumnya tidak menambahkan penguat tersebut ke inverter yang akan di analisa oleh pelaksana. Pemilihan penguat jenis ini karena Penguat audio kelas D memiliki efisiensi yang jauh lebih baik dibandingkan penguat-penguat audio pendahulunya seperti penguat kelas A, kelas B dan kelas AB. Penguat audio kelas AB secara teoritis mempunyai efisiensi paling bagus sekitar 78,5% sebelum dibebani speaker. Saat dibebani speaker efisiensinya bisa turun menjadi 50%. Saat ini penguat audio kelas D mempunyai efisiensi 90% saat dibebani speaker. Sementara secara teoritis penguat audio Kelas D mempunyai efisiensi ideal 100%.Efisiensi yang tinggi berarti akan menghasilkan disipasi daya yang rendah, dengan demikian daya yang terbuang relatif lebih rendah jika

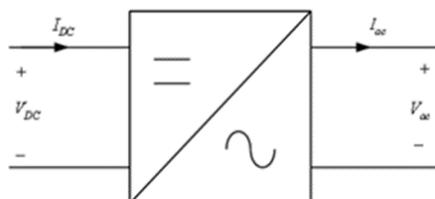
dibandingkan penguat kelas A, B maupun AB. Karena penguat audio kelas D bisa terbilang hemat daya maka penguat ini tidak membutuhkan pendingin (*heatsink*) yang besar dan catu daya yang besar pula. Dengan di tambahkannya penguat tersebut pada penelitian yang akan dilaksanakan ini diharapkan dapat mencapai angka efisiensi yang lebih baik dari pada penelitian sebelumnya dan juga menghasilkan gelombang *output* yang hampir menyerupai gelombang sinus yang di alirkan oleh PLN

2.2 LANDASAN TEORI

2.2.1 Inverter

Inverter dikenal sebagai perubah tegangan dari DC ke tegangan AC. Fungsi inverter ini sendiri yaitu sebagai pengubah tegangan *input* DC ke tegangan AC simetris dengan *magnitude* dan frekuensi yang diinginkan. Tegangan *output* bisa tetap atau berubah pada frekuensi yang tetap dan berubah pula. Nilai tegangan *output* dapat diperoleh dengan mengatur tinggi rendahnya nilai tegangan *input* DC dan mempertahankan penguatan inverter tetap konstan. Tetapi, apabila nilai tegangan *input* DCnya *fixed*/tetap dan tidak dapat diatur/dikontrol, variabel tegangan *output* dapat diperoleh dengan memvariasikan penguatan inverternya, yang mana biasa digunakan kontrol PWM.

Gelombang tegangan *output* ideal dari inverter seharusnya sinusoidal. Tetapi, pada praktiknya gelombang yang diperoleh ketika pengukuran cenderung hanya mendekati sinusoidal dan mengandung harmonik. Dengan tersedianya divaisi power semikonduktor dengan kecepatan tinggi, harmonik pada tegangan *output* dapat diminimalisir dengan hing[4].



Gambar 2. 1 Konverter DC to AC [4]

2.2.2 Inverter Berdasarkan Bentuk Gelombang

Inverter berdasarkan bentuk gelombangnya dibagi menjadi 3

1. *Squarewave Inverter*

Squarewave Inverter atau inverter gelombang kotak merupakan tipe inverter yang paling sederhana. Karena menggunakan osilator dasar yaitu osilator gelombang kotak sehingga inverter ini lebih mudah dibuat. Pada inverter jenis ini tegangan puncak atau V_p sama dengan VRMS nya. Inverter ini dapat dibuat menggunakan rangkaian *push-pull* inverter.

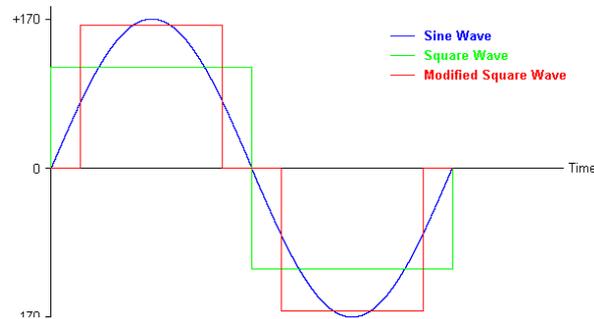
2. *Modified Sine Wave*

Modified Sine Wave disebut juga "*Modified Square Wave*" atau "*Quasy Sine Wave*" karena gelombang modified sine wave hampir sama dengan *square wave*, namun pada modified sine wave mempunyai harmonic distortion yang lebih sedikit dibanding *square wave* maka dapat dipakai untuk beberapa alat listrik seperti komputer, tv, lampu namun tidak bias untuk beban-beban yang lebih sensitive.

3. *Pure Sine Wave*

Pure Sine Wave atau *True Sine Wave* merupakan gelombang inverter yang hampir menyerupai bahkan lebih baik dibandingkan dengan gelombang sinusoidal sempurna pada jaringan listrik dalam hal ini PLN. Dengan total harmonic distortion (THD) $<3\%$ sehingga cocok untuk semua alat elektronik.

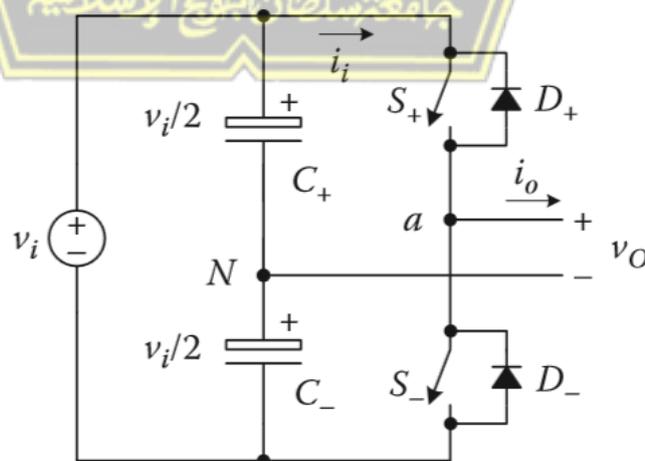
Oleh sebab itu inverter ini juga disebut "clean power supply". Teknologi yang digunakan inverter jenis ini umumnya disebut Pulse Width Modulation (PWM) yang dapat mengubah tegangan DC menjadi AC dengan bentuk gelombang yang hampir sama dengan gelombang sinusoidal. Pembuatan sebuah inverter sinus murni sedikit lebih sulit. Dibutuhkan sebuah osilator sinyal sinus dengan frekuensi yang standar, power amplifier untuk menyediakan arus yang dibutuhkan dan sebuah transformator untuk menghasilkan tegangan 230 VRMS. Pada jenis ini, tegangan puncak dan tegangan RMS berbeda sinyal ini dapat menggunakan metode SPWM [5].



Gambar 2. 2 Gelombang *Puresine, Square, Modified Square*[5]

2.2.3 Half-Bridge

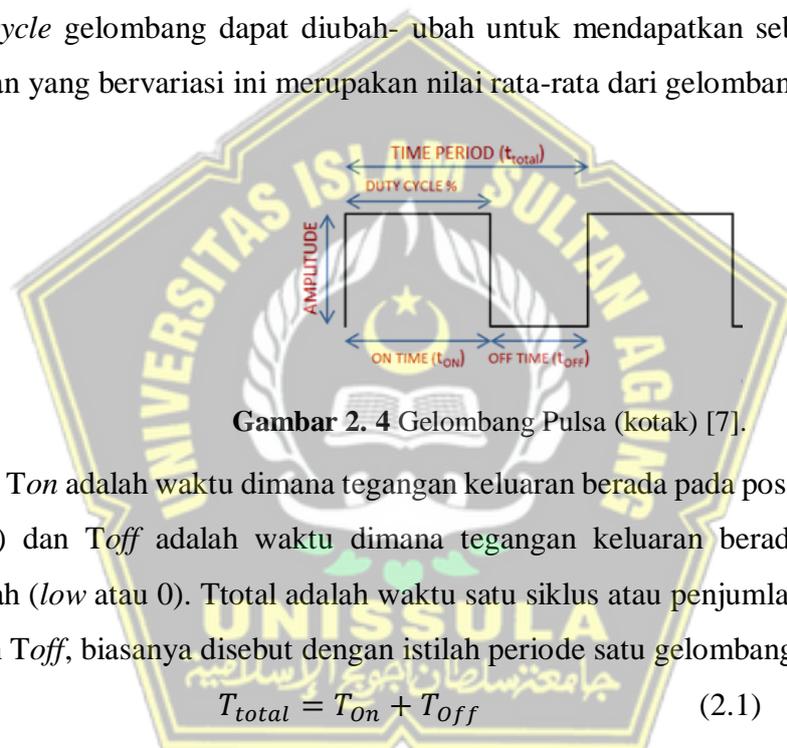
Inverter sumber tegangan fase tunggal dapat diimplementasikan di setengah jembatan dan sirkuit jembatan penuh. Inverter sumber tegangan setengah jembatan fase tunggal ditunjukkan pada: Gambar 2.3 Metode modulasi lebar pulsa (PWM) cocok untuk konversi karena tegangan *input* biasanya tegangan DC konstan. Modulasi fase pulsa (PPM) juga dimungkinkan, tetapi tidak begitu nyaman. Modulasi amplitudo pulsa (PAM) tidak cocok untuk konversi DC/AC karena tegangan *input* biasanya tegangan DC konstan. Teknik modulasi lebar pulsa (PWM) berbasis operator adalah diterapkan pada inverter ini. Dua kapasitor besar diperlukan untuk menyediakan titik netral oleh karena itu, setiap kapasitor menyimpan setengah dari tegangan DC *input*. Karena tegangan keluaran mengACU pada titik netral N, maksimum tegangan *output* lebih kecil dari setengah tegangan DC [6].



Gambar 2. 3 Rangkaian *Half-Bridge* [6]

2.2.4 Pulse Width Modulation (PWM)

PWM merupakan sebuah mekanisme untuk membangkitkan sinyal keluaran yang periodenya berulang antar *high* dan *low* dimana pengontrolan durasi sinyal *high* dan *low* dapat diatur seperti yang di inginkan. *Duty cycle* merupakan prosentase periode sinyal *high* dan periode sinyal *low*, prosentase *Duty cycle* akan berbanding lurus dengan tegangan rata-rata yang dihasilkan. Modulasi lebar pulsa PWM diperoleh dengan bantuan sebuah gelombang kotak yang mana siklus kerja *duty cycle* gelombang dapat diubah- ubah untuk mendapatkan sebuah tegangan keluaran yang bervariasi ini merupakan nilai rata-rata dari gelombang tersebut



Gambar 2. 4 Gelombang Pulsa (kotak) [7].

T_{on} adalah waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi tinggi (*high* atau 1) dan T_{off} adalah waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi terendah (*low* atau 0). T_{total} adalah waktu satu siklus atau penjumlahan antara t_{on} dengan T_{off} , biasanya disebut dengan istilah periode satu gelombang [7].

$$T_{total} = T_{on} + T_{off} \quad (2.1)$$

Siklus kerja atau *duty cycle* sebuah gelombang didefinisikan dengan persamaan

$$D = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \quad (2.2)$$

Tegangan keluaran dapat bervariasi dengan *duty cycle* dan dapat dirumuskan dalam persamaan

$$V_{out} = D \times V_{in} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \times V_{in} \quad (2.3)$$

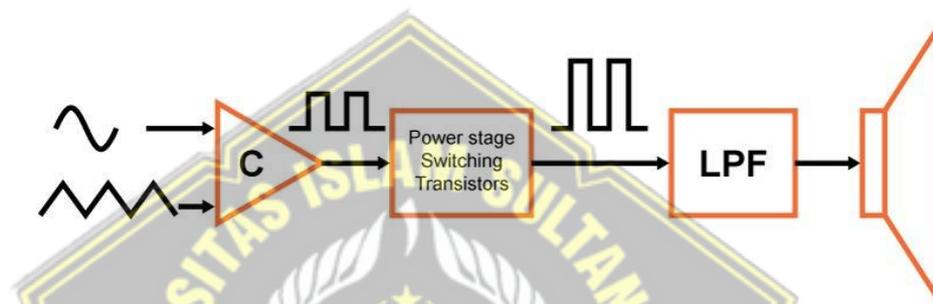
2.2.5 Amplifier class D

Penguat kelas-D atau penguat switching adalah penguat elektronik di mana perangkat penguat (transistor, biasanya MOSFET) beroperasi sebagai sakelar elektronik, dan bukan sebagai perangkat penguatan linier seperti pada penguat lainnya. Mereka dengan cepat beralih bolak-balik antara rel suplai, yang diberi makan oleh modulator menggunakan lebar pulsa, kepadatan pulsa, atau teknik terkait untuk mengkodekan *input* audio ke dalam rangkaian pulsa. Audio lolos melalui filter low-pass sederhana ke loudspeaker. Pulsa frekuensi tinggi, yang bisa setinggi 6 MHz, diblokir. Karena pasangan transistor keluaran tidak pernah konduksi pada saat yang sama, tidak ada jalur lain untuk aliran arus selain dari filter/loudspeaker low-pass. Untuk alasan ini, efisiensi dapat melebihi 90%.

Amplifier Kelas-D bekerja dengan menghasilkan rangkaian pulsa persegi dengan amplitudo tetap tetapi lebar dan pemisahan yang bervariasi, atau jumlah yang bervariasi per satuan waktu, yang mewakili variasi amplitudo dari sinyal *input* audio analog. Dimungkinkan juga untuk menyinkronkan jam modulator dengan sinyal audio digital yang masuk, sehingga menghilangkan kebutuhan untuk mengubahnya menjadi analog. Keluaran modulator kemudian digunakan untuk menghidupkan dan mematikan transistor keluaran secara bergantian. Sangat hati-hati diambil untuk memastikan bahwa pasangan transistor tidak pernah diperbolehkan untuk melakukan bersama-sama. Ini akan menyebabkan hubungan pendek antara rel suplai melalui transistor. Karena transistor sepenuhnya "hidup" atau sepenuhnya "mati", transistor menghabiskan sangat sedikit waktu di wilayah linier, dan membuang daya yang sangat kecil. Ini adalah alasan utama efisiensi tinggi mereka. Sebuah filter low-pass sederhana yang terdiri dari induktor dan kapasitor digunakan untuk menyediakan jalur untuk frekuensi rendah dari sinyal audio, meninggalkan pulsa frekuensi tinggi di belakang. Dalam aplikasi yang sensitif terhadap biaya, filter keluaran terkadang dihilangkan. Rangkaian kemudian bergantung pada induktansi loudspeaker untuk menjaga komponen HF dari memanaskan kumparan suara [8] [9].

Penguat daya audio Kelas-D. mengaca kebelakang dulu sebelum adanya class D muncul terlebih ada sebuah amplifier tradisional, seperti kelas AB,

beroperasi sebagai linier perangkat. Bandingkan ini dengan amplifier switching, disebut demikian karena transistor daya (MOSFET) bertindak seperti sakelar, mengubah statusnya dari OFF ke ON. Hal ini memungkinkan sangat efisiensi tinggi, hingga 80 - 95%. Karena itu, amplifier tidak menghasilkan banyak panas dan tidak memerlukan *heatsink* besar seperti amplifier kelas AB linier. Sebagai perbandingan, kelas B amplifier hanya dapat mencapai efisiensi maksimum 78,5% (secara teori). Di bawah ini dapat dilihat diagram blok penguat Kelas-D PWM dasar.



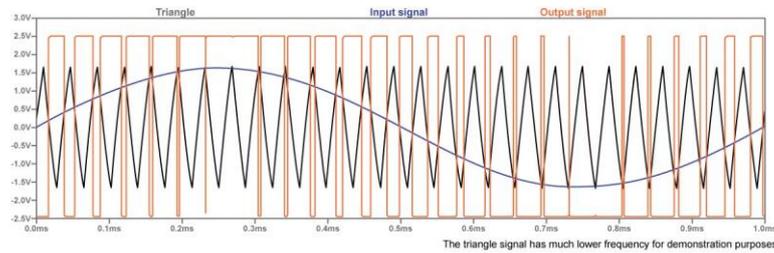
Gambar 2.5 Alur Class D [8]

Sinyal *input* diubah menjadi sinyal persegi panjang termodulasi lebar pulsa menggunakan komparator. Ini pada dasarnya berarti bahwa *input* dikodekan ke dalam siklus kerja pulsa persegi panjang. Sinyal persegi panjang diperkuat, dan kemudian filter low-pass menghasilkan versi daya yang lebih tinggi dari sinyal analog asli.

Ada metode lain untuk mengubah sinyal menjadi pulsa, seperti modulasi (delta-sigma), tetapi untuk proyek ini kita akan menggunakan PWM.

Modulasi Lebar Pulsa Menggunakan Komparator

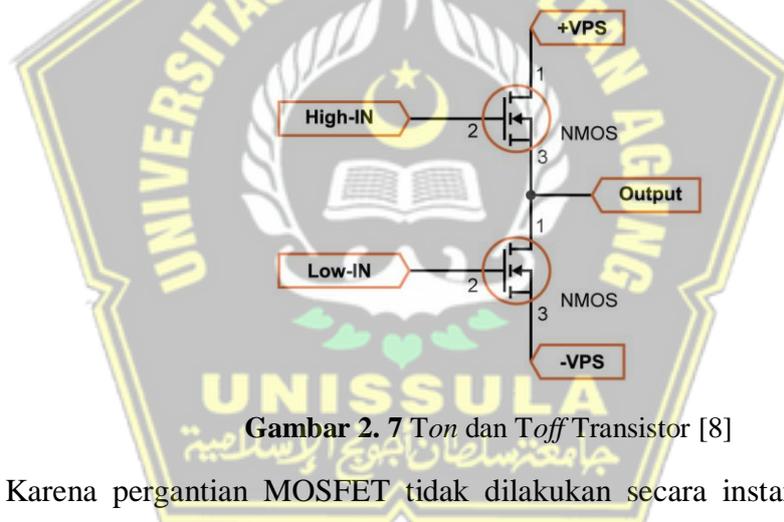
Pada gambar 2.6 di bawah ini, dapat dilihat bagaimana komparator pada class D mengubah sinyal sinusoidal (*input*) menjadi sinyal persegi panjang dengan membandingkannya dengan sinyal segitiga.



Gambar 2. 6 Puncak Gelombang Sinus [8]

Pada puncak positif gelombang sinus, siklus kerja pulsa persegi panjang adalah 100% sedangkan pada puncak negatif adalah 0%. Frekuensi sebenarnya dari sinyal segitiga jauh lebih tinggi, pada orde ratusan kHz, sehingga nanti dapat mengekstrak sinyal yang asli.

Dua masalah adalah waktu naik turunnya perangkat di tahap daya dan fakta bahwa pada rangkaian ini menggunakan transistor NMOS untuk driver sisi tinggi.

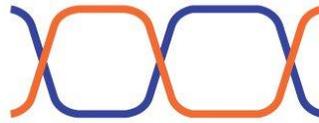


Gambar 2. 7 T_{on} dan T_{off} Transistor [8]

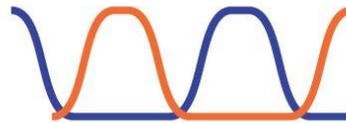
Karena pergantian MOSFET tidak dilakukan secara instan, tetapi lebih seperti naik turun bukit, waktu ON transistor akan tumpang tindih, menciptakan hubungan impedansi rendah antara rel catu daya positif dan negatif. Ini menyebabkan pulsa arus tinggi melewati MOSFET tersebut, yang dapat menyebabkan kegagalan.

Untuk mencegah hal ini, perlu memasukkan beberapa waktu mati antara sinyal yang menggerakkan MOSFET sisi tinggi dan rendah. Salah satu cara untuk mencapainya adalah dengan menggunakan driver MOSFET khusus dari Penyearah Internasional, seperti IR2110S atau IR2011S. Selanjutnya, IC ini memberikan tegangan gerbang yang ditingkatkan yang diperlukan untuk NMOS sisi tinggi.

Without dead time



With dead time



High-Side MOSFET
Low-Side MOSFET

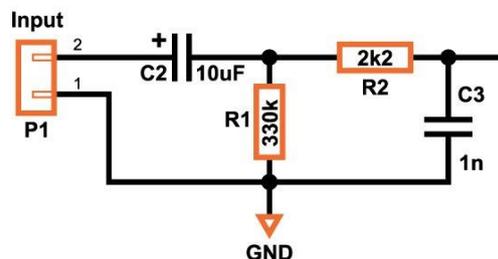
Gambar 2. 8 Gelombang Pada Mosfet [8]

Untuk tahap penyaringan, salah satu cara terbaik untuk melakukannya adalah dengan menggunakan filter *Butterworth*.

Jenis filter ini memiliki respons yang sangat datar di passband. Artinya sinyal yang ingin dicapai tidak akan terlalu dilemahkan.

Kami ingin menyaring frekuensi yang lebih tinggi dari 20 kHz. Frekuensi cut-off dihitung pada -3dB, jadi kami ingin sedikit lebih tinggi agar tidak menyaring suara yang ingin kami dengar. Yang terbaik adalah memilih sesuatu antara 40 dan 60 kHz.

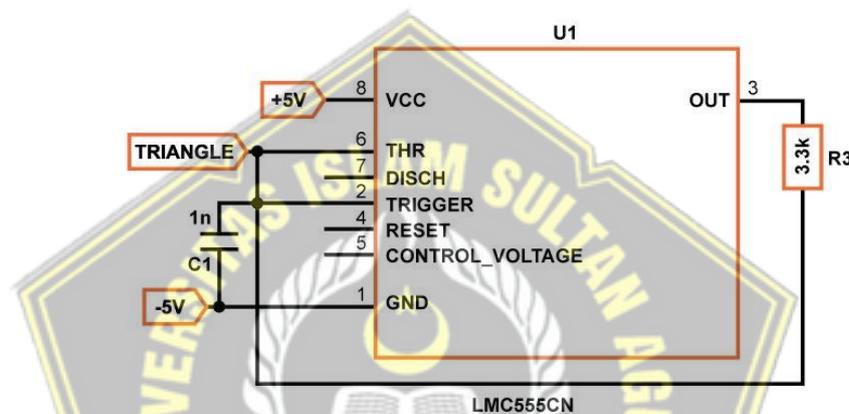
Sirkuit Masukan Untuk sirkuit *input*, pada rangkaian ini pilihan yang terbaik adalah menggunakan filter high-pass diikuti dengan filter low-pass. Sesederhana itu.



Gambar 2. 9 Filter High-Pass Diikuti Dengan Filter Low-Pass [8]

Untuk generator segitiga, driver ini menggunakan LMC555 yang merupakan varian CMOS dari chip 555 yang terkenal. Pengisian dan pengosongan kapasitor menghasilkan segitiga yang bagus, yang tidak sempurna (naik dan turun secara eksponensial) tetapi jika waktu naik dan turunnya sama, ia bekerja dengan sempurna.

Nilai resistor dan kapasitor mengatur frekuensi sekitar 200kHz. Lebih tinggi dari ini dan kami akan mengalami masalah karena komparator dan driver MOSFET bukan perangkat tercepat.

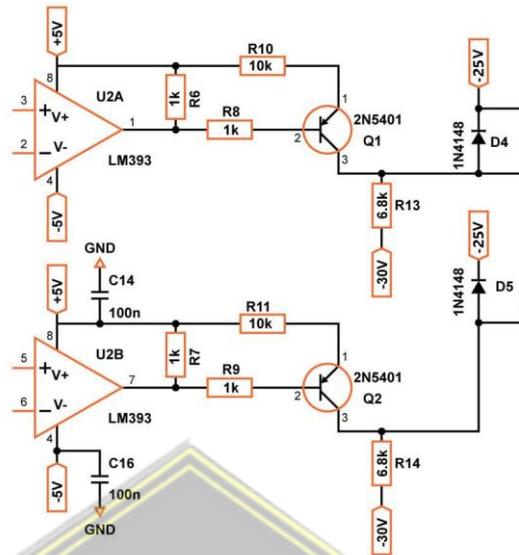


Gambar 2. 10 LMC555LN [8]

Pembanding. Untuk komparator, dapat menggunakan komponen mana pun yang diinginkan—hanya perlu cepat. Pada class D ini menggunakan, LM393AP. Pada waktu respons 300ns, ini bukan yang tercepat dan pasti dapat ditingkatkan tetapi berhasil. Jika ingin menggunakan IC lain, berhati-hatilah untuk memeriksa apakah pin cocok atau Anda harus memodifikasi desain PCB.

Secara teori, sebuah *op-amp* dapat digunakan sebagai komparator, tetapi pada kenyataannya *op-amp* dirancang untuk jenis pekerjaan lain, jadi pastikan Anda menggunakan komparator yang sebenarnya.

Komparator ini ditenagai oleh catu daya bipolar 5V, yang disediakan oleh dua dioda zener yang mengatur tegangan dari catu daya utama, yaitu $\pm 30V$.

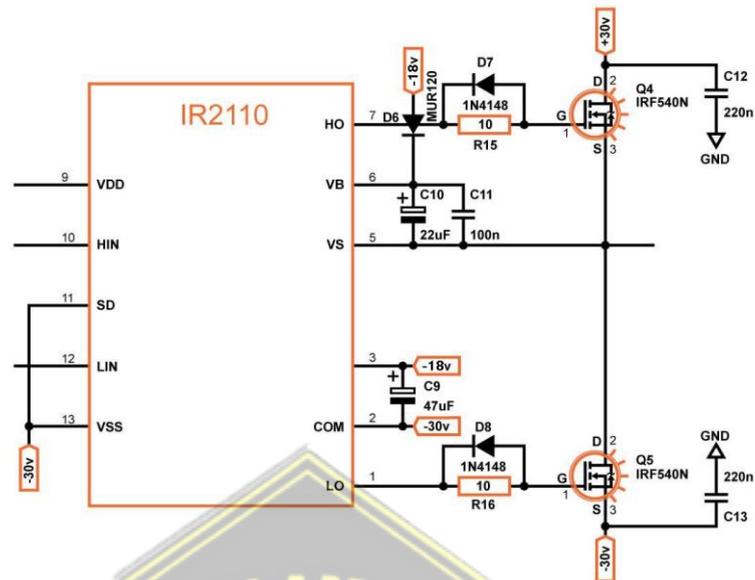


Gambar 2. 11 Comparator [8]

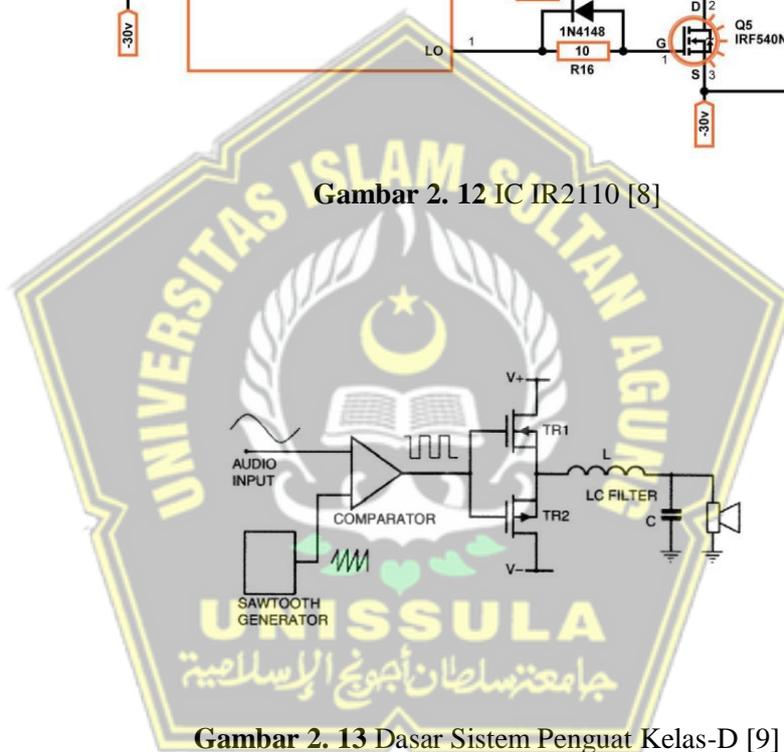
Untuk driver MOSFET, pada class D menggunakan IR2110. Alternatifnya adalah IR2011, yang digunakan dalam desain referensi. Sirkuit terpadu ini memastikan untuk menambahkan waktu mati yang di bicarakan di bagian sebelumnya.

Karena pin VSS dari IC terikat ke catu daya negatif, maka perlu menggeser sinyal dari komparator. Ini dilakukan dengan menggunakan transistor PNP dan dioda 1N4148.

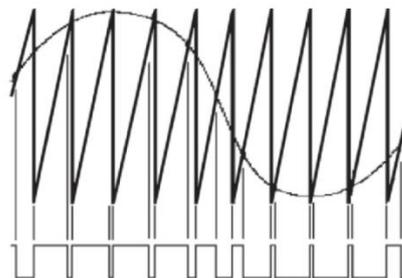
Untuk menggerakkan MOSFET, harus memberi daya pada IR2110 dengan 12V yang direferensikan ke tegangan catu daya negatif; tegangan ini dihasilkan menggunakan BD241 dalam hubungannya dengan zener 12V. MOSFET sisi tinggi perlu digerakkan oleh tegangan gerbang sekitar 12V di atas simpul switching, VS. Ini membutuhkan tegangan yang lebih tinggi dari suplai positif; IR2110 menyediakan tegangan drive ini dengan bantuan kapasitor bootstrap [8].



Gambar 2. 12 IC IR2110 [8]



Gambar 2. 13 Dasar Sistem Penguat Kelas-D [9]



Gambar 2. 14 Proses PWM Yang Dihasilkan Oleh Penguat Class D [9]

2.2.6 MOSFET

MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) adalah suatu transistor dari bahan semikonduktor (silikon) 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* ini yang akan digunakan sebagai landasan (*substrat*) penguras (*drain*), sumber (*source*), dan gerbang (*gate*). Selanjutnya transistor ini dibuat sedemikian rupa agar antara substrat dan gerbangnya dibatasi oleh *oksida silicon* yang sangat tipis. Oksida ini diendapkan di atas sisi kiri kanal, sehingga transistor MOSFET akan mempunyai kelebihan dibanding dengan transistor BJT (*Bipolar Junction Transistor*), yaitu menghasilkan disipasi daya yang rendah. Bila dilihat dari cara kerjanya, transistor MOS dapat dibagi menjadi dua, yaitu [10]:

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

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 bebas. Lebar dari saluran itu sendiri dapat dikendalikan oleh tegangan gerbang. Transistor MOSFET mode

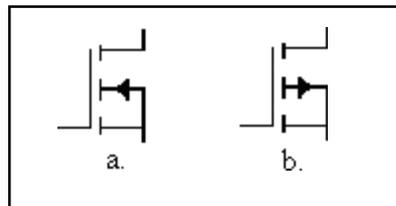


Gambar 2. 15 Simbol Transistor MOSFET *mode Depletion*

pengosongan terdiri dari tipe-N dan tipe-P, simbol transistor ditunjukkan dalam Gambar 2.15

2) Transistor Mode peningkatan (*Transistor Mode Enhancement*)

Transistor mode enhancement ini pada fisiknya tidak memiliki saluran antara drain dan sourcena karena lapisan bulk meluas dengan lapisan SiO₂ pada terminal gate. Transistor MOSFET mode peningkatan terdiri dari tipe-N dan tipe-P, simbol transistor ditunjukkan dalam Gambar 2.16

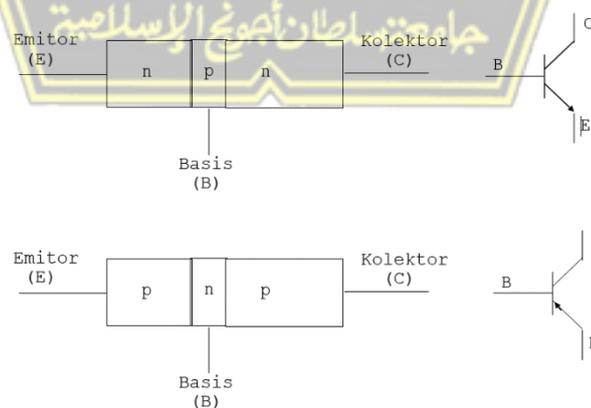


Gambar 2. 16 Transistor *Mode Enhancement*

2.2.7 Transistor

Transistor adalah komponen semikonduktor yang terdiri atas sebuah bahan tipe p dan diapit oleh dua bahan tipe n (transistor NPN) atau terdiri atas sebuah bahan tipe n dan diapit oleh dua bahan tipe p (transistor PNP). Sehingga transistor mempunyai tiga terminal yang berasal dari masing-masing bahan tersebut. Struktur dan simbol transistor bipolar dapat dilihat pada gambar 2.17.

Ketiga terminal transistor tersebut dikenal dengan Emitor (E), Basis (B) dan Kolektor (C). Emitor merupakan bahan semikonduktor yang diberi tingkat doping sangat tinggi. Bahan kolektor diberi doping dengan tingkat yang sedang. Sedangkan basis adalah bahan dengan dengan doping yang sangat rendah. Perlu diingat bahwa semakin rendah tingkat doping suatu bahan, maka semakin kecil konduktivitasnya. Hal ini karena jumlah pembawa mayoritas (elektron untuk bahan n dan hole untuk bahan p) adalah sedikit.



Gambar 2. 17 Struktur Dan Simbol Transistor Bipolar [11]

Disamping itu yang perlu diperhatikan adalah bahwa ukuran basis sangatlah tipis di- banding emitor dan kolektor. Perbandingan lebar basis

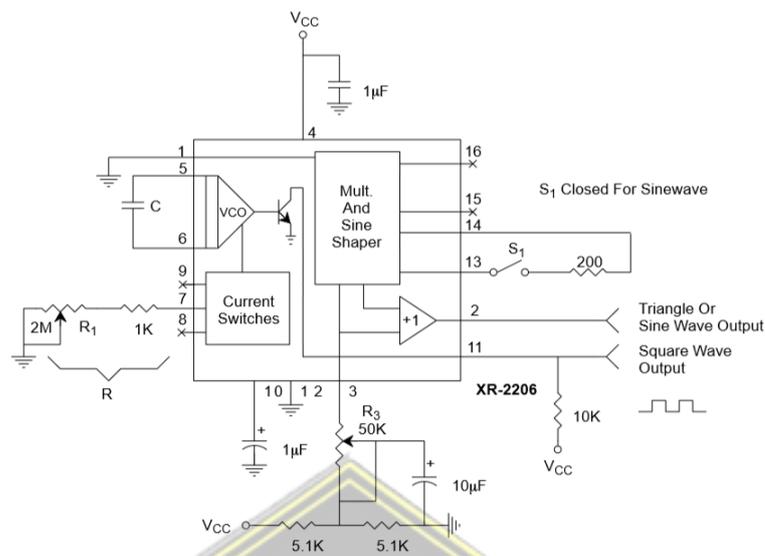
ini dengan lebar emitor dan kolektor kurang lebih adalah 1 : 150. Sehingga ukuran basis yang sangat sempit ini nanti akan mempengaruhi kerja transistor [11].

Simbol transistor bipolar ditunjukkan pada gambar 2.27. Pada kaki emitor terdapat tanda panah yang nanti bisa diketahui bahwa itu merupakan arah arus konvensional. Pada transistor npn tanda panahnya menuju keluar sedangkan pada transistor pnp tanda panahnya menuju ke dalam.

2.2.8 Function Generator

Function generator merupakan salah satu alat uji coba yang digunakan untuk menghasilkan gelombang tegangan listrik dengan frekuensi tertentu. Tujuan utama *function generator* adalah sebagai masukan pada sebuah rangkaian untuk tujuan pengujian. Pengguna akan mengamati sinyal dengan berbagai aspek pada rangkaian dengan menggunakan osiloskop, *spectrum analyzer*, atau alat uji lainnya. *Function generator*

Umumnya menghasilkan gelombang segitiga sebagai dasar dari semua *output*-nya. Gelombang segitiga ini dihasilkan oleh proses pengisian dan pengosongan kapasitor secara berulang-ulang dari sumber arus konstan. Hal ini menyebabkan tegangan menanjak dan menurun secara linier. Ketika tegangan *output* mencapai batas atas dan batas bawah, proses pengisian dan pengosongan dibalik menggunakan komparator dan menghasilkan gelombang segitiga linier. Dengan arus dan nilai kapasitor yang bervariasi maka frekuensi yang berbeda dapat dihasilkan. *Function generator* terdiri atas sebuah pengatur atenuasi, pengatur amplitudo, pengatur *duty cycle*, dan pengatur tegangan *DC offset* [12].

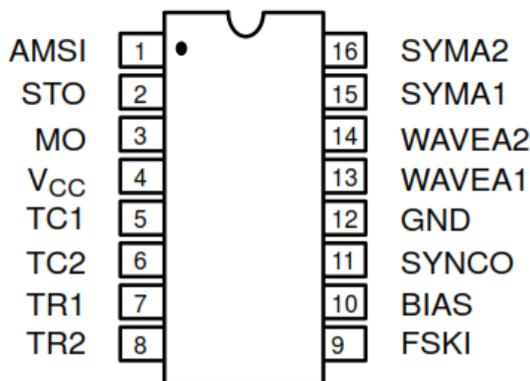


Gambar 2. 18 Rangkaian kit *function generator*[13]

2.2.9 Ic XR2206

XR-2206 adalah generator fungsi monolitik sirkuit terpadu yang mampu menghasilkan sinus berkualitas tinggi, bentuk gelombang persegi, segitiga, ramp, dan pulsa daristabilitas tinggi dan akurasi. Bentuk gelombang keluaran dapat berupa amplitudo dan frekuensi dimodulasi oleh eksternal voltase. Frekuensi operasi dapat dipilih eksternal pada rentang 0,01Hz hingga lebih dari 1MHz.

Sirkuit ini cocok untuk komunikasi, instrumentasi, dan aplikasi generator fungsi membutuhkan nada sinusoidal, AM, FM, atau generasi FSK. Dia memiliki spesifikasi drift tipikal 20ppm/°C. Osilator frekuensi dapat disapu secara linier pada frekuensi 2000:1 rentang dengan tegangan kontrol eksternal, sambil mempertahankan distorsi rendah. XR-2206 terdiri dari empat blok fungsional; sebuah osilator yang dikendalikan tegangan (VCO), pengganda analog dan pembentuk sinus; penguat buffer gain kesatuan; dan satu set sakelar arus. VCO menghasilkan frekuensi keluaran yang sebanding dengan arus *input*, yang diatur oleh resistor dari waktu terminal ke ground. Dengan dua pin waktu, dua diskrit frekuensi *output* dapat diproduksi secara independen untuk Aplikasi generasi FSK dengan menggunakan *input* FSK pin kontrol. *Input* ini mengontrol sakelar saat ini yang pilih salah satu arus resistor waktu, dan arahkan ke VCO-nya [13].



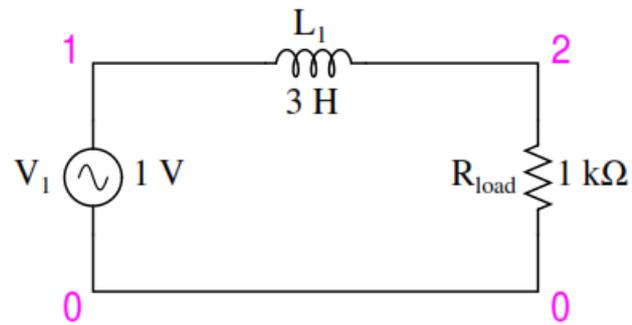
Gambar 2.19 Ic Xr 2206[13]

Tabel 2. 1 Ic Diskripsi XR 2206

Pin #	Symbol	Type	Description
1	AMSI	I	Amplitude Modulating Signal <i>Input</i> .
2	STO	O	Sine or Triangle Wave <i>Output</i> .
3	MO	O	Multiplier <i>Output</i> .
4	Vcc		Positive Power Supply.
5	TC1	I	Timing CapACitor <i>Input</i> .
6	TC2	I	Timing CapACitor <i>Input</i> .
7	TR1	O	Timing Resistor 1 <i>Output</i> .
8	TR2	O	Timing Resistor 2 <i>Output</i> .
9	FSKI	I	Frequency Shift Keying <i>Input</i> .
10	BIAS	O	Internal Voltage Reference.
11	SYNCO	O	Sync <i>Output</i> .
12	GND		Ground pin.
13	WAVEA1	I	Wave Form Adjust <i>Input</i> 1.
14	WAVEA2	I	Wave Form Adjust <i>Input</i> 2.
15	SYMA1	I	Wave Symetry Adjust 1.
16	SYMA2	I	Wave Symetry Adjust 2.

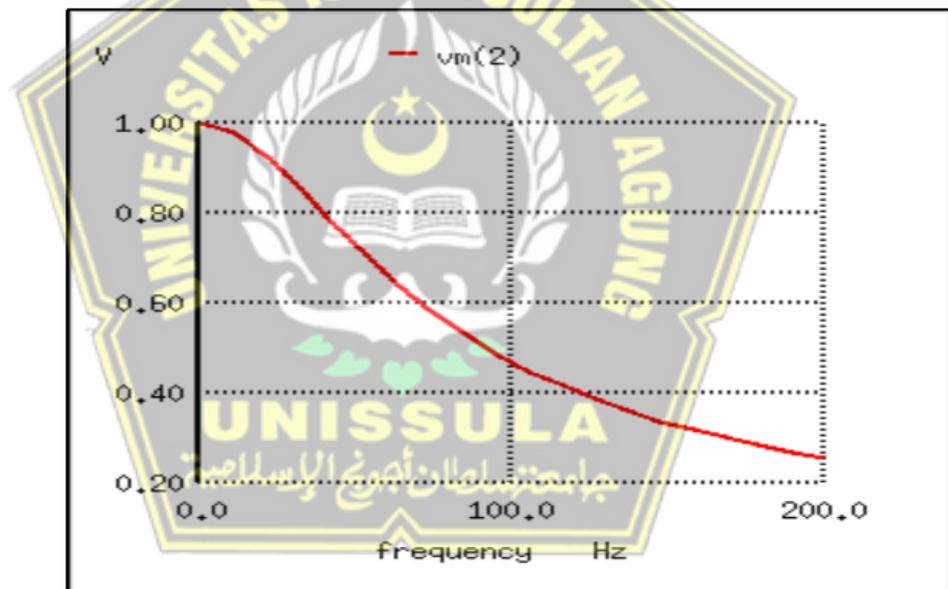
2.2.10 Low Pass Filter

Menurut definisi, filter *low-pass* adalah sirkuit yang menawarkan jalur mudah ke sinyal frekuensi rendah dan bagian yang sulit untuk sinyal frekuensi tinggi. Ada dua jenis dasar sirkuit yang mampu mencapai tujuan ini, dan banyak variasi masing-masing: Filter *low-pass* induktif di tunjukan pada gambar 2.19 dan filter *low-pass* kapasitif pada Gambar 2.21

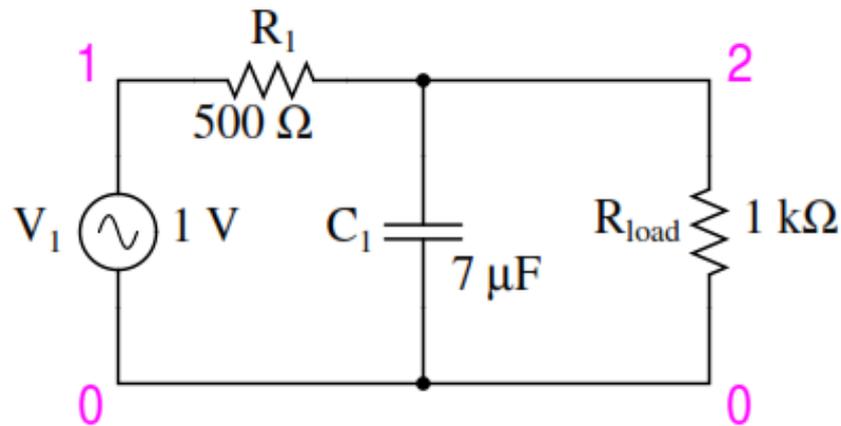


Gambar 2. 20 Inductive low-pass filter [14]

Impedansi induktor meningkat dengan meningkatnya frekuensi. Impedansi tinggi ini di seri cenderung memblokir sinyal frekuensi tinggi untuk sampai ke beban. Hal ini dapat ditunjukkan dengan analisis pada gambar berikut

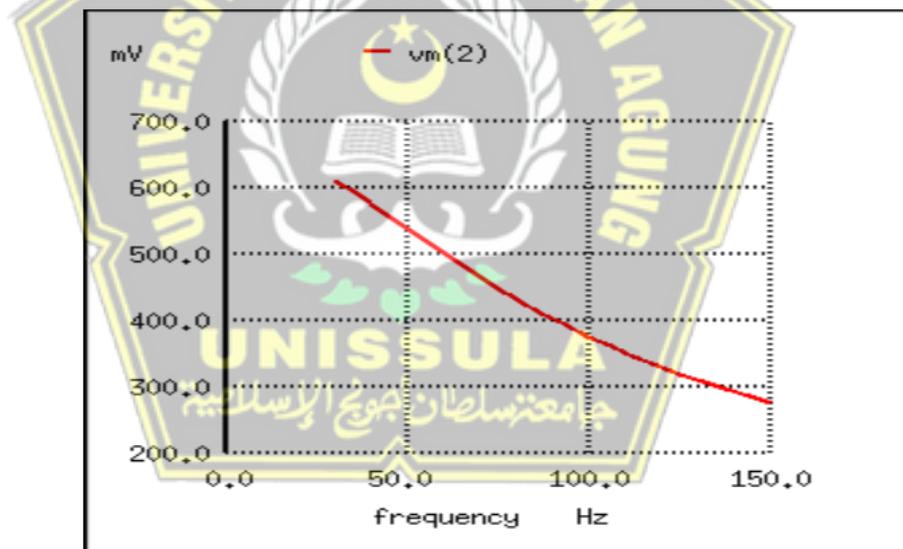


Gambar 2. 21 Respons *filter low-pass* induktif [14]



Gambar 2. 22 *Capacitive low-pass filter* [14]

Impedansi kapasitor berkurang dengan meningkatnya frekuensi. Impedansi rendah ini di paralel dengan resistansi beban cenderung membuat pendek sinyal frekuensi tinggi, menjatuhkan sebagian besar tegangan pada resistor seri R.



Gambar 2. 23 Respons filter *low-pass* kapasitif [14]

komponen DC murni. Alasan utama untuk ini adalah persyaratan resistensi filter yang rendah untuk *output* dari catu daya seperti itu. Filter *low-pass* kapasitif membutuhkan resistansi ekstra secara seri dengan sumbernya, sedangkan filter *low-pass* induktif tidak. Dalam desain sirkuit arus tinggi seperti catu daya DC di mana resistansi seri tambahan tidak diinginkan, filter *low-pass* induktif adalah pilihan desain yang lebih baik. Di sisi lain, jika berat badan rendah dan ukuran kompak

adalah prioritas yang lebih tinggi daripada resistansi suplai internal yang rendah dalam desain catu daya, filter *low-pass* kapasitif mungkin lebih masuk akal. Semua filter *low-pass* dinilai pada frekuensi cutoff tertentu. Artinya, frekuensi di atas dimana tegangan *output* turun di bawah 70,7% dari tegangan *input*. Persentase batas ini sebesar 70,7 tidak benar-benar sewenang-wenang, meskipun mungkin tampak begitu pada pandangan pertama. Secara sederhana kapasitif/resistif filter *low-pass*, itu adalah frekuensi di mana reaktansi kapasitif dalam ohm sama dengan resistansi dalam ohm. Dalam filter *low-pass* kapasitif sederhana (satu resistor, satu kapasitor), frekuensi *cutoff* diberikan sebagai:

$$f \text{ memotong } 1 = 2\pi RC \quad (2.4) \text{ [14].}$$

2.2.11 Transformator

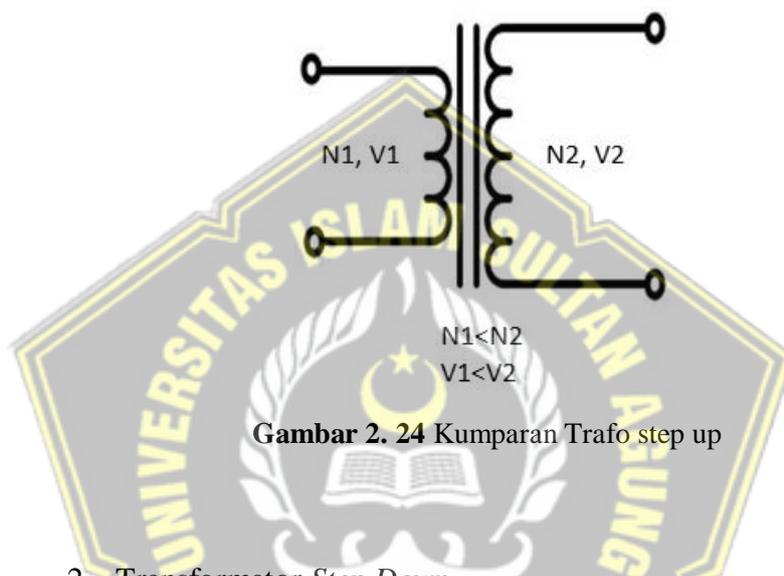
Transformer adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain, melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik

Prinsip dasar suatu transformator adalah induksi bersama (mutual induction) antara dua rangkaian yang dihubungkan oleh *fluks* magnet. Dalam bentuk yang sederhana, transformator terdiri dari dua buah kumparan induksi yang secara listrik terpisah tetapi secara magnet dihubungkan oleh suatu path yang mempunyai relaktansi yang rendah. Kedua kumparan tersebut mempunyai mutual induction yang tinggi. Jika salah satu kumparan dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, *fluks* bolak-balik timbul di dalam inti besi yang dihubungkan dengan kumparan yang lain menyebabkan atau menimbulkan ggl (gaya gerak listrik) induksi (sesuai dengan induksi elektromagnet) dari hukum *faraday*, Bila arus bolak balik mengalir pada induktor, maka akan timbul gaya gerak listrik (ggl) [15]. Dan transformator sendiri dibagi menjadi 2 jenis yaitu :

1. Transformator Step Up

Transformator *Step Up* ini berfungsi untuk menaikkan tegangan yang awalnya suatu rangkaian mempunyai tegangan

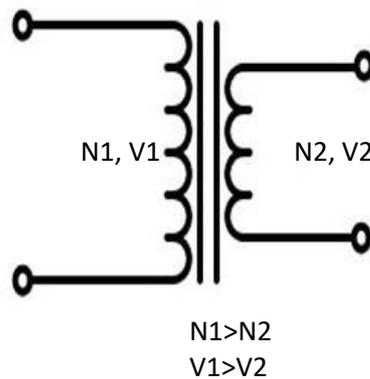
rendah sedangkan tegangan yang di butuhkan lebih besar maka dengan di tambaknya Trafo dengan jenis *step up* ini bisa menghasilkan tegangan yang lebih tinggi dengan contoh misalnya dari 48 V pada sisi primer dan akan menjadi 220 V pada sisi sekunder.



Gambar 2. 24 Kumparan Trafo step up

2. Transformator *Step Down*

Transformator *Step Down* ini adalah kebalikan dari trafo *step up* yang mana fungsinya sebagai penurun tegangan di mana ketika tegangan yang dibutuhkan lebih rendah dari tegangan sumber dengan contoh misalnya dari *input* 220 V pada sisi primer dan menjadi 12 V pada sisi sekunder.



Gambar 2. 25 Kumparan Trafo Step Down

Keterangan :

N1 = Jumlah lilitan Primer

N2 = Jumlah Lilitan Sekunder

V1 = Tegangan Primer

V2 = Tegangan Sekunder

2.2.12 Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan data yang akan dipakai pada tugas akhir ini yaitu dengan mencari *Deviasi*, *deviasi* rata-rata, *error* dan akurasi. Dengan percobaan yang akan dilakukan secara berulang lebih dari 10 kali sehingga mendapatkan data yang bisa diolah dan menghasilkan nilai akurasi. Hasil pengolahan data akurasi didapatkan dengan menentukan nilai *error* dimana *error* di dapatkan dari nilai ACuan dikurangi hasil pengukuran dibagi nilai ACuan. Setelah itu $1 - error$ dan hasilnya adalah akurasi dan rumus yang digunakan sebagai berikut:

ABSOLUT (hasil pengukuran setiap percobaan dikurangi nilai rata – rata pada tahap pengukuran)

$$dev = |nilai\ ukur - nilai\ rata2\ pengukuran| \quad (2.5)$$

Yang selanjutnya *deviasi* diambil rata - rata untuk mencari ke presisian pada setiap tahap pengukuran yang di lakukan. Dengan rumus sebagai berikut:

$$dev\ rata2 = \frac{|d1| + |d2| + |Dn|}{D} \quad (2.6)$$

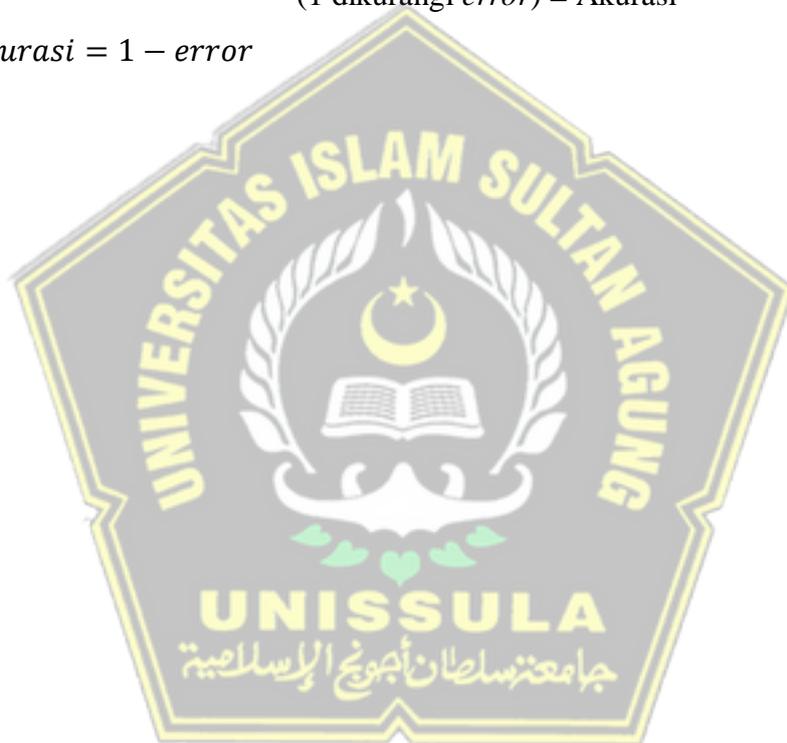
Selanjutnya mencari *error* yang mana nanti digunakan untuk mencari akurasi pada tiap tahapan pengukuran. Dengan rumus sebagai berikut :

$$error = \left(\frac{\text{nilai acuan} - \text{nilai ukur}}{\text{nilai acuan}} \right) \quad (2.7)$$

Setelah *error* di dapatkan selanjut hasil *error* digunakan untuk mencari akurasi pada pengukuran dengan rumus sebagai berikut:

$$(1 \text{ dikurangi } error) = \text{Akurasi}$$

$$Akurasi = 1 - error \quad (2.8)$$

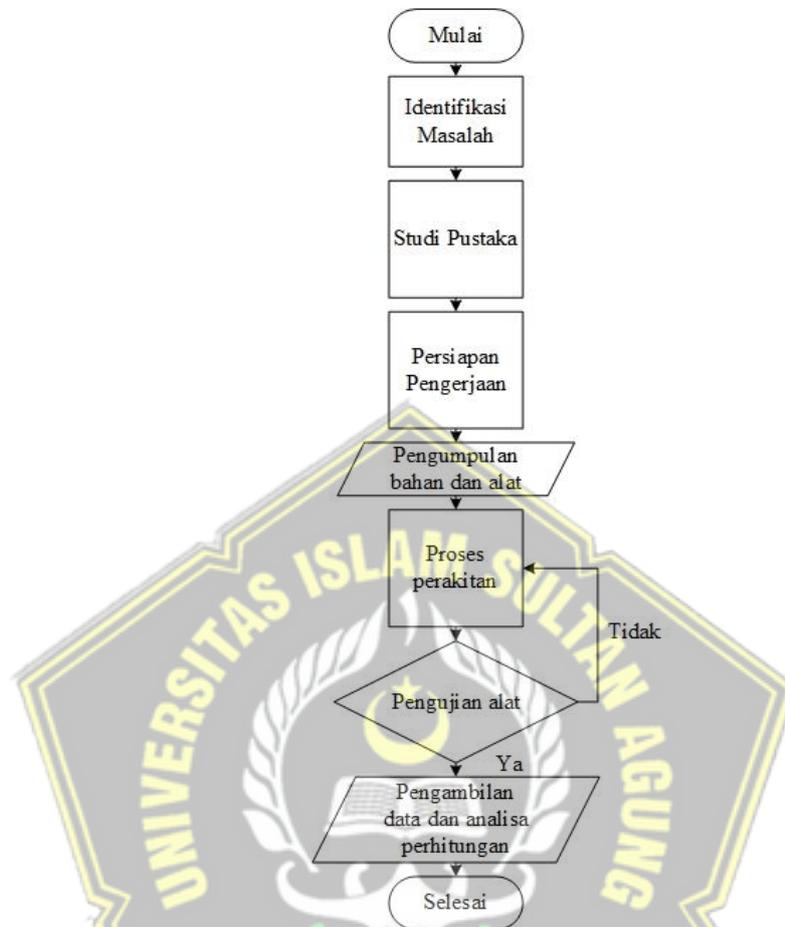


BAB III

METODE PENELITIAN / PERANCANGAN

3.1 Metode Penelitian

Pada penelitian tugas akhir ini membuat sebuah rancang bangun inverter *DC* ke *AC* *puresine* menggunakan *Half-Bridge Class D Amplifier* yang mana penelitian ini dilakukan atas dasar latar belakang masalah yang ada. Pada perancangan inverter ini akan membutuhkan beberapa komponen yang penting agar bisa mendapatkan suatu inverter dengan *output* mendekati 220 V dengan gelombang sinus murni, komponen penting dalam perancangan tugas akhir ini yang pertama yaitu *Half-Bridge Class D Amplifier* driver ini adalah komponen fokus utama dalam pembuatan tugas akhir ini. komponen yang Kedua yaitu *function generator* driver ini berfungsi sebagai sumber frekuensi yang di *inputkan* ke class d amplifier agar dapat menghasilkan *output* gelombang sinus murni. Komponen yang ketiga yaitu transformator *step up* yang mana berfungsi untuk menaikkan tegangan yang awalnya 48 V yang berasal dari *output* amplifier class D dan di *inputkan* ke trafo *step up* dan menjadi mendekati 220 V. komponen yang terakhir ialah display yang mana dapat membaca (arus, tegangan, frekuensi dan watt). Dengan dibuatnya alat ini diharapkan dapat membantu masyarakat luas ketika listrik padam yang dapat mengakibatkan terhambatnya suatu pekerjaan. Dan alur pada penelitian sebelum membuat tugas akhir ini dapat dilihat pada flowchat berikut

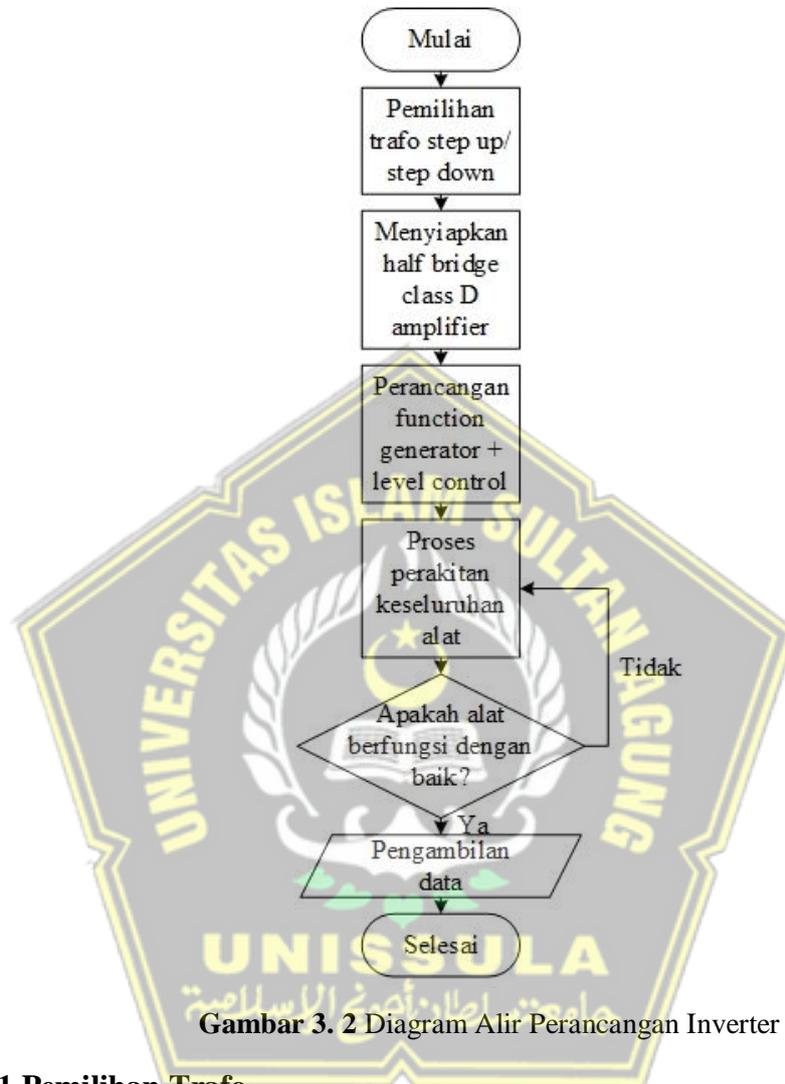


Gambar 3. 1 Flowchat Penelitian

Flowchat diatas merupakan langkah-langkah yang harus diambil sebelum dilakukanya perancangan tugas akhir yang akan dibuat dimana langkah ini sangatlah penting untuk kedepanya ketika pada saat pelaksanaan perancangan menemui hambatan pada salah satu alat, maka sudah mempunyai pustaka yang sudah disimpan sebagai data acuan dan bisa jug digunakan untuk pembanding dalam pembuatan tugas akhir ini.

3.2 Perancangan Alat

Dalam perancangan alat pada tugas akhir ini penulis melakukan tahap prosedur dengan membuat alir diagram sebagai berikut :

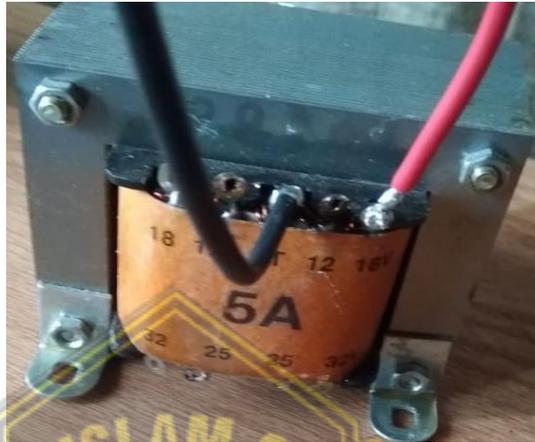


Gambar 3. 2 Diagram Alir Perancangan Inverter

3.2.1 Pemilihan Trafo

Pemilihan trafo pada perancangan tugas akhir ini disesuaikan dengan kebutuhan keseluruhan komponen agar inverter mendapatkan hasil *output* sama seperti yang di inginkan yaitu mendekati 220 V. Dari pengujian yang telah dilakukan, *output* dari amplifier class D tanpa trafo belum bisa mencapai atau mendekati angka 220 V dan cinederung masih jauh dari tujuan penelitian yang di inginkan. Maka dari itu untuk menyempurnakan dan menaikkan tegangan pada *output* amplifier class D serta agar dapat mendekati tegangan 220 V di butuhkan transformator yang sifatnya menaikkan tegangan seperti trafo jenis step up. Transformator mempunyai 2 (dua) jenis yaitu trafo step up dan trafo step down.

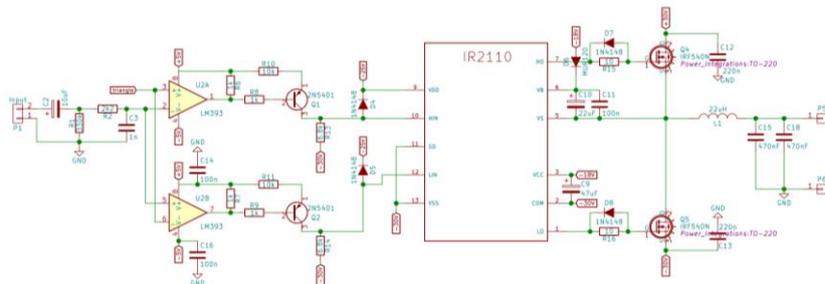
Dengan kebutuhan sekarang pemilihan trafo step up (nonCT) lebih tepat untuk melengkapi komponen pada perangkaian tugas akhir ini.



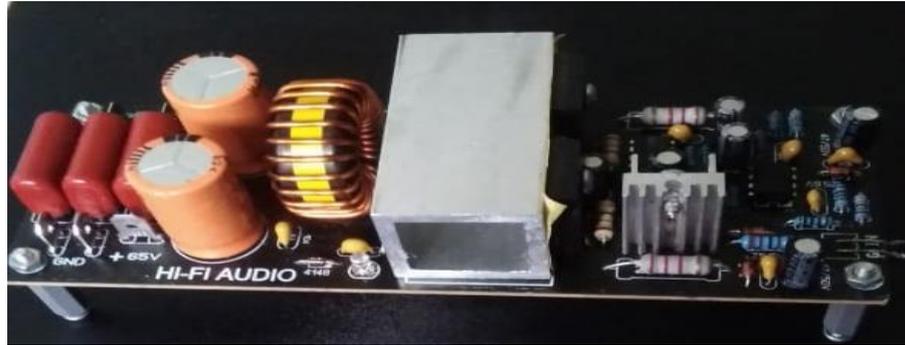
Gambar 3. 3 Trafo Step Up 5 Ampere

3.2.2 Menyiapkan Half-Bridge Class D

Pada tahap selanjutnya yaitu menyiapkan kit sebuah driver *Half-Bridge Class D Amplifier* sebagai fokus utama pada perakitan inverter *pure sine* ini. Pemilihan Class D Amplifier ini merujuk ke teori class D itu sendiri yang mana mempunyai karakteristik flat dan mempunyai efisiensi yang paling tinggi dari jenis yang lainnya. Di rangkai secara *half-bridge* karena selain dapat menekan biaya juga sebagai penelitian eksperimen bagi penulis agar dapat menganalisa *output* yang di keluarkan pada *Amplifier Class D* apakah ketika dirancang secara *half-bridge* dapat mendapatkan *output* yang mendekati 220 V



Gambar 3. 4 Rangkaian Class D Amplifier



Gambar 3. 5 Driver Class D

3.2.3 Menyiapkan Function Generator + Level Control

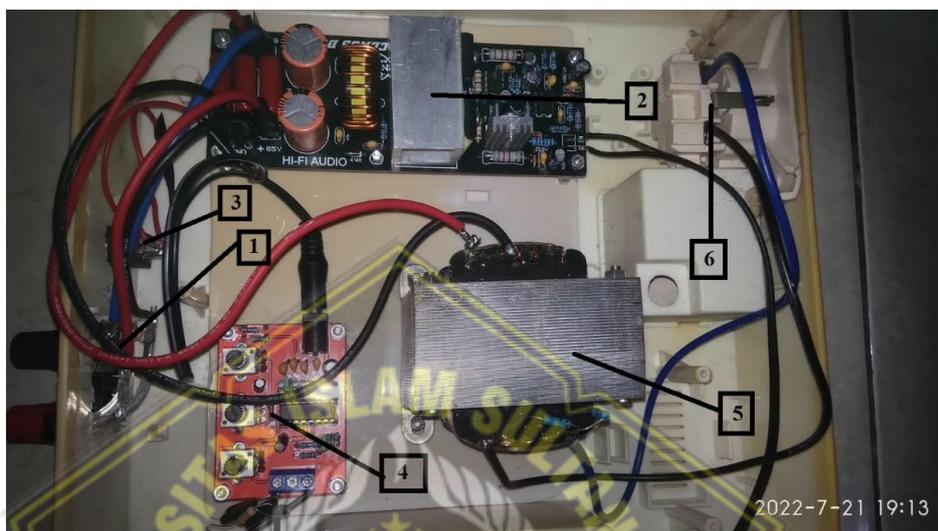
Pada tahap berikutnya yaitu perancangan kit *function Generator + level Control*. Kit *function generator* pada perakitan tugas akhir ini juga tidak kalah penting dari Amplifier Class D karena dimana alat inilah yang nantinya akan digunakan sebagai *input* sumber pembangkit frekuensi yang dialirkan ke amplifier class D yang mana *output* dari *function generator* ini dapat menghasilkan gelombang sinus murni yang dapat di atur frekuensinya dari yang terkecil 10 Hz sampai 100 Hz.



Gambar 3. 6 Function Generator

3.2.4 Proses Perakitan

Tahap selanjutnya yaitu perakitan seluruh komponen menjadi fungsi sebuah inverter dengan *output* gelombang sinus murni, perakitan keseluruhan komponen inverter ini bisa dilihat pada gambar berikut



Gambar 3. 7 Rangkaian Keseluruhan Inverter

Pada gambar diatas adalah sebuah tampilan rangkaian inverter *pure sine* menggunakan half-bridge amplifier yang telah di letakan di box dengan keterangan nomor sebagai berikut

1. Sumber tegangan baterai 48 V
2. *Half-Bridge Class D Amplifier*
3. Sumber tegangan baterai 12 V
4. Function generator
5. Trafo step up nonCT 5 Ampere
6. Stop kontak *output* inverter

Pada gambar yang telah di beri nomor petunjuk dapat sedikit menjelaskan sebuah langkah – langkah pengkabelan pada inverter tersebut. Langkah awal yang dilakukan dalam merakit inverter ini yaitu menyambungkan semua komponen diantaranya dari sebuah sumber tegangan baterai 48 V (yang ditunjukkan pada gambar dengan nomor 1) yang dihubungkan *input + (plus)* dan *- (minus)* pada rankaian dengan kabel untuk mensuplay amplifier class D (2) agar dapat on. Setelah

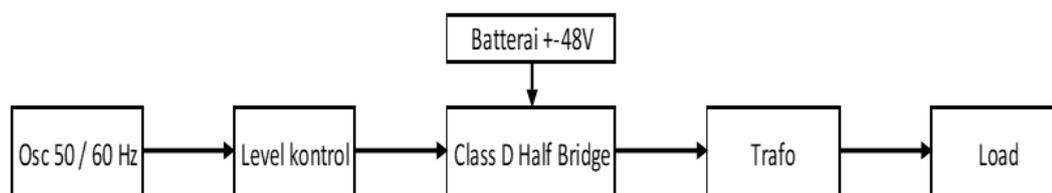
berhasil teraliri tegangan dari baterai dan lampu indikator rangkaian class D menyala.

Langkah selanjutnya dalam merakit invertir ini adalah memberi *input* frekuensi 50 Hz atau 60 Hz pada amplifler class D agar dapat menghasilkan gelombang sinus murni yaitu dengan cara memberi suplay 12 V (3) ke *input* function generator (4), pada *function generator* terdapat beberapa pilihan gelombang seperti gelombang sinus, *triangle*, *square* dan juga terdapat pilihan tinggi rendahnya frekuensi yang akan digunakan. Pada perancangan inverter ini pada function generator di setting dengan keluaran gelombang sinus dan pada frekuensi di setting pada range 10-100 Hz. Setelah jenis gelombang dan range frekuensi sudah di setting langkah selanjut ialah menyambungkan *output* dari function generator (4) dengan kabel dengan cara di jumperkan ke *input* dan ground pada rangkaian amplifler class d (2).

Langkah terakhir yang dilakukan setelah antara baterai 48 V (1) dan 12 V (3), function generator (4) dan class D amplifler (2) sudah terhubung yaitu menghubungkan *output* dari rangkaian class D amplifler (2) ke *input* trafo step up (5) yang mana dihubungkan ke 0 V dan 18 V pada sisi Primer dan *output* yang digunakan 0 V dan 220 V di sisi sekunder dan setelah itu *output* dari trafo step up (5) yang sekunder 0 V dan 220 V di jumper ke stop kontak (6) dimana nanti akan diberi beban untuk penelitian dan pengambilan data.

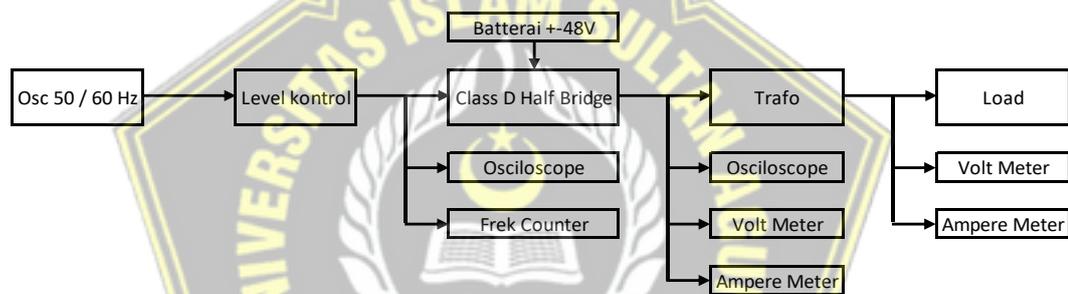
3.3 Diagram Blok

Pada tahap berikutnya perancangan rangkain secara keseluruhan dalam bentuk visual dilakukan untuk memperjelas alur penyusunan dan juga alur pengukuran alat pada tugas akhir yang akan di buat. Alur penyusunan dan pengukuran dalam bentuk diagram blok akan di jelaskan sebagai berikut.



Gambar 3. 8 Blok Diagram Invertee

Diagram blok yang pertama akan menjelaskan alur penyusunan inverter *pure sine* menggunakan *Half-Bridge Class D Amplifier* secara visual. Tahap awal yang harus dilakukan yaitu menghubungkan *Half-Bridge Class D Amplifier* ke sumber tegangan Baterai $\pm 48\text{V}$ agar driver dapat berfungsi sebagaimana mestinya, selanjutnya agar class D dapat mengeluarkan gelombang sinus seperti yang diinginkan hubungkan *function generator* ke level *control* agar *output* frekuensi dapat diatur ke range 50/60 Hz baru setelah itu dihubungkan ke driver class D. Setelah class D sudah dapat mengeluarkan gelombang sinus hubungkan ke trafo step up bertujuan untuk menaikkan tegangan agar dapat mendekati seperti nilai sumber tegangan yang di berikan oleh PLN yaitu 220 V. Dan yang terakhir menghubungkan *output* trafo ke load.



Gambar 3. 9 Blok Diagram Pengukuran Inverter

Pada diagram blok selanjutnya yaitu menjelaskan tentang alur pengecekan penyetelan secara visual pada *inverter* yang telah terangkai. Pada penyetelan tugas akhir ini penulis menggunakan 4 alat ukur diantaranya yaitu :

1. Oscilloscope

Penggunaan oscilloscope pada perancangan alat inverter ini sangat penting karna untuk mengetahui gelombang yang di hasilkan oleh inverter apakah dengan di suplay frekuensi 50 & 60 Hz sudah bisa mendapatkan atau mendekati gelombang sinus yang di inginkan dan *oscilloscope* yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut [16] :

Tabel 3. 1 Spesifikasi *Oscilloscope*

SPESIFIKASI	
OUTPUT SIGNAL	Voltage : approx. 25mV/ into 50 Frequency response : DC ~ 10MHz 1kHz square wave, 2Vpp 2%
Sensitivity	2mV~5V/ , 11 step in 1-2-5 sequencediv
Sensitivity ACcurACy	3% (5 at the center of display)div
Vernier Vertical Sensitivity	Continuously variable to 1/2.5 or less of panel-indicate value
Bandwidth(-3dB)	DC~200MHz (5mV/div:DC~150MHz) ; (2mV/div:DC~20MHz)
Rise Time	1.75ns (5mV/div:2.33ns) ; (2mV/div:17.5ns)
Signal Delay	Leading edge can be monitored
Max. Input Voltage	400V(DC+AC) at 1kHz or less
Input Coupling	AC, DC, GND
Input Impedance	1M 2% // approx. 25Pf
Vertical Mode	CH1,CH2,DUAL(CHOP/ALT), ADD, CH2 INV.
Bandwidth Limited	20MHz
Common-Mode Rejection Ratio	50:1 or better at 50kHz
Dynamic Range	8 div at 100MHz; 5 div at 200MHzdiv div
POWER SOURCE	AC 100V/120V/230V, 50/60Hz
DIMENSIONS & WEIGHT	310(W) x 150(H) x 470(D) mm ; Approx. 9kg

Gambar 3. 10 *Oscilloscope*

2. Frekuensi Counter

Frekuensi counter pada perakitan tugas akhir ini digunakan untuk mengetahui frekuensi yang dihasilkan oleh *function generator* sudah

mencapai nilai yang di inginkan yaitu 50 & 60 Hz. Yang pengukurannya sudah di tampilkan pada diagram blok diatas. Frekuensi *counter* yang dipakai memiliki spesifkasi sebagai berikut [17] :

Tabel 3. 2 Spesifikasi Frekuensi Counter

SPECIFICATIONS	
DISPLAY	8 digits with Hz, KHz, MHz, GHz, S, mS, nS and overflow
GATE TIME	Variable from 10ms to 10s
CHANNEL A	
Range	DC coupled 0.01Hz - 120MHz AC coupled 30Hz - 120MHz
Sensitivity	10mV rms typical, 50mV rms max
Coupling	AC or DC switchable
CHANNEL B	
Range	50MHz to 2.7GHz
Sensitivity	50mVrms (10mVrms typical)
Coupling	AC only
POWER SOURCE	AC 100V/120V/220V/230, 50/60Hz



Gambar 3. 11 Frekuensi Counter

3. Volt Meter

Pada perancangan inverter *pure sine* ini juga membutuhkan alat ukur volt meter bahkan juga tak kalah penting dari alat ukur yang disebutkan diatas sebelumnya. karena pada pembuatan tugas akhir ini penulis memfokuskan hasil dari *output* inverter yaitu 220 VAC. Multimeter digunakan untuk mengukur tegangan yang dihasilkan oleh inverter untuk mengetahui apakah *output* yang dihasilkan sudah mendekati dari *output* yang diinginkan oleh penulis yang nantinya juga di pakai untuk pengambilan data.



Gambar 3. 12 Volt Meter

4. Ampere Meter

Dan alat ukur yang terakhir yaitu ampere meter atau clamp meter penggunaan ampere meter ini untuk mengetahui arus yang dihasilkan dari *output* pada pengukuran inverter yang mana sisi pengukuranya di perlihatkan pada diagram blok diatas gambar 3.7.



Gambar 3. 13 *Clamp Mater*

Semua alat yang disebutkan diatas digunakan untuk tahap pengecekan pada tiap2 tahapan perancangan yang bertujuan agara mengetahui nilai *output* yang di keluarkan. Dan nilai tersebut nantinya akan diambil sebagai data terukur untuk diolah dan dianalisa sehingga dapat di tarik kesimpulan pada pembuatan alat tugas akhir ini. Pada pengetesan pertama di lakukan pada *output level control* yang telah terhubung ke *function generator* setelah itu dikur menggunakan *oscilloskop* dan frekuensi Counter yang bertujuan untuk mengetahui gelombang juga nilai frekuensi yang dikeluarkan pada *function generator*. Tahap yang kedua masih menggunakan *Oscilloscope* hanya saja pada tahap ini menggunakan tambahan alat ukur seperti *Volt Meter* dan *Ampare Meter* untuk mengetahui nilai tegangan dan arus yang dihasilkan driver class D sebelum di hubungkan ke trafo *step up*. Dan pada tahap yang terakhir menggunakan dua alat ukur yaitu *Volt Meter* dsn *Ampare Meter* untuk mengetahui nilai yang di hasilkan dari trafo *step up*.

BAB IV

ANALISA DATA

Pada bab berikutnya akan menyajikan sebuah data hasil pengukuran inverter *pure sine Half-Bridge Class D Amplifier* yang meliputi 7 tahap pengukuran dengan menggunakan beban lampu pijar sebesar 60 Watt yang dimana setiap tahapan dilakukan sebanyak 30 percobaan dan dikerucutkan menjadi 10 percobaan dengan cara mengambil rata-rata pada setiap percobaan. Dan 7 tahap pengukuran yang dilakukan yaitu meliputi sebagai berikut :

1. Frekuensi (Hz)
2. Tegangan + (VDC)
3. Tegangan – (VDC)
4. Tegangan Primer Trafo (VAC)
5. Tegangan Sekunder Trafo (VAC)
6. Arus Primer Trafo (Ampere)
7. Arus Sekunder Trafo (Ampere)

Setelah semua yang disebutkan diatas sudah terukur dan data sudah tercatat. Langkah selanjutnya yaitu mengolah data yang sudah diambil dengan fokus mencari rata – rata, *deviasi* (simpangan), rata-rata *deviasi*, *error*, akurasi dan presisi pada semua tahapan yang di lakukan agar dapat dijelaskan sebagai analisa dan dapat ditarik kesimpulan pada tugas akhir ini.

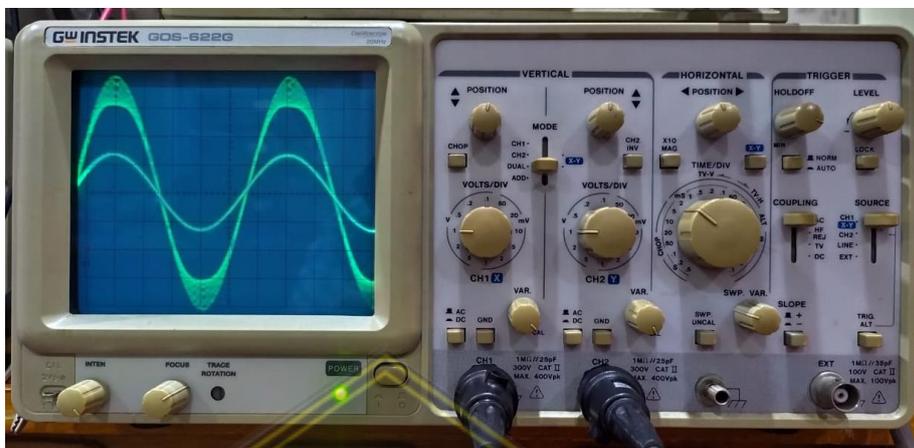
4.1 Pengujian Alat

Pada tahap selanjutnya ialah pengujian alat tugas akhir yang telah selesai di rangkai guna beranjak ke tahap berikutnya yaitu pengambilan data.

4.1.1 Pengujian Menggunakan Lampu 48 V

Pengujian awal yang di lakukan agar mengetahui bahwa class d amplifier sudah memiliki *output* AC dengan cara memberi beban lampu pijar 12 V yang dirangkai secara seri sejumlah 4 (empat) buah yang di hubungkan ke *output* dari class D amplifier dan juga mengukurnya menggunakan *osiloscope* untuk

mengetahui *output* gelombang yang dihasilkan dan mengaturnya melalui *level control* agar dapat menghasilkan sinus yang sempurna.



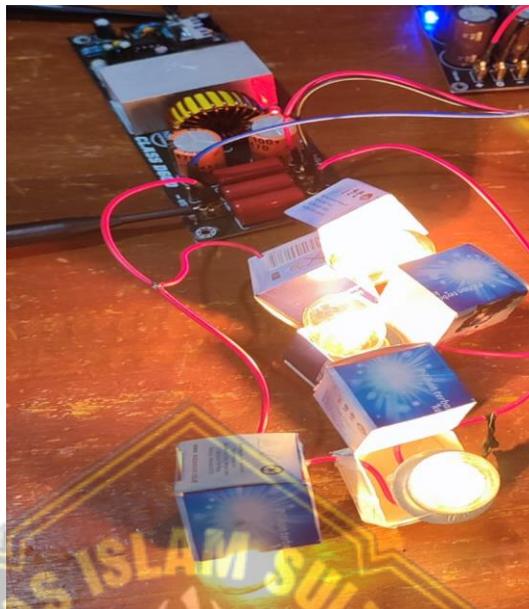
Gambar 4. 1 Gelombang Sinus Pada *Oscilloscope*

Dalam waktu pengaturan *level control function generator* juga di hubungkan ke AFG untuk menampilkan frekuensi yang digunakan sekarang agar tidak kurang dari 50 Hz dan juga tidak melebihi 60 Hz.



Gambar 4. 2 Pengukuran *Frekuensi Output Function Generator*

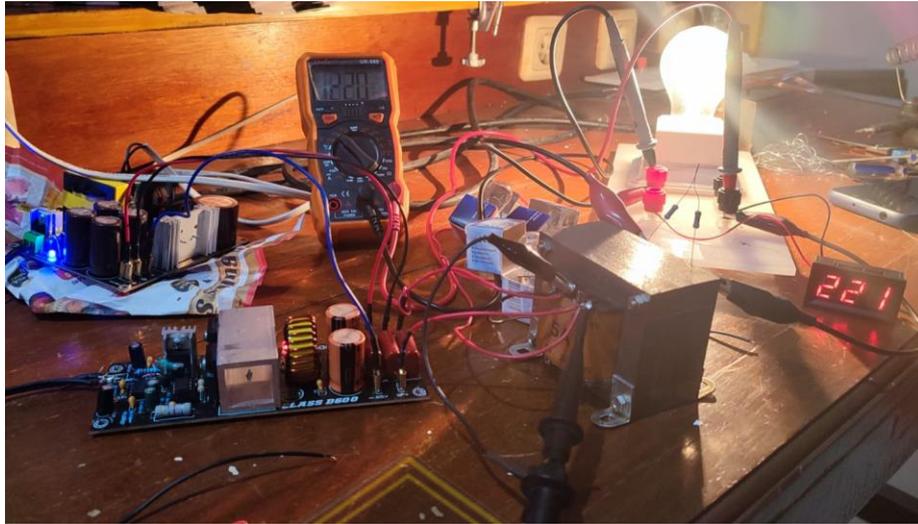
Pengukuran menggunakan multimeter juga dilakukan agar dapat mengetahui tegangan pada *input class D* dan *output* yang dihasilkan pada *class D*. Dan pengukuran yang terakhir yaitu menggunakan ampere meter bertujuan untuk mengetahui arus yang mengalir pada *output* amplifier class D. Pada pengujian awal ini belum terpasang transformator *step up* untuk menaikkan tegangan karan pada tahap pengujian awal hanya untuk mengetahui apakah dalam perakitan class D sudah benar dengan melihat keluaran yang dihasilkan.



Gambar 4. 3 Pengujian *Output* Inverter Menggunakan Lampu 48 V

4.1.2 Pengujian Menggunakan Trafo *Step Up*

Pada tahap pengujian kedua dimana rangkaian yang pada tahap awal pengujian hanya menggunakan lampu pijar dengan watt yang kecil dan tanpa ada tambahan transformator *step up*. Sekarang pada tahap kedua ini rangkaian inverter tadi di tambah dengan trafo *step up* dengan spesifikasi 5 Ampere nonct yang bertujuan untuk menaikkan tegangan dari 48 V agar dapat mencapai tegangan yang diinginkan yaitu mendekati 220 V, dengan pemasangan dimana *output* dari rangkaian class D amplifier yang bertuliskan bertuliskan GND (*ground*) dihubungkan ke *input* Primer trafo yang 0 V dan sedangkan yang *output* yang bertuliskan SP (*speaker*) dihubungkan ke *input* primer trafo yang 18 V. Setelah terpasang sambungkan dari *output* sekunder transformator yang bertuliskan 0 V dan 220 V ke stop kontak untuk melanjutkan ke langkah selanjutnya yaitu pemberian beban. Pada tahap kedua ini beban yang diberikan lebih besar dari beban yang pertama yaitu sebuah lampu pijar sebesar 60 watt. Setelah semua pengkabelan terpasang dengan benar pengujian tahap kedua dapat di laksanakan



Gambar 4. 4 Pengujian *Output* Trafo Menggunakan Beban Lampu Pijar

Pada tahap kedua ini proses pengukuran juga sama menggunakan *osiloscope* untuk melihat gelombang yang dihasilkan dan mengaturnya lewat level *control* agar mendapatkan gelombang sinus yang terbaik. Juga menghubungkan *function generator* ke *function generator* agar dapat dilihat *output* angka frekuensi yang digunakan sekarang dan cara pemasangan *function generator* ini yaitu probe + (*plus*) mendapatkan *output* + (*plus*) pada *function generator* dan *probe ground* juga mendapatkan *output* yang bertuliskan *ground* pada *function generator*. Pengukuran selanjutnya yaitu menggunakan multimeter untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan pada sisi bagian primer trafo juga sisi bagian sekunder trafo, juga agar mengetahui trafo apakah berfungsi dengan baik sebagai penaik tegangan seperti jenisnya yaitu trafo *step up*. Pada pengukuran selanjutnya yaitu menggunakan ampere meter untuk mengukur arus yang mengalir dari *output class D amplifier* ke *input primer trafo step up*, dan diukur juga arus pada *output sekunder*



Gambar 4. 5 Hasil Pengukuran Frekuensi



Gambar 4. 6 Bentuk Gelombang Pada Output Inverter

Pada pengukuran inverter dan *function generator* menggunakan *oscilloscope* yang mana pada CH1 yang digunakan untuk menampilkan keluaran gelombang dari *function generator*, *oscilloscope* diatur pada selektor 1 volt/div, pada probe di atur kali 10 dan 5 ms pada time/div, didapatkan keluaran gelombang sinus seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.6. yang bagian atas, dimana pada vp terbaca 1 div sedangkan vpp terbaca 2 div yang mana 1 div nya memiliki nilai 10 volt. Sehingga vp memiliki nilai 10 volt dan pada vpp 20 volt.

Pada CH2 yang digunakan untuk mengukur keluaran gelombang dari inverter class D, dimana selektor pada *oscilloscope* diatur ke 1 volt/div, pada probe di atur kali 10 dan 5 ms pada time/div, didapatkan keluaran gelombang sinus yang lebih baik seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.6. yang bagian bawah. dimana pada vp terbaca 2,4 div sedangkan vpp terbaca 4,8 div yang mana 1 div nya memiliki nilai 10 volt. Sehingga vp memiliki nilai 24 volt dan pada vpp 48 volt.

4.2 Hasil Pengukuran Inverter

Pengukuran pada inverter ini dilakukan sebanyak 2 sesi. Sesi pertama yang dilakukan yaitu memberi *input* inverter *puresine Half-Bridge Class D Amplifier* dengan tegangan + (*plus*) dan - (*minus*) sebesar 48 VDC. Dan pada level *control function generator* di atur pada nilai 50 Hz. Setelah inverter siap selanjutnya masuk pada tahap pengukuran yang dimana saat diukur inverter diberi beban lampu pijar sebesar 60 Watt dan mendapatkan nilai pengukuran sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Tabel Keterangan

Keterangan Tabel	
Frek	Frekuensi
V+	Tegangan Plus
V-	Tegangan Minus
Vpt	Tegangan Primer Trafo
Vst	Tegangan Sekunder Trafo
W Load	watt Lampu yang digunakan
Ipt	Arus Primer Trafo
Ist	Arus Sekunder Trafo

Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Keseluruhan Inverter Pada Frekuensi 50 Hz

NO	Frek (Hz)	V+ (VDC)	V- (VDC)	Vpt (VAC)	Vst (VAC)	Ipt (A)	Ist (A)
1	50.26	47.70	48.10	23.97	217	3.64	0.289
2	50.28	47.63	47.93	24.17	217	3.67	0.289
3	50.29	48.00	47.40	24.30	218	3.68	0.289
4	50.28	47.97	48.23	24.33	218	3.69	0.288
5	50.28	47.90	47.77	24.40	218	3.70	0.288
6	50.27	47.60	47.40	24.40	218	3.68	0.288
7	50.28	47.60	48.20	24.40	218	3.69	0.288
8	50.28	47.70	47.53	24.40	218	3.69	0.288
9	50.28	47.53	47.30	24.50	218	3.68	0.287
10	50.28	47.63	48.03	24.50	218	3.68	0.29

Diatas adalah hasil pengukuran pada sesi pertama dengan menggunakan beban lampu pijar 60 Hz dengan suplay frekuensi sebesar 50 Hz yang sudah dihitung rata-ratanya pada tiap percobaan.

Selanjutnya yaitu sesi ke 2 pengukuran yang di lakukan sama seperti pada sesi pertama pada sesi ini juga menggunakan suplay $+48$ VDC hanya saja pada sesi ini yang membedakan yaitu pada function generator diatur mencapai nilai frekuensi sebesar 60 Hz. Setelah frekuensi selesai diatur tahap berikutnya ialah diukur secara keseluruhan dan mendapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Keseluruhan Inverter Pada Frekuensi 60 Hz

NO	Frek (Hz)	V+ (VDC)	V- (VDC)	Vpt (VAC)	Vst (VAC)	Ipt (Ampere)	Ist (Ampere)
1	60.00	47.70	48.23	23.87	217	3.73	0.29
2	60.00	47.60	48.07	23.90	217	3.73	0.29
3	60.00	47.63	48.30	23.90	217	3.72	0.29
4	60.00	47.60	48.10	23.90	217	3.72	0.29
5	60.00	47.63	48.20	23.90	217	3.72	0.29
6	60.00	47.53	48.03	23.90	217	3.71	0.29
7	60.00	47.97	48.27	23.90	217	3.71	0.29
8	60.00	47.70	48.07	23.90	216	3.71	0.29
9	60.00	48.00	47.53	23.90	216	3.71	0.29
10	60.00	47.57	47.77	24.00	215	3.71	0.29

Dan tabel diatas adalah hasil dari pengukuran inverter dengan frekuensi yang disetting function generator pada nilai 60 Hz dengan diberi beban yang sama yaitu 1 (satu) lampu pijar sebesar 60 Watt. Dari dua tabel tersebut setiap hasil dari tahap pengukuran akan diolah dan dicari *deviasi*, rata- rata *deviasi*, *error*, akurasi.

4.3 Pengukuran Tegangan Pada Frekuensi 50 Dan 60 Hz

Pada perancangan inverter ini tegangan yang diukur yaitu berupa tegangan masukan yang acuanya sebesar ± 48 VDC dan terminal tegangan Primer trafo adalah 25 VAC juga terminal tegang sekunder trafo adalah 220 VAC dengan *input* frekuensi kerja sebesar 50 & 60 Hz.

4.3.1 Tegangan VDC pada frekuensi 50 Hz

Pada pengukuran VDC dengan frekuensi 50 Hz di dapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Tegangan AC Pada Frekuensi 50 Hz

NO	V+ (VDC)	V- (VDC)	Deviasi V+	Deviasi V-
1	47.70	48.10	0.027	0.310
2	47.63	47.93	0.093	0.143
3	48.00	47.40	0.273	0.390
4	47.97	48.23	0.240	0.443
5	47.90	47.77	0.173	0.023
6	47.60	47.40	0.127	0.390
7	47.60	48.20	0.127	0.410
8	47.70	47.53	0.027	0.257
9	47.53	47.30	0.193	0.490
10	47.63	48.03	0.093	0.243
Rata-rata	47.73	47.79	0.14	0.31

Dengan hasil diatas yang sudah diambil rata – rata pada setiap tahapanya selanjutnya akan mencari *deviasi* / simpangan pada setiap percobaanya menggunakan software excel dengan perhitungan sebagai berikut:

Dimana nilai deviasi diperoleh dari nilai terukur V+ di kurangi nilai rata-rata,

Diketahui :

$$V+ = 47.70 \text{ VDC}$$

$$\text{Rata-rata} = 47.73 \text{ VDC}$$

$$\text{Dicari} = \text{Deviasi ?}$$

$$\text{Maka} = V+ - \text{Rata-rata} = \text{deviasi}$$

$$47.70 - 47.73 = 0.027$$

$$\text{Deviasi} = 0.027 \text{ VDC}$$

Pada pengolahan data berikutnya yaitu mencari error pada nilai terukur yang mana setiap sisi memiliki nilai acuan sebagai berikut:

$$V+ = 48 \text{ VDC}$$

$$V- = 48 \text{ VDC}$$

Untuk mengetahui nilai error pada setiap sisi maka harus melakukan perhitungan seperti yang di tunjukan di rumus 2.6

Diketahui:

Nilai acuan = 48 VDC

Nilai rata-rata = 47.73 VDC

Dicari = *error?*

$$\text{Maka: } error = \left(\frac{\text{nilai acuan} - \text{nilai rata-rata}}{\text{nilai acuan}} \right)$$

$$error = \left(\frac{48 - 47.73}{48} \right) = 0.01$$

Nilai *Error* pada V_+ = 0.01

Pada pengolahan data berikutnya yaitu mencari akurasi yang rumusnya tercantum dilandaskan teori yang ditunjukkan pada rumus 2.7

Diketahui:

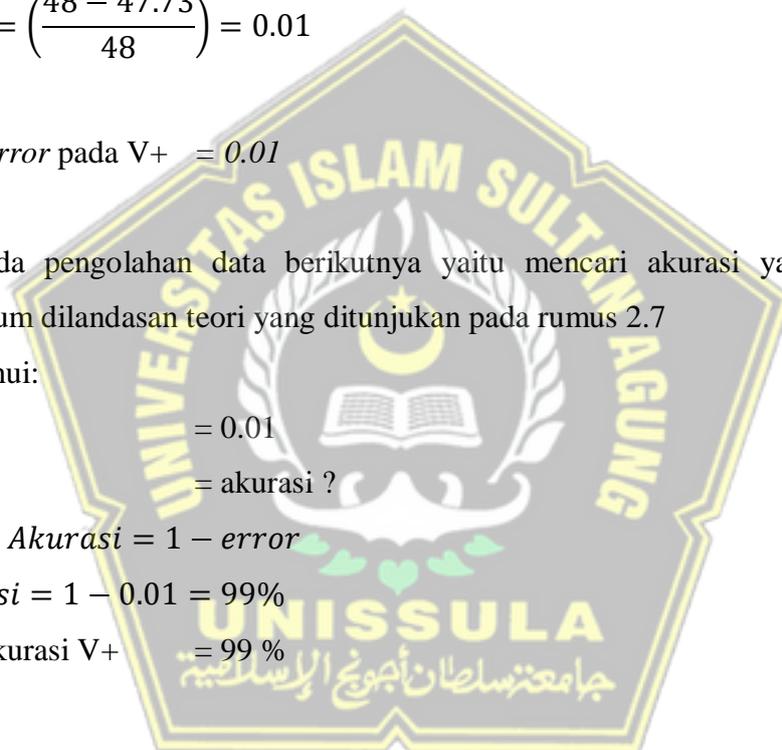
Error = 0.01

Dicari = akurasi ?

Maka : *Akurasi* = $1 - error$

Akurasi = $1 - 0.01 = 99\%$

Nilai akurasi V_+ = 99 %



Pada pengolahan data pengukuran diatas dengan percobaan inverter *puresine* menggunakan *Half-Bridge Class D Amplifier* dengan sumber *input* ± 48 VDC dengan frekuensi 50 Hz yang diberi beban lampu pijar sebesar 60 watt di dapatkan rata-rata *deviasi* 0.14 pada tegang + (plus) VDC dan di tegangan – (minus) di dapatkan hasil rata-rata *deviasi* yang sedikit lebih besar dari tegangan + yaitu 0.31. Sedangkan *error* dalam percobaan ini yaitu sebesar 0.01 pada + VDC sedangkan pada –VDC mendapatkana nilai 0.004. Dan pada akurasi pada pengukuran ini di dapatkan nilai sebesar 99% untuk +VDC sedangkan pada –VDC didapatkan nilai yang sama yaitu 99%

4.3.2 Tegangan VAC pada frekuensi 50 Hz

Pada pengukuran tegangan VAC dengan sumber frekuensi 50 Hz ini dilakukan menjadi 2 tahap pengukaran yang pertama pengukuran pada tegang Primer trafo dan yang kedua diukur pada bagian sekunder trafo. Pengukuran yang dilakukan menggunakan alat ukur multimeter yang mendapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Hasil Pengukuran Tegangan AC Pada Frekuensi 50 Hz

NO	Vpt (VAC)	Vst (VAC)	Deviasi vpt	Deviasi vst
1	23.97	217	0.370	0.800
2	24.17	217	0.170	0.800
3	24.30	218	0.037	0.200
4	24.33	218	0.003	0.200
5	24.40	218	0.063	0.200
6	24.40	218	0.063	0.200
7	24.40	218	0.063	0.200
8	24.40	218	0.063	0.200
9	24.50	218	0.163	0.200
10	24.50	218	0.163	0.200
Rata-rata	24.34	217.80	0.12	0.32

Pada tabel hasil pengukuran diatas merupakan tabel yang sudah diolah di software excel dengan rumus yang sama dengan rumus yang di pakai pada pengolahan data 4.2.1 dan menghasilkan nilai rata-rata pada pengukuran, *deviasi*, rata-rata *deviasi*, *error* dan akurasi. Dengan perhitungan sebagai berikut :

Dimana nilai deviasi diperoleh dari nilai terukur V_{pt} di kurangi nilai rata-rata,

Diketahui :

$$V_{pt} = 23.97 \text{ VAC}$$

$$\text{Rata-rata} = 24.34 \text{ VAC}$$

$$\text{Dicari} = \text{Deviasi ?}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka} &= V_{pt} - \text{Rata-rata} = \text{deviasi} \\ &23.97 - 24.34 = 0.370 \end{aligned}$$

$$\text{Deviasi} = 0.370 \text{ VAC}$$

Pada pengolahan data berikutnya yaitu mencari error pada nilai terukur yang mana setiap sisi memiliki nilai acuan sebagai berikut:

$$V_{pt} = 25 \text{ VAC}$$

$$V_{st} = 220 \text{ VAC}$$

Untuk mengetahui nilai error pada sisi v_{pt} maka harus melakukan perhitungan seperti yang di tunjukan di rumus 2.6

Diketahui:

$$\text{Nilai acuan } V_{pt} = 25 \text{ VAC}$$

$$\text{Nilai rata-rata } V_{pt} = 47.73 \text{ VAC}$$

$$\text{Dicari} = \text{error?}$$

$$\text{Maka: } \text{error} = \left(\frac{\text{nilai acuan} - \text{nilai rata-rata}}{\text{nilai acuan}} \right)$$

$$\text{error} = \left(\frac{25 - 24.34}{25} \right) = 0.35$$

$$\text{Nilai Error pada } V_{+} = 0.35$$

Pada pengolahan data berikutnya yaitu mencari akurasi yang rumusnya tercantum dilandasan teori yang ditunjukkan pada rumus 2.7

Diketahui:

$$\text{Error} = 0.35$$

$$\text{Dicari} = \text{akurasi ?}$$

$$\text{Maka : Akurasi} = 1 - \text{error}$$

$$Akurasi = 1 - 0.35 = 65\%$$

$$\text{Nilai akurasi } V+ = 65\%$$

Dan perhitungan seperti diatas juga dilakukan untuk mencari deviasi, error, akurasi pada tegangan sekunder trafo (Vst).

Pada pengukuran inverter dengan diberi beban lampu pijar sebesar 60 Watt yang dilakukan 10 kali percobaan mendapatkan rata-rata pengukuran 24.34 pada +VAC dan 217.80 pada – VAC. Rata-rata *deviasi* yang di peroleh pada pengukuran ini yaitu sebesar 0.12 pada +VAC dan pada – VAC mendapatkan rata-rata *deviasi* sebesar 0.32. Pada pengukuran inverter ini terdapat *error* sebesar 0.35 pada + VAC dan *error* pada – VAC sebesar 0.01. pengukuran yang dilakukan pada tegangan Primer trafo mendapat akurasi sebesar 65% sedangkan pada tegangan sekunder trafo sebesar 99%.

4.3.3 Arus Pada Frekuensi 50 Hz

Pada tugas akhir ini penulis juga mengukur arus yang mengalir pada inverter *pure sine Half-Bridge Class D Amplifier*. Pada pengukuran arus ini dilakukan 2 tahapan, yang pertama yaitu pengukuran arus Primer trafo dan yang kedua pengukuran arus pada sekunder trafo. Pada saat pengukuran arus inverter dalam keadaan diberi beban lampu pijar sebesar 60 watt dan di dapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

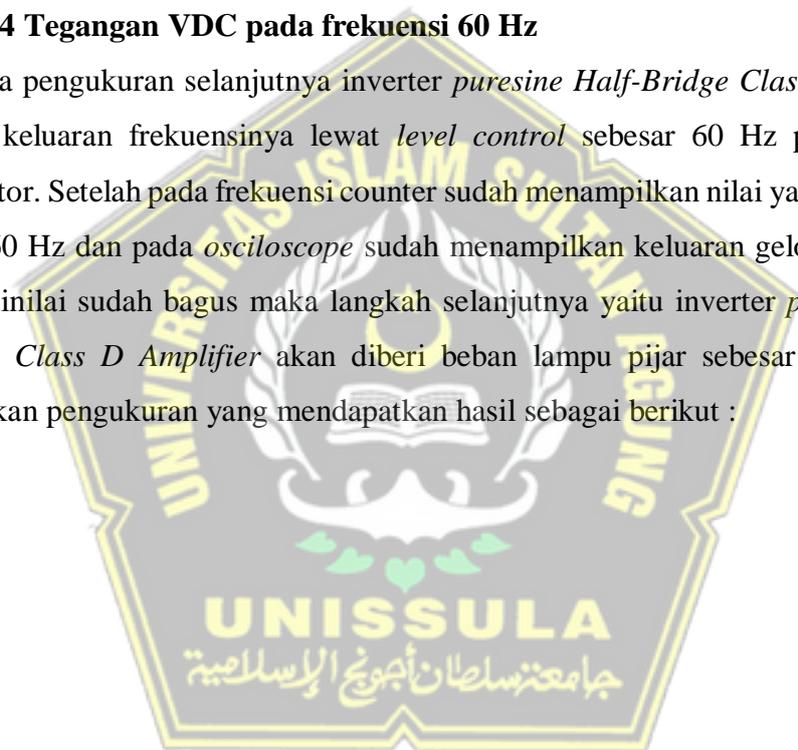
Tabel 4. 6 Hasil Pengukuran Arus Pada Frekuensi 50 Hz

NO	Ipt (Ampere)	Ist (Ampere)
1	3.64	0.289
2	3.67	0.289
3	3.68	0.289
4	3.69	0.288
5	3.70	0.288
6	3.68	0.288
7	3.69	0.288
8	3.69	0.288
9	3.68	0.287
10	3.68	0.29
Rata-rata	3.68	0.29

Pada pengukuran arus juga di lakukan 30 kali percobaan lalu dikerucutkan menjadi 10 dengan cara mengambil rata-rata pada tiap pengukuran dan setelah itu dari 10 kali percobaan diperoleh rata-rata pada setiap percobaan sebesar 3.68 A pada arus Primer trafo dan 0.29 A pada arus sekunder trafo. Pada pengukuran arus ini tidak di cari *deviasi*, *error*, akurasi karena pada fokus pembuatan inverter ini yaitu pada tegangan *output* yang dihasilkan. jadi pada arus hanya untuk data kedepanya ketika ada yang mau mengembangkan lebih lanjut pada inverter ini dengan merancang penguat ini secara *full-bridge*.

4.3.4 Tegangan VDC pada frekuensi 60 Hz

Pada pengukuran selanjutnya inverter *puresine Half-Bridge Class D Amplifier* diatur keluaran frekuensinya lewat *level control* sebesar 60 Hz pada function generator. Setelah pada frekuensi counter sudah menampilkan nilai yang diinginkan yaitu 60 Hz dan pada *oscilloscope* sudah menampilkan keluaran gelombang sinus yang dinilai sudah bagus maka langkah selanjutnya yaitu inverter *puresine Half-Bridge Class D Amplifier* akan diberi beban lampu pijar sebesar 60 watt dan dilakukan pengukuran yang mendapatkan hasil sebagai berikut :



Tabel 4. 7 Hasil Pengukuran Tegangan DC Pada Frekuensi 60 Hz

NO	V+ (VDC)	V- (VDC)	Deviasi V+	Deviasi V-
1	47.70	48.23	0.007	0.177
2	47.60	48.07	0.093	0.010
3	47.63	48.30	0.060	0.243
4	47.60	48.10	0.093	0.043
5	47.63	48.20	0.060	0.143
6	47.53	48.03	0.160	0.023
7	47.97	48.27	0.273	0.210
8	47.70	48.07	0.007	0.010
9	48.00	47.53	0.307	0.523
10	47.57	47.77	0.127	0.290
Rata-rata	47.69	48.06	0.12	0.17

Pada hasil pengukuran tegangan inverter yang di rancang pada tugas akhir ini yang mana frekuensinya diatur pada nilai 60 Hz juga sama seperti pada pengukuran sebelumnya yang menggunakan frekuensi 50 Hz yaitu mencari nilai rata-rata pengukuran, *deviasi*/simpangan, rata-rata *deviasi*, *error*, akurasi menggunakan software excel yang mendapatkan hasil seperti yang di tunjukan pada tabel diatas. Pada pengukuran ini pada V+ didapatkan *error* dengan nilai 0,01 dan mendapatkan nilai akurasi sebesar 0,99. Sedangkan pada V- didapatkan nilai *error* 0,00 dengan nilai akurasi 1,00.

4.3.5 Tegangan VAC pada frekuensi 60 Hz

Pada pengukuran VAC di frekuensi 60 Hz dengan beban lampu pijar sebesar 60 watt di dapatkan nilai pengukuran sebagai berikut:

Tabel 4. 8 Hasil Pengukuran Tegangan AC Pada Frekuensi 60 Hz

NO	Vpt (VAC)	Vst (VAC)	Deviasi vpt	Deviasi vst
1	23.87	217	0.040	0.400
2	23.90	217	0.007	0.400
3	23.90	217	0.007	0.400
4	23.90	217	0.007	0.400
5	23.90	217	0.007	0.400
6	23.90	217	0.007	0.400
7	23.90	217	0.007	0.400
8	23.90	216	0.007	0.600
9	23.90	216	0.007	0.600
10	24.00	215	0.093	1.600
Rata-rata	23.91	216.60	0.02	0.56

Pada tabel diatas dari hasil pengukuran pada alat data telah diolah oleh penulis untuk mengetahui rata-rata *deviasi*, *error*, akurasi dan presisi seperti yang telah di tampilkan pada tabel diatas.

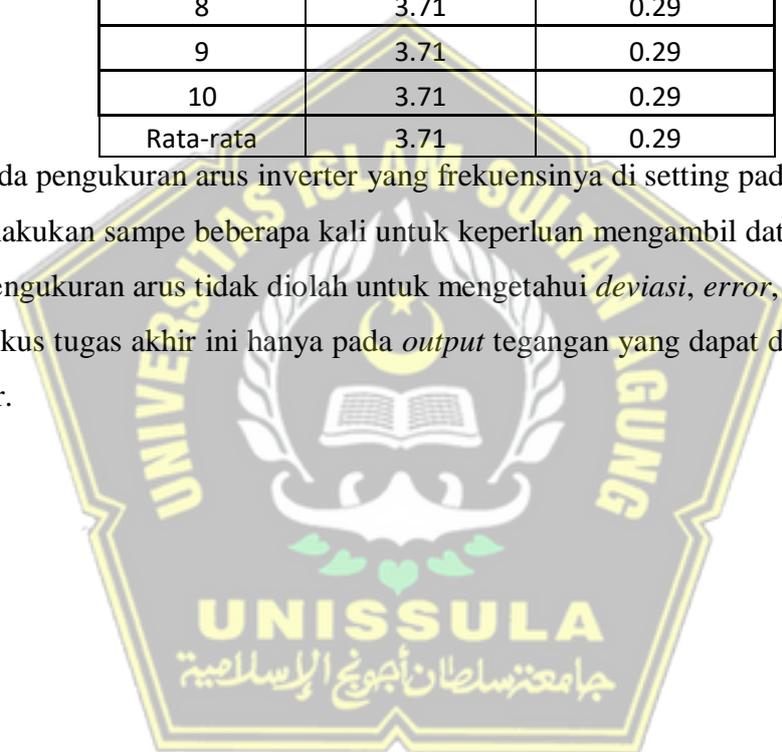
4.3.6 Arus pada setting frekuensi 60 Hz

Sisi arus yang diukur pada setting function generator di frekuensi 60 Hz sama ketika mengukur inverter pada setting 50 Hz yang juga mengukur arus pada sisi Primer transformator dan pada sisi sekunder transformator dengan beban yang masih sama juga yaitu lampu pijar 60 Watt. Dan pada hasil pengukuran yang di lakukan menggunakan alat ukur ampere meter di dapatkan nilai sebagai berikut:

Tabel 4. 9 Hasil Pengukuran Arus Pada Frekuensi 60 Hz

NO	Ipt (Ampere)	Ist (Ampere)
1	3.73	0.29
2	3.73	0.29
3	3.72	0.29
4	3.72	0.29
5	3.72	0.29
6	3.71	0.29
7	3.71	0.29
8	3.71	0.29
9	3.71	0.29
10	3.71	0.29
Rata-rata	3.71	0.29

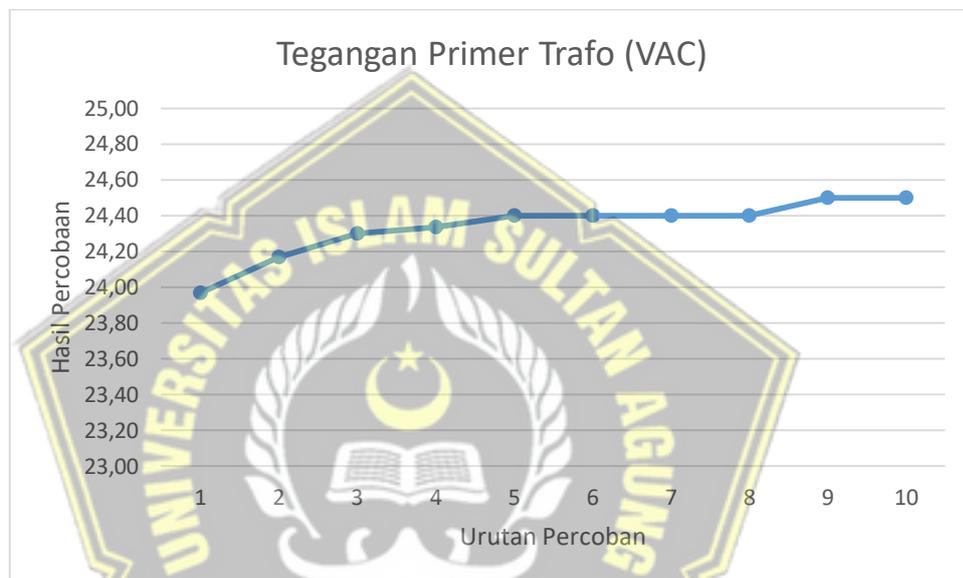
Pada pengukuran arus inverter yang frekuensinya di setting pada nilai 60 Hz juga dilakukan sampe beberapa kali untuk keperluan mengambil data. Tetapi pada hasil pengukuran arus tidak diolah untuk mengetahui *deviasi*, *error*, akurasi, karna pada fokus tugas akhir ini hanya pada *output* tegangan yang dapat dihasilkan pada inverter.



4.4 Analisa Data

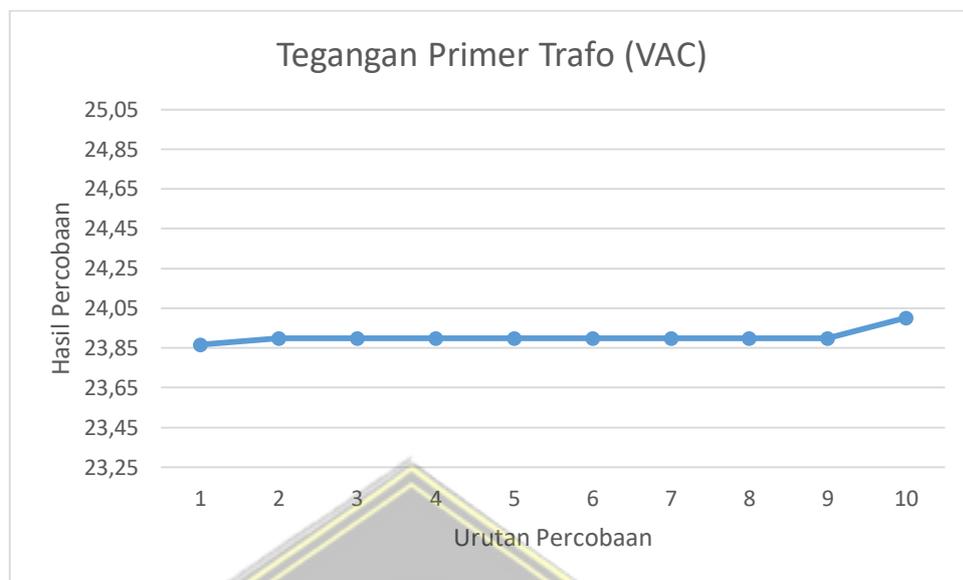
Pada perancangan tugas akhir ini dilakukan *penginputan* frekuensi secara 2 sesi yang pertama inverter di beri *input* dengan frekuensi sebesar 50 Hz sedangkan pada sesi kedua inverter di beri *input* frekuensi dari function generator sebesar 60 Hz. Dan pada semua pengukuran VAC di dapatkan grafik sebagai berikut

4.4.1 Analisa Vpt (tegangan Primer Trafo) 50 Hz dan 60 Hz



Grafik 4. 1 Tegangan Primer Trafo (VAC) Dengan Frekuensi 50 Hz

Pada grafik 4.1 menampilkan data hasil pengukuran tegangan primer trafo yang mana *input* frekuensinya sebesar 50 Hz dengan beban lampu pijar 60 Watt. Grafik diatas menunjukkan perubahan yang cukup signifikan pada tiap percobaanya. Dimana pada percobaan pertamanya terukur 23.90 VAC dan terus meningkat sampai di percobaan yang ke 10 terukur 24.50 VAC dengan satuan VAC.

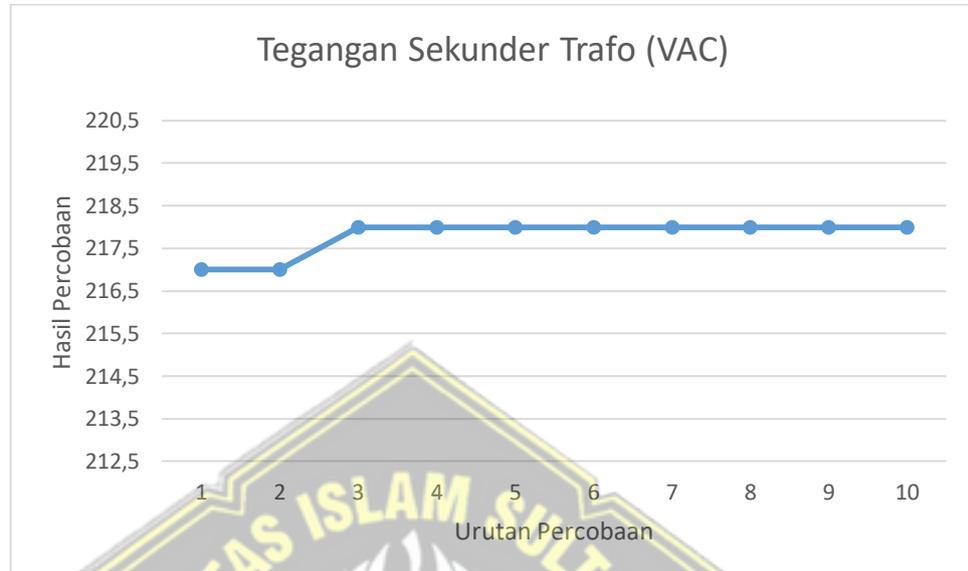


Grafik 4. 2 Tegangan Primer Trafo (VAC) Dengan Frekuensi 60 Hz

Pada grafik 4.2 juga menampilkan data hasil pengukuran tegangan primer trafo tetapi yang *input* frekuensinya sebesar 60 Hz dengan beban lampu pijar 60 Watt. Pada grafik yang di dapatkan dengan suplay frekuensi 60 Hz ini berbeda dengan grafik yang di suplay 50 Hz yang menampilkan perubahan yang konstan dan signifikan. Sedangkan pada grafik 4.2 dimana ada penurunan pada percobaan ke 9 dimana mendapatkan nilai 23.85 VAC tetapi pada percobaan yang ke 10 terukur nilai 24.05 VAC sehingga menampilkan grafik yang naik.

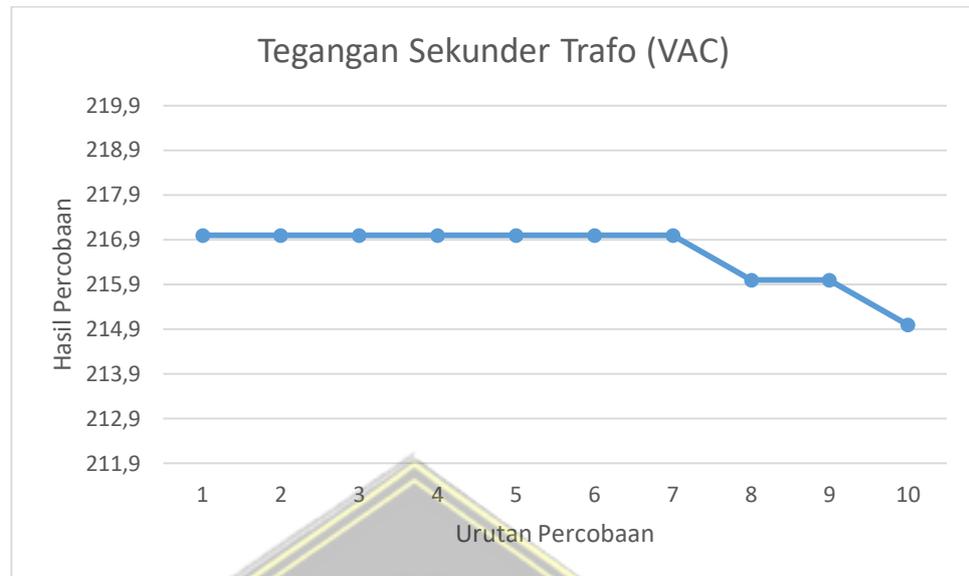
UNISSULA
 جامعة سلطان أبوبوع الإسلامية

4.4.2 Analisa Vst (tegangan Sekunder Trafo) 50 dan 60 Hz



Grafik 4. 3 Tegangan Sekunder Trafo (VAC) dengan frekuensi 50 Hz

Pada grafik 4.3 menampilkan data hasil pengukuran tegangan pada sisi sekunder trafo yang *input* frekuensinya sebesar 50 Hz dengan beban lampu pijar 60 Watt. Grafik diatas pada pengukuran pertama dan kedua tidak menampilkan perubahan dimana nilai yang di dapatkan hampir sama. Tetapi pada pengukuran yang ke 3 mulai menunjukkan perubahan yang mana pada percobaan ke 2 di dapatkan nilai 216.7 VAC sedangkan pada percobaan ke 3 di daptkan nilai 217.8 VAC dan seterusnya dari percobaan ke 4 sampai 10 mendapatkan nilai yang setabil seperti yang di tampilkan pada grafik.



Grafik 4. 4 Tegangan Sekunder Trafo (VAC) dengan frekuensi 60 Hz

Pada grafik 4.4 menampilkan data hasil pengukuran tegangan pada sisi sekunder trafo yang dimasukkan frekuensi sebesar 60 Hz dengan beban lampu pijar 60 Watt. Pada Grafik dengan frekuensi 60 Hz ini menampilkan perubahan yang terbanding terbalik dengan frekuensi pada settingan 50 Hz. Dimana pada frekuensi 60 Hz ini dari pengukuran pertama sampai pengukuran ke 7 di dapatkan nilai yang hampir sama dan tidak ada perubahan yang signifikan. Perubahan nilai mulai terlihat ketika dilakukan pada pengukuran ke 8 yang mendapatkan nilai 215.9 VAC dan sampai pengukuran kesepuluh nilai hasil pengukuran semakin menurun sampai mendapatkan nilai 214.9 VAC seperti yang di tampilkan pada grafik diatas.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada perancangan alat tugas akhir ini yaitu inverter *pure sine* DC ke AC menggunakan *Half-Bridge Class D Amplifier* yang dilakukan oleh penulis. Di dapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengukuran yang dilakukan menggunakan alat ukur volt meter ketika inverter diberi *input* frekuensi 50 Hz didapatkan rata-rata nilai *output* sebesar 217.80 VAC, sedangkan pada frekuensi 60 Hz mendapatkan nilai rata-rata sebesar 216.60 VAC dengan beban yang sama yaitu lampu pijar.
2. Pada perancangan inverter *pure sine Half-Bridge Class D Amplifier* ini di dapatkan akurasi sebesar 99% pada pengukuran inverter dengan frekuensi 50 Hz sedangkan pada inverter dengan frekuensi 60 Hz mendapat nilai yang lebih rendah di banding pengukuran pada frekuensi 50 Hz yaitu 98%.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut yaitu:

1. Dapat dikembangkan lebih lanjut inverter *pure sine full-bridge* karena tegangan *output*nya lebih besar sehingga dayanya akan lebih besar.
2. Mosfet jangan dikerjakan maksimum *output* agar mendapatkan gelombang sinus yang lebih bagus.
3. Mosfet dapat diganti dengan spesifikasi yang lebih besar supaya dapat menghasilkan daya yang besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Mudaris, "Analisis Penggunaan Inverter Pure Sine Wave (Psw) Satu Phasa 500 Watt Terhadap Efisiensi Beban Rlc Pada Plts Kapasitas 100 Wp," 2020.
- [2] R. Tangga, "Inverter Berbasis Accumulator Sebagai Alternatif Penghemat Daya Listrik Rumah Tangga," vol. 3, no. 1, 2018.
- [3] Y. Septarangga, "Tugas Akhir Inverter Dengan Tegangan Masukan 12v Dc Dan Tegangan Keluaran Ac Dengan Final Project Inverter With 12 V Dc Input Voltage And Ac Output Voltage With Adjustable," 2019.
- [4] L. Konversi and E. Listrik, "MODUL PRAKTIKUM," 2017.
- [5] M. Bestari, "Perancangan Sistem Pensuplai Air Tambak Udang Dengan Sumber Tenaga Panel Surya".
- [6] A. In and R. Energy, *Advanced dc / ac*.
- [7] S. Yudhistira, "Studi Penggunaan Catu Daya Metode Pwm (Pulse Width Modulation) 2 Pulsa Berbeda 180 Pada Lampu Led (Light Emitting Diode)," 2019.
- [8] A. class D, "Class - D amplifier".
- [9] J. Diponegoro, "Penguat kelas d dengan metode summing integrator," pp. 12–15.
- [10] U. S. Utara, F. Ilmu, K. Dan, T. Informasi, P. Studi, and I. Komputer, "Teori dasar mosfet serta pendalamannya," 2020.
- [11] H. D. Surjono, "Elektronika : Teori dan Penerapan," *Electronics*, no. Elektronika, p. 27, 2007.
- [12] B. A. B. Ii, "Function generator dengan spesifikasi mendekati gfg-813," pp. 4–16.
- [13] F. Generator, "XR-2206," no. 510, pp. 1–16, 2000.
- [14] T. R. Kuphaldt, "Sixth Edition, last update July 25, 2007," 2007.
- [15] A. Prayoga and E. M. S, *Teknik tenaga listrik*, no. 0806365412. 2010.
- [16] G. T. Supplay, "Frequency counter," vol. 330, no. D, p. 437.
- [17] D. Channel *et al.*, "Cursor Readout Analog Oscilloscope".