

RANCANG BANGUN INVERTER GELOMBANG SINUS TERMODIFIKASI PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK RUMAH TINGGAL

Hamdani, ST, MT¹⁾, ZuraidahTharo, ST, MT²⁾, SitiAnisah, ST, MT³⁾, SollyAryzaLubis, ST, M.Eng⁴⁾.

FakultasSainsdanTeknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi

email: hamdani.stmt@dosen.pancabudi.ac.id

FakultasSainsdanTeknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi

email: zuraidahtharo@dosen.pancabudi.ac.id

FakultasSainsdanTeknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi

email: sitianisah@dosen.pancabudi.ac.id

FakultasSainsdanTeknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi

email: solly_aryzalubis@dosen.pancabudi.ac.id

Abstrak

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan salah satu pembangkit listrik terbarukan yang perlu diperkenalkan ke masyarakat luas terutama rumah tinggal, implemmentasi sederhana misalnya sebagai sumber energi cadangan. Salah satu perangkat yang dibutuhkan dalam sistem PLTS adalah pengubah daya listik searah menjadi daya listrik bolak-balik, yaitu inverter. Di pasaran dapat ditemukan berbagai model inverter dengan berbagai kualitas pula. Perlu dirancang dan diteliti inverter yang berkualitas untuk dapat diterapkan pada sistem PLTS untuk rumah tinggal. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan menerapkan dua rangkaian mikrokontroler sebagai pengendali rangkaian daya inverter. Dalam penelitian ini dirancang dan dihasilkan inverter yang mampu mengeluarkan daya listrik bolak-balik dengan tegangan 220 Volt ac, gelombang mendekati sinus dengan frekuensi 50,6 Hertz.

Kata-Kata Kunci: PLTS, Inverter, Mikrokontroler, Sinus

I. PENDAHULUAN

Inverter Adalah perangkat elektronik yang berfungsi mengubah tegangan searah (DC) menjadi Tegangan bolak-balik (ac). Inverter terdapat pada sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Inverter yang umum dipasaran terdiri atas berbagai model dan kualitas. kualitas inverter ditentukan oleh kapasitas daya keluaran, stabilitas tegangan, frekuensi dan bentuk gelombang. inverter di pasaran masih banyak yang menghasilkan keluaran dengan output berbentuk kotak, penggunaan inverter yang berkualitas rendah tersebut dalam sistem PLTS akan memberi dampak negative terhadap peralatan listrik rumah tangga, potensi kerusakan peralatan akan semakin tinggi, khususnya peralatan yang bersifat induktif. Peralatan induktif membutuhkan tegangan ac dengan stabilitas frekuensi dan bentuk gelombang sinus. Hal diatas mendasari peneliti untuk melakukan penelitian yang berkaitan dengan perangkat inverter tersebut. permasalahan yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah bagaimana menciptakan perangkat pengubah tegangan searah menjadi tegangan bolak-balik dengan , frekuensi 50 Hz dengan bentuk gelombang sinus termodifikasi

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah menciptakan alat pengubah tegangan searah menjadi tegangan bolak-balik dengan frekuensi 50 Hz dengan bentuk gelombang sinus termodifikasi, sebagai salah satu perangkat penting dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Urgensi penelitian ini adalah: dengan tercipta dan terujinya inverter ini maka penerapan pembangkit listrik tenaga surya diharapkan akan lebih meningkat, sejalan dengan

rendahnya tingkat kerusakan peralatan listrik rumah tangga yang diakibatkan oleh rendahnya kualitas inverter yang digunakan

Inverter merupakan suatu rangkaian yang digunakan untuk mengubah sumber tegangan DC tetap menjadi sumber tegangan AC dengan frekuensi tertentu. Komponen semikonduktor daya yang digunakan dapat berupa SCR, transistor dan MOSFET yang beroperasi sebagai sakelar dan pengubah. Inverter dapat diklasifikasikan dalam dua jenis, yaitu: inverter satu fasa dan inverter tiga fasa. Setiap jenis inverter tersebut dapat dikelompokkan dalam empat kategori ditinjau dari jenis rangkaian komutasi pada SCR, yaitu: (1) modulasi lebar pulsa, (2) inverter resonansi, (3) inverter komutasi bantu dan (4) inverter komutasi komplemen [1]

Inverter adalah perangkat elektronika yang dipergunakan untuk mengubah tegangan DC (Direct Current) menjadi tegangan AC (Alternating Current). Output suatu inverter dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus (sine wave), gelombang kotak (square wave) dan sinus modifikasi (sine wave modified). Sumber tegangan input inverter dapat menggunakan baterai, tenaga angin, atau sumber tegangan DC yang lain. Inverter dalam proses mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC membutuhkan multivibrator. Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik satu atau lebih rangkaian listrik satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain, melalui suatu gendeng magnet berdasarkan prinsip induksi-elektromagnet. Transformator terdiri dari 3 komponen pokok yaitu: kumparan pertama

(primer) yang bertindak sebagai input, kumparan kedua (sekunder) yang bertindak sebagai output, dan inti besi yang berfungsi untuk memperkuat medan magnet yang dihasilkan. Aki adalah sebuah alat yang dapat menyimpan energi (umumnya energi listrik) dalam bentuk energi kimia. Fungsi Aki adalah sebagai alat untuk menghimpun tenaga listrik (dipakai pada mesin mobil dsb), penghasil dan penyimpanan daya listrik hasil reaksi kimia, dan peranti untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga kimia atau sebaliknya. Baterai secara umum di kategorikan dalam 2 jenis, yakni baterai basah dan kering. baterai basah, media penyimpan arus listrik ini merupakan jenis paling umum digunakan. baterai jenis ini masih perlu diberi air aki yang dikenal dengan sebutan accu zuur. Baterai kering, baterai jenis ini tidak memakai cairan, mirip seperti baterai telpon selular. baterai ini tahan terhadap getaran dan suhu rendah. baterai jenis ini sama sekali tidak butuh perawatan, tetapi rentan - terhadap pengisian berlebih dan pemakaian arus yang sampai habis, karena bisa merusak sel-sel penyimpanan arusnya. [2]

II. METODE PENELITIAN

Metode atau Tahapan penelitian ditunjukkan pada flowchart (Gambar 1).

Tahap 1 : Melakukan kajian pustaka terkait PLTS dan inverter,

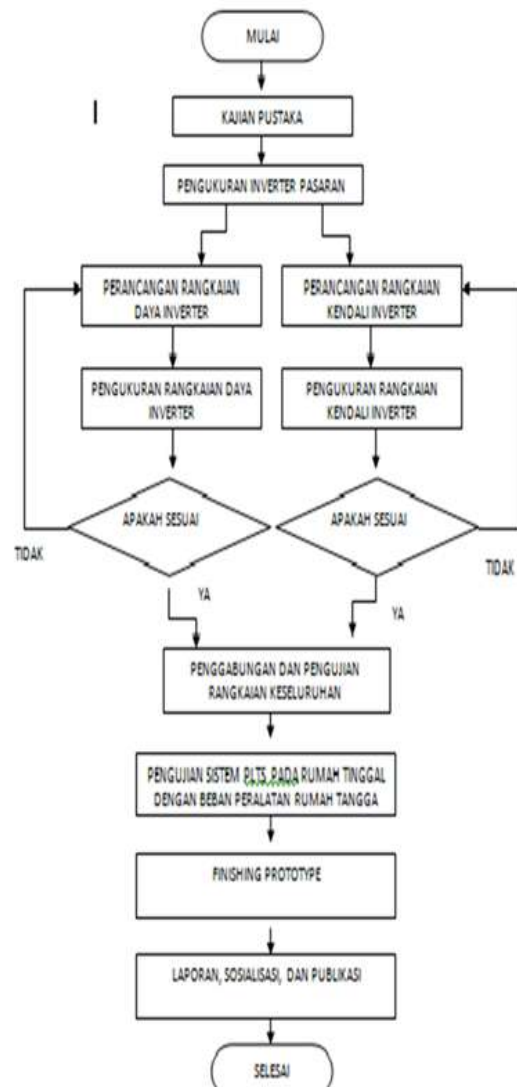
Pada Tahapan ini peneliti melakukan kajian pustaka terkait sistem PLTS dan perangkat inverter,

Tahap 2 : Melakukan Pengukuran inverter pasaran dengan berbagai model dan kapasitas

Pada tahapan ini peneliti melakukan pengukuran keluaran sejumlah inverter yang ada di pasaran, yang umum digunakan pada rumah tinggal, pengukuran ini bertujuan untuk mendapatkan data-data besaran listrik yang dihasilkan inverter, besaran yang diukur antara lain; tegangan, kapasitas arus maksimum yang dihasilkan, frekuensi keluaran, dan bentuk gelombang keluaran.

Tahap 3 : Melakukan perancangan blok rangkaian daya inverter

Pada tahapan ini peneliti melakukan perancangan rangkaian daya yang terdiri atas sejumlah komponen elektronika daya, antara lain : mosfet, transistor, diode, Insulated gate Transistor (IGBT), dan komponen pendukung lainnya.



Gambar 1. flowchart

Tahap 4 : Melakukan simulasi dan pengujian rangkaian daya

Pada tahapan ini dilakukan pengukuran besaran besaran listrik dengan menggunakan Alat ukur dan simulator beban listrik

Tahap 5 : Melakukan perancangan rangkaian kendali

Pada tahapan ini dilakukan perancangan rangkaian kendali berbasis mikrokontroler. rangkaian kendali ini berfungsi untuk mengatur frekuensi keluaran inverter dan mengatur bentuk gelombang keluaran sinus

Tahap 6 : Melakukan simulasi dan pengujian rangkaian kendali

Pada tahapan ini dilakukan pengujian rangkaian dengan pengukuran frekuensi menggunakan osiloskop, dan alat ukur lainnya

Tahap 7: Melakukan penggabungan, Simulasi dan pengujian rangkaian keseluruhan

Pada tahapan ini dilakukan penggabungan seluruh sub. rangkaian, dan dilakukan pengujian dengan menggunakan simulator beban listrik dengan kapasitas sesuai rancangan daya inverter

Tahap 8 ; Melakukan pengujian dengan sistem PLTS

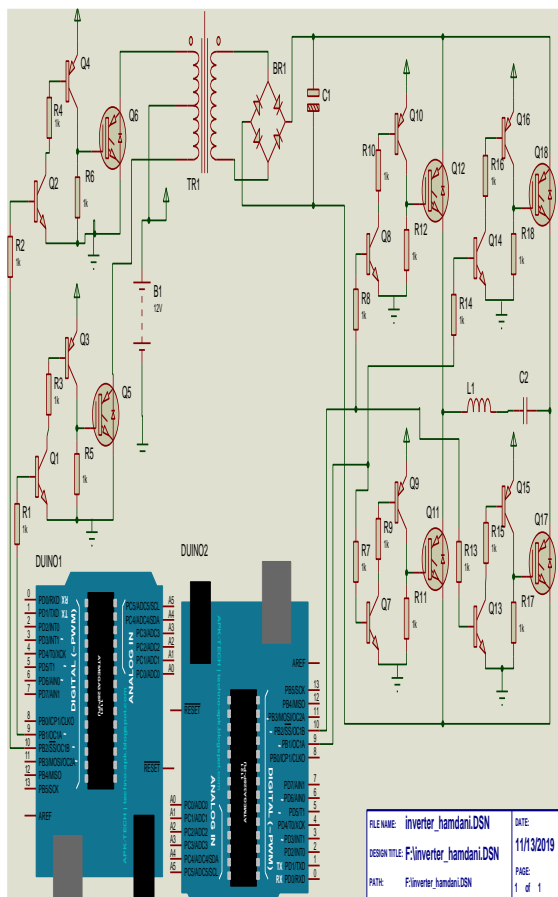
Tahapan ini merupakan pengujian terakhir sistem secara keseluruhan untuk melihat kinerja inverter pada sistem PLTS pada rumah tinggal dengan beban peralatan listrik rumah tangga.

Tahap 9 :finishing prototype

Finishing prototype merupakan tahapan untuk menghasilkan satu bentuk prototype inverter, gelombang sinus termodifikasi

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil rancangan inverter ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 1. Rangkaian dasar

Rangkaian ini terdiri atas beberapa bagian, yaitu :

1. Dua unit rangkaian pembangkit sinyal kendali, yaitu arduino uno-1 dan arduino uno-2

2. Rangkaian pencacah, untuk mengubah tegangan searah baterai menjadi tegangan bolak balik, yaitu 4 buah transistor Q1, Q2, Q3 dan Q4 sebagai driver dan 2 buah IGBT sebagai saklar elektronik , yaitu Q5 dan Q6

3. komponen penaik tegangan , berupa transformator step up 12 Volt menjadi 220 Volt

4. Rangkaian penyearah tegangan 220 Volt, berupa dioda bridge dan kapasitor.

5. Rangkaian pencacah untuk mengubah tegangan searah 220 volt menjadi tegangan bolak balik 220 volt. .Rangkaian ini menerapkan sistem jembatan H (saling silang), terdiri atas 8 buah transistor, yaitu, Q7, Q8, Q9, Q10, Q13, Q14, Q15, Dan Q16, delapan transistor ini berperan sebagai driver. komponen saklar utama adalah IGBT, yaitu Q11, Q12, Q17 dan Q18.

IGBT dan MOSFET merupakan dua teknologi komponen elektronika dasar yang sangat populer dalam konverter berdaya rendah. Beberapa hal yang menyebabkannya antara lain keduanya merupakan controllable switch dan tidak membutuhkan gate driver yang rumit. Pertimbangan lain adalah tersedia dalam berbagai ukuran arus, tegangan, serta jangkauan switching frekuensi yang besar dari audible frequency hingga ratusan kilo Hertz.[3]

Inverter sumber tegangan jembatan tunggal fase H terdiri dari empat perangkat (S1, S2, S3, S4). Ketika sakelar S1 dan S4 dihidupkan secara bersamaan tegangan input Vdc muncul di seluruh beban dan ketika sakelar S2 dan S3 dihidupkan maka tegangan melintasi beban dibalik dan -Vdc. Topologi jembatan penuh dipilih karena fakta bahwa itu mampu memberikan arus tinggi pada tegangan rendah dan perangkat dengan Peak Inverse Voltage (PIV) yang rendah dapat digunakan. Dalam kasus inverter modulasi lebar pulsa terbalik atau Inverse Sinusoidal modulasi, topologi mungkin unipolar atau bipolar. Dalam kasus skema switching bipolar, tegangan output berubah antara Vdc positif dan negatif.[4]

Prinsip Kerja Rangkaian

Mikrokontroler arduino 1 dan arduino 2 menghasilkan output sinyal digital pada pin 9 (PB1) dan 10 (PB2),. Sinyal yang dihasilkan berlogika saling berlawananan (inversi). Jika pin 9 menghasilkan sinyal kogika high, maka pin 10 menghasilkan sinyal logika low, dan sebaliknya. Besar Perioda dan frekuensi yang dihasilkan adalah sama. sinyal digital yang dihasilkan oleh kedua pin tersebut adalah sinyal kendali untuk rangkaian pencacah. Sinyal digital dari Pin9 untuk mengendalikan saklar elektronik yang terbentuk dari rangkaian R1, Q1, R3, Q3, R5 dan Q5. Sedangkan Sinyal digital dari pin10 untuk mengendalikan saklar elektronik yang terbentuk dari rangkaian R2, Q2, R4, Q4, R6, dan Q6. Secara

Teknik Prinsip operasi sistem dapat diuraikan sebagai berikut :

Ketika output pin9 berlogika high, menghasilkan tegangan 5 volt sebagai tegangan bias basis (Vbb) untuk Q1, maka akan mengalir arus basis (Ib) pada Q1. sebesar :

$$I_b = (V_{bb} - V_{be}) / R_b$$

Vbe adalah tegangan basis emiter sebesar 0,7 volt, untuk transistor silikon, dan

Rb adalah tahanan basis yaitu R1 senilai 1 kilo ohm.

besar arus basis Q1 yang mengalir adalah 4,3 mili Ampere.

Arus basis tersebut mengenergi transistor Q1 untuk konduksi, saat Q1 konduksi maka tegangan bias basis (Vbb) untuk Q3 menjadi tinggi, dan Q3 konduksi, akibat konduksinya Q3 maka bias gate Q5 juga menjadi tinggi, dan menyebabkan IGBT Q5 konduksi. sebagai saklar menghubungkan polaritas negatif baterai terhadap kumparan transformator.

Ketika output pin9 berlogika low, menghasilkan tegangan 0 volt sebagai tegangan bias basis (Vbb) untuk Q1, maka arus basis adalah 0 ampere, menyebabkan transistor Q1 tidak konduksi. tidak konduksinya Q1 menyebabkan tegangan bias basis untuk transistor Q3 menjadi rendah, dan arus basis transistor Q3 melalui resistor basis R3 mendekati) ampere. Arus basis transistor Q3 tidak dapat mengenergi Q3 untuk konduksi, kondisi ini memicu IGBT Q5 tidak konduksi,.

Ketika output pin10 berlogika high, menghasilkan tegangan 5 volt sebagai tegangan bias basis (Vbb) untuk Q2, maka akan mengalir arus basis (Ib) pada Q2. sebesar :

$$I_b = (V_{bb} - V_{be}) / R_b$$

Vbe adalah tegangan basis emiter sebesar 0,7 volt, untuk transistor silikon, dan

Rb adalah tahanan basis yaitu R2 senilai 1 kilo ohm.

besar arus basis Q2 yang mengalir adalah 4,3 mili Ampere.

Arus basis tersebut mengenergi transistor Q2 untuk konduksi, saat Q2 konduksi maka tegangan bias basis (Vbb) untuk transistor Q4 menjadi high, dan transistor Q4 konduksi, akibat konduksinya Q4 maka bias gate IGBT Q6 juga menjadi tinggi, dan menyebabkan IGBT Q6 konduksi, sebagai saklar menghubungkan polaritas negatif baterai terhadap kumparan transformator.

Ketika output pin10 berlogika low, menghasilkan tegangan 0 volt sebagai tegangan bias basis (Vbb) untuk Q1, maka arus basis adalah 0 ampere, menyebabkan transistor Q2 tidak konduksi. tidak konduksinya Q2 menyebabkan tegangan bias basis untuk transistor Q4 menjadi rendah, dan tidak mengalir arus basis transistor. Arus basis transistor Q4 tidak mengenergi Q4 untuk konduksi, kondisi ini

memicu IGBT Q6 untuk tidak konduksi, Tabel berikut menunjukkan pengaruh sinyal digital dari pin9 dan pin10 pada mikrokontroler arduino (DUINO1) terhadap kondisi konduksi atau tidaknya rangkaian elektronika daya transistor dan IGBT Q1 sampai dengan Q6

Tabel 1. hubungan antara sinyal output DUINO1 dengan komponen elektronika daya

sinyalkendali DUINO1		kondisikomponenelektronikadaya (ON/OFF)					
pin9	pin10	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
HIGH	LOW	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF
LOW	HIGH	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON

Demikian kondisi ini berlangsung secara bergantian dan terus menerus. dengan periode dan frekuensi yang dikendalikan oleh mikrokontroler arduino1. Sistem pensaklaran yang bergantian antara IGBT Q5 dan IGBT Q6 menimbulkan tegangan bolak balik pada transformator (TR1). Tranformator TR1 melakukan penaikan tegangan (step up) dari 12 volt menjadi 220 volt. selanjutnya diserahkan oleh penyearah gelombang penuh dengan sistem dioda jembatan (bridge) BR1, dan di filter oleh kapasitor C1

Poses selanjutnya adalah pencacahan kembali tegangan searah menjadi tegangan bolak balik. Proses dilakukan oleh komponen saklar elektronik utama, yaitu IGBT Q11, Q12, Q17 dan Q18. keempat IGBT ini merupakan komponen elektronika daya utama yang berperan sebagai saklar elektronik membangkitkan tegangan bolak balik, dengan menerapkan sistem jembatan H (H bridge).

Proses pencacahan untuk mengubah tegangan searah menjadi tegangan bolak balik dikendalikan oleh mikrokontroler arduino uno ke 2 (DUINO2). Mikrokontroller arduino (DUINO2) menghasilkan dua sinyal digital melalui pin9 dan pin10. Logika sinyal digital yang dihasilkan saling berlawanan (Inversi). Sinyal Digital dari pin9 berperan untuk mengendalikan rangkaian elektronika daya transistor dan IGBT, yaitu Q7, Q9, Q11, Q14, Q16, dan Q18. Sedangkan pin10 berperan untuk mengendalikan rangkaian elektronika daya transistor dan IGBT, yaitu Q8, Q10, Q12, Q13, Q15 dan Q17. Tabel berikut menunjukkan hubungan antara kondisi logika yang dihasilkan oleh pin9 dan pin10 dari mikrokontroler DUINO2.

Tabel 2. Hubungan antara sinyal DUINO2 dengan komponen elektronika daya

Sinyalkendali (DUINO2)	Pin9	HIG H	LO W
	Pin1 0	LO W	HIG H
kondisikomponenelektronika daya (On/Off)	Q7	ON	OFF
	Q8	OFF	ON
	Q9	ON	OFF
	Q10	OFF	ON
	Q11	ON	OFF
	Q12	OFF	ON
	Q13	OFF	ON
	Q14	ON	OFF
	Q15	OFF	ON
	Q16	ON	OFF
	Q17	OFF	ON
Q18	ON	OFF	

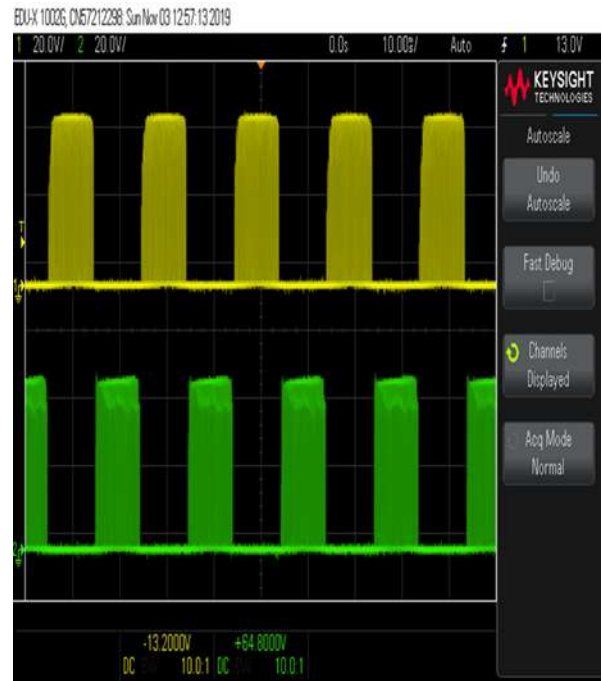
HASIL PENGUJIAN PRODUK

Berikut adalah sejumlah capture hasil pengujian dari tampilan osiloskop



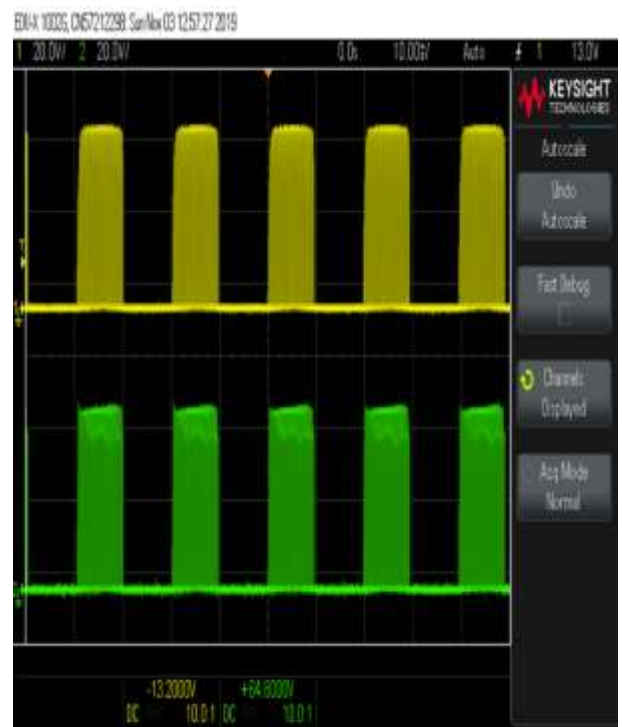
Gambar 2. Kinerja IGBT Q11 dan Q17

Gambar 2 diatas menunjukkan kinerja pemberian sinyal gate pada IGBT Q11 dan IGBT Q17, terlihat bahwa terjadi perbedaan timing konduktansi antara kedua IGBT tersebut.



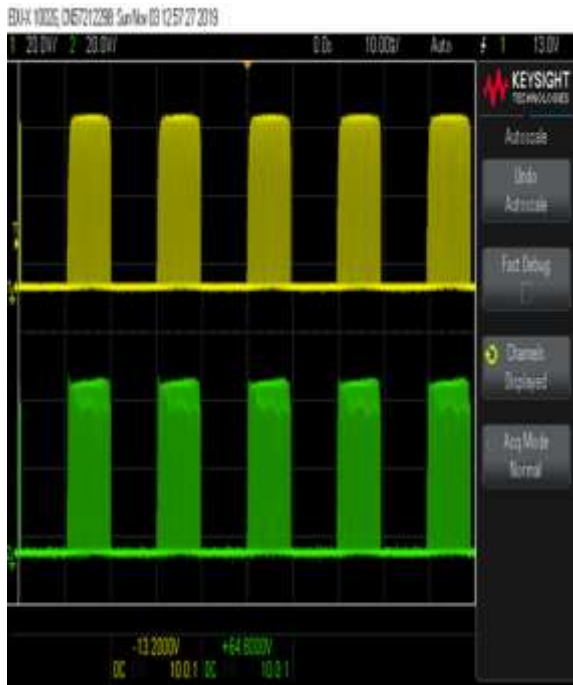
Gambar 3. kinerja IGBT Q12 dan Q18.

Gambar 3 di atas menunjukkan bahwa kinerja pemberian sinyal gate pada IGBT Q12 dan Q18, terlihat bahwa terjadi perbedaan timing konduktansi antara kedua IGBT tersebut.



Gambar 4. Kinerja IGBT Q11 dan Q18

Dari Gambar 4 terlihat bahwa konduktasi antara IGBT Q11 dan Q18 berada pada timing yang sama,



Gambar 5. Kinerja IGBT Q12 dan Q17

Dari gambar 5 dapat dilihat bahwa timing konduktansi antara IGBT Q12 dengan Q17 adalah sama.



Gambar 6. Sinyal output pin9 dan pin10 mikrokontroler Arduino2 (DUINO2)

Gambar 6 menunjukkan adanya perbedaan timing sinyal digital yang dihasilkan mikrokontroler



Gambar 7. Sinyal output hasil switching IGBT, Q11, Q12, Q17 dan Q18

dari gambar dapat terlihat bahwa output inverter sudah menghasilkan frekuensi 50,6 Hz, dan berbentuk mendekati sinus murni, masih terjadi cacat pada fase menuju puncak negatif.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan berisi rangkuman singkat atas hasil penelitian dan pembahasan.

1. Inverter dapat beroperasi menghasilkan gelombang mendekati sinus, dengan frekuensi 50,6 Hz
2. Bentuk gelombang output mendekati sinus, adasekit catat pada sisi negatif.
3. Perlu dilakukan penyempurnaan rangkaian ini untuk memperbaiki cacat pada sisi negatif.
4. Pengaturan program switching pada output arduino merupakan hal pokok dalam pengatur an frekuensi output akhir inverter

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Hutagalung Nurhabibah, Panjaitan Melda, 2017, *Prototype Rangkaian Inverter Dc Ke Ac 900 Watt*, *Jurnal Pelita Informatika*, Volume 16, Nomor 3, Juli 2017 ISSN 2301-9425 (Media Cetak) Hal: 278-280.
- [2]. Istarti Didi, Wirabowo Agus, 2017, *Rancang Bangun Square Wave Full-Bridge Inverter Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin Mikro*, *Jurnal Manutech* Vol. 9, No. 1, Juni 2017: 18– 85

- [3]. Nyoman S Kumara, 2008, *Konverter Daya Untuk Pengemudian Elektrik: Discrete Atau Module*, Teknologi Elektro 101 Vol. 7 No. 2 Juli - Desember 2008
- [4]. Abhisek Maiti et al./,2011, *Development of Microcontroller Based ISPWM Switching Technique for Single Phase Inverter*, International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST) Vol. 3 No. 6 June