

Desain Prototipe Full Bridge DC-DC Converter untuk Sistem Distribusi DC pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Muhammad Ridha Syahputra¹, Tarmizi², Fathurrahman³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No.7, Darussalam, Banda Aceh, 23111, Aceh, Indonesia

¹ridha2000@mhs.usk.ac.id

²mizi@usk.ac.id

³fathurrahman@usk.ac.id

Abstrak— Pembangkit listrik tenaga surya merupakan suatu pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Pada sistem pembangkit listrik tenaga surya dalam perancangan ini tegangan output DC yang dihasilkan relatif rendah berkisar 24 VDC. Oleh karena itu diperlukan perangkat DC-DC converter untuk menaikkan tegangan sesuai dengan kebutuhan beban listrik rumah tangga yaitu sistem AC 220 V. topologi DC-DC converter yang dipilih adalah Full Bridge converter, hal ini dikarenakan topologi tersebut dapat menaikkan tegangan output lebih dari 10 kali lipat dari tegangan outputnya. Full Bridge converter juga memiliki tingkat efisiensi konversi yang tinggi, serta dapat mencatu dengan tegangan yang konstan. Penelitian merancang sebuah prototipe Full Bridge converter dengan tegangan input 24 V dan menghasilkan tegangan output sekitar 310 V dengan beban 200 W. Rangkaian kontrol menggunakan modul PWM SG3525 untuk membangkitkan sinyal PWM dengan duty cycle 42,84 % dan frekuensi 61,4 kHz. Berdasarkan hasil pengujian prototipe Full Bridge Converter diperoleh hasil tegangan output yaitu sebesar 312,5 V dengan tegangan input 24 V dan daya output 200 W. Tegangan output yang dihasilkan dari Full Bridge Converter ini nantinya dapat dikonversikan menjadi tegangan AC 220 V menggunakan Inverter.

Kata Kunci— PLTS, DC-DC Converter, Full Bridge Converter, SG3525, PWM.

I. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan suatu pembangkit listrik yang mengonversikan energi surya menjadi energi listrik. PLTS memanfaatkan energi dari sinar matahari untuk menghasilkan energi listrik melalui modul fotovoltaik, yang tergolong dalam energi hijau atau energi yang ramah lingkungan sehingga menjadi suatu pembangkit yang terbarukan dan menjadi suatu sarana agar bisa memenuhi kebutuhan akan energi listrik yang ramah lingkungan [1]. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh photovoltaic (PV) adalah tegangan DC.

Tegangan output yang dihasilkan PV panel pada sistem PLTS di Desa Lampreh Kecamatan Ingin Jaya Kabupaten Aceh Besar yaitu sebesar 24 VDC. Sedangkan untuk dapat

dikonversikan menjadi tegangan AC 220 V, maka diperlukan tegangan DC yaitu sekitar 310 V. Sehingga pada penelitian ini digunakan DC-DC Converter.

DC-DC Converter merupakan piranti elektronika daya yang berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan tegangan input DC [2]. DC-DC Converter yang sering digunakan pada umumnya terdiri dari beberapa jenis yaitu Buck, Boost, Buck-Boost, Flyback, Forward, Push-Pull, Half-Bridge, dan Full Bridge Converter [3].

Pada penelitian ini jenis DC-DC Converter yang digunakan adalah Full Bridge Converter. Topologi ini digunakan karena level tegangan yang dinaikkan mencapai lebih dari 10 kali lipat dari tegangan inputnya. Full Bridge Converter juga memiliki tingkat efisiensi yang tinggi, serta dapat mencatu dengan tegangan yang konstan [4].

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis melakukan desain prototipe full bridge DC-DC converter yang nantinya akan di aplikasikan pada sistem PLTS dengan menggunakan sistem distribusi DC.

II. LANDASAN TEORI

A. PLTS

PLTS merupakan suatu sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan cahaya matahari untuk dikonversikan menjadi energi listrik melalui sel surya. Sel surya merupakan perangkat yang terdiri dari lapisan tipis bahan semikonduktor, seperti silikon atau bahan lain yang tersusun menjadi modul untuk menghasilkan energi listrik dari sinar matahari [5].

Prinsip kerja sistem PLTS dapat diuraikan dan dijelaskan dengan uraian dan penjelasan dari komponen-komponen yang terintegrasi dalam sistem PLTS. Berikut merupakan uraian penjelasan prinsip kerja masing-masing komponen yang digunakan dalam sistem PLTS:

1) *Penel Surya*: merupakan komponen yang paling mendasar dalam sistem PLTS. Panel surya terdiri dari sel surya yang mengubah sinar matahari menjadi energi listrik DC. Ketika sinar matahari mengenai panel surya, energinya diubah menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaik.

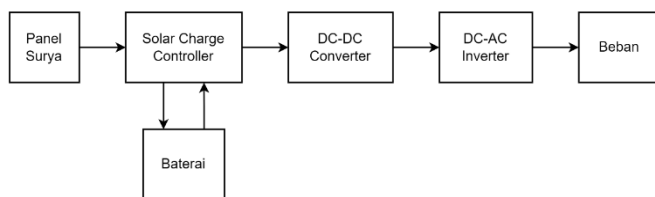
2) *Solar Charge Controller* atau *Maximum Power Point Tracking (MPPT)*: adalah komponen yang digunakan untuk mengatur dan mengoptimalkan efisiensi pengisian baterai dari panel surya. MPPT secara otomatis melacak titik daya maksimum dari panel surya dan mengatur tegangan dan arus yang diperlukan untuk mengisi baterai secara optimal.

3) *Baterai*: digunakan untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya saat sinar matahari tersedia. Baterai berfungsi sebagai penyimpan energi cadangan yang dapat digunakan saat sinar matahari tidak tersedia.

4) *Full Bridge DC-DC Converter*: digunakan untuk mengonversi tegangan DC dari baterai menjadi tegangan DC yang lebih tinggi atau lebih rendah, tergantung pada kebutuhan sistem. Konverter ini memungkinkan pengaturan dan mengoptimalkan penggunaan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya.

5) *DC-AC inverter*: digunakan untuk mengonversi tegangan DC dari baterai atau konverter DC-DC menjadi tegangan AC untuk mengoperasikan peralatan listrik AC. Inverter juga bertanggung jawab untuk mengatur frekuensi dan tegangan output yang sesuai dengan peralatan yang akan digunakan.

6) *Beban listrik*: adalah peralatan listrik yang akan dijalankan menggunakan energi listrik yang dihasilkan oleh sistem PLTS. Beban dapat berupa peralatan listrik rumah tangga, peralatan industri, atau peralatan elektronik lainnya.



Gambar 1 Blok Diagram Sistem PLTS

Secara keseluruhan, prinsip kerja sistem PLTS adalah mengumpulkan energi matahari menggunakan panel surya, mengonversi energi tersebut menjadi listrik DC, menyimpannya dalam baterai, mengatur pengisian baterai menggunakan solar charge controller, mengonversi tegangan DC menggunakan DC-DC Converter, mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC menggunakan DC-AC inverter, dan menggunakan energi listrik tersebut untuk menjalankan peralatan listrik.

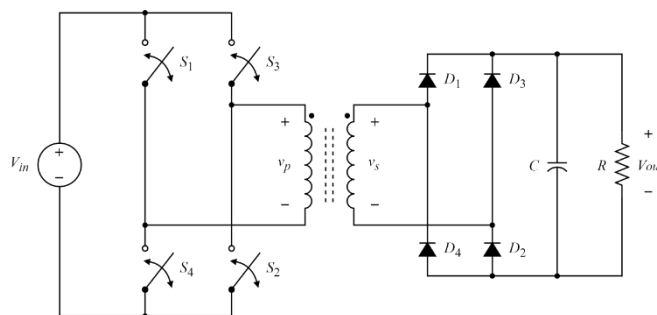
B. DC-DC Converter

DC-DC Converter adalah perangkat yang mengonversikan tegangan sumber arus DC yang konstan menjadi tegangan DC variabel yang dapat divariasikan melalui penempatan sakelar berkecepatan tinggi di antara sumber dengan beban. DC-DC Converter berperan sebagai alat untuk mengonversikan tegangan input DC rendah menjadi level tegangan output DC yang lebih tinggi. Tegangan output tersebut juga dapat divariasikan nilainya sesuai dengan kebutuhan [2].

DC-DC Converter adalah perangkat elektronik yang dapat mengubah tegangan DC dari satu level ke level lainnya. Keistimewaannya, besar tegangan yang dihasilkan dapat diatur sesuai kebutuhan. Pengaturan tegangan ini bisa dilakukan dengan dua cara yaitu pengaturan di dalam konverter maupun di luar konverter. Untuk pengaturan di luar konverter dengan cara memvariasikan tegangan DC pada input konverter. Sedangkan pengaturan di dalam konverter biasanya dikenal sebagai PWM [2].

C. Full Bridge Converter

Full Bridge Converter adalah jenis dari isolated switch-mode dc-dc converter, yang memiliki empat MOSFET [6]. Full Bridge Converter berfungsi untuk menaikkan tegangan dan mencatu dengan tegangan yang konstan [4]. Rangkaian Full Bridge Converter bisa dilihat pada Gambar 2 [7].

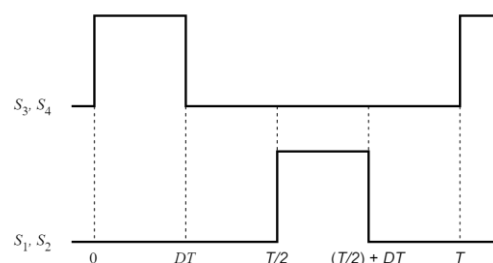


Gambar 2 Full Bridge Converter

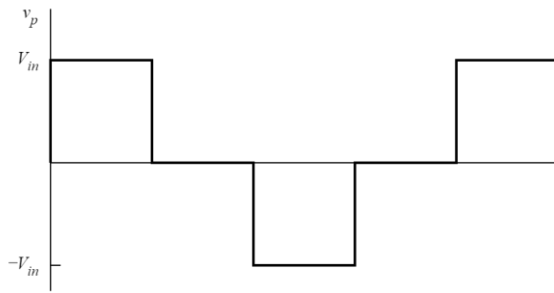
Full Bridge Converter ditunjukkan pada Gambar 2, dalam pengoperasiannya serupa dengan push-pull converter. Dengan asumsi bahwa transformator ideal, Full Bridge Converter memiliki pasangan sakelar (S_1 , S_2) dan (S_3 , S_4) yang menutup secara bergantian [7].

Ketika S_3 dan S_4 ditutup, tegangan primer transformator adalah V_{in} . Ketika S_1 dan S_2 ditutup, tegangan pada primer transformator adalah $-V_{in}$. Untuk transformator yang ideal, apabila semua sakelar dalam kondisi terbuka maka akan membuat $V_p = 0$ [7].

Dengan urutan switching yang tepat, tegangan V_p melintasi primer transformator adalah bentuk gelombang pulsa bolak-balik seperti pada Gambar 4. Dioda D_1 , D_2 , D_3 dan D_4 pada sekunder transformator memperbaiki bentuk gelombang ini untuk menghasilkan tegangan searah [7].



Gambar 3 Sinyal Switching



Gambar 4 Tegangan pada primer trafo

V_p ini identik dengan V_p untuk push-pull converter. Oleh karena itu, output dari Full Bridge Converter dianalisis seperti untuk push-pull converter. Sehingga menghasilkan persamaan 1, dimana D merupakan rasio tugas masing-masing pasangan switch [7]. V_{in} merupakan tegangan input, V_{out} merupakan tegangan output, N_p dan N_s berturut-turut adalah lilitan trafo di sisi primer dan sekunder, dan D adalah *duty cycle*.

$$V_{out} = 2 V_{in} \left(\frac{N_s}{N_p} \right) D \quad (1)$$

D. Transformator Inti Ferit

Transformator merupakan salah satu komponen penting dalam suatu konversi tegangan. Trafo umumnya digunakan pada sistem tenaga listrik. Trafo biasanya digunakan untuk mengubah atau mentransfer besaran listrik arus bolak-balik dari satu rangkaian ke rangkaian lainnya melalui gandingan magnet berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Ada tiga bagian utama yang penting pada trafo yaitu kumparan primer, kumparan sekunder, dan inti trafo [8].

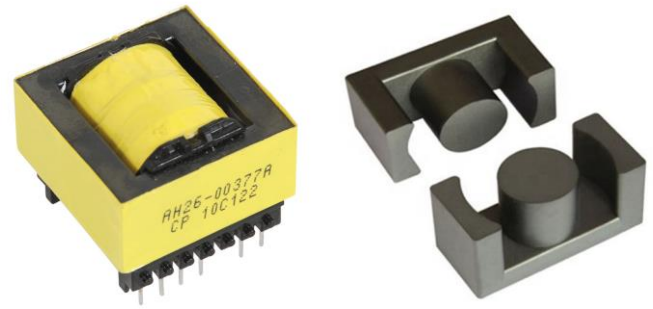
Transformator memiliki beberapa jenis material inti yaitu besi, udara, dan ferit. Fungsi dari inti transformator yaitu sebagai media aliran flux magnet. Trafo yang digunakan pada frekuensi yang tinggi yaitu menggunakan inti ferit karena dinilai lebih efektif. Hal tersebut lantaran tidak ada medan magnet yang ditinggalkan, sehingga energi pada kumparan sisi primer akan dikirimkan langsung ke kumparan sisi sekunder [8].

Dalam hal efisiensi, transformator inti ferit umumnya dianggap lebih efisien daripada transformator inti besi. Ini karena bahan ferit memiliki histeresis magnetik yang lebih rendah daripada lembaran besi silikon atau baja laminasi yang digunakan dalam transformator inti besi. Histeresis magnetik adalah kehilangan energi yang terjadi saat material mengalami siklus kejenuhan magnetik [8].

Namun, pilihan antara transformator inti ferit dan inti besi pada full bridge DC-DC Converter juga tergantung pada faktor lain seperti biaya, ketersediaan bahan, kompatibilitas dengan sistem elektronik yang ada, dan kebutuhan spesifik aplikasi [8].

Kelebihan dari transformator inti ferit dapat bekerja pada frekuensi tinggi karena kemampuan magnetisasi dan demagnetisasi lebih cepat dari pada inti besi biasa. Dengan frekuensi yang lebih tinggi, maka ukuran inti bisa menjadi

lebih kecil dengan jumlah lilitan yang lebih sedikit untuk daya yang sama [4].



Gambar 5 Transformator Inti Ferit

Pada umumnya power supply mode switching bekerja pada frekuensi diatas 20 kHz, sehingga transformator dan komponen-komponen lain yang digunakan dapat menjadi lebih kecil. Selain itu dengan menggunakan transformator inti ferit dapat mengurangi arus eddy dan permeabilitas yang lebih tinggi. Sehingga panas yang dihasilkan lebih kecil daripada transformator biasa dan efisiensi yang lebih baik [4].

Pada transformator inti ferit ada beberapa parameter yang harus diketahui dan dihitung agar dapat menentukan jumlah belitan primer dan sekunder yang sesuai yang langkah-langkahnya dijelaskan secara berurutan sebagai berikut [9].

1) *Menentukan perbandingan lilitan trafo*: penentuan perbandingan lilitan trafo dapat menggunakan persamaan 2, dimana N_p merupakan lilitan trafo di sisi primer, N_s merupakan lilitan trafo di sisi sekunder, V_{out} merupakan tegangan output, V_{in} merupakan tegangan input, dan D merupakan *duty cycle*.

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{V_{out}}{(2 \times V_{in} \times D)} \quad (2)$$

2) *Menentukan jumlah lilitan trafo di sisi primer*: penentuan perbandingan lilitan trafo di sisi primer dapat menggunakan persamaan 3, dimana T_s merupakan periode switching (s), B_{core} merupakan kerapatan fluks magnet maksimum (T) dan, A_c merupakan luas penampang efektif (m^2).

$$N_p = \frac{(V_{in} \times D \times T_s)}{(A_c \times B_{core})} \quad (3)$$

3) *Menentukan jumlah lilitan trafo di sisi sekunder*: penentuan perbandingan lilitan trafo di sisi sekunder dapat menggunakan persamaan berikut:

$$N_s = n \times N_p \quad (4)$$

E. Perangkat Switching & Driver

MOSFET merupakan suatu transistor dari bahan semikonduktor (silikon) dengan tingkat konsentrasi ketidakmurnian tertentu, yang mana hal tersebut akan menentukan jenis suatu transistor, yaitu transistor dengan tipe-N (NMOS) atau transistor dengan tipe-P (PMOS).

Silikon pada MOSFET berperan sebagai substrat untuk drain, source, dan gate [8]. Kemudian transistor dirancang sedemikian rupa supaya antara substrat dan gate dapat dibatasi dengan oksida silikon yang sangat tipis. Oksida ini diendapkan di bagian sisi kiri atas dari kanal, sehingga transistor MOSFET memiliki keunggulan jika dibandingkan BJT, yaitu disipasi daya yang dihasilkan rendah [8].

MOSFET sering digunakan di sirkuit digital, mikroprosesor dan pada aplikasi logika yang lain. Alat ini dimanfaatkan sebagai saklar atau untuk penguat sinyal elektronik [10]. Driver MOSFET IR2101 merupakan sebuah IC (Integrated Circuit) yang digunakan sebagai pemisah antara rangkaian kontrol dengan rangkaian daya atau rangkaian tegangan rendah dengan rangkaian tegangan tinggi, agar rangkaian kontrol terisolasi jika terjadi tegangan balik dari rangkaian daya [10].

F. Pulse Width Modulation

PWM umumnya merupakan cara memanipulasi amplitudo sinyal yang dinyatakan oleh pulsa selama periode waktu tertentu untuk menghasilkan tegangan rata-rata yang berbeda [8]. PWM sering digunakan untuk aplikasi yang berhubungan dengan kontrol analog-digital maupun sebaliknya. Contoh aplikasi PWM seperti modulasi data telekomunikasi, efek audio dan penguatan, pengendalian tegangan atau daya yang masuk ke beban, regulator tegangan, dan lainnya [8].

Salah satu keunggulan teknik PWM yaitu rugi-rugi daya pada perangkat pensaklaran sangat rendah. Kemudian juga bisa bekerja dengan baik dengan control digital dan sudah dimanfaatkan di berbagai sistem komunikasi. Pada umumnya sinyal PWM mempunyai amplitudo dan frekuensi dasar yang tetap, akan tetapi mempunyai variasi lebar pulsa yaitu antara 0 % hingga 100 % [8].

PWM bisa dibangkitkan dengan menggunakan 2 metode yaitu secara analog dan digital. Adapun proses yang paling sederhana dalam pembangkitan sinyal PWM yaitu menggunakan metode analog dengan cara membandingkan tegangan referensi dan tegangan carrier (gigi gergaji) menggunakan rangkaian op-amp komparator seperti pada Gambar 6 [12].

Proses Pembentukan Sinyal PWM yang dihasilkan dengan membandingkan gelombang tegangan carrier (gigi gergaji) dan tegangan referensi menggunakan komparator dapat dilihat pada Gambar 7.

Pada saat tegangan referensi lebih besar dari tegangan carrier, output komparator akan bernilai tinggi (high). Ini menghasilkan pulsa "high" pada sinyal output PWM. Kemudian ketika tegangan referensi lebih kecil dari tegangan carrier, output komparator akan bernilai rendah (low). Ini menghasilkan pulsa "low" pada sinyal output PWM [11].

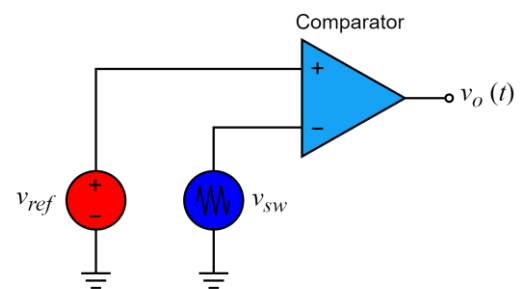
Duty cycle sinyal PWM dapat diubah dengan mengubah nilai tegangan referensi. Semakin besar tegangan referensi, semakin lama pulsa "high" dan semakin tinggi duty cycle. Sebaliknya, semakin kecil tegangan referensi, semakin lama pulsa "low" dan semakin rendah duty cycle. Duty cycle dari PWM dapat dinyatakan persamaan 5 dan 6, dimana t_{on}

merupakan waktu pulsa "high" dan t_{off} adalah waktu pulsa "low" [11].

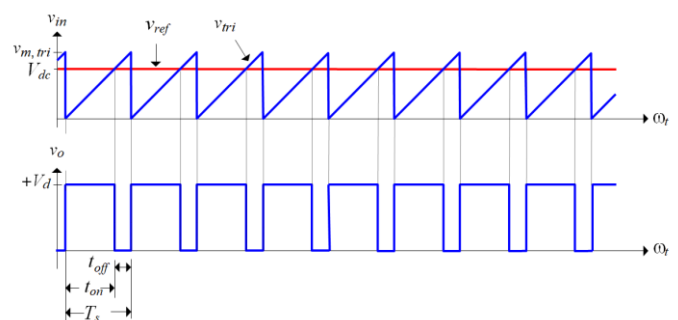
$$D = \left[\frac{t_{on}}{(t_{on} + t_{off})} \right] \times 100\% \quad (5)$$

$$T_s = t_{on} + t_{off} \quad (6)$$

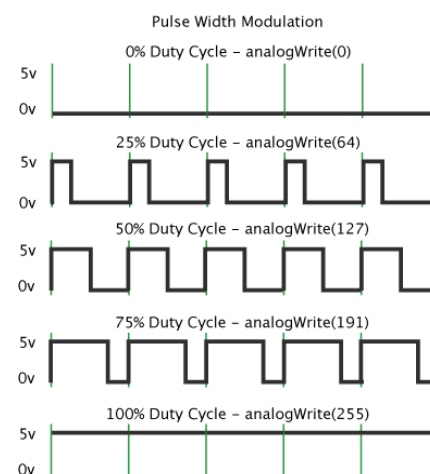
Sedangkan pembangkitan PWM digital dicapai melalui pemrograman mikrokontroler Arduino. Dalam metode ini, setiap perubahan pada sinyal PWM ditentukan oleh resolusi PWM itu sendiri. Misalnya, PWM digital 8-bit memiliki resolusi $28 = 256$, yang berarti nilai keluarannya dapat memiliki 256 variasi mulai dari 0 hingga 255, mewakili siklus kerja 0 hingga 100% keluaran PWM, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 8 [11].



Gambar 6 Rangkaian PWM Analog



Gambar 7 Proses Pembentukan Sinyal PWM



Gambar 8 PWM Metode Digital

III. METODE PENELITIAN

Dalam perancangan ini ada beberapa tahapan yang dilakukan. Dimulai dari perencanaan, simulasi rangkaian, perancangan prototipe, pengujian di laboratorium, pengambilan data dan analisa data seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Pada tahap perencanaan dilakukan studi literatur untuk menentukan nilai-nilai komponen rangkaian dan dilanjutkan proses pengumpulan data-data dan informasi yang berhubungan dengan teori untuk membantu proses pengerjaan penelitian.

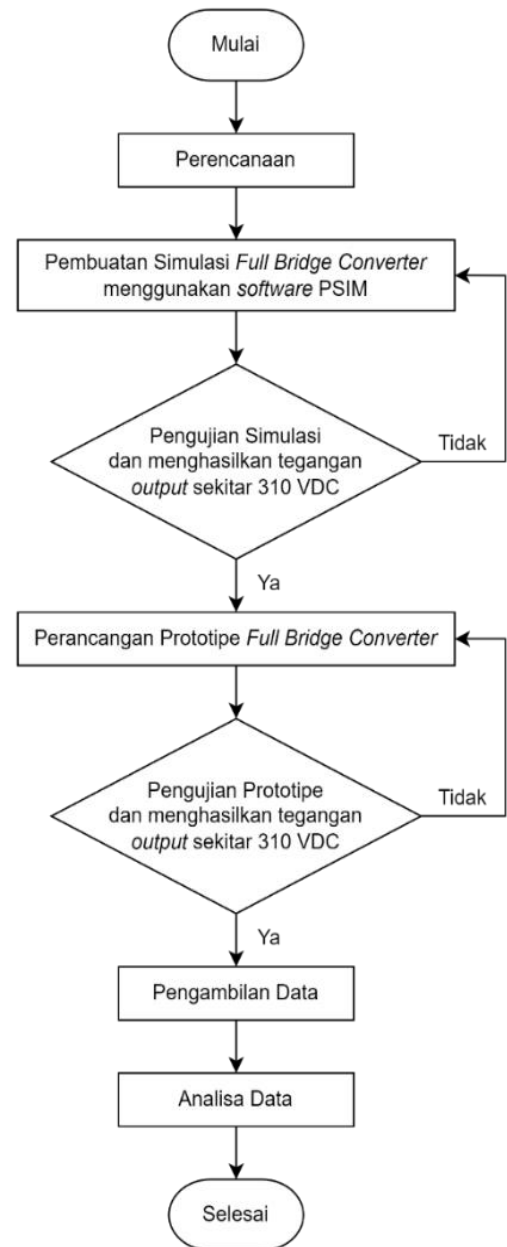
Pada tahap simulasi rangkaian akan dirangkai rangkaian Full Bridge Converter dengan nilai-nilai komponen yang telah ditentukan dalam tahap studi literatur agar mendapatkan tagangan keluaran sekitar 310 V pada software PSIM versi 9.0.3. Kemudian dilakukan pengujian, apabila hasil output dari simulasi belum sesuai maka simulasi akan diulangi dengan menghitung dan mengubah kembali nilai-nilai komponen pada rangkaian Full Bridge Converter. Apabila hasil output sudah sesuai maka akan dilanjutkan pada tahap perancangan.

Pada tahap perancangan akan dirancang keseluruhan rangkaian prototipe Full Bridge Converter yaitu rangkaian kontrol, rangkaian driver, dan rangkaian daya. Kemudian dilakukan pengujian, apabila hasil output dari perancangan belum mendapatkan tegangan sekitar 310 V maka akan dilakukan perancangan ulang. Apabila output dari perancangan sudah menghasilkan tegangan 310 V maka akan dilanjutkan pada tahap pengambilan data dan analisa data. Pada tahap pengambilan data dan analisa data dilakukan setelah pengujian prototipe berhasil. Adapun data-data yang diambil diantaranya yaitu tegangan input prototipe, sinyal output PWM, sinyal output driver mosfet, tegangan sisi primer & sekunder trafo, tegangan output Full Bridge Converter, dan lainnya.

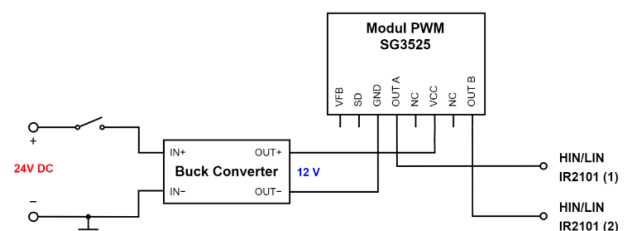
Adapun data-data yang diambil diantaranya yaitu tegangan input prototipe, sinyal output PWM, sinyal output driver mosfet, tegangan sisi primer & sekunder trafo, tegangan output Full Bridge Converter, dan lainnya.

A. Rangkaian Kontrol

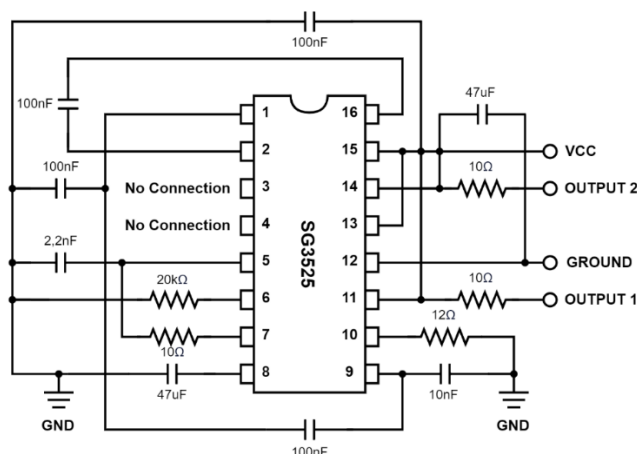
Rangkaian kontrol berfungsi untuk mengendalikan tegangan output prototipe. Tegangan output dapat dikendalikan dengan menggunakan gelombang PWM yang dihasilkan dari rangkaian pembangkit PWM dimana pada penelitian ini rangkaian tersebut sudah tersedia dalam satu modul. Pada rangkaian kontrol Buck Converter (Gambar 10) digunakan untuk menurunkan tegangan input 24 V menjadi 12 V karena Modul PWM SG3525 yang merupakan rangkaian pembangkit PWM membutuhkan suplai tegangan sebesar 12 V. Kemudian untuk rangkaian pembangkit PWM (modul PWM) menggunakan IC SG3525 karena memiliki output gelombang persegi (pulsa) yang saling berkebalikan antara kedua kaki outputnya, seperti yang terlihat pada Gambar 11. Hal tersebut sesuai atau tepat untuk digunakan sebagai pemicu Full Bridge. Berikut merupakan rangkaian pembangkit PWM dengan IC SG3525.



Gambar 9 Blok Diagram Tahapan Penelitian



Gambar 10 Rangkaian Kontrol

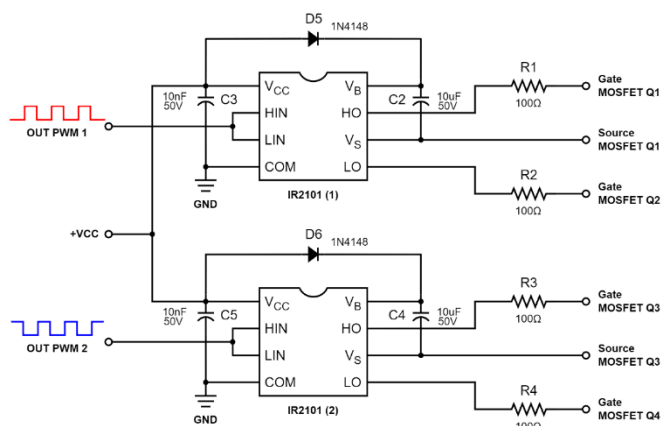


Gambar 11 Rangkaian Pembangkit PWM

B. Rangkaian Driver

Rangkaian driver MOSFET diperlukan untuk memisahkan antara bagian rangkaian daya dengan bagian rangkaian kontrol. Tujuannya agar ketika terjadi masalah pada bagian rangkaian daya tidak sampai terkena atau merusak bagian rangkaian kontrol. Selain itu driver MOSFET dibutuhkan sebagai rangkaian penggerak yang berfungsi untuk mengaktifkan dan mematikan MOSFET dengan cara mengatur tegangan diantara kaki gate dan source atau biasa disebut dengan istilah V_{GS} .

Driver MOSFET yang digunakan pada perancangan Full Bridge Converter ini yaitu tipe IR2101 keluaran International Rectifier sebanyak 2 buah untuk memicu keempat MOSFET konfigurasi full bridge. IR2101 dipilih karena merupakan IC bertegangan tinggi dan berkecepatan tinggi serta berfungsi sebagai driver MOSFET dengan output high dan low.

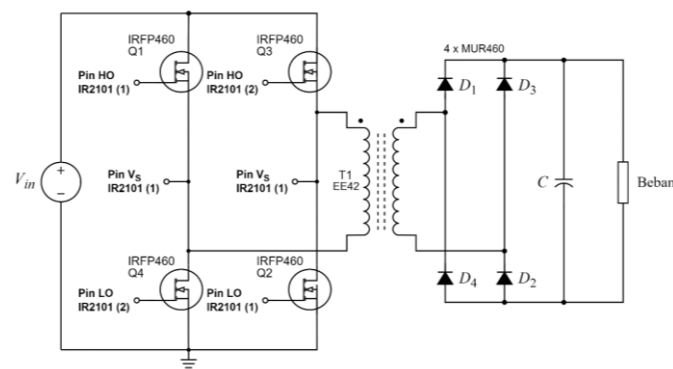


Gambar 12 Rangkaian Driver MOSFET

C. Rangkaian Daya

Rangkaian daya terdiri dari beberapa komponen yaitu MOSFET, transformator inti ferit, penyearah, filter kapasitor, dan beban. Rangkaian daya Full Bridge Converter berfungsi

untuk mengubah tegangan DC rendah yaitu sebesar 24 V menjadi tegangan DC tinggi yaitu sekitar 310 V.



Gambar 13 Rangkaian Daya Full Bridge Converter

Pada rangkaian daya MOSFET digunakan sebagai komponen switching untuk mengubah tegangan searah menjadi tegangan bolak-balik. Penggunaan MOSFET didasarkan pada karakteristik MOSFET yang memiliki frekuensi kerja yang tinggi dan dapat melewati arus drain (I_D) yang cukup besar. Adapun MOSFET yang digunakan pada rangkaian Full Bridge Converter yaitu tipe IRFP460 keluaran *International Rectifier*.

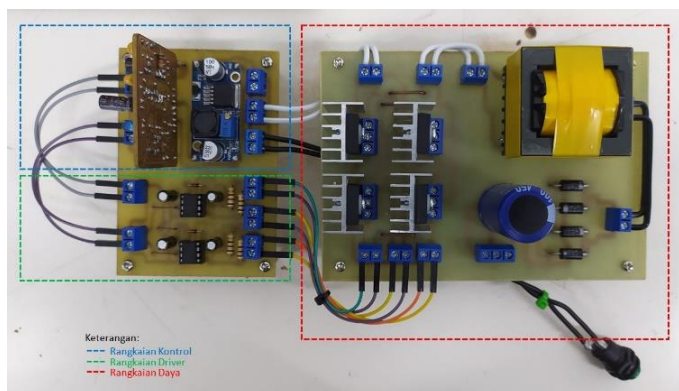
MOSFET IRFP460 dipilih karena memiliki beberapa kelebihan seperti tegangan drain-source (V_{DS}) yang tinggi yaitu sebesar 500 V dan arus drain (I_D) sebesar 20 A. Sehingga MOSFET akan lebih aman terhadap spike pada tegangan drain-source.

Kemudian transformator digunakan untuk menaikkan level tegangan AC keluaran dari rangkaian penyaluran atau switching MOSFET. Trafo yang digunakan juga menyesuaikan dengan kebutuhan dan ketersediaan, dimana pada penelitian ini digunakan trafo inti ferit dengan core EE-42. Berdasarkan data yang didapatkan dari datasheet bahwa trafo tersebut mampu bekerja pada frekuensi tinggi hingga 100 kHz dan dengan daya hingga 419 W.

Kemudian digunakan dioda sebagai rectifier untuk menyearahkan tegangan menjadi DC. Adapun dioda yang digunakan yaitu dioda ultrafast recovery MUR460 karena dioda ini dapat bekerja pada frekuensi tinggi dengan arus output hingga 4 A dan mampu menyearahkan tegangan hingga 600 V sehingga sudah cukup untuk menyearahkan tegangan sekitar 310 V. Kemudian kapasitor ELCO digunakan sebagai filter yang berfungsi untuk menekan ripple yang terjadi dari proses penyearahan gelombang AC. Pada perancangan prototipe Full Bridge Converter ini dibagi menjadi 3 bagian yang terdiri dari rangkaian kontrol, rangkaian driver, dan rangkaian daya. Adapun prototipe Full Bridge Converter dapat dilihat pada Gambar 14.

Pada rangkaian kontrol komponen yang digunakan yaitu Buck Converter dan Modul PWM SG3525. Buck Converter berfungsi untuk menurunkan tegangan input dari 24 V menjadi 12 V untuk digunakan sebagai tegangan kerja pada modul PWM sehingga pada perancangan ini hanya menggunakan satu sumber DC saja. Kemudian modul PWM

yang merupakan rangkaian pembangkit PWM dengan IC SG3525 yang dipilih karena memiliki 2 output PWM sesuai dengan kebutuhan untuk men-drive 2 pasang MOSFET.



Gambar 14 Prototipe Full Bridge Converter

Kemudian rangkaian driver diperlukan untuk memisahkan antara bagian rangkaian daya dengan bagian rangkaian kontrol. Tujuannya agar ketika terjadi masalah pada bagian rangkaian daya tidak sampai terkena atau merusak bagian rangkaian kontrol. Adapun komponen yang digunakan pada rangkaian driver terdiri dari IC IR2101, resistor, dan kapasitor. IR2101 dipilih karena merupakan IC bertegangan tinggi dan berkecepatan tinggi serta berfungsi sebagai driver MOSFET dengan output *high* dan *low*.

Pada rangkaian daya komponen yang digunakan yaitu MOSFET, transformator, dioda (rectifier), dan kapasitor. MOSFET digunakan sebagai perangkat switching untuk mengubah tegangan searah menjadi tegangan bolak-balik, MOSFET yang digunakan adalah tipe IRFP460 karena memiliki kemampuan pensaklaran yang cepat (fast switching), tegangan drain-source (V_{DS}) yang tinggi yaitu sebesar 500 V dan arus drain (I_D) sebesar 20 A. Kemudian transformator digunakan untuk menaikkan tegangan ke level yang tinggi. Transformator yang digunakan adalah inti ferit dengan tipe core EE-42 karena dapat bekerja pada frekuensi tinggi (high frequency) dengan daya hingga 400 W. Kemudian dioda digunakan sebagai penyearah (rectifier) dari hasil tegangan AC tinggi pada output transformator. Dioda yang digunakan adalah tipe MUR460 karena memiliki kemampuan pemulihan sangat cepat (ultrafast recovery), mampu untuk tegangan hingga 600 V dan arus 4 A. Kemudian kapasitor yang digunakan adalah tipe Elektrolit (ELCO) dengan nilai 100 μF / 450 V.

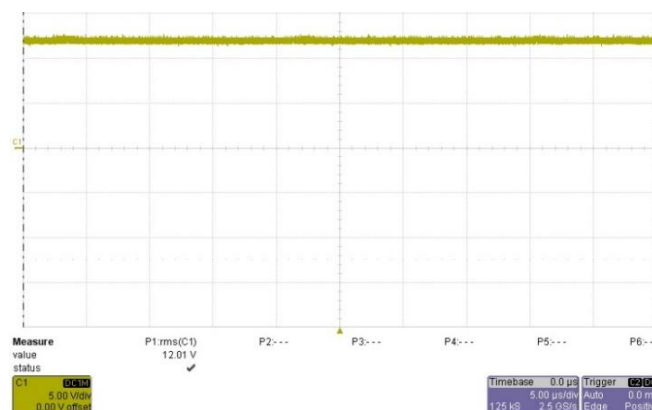
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini akan dibahas mengenai data hasil pengujian prototipe Full Bridge Converter yang telah dibuat. Pengujian dilakukan pada 3 bagian, yaitu pada rangkaian kontrol, rangkaian driver, dan rangkaian daya. Adapun pengujian dilakukan menggunakan power supply sebagai sumber tegangan input DC yang diatur sebesar 24 V. Kemudian load unit 1 $\text{k}\Omega$ / 500W sebagai beban, serta osiloskop dan

multimeter digital sebagai alat ukur untuk pengambilan data pada rangkaian prototipe Full Bridge Converter.

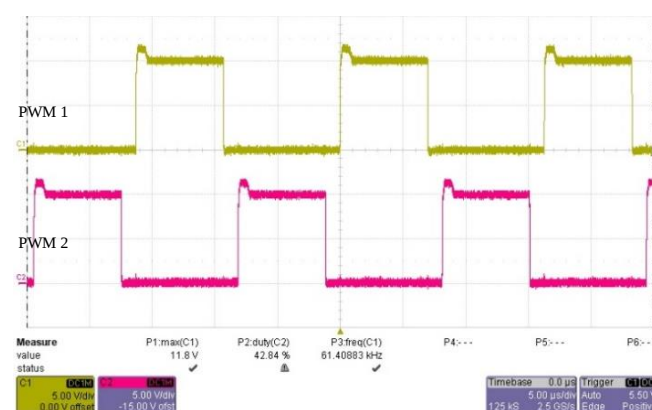
A. Rangkaian Kontrol

Pada rangkaian kontrol dilakukan pengujian terhadap input dan output PWM. Pengujian input PWM dilakukan karena besar tegangan input Full Bridge Converter yaitu 24 V, sedangkan tegangan kerja modul PWM SG3525 yaitu sebesar 12 V. Sehingga pada rangkaian kontrol ini digunakan buck converter untuk menurunkan tegangan dari 24 V menjadi 12 V. Selanjutnya pengujian output PWM dilakukan untuk melihat bentuk gelombang yang dihasilkan pada output PWM 1 dan output PWM 2. Berikut hasil pengujian input modul PWM SG3525 dan pengujian output PWM.



Gambar 15 Tegangan sumber Modul PWM SG3525

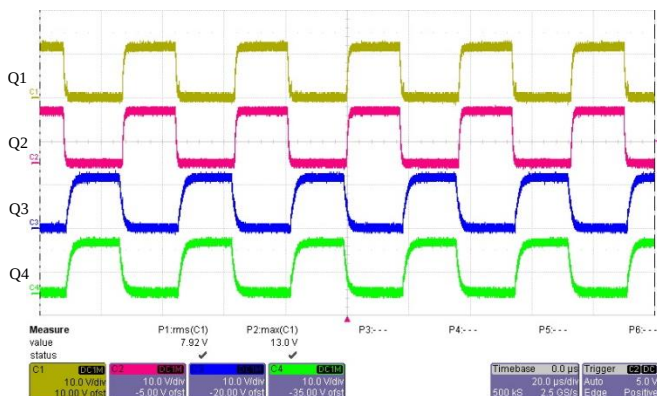
Berdasarkan Gambar 15 dapat dilihat bahwa tegangan input modul PWM SG3525 berhasil diturunkan menjadi 12,01 V menggunakan buck converter, sehingga modul PWM SG3525 dapat bekerja. Kemudian pada Gambar 16 menunjukkan hasil dari pengujian output PWM pada rangkaian kontrol yang terdiri dari 2 output yaitu output PWM 1 & output PWM 2, dimana tegangan yang diperoleh yaitu 11,8 V dengan nilai duty cycle yaitu 42,84 % dan frekuensi yaitu sebesar 61,40 kHz.



Gambar 16 Bentuk gelombang output Modul PWM SG3525

B. Rangkaian Driver

Pada bagian ini dipaparkan hasil dari pengujian pada rangkaian driver untuk melihat besar gelombang tegangan PWM atau sinyal switching MOSFET yang dihasilkan dari output driver IR2101 yaitu pada pin HO dan LO. Driver IR2101 yang digunakan yaitu 2 unit untuk menggerakkan atau mengaktifkan 4 unit MOSFET pada rangkaian daya prototipe Full Bridge Converter. Hasil pengujian output driver MOSFET dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17 Bentuk gelombang output driver MOSFET

Berdasarkan Gambar 17 dapat dilihat bahwa tegangan yang dihasilkan pada output rangkaian driver MOSFET naik menjadi 13 V dari tegangan output PWM pada rangkaian kontrol sebelumnya yaitu 11,8 V. Tegangan 13 V dari output driver MOSFET nantinya akan masuk ke gate MOSFET untuk mengaktifkan MOSFET pada rangkaian daya Full Bridge Converter. Kemudian dapat dilihat juga bahwa gelombang yang dihasilkan pada pengujian output driver MOSFET ada 4 gelombang karena MOSFET yang digunakan pada rangkaian daya yaitu 4 unit yang bekerja secara berpasangan. Ketika MOSFET Q1 dan Q2 dalam kondisi on maka MOSFET Q3 dan Q4 berada pada kondisi off, kemudian sebaliknya ketika MOSFET Q3 dan Q4 dalam kondisi on maka MOSFET Q1 dan Q2 berada pada kondisi off.

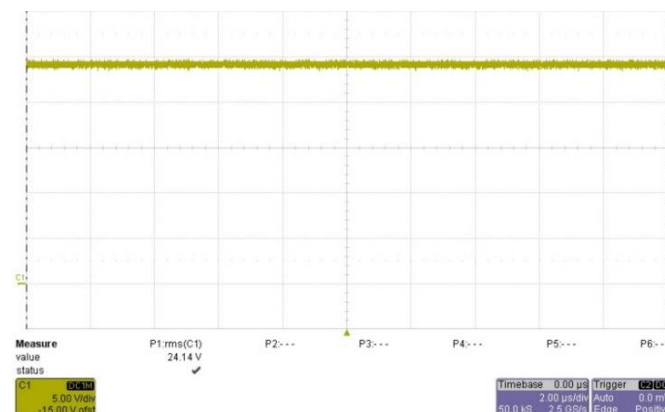
C. Rangkaian Daya

Pada bagian ini dipaparkan hasil pengujian pada rangkaian daya Full Bridge Converter. Hasil pengujiannya terdiri dari pengujian input prototipe, pengujian sisi primer trafo, pengujian sisi sekunder trafo, pengujian output prototipe tanpa beban, dan pengujian output prototipe menggunakan beban. Adapun hasil pengujian input prototipe Full Bridge Converter dapat dilihat pada Gambar 18.

Berdasarkan Gambar 18 menunjukkan hasil dari pengujian input Full Bridge Converter, dimana tegangan yang diperoleh yaitu sebesar 24,14 V. Tegangan tersebut digunakan sebagai input penyaklaran atau switching MOSFET. Dengan proses switching yang tepat, maka diperoleh gelombang tegangan seperti yang terlihat pada Gambar 19.

Berdasarkan Gambar 19 menunjukkan hasil pengujian pada sisi primer transformator. Berdasarkan gambar tersebut dapat dilihat bahwa gelombang tegangan yang dihasilkan

yaitu berbentuk pulsa bolak-balik dengan besar tegangan yaitu 23,90 V. Tegangan tersebut merupakan keluaran atau hasil switching MOSFET topologi Full Bridge dengan tegangan input DC sebesar 24 V.



Gambar 18 Bentuk gelombang tegangan input Full Bridge Converter



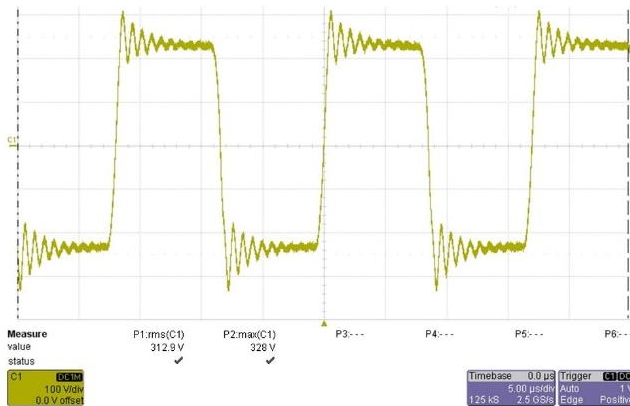
Gambar 19 Bentuk gelombang tegangan sisi primer trafo

Setelah hasil pengujian pada sisi primer transformator sudah sesuai, maka dilanjutkan pengujian pada sisi sekunder transformator. Dengan perbandingan lilitan trafo yang sudah diperhitungkan dan pengujian yang telah dilakukan maka diperoleh hasil seperti pada Gambar 20.

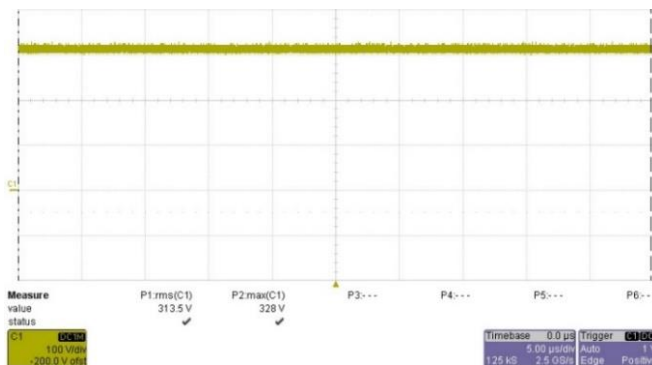
Berdasarkan Gambar 20 dapat dilihat bahwa besar gelombang tegangan yang diperoleh dari hasil pengujian pada sisi sekunder transformator yaitu sebesar 312,9 V. Hasil pengujian tersebut sudah sesuai seperti pada perencanaan awal. Sehingga dapat dilanjutkan pada pengujian output prototipe Full Bridge Converter.

Pada output prototipe dilakukan 2 pengujian yaitu pengujian output tanpa beban dan pengujian dengan beban. Beban yang digunakan yaitu load unit $1\text{ k}\Omega$ / 500 W dengan range 0 – 50 Ω maks. 6 A, 51 – 200 Ω maks 2 A, dan 201 – 1 $\text{k}\Omega$ maks 0,6 A. Hasil pengujian output prototipe Full Bridge Converter tanpa beban dan dengan beban dapat dilihat pada Gambar 21 dan Gambar 22. Berdasarkan Gambar 21 menunjukkan hasil dari pengujian output prototipe Full Bridge Converter tanpa beban, dengan tegangan yang diperoleh yaitu sebesar 313,5 V. Kemudian pada Gambar 22 menunjukkan hasil dari pengujian output prototipe Full

Bridge Converter dengan beban yang diatur yaitu sekitar 500 Ω , dimana tegangan yang diperoleh yaitu sebesar 312,5 V. Tegangan output tersebut sudah sesuai dengan hasil yang diinginkan. Sehingga nantinya sudah dapat digunakan untuk di konversikan menjadi tegangan AC 220 V menggunakan Inverter.



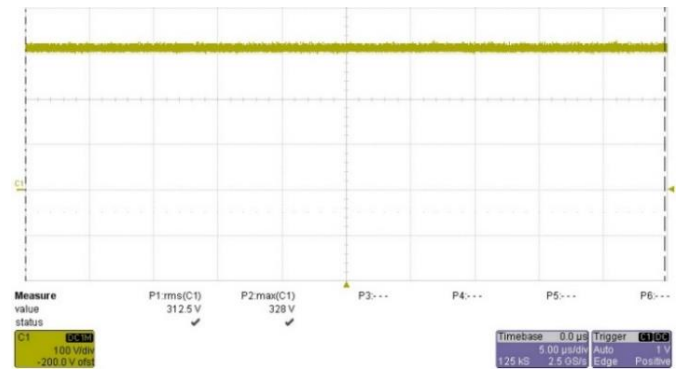
Gambar 20 Bentuk gelombang tegangan sisi sekunder trafo



Gambar 21 Bentuk gelombang tegangan output prototipe Full Bridge Converter tanpa beban

V. KESIMPULAN

Setelah dilakukan perancangan dan pengujian prototipe maka diperoleh beberapa kesimpulan yaitu, hasil desain prototipe Full Bridge Converter telah sesuai dengan yang direncanakan dimana tegangan output yang dihasilkan yaitu sebesar 312,5 V dengan tegangan input 24 V dan daya sebesar 200 W. Prototipe ini digunakan sebagai konverter dengan tegangan input DC rendah yaitu 24 V dan tegangan output DC tinggi yaitu 312,5 V, sehingga nantinya dapat di konversikan menjadi tegangan AC 220 V menggunakan Inverter.



Gambar 22 Bentuk gelombang tegangan output prototipe Full Bridge Converter dengan beban ($R = 500 \Omega$)

REFERENSI

- [1] A. G. Hutajulu, M. RT Siregar, and M. P. Pambudi, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) on Grid Di Ecopark Ancol," *TESLA J. Tek. Elektro*, vol. 22, no. 1, p. 23, 2020.
- [2] M. A. Putra, "Perancangan Prototipe Konverter DC ke DC Penaik Tegangan dengan Variabel Tegangan Pada Sisi Output," vol. 65, 2014.
- [3] A. Emadi, et al., "Integrated Power Electronic Converters and Digital Control" 2009.
- [4] D. P. Pradana, "Rancang Bangun Rangkaian Full Bridge Converter Dan Three Phase Inverter Sebagai Penggerak Mobil Listrik Berbasis Mikrokontroler," no. January, pp. 1–4, 2010.
- [5] I K Agus Setiawan, et al., "Analisis Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Satu MWP Terinterkoneksi Jaringan di Kayubihi, Bangli," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 13, no. 1, pp. 27–33, 2014.
- [6] M. Z. Efendi and S. Prasetya, "Pemanfaatan Harmonisa pada Beban Non Linier Sebagai Sumber Energi Menggunakan Full Bridge DC-DC Converter dan Inverter," vol. 2011, no. 1es, pp. 978–979, 2011.
- [7] D. W. Hart, "Power Electronics". New York: The McGraw-Hill Companies, 2011.
- [8] K. Semarang, "Optimalisasi Penggunaan Alat Praktikum Power Supply Switching dengan Menggunakan Topologi Half Bridge Konverter sebagai Alat Bantu Praktikum Elektronika Analog," vol. 12, no. 1, pp. 1–8, 2018.
- [9] S. Proteksi and T. Mva, "Analisis Penggunaan Rele Diferensial Di PLTMG Sumbagut 2 Peaker Power Plant 250 MW," vol. 10, pp. 9–13, 2021.
- [10] I. D. Sukowati and M. A. Riyadi, "Perancangan Struktur Mosfet Silicon-on-Insulator (Soi) Dan Junctionless Transistor (Jlt) Menggunakan Silvaco Tcad 2007," 2007.
- [11] A. Supani, "Penerapan Logika Fuzzy dan Pulse Width Modulation untuk Sistem Kendali Kecepatan Robot Line Follower," vol. 9, no. 1, pp. 1–10, 2015.
- [12] P. W. Modulation, "Simulasi Converter Daya Frekuensi Tinggi Dengan," vol. 16, no. 1, pp. 40–45, 2016.