

INVERTER PUSH-PULL RESONAN PARALEL BERBASIS IC SG3524

Imam Syafi'i^{*)}, Mochammad Facta, dan Agung Warsito

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

**)E-mail: imam4795@gmail.com*

Abstrak

Photovoltaic merupakan sumber energi terbarukan dengan beberapa keuntungan tetapi keluaran dari photovoltaic masih berupa sumber listrik DC sehingga penggunaannya terbatas. Maka dari itu diperlukan suatu alat yang bisa mengkonversi tegangan DC ke tegangan AC sehingga sumber photovoltaic bisa digunakan untuk menyuplai beban yang bervariasi dan dimanfaatkan untuk menyuplai beban rumah tangga. Inverter push-pull merupakan salah satu jenis inverter yang paling sering digunakan karena hanya membutuhkan input tegangan DC kecil dengan keluaran tegangan AC yang sesuai dengan beban AC rumah tangga (220V). Penggunaan rangkaian resonan paralel untuk memperbaiki bentuk gelombang keluaran inverter karena menggunakan rangkaian kontrol IC SG3524 yang merupakan kontrol PWM analog. Penelitian ini menggunakan beban resistif dan beban dinamis untuk melihat pengaruh variasi duty cycle dan variasi frekuensi terhadap tegangan output, kecepatan putar motor, serta efisiensi dari inverter. Efisiensi inverter push-pull resonan paralel ketika beban resistif 37,3 Ω dengan range dari 24%-62%. Efisiensi inverter push-pull resonan paralel ketika beban resistif 333 Ω dengan range dari 26%-35%. Efisiensi inverter push-pull resonan paralel beban dinamis berupa motor AC shaded pole dengan range dari 26%-43%. Efisiensi inverter push-pull resonan paralel beban motor universal dengan range dari 27%-54%. Efisiensi inverter push-pull resonan paralel beban motor induksi run capacitor dengan range dari 25%-49%.

Kata kunci : inverter push-pull, IC SG3524, resonan paralel

Abstract

Photovoltaic is renewable energy source with advantages however the output of photovoltaic is a DC power source with limited application. Based on the result, a device converting DC voltage to AC voltage is required, the photovoltaic source can be used to supply various loads. Push-pull inverter is one of the most commonly used inverter because it requires a small DC input voltage to deliver an AC voltage output in accordance were applied household AC load (220V). This work proposed the use of parallel resonant circuit as the filter of output waveform and use IC SG3524 control circuit. This work uses resistive load and dynamic load to effect of duty cycle variation and frequency variation to output voltage, motor rotation speed, and efficiency of inverter. The efficiency of push-pull parallel resonant inverter when the 37.3 Ω resistive load is in the range of 24%-62%. Efficiency of push-pull parallel resonant inverter when the 333 Ω resistive load is the highest is in the range of 26%-35%. Efficiency of push-pull parallel resonant inverter when shaded pole motor is 26%-43%. Efficiency of push-pull parallel resonant inverter when universal motor is 27%-54%. Efficiency of push-pull parallel resonant inverter when induction motor run capacitor is 25%-49%.

Keywords: push-pull inverter, IC SG3524, parallel resonant

1. Pendahuluan

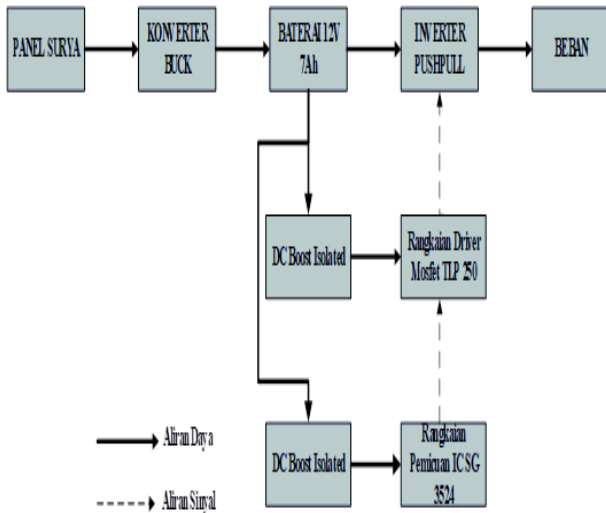
Energi listrik merupakan energi yang sangat dibutuhkan oleh manusia. Listrik saat ini boleh dikatakan sebagai salah satu kebutuhan primer masyarakat. Hal ini mengingatkan kita akan pentingnya peranan energi listrik dalam kehidupan serta pendukung aktifitas dalam kehidupan sehari-hari, serta dengan mengembangkan atau memanfaatkan sumber-sumber yang ada untuk dijadikan alternatif penyediaan energi yang memiliki kemampuan untuk memasok energi listrik. Salah satu cara diantaranya adalah dengan pemanfaatan sel surya guna pemenuhan

kebutuhan energi listrik. *Photovoltaic*/panel surya merupakan sumber energi terbarukan dengan beberapa keuntungan seperti biaya operasional yang rendah, bebas biaya perawatan dan ramah lingkungan[1]. Penggunaan panel surya diperlukan alat yang bisa mengkonversi tegangan DC ke tegangan AC sehingga sumber *photovoltaic* bisa digunakan untuk menyuplai beban rumah tangga.

Penelitian terdahulu yaitu merancang inverter dual conversion konfigurasi push-pull dan full bridge dengan trafo step up inti ferit, untuk menghasilkan tegangan keluaran AC 220 Volt frekuensi 50 Hz yang digunakan untuk beban pompa air[2]. Selain itu pada penelitian

sebelumnya, dibahas konverter DC-DC tipe push-pull yaitu rangkain inverter push-pull yang disearahkan dengan penyearah gelombang penuh tipe jembatan sebagai pengisi akumulator dengan relai pemutus otomatis. Pada penelitian tersebut, rangkaian kontrol PWM beserta umpan balik tegangan menggunakan IC SG3525A[3]. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Yueh-Ru Yang merancang sebuah inverter push-pull resonan dengan umpan arus pada beban *Cold Cathode Fluorescent Lamps* sehingga menghasilkan kurva karakteristik dari V-I pada lampu CCFL adalah nonlinear[4]. Penelitian tentang resonan seri juga sudah pernah dilakukan merancang rangkaian inverter setengah jembatan dengan rangkaian resonan LC seri untuk menaikkan tegangan sebagai pengganti transformator dengan faktor penguatan (*gain*) 15 kali[5]. Dari beberapa penelitian yang menggunakan topologi inverter *push-pull* resonan paralel dengan IC SG3524 sebagai pembangkit sinyal PWM dengan pengaturan variasi frekuensi dan *duty cycle* pada beban resistif dan beban dinamis.

2. Metode



Gambar 1. Blok diagram perancangan

Gambar 1. merupakan blok diagram perancangan sistem inverter. Perancangan *inverter push-pull* resonan paralel terdiri 3 sistem utama yaitu modul panel surya dan baterai (sebagai sumber), rangkaian blok buck konverter, rangkaian DC boost isolated, rangkaian daya, rangkaian kontrol IC SG3524, dan rangkaian driver mosfet TLP250.

2.1. Modul Panel Surya

Modul panel surya yang digunakan adalah tipe *monocrystalline*. Modul ini dirancang dengan sumber cahaya dihadapkan langsung menghadap panel surya, sehingga cahaya dan panel surya membentuk sudut 90°[6]. Modul panel surya yang digunakan dalam percobaan dengan spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 1. Panel surya pada 1000watt/m² temperatur 25°C

Spesifikasi panel surya	Nilai
Daya maksimum (W)	10 Watt
Tegangan optimal (Vmp)	18 Volt
Arus optimal (Imp)	0.56 Ampere
Tegangan hubung buka(Voc)	21.7 Volt
Arus hubung singkat (Isc)	0.59 Ampere
Suhu operasi	-40°C to +85°C

Penelitian dilakukan dalam kondisi panel surya yang berada dalam kotak yang tertutup dengan sumber penyinaran dari lampu halogen 50 watt 220 volt yang dipasang secara paralel.

2.2. Modul Buck Konverter



Gambar 2. buck converter tipe XL4015 5A

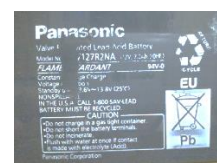
Rangkaian blok buck konverter menggunakan sumber dari box panel surya dengan tegangan sebesar 20V. Blok buck konverter berfungsi menurunkan tegangan panel surya menjadi sebesar 13V sehingga baterai dalam kondisi *floating*. Rangkaian blok buck konverter ini terdiri dari modul buck converter yang dilengkapi dengan diode tipe MUR460 agar tidak terjadi tegangan balik dan pengaman fuse 1A untuk mengamankan panel surya.

Tabel 2. Parameter Modul Buck Konverter

Parameter	Nilai Besaran
Input Voltage dari panel surya	20 V
Output Voltage	13-14 V
Diode MUR460	4 A, 200-600 V
Modul Buck converter	5A, 5-35 V
Fuse	1 A

2.3. Baterai 12V 7Ah

Baterai akumulator yang digunakan memiliki kapasitas sebesar 7 Ah (*Ampere hours*) yang berarti apabila arus yang mengalir pada rangkaian sebesar 7 A, maka baterai akan habis dalam waktu 1 jam. Baterai dioperasikan dengan mode *floating* yaitu tegangan baterai dijaga tetap stabil dengan cara dipasang paralel dengan panel surya dan beban yang merupakan *inverter push-pull*.



Gambar 3. Baterai 12V 7Ah

2.4. DC Boost Isolated

Rangkaian DC *boost isolated* bertujuan untuk membuat ground terpisah untuk rangkaian kontrol dan driver seperti layaknya transformator[7]. DC *Boost Isolated* yang digunakan adalah tipe MORNSUN B1215S.



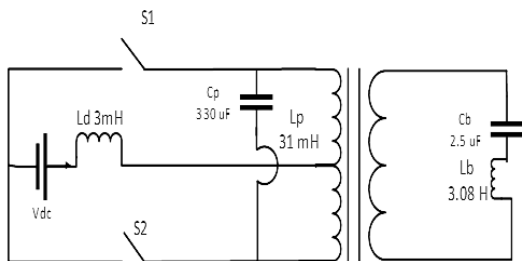
Gambar 4. DC Boost Isolated

Tabel 3. Spesifikasi DC Boost Isolated MORNSUN B1215S

Parameter	Nilai Besaran
Input Voltage	12 V
Output Voltage	15 V
Supply voltage	10 – 35 V
Output Current Operating	14-133 mA
Temperatur	-400 until 850 C

2.5. Rangkaian Daya [4]

Rangkaian inverter push-pull resonan paralel terdiri dari 2 buah mosfet tipe IRFZ44, induktor Ld) dan kapasitor depan (Cp), trafo CT 10A, kapasitor resonan pada beban (Cb) serta beban resistif dan dinamis.



Gambar 5. Rangkaian Inverter push-pull Resonan Paralel

Nilai kapasitor yang digunakan dapat ditentukan dengan persamaan 1. [8] berikut.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ Hz} \quad (1)$$

$$c = \frac{1}{(2\pi f_0)^2 \cdot L} \mu\text{F} \quad (2)$$

dimana :

- f = frekuensi kerja (Hz)
- c = nilai kapasitor (F)
- L = induktor (H)

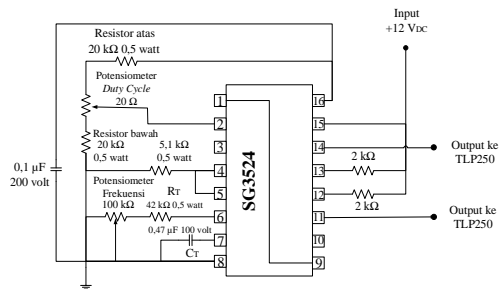
Dari Persamaan 2. Bisa didapatkan nilai kapasitor depan (Cp) sebesar 330 uF, kapasitor resonan beban untuk motor shaded pole sebesar 2,5 uF, dan motor universal sebesar 15 uF. Pemilihan nilai kapasitor juga disesuaikan dengan nilai yang sudah tersedia dipasaran.

Nilai induktor depan didapatkan dari data empiris dengan nilai yang optimal sebesar 3 mH.

2.6. Rangkaian Kontrol IC SG3524

Rangkaian kontrol IC SG3524 digunakan untuk menghasilkan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) Rangkaian kontrol IC SG3524 dapat mengatur frekuensi dan *duty cycle*. Nilai frekuensi osilasi pada rangkaian kontrol IC SG3524 diatur oleh dua komponen yang dihubungkan dengan pin 6 dan 7. Pin 6 IC SG3524 adalah *Resistor Timer* (R_T) dan pin 7 IC SG3524 adalah *Capacitor Timer* (C_T). Persamaan untuk mencari frekuensi kerja sesuai pada *datasheet* IC SG3524 dituliskan oleh Persamaan (1) [9].

$$f = \frac{1,3}{R_T C_T} \quad (3)$$

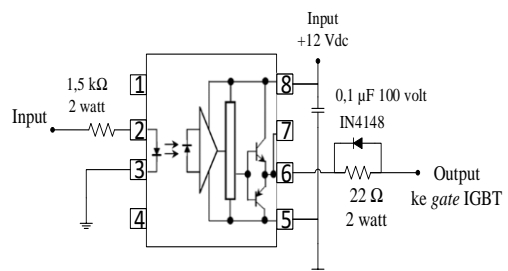


Gambar 6. Rangkaian kontrol IC SG3524

Salah satu fitur IC SG3524 adalah memiliki output gelombang kotak yang saling berkebalikan antara kedua kaki outputnya. Hal tersebut menjadi fitur yang tepat untuk digunakan sebagai pemucuan mosfet pada *inverter push-pull*. *Inverter* yang akan dibuat direncanakan mampu beroperasi pada *range* frekuensi 30 Hz – 65 Hz dan *duty cycle* 11 % - 45 %.

2.7. Rangkaian Mosfet Driver

Rangkaian mosfet *Driver* menggunakan IC TLP250. Rangkaian TLP250 digunakan untuk mengisolasi dan menguatkan sinyal PWM[10]. *Ground* dibuat terpisah antara TLP250 dengan IC SG3524.



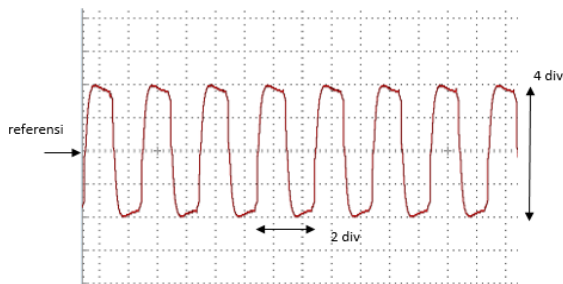
Gambar 7. Rangkaian mosfet driver TLP250

Setelah mendapat masukan berupa gelombang keluaran IC SG3524, rangkaian IGBT driver langsung meneruskan gelombang pemicuan tersebut ke rangkaian daya.

3. Hasil dan Analisa

3.1. Pengujian Inverter Push-pull Resonan Paralel Beban Resistif

Beban resistif yang digunakan menggunakan lampu pijar dengan nilai 333Ω (lampu pijar 15W) dan 37,3 Ω (lampu pijar 60W).



Gambar 8. Gelombang Tegangan Keluaran Inverter push-pull Beban Resistif

Berdasarkan Gambar 8. menunjukkan gelombang keluaran inverter push-pull beban resistif yang sudah membentuk gelombang sinus.

3.1.1. Pengujian Variasi Duty Cycle dengan Frekuensi Tetap 50 Hz

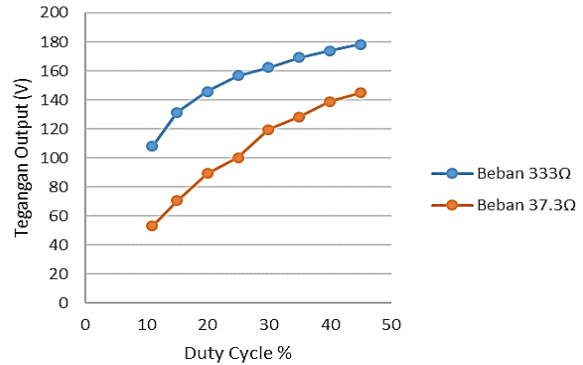
Pengujian dilakukan pada frekuensi 50 Hz, dengan variasi duty cycle 11%-45% dengan tingkat kenaikan sebesar 5%. Hasil pengukuran ditunjukkan oleh Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengukuran variasi duty cycle dengan beban resistif frekuensi 50 Hz

Duty cycle (%)	Beban Resistif (Ω)	V _{in DC} (V)	I _{in} (A)	V _{out} (V)	I _{out} (A)
11	333	12	1.7	108	0.05
15		12	2	131.5	0.06
20		12	2.23	145.7	0.06
25		12	2.4	156.6	0.07
30		11.8	2.54	162.4	0.07
35		11.8	2.7	169.3	0.07
40		11.8	2.9	174	0.07
45	11.7	3.04	178.2	0.07	
11	37.3	12	1.82	53	0.1
15		11.85	2.08	70.5	0.12
20		11.7	2.6	89.2	0.14
25		11.7	2.99	100.2	0.16
30		11.6	3.57	119.5	0.18
35		11.55	3.9	128.26	0.2
40		11.47	4.33	138.86	0.22
45	11.37	4.7	145	0.23	

Berdasarkan Tabel 4. terlihat bahwa hasil pengukuran sudah sesuai dengan teori yaitu nilai duty cycle berbanding

lurus dengan tegangan keluaran. Berikut disajikan data berupa grafik yang menunjukkan perbandingan duty cycle dengan tegangan keluaran pada Gambar 9.



Gambar 9. Perbandingan Duty Cycle dengan Tegangan Output

Nilai tegangan output pada beban lampu pijar dengan beban resistif 37.3Ω (lampu pijar 60W) lebih kecil dari pada tegangan output beban resistif 333Ω (lampu pijar 15W). Hal ini dikarenakan semakin besar daya beban maka arus pada keluaran juga semakin besar sehingga nilai tegangan semakin kecil.

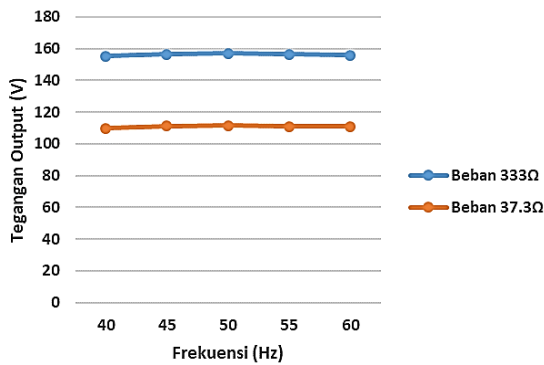
3.1.2. Pengujian Variasi frekuensi dengan Duty Cycle Tetap

Pengujian dilakukan dengan variasi frekuensi 40-60 Hz dengan tingkat kenaikan sebesar 5 Hz. Pada pengujian ini dilakukan dengan duty cycle tetap yaitu 30% dan 45%. Hasil pengukuran pada duty cycle 30% ditunjukkan oleh Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengukuran variasi frekuensi, duty cycle 30% dengan beban resistif

Frekuensi (Hz)	Beban Resistif (Ω)	V _{in DC} (V)	I _{in} (A)	V _{out} (V)	I _{out} (A)
40	333	11.5	2.01	155.4	0.07
45		11.5	2.18	156.4	0.07
50		11.45	2.36	157	0.07
55		11.4	2.48	156.5	0.07
60		11.34	2.64	156	0.07
40		37.3	11.15	3.39	110
45	11.15		3.45	111.4	0.18
50	11		3.5	111.6	0.18
55	11		3.53	111.1	0.18
60	11		3.66	111	0.18

Berdasarkan Tabel 5. terlihat nilai tegangan output pada masing-masing variasi frekuensi hampir sama tidak terlalu jauh perbedaannya. Berikut grafik perbandingan frekuensi dengan tegangan keluaran dengan duty cycle 30% pada Gambar 10.



Gambar 10. Perbandingan Frekuensi dengan Tegangan Output pada Duty Cycle 30%

Tegangan keluaran pada beban resistif 37,3Ω dan beban resistif 333Ω cenderung konstan. Nilai tegangan output pada beban resistif 37,3Ω (lampu pijar 60W) lebih kecil dari pada tegangan output beban resistif 333Ω (lampu pijar 15W).

3.1.3. Perhitungan Efisiensi Inverter Push-pull Resonan Paralel Beban Resistif

Tabel 6. Hasil perhitungan efisiensi inverter push-pull dengan beban resistif

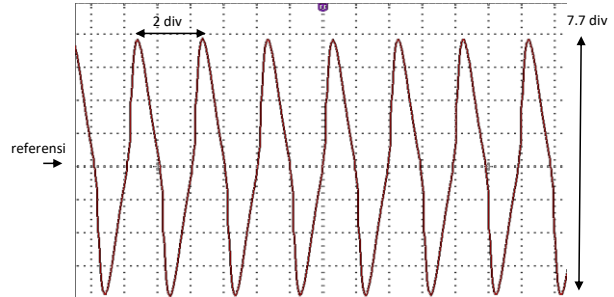
Duty Cycle %	Beban Resistif (Ω)	Pin (W)	Pout (W)	η
11	333	20.4	5.4	26%
15		24	7.89	33%
20		26.76	8.742	33%
25		28.8	10.962	38%
30		29.972	11.368	38%
35		31.86	11.851	37%
40		34.22	12.18	36%
45	35.568	12.474	35%	
11	37.3	21.84	5.3	24%
15		24.648	8.037	33%
20		30.42	11.8636	39%
25		34.983	15.2304	44%
30		41.412	20.4345	49%
35		45.045	24.3694	54%
40		49.6651	29.02174	58%
45	53.439	33.35	62%	

Dari Tabel 6. nilai efisiensi inverter push-pull dengan beban resistif 37,3 Ω lebih tinggi daripada beban resistif 333 Ω. Daya maksimal yang mampu ditarik beban resistif 333 Ω sebesar 35,56 W dengan efisiensi 35% dan daya maksimal yang mampu ditarik beban resistif 37,3 Ω sebesar 53,44 W dengan efisiensi 62%.

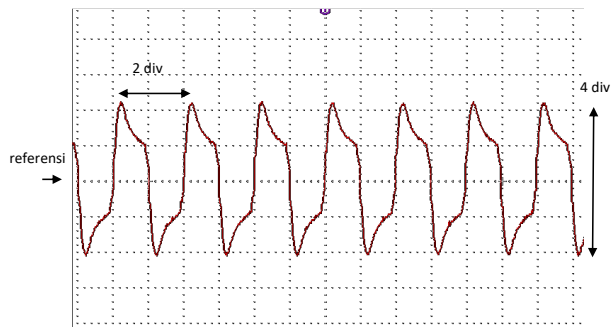
3.2. Pengujian Inverter Push-pull Resonan Paralel Beban Dinamis

Pengujian inverter push-pull resonan paralel menggunakan beban dinamis berupa motor AC shaded pole, motor universal, dan motor induksi run capacitor. Berikut gelombang keluaran inverter push-pull resonan paralel

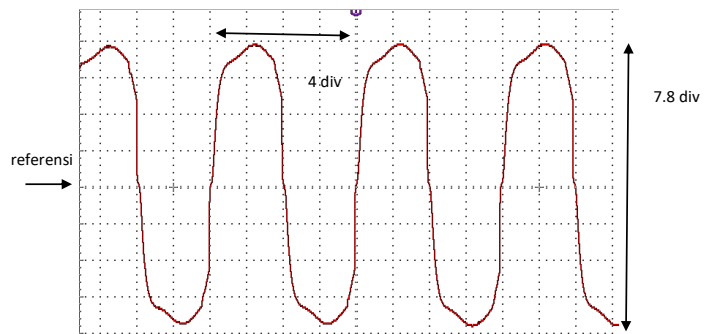
dengan beban motor shaded pole motor universal, dan motor induksi run capacitor sesuai Gambar 10., Gambar 11. dan Gambar 12.



Gambar 11. Gelombang Keluaran Inverter push-pull Beban Motor Shaded Pole



Gambar 12. Gelombang Keluaran Inverter push-pull Beban Motor Universal



Gambar 13. Gelombang Keluaran Inverter push-pull Beban Motor Induksi Run Capacitor

Berdasarkan Gambar 11., Gambar 12., dan Gambar 13. diketahui gelombang keluaran inverter push-pull beban motor universal memiliki gelombang sinus paling lancip daripada beban motor shaded pole dan motor run capacitor karena pengaruh nilai induktansi dalam motor. Semakin kecil nilai induktansi dalam motor maka bentuk gelombangnya semakin lancip.

3.2.1. Pengujian Variasi Duty Cycle dengan Frekuensi Tetap 50 Hz

Tabel 7. Pengukuran inverter push-pull beban dinamis variasi duty cycle frekuensi 50Hz

Duty Cycle (%)	Motor AC Shaded Pole		Motor Universal		Motor Induksi Run Capacitor	
	Vout (V)	n (rpm)	Vout (V)	n (rpm)	Vout (V)	n (rpm)
11	131	50	64	518	88	1471
15	153	359	73	1670	102	1475
20	168	860	80.7	3290	113	1477
25	185.6	1576	89.8	4725	126	1478
30	200.1	2026	100.8	5760	136	1480
35	221	2564	111	6360	143	1480
40	235	2853	118	7100	149	1480
45	246	3060	123.8	7970	150.8	1480

Dari Tabel 7. dapat diketahui hubungan antara kenaikan *duty cycle* dengan tegangan output berbanding lurus, begitu pula hubungan antara *duty cycle* dengan kecepatan putar motor juga berbanding lurus. Semakin besar nilai *duty cycle* maka tegangan output dan kecepatan putar motor akan semakin besar. Kecepatan motor induksi jenis *run capacitor* cenderung konstan ketika *duty cycle* dinaikkan.

3.2.2. Pengujian Variasi frekuensi dengan Duty Cycle Tetap

Tabel 8. Pengukuran inverter push-pull beban dinamis variasi frekuensi

Frek (Hz)	Duty Cycle (%)	Motor AC Shaded Pole		Motor Universal		Motor Run Capacitor	
		Vout (V)	n (rpm)	Vout (V)	n (rpm)	Vout (V)	n (rpm)
40	30	207	2760	108	4780	138	1187
45		208	2600	107.5	4860	140	1345
50		199	2300	109.8	4960	141.6	1471
55		194	1500	110.9	5245	134	1625
60		194	1200	111.9	4860	124	1745
40	45	236	3300	146	7200	160	1186
45		261.8	3500	146.6	7366	159	1337
50		246	3510	147.5	7550	158.8	1474
55		230.5	3150	147.8	7760	152	1610
60		221	2160	149	7910	142	1740

Dari Tabel 8. *inverter push-pull* resonan paralel dengan beban dinamis memiliki tegangan keluaran yang cenderung stabil (konstan) dan kecepatan putar motor semakin besar ketika nilai frekuensi kerja dinaikkan. Terjadi anomali data pada variasi frekuensi kerja karena kenaikan nilai frekuensi mempengaruhi nilai reaktansi induktif pada transformator sehingga besar impedansi transformator berubah-ubah.

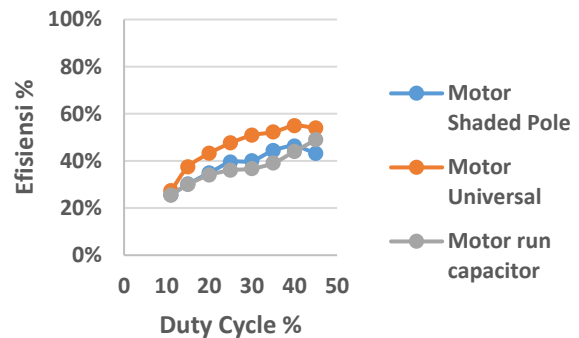
3.2.3. Perhitungan Efisiensi Inverter Push-pull Resonan Paralel Beban Dinamis

Dari Tabel 9. diketahui efisiensi motor universal terbesar daripada motor lainnya yaitu 54%. Hal ini karena daya

yang mampu ditarik ketika beban motor universal paling besar yaitu 43,36 W. Nilai efisiensi *inverter* semakin tinggi ketika daya yang mampu diserap/ditarik semakin besar.

Tabel 9. Hasil perhitungan efisiensi inverter push-pull dengan beban dinamis

Duty Cycle %	Efisiensi (%)		
	Motor AC Shaded Pole	Motor Universal	Motor Induksi Run Capacitor
11	26%	27%	25%
15	30%	37%	30%
20	35%	43%	34%
25	39%	48%	36%
30	40%	51%	37%
35	44%	52%	39%
40	46%	55%	44%
45	43%	54%	49%



Gambar 13. Grafik Hubungan antara Duty Cycle dengan Efisiensi Beban Dinamis

Nilai efisiensi *inverter push-pull* dengan beban motor universal lebih besar daripada dengan beban motor *shaded pole* dan motor induksi *run capacitor*. Daya maksimal yang mampu ditarik motor universal sebesar 43,36 W dengan efisiensi 54%, daya maksimal yang mampu ditarik motor AC shaded pole sebesar 40,37 W dengan efisiensi 43%, dan daya maksimal yang mampu ditarik motor induksi run capacitor sebesar 33,07 W dengan efisiensi 49%.

4. Kesimpulan

Inverter push-pull resonan paralel dengan beban resistif memiliki tegangan keluaran semakin besar ketika nilai *duty cycle* dinaikkan. Pada variasi frekuensi tidak memberikan pengaruh perubahan yang signifikan (konstan) pada tegangan keluaran inverter push-pull beban resistif. *Inverter push-pull* resonan paralel dengan beban dinamis memiliki tegangan keluaran dan kecepatan putar motor semakin besar ketika nilai *duty cycle* dinaikkan. Pada beban motor induksi run capacitor kecepatan putar motornya cenderung stabil. *Inverter push-pull* resonan paralel dengan beban dinamis memiliki tegangan keluaran yang cenderung stabil (konstan) dan kecepatan putar motor semakin besar ketika nilai frekuensi kerja dinaikkan.

Efisiensi *inverter push-pull* resonan paralel ketika beban resistif $37,3 \Omega$ dengan *range* dari 24%-62% dan nilai terendah sebesar 24%. Efisiensi *inverter push-pull* resonan paralel ketika beban resistif 333Ω dengan *range* dari 26%-35%. Efisiensi *inverter push-pull* resonan paralel beban dinamis berupa motor AC *shaded pole* dengan *range* dari 26%-43%. Efisiensi *inverter push-pull* resonan paralel beban motor universal dengan *range* dari 27%-54%. Efisiensi *inverter push-pull* resonan paralel beban motor induksi *run capacitor* dengan *range* dari 25%-49%.

Penelitian ini dapat dikembangkan lagi dengan metode pemecuan digital seperti SPWM (Sinusoidal Pulse Width Modulation). IC SG3524 bisa digunakan untuk rangkaian kontrol pembangkit PWM untuk inverter dengan topologi yang berbeda ataupun jenis konverter lainnya. Baterai yang digunakan bisa dilengkapi alat battery charger regulator (BCR).

Referensi

- [1]. M. Suyanto, "Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Pembangkit Listrik Terbarukan," *J. Tek.*, vol. 27, pp. 167–173, 2014.
- [2]. C. Ariwibowo and A. Warsito, "Perancangan Inverter Dual Conversion Push Pull-Full Bridge pada Aplikasi Fotovoltaik," vol. 12, no. 3, pp. 94–100, 2010.
- [3]. D. V. Nugraha, M. Facta, and A. Warsito, "Analisis Inverter Dual Resonan sebagai Catu Daya Lampu LED," *Transient*, vol. 2, pp. 1–8, 2013.
- [4]. Y. Yang, "Design of Current-Fed Push-Pull Resonant Inverters for Cold Cathode Fluorescent Lamps," *IEEE*, pp. 2042–2046, 2015.
- [5]. L. L. Wibowo, M. Facta, and A. Nugroho, "RANGKAIAN RESONAN LC SERI," *Transient*, vol. 3, p. 77, 2014.
- [6]. F. R. S. Fuad, I. Hermawan DEA, and I. A. Nugroho M.Kom, "Analisis pengaruh kenaikan temperatur dan variasi iradiasi pada tegangan, arus dan daya keluaran photovoltaic jenis monocrystalline," *Transient*, vol. 5, 2016.
- [7]. MORNSUN, "A _ S-2W & B _ S-2W Series 2W, Fixed Input, Isolated & Unregulated Dual/single OUTPUT DC-DC Converter," pp. 1–2, 2008.
- [8]. M. K. Kazimierczuk, *Resonant Power Converters*, Second. United States of America: John Wiley & Sons, Inc., 2011.
- [9]. T. Instruments, "SGx524 Regulating Pulse-Width Modulators," no. 1, 2015.
- [10]. TOSHIBA, "TLP 250 (INV)." TOSHIBA, pp. 1–6, 2002.