

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Inverter

2.1.1. Pengertian Inverter

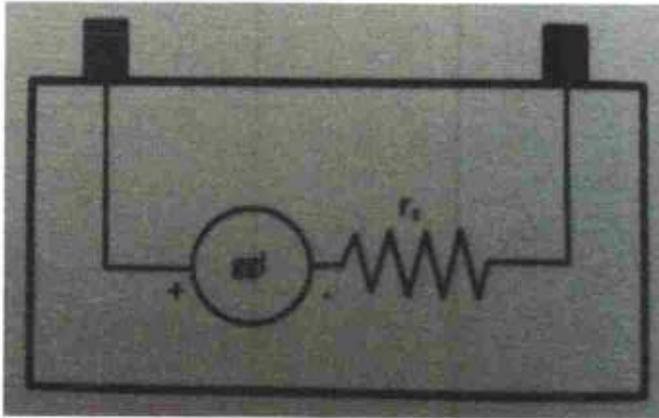
Inverter merupakan suatu alat elektronika yang berfungsi mengubah dari sumber tegangan arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) dengan besaran tegangan dan frekuensinya dapat diatur. Inverter pada umumnya digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor AC. Selain untuk mengendalikan kecepatan motor AC, inverter juga digunakan sebagai catu daya AC, dan berbagai macam kebutuhan lainnya. Sebuah inverter dikatakan bersifat ideal apabila tegangan DC yang masuk bebas dari ripple serta tegangan yang keluar dari inverter berbentuk gelombang sinusoidal murni.

Tegangan keluaran inverter dapat berupa 1 fasa atau 3 fasa. Karena menggunakan semikonduktor yang dioperasikan sebagai saklar, maka tegangan keluaran inverter berupa tegangan ac berbentuk pulsa persegi. Terdapat 2 metode untuk membangkitkan keluaran inverter, yaitu berbentuk persegi dan modulasi lebar pulsa (pulse width modulation atau PWM). Tegangan tersebut selanjutnya ditapis sehingga berubah menjadi sinusoida (Sinaga, Samosir, & Haris, 2017).

2.1.2. Sumber Direct Current

Sumber dc merupakan bagian hulu energi yang akan dikonversikan oleh inverter. Sumber dc dapat berupa sumber ideal, baterai, solar panel, turbin generator angin, sistem penyearah dan sebagainya. Sumber tegangan ideal berupa sistem tegangan yang mampu mencatu daya berapa saja (kapasitas tidak terbatas), tegangan konstan dalam kondisi apapun, dan tidak ada riak gelombang. Apabila digunakan sebuah baterai non ideal sebagai sumber dc, maka baterai tersebut akan memiliki karakteristik tegangan yang tidak ditunjukkan oleh Gambar 9.1. Baterai tersebut terdiri dari sebuah sumber gaya gerak listrik (ggl) yang berada didalam

baterai, diasumsikan ggl tersebut. Baterai tersebut juga memiliki resistansi (r_s) didalam baterai yang tersambung seri terhadap ggl dan terminal keluaran baterai.



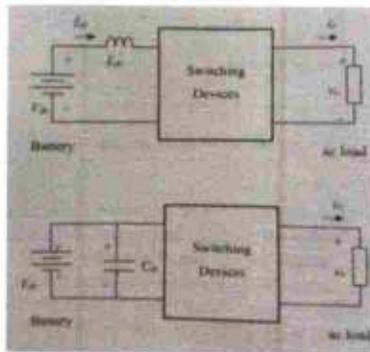
Gambar 2.1 model sederhana sebuah baterai (Ashari, 2017)

Tegangan terminal baterai pada saat tanpa beban akan sama dengan tegangan ggl. Apabila baterai diberi beban, sehingga mengalir arus, maka tegangan terminal akan turun karena adanya tegangan jatuh ada resistor r_s . Semakin tinggi arus yang dikeluarkan oleh baterai, maka makin besar tegangan jatuh pada resistor internal. Sehingga tegangan terminal baterai menjadi semakin rendah. Hal ini sangat berbeda apabila dibandingkan dengan pemakaian sumber dc ideal yang tegangannya selalu konstan dalam segala kondisi.

Sebuah baterai asam timbal disajikan dalam berpuluh-puluh model. Masing-masing model memiliki keunggulan dan akurasi yang berbeda-beda. Sumber-sumber dc yang lain, seperti panel surya, generator, penyearah, sel bahan bakar telah banyak dikembangkan model dan rangkaian ekivalennya oleh peneliti-peneliti dibidang masing-masing.

2.1.3. Penyimpanan Energi Sementara

Penyimpanan energi sementara dapat berupa induktor atau kapasitor. Jika menggunakan induktor, maka induktor tersebut dipasang seri terhadap sumber dc pencatu inverter. Inverter jenis ini disebut "*Current Source Inverter (SCI)*".



Gambar 2.2 Inverter jenis CSI dan VSI (Ashari, 2017)

Jika Menggunakan Kapasitor, maka kapasitor dipasang paralel terhadap sumber dc pencatu. Inverter jenis ini disebut "*Voltage Source Inverter (VSI)*".

2.2. Gelombang

2.2.1. Pengertian Dasar Gelombang

Gelombang adalah getaran (atau osilasi yaitu suatu gerakan bolak-balik secara periode) yang merambat. Bentuk ideal dari suatu gelombang adalah akan mengikuti gerak sinusoide.

2.2.2. Besaran-besaran Gelombang

Besaran-besaran yang terkait dengan gelombang adalah sebagai berikut;

1. Panjang Gelombang

Panjang gelombang adalah jarak yang ditempuh oleh gelombang dalam satu periode. Pada gelombang transversal dan gelombang longitudinal, panjang gelombang adalah jarak antara dua titik yang memiliki fase gelombang yang sama. Panjang gelombang dilambangkan dengan λ (lambda). Dalam Sistem Internasional (SI), satuan panjang gelombang adalah meter (m).

2. Periode Gelombang

Periode adalah waktu yang diperlukan untuk melakukan satu gelombang. Periode dilambangkan T, dan dalam Sistem Internasional (SI), satuannya adalah detik (s).

3. Frekuensi Gelombang

Frekuensi adalah jumlah gelombang yang terbentuk selama satu detik. Frekuensi dilambangkan dengan f . Dalam Sistem Internasional (SI), satuan frekuensi adalah Hertz (Hz).

4. Cepat Rambat Gelombang

Cepat rambat gelombang adalah jarak yang ditempuh oleh gelombang selama satu detik. Cepat rambat gelombang dilambangkan dengan v , dan dalam Sistem Internasional (SI), satuannya adalah m/s.

Hubungan antara cepat rambat gelombang (v), panjang gelombang (λ), periode (T), dan frekuensi (f) adalah:

$$T = \frac{1}{f} \quad (2.1)$$

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad (2.2)$$

$$v = \lambda \times f \quad (2.3)$$

Keterangan:

v = cepat rambat gelombang (m/s)

λ = panjang gelombang (m)

T = periode (s)

f = frekuensi (Hz)

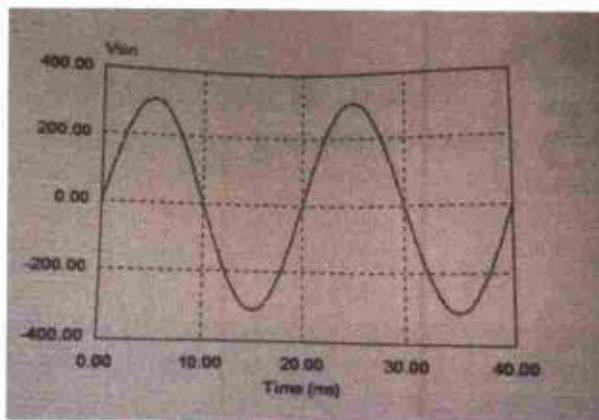
2.3. SISTEM Alternating Current (AC)

2.3.1. Sistem AC dan Cacat Gelombang

Sistem AC ideal berupa tegangan dalam bentuk gelombang sinusoidal murni berfrekuensi tunggal (misal 50 Hz). Beban-beban linier (kombinasi antara R, L, C) jika di catu daya oleh tegangan ac, maka terbangkit arus berupa sinusoida murni pula, tetapi memiliki sudut fasa terhadap tegangan. Beban nonlinier adalah beban-beban yang menggunakan saklar semikonduktor, yang bekerja on-off secara periodik, arus yang terbangkit berupa gelombang tidak sinusoida (cacat).

Indeks cacat gelombang dinyatakan dalam persen, disebut Total Harmonik Distortion (THD).

Sistem tegangan listrik bolak-balik (alternating current atau ac) adalah sistem tegangan yang umum dijumpai dan digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Di Indonesia, sistem tegangan ac menggunakan standart frekuensi 50 Hz, Tegangan rendah pada 220 Volt untuk sistem 1 fasa dan 220 V/ 380 V untuk sistem 3 fasa. Bentuk gelombang tegangan ac dalam kondisi ideal berupa gelombang sinusoida seperti ditampilkan pada gambar 2.14



Gambar 2.3 Bentuk gelombang sinusoida murni (Ashari, 2017)

Beban-belan linier, yaitu beban-belan listrik dengan rangkaian ekivalen kombinasi $R/L/C$, akan membangkitkan arus dengan bentuk gelombang sinusoida pula.

2.3.2. Tegangan Pada Sistem AC

Sistem ac berbeda dengan sistem dc. Pada sisteem ac murni, besar magnitudo tegangan berharga tetap dari waktu ke waktu. Dalam bentuk grafis, tegangan dc berupa garis lurus horizontal sebagai fungsi waktu. Pada sistemm ac, harga magnitudo tegangan berubah setiap waktu, serta memiliki perubahan polaritas. Di Indonesia, sistem tegangan ac menggunakan standar frekuensi 50 Hz dan 220 Volt untuk sistem 1 fasa, sedangkan sistem 3 fasa pada umumnya 220 Volt / 380 Volt.

Dikenal ada 3 macam tegangan dalam sistem ac, yaitu :

1. Tegangan instan (sesaat)

2. Tegangan puncak
3. Tegangan efektif (rms)

Tegangan instan menggambarkan harga magnitudo yang bervariasi sebagai fungsi waktu. Sistem tegangan standard berupa gelombang sinusoida. Grafik tegangan sinusoida dapat digambarkan dalam beberapa variasi absis (sumbu x), yaitu dalam besaran sudut dengan satuan derajat, sudut dengan satuan radia, atau waktu dalam satuan detik (sekon) atau mili sekon (ms). Tegangan puncak adalah tegangan instan pada saat magnitudo nilai tertinggi. Tegangan puncak dihitung dari nilai tertinggi terhadap sumbu horizontal. Tegangan efektif atau disebut juga dengan tegangan rms (root mean square) adalah harga dari hasil akar gelombang tegangan yang telah dirata-rata dalam kuadrat. Dalam sistem kontinyu, tegangan efektif dituliskan dalam bentuk integral.

2.3.3. Arus Pada Sistem AC

Cacat gelombang arus disebabkan oleh beban-beban listrik “non linier” yang dioperasikan disisi konsumen. Karena peralatan konsumen pada umumnya bekerja ditegangan rendah, maka cacat gelombang arus yang paling parah terjadi pada level tegangan rendah. Telah diketahui bahwa beban non linier adalah beban listrik yang memanfaatkan saklar semikonduktor untuk memotong tegangan dalam kecepatan tinggi, sehingga menyebabkan bentuk gelombang arus menjadi cacat.

2.3.4. Standard Cacat Arus

Standard cacat gelombang arus menurut *IEEE Std 519 – 1992* memiliki besaran yang berbeda tergantung dari ketangguhan sistem jala-jala yang ada. Ketangguhan sistem didefenisikan sebagai perbandingan antara arus hubung singkat (I_{sc}) pada suatu lokasi dibandingkan dengan arus beban penuh (I_l) Pada lokasi tersebut. Semakin tinggi rasio tersebut menandakan bahwa sistem jala-jala ekuivalen yang rendah, sehingga adanya arus harmonisa yang berinteraksi dengan impedansi rendah tidak menimbulkan efek yang signifikan terhadap tegangan sistem.

Sistem jala-jala ini terdiri dari banyak pembangkit yang diinterkoneksi (paralel), sehingga total daya terpasang menjadi sangat besar dan impedansi sistem sangat kecil. Jika impedansi sistem cukup besar, misalnya pada satu buah pembangkit diesel generator, dan impedansi tersebut berinterkoneksi dengan suatu arus harmonisa, maka akan menimbulkan tegangan harmonisa yang relatif cukup besar dibandingkan dengan tegangan fundamental.

2.3.5. Daya pada Sistem AC

Daya pada sistem ac 1 fasa didefinisikan sebagai berikut :

$$S = V_{rms} \cdot I_{rms} \text{ (VA)} \quad (2.4)$$

$$P = V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot pf \text{ (Watt)} \quad (2.5)$$

$$Q = V_{rms} \cdot I_{rms} \cdot \sin \varphi \text{ (VAR)} \quad (2.6)$$

1. Daya Semu (VA)

Daya semu (VA) yang merupakan perkalian antara tegangan dan arus (persamaan 5.20), besaran ini lebih mempresentasikan arus karena tegangan pada dasarnya adalah konstan. Daya semu berhubungan dengan kontrak daya dengan pengelola kelistrikan (PT. PLN Persero). Kontrak daya berkaitan dengan kontrak atau abonemen yang diberikan dalam tarif Rp/ kVA. Sebuah rumah tangga mengambil kontrak listrik 1300 VA atau 1,3 kVA. Jika traif kontrak adalah Rp 30.000/ kVA, maka biaya abonemen perbulan adalah Rp 39.000. Biaya kontrak daya 4 MVA pada suatu industri, untuk tarif satuan yang sama, adalah Rp 120.000.000,- perbulan.

2. Daya Aktif (Watt)

Daya aktif (Watt) adalah daya listrik yang diubah menjadi energi lain, seperti cahaya, panas, putaran. Persamaan untuk mendapatkan daya aktif ditunjukkan pada (5.22). Daya aktif merupakan daya esensial untuk menghitung besar pemakaian energi. Dalam pemakaian energi listrik yang disediakan oleh PLN, jumlah energi yang digunakan oleh pelanggan proporsional terhadap biaya yang harus dibayar. Tarif energi ditentukan dalam Rp/ kWh. Contoh perhitungan

daya aktif misalnya, sebuah setrika 400 Watt dipakai selama 5 jam. Total energi listrik yang telah digunakan adalah $400 \text{ Watt} \times 5 \text{ jam} = 2000 \text{ Wh}$ atau 2 kWh. Jika tarif pemakaian energi listrik diketahui = Rp 1350/ kWh, maka biaya penggunaan setrika selama 4 jam tersebut adalah Rp 2.700.

Dalam perhitungan daya aktif, faktor daya (pf) memegang peranan yang sangat penting. Dalam perhitungan pemakaian setrika tersebut, pf diasumsikan = 1 karena setrika adalah beban resistif. Dalam kenyataannya, beban listrik pada umumnya bersifat induktif atau memiliki pf kurang dari 1.

Sudut φ adalah selisih sudut antara gelombang arus dan tegangan. Dalam kondisi ideal, dimana tegangan dan arus berbentuk sinusoida murni, maka besaran sudut φ dapat ditentukan dengan mudah.

3. Daya Reaktif (VAR)

Daya reaktif (VAR) merupakan perkalian antara daya semu (VA) dengan sinus sudut antara arus dan tegangan. Daya reaktif disebabkan karena adanya reaktor (induktor) pada sistem dan menyebabkan sudut arus tertinggal terhadap tegangan (lagging). Oleh adanya kapasitor yang terpasang dalam sistem. Kapasitor akan menyebabkan arus menjadi mendahului terhadap tegangan (leading). Persamaan daya reaktif adalah :

$$Q = VA \sin \varphi_1 \quad (2.7)$$

2.4. Dasar teori komponen elektronika daya

Pada konsep ini beberapa penjelasan tentang alat-alat elektronika yang menyangkut pada modulasi inverter 1 fasa untuk lampu sodium.

2.4.1. Resistor

a. Pengertian Resistor

Resistor adalah komponen dasar elektronika yang digunakan untuk membatasi jumlah arus yang mengalir dalam satu rangkaian. Sesuai dengan namanya resistor bersifat resistif dan umumnya terbuat dari bahan karbon. Dari hukum Ohms diketahui, resistansi berbanding terbalik dengan jumlah arus yang

mengalir melaluinya. Satuan resistansi dari suatu resistor disebut Ohm atau dilambangkan dengan simbol Ω (Omega).

Untuk menyatakan resistansi sebaiknya disertakan batas kemampuan dayanya. Berbagai macam resistor di buat dari bahan yang berbeda dengan sifat-sifat yang berbeda. Spesifikasi lain yang perlu diperhatikan dalam memilih resistor pada suatu rancangan selain besar resistansi adalah besar watt-nya. Karena resistor bekerja dengan dialiri arus listrik, maka akan terjadi disipasi daya berupa panas sebesar $W=I^2R$ watt. Semakin besar ukuran fisik suatu resistor bisa menunjukkan semakin besar kemampuan disipasi daya resistor tersebut. Umumnya di pasar tersedia ukuran 1/8, 1/4, 1, 2, 5, 10 dan 20 watt.

Resistor yang memiliki disipasi daya 5, 10 dan 20 watt umumnya berbentuk kubik memanjang persegi empat berwarna putih, namun ada juga yang berbentuk silinder. Tetapi biasanya untuk resistor ukuran jumbo ini nilai resistansi dicetak langsung dibadannya, misalnya 100 Ω 5W. Resistor dalam teori dan prakteknya di tulis dengan perlambangan huruf R. Dilihat dari ukuran fisik sebuah resistor yang satu dengan yang lainnya tidak berarti sama besar nilai hambatannya. Nilai hambatan resistor di sebut resistansi.

b. Macam-Macam Resistor Sesuai Dengan Bahan Dan Konstruksinya.

1. Resistor Tetap

Resistor tetap adalah resistor yang memiliki nilai hambatan yang tetap. Resistor memiliki batas kemampuan daya misalnya : 1/6 w, 1/8 w, 1/4 w, 1/2 w, 1 w, 5 w, dsb yang berarti resistor hanya dapat dioperasikan dengan daya maksimal sesuai dengan kemampuan dayanya.



Gambar 2.4 Simbol resistor tetap (Chattopadhyay & Rakshit, 1984)

2. Resistor Tidak Tetap (variabel)

Resistor tidak tetap adalah resistor yang nilai hambatannya dapat diubah-ubah atau tidak tetap. Jenisnya yaitu hambatan geser, Trimpot dan Potensiometer.

a. Trimpot

Resistor yang nilai hambatannya dapat diubah-ubah dengan cara memutar porosnya dengan menggunakan obeng. Untuk mengetahui nilai hambatan dari suatu trimpot dapat dilihat dari angka yang tercantum pada badan trimpot tersebut.

Simbol trimpot :



Gambar 2.5 Simbol Resistor Trimpot (Ahmad, Elektronika Dasar, 2007)

b. Potensiometer

Resistor yang nilai hambatannya dapat diubah-ubah dengan memutar poros yang telah tersedia. Potensiometer pada dasarnya sama dengan trimpot secara fungsional.

Simbol potensiometer :



Gambar 2.6 Simbol Resistor Potensiometer (Ahmad, Elektronika Dasar, 2007)

c. Kode Warna Dan Huruf Pada Resistor

Tidak semua nilai resistansi sebuah resistor dicantumkan dengan lambang bilangan melainkan dengan cincin kode warna. Banyaknya cincin kode warna pada setiap resistor berjumlah 4 dan ada juga yang berjumlah 5. Resistansi yang mempunyai 5 cincin terdiri dari cincin 1, 2 dan 3 adalah cincin digit, cincin 4

sebagai pengali serta cincin 5 adalah toleransi. Resistansi yang mempunyai 4 cincin terdiri dari cincin 1, 2 adalah sebagai digit, cincin 3 adalah cincin pengali dan cincin 4 sebagai toleransi (Ahmad, Elektronika Dasar, 2007).

Tabel 2.1 Kode Warna pada Resistor 4 Gelang

Warna	Gelang 1 (angka pertama)	Gelang 2 (angka kedua)	Gelang 3 (faktor pengali)	Gelang 4 (Toleransi)
Hitam	-	0	1	-
Coklat	1	1	10^1	1
Merah	2	2	10^2	2
Oranye	3	3	10^3	3
Kuning	4	4	10^4	4
Hijau	5	5	10^5	5
Biru	6	6	10^6	6
Ungu	7	7	10^7	7
abu-abu	8	8	10^8	8
Putih	9	9	10^9	9
Emas	-	-	10^{-1}	5
Perak	-	-	10^{-2}	10
Tanpa Warna	-	-	10^{-3}	20

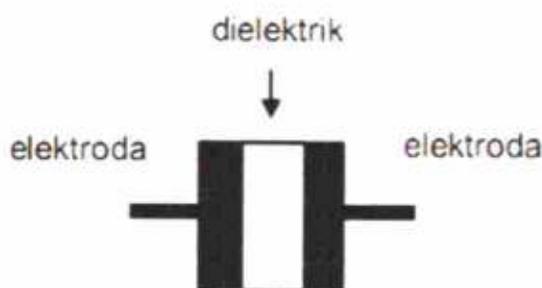
2.4.2. Kapasitor

a. Pengertian Kapasitor

Kapasitor ialah komponen elektronika yang mempunyai kemampuan menyimpan electron-elektron selama waktu yang tidak tertentu. Kapasitor berbeda dengan akumulator dalam menyimpan muatan listrik terutama tidak terjadi perubahan kimia pada bahan kapasitor, besarnya kapasitansi dari sebuah kapasitor dinyatakan dalam farad. Pengertian lain Kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat menyimpan dan melepaskan muatan listrik. Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik.

Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya udara vakum, keramik, gelas dan lain-lain.

Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan mengumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini "tersimpan" selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung kakinya. Di alam bebas, fenomena kapasitor ini terjadi pada saat terkumpulnya muatan-muatan positif dan negatif di awan. Kemampuan untuk menyimpan muatan listrik pada kapasitor disebut dengan kapasitansi atau kapasitas..



Gambar 2.7 Prinsip Dasar Kapasitor (Chattopadhyay & Rakshit, 1984)

Kapasitansi didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu kapasitor untuk dapat menampung muatan elektron. Coulombs pada abad 18 menghitung bahwa 1 coulomb = 6.25×10^{18} elektron. Kemudian Michael Faraday membuat postulat bahwa sebuah kapasitor akan memiliki kapasitansi sebesar 1 farad jika dengan tegangan 1 volt dapat memuat muatan elektron sebanyak 1 coulombs. Dengan rumus dapat ditulis :

$$Q = CV \tag{2.8}$$

Keterangan : Q = muatan elektron dalam C (coulombs)

C = nilai kapasitansi dalam F (farads)

V = besar tegangan dalam V (volt)

Berikut adalah tabel contoh konstanta (k) dari beberapa bahan dielektrik yang disederhanakan.

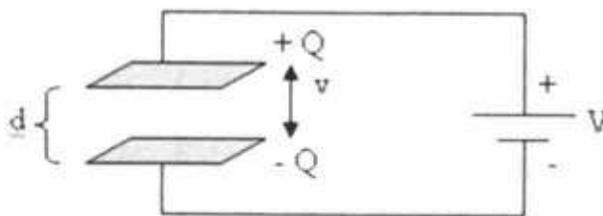
Tabel 2.2 Konstanta bahan dielektrik

Udara Vakum	$K = 1$
Aluminium oksida	$K = 8$
Keramik	$K = 100 - 1000$
Gelas	$K = 8$
Polyethylene	$K = 3$

b. Prinsip Pembentukan Kapasitor

Jika dua buah plat atau lebih yang berhadapan dan dibatasi oleh isolasi, kemudian plat tersebut dialiri listrik maka akan terbentuk kondensator (isolasi yang menjadi batas kedua plat tersebut dinamakan dielektrikum). Bahan dielektrikum yang digunakan berbeda-beda sehingga penamaan kapasitor berdasarkan bahan dielektrikum. Luas plat yang berhadapan bahan dielektrikum dan jarak kedua plat mempengaruhi nilai kapasitansinya.

Pada suatu rangkaian yang tidak terjadi kapasitor liar. Sifat yang demikian itu disebutkan kapasitansi parasitic. Penyebabnya adalah adanya komponen-komponen yang berdekatan pada jalur penghantar listrik yang berdekatan dan gulungan-gulungan kawat yang berdekatan.



Gambar 2.8 Dielektrum (Ahmad, Elektronika Dasar, 2007)

Gambar diatas menunjukkan bahwa ada dua buah plat yang dibatasi udara. Jarak kedua plat dinyatakan sebagai d dan tegangan listrik yang masuk.

c. Macam-macam kapasitor sesuai bahan dan konstruksinya.

Kapasitor seperti juga resistor nilai kapasitansinya ada yang dibuat tetap dan ada yang variabel. Kapasitor dielektrikum udara, kapasitansinya berubah dari nilai maksimum ke minimum. Kapasitor variabel sering kita jumpai pada rangkaian pesawat penerima radio dibagian penala dan osilator. Agar perubahan kapasitansi di dua bagian tersebut serempak maka digunakan kapasitor variabel ganda. Kapasitor variabel ganda adalah dua buah kapasitor variabel dengan satu pemutar.

Berdasarkan dielektrikunya kapasitor dibagi menjadi beberapa jenis, antara lain:

1. kapasitor keramik
2. kapasitor film
3. kapasitor elektrolit
4. kapasitor tantalum
5. kapasitor kertas

Kapasitor elektrolit dan kapasitor tantalum adalah kapasitor yang mempunyai kutub atau polar, sering disebut juga dengan nama kapasitor polar. Kapasitor film terdiri dari beberapa jenis yaitu polyester film, poly propylene film atau polysterene film

d. Karakteristik Berbagai Macam Kapasitor

Kapasitor mika mampu menerima tegangan sampai ribuan volt pada rangkaian frequency tinggi. Kapasitor untuk rangkaian frekuensi tinggi electron-elektron harus mengisi plat-plat logam dan mengisi dielektrikunya. Pada saat arus berubah arah electron-elektron harus meningkatkan dielektrikum. Perubahan arah arus yang terjadi pada kapasitor terhalangi oleh rintangan yang disebut hysteresis kapasitif. Sifat-sifat kapasitor pada umumnya :

- a. Terhadap tegangan dc merupakan hambatan yang sangat besar.
- b. Terhadap tegangan ac mempunyai resistansi yang berubah-ubah sesuai dengan frequency kerja.

- c. Terhadap tegangan ac akan menimbulkan pergeseran fasa, dimana arus 900 mendahului tegangannya.

Sebuah kapasitor dapat mengalami kerusakan apabila :

1. sudah lama terpakai
2. batas tegangan kerja terlampaui
3. kesalahan pada pemasangan polaritas yang tidak benar

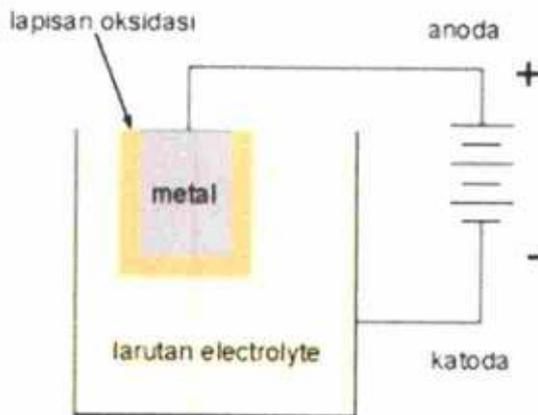
1. Kapasitor Tetap

Kapasitor yang mempunyai kapasitansi yang tetap. Jenis-jenis kapasitor tetap antara lain :

a. Kapasitor polar

Kelompok kapasitor electrolytic terdiri dari kapasitor-kapasitor yang bahan dielektriknya adalah lapisan metal-oksida. Umumnya kapasitor yang termasuk kelompok ini adalah kapasitor polar dengan tanda + dan - di badannya. Mengapa kapasitor ini dapat memiliki polaritas, adalah karena proses pembuatannya menggunakan elektrolisa sehingga terbentuk kutup positif anoda dan kutup negatif katoda.

Telah lama diketahui beberapa metal seperti tantalum, aluminium, magnesium, titanium, niobium, zirconium dan seng (zinc) permukaannya dapat dioksidasi sehingga membentuk lapisan metal-oksida (oxide film). Lapisan oksidasi ini terbentuk melalui proses elektrolisa, seperti pada proses penyepuhan emas. Elektroda metal yang dicelup kedalam larutan electrolit (sodium borate) lalu diberi tegangan positif (anoda) dan larutan electrolit diberi tegangan negatif (katoda). Oksigen pada larutan electrolyte terlepas dan mengoksidai permukaan plat metal. Contohnya, jika digunakan Aluminium, maka akan terbentuk lapisan Aluminium-oksida (Al_2O_3) pada permukaannya.



Gambar 2.9 Kapasitor Elco (Chattopadhyay & Rakshit, 1984)

Dengan demikian berturut-turut plat metal (anoda), lapisan-metal-oksida dan electrolyte (katoda) membentuk kapasitor. Dalam hal ini lapisan-metal-oksida sebagai dielektrik. Dari rumus (2) diketahui besar kapasitansi berbanding terbalik dengan tebal dielektrik. Lapisan metal-oksida ini sangat tipis, sehingga dengan demikian dapat dibuat kapasitor yang kapasitansinya cukup besar. Karena alasan ekonomis dan praktis, umumnya bahan metal yang banyak digunakan adalah aluminium dan tantalum. Bahan yang paling banyak dan murah adalah Aluminium. Untuk mendapatkan permukaan yang luas, bahan plat Aluminium ini biasanya digulung radial. Sehingga dengan cara itu dapat diperoleh kapasitor yang kapasitansinya besar. Sebagai contoh 100uF, 470uF, 4700uF dan lain-lain, yang sering juga disebut kapasitor elco.

Bahan electrolyte pada kapasitor Tantalum ada yang cair tetapi ada juga yang padat. Disebut electrolyte padat, tetapi sebenarnya bukan larutan elektrolit yang menjadi elektroda negatif-nya, melainkan bahan lain yaitu manganesedioksida. Dengan demikian kapasitor jenis ini bisa memiliki kapasitansi yang besar namun menjadi lebih ramping dan mungil. Selain itu karena seluruhnya padat, maka waktu kerjanya (lifetime) menjadi lebih tahan lama. Kapasitor tipe ini juga memiliki arus bocor yang sangat kecil. Jadi dapat dipahami mengapa kapasitor Tantalum menjadi relatif mahal.

b. Kapasitor non polar

Kapasitor non polar adalah kelompok kapasitor yang dibuat dengan bahan dielektrik dari keramik, film dan mika. Keramik dan mika adalah bahan yang populer serta murah untuk membuat kapasitor yang kapasitansinya kecil. Tersedia dari besaran pF sampai beberapa uF, yang biasanya untuk aplikasi rangkaian yang berkenaan dengan frekuensi tinggi. Termasuk kelompok bahan dielektrik film adalah bahan-bahan material seperti polyester (polyethylene terephthalate atau dikenal dengan sebutan mylar), polystyrene, polypropylene, polycarbonate, metalized paper dan lainnya. kapasitor yang memiliki nilai kapasitansi lebih dari 1 μ F Yaitu:

2. Kapasitor Tidak tetap (variable)

Kapasitor yang nilai kapasitansinya dapat berubah-ubah, nilai kapasitansi pada kapasitor dapat dilihat dari kode yang terdapat pada fisik kapasitor. Sebagai contoh, jika tertera 105, itu berarti $10 \times 10^5 = 1.000.000 \text{ pF} = 1000 \text{ nF} = 1 \mu\text{F}$. Nilai yang dibaca pF (pico farad). Kapasitor lain ada yang tertulis 0.1 atau 0.01, jika demikian, maka satuan yang dipakai μ F. Jadi 0.1 berarti 0.1 μ F.

Nilai kapasitansi satu Farad menunjukkan bahwa kapasitor memiliki kemampuan untuk menyimpan satu coulomb pada tegangan satu volt. Kapasitor pada power supply menggunakan kapasitan sebesar 4700 μ F. Sedang circuit pada radio sering menggunakan besar kapasitan di bawah 10pF. Waktu yang dibutuhkan kapasitor untuk mencapai pengisian optimal tergantung pada besarnya nilai kapasitansi dan resistansi. Formulasinya :

$$T = R \times C \tag{2.9}$$

Keterangan : T = time (waktu dalam detik)

R = resistansi (dalam ohm)

C = Kapasitansi (dalam Farad)

Formula ini merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai 63 % nilai tegangan pada sumber. Yang perlu diperhatikan adalah kapasitor akan

melewatkan arus AC bukan DC. Dalam rangkaian elektronika ini merupakan hal yang penting. (Ahmad, Elektronika Dasar, 2007)

Berikut adalah beberapa bentuk kapasitor :

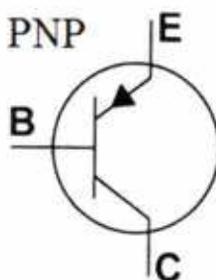


Gambar 2.10 Bentuk Kapasitor (Chattopadhyay & Rakshit, 1984)

2.4.3. Transistor

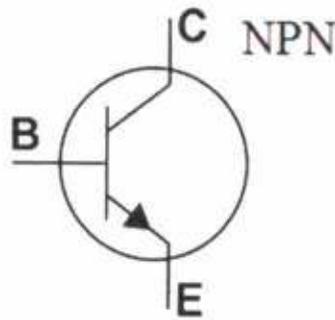
a. Pengertian Transistor

Transistor adalah salah satu komponen aktif, secara konstruksi transistor memiliki tiga kaki yang lazim dikenal dengan emitor, kolektor dan basis. Dari susunan bahan semi onduktor yang digunakan, kalian dapat membedakan transistor menjadi dua type yaitu ; transistor P-N-P dan transistor N-P-N. Transistor P-N-P dibuat dengan jalan meletakkan bahan type N diantara dua bagian bahan type P, seperti gambar berikut :



Gambar 2.11 Transistor tipe PNP (Chattopadhyay & Rakshit, 1984)

Bahan type P yang lebih tebal (terletak di sebelah kanan) disebut kolektor, sedang bahan type P yang sebagian lagi (sebelah kiri) disebut emitor dan yang ditengah disebut basis. Sedang transistor N-P-N dibuat dengan meletakkan bahan type P diantara dua bagian bahan type N.



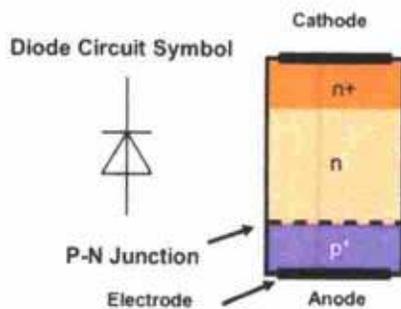
Gambar 2.12 Transistor tipe NPN (Chattopadhyay & Rakshit, 1984)

Dari kedua gambar diatas tampak bahwa transistor pada prinsipnya sama dengan dua buah dioda yang disusun saling bertolak belakang. Berikut menunjukkan simbol yang umum digunakan untuk menyatakan sebuah transistor. Ujung panah selalu ditempatkan atau diletakan pada emitor dan arahnya (seperti tanda panah pada dioda) menunjukkan arah arus konvesional, yaitu dari bahan P ke bahan N. (Ahmad, Elektronika Dasar, 2007)

2.4.4. Dioda

a. Pengertian Dioda

Dioda adalah komponen elektronika yang terdiri dari dua kutub dan berfungsi menyearahkan arus. Komponen ini terdiri dari penggabungan dua semikonduktor yang masing-masing diberi doping (penambahan material) yang berbeda, dan tambahan material konduktor untuk mengalirkan listrik.



Gambar 2.13 struktur dioda

Struktur utama dioda adalah dua buah kutub elektroda berbahan konduktor yang masing-masing terhubung dengan semikonduktor silikon jenis p dan silikon

jenis n. Anoda adalah elektroda yang terhubung dengan silikon jenis p dimana elektron yang terkandung lebih sedikit, dan katoda adalah elektroda yang terhubung dengan silikon jenis n dimana elektron yang terkandung lebih banyak. Pertemuan antara silikon n dan silikon p akan membentuk suatu perbatasan yang disebut P-N Junction. Material semikonduktor yang digunakan umumnya berupa silikon atau germanium. Adapun semikonduktor jenis p diciptakan dengan menambahkan material yang memiliki elektron valensi kurang dari 4 (Contoh: Boron) dan semikonduktor jenis n diciptakan dengan menambahkan material yang memiliki elektro valensi lebih dari 4 (Contoh: Fosfor).

b. Cara Kerja Dioda

Secara sederhana, cara kerja dioda dapat dijelaskan dalam tiga kondisi, yaitu kondisi tanpa tegangan (unbiased), diberikan tegangan positif (forward biased), dan tegangan negatif (reverse biased).

1. Kondisi tanpa tegangan

Pada kondisi tidak diberikan tegangan akan terbentuk suatu perbatasan medan listrik pada daerah P-N junction. Hal ini terjadi diawali dengan proses difusi, yaitu bergeraknya muatan elektro dari sisi n ke sisi p. Elektron-elektron tersebut akan menempati suatu tempat di sisi p yang disebut dengan holes. Pergerakan elektron-elektron tersebut akan meninggalkan ion positif di sisi n, dan holes yang terisi dengan elektron akan menimbulkan ion negatif di sisi p. Ion-ion tidak bergerak ini akan membentuk medan listrik statis yang menjadi penghalang pergerakan elektron pada dioda.

2. Kondisi tegangan positif (Forward-bias)

Pada kondisi ini, bagian anoda disambungkan dengan terminal positif sumber listrik dan bagian katoda disambungkan dengan terminal negatif. Adanya tegangan eksternal akan mengakibatkan ion-ion yang menjadi penghalang aliran listrik menjadi tertarik ke masing-masing kutub. Ion-ion negatif akan tertarik ke sisi anoda yang positif, dan ion-ion positif akan tertarik ke sisi katoda yang negatif. Hilangnya penghalang-penghalang tersebut akan memungkinkan

pergerakan elektron di dalam dioda, sehingga arus listrik dapat mengalir seperti pada rangkaian tertutup.

3. Kondisi tegangan negatif (Reverse-bias)

Pada kondisi ini, bagian anoda disambungkan dengan terminal negatif sumber listrik dan bagian katoda disambungkan dengan terminal positif. Adanya tegangan eksternal akan mengakibatkan ion-ion yang menjadi penghalang aliran listrik menjadi tertarik ke masing-masing kutub. Pemberian tegangan negatif akan membuat ion-ion negatif tertarik ke sisi katoda (n-type) yang diberi tegangan positif, dan ion-ion positif tertarik ke sisi anoda (p-type) yang diberi tegangan negatif. Pergerakan ion-ion tersebut searah dengan medan listrik statis yang menghalangi pergerakan elektron, sehingga penghalang tersebut akan semakin tebal oleh ion-ion. Akibatnya, listrik tidak dapat mengalir melalui dioda dan rangkaian diibaratkan menjadi rangkaian terbuka.

2.5. Transformator

a. Pengertian Transformator

Transformator merupakan suatu peralatan listrik elektromagnetik statis yang berfungsi untuk memindahkan dan mengubah daya listrik dari suatu rangkaian listrik ke rangkaian listrik lainnya, dengan frekuensi yang sama dan perbandingan transformasi tertentu melalui suatu gandingan magnet dan bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetis, dimana perbandingan tegangan antara sisi primer dan sisi sekunder berbanding lurus dengan perbandingan jumlah lilitan dan berbanding terbalik dengan perbandingan arusnya. Dalam bidang teknik listrik pemakaian transformator dikelompokkan menjadi:

1. Transformator daya
2. Transformator distribusi
3. Transformator pengukuran; yang terdiri dari transformator arus dan transformator tegangan.

b. Prinsip Kerja Transformator

Transformator terdiri atas dua buah kumparan (primer dan sekunder) yang bersifat induktif. Kedua kumparan ini terpisah secara elektris namun berhubungan

secara magnetis melalui jalur yang memiliki reluktansi (reluctance) rendah. Apabila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik maka fluks bolak-balik akan muncul di dalam inti yang dilaminasi, karena kumparan tersebut membentuk jaringan tertutup maka mengalirlah arus primer. Akibat adanya fluks di kumparan primer maka di kumparan primer terjadi induksi (self induction) dan terjadi pula induksi di kumparan sekunder karena pengaruh induksi dari kumparan primer atau disebut sebagai induksi bersama (mutual induction) yang menyebabkan timbulnya fluks magnet di kumparan sekunder, maka mengalirlah arus sekunder jika rangkaian sekunder di bebani, sehingga energi listrik dapat ditransfer keseluruhan (secara magnetisasi).

Perlu diingat bahwa hanya tegangan listrik arus bolak-balik yang dapat ditransformasikan oleh transformator, sedangkan dalam bidang elektronika, transformator digunakan sebagai gandengan impedansi antara sumber dan beban untuk menghambat arus searah sambil tetap melakukan arus bolak-balik antara rangkaian. Tujuan utama menggunakan inti pada transformator adalah untuk mengurangi reluktansi (tahanan magnetis) dari rangkaian magnetis (common magnetic circuit).

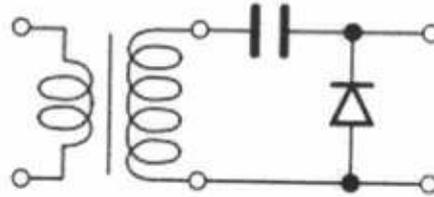
2.6. Voltage Multiplier

2.6.1. Pengertian voltage multiplier

Voltage multiplier atau pengganda tegangan adalah sebuah sirkuit elektronik yang mengubah daya listrik AC bertegangan rendah menjadi tegangan DC yang lebih tinggi dengan menggunakan kondensator dan diode yang dirangkai menjadi jaringan tertentu. Pengganda tegangan dapat digunakan sebagai panjar tegangan dari beberapa milivolt hingga jutaan volt seperti untuk kepentingan penelitian fisika energi tinggi dan pengetesan keamanan terhadap petir. Pengganda tegangan yang paling umum adalah pengganda deret separuh gelombang, atau dikenal dengan aliran Villard (sebenarnya ditemukan oleh Heinrich Greinacher).

2.6.2. Topologi Sirkuit

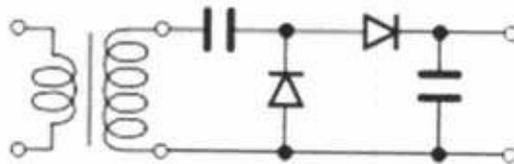
1. Sirkuit Villard



Gambar 2.14 sirkuit Villard (kronjager, 2009)

Sirkuit Villard terdiri dari sebuah kondensator dan diode. Walaupun sirkuit ini sangat sederhana, kerut keluarannya sangat buruk. Pada dasarnya, sirkuit ini adalah sirkuit penggenggam diode. Kondensator diisi hingga tegangan puncak AC (V_{pk}) pada siklus paruh negatif. Setelah beberapa siklus, semua gelombang AC tersuperimposekan pada keluaran tegangan DC di kondensator. Lembah negatif AC digenggam pada 0V (sebenarnya $-V_F$, yaitu tegangan panjar maju diode), sehingga puncak positif keluaran adalah $2V_{pk}$. Kerut puncak-ke-puncak adalah bentuk gelombang AC $2V_{pk}$ dan tidak dapat diperhalus tanpa mengubahnya menjadi bentuk lain.

2. Sirkuit Greinacher



Gambar 2.15 Sirkuit Greinacher (kronjager, 2009)

Penganda tegangan Greinacher memberikan banyak perbaikan dari sirkuit Villard hanya dengan menambahkan sedikit komponen. Kerut keluaran sangat dikurangi, bahkan nol pada rangkaian tanpa beban, tetapi saat dibebani, kerut bergantung pada resistansi beban dan kapasitansi kondensator yang digunakan. Sirkuit ini bekerja dengan menambahkan detektor puncak di belakang

sirkuit Villard. Detektor puncak mengurangi kerut selain menjaga tegangan puncak pada keluaran. Sirkuit ini ditemukan oleh Heinrich Greinacher pada tahun 1913 (diumumkan tahun 1914) dalam rangka memberikan tegangan 200–300 V yang dibutuhkannya untuk ionometer yang baru ditemukannya, tegangan AC 110V yang dicatu stasiun daya Zurich pada saat itu tidak mencukupi. Pada tahun 1920 menyempurnakan idenya ini dengan menyambung banyak pengganda. Aliran sel Greinacher sering disalahartikan sebagai aliran Villard cascade. Ini juga sering disebut sebagai generator Cockcroft-Walton yaitu peranti yang digunakan pada pemercepat partikel yang dibangun oleh John Cockcroft dan Ernest Walton, yang secara terpisah menemukan kembali sirkuit ini pada tahun 1932.

2.7. Lampu Sodium

Lampu sodium terdiri dari 2 jenis yaitu lampu sodium tekanan rendah (SOX), dan lampu sodium tekanan tinggi (SON).

2.7.1. Lampu Sodium Tekanan Rendah (SOX)

a. Prinsip Kerja

Lampu SOX ini termasuk dalam kelompok lampu tabung (discharge lamp). Oleh karena itu, prinsip kerja lampu ini sama dengan prinsip kerja lampu tabung lainnya. Yaitu berdasarkan terjadinya pelepasan elektron (electron discharge) dalam tabung gas (arc tube). Tujuan dibuatnya lampu sodium tekanan rendah adalah untuk mencapai efficacy yang setinggi-tingginya, yaitu sampai 200 lm/watt.

b. Kontruksi

Tabung dalam berbentuk U dan di kedua ujungnya terpasang elektroda yang biasanya terdiri dari filamen tungsten. Untuk menjaga dinding tabung dari kerusakan akibat tekanan uap sodium maka tabung gas dibuat dari gelas "lime borate" khusus yang tahan terhadap tekanan uap sodium. Ke dalam tabung gas dimasukkan campuran gas argon dan neon, dan logam murni sodium. Gas argon dan neon dimaksudkan untuk keperluan penyalaan awal, sedangkan logam sodium dimaksudkan untuk menghasilkan cahaya kuning.

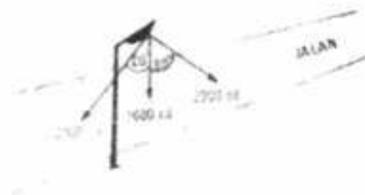
c. Cara Kerja

Jika rangkaian lampu dihubungkan terhadap sumber arus bolak-balik, maka arus akan mengalir melalui ballast dan seterusnya ke lampu. Pada saat yang sama argon dan neon yang ada dalam tabung gas akan bekerja untuk menaikkan temperatur dalam tabung gas, dalam tahap ini lampu akan mengeluarkan cahaya kemerah-merahan. Setelah beberapa menit, panas dalam tabung gas akan mencapai temperatur tertentu sehingga sodium yang ada dalam tabung gas akan berubah menjadi uap (vapour). Dengan demikian pelepasan elektron yang terjadi melalui uap sodium akan menghasilkan cahaya yang sebenarnya, yaitu cahaya kuning.

d. Armatur

Karena karakteristik lampu sodium tekanan rendah sedemikian rupa, warna cahaya kuning, posisi pemasangan harus horizontal, dan bentuk tabung yang memanjang, maka praktis lampu ini hanya sesuai untuk penerangan jalan. Armatur penerangan jalan mempunyai ciri khas tersendiri, yaitu intensitas cahaya yang dipancarkan ke samping kiri dan kanan adalah lebih besar daripada ke bawah. Hal inilah yang memungkinkan pemasangan lampu jalan dapat menempuh jarak yang cukup jauh yaitu 40-60 m. Setiap armatur dapat berisikan lebih dari satu lampu tergantung jenis armaturnya. Umumnya, peralatan bantu lampu seperti ballast, starter atau ignitor, dan kapasitor perbaikan faktor daya ditempatkan didalam armatur.

e. Penggunaan



Gambar 2.16 Penggunaan lampu SOX (Assafat, 2008)

Alasan utama untuk penggunaan lampu SOX adalah penghematan energi listrik dan jika colour rendering tidak menjadi masalah. Lampu SOX mempunyai efficacy sampai 200 lm/watt, sedangkan lampu pijar hanya 12 lm/watt dan lampu merkuri yang memiliki efficacy sampai 90 lm/watt. Jadi, lampu ini dapat menghemat energi listrik daripada lampu lainnya karena memiliki efficacy yang paling tinggi. Kelebihan lain lampu SOX adalah mempunyai umur yang panjang sampai 12.000 jam, tingkat kesilauan rendah, ketajaman penglihatan (visual acuity) baik, dan juga dalam situasi berkabut atau musim hujan cahaya lampu SOX ini akan lebih dapat menembus dibandingkan cahaya lampu-lampu listrik lainnya.

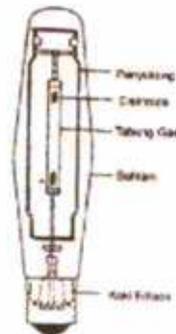
Sehingga pilihan utama untuk penerangan jalan pada daerah berkabut atau berhujan adalah lampu sodium tekanan rendah (SOX). Sedangkan warna objek yang disinari lampu SOX ini akan berwarna kuning atau hitam, hal inilah yang menjadi kekurangan lampu ini sehingga tidak digunakan untuk penerangan yang memerlukan colour rendering yang baik. Berdasarkan kelebihan-kelebihan dan kekurangannya, maka lampu sodium tekanan rendah sesuai digunakan untuk penerangan jalan-jalan bebas hambatan, jalan-jalan utama menuju luar kota, dan sejenisnya yang tidak mengutamakan colour rendering, dan khususnya pada daerah-daerah yang berkabut dan berhujan.

1. Lampu Sodium Tekanan Tinggi (SON)

a. Prinsip Kerja

Lampu sodium tekanan tinggi sering juga disebut lampu SON. Prinsip kerjanya sama dengan prinsip kerja lampu sodium tekanan rendah, yaitu berdasarkan terjadinya pelepasan elektron di dalam tabung lampu. Sesuai dengan namanya, lampu ini mempunyai tekanan gas di dalam tabung kira-kira 1/3 atmosfer (250mm merkuri), dibandingkan dengan tekanan gas dalam lampu sodium tekanan rendah yang kira-kira hanya 10-3 mm merkuri. Disamping itu, temperatur kerja tabung lampu sodium tekanan tinggi juga lebih tinggi.

b. Kontruksi



Gambar 2.17 kontruksi lampu SON (Assafat, 2008)

Lampu sodiun tekanan tinggi terdiri dari dua tabung, yaitu:

1. Tabung Gas (arc tube)

Terbuat dari bahan yang tahan terhadap tekanan uap sodiun yang harus bekerja pada temperatur tinggi, misalnya stellox ke dalam tabung gas dimasukkan sodiun, merkuri yang berfungsi untuk menaikkan tekanan gas dan tegangan kerja lampu sampai batas tertentu, dan xenon untuk keperluan gas start.

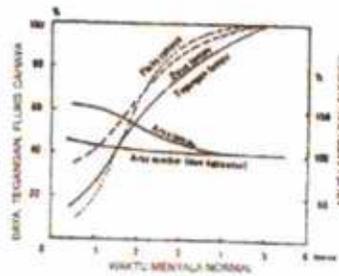
2. Bohlam (bulb)

Terbuat dari gelas yang sama sekali terpisah dari udara luar yang berfungsi untuk mencegah tabung gas terhadap kerusakan akibat bahan kimia dan juga berfungsi untuk mempertahankan kekonstanan temperatur tabung gas.

c. Cara Kerja

Lampu ini tidak mampu distart dengan tegangan nominal 220 Volt, maka dibutuhkan tegangan tinggi dan frekuensi tinggi sesaat. Gas xenon terionisasi untuk memulai terjadinya pelepasan elektron dalam tabung gas sampai mencapai temperatur kerja yang dibutuhkan. Periode pemanasan ini dapat berlangsung hingga kira-kira 10 menit karena tekanan uap merkuri-sodiun awalnya sangat rendah sekali yang tidak dapat menjadikan pelepasan elektron dalam tabung gas. Setelah lampu bekerja normal, merkuri tidak akan tercapai yang menjadikan merkuri memancarkan cahaya.

Lampu sodium tekanan tinggi mempunyai dua jenis starter, yaitu starter jenis *snap* yang bekerja berdasarkan panas yang terdiri dari bimetal dengan kontak tertutup dan sebuah kumparan pengontrol temperatur bimetal, dan starter jenis *solid state* adalah start lampu lebih dapat dipercaya dan dapat secara langsung, baik penyalaan awal maupun penyalaan kembali.

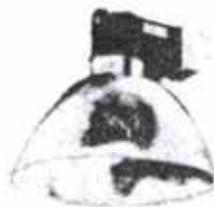


Gambar 2.18 waktu menyala normal lampu SON (Assafat, 2008)

d. Armatur

Jenis armatur lampu sodium tekanan tinggi sesuai dengan jenis penggunaannya, misalnya armatur penerangan jalan, armatur penerangan industri, armatur penerangan sorot, dll. Untuk penggunaan yang sama, bentuk dan konstruksi armatur lampu sodium tekanan tinggi sama dengan armatur lampu merkuri. Hal ini dapat terjadi karena bentuk lampu sodium tekanan tinggi sama dengan bentuk lampu mercury.

1. Armatur penerangan industri



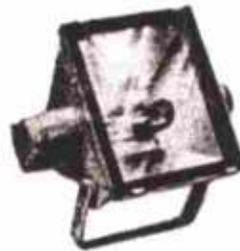
Gambar 2.19 Armatur penerangan industry (Assafat, 2008)

2. Armatur penerangan jalan



Gambar 2.20 Armatur penerangan jalan (Assafat, 2008)

3. Armatur penerangan sorot



Gambar 2.21 Armatur penerangan sorot (Assafat, 2008)

e. Penggunaan

Penggunaan lampu sodium tekanan tinggi didasarkan pada sifat-sifat yang dimilikinya. Lampu ini memiliki efficacy yang tinggi (90-120 lm/watt), umur yang tinggi (12.000-20.000 jam), tetapi mempunyai colour rendering yang kurang baik (CRI hanya 26). Oleh karena itu, lampu sodium tekanan tinggi digunakan untuk penerangan jalan. Karena colour rendering lampu sodium tekanan tinggi kurang baik dimana perubahan warna objek yang disinari sangat besar dan warna cahayanya (colour appearance) putih keemasan (yellowish) yang kurang memberi keindahan, maka penggunaan lammpu ini untuk penerangan jalan yang berpenghuni kurang sesuai.

Lampu jenis ini biasanya digunakan untuk penerangan jalan bebas hambatan, jalan utama, jalan menuju luar kota, penerangan *highmast* untuk jalan besar atau

persimpangan jalan bertingkat , dll yang tidak menuntut colour rendering yang baik. Lampu SON terdiri dari dua jenis yaitu Berbentuk elips dan berbentuk tubular.

2.8. Hukum Ohm

Hukum Ohm adalah suatu pernyataan bahwa besar arus listrik yang mengalir melalui sebuah penghantar selalu berbanding lurus dengan beda potensial yang diterapkan kepadanya. Sebuah benda penghantar dikatakan mematuhi Hukum Ohm apabila nilai resistansinya tidak bergantung terhadap besar dan polaritas beda potensial yang dikenakan kepadanya.

$$V = I \times R \quad (2.10)$$

Dimana :

- I adalah arus listrik yang mengalir pada suatu penghantar dalam satuan ampere.
- V adalah tegangan listrik yang terdapat pada kedua ujung penghantar dalam satuan Volt
- R adalah nilai hambatan listrik (resistansi) yang terdapat pada suatu penghantar dalam satuan Ohm.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Flowchart



Gambar 3.1 Blok diagram inverter 1 phasa untuk lampu sodium

3.2 Waktu dan Tempat Perancangan

Waktu dan tempat pada saat perancangan dan pembuatan Inverter 1 phasa untuk lampu sodium dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Universitas

Muhammadiyah Palembang setelah seminar proposal pada Senin tanggal 30 Oktober 2017, perancangan dan pembuatan inverter membutuhkan waktu selama 2 bulan sampai pengambilan data. Hasil data yang diambil berupa tegangan, arus, daya, dan frekuensi.

3.3 Alat dan Bahan Perancangan

Inverter merupakan sebuah peralatan elektronika, dimana bahan yang dibutuhkan merupakan komponen-komponen elektronika yang tersedia dipasaran dan alat dibutuhkan tersedia di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Palembang, Alat dan bahan yang dibutuhkan dalam perancangan seperti berikut ini :

3.3.1 Alat

Alat merupakan sebuah material yang digunakan dalam melakukan pekerjaan dan harus sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan. Alat-alat yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan inverter sebagai berikut :

Tabel 3.1 Alat dalam perancangan dan pembuatan Inverter 1 Phasa

No	Alat	No	Alat
1	Solder	6	Multimeter
2	Baut	7	Timah Solder
3	Obeng	8	Curter
4	Tang Potong	9	Alat Penggulung Trafo
5	Tang Jepit	10	Sedot Timah

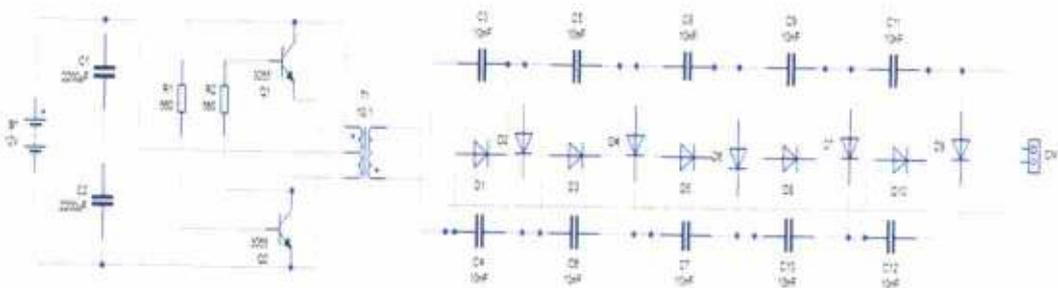
3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam perancangan inverter ini adalah komponen-komponen yang mudah ditemukan dan terdapat dipasaran. Daftar komponen dan bahan beserta spesifikasi komponen terlihat pada table 1 berikut ini :

Tabel 3.2 Bahan-bahan yang digunakan dalam membuat Inverter 1 Phasa

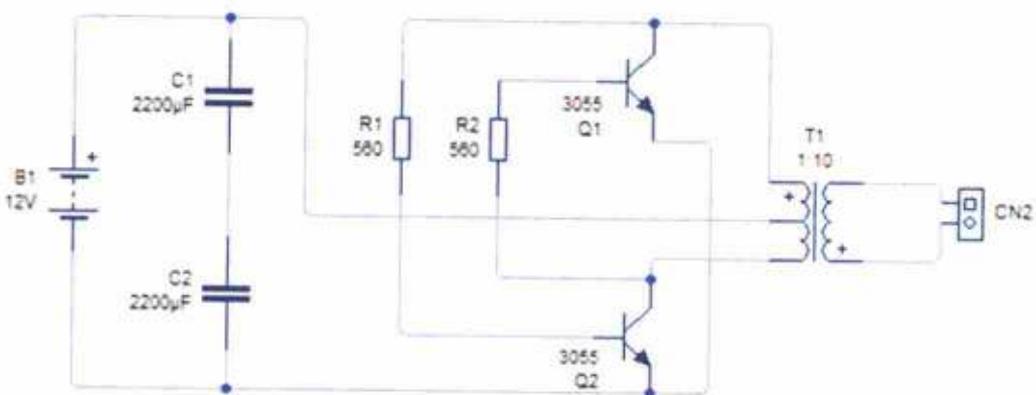
No	Bahan	No	Bahan
1	Baterai 12 Volt	6	Isolasi Listrik
2	Resistor 560 Ohm	7	Kawat Tembaga
3	Dioda	8	Transformator
4	Kapasitor	9	Kabel Pemhubung
5	Transistor	10	Black Box

3.4 Prinsip Kerja Rangkaian Inverter 1 Phasa untuk lampu sodium



Gambar 3.2 Rangkain Inverter 1 phasa untuk lampu sodium

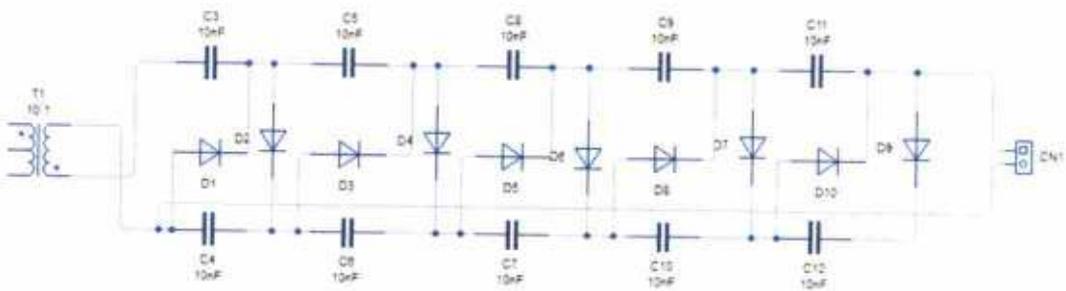
3.4.1 Prinsip kerja rangkaian pertama



Gambar 3.3 rangkaian inverter 1 phasa

Pada mulanya arus dan tegangan searah dari sumber baterai sebesar 12Vdc akan menyuplai keberbagai rangkaian termasuk kapasitor sebagai tempat penyimpanan sementara, selanjutnya pada tahap awal melalui resistor yang akan mengaktifkan dari basic transistor, melalui transistor tegangan ditransfer ke trafo dengan tegangan keluaran 220 Volt.

3.4.2 Prinsip kerja rangkaian penaik tegangan



Gambar 3.4 Rangkaian Penaik tegangan

Selanjutnya tegangan 220 Volt dari trafo kemudia dimasukan didalam Rangkaian multivibrator, didalam rangkaian multivibrator ini tegangan dari trafo disearahkan lagi serta dibangkitkan sehingga mendapatkan tegangan keluaran hingga 10 KV agar dapat menghidupkan lampu sodium.

BAB 4

PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1. Prosedur Pengujian Alat

Setelah rangkaian alat inverter 1 fasa untuk lampu sodium dibuat dan telah terangkai dalam kotak pengaman serta tersedia pula untuk pengkoneksian alat ke baterai serta bisa juga ke jaringan listrik dan terminal keluaran yang akan terhubung ke beban lampu sodium dengan demikian alat inverter siap untuk diuji coba kualitas dan efisiensi dalam menghidupkan lampu sodium.

4.2. Langkah Awal Pengujian

Langkah awal dari pengujian alat inverter 1 fasa yaitu dengan menyiapkan alat dan beban kerja Lampu Sodium yang akan dicoba dilengkapi pula alat pengukur arus dan tegangan input maupun output dari rangkaian tersebut.

Pengujian dari sumber baterai pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan sumber yang terdapat pada baterai dengan mengukur tegangan baterai menggunakan alat multimeter. Tegangan baterai yang tertulis ialah sebesar 12 Vdc sedangkan tegangan baterai yang terukur pada saat pengujian adalah sebesar 11,97 Vdc. Lalu ukur tegangan dan arus yang mengalir pada infotan trafo serta output trafo dan kemudia ukur juga arus dan tegangan pada rangkaian penaik tegangan pada saat tak berbebabn dan berbeban dengan menggunakan alat multimeter dan dapat juga dengan menggunakan alat osiloskop untuk melihat gelombang keluaran.

4.3. Hasil Pengujian

4.3.1. Pengujian Inverter tak berbeban

Selanjutnya pengujian Inverter 1 fasa dengan tegangan dan arus inputan, dan tegangan serta Arus output tanpa beban dimulai seperti yang terlihat pada table 4.1.

Tabel 4.1. Data Inputan tanpa beban

No	Inputan		
	Tegangan (V_a)	Arus (I_b)	Daya (P_a)
1	11,91 V	0,83 A	9,88 Watt
2	11,89 V	0,84 A	9,98 Watt
3	11,83 V	0,84 A	9,93 Watt

Analisis

1. Perhitungan Daya Input tanpa beban:

$$\begin{aligned} P_{a1} &= V_{a1} \times I_{a1} \\ &= 11,91 \times 0,83 \\ &= 9,8853 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{a2} &= V_{a2} \times I_{a2} \\ &= 11,89 \times 0,84 \\ &= 9,9876 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{a3} &= V_{a3} \times I_{a3} \\ &= 11,83 \times 0,84 \\ &= 9,8853 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Tabel 4.2 Data Output Tanpa Beban

No	Output		
	Tegangan (V_b)	Arus (I_b)	Daya (P_b)
1	10000 V	0,98 mA	9,8 Watt
2	10000 V	0,99 mA	9,9 Watt
3	10000 V	0,99 mA	9,9 Watt

2. Perhitungan Arus Output Tanpa Beban

Arus Output pada table 4.1 didapat dengan menggunakan sistem perhitungan dari Daya inputan berbanding dengan tegangan output, berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned} I_{Out1} &= \frac{P_{In1}}{V_{Out1}} \\ &= \frac{9,88}{10000} \\ &= 0,00098 \text{ A} \\ &= 0,98 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{Out2} &= \frac{P_{In2}}{V_{Out2}} \\ &= \frac{9,98}{10000} \\ &= 0,00099 \text{ A} \\ &= 0,99 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{Out3} &= \frac{P_{In3}}{V_{Out3}} \\ &= \frac{9,93}{10000} \\ &= 0,000993 \text{ A} \\ &= 0,993 \text{ mA} \end{aligned}$$

3. Perhitungan Daya Output tanpa Beban

$$P_{b1} = V_{b1} \times I_{b1}$$

$$P_{b1} = 10000 \times 0,00098$$

$$P_{b1} = 9,8 \text{ Watt}$$

$$P_{b2} = V_{b2} \times I_{b2}$$

$$P_{b2} = 10000 \times 0,00099$$

$$P_{b2} = 9,9 \text{ Watt}$$

$$P_{b3} = V_{b3} \times I_{b3}$$

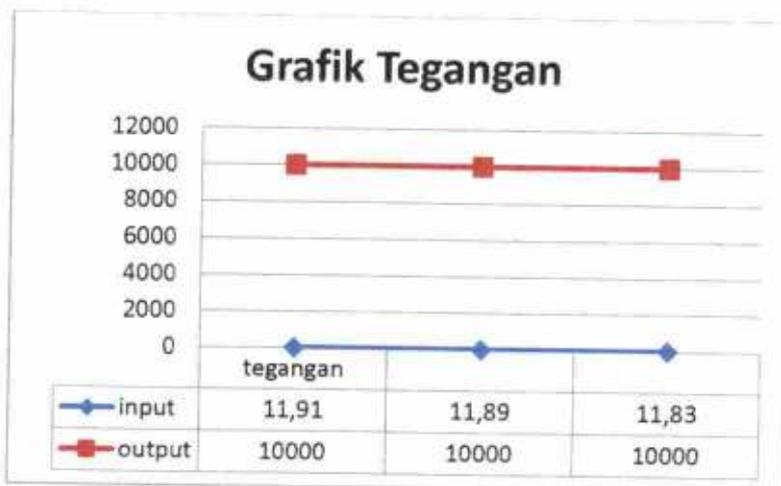
$$P_{b3} = 10000 \times 0,000993$$

$$P_{b3} = 9,993 \text{ Watt}$$

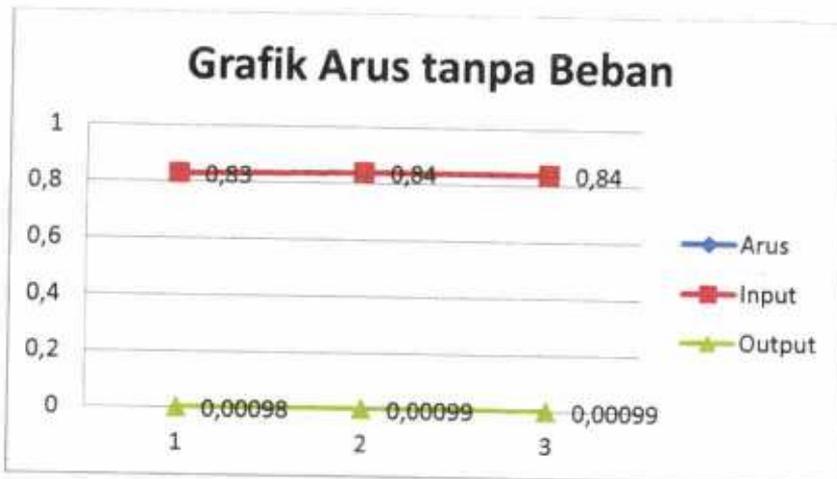
Tabel 4.3 Data Perbandingan Inputan dan Output pada saat tanpa beban

No	Inputan			No	Output		
	Tegangan (V _a)	Arus (I _b)	Daya (P _a)		Tegangan (V _b)	Arus (I _b)	Daya (P _b)
1	11,91 V	0,83 A	9,88 Watt	1	10000 V	0,98 mA	9,8 Watt
2	11,89 V	0,84 A	9,98 Watt	2	10000 V	0,99 mA	9,9 Watt
3	11,83 V	0,84 A	9,93 Watt	3	10000 V	0,99 mA	9,9 Watt

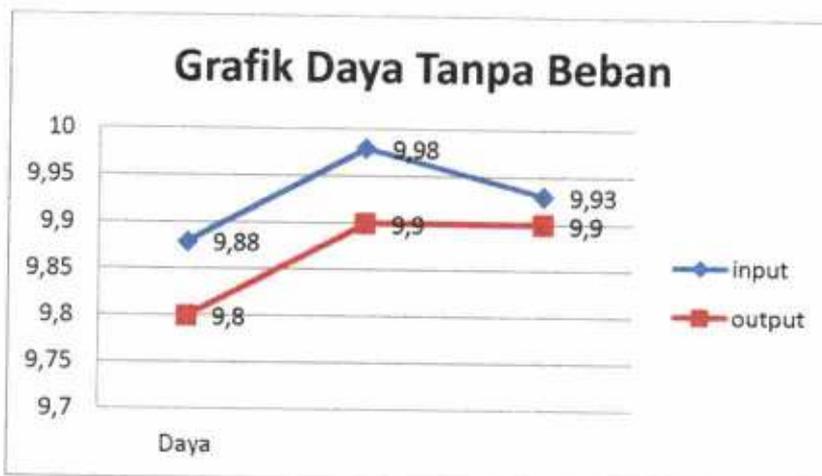
Dari analisis diatas dapat digambarkan dengan menggunakan grafik sebagai berikut :



Gambar 4.1 Grafik tegangan tanpa beban



Gambar 4.2 Grafik arus tanpa beban



Gambar 4.3 Grafik daya tak berbeban

Kemudian dilanjutkan kembali dengan pengujian dari inverter menggunakan beban lampu sodium, seperti yang ditunjukkan oleh tabel 4.2.

4.3.2. Pengujian inverter berbeban

Selanjutnya pengujian Inverter 1 phasa dengan tegangan dan arus inputan, dan tegangan serta Arus output berbeban sebagai berikut :

Tabel 4.4. Data Inputan Pada Saat Berbeban

No	Inputan		
	Tegangan (V_a)	Arus (I_a)	Daya (P_a)
1	11,89 V	2,41 A	28,65 Watt
2	11,79 V	2,58 A	30,41 Watt
	11,76 V	2,27 A	26,69 Watt

Analisis

1. Perhitungan Daya Input pada saat berbeban:

$$\begin{aligned} P_{a1} &= V_{a1} \times I_{a1} \\ &= 11,89 \times 2,41 \\ &= 28,6549 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{a2} &= V_{a2} \times I_{a2} \\ &= 11,79 \times 2,58 \\ &= 30,4182 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{a3} &= V_{a3} \times I_{a3} \\ &= 11,76 \times 2,27 \\ &= 26,6952 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Tabel 4.5 Data Output Pada Saat Berbeban

No	Output		
	Tegangan (V_b)	Arus (I_b)	Daya (P_b)
1	10000 V	0,18 A	1800 Watt
2	10000 V	0,20 A	2000 Watt
3	10000 V	0,19 A	1900Watt

2. Perhitungan Daya Output tanpa Beban

$$P_{b1} = V_{b1} \times I_{b1}$$

$$P_{b1} = 10000 \times 0,18$$

$$P_{b1} = 1800 \text{ Watt}$$

$$P_{b2} = V_{b2} \times I_{b2}$$

$$P_{b2} = 10000 \times 0,20$$

$$P_{b2} = 2000 \text{ Watt}$$

$$P_{b3} = V_{b3} \times I_{b3}$$

$$P_{b3} = 10000 \times 0,19$$

$$P_{b3} = 1900 \text{ Watt}$$

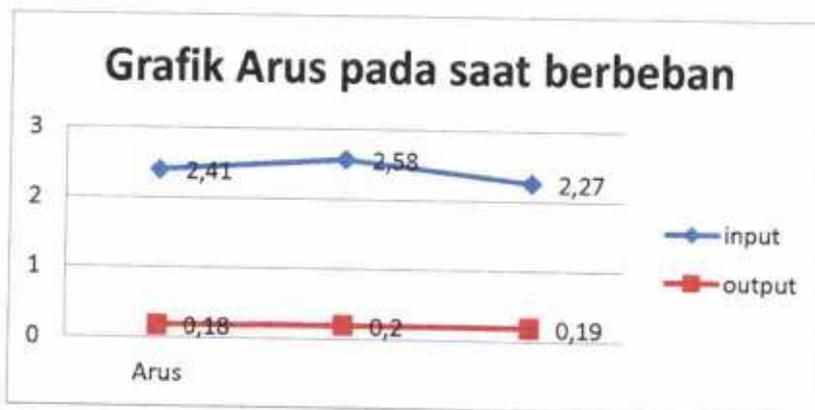
Tabel 4.6 Data Perbandingan Inputan dan Output pada saat tanpa beban

No	Inputan			No	Output		
	Tegangan (V_a)	Arus (I_a)	Daya (P_a)		Tegangan (V_b)	Arus (I_b)	Daya (P_b)
1	11,89 V	2,41 A	28,65 Watt	1	10000 V	0,18 A	1800 Watt
2	11,79 V	2,58 A	30,41 Watt	2	10000 V	0,20 A	2000 Watt
3	11,76 V	2,27 A	26,69 Watt	3	10000 V	0,19 A	1900 Watt

Pada tabel diatas data pengujian alat inverter berbeban cukup baik dengan rangkaian penaik tegangan mampu menghasilkan daya ouput yang jauh lebih besar dari daya inputan.



Gambar 4.4 Grafik tegangan pada saat berbeban



Gambar 4.5 Grafik arus pada saat berbeban



Gambar 4.6 Grafik daya pada saat berbeban

4.4. Perhitungan tegangan dan arus serta daya rata-rata Inverter 1 Phasa

4.4.1. Perhitungan Tegangan dan Arus

Perhitungan pada tabel 4.3 pengujian alat inverter 1 phasa tak berbeban

$$\begin{aligned} I_{in} &= \frac{I_{in1} + I_{in2} + I_{in3}}{3} \\ &= \frac{0,83 + 0,84 + 0,84}{3} \\ &= \frac{2,51}{3} \\ &= 0,83 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{out} &= \frac{I_{out1} + I_{out2} + I_{out3}}{3} \\ &= \frac{0,98 + 0,99 + 0,99}{3} \\ &= \frac{2,96}{3} \\ &= 0,98 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Maka Rata-rata arus pada saat tanpa beban :

$$\begin{aligned} I_t &= \frac{I_{in} + I_{out}}{2} \\ I_t &= \frac{0,83 + 0,98}{2} \\ I_t &= \frac{1,81}{2} \\ I_t &= 0,905 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Menghitung Tegangan :

$$\begin{aligned} V_{in} &= \frac{V_{in1} + V_{in2} + V_{in3}}{3} \\ &= \frac{11,91 + 11,89 + 11,83}{3} \\ &= \frac{35,63}{3} \\ &= 11,87 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{Out} &= \frac{V_{Out1} + V_{Out2} + V_{Out3}}{3} \\
 &= \frac{10000 + 10000 + 10000}{3} \\
 &= \frac{30000}{3} \\
 &= 10000 \text{ Volt}
 \end{aligned}$$

Maka Rata-rata Tegangan pada saat tanpa beban :

$$\begin{aligned}
 V_t &= \frac{V_{in} + V_{out}}{2} \\
 &= \frac{11,87 + 10000}{2} \\
 &= \frac{10011,87}{2} \\
 &= 5005,93 \text{ Volt}
 \end{aligned}$$

Jadi resistansi Inverter 1 phasa tanpa beban seluruhnya sebesar :

$$\begin{aligned}
 R_t &= \frac{V_t}{I_t} \\
 &= \frac{5005,93}{0,905} \\
 &= 5531 \text{ Ohm} \\
 &= 5,5 \text{ KOhm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan pada tabel 4.6 pengujian alat inverter 1 phasa berbeban

$$\begin{aligned}
 I_{in} &= \frac{I_{in1} + I_{in2} + I_{in3}}{3} \\
 &= \frac{2,41 + 2,58 + 2,27}{3} \\
 &= \frac{7,26}{3} \\
 &= 2,42 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{out} &= \frac{I_{out1} + I_{out2} + I_{out3}}{3} \\
 &= \frac{0,18 + 0,20 + 0,19}{3} \\
 &= \frac{0,57}{3} \\
 &= 0,19 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Maka Rata-rata arus pada saat tanpa beban :

$$\begin{aligned}
 I_t &= \frac{I_{in} + I_{out}}{2} \\
 I_t &= \frac{2,42 + 0,19}{2} \\
 I_t &= \frac{2,61}{2} \\
 I_t &= 1,305 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Menghitung Tegangan :

$$\begin{aligned}
 V_{in} &= \frac{V_{in1} + V_{in2} + V_{in3}}{3} \\
 &= \frac{11,89 + 11,79 + 11,76}{3} \\
 &= \frac{35,44}{3} \\
 &= 11,81 \text{ Volt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{out} &= \frac{V_{out1} + V_{out2} + V_{out3}}{3} \\
 &= \frac{10000 + 10000 + 10000}{3} \\
 &= \frac{30000}{3} \\
 &= 10000 \text{ Volt}
 \end{aligned}$$

Maka Rata-rata Tegangan pada saat tanpa beban :

$$V_t = \frac{V_{in} + V_{out}}{2}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{11,81 + 10000}{2} \\
 &= \frac{10011,81}{2} \\
 &= 5005,905 \text{ Volt}
 \end{aligned}$$

Jadi resistansi Inverter 1 phasa tanpa beban seluruhnya sebesar :

$$\begin{aligned}
 R_b &= \frac{V_t}{I_t} \\
 &= \frac{5005,905}{1,305} \\
 &= 3835,94 \text{ Ohm} \\
 &= 3,8 \text{ KOhm}
 \end{aligned}$$

4.4.2. Perhitungan Daya

menghitung daya pada inverter pada saat tanpa beban

$$P_t = V_t \times I_t$$

$$\begin{aligned}
 P_t &= 5005,93 \times 0,905 \\
 &= 4530,36 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

menghitung daya pada inverter pada saat berbeban

$$P_b = V_b \times I_b$$

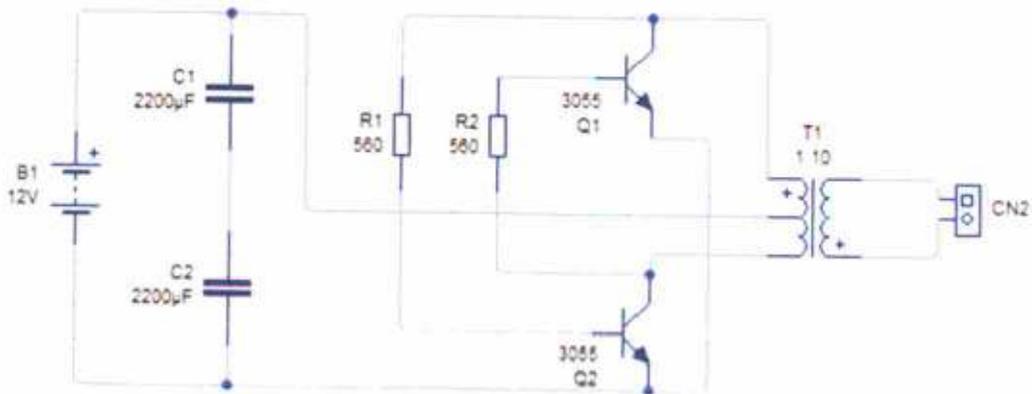
$$\begin{aligned}
 P_b &= 5005,905 \times 1,305 \\
 &= 6532,70 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.3 Daya tanpa beban dan Daya berbeban

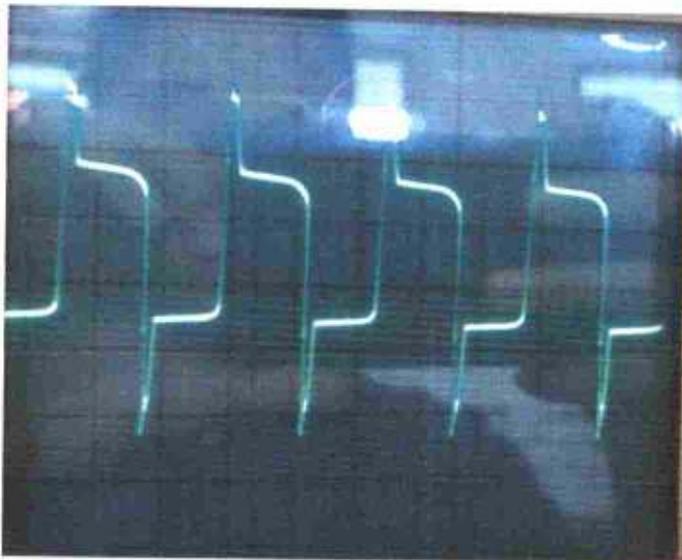
No	Daya Tanpa Beban	Daya Berbeban
1	4530,36 Watt	6532,70 Watt

4.4.3. Pengujian dan perhitungan Frekuensi Gelombang keluaran

Setelah mengukur tegangan dan arus, selanjutnya untuk mengetahui gelombang yang dihasilkan maka dapat dilihat dengan menggunakan alat osiloskop.



Yaitu mengukur gelombang keluaran dari transistor yang terhubung dengan inputan trafo menggunakan osiloskop maka dapat dilihat gelombang keluarannya yaitu sebagai berikut :

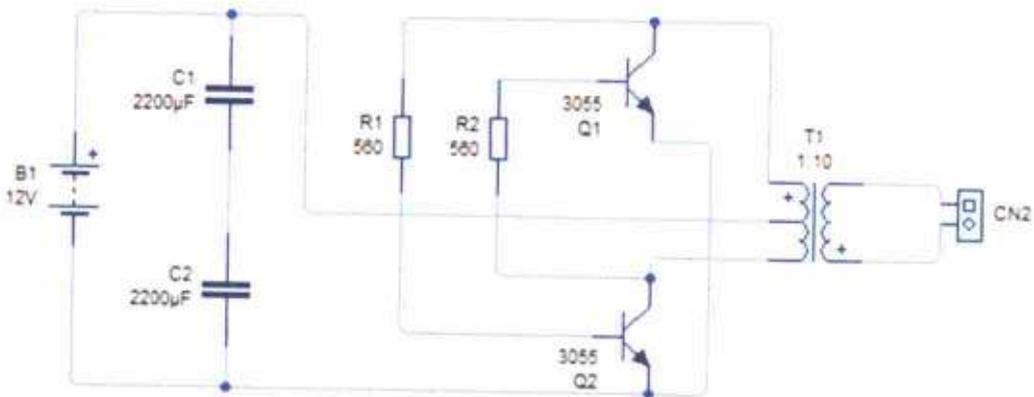


Gambar 4.7 Sinyal inputan dari trafo

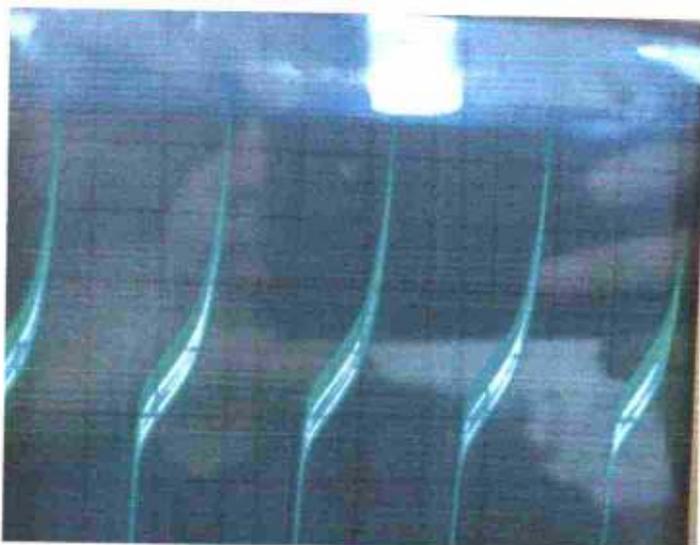
Setelah melihat gelombang dari sumber dc baterai kemudian dapat dilihat gelombang dari inputan trafo seperti pada gambar diatas dengan menggunakan alat osiloskop yaitu time/div 50 μ S dan tegangan 5 Volt/div maka dapat mengetahui frekuensi dengan menggunakan perhitung sebagai berikut :

Diketahui : Time/Div = 50 μ S dan Tegangan pucak ke puncak pada monitor osiloskop yaitu 3 kotak = 3 Div. Maka Frekuensinya :

$$\begin{aligned} F &= \frac{1}{50\mu\text{S} \times 3 \text{ Div}} \\ &= \frac{1}{150\mu\text{S}} \\ &= \frac{1}{0,00015 \text{ S}} \\ &= 6666,6 \text{ Hz} \\ &= 6,6 \text{ KHz} \end{aligned}$$



Selanjutnya yaitu mengukur gelombang dari keluaran trafo



Gambar 4.8 Sinyal dari output Trafo

Lalu, diukur lagi gelombang dari keluaran trafo, dapat dilihat pada gambar diatas bahwa gelombang keluaran dari trafo tidak dapat dilihat secara sempurna karena tingginya frekuensi yang dihasilkan karena dipengaruhi juga oleh tegangan yang dihasilkan oleh trafo dengan tegangan dan arus keluarannya yaitu arus bolak balik. Dengan pengaturan dilayar osiloskop yaitu time/div 50 μ S dan tegangan 5 Volt/div maka dapat mengetahui frekuensi dengan menggunakan perhitung sebagai berikut :

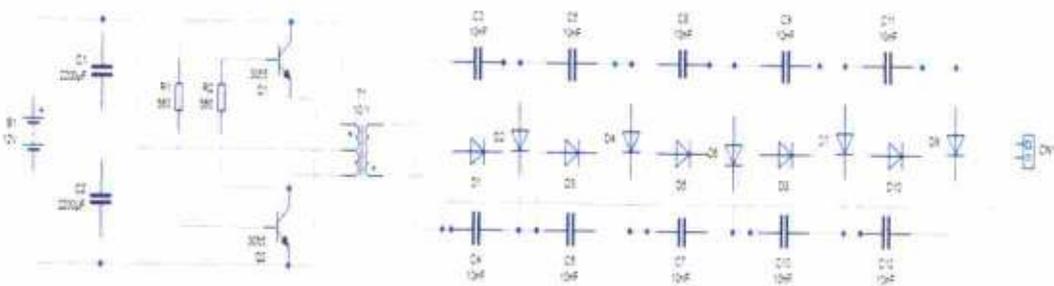
Diketahui :

$$\text{Time/Div} = 50 \mu\text{S}$$

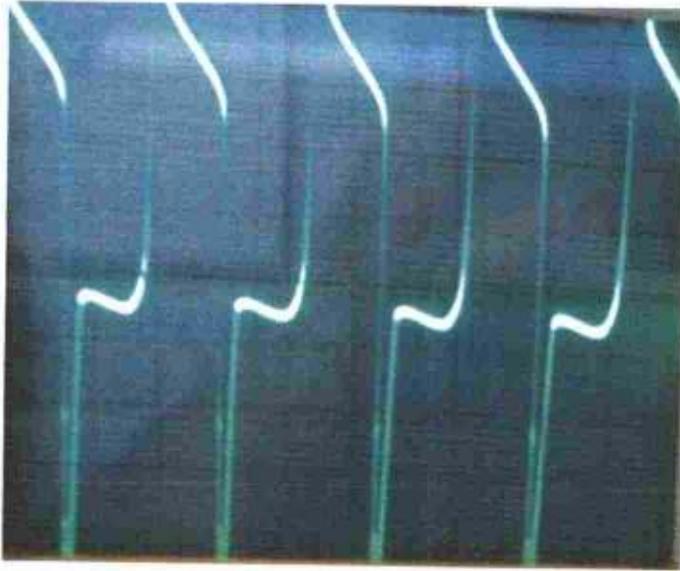
Tegangan pucak ke puncak pada monitor osiloskop yaitu 5 kotak = 5 Div.

Maka Frekuensinya :

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{1}{50\mu\text{S} \times 5 \text{ Div}} \\
 &= \frac{1}{250 \mu\text{S}} \\
 &= \frac{1}{0,00025 \text{ S}} \\
 &= 4000 \text{ Hz} \\
 &= 4 \text{ KHz}
 \end{aligned}$$



Selanjutnya mengukur gelombang secara keseluruhan yaitu mengukur gelombang keluaran dari rangkaian voltage multiplier atau rangkaian penaik tegangan seperti dapat dilihat pada gambar 4.9



Gambar 4.9 Sinyal Output dari rangkaian Voltage Multiflier

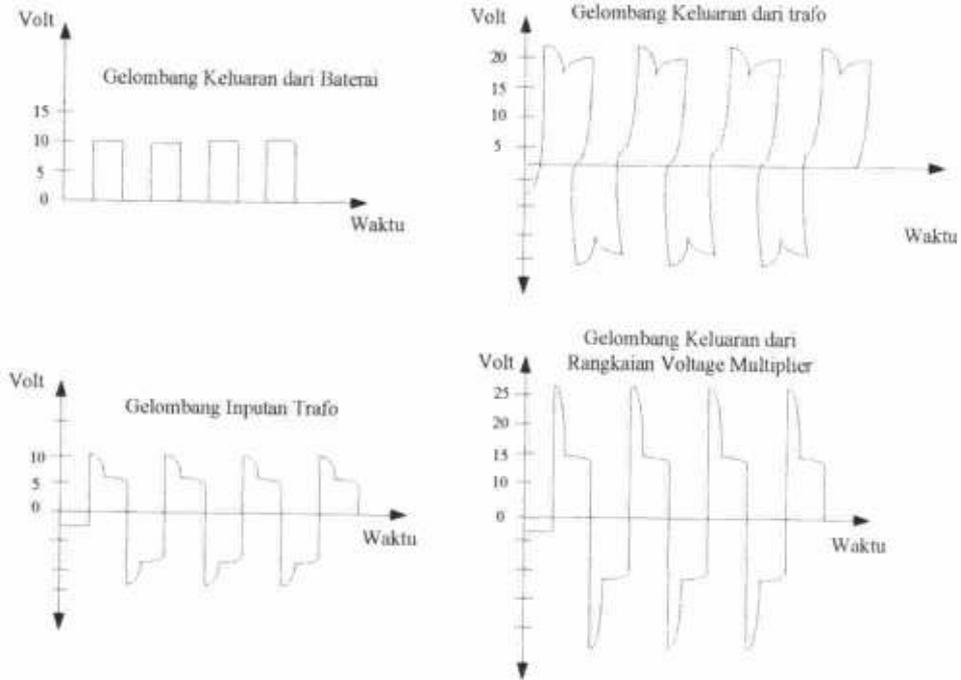
Dengan pengaturan maksimal dilayar osiloskop yaitu time/div 50 μ S dan tegangan 5 Volt/div maka dapat mengetahui frekuensi dengan menggunakan perhitung sebagai berikut :

Diketahui : Time/Div = 50 μ S dan Tegangan pucak ke puncak pada monitor osiloskop yaitu 2,5 kotak = 2,5 Div.

Maka Frekuensinya :

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{1}{50\mu\text{S} \times 2,5 \text{ Div}} \\
 &= \frac{1}{125 \mu\text{S}} \\
 &= \frac{1}{0,000125 \text{ S}} \\
 &= 8000 \text{ Hz} \\
 &= 8 \text{ KHz}
 \end{aligned}$$

4.4.4. Diagram Gelombang Keluaran Inverter 1 phasa untuk lampu sodium



Gambar 4.10 Diagram gelombang keluaran inverter

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari perancangan dan pembuatan alat Inverter 1 phasa untuk lampu sodium ini maka dapat disimpulkan :

1. ketika diuji berkali-kali pada saat berbeban maupun tak berbeban hasilnya cukup baik.
2. Inverter 1 phasa dengan sumber tegangan dari baterai sebesar 12 Volt yang dihubungkan dengan rangkaian penaik tegangan dapat menghasilkan tegangan keluaran yang cukup tinggi yaitu sebesar 10 KV
3. Menghasilkan frekuensi yang tinggi hingga 16 KHz
4. Namun inverter yang dirancang dan dibuat memiliki arus yang relatif kecil yaitu hanya 0,20 A
5. Daya yang dihasilkan oleh inverter yaitu sebesar 2000 Watt
6. Perancangan dan pembuatan inverter 1 phasa ini hanya ditujukan untuk dapat menghidupkan lampu sodium dengan tegangan serta frekuensi tinggi,
7. Namun inverter yang dirancang dan buat ini hanya mampu menstarting awal dalam menghidupkan lampu sodium karena kecilnya arus serta tegangan yang dihasilkan masih belum stabil.

5.2 Saran

Dalam perancangan dan pembuatan alat inverter 1 phasa untuk lampu sodium pada penelitian ini masih banyak memiliki kekurangan, maka dari itu dalam penyempurnaan alat diperlukan penelitian lebih lanjut.