

PERANCANGAN INVERTER SATU FASA PUSH PULL DENGAN TEGANGAN KELUARAN TERKONTROL BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO NANO

Krismon Budiono^{*}), Susatyo Handoko dan Darjat

Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*}E-mail: krismon.b@gmail.com

Abstrak

Energi surya merupakan sumber energi terbarukan yang sangat melimpah ketersediaannya. Energi ini dapat diubah menjadi energi listrik menggunakan panel surya. Panel surya merupakan sebuah perangkat yang berfungsi mengkonversi energi surya menjadi energi listrik. Namun energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya masih berupa listrik searah, dimana penggunaannya masih terbatas untuk peralatan tertentu saja. Sehingga diperlukan perangkat *inverter* untuk mengubah listrik searah menjadi listrik bolak-balik. Pada penelitian ini dirancang *inverter* satu fasa *push pull* dengan transformator *step up* untuk mengubah tegangan DC 30V menjadi tegang AC 220V. Pemicuan mosfet menggunakan sinyal *Sinusoidal Pulse Width Modulation* dari mikrokontroler Arduino Nano. *Inverter* yang dirancang menggunakan kontrol *proportional* untuk menstabilkan tegangan *inverter* setelah trafo stabil pada 220V. Pengujian yang dilakukan menggunakan beban lampu pijar, lampu *Light Emitting Diode*, lampu *Compact Fluorescent Lamp* dan kipas angin untuk melihat pengaruh perubahan beban terhadap tegangan keluaran, arus keluaran dan efisiensi dari *inverter*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kontrol *proportional* mampu menjaga tegangan output *inverter* setelah transformator *step up* pada nilai *set point* 220V dengan error rata-rata 2,8V. Efisiensi rata-rata yang dihasilkan *inverter* ketika diberi beban lampu pijar sebesar 62,7%, saat berbeban lampu LED sebesar 50,33%, saat berbeban lampu SL sebesar 57,95% dan saat berbeban kipas angin sebesar 59,34%.

Kata kunci: Panel surya, inverter satu fasa, inverter push pull

Abstract

Solar energy is a renewable source of energy. This energy can be converted to electricity using solar panels. Solar panels are devices convert solar energy into electrical energy. However, the electricity generated by solar panels still direct current electricity, where it's use is still limited to certain equipment. Therefore, we need inverter to convert direct current electricity into alternating current electricity. In the research build single phase inverter push pull with transformator step up to convert 30V DC to 220V AC. Mosfet triggering uses Sinusoidal Pulse Width Modulation signal from Arduino Nano microcontroller. The inverter using proportional control to stabilize voltage after transformer stable at 220V. The testing inverter uses incandescent lamp, Light Emitting Diode lamps, Compact Fluorescent Lighting lamps and fans to see effect of load changes the output current and inverter efficiency. The test result showed proportional control is able to maintain inverter output voltage after transformator at set point value 220 Volt with average error of 2,8V. The average efficiency generated by push pull inverters when given incandescent lamp load is 62,7%, when LED lights are loaded, average efficiency 50,33%, when SL lights are loaded, average efficiency 57,95% and when fans are loaded has efficiency of 59,34%.

Keywords: Photovoltaic, single phase inverter, push pull inverter

1. Pendahuluan

Energi surya merupakan sumber energi baru terbarukan yang sangat melimpah ketersediaannya. Energi ini dapat diubah menjadi energi listrik menggunakan panel surya [1]. Panel surya merupakan sebuah perangkat yang berfungsi mengkonversi energi surya menjadi energi listrik dengan proses efek *photovoltaic*. Akan tetapi keluaran dari

panel surya masih berupa listrik DC sehingga penggunaannya masih terbatas pada peralatan tertentu saja. Maka dari itu dibutuhkan *inverter* yaitu perangkat yang bisa menkonversi tegangan DC ke tegangan AC supaya keluaran panel surya dapat digunakan untuk mensuplai beban rumah tangga yang bervariasi. Penelitian mengenai penggunaan *inverter* untuk merubah tegangan searah menjadi bolak-balik telah dilakukan, pada penelitian

tersebut menggunakan topologi *push-pull* dengan sumber searah dari baterai 12 Volt 7Ah. Tegangan bolak-balik keluaran dari *inverter*nya sebesar 12 Volt dan akan dinaikkan tegangan tersebut dengan menggunakan transformator *step-up* [2]. Dengan menggunakan variasi *tapping* pada transformator *step-up* maka tegangan keluarannya sebesar 220 Volt. Pada penelitian yang dilakukan, sinyal pemicuan mosfet menggunakan sinyal PWM dari IC SG3524 [3]. Gelombang keluaran *inverter* belum *sinusoidal*. Pada penelitian yang dilakukan, pengujian hanya dilakukan dengan variasi *duty cycle* [4]. Frekuensi pada beban yang tetap sehingga tidak diketahui pengaruh perubahan beban terhadap frekuensi dan tegangan keluaran alatnya. Selain itu pada penelitian yang dilakukan kontrol *duty cyclenya* sebagai sinyal pemicuan mosfet masih *open loop* sehingga harus disesuaikan kembali sinyal pemicuan jika tegangan keluaran *inverter* belum sesuai dengan yang diinginkan.

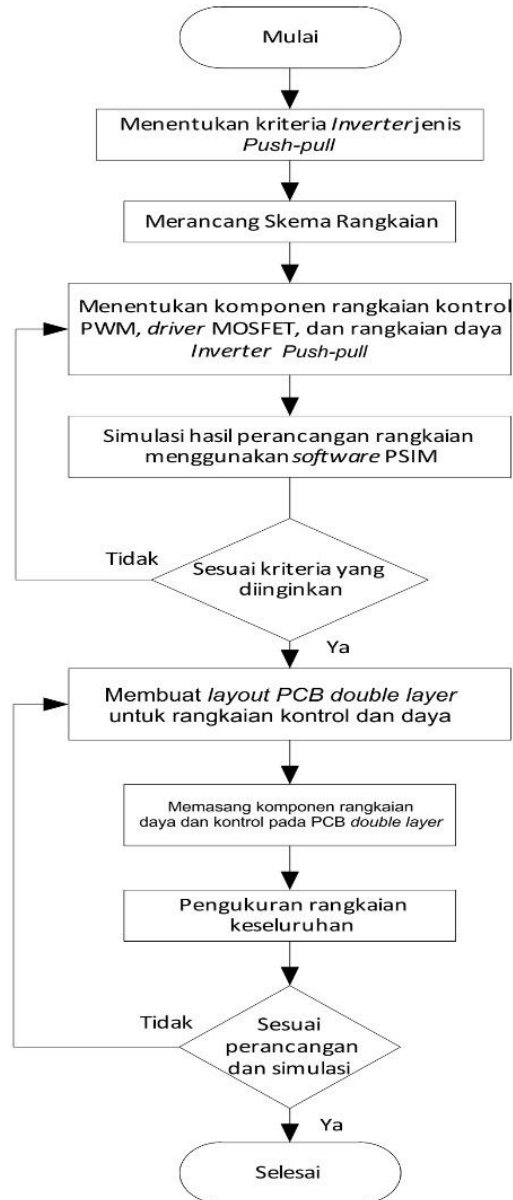
Penelitian ini merancang *inverter* yaitu pengubah tegangan searah menjadi tegangan bolak balik dengan topologi *push-pull* dengan transformator *step-up* sehingga tegangan keluarannya sebesar 220 Volt dan frekuensi kerjanya 50 Hz. Sumber tegangan searah berasal dari baterai 12 Volt yang tegangannya sudah dinaikkan dengan DC *Boost Converter* menjadi tegangan searah sebesar 30 Volt. Penelitian ini menggunakan sinyal SPWM yang dihasilkan dari mikrokontroler Arduino Nano dengan disertai rangkaian driver MOSFET TLP250 sebagai *optocoupler* dan penguat sinyal pemicuan MOSFET [5]. Pada penelitian ini terdapat menggunakan kontrol *proportional* untuk menstabilkan tegangan keluaran setelah transformator *step-up* stabil pada nilai 220 Volt, selain itu digunakan filter pasif dengan komponen kapasitor yang dipasang paralel pada sisi sekunder transformator yang berfungsi untuk memperbaiki bentuk gelombang keluaran dari *inverter push-pull* supaya bentuk gelombangnya mendekati *sinusoidal*. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mendapatkan peralatan yang mampu membantu sumber DC bekerja untuk menyuplai beban yang membutuhkan sumber bolak-balik. Nantinya akan dilakukan analisis pengaruh perubahan beban lampu pijar, lampu LED, lampu SL dan kipas angin terhadap nilai tegangan keluaran, arus keluaran dan efisiensi *inverter*.

2. Metode

2.1. Langkah Penelitian

Tugas akhir ini dilaksanakan dalam beberapa tahap penelitian. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada gambar 1. Dapat dilihat pada Gambar 1 merupakan langkah-langkah penelitian yang dilaksanakan oleh penulis. Penelitian dimulai dengan studi literatur untuk menentukan dasar teori dan kriteria dari pembahasan penelitian tugas akhir yang akan dirancang yaitu *inverter push-pull* dengan rangkaian kontrol tegangan. Kemudian simulasi pada proteus untuk melihat sinyal pemicuan dan

gelombang tegangan keluaran *inverter*. Terakhir dilakukan pengujian *inverter* yang dirancang dengan beban yang bervariasi.

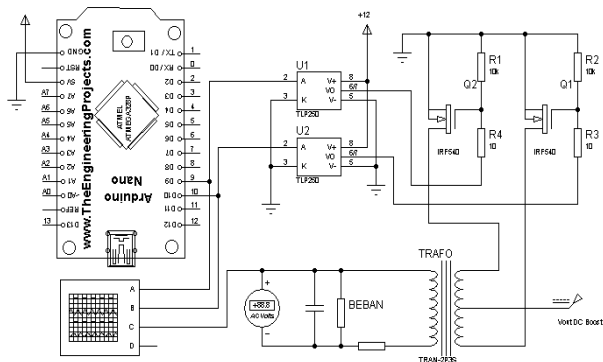


Gambar 1. Diagram alir proses penelitian

2.2. Simulasi Rangkaian dengan ISIS 7 Professional

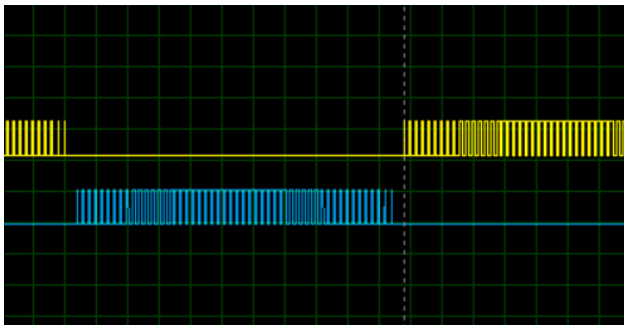
Software lunak ISIS 7.0 Professional membantu dalam mempelajari karakteristik kerja system *inverter* dengan topologi *push-pull* dengan transformator *step-up* sebelum direalisasikan. Simulasi juga bertujuan untuk menentukan nilai – nilai komponen yang akan digunakan pada realisasi alat sehingga komponen yang akan digunakan sesuai dengan yang akan direalisasikan. Selain itu simulasi ini juga bertujuan untuk mengetahui karakteristik sinyal SPWM dari Arduino Nano untuk sinyal pemicuan

MOSFET. Skema rangkaian *inverter* jenis *push-pull* pada simulasi dapat dilihat pada gambar 2.

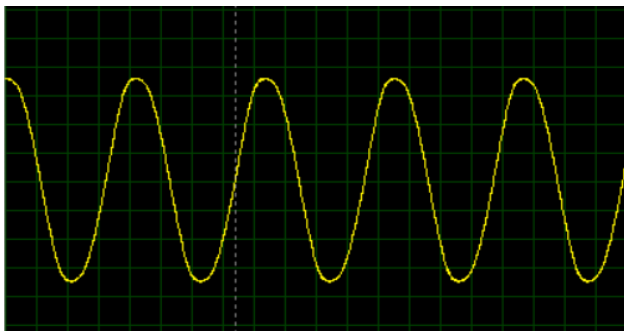


Gambar 2. Simulasi rangkaian *inverter push pull* dengan proteus

Hasil simulasi *inverter push-pull* dengan transformator *step-up* secara keseluruhan menghasilkan gelombang sinyal SPWM dan keluaran trafo berupa tegangan AC yang mana bentuk gelombangnya sudah *sinusoidal* seperti pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Gelombang sinyal spwm keluaran arduino nano



Gambar 4. Gelombang tegangan keluaran *inverter* setelah transformator *step up*

Dari Gambar 4 dapat dilihat gelombang keluaran dari *inverter push-pull* dengan transformator *step-up* dengan V_{rms} sebesar 220 V dan nilai frekuensi 50 Hz dari

perhitungan $f = 1/T$ dengan periode 0.02 s per gelombang.

2.3. Sumber Tegangan DC

Sumber tegangan yang digunakan adalah sumber tegangan searah yang berasal dari *Power Supply* DC 30 DC dan *Adaptor* 12V. *Power Supply* DC 30 DC digunakan sebagai masukan *inverter push-pull* dan *Adaptor* 12V digunakan untuk masukan mikrokontroler dan mosfet *driver*. Besar tegangan yang dihasilkan oleh *Power Supply* DC 30 DC tersebut sebesar 30 V_{DC} dengan arus maksimum 2A. *Adaptor* 12V yang digunakan memiliki tegangan 12 V_{DC} dengan arus 0,6A sebagai suplay driver mosfet TLP250. Untuk mensuplay mikrokontroler Arduino Nano yang membutuhkan 5 V_{DC} maka tegangan dari baterai akumulator diturunkan menggunakan IC 7805 yang memiliki kemampuan arus maksimum sebesar 2,2A.

Tabel 1. Spesifikasi IC 7805 [6]

Parameter	Spesifikasi
Tegangan input	7V-35V
Tegangan output	4,8V-5,2V
Peak output current	2,2A



(a) Power supply DC 30V



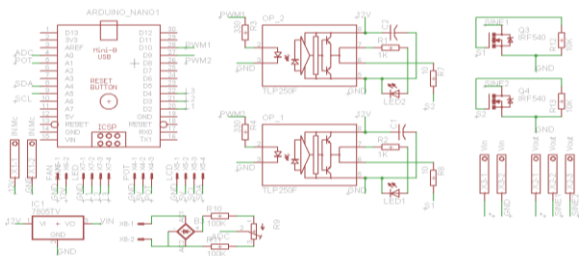
(b) Adaptor 12V

Gambar 5. Sumber DC

2.4. Rangkaian *Driver* MOSFET

Driver MOSFET berfungsi untuk menguatkan sinyal pembangkitan *Sinusoidal Pulse Width Modulation* (SPWM) yang dibangkitkan oleh mikrokontroler Arduino Nano membutuhkan tegangan picu gerbang (gate) 12 V

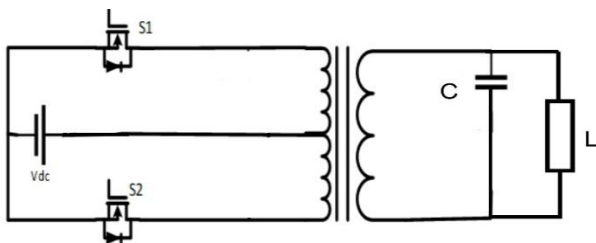
untuk bekerja. Driver MOSFET membutuhkan suplai tegangan dengan rentang 12V-20V pada bagian yang mengendalikan gerbang MOSFET [7]. Besar tegangan yang sudah dikuatkan dari Driver ini bergantung dari besar tegangan suplainya. Pada Penelitian ini, digunakan tegangan 12 V untuk mensuplai Driver MOSFET, sehingga tegangan yang akan memicu gerbang MOSFET bernilai sekitar 12 V. Driver MOSFET yang digunakan adalah TLP250 [8]. TLP250 merupakan IC *optocoupler* yang berfungsi untuk mengisolasi dan menguatkan sinyal keluaran mikrokontroler dari pin D9 dan D10 Arduino Nano [9]. Skematik rangkaian *driver* MOSFET dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Skematik rangkaian *driver* mosfet

2.5. Rangkaian *Inverter Push Pull*

Rangkaian *inverter push-pull* terdiri dari dua buah MOSFET. Kedua MOSFET disusun sedemikian rupa seperti Gambar 7, sehingga dapat bekerja berkesinambungan. Mosfet S1 dan Mosfet S2 dipicu sinyal SPWM dari mikrokontroler Arduino Nano secara berkebalikan (*inverting*). Dengan demikian aliran arus yang melewati beban akan saling berkebalikan sehingga beban menerima tegangan bolak – balik. Pemilihan MOSFET harus disesuaikan dengan tegangan dan arus kerja dari rangkaian. Sumber tegangan searah dari *Power Supply DC* sebesar 30 V dengan kemampuan arus maksimal 2A.



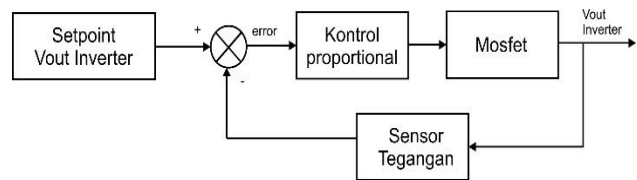
Gambar 7. Rangkaian *inverter push pull* [10]

MOSFET yang digunakan adalah tipe IRF540 yang dapat beroperasi pada tegangan antara *drain* dan *source* sebesar 100 Volt dan mampu mengalirkan arus maksimal sebesar 28 A [11]. Batas tegangan dan arus tersebut memenuhi spesifikasi tegangan dan arus dari *Power Supply DC* yang digunakan sebagai sumber inverter dengan tegangan kerja

sebesar 30 Volt. Sehingga MOSFET dapat bekerja sebagai komponen penskalaan dengan baik, Tegangan keluaran *inverter* masuk ke transformator *step-up* untuk menaikkan tegangannya ke 220 V [12].

2.6. Rangkaian Kontrol

Rangkaian kontrol menggunakan mikrokontroler Arduino Nano yang berfungsi untuk membangkitkan sinyal pemucuan MOSFET. Sinyal yang dibangkitkan dari mikrokontroler ini berupa sinyal *Sinusoidal Pulse Width Modulation* (SPWM) yang diharapkan mampu memicu mosfet untuk menghasilkan gelombang keluaran *inverter* yang berbentuk *sinusoidal*. Sinyal pemucuan dalam sistem ini dapat diatur dalam *source code* Arduino Nano supaya menghasilkan frekuensi *output* inverter sebesar 50 Hz. Selain itu rangkaian kontrol juga berfungsi untuk mengontrol agar tegangan keluaran inverter setelah transformator stabil pada 220V. Kontrol *proportional* diimplementasikan dalam bentuk senarai program yang ditanamkan pada mikrokontroler. Kontrol *proportional* menggunakan input berupa sinyal *error* yang didapat dari selisih antara *setpoint* dan *feedback* pembacaan sensor dari sistem [13]. Sesor dalam penelitian ini dirancang menggunakan *dioda bride* untuk mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC kemudian masuk ke rangkaian pembagi tegangan untuk dibaca nilai adcnya. Blok diagram kontrol *proportional* dapat dilihat pada Gambar 8.

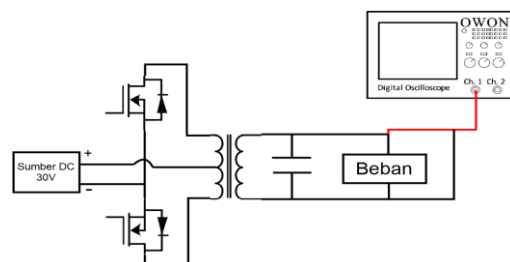


Gambar 8. Blok diagram kontrol *proportional* [14]

Kontrol *proportional* memerlukan *tuning* untuk mendapatkan respon sistem yang baik, *tuning* dilakukan untuk mencari nilai parameter K_p untuk pengendali *proportional*. Pada penelitian ini metode *tuning* yang dilakukan adalah *tuning tiral and error* [15].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Rangkaian Pengujian

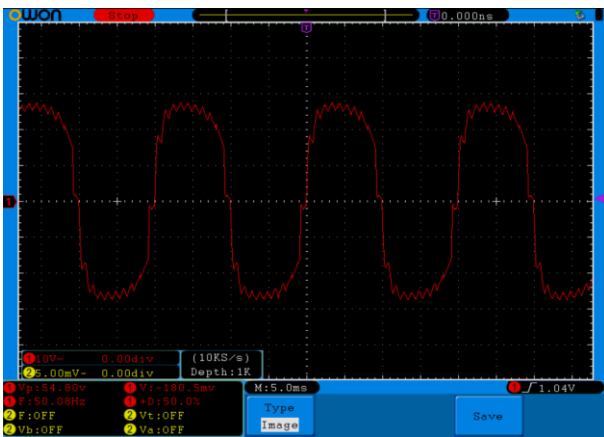


Gambar 9. Rangkaian pengujian

Pengujian ini menggunakan beban lampu pijar, lampu LED, lampu SL dan kipas angin yang digunakan untuk mengetahui gelombang keluaran *inverter*, tegangan, dan arus keluaran. Gambar 9 adalah rangkaian pengujian *inverter push-pull* dengan transformator *step-up*.

3.2. Pengujian Variasi Beban Lampu Pijar

Pengujian ini menggunakan beban lampu pijar 5W, 10W 15W, 20W dan 30W yang digunakan untuk mengetahui gelombang keluaran *inverter*, tegangan, dan arus keluaran. Gambar 10 adalah gambar gelombang tegangan *inverter push pull* setelah transformator *step-up*.



Gambar 10. Gelombang tegangan beban lampu pijar

Tabel 2. Hasil pengujian variasi beban lampu pijar

No	Beban (W)	Vin (V _{DC})	Iin (A)	Vout (V _{AC})	Iout (A)	cos ϕ
1	5	29,9	0,51	220	0,03	1
2	10	29,8	0,72	218	0,06	0,98
3	15	29,7	0,72	215	0,07	1
4	20	29,8	0,86	211	0,09	0,98
5	30	29,7	1,2	206	0,13	0,98

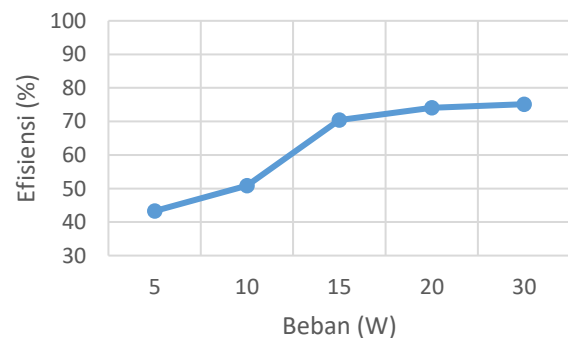
Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa hasil pengujian sudah sesuai dengan teori dimana semakin besar nilai beban maka semakin besar juga nilai arus yang mengalir. Nilai arus keluaran *inverter* setelah transformator *step-up* terkecil adalah 0,03 A yaitu ketika beban yang terpasang sebesar 5 W. Sedangkan nilai arus keluaran terbesar adalah 0,13 A yaitu ketika beban yang terpasang sebesar 30 W. Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa hasil pengukuran tegangan keluaran *inverter* setelah transformator *step-up* pada pengujian beban lampu pijar sudah stabil pada tegangan 220 V, dengan demikian sistem kontrol *proportional* pada *inverter* berjalan dengan baik untuk menstabilkan tegangan keluaran *inverter* setelah transformator *step-up*.

Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 2 dapat dihitung nilai efisiensi dari *inverter push-pull* dengan nilai perbandingan antara daya keluaran dengan daya masukan ketika berbeban lampu pijar.

Tabel 3. Efisiensi inverter dengan beban lampu pijar

No	Beban (W)	Daya Input (W)	Daya Output (W)	Efisiensi (%)
1	5	15,24	6,6	43,28
2	10	21,45	10,9	50,8
3	15	21,38	15,05	70,37
4	20	25,62	18,99	74,09
5	30	35,64	26,78	75,14

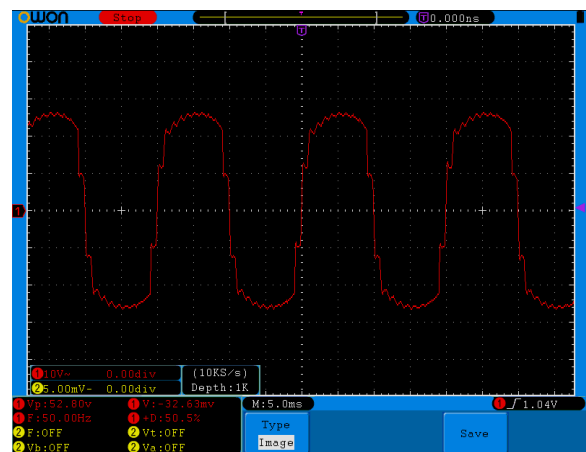
Berdasarkan Tabel 3 maka dapat dibuat grafik perbandingan perubahan daya lampu pijar terhadap efisiensi *inverter push-pull* seperti pada Gambar 11 berikut:



Gambar 11. Grafik hubungan variasi beban lampu pijar terhadap efisiensi

Berdasarkan Gambar 11 didapatkan bahwa variasi beban lampu pijar terendah 5 W didapatkan efisiensi sebesar 43,58%. Pada variasi beban lampu pijar 20 W memiliki efisiensi sebesar 74,09%. Sedangkan pada variasi beban lampu pijar terbesar 30 W memiliki efisiensi sebesar 75,14%. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, *inverter push-pull* memiliki efisiensi semakin meningkat seiring bertambahnya beban lampu pijar yang dipasang.

3.3. Pengujian Variasi Beban Lampu LED



Gambar 12. Gelombang tegangan beban lampu LED

Pengujian ini menggunakan beban lampu non linier berupa Lampu LED 7W, 10W, 15W, 17W dan 20W yang digunakan untuk mengetahui gelombang keluaran *inverter*, tegangan, dan arus keluaran. Gambar 12 adalah gambar gelombang tegangan *inverter push pull* setelah transformator *step-up*.

Tabel 4. Hasil pengujian variasi beban lampu LED

No	Beban (W)	Vin (V _{DC})	Iin (A)	Vout (V _{AC})	Iout (A)	cos ϕ
1	7	29	0.76	222,5	0,07	0,63
2	10	29,1	0.92	220	0,08	0,69
3	15	29	1	221	0,1	0,68
4	17	29,3	1.09	219,2	0,11	0,72
5	20	29,7	1.2	217,8	0,13	0,7

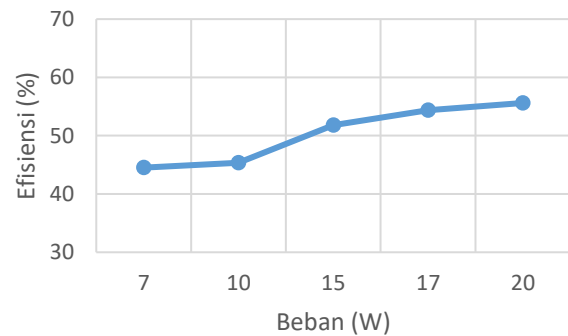
Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa hasil pengujian sudah sesuai dengan teori dimana semakin besar nilai beban maka semakin besar juga nilai arus yang mengalir. Nilai arus keluaran *inverter* setelah transformator *step-up* terkecil adalah 0,07 A yaitu ketika beban yang terpasang sebesar 7 W. Sedangkan nilai arus keluaran terbesar adalah 0,12 A yaitu ketika beban yang terpasang sebesar 20 W. Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 4 dapat bahwa hasil pengukuran tegangan keluaran inverter setelah transformator *step-up* pada pengujian beban lampu LED sudah stabil pada tegangan 220 V, dengan demikian sistem kontrol *proportional* pada *inverter* berjalan dengan baik untuk menstabilkan tegangan keluaran *inverter* setelah transformator *step-up*.

Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 4 dapat dihitung nilai efisiensi dari *inverter push-pull* dengan nilai perbandingan antara daya keluaran dengan daya masukan ketika berbeban lampu LED.

Tabel 5. Efisiensi inverter dengan beban lampu LED

No	Beban (W)	Daya Input (W)	Daya Output (W)	Efisiensi (%)
1	7	22,04	9,81	44,52
2	10	26,77	12,14	45,36
3	15	29	15,02	51,82
4	17	31,93	17,36	54,35
5	20	35,64	19,81	55,61

Berdasarkan Tabel 5 maka dapat dibuat grafik perbandingan perubahan daya lampu LED terhadap efisiensi *inverter push-pull* seperti pada Gambar 13 berikut:

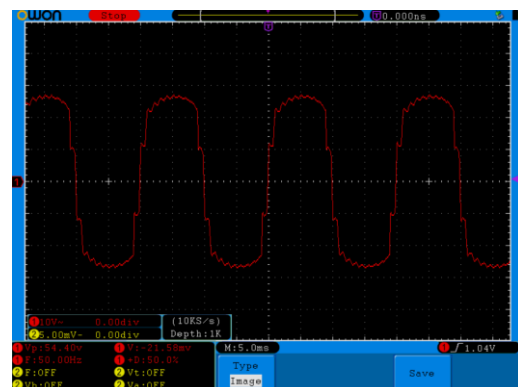


Gambar 13. Grafik hubungan variasi beban lampu led terhadap efisiensi

Berdasarkan Gambar 13 didapatkan bahwa variasi beban lampu LED terendah 7 W didapatkan efisiensi sebesar 44,52%. Pada variasi beban lampu LED 15 W memiliki efisiensi sebesar 51,82%. Sedangkan pada variasi beban lampu LED terbesar 20 W memiliki efisiensi sebesar 55,61%. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, *inverter push-pull* memiliki efisiensi semakin meningkat seiring bertambahnya beban lampu pijar yang dipasang.

3.4. Pengujian Variasi Beban Lampu SL

Pengujian ini menggunakan beban lampu non linier berupa lampu SL 8W, 13W, 15W, 20W dan 28W yang digunakan untuk mengetahui gelombang keluaran *inverter*, tegangan, dan arus keluaran. Gambar 14 adalah gambar gelombang tegangan *inverter push pull* setelah transformator *step-up*.



Gambar 14. Gelombang tegangan beban lampu SL

Tabel 6. Hasil pengujian variasi beban lampu SL

No	Beban (W)	Vin (V _{DC})	Iin (A)	Vout (V _{AC})	Iout (A)	cos ϕ
1	8	29,4	0,7	223	0,06	0,69
2	13	29,2	0,83	221,9	0,09	0,68
3	15	29,3	0,9	220	0,1	0,7
4	20	29	1,28	219,3	0,12	0,72
5	28	29,3	1,37	217,2	0,19	0,69

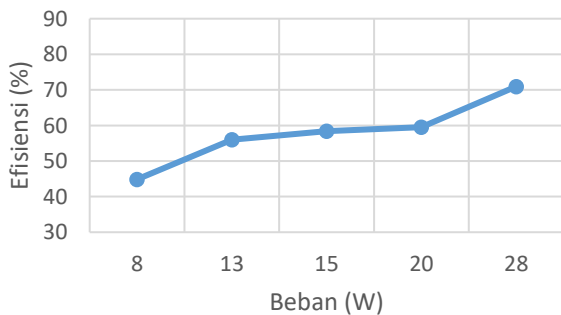
Berdasarkan Tabel 6 dapat dilihat bahwa hasil pengujian sudah sesuai dengan teori dimana semakin besar nilai beban maka semakin besar juga nilai arus yang mengalir. Nilai arus keluaran *inverter* setelah transformator *step-up* terkecil adalah 0,06 A yaitu ketika beban yang terpasang sebesar 8 W. Sedangkan nilai arus keluaran terbesar adalah 0,19 A yaitu ketika beban yang terpasang sebesar 28 W. Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa hasil pengukuran tegangan keluaran *inverter* setelah transformator *step-up* pada pengujian beban lampu SL sudah stabil pada tegangan 220 V, dengan demikian sistem kontrol *proportional* pada *inverter* berjalan dengan baik untuk menstabilkan tegangan keluaran *inverter* setelah transformator *step-up*.

Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 6 dapat dihitung nilai efisiensi dari *inverter push-pull* dengan nilai perbandingan antara daya keluaran dengan daya masukan ketika berbeban lampu SL.

Tabel 7. Efisiensi inverter dengan beban lampu SL

No	Beban (W)	Daya Input (W)	Daya Output (W)	Efisiensi (%)
1	8	20,58	9,23	44,86
2	13	24,23	13,58	56,03
3	15	26,37	15,4	58,39
4	20	37,12	22,1	59,55
5	28	40,14	28,47	70,93

Berdasarkan Tabel 7 maka dapat dibuat grafik perbandingan perubahan daya lampu SL terhadap efisiensi *inverter push-pull* seperti pada Gambar 15 berikut:

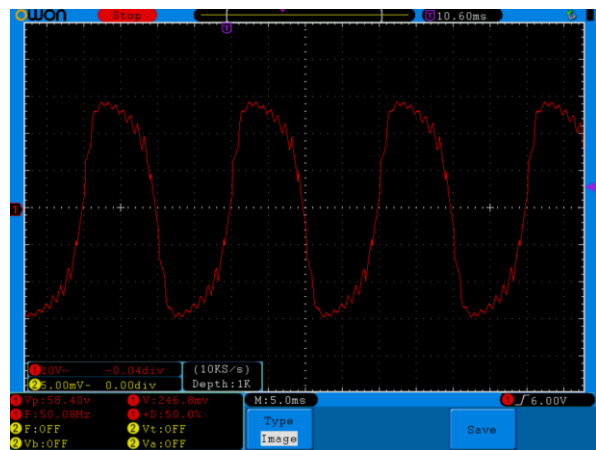


Gambar 15. Grafik hubungan variasi beban lampu sl terhadap efisiensi

Berdasarkan Gambar 15 didapatkan bahwa variasi beban lampu SL terendah 8 W didapatkan efisiensi sebesar 44,86%. Pada variasi beban lampu SL 15 W memiliki efisiensi sebesar 58,39%. Sedangkan pada variasi beban lampu SL terbesar 28 W memiliki efisiensi sebesar 70,94%. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, *inverter push-pull* memiliki efisiensi semakin meningkat seiring bertambahnya beban lampu pijar yang dipasang.

3.5. Pengujian Variasi Beban Kipas Angin

Pengujian ini menggunakan beban motor induksi satu fasa pada kipas angin 20W dengan variasi kecepatan putar kipas untuk mengetahui gelombang keluaran *inverter*, tegangan, dan arus keluaran. Gambar 16 adalah gambar gelombang tegangan *inverter push pull* setelah transformator *step-up*.



Gambar 16. Gelombang tegangan beban kipas angin

Tabel 8. Hasil pengujian variasi beban kipas angin

No	Beban Terukur (W)	Vin (V _{DC})	Iin (A)	Vout (V _{AC})	Iout (A)
1	12	29,7	0,8	26	0,75
2	16	29,5	0,93	26	0,82

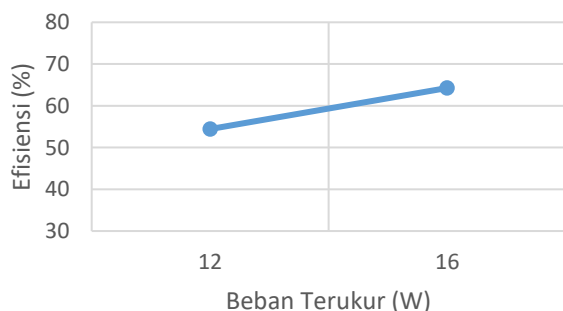
Berdasarkan Tabel 8 dapat dilihat bahwa hasil pengujian sudah sesuai dengan teori dimana semakin besar nilai beban maka semakin besar juga nilai arus yang mengalir. Nilai arus keluaran *inverter* setelah transformator *step-up* terkecil adalah 0,1 A yaitu ketika saklar I atau beban yang terukur sebesar 12 W. Sedangkan nilai arus keluaran terbesar adalah 0,14 A yaitu ketika saklar II atau beban yang terukur sebesar 16 W. Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 8 dapat dilihat bahwa hasil pengukuran tegangan keluaran *inverter* setelah transformator *step-up* pada pengujian beban kipas angin sudah stabil pada tegangan 220 V, dengan demikian sistem kontrol *proportional* pada *inverter* berjalan dengan baik untuk menstabilkan tegangan keluaran *inverter* setelah transformator *step-up*.

Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 8 dapat dihitung nilai efisiensi dari *inverter push-pull* dengan nilai perbandingan antara daya keluaran dengan daya masukan ketika berbeban lampu SL.

Tabel 9. Efisiensi inverter dengan beban kipas angin

No	Beban Terukur (W)	Daya Input (W)	Daya Output (W)	Efisiensi (%)
1	12	23,76	12,93	54,43
2	16	27,43	17,62	64,25

Berdasarkan Tabel 9 maka dapat dibuat grafik perbandingan perubahan daya kipas angin terhadap efisiensi *inverter push-pull* seperti pada Gambar 17 berikut:



Gambar 17. Grafik hubungan variasi beban kipas angin terhadap efisiensi

Berdasarkan Gambar 17 didapatkan bahwa variasi beban kipas angin dengan saklar 1 didapatkan efisiensi sebesar 54,43% sedangkan pada variasi beban kipas angin dengan saklar 2 memiliki efisiensi sebesar 64,25%. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, *inverter push-pull* dengan transformator *step-up* memiliki efisiensi yang meningkat seiring bertambahnya kecepatan putar kipas angin yang dipasang. Semakin besar kecepatan putar kipas angin yang terpasang maka efisiensi alat semakin menurun.

4. Kesimpulan

Inverter jenis *push-pull* dengan transformator *step-up* sudah berhasil dibuat dan menghasilkan tegangan keluaran arus bolak-balik untuk menyuplai beban lampu pijar, lampu SL, lampu LED dan kipas angin. Pengaruh perubahan beban terhadap arus keluaran *inverter* jenis *push-pull* adalah semakin besar beban yang terpasang maka arus yang dihasilkan semakin besar pula. Pada variasi beban lampu pijar arus yang mengalir paling kecil adalah 0,3A ketika bebannya 5W, sedangkan arus terbesar ketika beban 30W yaitu 0,13A. Pada variasi beban lampu LED arus yang mengalir paling kecil adalah 0,07A ketika

bebannya 7W, sedangkan arus terbesar ketika beban 20W yaitu 0,13A. Pada variasi beban lampu SL arus yang mengalir paling kecil adalah 0,06A ketika bebannya 8W, sedangkan arus terbesar ketika beban 28W yaitu 0,19A. Pada variasi beban kipas angin arus yang mengalir paling kecil adalah 0,1A ketika saklar kecepatan pada posisi I dan beban yang terukur sebesar 12W, sedangkan arus terbesar ketika saklar kecepatan pada posisi II yaitu 0,14A dan beban yang terukur sebesar 16W. Pada pengujian *inverter* jenis *push pull* dengan transformator *step-up* didapatkan nilai efisiensi rata-rata ketika diberi beban lampu pijar sebesar 62,7%, saat berbeban lampu LED efisiensi rata-ratanya sebesar 50,33%, saat berbeban lampu SL efisiensi rata-ratanya sebesar 57,95% dan saat berbeban kipas angin efisiensi rata-ratanya sebesar 59,34%. Hasil pengujian pada *inverter push-pull* menunjukkan bahwa kontrol *proportional* mampu menjaga nilai tegangan *output* setelah transformator pada nilai *set point* 220 Volt dengan error rata-rata 2,8 Volt.

Referensi

- [1]. B. H. Purwoto, Jatmiko and M. Alimul F, "Efisiensi penggunaan panel surya sebagai sumber energi Alternatif," *J. Emitor.*, vol. 18, pp. 1, 2014.
- [2]. Imam Syafi'i, M. Facta, and A. Warsito, "Inverter Push-pull resonan paralel berbasis IC SG3524," *Transient*, vol. 7, pp. 1, 2018.
- [3]. "Arduino Nano Pinout," [Online]. Tersedia: <https://proteus-7-professional.software.informer.com/>. Diakses: 12 September 2020
- [4]. M.K. Wardana, I. Fadlika, and A. Fahmi, "Rancang Bangun Inverter Satu fasa SPWM dengan Output Tegangan dan Frekuensi Variable," *TEKNO* vol.18 p1-16, 2018
- [5]. "Arduino Nano," [Online]. Tersedia: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano/>. Diakses: 12 September 2020.
- [6]. M. H. Rashid, *Power Electronics Handbook: Circuits, Devices, and Application*, Second. San Diego, California: Elsevier Inc, 2007.
- [7]. Maulana, "Teori dasar mosfet." *Metal Semiconductor*, pp. 1-34.
- [8]. TOSHIBA, TOSHIBA Photocoupler GaAlAs Ired & Photo-IC TLP 250, vol. 5. 2007.
- [9]. "Arduino Nano Pinout," [Online]. Tersedia: <http://broduino.com/arduino-nano-pinout-penjelasan-dan-fungsi/>. Diakses: 12 September 2020
- [10]. S. J. Chapman, *Electric Machinery Fundamentals*, 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2012.
- [11]. IRFP540, SiHFP460 Vishay Siliconix Power MOSFET, Vishay Product Inc, 2008.
- [12]. Wildi, Theodore, *Electrical Machines, Drives, and Power Systems*, Fifth. new jersey: E. Stewart; Charles, 2002.
- [13]. Drs. Imam Muda N. S.T,M.T, *Elektronika Dasar*, 2013
- [14]. *Voltage Dividers and Callibration Sensor*, 1997.
- [15]. Araki M, "PID Control", *Control System, Robotics, And Automation - Vol. II*. hal. 1-6.