

Perancangan dan Pembuatan Inverter Satu Fasa Tegangan Keluaran Gelombang Kotak 220V, 50 Hz Daya 660 VA

Suwitno, Antonius Raja Gukguk, Edy Ervianto, Eddy Hamdani

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau
suwitnoanisa@gmail.com

Abstrak

Inverter adalah sumber catu daya listrik arus bolak balik yang diperoleh dari hasil pencincangan sumber arus searah, disisi keluaran mengandung harmonisa, akibatnya kemampuan kapasitas daya yang dirancang menurun. Untuk mengoptimalkan kapasitas daya dalam rancangan yang memenuhi spesifikasi 660 volt ampere, maka pada saat merancang kapasitas daya yang diinginkan daya fundamental ditambahkan dengan daya yang diakibatkan oleh harmonisa.. Penentuan parameter komponen perancangan catu daya yang dirancang menggunakan kapasitas daya fundamental dan akibat harmonisa sebesar 886,528 volt ampere, maka dipilih alat untuk proses switching transistor daya TIP 3055. Proses pencincangan sinyal menggunakan pembangkit osilator astable dengan frekuensi 50 Hz. Sinyal dari pembangkit pulsa astable belum mampu untuk mendriver transistor daya, sehingga diperlukan driver menggunakan BD 438 dan TIP 41. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan daya yang rancang mampu melayani sesuai beban nominalnya, dan regulasi tegangan keluaran arus bolak balik yang dihasilkan 9,62 %. Dari hasil pengujian tersebut peralatan yang dirancang dinyatakan valid, maksudnya hasil rancangan dan pembuatan peralatan inverter masih memenuhi sesuai spesifikasi jatuh tegangan $\leq 10\%$.

Kata Kunci : *Inverter, Harmonisa, Regulasi Tegangan, Jatuh Tegangan*

I. PENDAHULUAN

Sumber daya listrik berupa konverter daya arus searah menjadi daya arus bolak balik, atau lebih lazim disebut inverter dalam keperluan tertentu sangat dibutuhkan seperti untuk catu daya listrik menstarting mobil, pengendali kecepatan motor arus bolak-balik, sisi keluaran jaringan transmisi arus searah, mensuplai daya pada pesawat, menstarting generator listrik secara otomatis saat terjadi pemadaman dari PLN, mensuplai catu daya tak terputus (UPS) yang difungsikan sebagai catu daya listrik cadangan, dan mengkonversikan besaran listrik dari hasil pembangkit listrik alternative seperti pembangkit listrik dari kincir angin, pembangkit listrik matahari atau solar sell yang menghasilkan tegangan keluaran berupa arus searah, sementara beban yang terpasang kebanyakan membutuhkan tegangan arus bolak balik.

Tulisan ini menyajikan spesifikasi konverter arus searah menjadi arus bolak balik yang dibuat dengan teganganinput 24 volt arus searah menjadi tegangan output 24 volt arus bolak balik 50 Hz, kemudian tegangan 24 volt arus bolak balik 50 Hz diubah menjadi 220volt 50 Hz menggunakan trafo daya frekuensi 50Hz, tegangan belitan primer 24volt, 30 ampere dan tegangan belitan sekunder 220volt,3 ampere.

Namun catu daya arus bolak balik yang diperoleh melalui proses konversi yang dilakukan

dari sumber arus searah, menghasilkan riak atau harmonisa disisi keluaran inverter, sehingga daya yang dihasilkan menurun. Adapun harmonisa yang dominan muncul disisi keluaran inverter adalah harmonisa urutan genap. Untuk mengkompensasi kehilangan daya akibat adalah harmonisa, maka dalam perancangan dan pembuatan inverter ini, kapasitas daya yang diinginkan ditambahkan dengan komponen daya akibat harmonisa tersebut. Konsekuensinya parameter komponen peralatan yang dirancang menggunakan spesifikasi kapasitas daya setelah ditambahkan kapasitas daya yang diakibatkan komponen harmonisa.

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas, dalam penelitian ini dibatasi pembahasan sebagai berikut ; Pembahasan tentang cara kerja alat, dimulai dari tersedianya tegangan arus searah sebagai supply yang di peroleh dari baterai, hingga tegangan keluaran inverter tersebut berbentuk gelombang arus bolak balik. Gelombang tegangan/ arus bolak balik yang dihasilkannya adalah berbentuk segi empat dengan frekuensi 50Hz. Untuk mengkonversi arus searah menjadi arus bolak balik menggunakan pembangkit pulsa yang dalam hal ini menggunakan pembangkit pulsa oscillator astabil. Keluaran sinyal pembangkit pulsa terdiri dari dua sinyal yang on dan off secara bergantian dengan beda fasa 180° , sinyal osilator dikuatkan untuk mampu mendriver peralatan switching rangkaian daya. Hasil keluaran proses

switching menghasilkan arus bolak balik gelombang persegi.

Adapun tujuan ini merencanakan dan membuat prototif konverter daya 660volt ampere 24 volt arus searah menjadi 220 volt arus bolak balik, dengan tegangan keluaran efektifnya 220 volt arus bolak balik $\pm 5\%$, maksudnya variasi tegangan keluaran diperkenankan antara 209volt arus bolak balik sampai 231 arus bolak balik pada saat konverter diberi beban dan transformator daya dipilih 660 volt ampere, 50 Hz dengan masukan berasal dari keluaran inverter yakni 24 volt arus searah, 30 ampere menjadi 220 volt arus bolak balik, 3 ampere.

Manfaat dari konverter arus searah menjadi arus bolak balik dipergunakan untuk menyediakan catu daya arus bolak balik yang masukan sumber arus searah, seperti kebutuhan pada peralatan di laboratorium, pesawat, kapal, mobil, UPS, dan pengaturan motor induksi, serta mengkonversikan catu daya arus searah yang dihasilkan pembangkit alternatif diubah ke tegangan arus bolak balik yang dapat melayani bebani sesuai daya disainnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Inverter adalah suatu piranti yang dapat mengkonversikan arus searah menjadi arus bolak balik dengan tegangan dan frekuensi keluaran tergantung kebutuhan. Tulisan tentang inverter sudah banyak dilakukan oleh peneliti ;

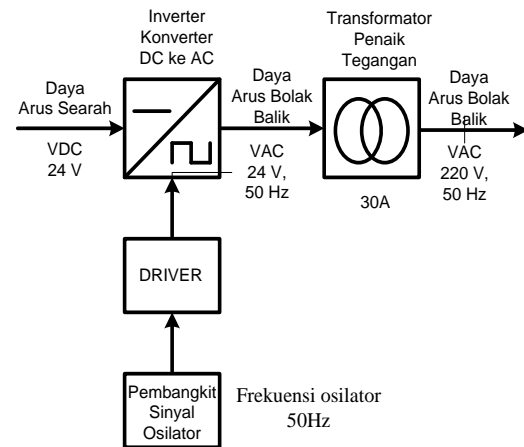
Yustinus Andrianus Sinaga dkk (2017), telah membuat sebuah alat yaitu inverter yang fungsinya dapat mengubah tegangan DC 12 Volt menjadi AC 220 Volt, dimanfaatkan sebagai back up sudpada saat aliran listrik PLN padam. Hasil pengujian dengan memvariasikan beban lampu pijar sebesar 5 sampai 55 Watt 220 Volt, ketika diberi beban daya 20 watt lampu redup, mengindikasikan jatuh tegangan output sangat besar.

Didi Istarti dkk (2017), telah merancang Bangun *Square Wave Full-Bridge Inverter Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin Mikro*, dimana hasil data pada rangkaian inverter yang dibuat secara keseluruhan sat inverter diberi beban tegangan keluaran inverter turun 20% dari tegangan tanpa beban.

Ray Mundus dkk (2019), telah merancang bangun inverter dengan menggunakan sumber baterai DC 12V, hasil pengujian yang telah dilakukan hasil keluaran pada saat tidak berbeban, dan saat berbeban $R=10 \Omega$ dan berbeban $R=100 \Omega$ berbeda setiap jenis bentuk gelombangnya.

Karyadi, dkk (2021), telah merancang bangun Inverter Satu Fasa Menggunakan IC SG 3525, rancangan inverter satu fase ini digunakan untuk aplikasi sebagai pasokan listrik rumah daya kecil sebesar 18 Watt, ketika daya dari PLN padam.

Dari telaah ke empat tulisan diatas, inverter hasil rancangan tidak mampu melayani beban sampai beban penuh, diakibatkan daya hilang akibat harmonisa pada proses piranti inverter tersebut. Untuk mengkompensasi akibat daya hilang diakibatkan harmonisa, maka saat perancangan alat, maka daya inverter fundamental ditambahkan dengan daya harmonisa, sehingga piranti inverter yang dibuat dapat melayani beban penuh sesuai dengan daya rancangan yang diharapkan. Adapun diagram blok rancangan inveter satu fasa gelombang kotak diperlihatkan pada Gambar 1.



ambar 1. Blok diagram konverter arus searah ke arus bolak balik

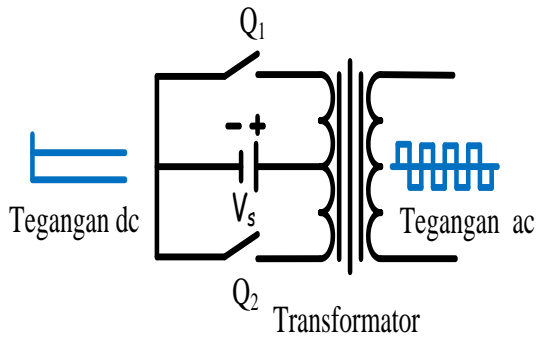
2.1 Driver dan Inverter

Konverter daya listrik arus searah (AS) menjadi arus bolak balik (ABB) dilakukan oleh bagian inverter. Inverter yang dirancang dan dibuat tipe jembatan penuh yang dibuat dari dua setengah jembatan.

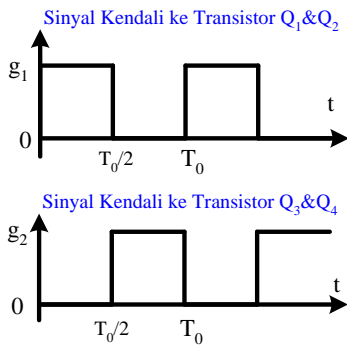
Dari Gambar 1 diperlihatkan proses terjadinya konverter arus searah menjadi arus bolak balik; catu daya arus searah dicincang oleh pembangkit pulsa ossilator, hasil pembangkit keluaran oscillator didriver oleh peralatan driver, agar menguatkan sinyal yang dihasilkan pembangkit pulsa osilator, sehingga sinyal dari pembangkit pulsa osilator mampu untuk mentrigger piranti transistor yang difungsikan sebagai peraltan switching pada konverter daya listrik arus searah menjadi arus bolak balik.

2.2 Inverter

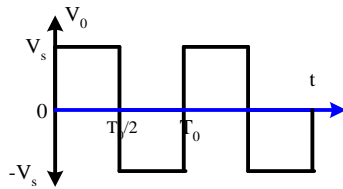
Inverter satu fasa biasanya dilakukan dengan teknik modulasi lebar pulsa tunggal dan pulsa banyak (*single pulse width modulation and multiple pulse width modulation*). Dalam penelitian ini memanfaatkan inverter satu fasa dengan teknik modulasi lebar pulsa tunggal seperti ditunjukkan Gambar 2.



Gambar 2. Inverter Satu Fasa Rangkaian Jembatan



Gambar 3. Sinyal Penyalan Inverter



Gambar 4. Sinyal Keluaran Inverter

Inverter satu fasa rangkaian jembatan penuh pada Gambar 2, berisi 2 buah chopper, saat sinyal kendali trigger g_1 pada Gambar 3 diberikan secara simultan pada transistor Q_1 maka inverter turn on selama setengah periode $T_o/2$, dengan tegangan keluaran pada beban sebesar V_s , sebaliknya bila sinyal kendali trigger g_2 diberikan pada rangkaian inverter selama setengah periode hingga T_o , maka transistor Q_2 turn on dengan tegangan keluaran pada beban akan sebesar $-V_s$. Adapun sinyal keluaran inverter dapat ditampilkan pada Gambar 4.

Nilai efektif tegangan keluaran pada beban dapat ditentukan dengan persamaan (1).

$$V_o = \sqrt{\frac{2}{T_o} \int_0^{T_o/2} V_s^2 dt} = V_s \dots\dots\dots 1$$

Persamaan tegangan sesaat pada beban dengan menggunakan deret Fourier

$$v_o = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4V_s}{n\pi} \sin n\omega t \dots\dots\dots 2$$

Tegangan efektif fundamental diperoleh dengan memasukkan urutan harmonisa $n=1$ adalah

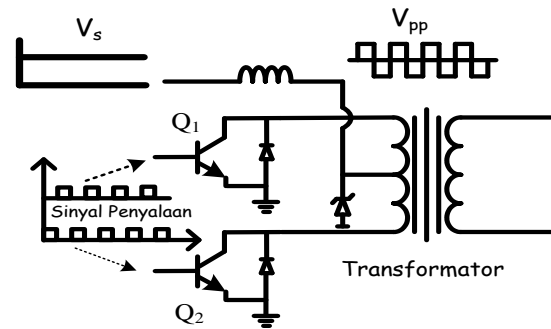
$$V_1 = \frac{4V_s}{\pi\sqrt{2}} = 0,90037V_s \dots\dots\dots 3$$

Tegangan harmonisa efektif (V_h) adalah nilai efektif tegangan keluaran (V_o) dikurangi tegangan efektif fundamental (V_1) dapat dinyatakan;

$$V_h = \sqrt{\left(\sum_{n=3,5,7,\dots}^n V_n^2 \right)} = \sqrt{V_o^2 - V_1^2} = 0,4351V_s \dots 4$$

2.3 Transistor Daya

Bagian saklar daya digunakan transistor yang komplementer antara bagian saklar positif dan negative. Tipe yang saling komplementer untuk menghindari diperlukannya catu daya tersendiri bagi pengendali salah satu sisinya. Gambar 5, diperlihatkan gambar saklar /transistor daya



Gambar 5. Saklar/Transistor Daya

Keluaran trafo dari Gambar 5 berbentuk gelombang persegi dengan tegangan puncak ke puncak $V_{pp} = 2V_s$ (dari $-V_s$ sampai $+V_s$) dan lebar pulsa 50% dibebani beban yang mengandung harmonisa ke n , $Z(\theta_n) = R + jX(\theta_n)$ dan

$\theta_n = \tan^{-1}\left(\frac{X(\theta_n)}{R}\right)$, maka arus keluaran di beban ada

$$I_{o(n)} = \frac{4V_s \sqrt{n}}{\sqrt{2n\pi} \sqrt{R^2 + (X(\theta_n))^2}} = \frac{V_1}{|Z_n| \sqrt{n}} \dots\dots\dots 5$$

Jadi arus keluaran trafo efektif total adalah

$$I_o = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4V_s}{\sqrt{2n\pi} |Z_n| \sqrt{n}} = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{V_1}{|Z_n| \sqrt{n}} \dots 6$$

Perhitungan arus keluaran secara praktis, diperlukan cukup hanya menggunakan hitungan urutan harmonisa hingga harmonisa urutan kesebelas. Besarnya daya keluaran trafo total dengan memasukkan komponen harmonisa adalah

$$\sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} V_n I_n = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4V_s}{\sqrt{2n\pi}} \times \frac{4V_s}{\sqrt{2n\pi}|Z_n|} = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{V_1^2}{n|Z_n|} \dots 7$$

Harmonisa adalah suatu sinyal yang tidak diinginkan disisi keluaran konverter, karena harmonisa mengakibatkan kinerja konverter menjadi menurun. Untuk itu dalam hal keperluan peningkatan kinerja konverter perlu alat yang dapat meminimisasi pengaruh harmonisa tersebut dengan cara menempatkan tapis kapasitansi disisi keluaran konverter. Impedansi tapis dari sisi input dan tanpa beban adalah

$$|Z_n| = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{n\omega C}\right)^2} \dots \dots \dots 8$$

dengan n urutan harmonisa timbul disisi keluaran inverter. Untuk menghasilkan keluaran konverter sesuai dengan spesifiknya, maka penentuan rancangan kapasitas daya listrik yang diinginkan melalui proses pengkalian besaran tegangan efektif keluaran inverter dan arus keluaran ditambah arus harmonisanya, sehingga daya rancangan adalah

$$\sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} V_n I_n = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{V_1^2}{n|Z_n|} \dots \dots \dots 9$$

$$\sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} V_n I_n = V_1^2 (1/Z_1 + 1/3Z_3 + 1/5Z_5 + \dots 1/nZ_n)$$

Kemampuan unjuk kerja suatu transformator biasanya ditentukan dari besarnya daya keluaran suatu transformator terhadap daya masukannya, atau disebut efisiensi. Formulasi dari efisiensi dapat dituliskan;

$$\eta = \frac{\sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} V_n I_n}{V_{dc} \times I_{dc}} \dots \dots \dots 10$$

Penentuan rating arus pada belitan primer transformator sebesar

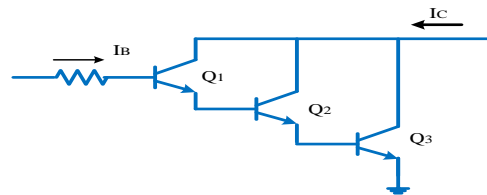
$$I_{dc} = \frac{\sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} V_n I_n}{\eta V_{dc}} \dots \dots \dots 11$$

2.4 Driver

Rangkaian switching yang menggerakkan konverter memerlukan sinyal pembangkit pulsa penyalaaan agar transistor sebagai penggerak

rangkaian daya bekerja. Bagi transistor agar dapat beroperasi sebagai switching, maka nilai arus base I_B minimal sebesar $I_B = I_C/h_{FE}$.

Nilai arus base ini akan digerakkan dari rangkaian pembangkit pulsa penyalaaan, dalam hal ini menggunakan rangkaian osilator astable. Namun kelauran arus pada rangkaian osilator astable ini relatif kecil biasanya dalam orde μA sampai mA. Oleh sebab itu agar keluaran sinyal dari pembangkit pulsa ini mampu mengaktifkan transistor daya, diperlukan rangkaian driver. Rangkaian driver ini fungsinya menguatkan sinyal pembangkit pulsa agar dapat menggerakkan transistor daya. Driver ini dibentuk dengan menggunakan dua atau lebih transistor bipolar dalam konfigurasi Darlington untuk menghasilkan penguat arus h_{FE} yang besar. Gambar rangkaian driver seperti diperlihatkan pada Gambar 6 dibawah ini



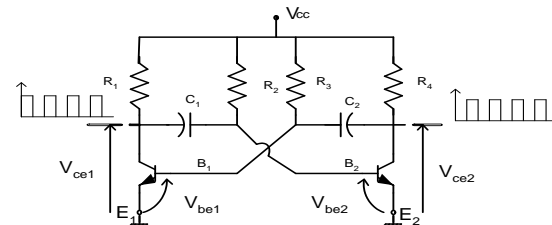
Gambar 6, rangkaian driver konfigurasi Darlington

Dari Gambar 6 tersebut diperoleh hubungan nilai arus kolektor dan arus basenya seperti berlaku pada persamaan (12).

$$I_C = (\beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3) I_B \dots \dots \dots 12$$

2.5 Pembangkit Oscilator

Rangkaian pulsa osilator disini dimanfaatkan sebagai sinyal penyalaaan inverter yaitu suatu rangkaian yang difungsikan untuk rangkaian penyalaaan transistor. Jenis pembangkit osilator menggunakan rangkaian multivibrator astabil. Keluaran sinyal osilator dikedua sisi keluaran astabil on dan off berganti secara terus menerus dan sinyalnya berbentuk kotak yang satu dengan lain beda fasa 180⁰. Rangkaian astabil dibangun dari pirantitransistor, tahanan dan kapasitorseperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Rangkaian pembangkit pulsa menggunakan oscillator astabil

Menentukan frekuensi osilator adalah

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1,4RC} \text{ Hz} \dots\dots\dots 13$$

III. MATERI DAN METODE

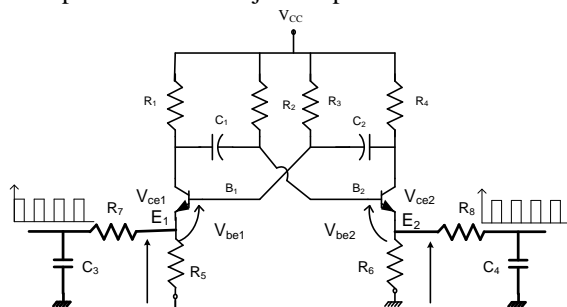
Materi yang digunakan untuk membuat prototif inverter modul pembangkit berasal dari pulsa osilator multivibrator astable, baterai 24 volt 60 Ah, transistor TIP 3055 sebagai switching, TIP 41 dan BD 348 transistor sebagai driver, transformator masukan 24 volt dan keluaran 220 volt 50Hz, 30 ampere, kapasitor difungsikan sebagai filter.

Metode untuk membuat konverter arus searah 24 V_{DC} menjadi 220V_{AC}, kapasitas daya 660VA dengan membuat teloransi tegangan keluaran arus bolak balik ± 5%. Terjadinya proses konverter arus searah menjadi arus bolak balik diperlukan proses pensaklaran, dan proses pensaklaran itu sendiri membutuhkan rangkaian pembangkit pulsa yang dalam hal ini menggunakan rangkaian multivibrator astabil. Maka perlu dilakukan perancangan rangkaian pembangkit pulsa osilator sesuai spesifik frekuensi yang diinginkan. Rangkaian pembangkit pulsa yang diinginkan untuk proses pensaklaran, seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Pada penelitian ini parameter-parameter untuk pembangkit isolator yang difungsikan sebagai sinyal penyalan inverter dipilih frekuensi 50 Hz dan memilih nilai kapasitansi C₁ dan C₂ sebesar 4,7 μF, sehingga nilai parameter R

$$R = \frac{1}{1,4 \times 50 \times 4,7 \times 10^{-6}} = 2,955 \text{ k}\Omega$$

Sesuai resistansi yang tersedia dipasaran maka dipilih resistansi dengan parameter 3 kΩ.

Rangkaian pembangkit pulsa penyalan dilengkapi filter *low pass* dengan parameter R₇ dan R₈ masing-masing dipilih 5,6 kΩ dan kapasitansi C₃ dan C₄ masing-masing nilainya 47 nF, sehingga setelah ditempatkan filter keluaran sinyalnya sebesar 31mV. Adapun rangkaian osilator setelah ditempatkan filter ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Rangkaian Osilator sebagai pulsa Penyalan Inverter dilengkapi filter

Dalam keperluan membuat konverter arus searah menjadi arus bolak-balik yang menyediakan daya 660 VA dan tegangan keluaran efektif, V_{rms} = 220V_{ABB} ± 5% pada 50Hz (V₁=V_{rms} dan V_{rms} tertinggi sama dengan 231V_{ABB}), maka tegangan efektif adalah

$$V_s = \frac{\sqrt{2\pi}V_1}{4} = \frac{\sqrt{2\pi} \times 231}{4} = 256,576V,$$

dipilih spesifikasi tegangan keluaran 260 volt. Nilai arus efektif I_{rms} diperoleh dari rumus daya semu VA = V_{rms} × I_{rms}, dengan V_{rms} terendah (220V-5% x 220V=209V), jadi arus keluaran pada frekuensi fundamental

$$I_{o1} = I_{rms} = \frac{VA}{V_{rms}} = \frac{660VA}{209V} = 3,158A.$$

Sehingga daya fundamental sebesar 821.08 VA.

Hasil keluaran pada sistem pensaklaran yang bertujuan merubah besaran arus searah menjadi arus bolak balik menimbulkan efek harmonisa. Untuk menghasilkan keluaran konverter sesuai dengan spesifiknya, maka penentuan rancangan kapasitas daya listrik yang diinginkan melalui proses pengkalian besaran tegangan efektif keluaran inverter dan arus keluaran ditambah faktor harmonisa yang dihasilkan inverter.

Penentuan besaran arus keluaran untuk pemilihan peralatan pensaklaran, yang dalam tulisan ini menggunakan transistor, maka besaran arus keluaran inverter harus sama dengan arus kolektor dari transistor. Nilai arus kolektor yang diperlukan dengan cara membagikan besaran kapasitas daya listrik dengan efisiensi peralatan dan tegangan masukan inverter.

Berdasarkan parameter spesifikasi arus kolektor dan tegangan masukan inverter, dipilihlah jenis transistor yang memenuhi kriteria rancangan. Dari persamaan (7) dan (8) dengan nilai C=100 μF dan f_r = 50Hz, daya keluaran trafo total daya fundamental ditambah komponen harmonisa sama dengan

$$\sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} V_n I_n = 886,528 VA.$$

Dengan menganggap efisiensi trafo 90% dan tegangan pada belitan primer trafo=24V, maka arus pada belitan primer trafo yang sama dengan arus kolektor transistor daya adalah

$$I_C = \frac{\sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} V_n I_n}{\eta \times V_i} = \frac{886,528 VA}{0,9 \times 24V} = 41,043A$$

Untuk memfasilitasi arus sebesar 41,043 ampere, maka dipilih peralatan switching yang banyak dijual dipasaran TIP 3055 yang mempunyai spesifikasi

$V_{CEO(MAX)} = 60 \text{ V}$, dan arus kolektor maksimum $I_{C(max)} = 10 \text{ ampere}$. Transistor cukup memadai untuk catu daya masukan inverter 24V. Untuk memenuhi kebutuhan daya 886,528 VA dan arus beban 41,043 A, maka transistor ini diparalel dengan arus basis yang sama. Untuk spesifikasi arus belitan sekunder trafo daya adalah

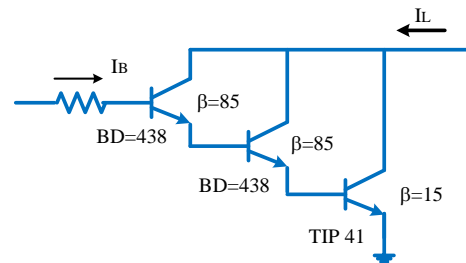
$$I_{rms} = \frac{\sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} V_n I_n}{V_{rms}} = \frac{886,528VA}{220V} = 4,029A$$

Rangkaian Driver

Spesifikasi peralatan pensaklaran yang telah dipilih, kita lihat dari data sheet transistor, untuk menentukan berapa besar arus base yang dibutuhkan transistor, agar dapat difungsikan sebagai pensaklaran. Setelah diketahui arus base yang diperoleh dari data sheet, maka dirancang driver, yang fungsinya menaikkan sinyal pensaklaran yang berasal dari pembangkit osilator yang biasanya arus dalam kisaran μA sampai mA. Keluaran dari rangkaian pembangkit osilator terakhir adalah merupakan sinyal penyalan untuk pin base dari transistor (base dari transistor), namun sebelum ke base transistor perlu ditambahkan driver dan juga sebagai pemisah untuk keamanan dari rangkaian penyalan yang beroperasi pada tegangan yang lebih kecil dari tegangan kerja transistor. Sementara untuk daya 660 volt ampere dibutuhkan arus base dalam besaran Ampere. Oleh sebab itu arus keluaran dari pembangkit osilator dibutuhkan peralatan driver.

Rangkaian switching yang menggerakkan konverter menggunakan jenis Transistor TIP 3055 jenis transistor daya yang mampu menarik arus sebesar 10 ampere, sehingga memadai untuk menggerakkan arus beban 10 ampere. Berdasarkan data sheet jenis transistor daya TIP 3055 mempunyai arus basis maksimum 7 ampere, dan penguas arus h_{FE} sebesar 5 kali, arus kolektor 10 ampere, dan tegangan kolektor- emitter 60 volt. Berdasarkan data-data tersebut diperlukan arus base sebagai penggerak transistor daya dengan kemampuan menarik arus I_C sebesar 10 Ampere sebesar $I_B = I_C/h_{FE} = 10A/5 = 2 \text{ ampere}$. Dalam hal memenuhi arus base 2 ampere dipilih rangkaian darlington gabungan jenis transistor BD 438 dua buah dan TIP 41 yang masing-masing mempunyai penguat arus 85 dan 15 kali. Konfigurasi darlington ini menghasilkan penguat arus $h_{FE} = 85 \times 85 \times 15 = 108.375$, sehingga diperlukan arus masukan driver $I_B = 2A/108.375 = 18,45 \mu\text{A}$. Bagi transistor agar dapat beroperasi sebagai switching maka nilai arus base I_B minimal sebesar 18,45 μA .

Sementara keluaran sinyal dari osilator sebesar 31 mV, maka diperlukan tahanan basis sebesar $R_b = 31\text{mV}/18,45 \mu\text{A} = 1,408 \text{ kohm}$, berdasarkan parameter resistansi yang ada dipasaran ditempatkan tahanan basis sebesar 1 kohm.



Gambar 9. Rangkaian driver konfigurasi Darlington

Pada tulisan ini dibutuhkan transistor daya yang mampu melayani beban 41,043 ampere. Untuk melayani arus beban 41,043 ampere dapat dilakukan dengan memparalelkan jenis transistor daya TIP 3055 sebanyak empat buah transistor daya tersebut. Dengan melakukan paralel sebanyak empat buah transistor yang setiap transistornya mempunyai kemampuan menarik arus 10 ampere, sistem paralel ini sesuai hukum kirchoff arus, maka dihasilkan transistor daya yang memadai untuk melayani arus beban sebesar 41,043 ampere.

Nilai- nilai resistor dihitung dari arus-arus yang mengalir. Untuk mengetahui arus basis I_B transistor, kita mengacu pada lembaran data transistor yang digunakan. Untuk TIP 3055: $h_{FE} = 5$ sampai 20, $I_{B(max)} = 7 \text{ ampere}$, dan $V_{BE} = 1,8 \text{ volt}$ pulsa (saat pensaklaran). Transistor diparalel untuk memenuhi arus beban $I_{beban} = 41,043 \text{ ampere}$ dan dioperasikan pada daerah saturasi dengan masing-masing $I_C = 10,261 \text{ ampere}$, $I_{BS} = 10,261/5 \text{ ampere}$. Dengan ODF = 5 dan transistor diparalel, maka total $I_B = 2,052 \text{ ampere}$ ($4 \times I_B$ masing-masing).

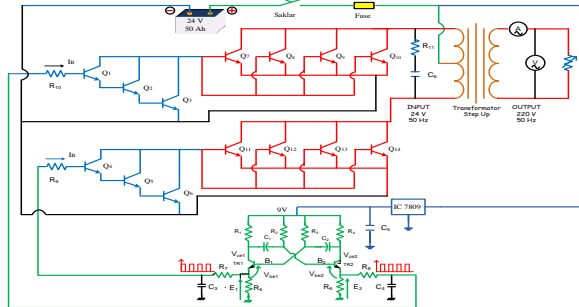
Kemudian untuk menaikkan tegangan arus bolak balik 24 volt 50 Hz menjadi 220 volt 50 Hz dibutuhkan suatu peralatan transformator yang fungsi menaikkan tegangan arus bolak balik menjadi arus bolak balik yang lebih besar. Transformator yang dipilih adalah transformator jenis penaik tegangan satu fasa dengan tegangan primer 24 volt 50 Hz 30 ampere dan tegangan keluaran 220 volt 50 Hz, 4,029 ampere.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Untuk melihat unjuk kerja peralatan yang telah dibuat, maka dilakukan pengujian dengan memberi beban berupa resistor variabel untuk melihat besar arus beban dari 0 (tanpa beban) sampai sekitar 4,67 ampere (beban maksimum) seperti ditunjukkan pada

Gambar10. Dalam pengujian parameter yang diamati tegangan keluarannya. Pada proses pelaksanaan pengukuran tegangan keluaran konverter diberi arus beban dari 0 sampai 4,67 A dari arus beban penuh 3 ampere.



Gambar 10. Prototipe inverter 1 fasa, dan sistem pengukuran arus dan tegangan keluaran

Pengujian peralatan inverter dilakukan dengan pemberian beban 0%, 79%, 86,1%, 96,3% dan 126% dari beban penuh (yang dimaksud beban penuh pada kondisi beban 3 ampere),diperoleh nilai tegangan efektif keluaran seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data hasil pengujian inverter satu fasa tegangan keluaran gelombang kotak

No	Tegangan Keluaran (Volt)	Beban (Ampere)	Daya (Volt-Ampere)	Regulasi Tegangan (%)
1	260	0	0	0
2	251,7	2,37	504,36	3,09
3	245,3	2,58	536,41	5,64
4	240,0	2,89	586,90	7,69
5	235	3,78	751,65	9,61

Berdasarkan hasil pengujian dari Tabel 1 dapat ditentukan regulasi tegangan keluaran inverter terhadap beban tersebut, dengan sinyal keluaran tetap 50 Hz.

Untuk inverter dengan beban 79% dari beban penuh, diperoleh regulasi tegangan terhadap beban

$$V_R = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{NL}} \times 100\% = \frac{260 - 251,7}{260} \times 100\% = 3,19\%$$

Untuk inverter diberi beban 86,1 % dari beban penuh diperoleh regulasi tegangan terhadap beban

$$V_R = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{NL}} \times 100\% = \frac{260 - 245,3}{260} \times 100\% = 5,65\%$$

Untuk inverter diberi beban 96,3 % dari beban penuh diperoleh regulasi tegangan terhadap beban

$$V_R = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{NL}} \times 100\% = \frac{260 - 240}{260} \times 100\% = 8,33\%$$

Untuk inverter diberi beban 126 % dari beban penuh diperoleh regulasi tegangan terhadap beban

$$V_R = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{NL}} \times 100\% = \frac{260 - 235}{260} \times 100\% = 9,62\%$$

4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian peralatan inverter yang telah dilakukandengan memberikan beban bervariasi dari 0% sampai 126 % beban penuh, diperoleh regulasi tegangan terhadap beban semakin besar bebannya regulasinya semakin meningkat, dan berdasarkan pengujian ketika diberi beban 126% dari beban nominal, regulasi tegangan inverter sebesar 9,61%.Berdasarkan kelayakan penyediaan sumber tegangan arus bolak balik, catu daya inveter kapasitas 660 volt ampere, 50 Hz yang telah dibuat dan setelah diuji coba dinyatakan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan,regulasi tegangan inverter terhadap bebanmasih berada di level ± 10%. Perancangan dan pembuatan konverter arus searahmenjadi arus bolak balik 660 volt ampere tegangan keluaran 220 volt ±5% dinyatakan valid.

V. KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengujian hasil perancangan dan pembuatan konverter arus searah menjadi arus bolak balik dengan kapasitas 660 volt ampere tegangan keluaran 220 volt ±5%, catu daya sebagai sumber catu daya listrik arus bolak balik mampu melayani beban sampai 126% beban nominal, dan regulasi tegangan keluaran inverter 9,62%, hal ini masih memenuhi spesifikasi ≤10 %. Oleh sebab itu perancangan dan pembuatan prototip yang telah dibuat dan dilakukan pengujian dinyatakan memenuhi spesifikasi rancangan, maksudnya mampu melayani beban sebesar 660 VA (220 volt - 3 ampere).

UCAPKAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih, kepada LPPM UNRI yang telah membantu terlaksananya penelitian ini. Terima kasih disampaikan dengan teman-teman sejawat dan mahasiswa yang telah menyumbangkan pemikiran dan tenaga sehingga terlaksananya penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Agus Jiwantoro, Bambang Dwi Argo, W. A. N. (n.d.). 2021, *Analisis Efektivitas Mesin Penggiling Tebu Dengan Penerapan Total Productive. 1(2)*, 18–28. Karyadi, Suryono, ” *Rancang Bangun Inverter Satu Fasa Menggunakan IC SG 3525*, Edu ElektriKA Journal Vol. 10 No. 1 Januari – Juli 2021, P-ISSN 2252-7095.
- [2]. Ray Mundus, Kho Hie Khwee, Ayong Hiendro, 2019, *Rancang Bangun Inverter Dengan Menggunakan Sumber Baterai DC 12V*, Jurnal S1 T. Elektro UNTAN, Vol 2, No 1
- [3]. Didi Istardi, Agus Wirabowo, 2017, *Rancang Bangun Square Wave Full-Bridge Inverter Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin Mikro*, Jurnal Manutech, Vol. 9, No. 1, Juni.
- [4]. Yustinus Andrianus Sinaga, Ahmad Saudi Samosir, Abdul Haris, *Rancang Bangun Inverter 1 Fasa dengan Kontrol Pembangkit Pulse Width Modulation (PWM)*, ELECTRICIAN–Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, Vol. 11, No. 2, Mei 2017
- [5]. Muhammad H. Rashid, 1993, *Power Electroniccs*, Printice Hall International, Second edition.