

PENGUATAN TEGANGAN GENERATOR PERMANEN MAGNET DENGAN MENGGUNAKAN KONVERTER AC-AC

Jani F. Mandala

*Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana
Jl Adisucipto Penfui, Kupang, Indonesia 85000
Email : janifm99@yahoo.co.id*

ABSTRACT

The study aims to create a permanent magnetic generator voltage amplifier by using a AC-ac converter. To stabilize the external voltage, then used the buck-boost converter. The results showed that by regulating the voltage gain Buck-Boost converter at 27 volt voltage as well as regulating the duty cycle between 1 khz to 5 khz, can be generated an external 220 volt through the inverter. The test results of the device can supply stably up to a load of 100 watts.

Keyword: *Converter ac-ac, buck-boost converter, Inverter*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membuat penguat tegangan generator permanent magnet dengan menggunakan konverter ac-ac. Untuk menstabilkan luaran tegangan, maka digunakan buck-boost converter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan mengatur penguatan tegangan buck- boost converter pada tegangan 27 volt serta mengatur duty cycle antara 1 khz s/d 5 khz, dapat dihasilkan luaran 220 volt melalui inverter. Hasil uji coba perangkat dapat menyuplai dengan stabil sampai pada beban 100 watt.

Kata Kunci: *Converter ac-ac, buck-boost converter, Inverter*

1. PENDAHULUAN

Penulisan konverter AC-AC sebagaimana pada penulisan-penulisan umumnya. Sumber tegangan untuk konverter berasal dari generator permanen magnet dan merupakan rancangan penulis [1]. Spesifikasi ; jumlah slot/alur pada stator sebanyak 40 slot dengan sudut 9° dan bekerja dengan 20 pole pada rotor dengan sudut setiap pole sebesar 18° . Dan kecepatan putar rotor kisaran 700 rpm s/d 1000 rpm. Setiap slot yang dibangun dari ferit tipe U sebagai produk tegangan sebesar $\pm 1,7$ volt. Jadi secara teori, tegangan yang dihasilkan 20 slot dari 40 slot

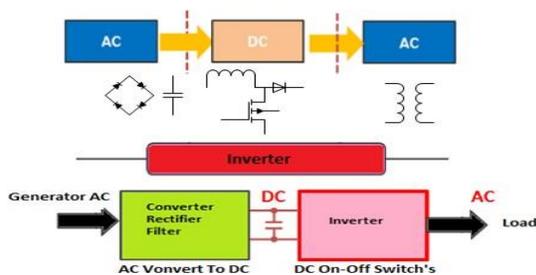
sebesar ± 30 volt AC tetapi tegangan yang dihasilkan dari rancangan ini ± 16 -volt AC dengan kuat arus $\pm 1,5$ ampere [gambar 1].



Gambar.1 Generator Permanen Magnet

Jika generator bekerja untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga, maka tegangan listrik harus tersedia sebesar 220-volt dan bekerja dengan frekwensi 50 hz. Cara untuk mengatasi permasalahan tegangan ini diperlukan pengubah tegangan, yakni konverter AC ke AC.

Dengan berkembangnya teknologisemikonduktor saat ini, membuat pengaturanperubahan daya listrik lebih mudah untuk berbagai kebutuhan, baik itu perubahan; besaranAC/DC atau sebaliknya, frekwensi kerja, tegangan dan arus. Walaupun ada kerugian dari penggunaan komponen semikonduktor ini, jikabekerja melampaui batasan temperaturnya maka dapat menurunkan efisiensi luaran daya listrik.



Gambar 2. Diagram Sistem Konverter AC-AC

Penulisan ini di-asumsimsikan, tegangan yang dihasilkan oleh generator secara kontinyu dan stabil pada skala 12 volt AC dan arus ±1,5 ampere [gambar 2] Sistem konverter ini, terbagi atas beberapa blok dengan fungsi-fungsinya.

Pada bagian generator yang menghasilkan tegangan 12-volt (AC) dan dilewati dengan menggunakan *rectifier* berupa tegang DC. Mengingat tegangan ini ada bawaan tegangan AC, maka perlu dilengkapi dengan regulator tegangan dan kapasitor (*elco*). Tujuannya menekan riakan *ripple* dan menjadi tegangan yang teregulasi dan stabil pada 12-volt DC [2,3,4,6].

Selanjutnya sistem *buck-booster converter* [2,3,5,7,8,9] merupakan salah satu bentuk *regulator dc tipe switching* yang luaranya dapat diatur pada lebar pulsa (*duty cycle*) dengan *PWM*.

(*pulse with modulation*) dan memiliki range tegangan luaran yang lebar.

Pemilihan *buck-bost* ini oleh karena, *buck- boost converter* merupakan perpaduan prinsip konverter tegangan DC antara *buck-converter* dan *boost converter*. Keunggulan sistem ini, dapat menstabilkan tegangan luaran yang diinginkan walaupun tegangan masukan telah jatuh pada level yang tidak efektif. Dengan memanfaatkan *buck-boost converter* maka level tegangan masukan, menjadi lebih lebar dari sebelumnya. Cara ini tentunya akan memberikan efisiensi sumber pembangkit (generator magnet), sebagai sumber tegangan masukan yang lebih baik. Jadi *buck-boost* dalam rancangan ini, sangat dipengaruhi oleh resistansi, frekwensi dan induksi.

Proses selanjutnya, setelah digunakan pengubah tegangan DC ke AC maka diperlukan pengaturan penguatan tegangan (*step-up*) dengan *inverter* [3,5,7] DC-AC. Tujuannya mentsabilkan luaran tegangan menjadi 220 Volt dan frekwensikerja 50 Hz.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Rectifier Bridge

Digunaan dioda *bridge/kiprok* atau empat buah dioda sebagai *full-wave* (penyearah gelombang penuh). Rangkaian penyearah ini mampu menhandel masukan tegangan dan arus yang bervariasi. Pada bagian lurannya rangkaian ditapis dengan menggunakan kapasitor polar dan non-polar. Secara teori, dalam bentuk gelombang yang dihasilkan oleh dioda ber-variasi, yakni; $\frac{1}{2}$ wave dan *full-wave*. Sumber AC dari generator secara umum sebagai $v_i = V_m \sin \omega t$, yang mana v_i sebagai sumber generator dan V_m merupakan sumber terukur atau dapat dikatakan $v_i = V_m$. untuk nilai V_m selalu mengalami jatuh tegangan, oleh karena besarnya mengalami pereduksian dari karakteristik bahan dioda (VD) [4]. Kisaran reduksi ini sebesar $V_{dc} = V_i - VD$ dan nila *peak invers voltage (PIV)* saat dioda *off* sama dengan $PIV = V_m$. Sehingga arus DC (IDC) dengan harga rata-rata pada gambar 3 sebesar

kapasitor dapat didekati dengan periode kapasitas

$$I_{DC} = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi \sin \omega t \frac{I_m}{\omega t} [-\cos \omega t]_{0}^{\pi} dt$$

$$I_{DC} = \frac{I_m}{2\pi} [(-\cos \pi) - (-\cos 0)]$$

$$I_{DC} = \frac{I_m}{2\pi} \{[-1] - \{-1\}\}$$

$$\frac{I_m}{2\pi} = \frac{I_m}{2\pi} = \frac{I_m}{2\pi} \dots (1)$$

Keterangan;

I_{dc} = Arus

DCI_m =

arus max

Dan tegangan rerata menjadi;

$$V_{DC} = \frac{V_m}{\pi} \Rightarrow I_{DC} (RL) = \frac{V_m}{\pi} \dots (2)$$

Keterangan;

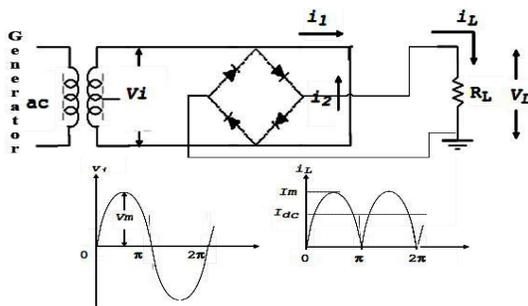
V_{dc} = tegangan

dcI_d = arus dc

V_m = Tegangan max

Bilamana nilai I_{DC} sangat kecil terhadap r_{Diode} , maka nilai V_m dapat menjadi

$$V_{dc} = 2 x V_m / \pi \dots (3)$$



Gambar 3. Gelombang Penuh V_i

2.2 Filter

Keluaran yang sebagaimana diutarakan diatas pada gambar 3 sinyal *full-wave*, akan nampak pembawa tegangan AC ke DC. Kasus ini dinamakan *ripple* tegangan (V_r). Untuk menanggulangi hal ini, maka diperlukan kapasitor sebagai filter untuk pereduksian tegangan *ripple*[gambar 4]. Untuk itu

pengisian dan pengosongan kapasitor.

$C = Q/V$. Bila diterapkan sebagai penyaringan tegangan *ripple* (V_r), maka nilainya;

$$C_r = (I_{DC} x t)/V_r \dots (4)$$

Dan nilai ini sebagai periode dalam satuan frekwensi.

Pengukuran frekwensi $f = 1/t$ ini, nilainya sama dengan $t = 50\text{hz}$ yang berasal dari generator. Jadi

nila penyaringan gelombang penuh dapat diperoleh;

$$V_{dc} = V_m - (I_{dc} / 4 . f c) \dots (5)$$

Keterangan;

V_{dc} = tegangan out dc

I_d = aus out dc

V_m =Tegangan max

f = frekwensi $t=1 / f$

C = kapasitansi.

besaran Dioda dalam rancangan ini digunakan model dioda jembatan penuh dengan filter kapasitor, sebagai dipertimbangan tipe generator AC 1 fase. Sehingga dioda jembatan tampak lebih terintegrasi dengan sumber 12-volt AC dan $\pm 1,5$ ampere.

Perhitungan dioda jembatan penuh;

$$V_{dd} = V_m - 2V_D$$

$$V_{dd} = 12 - (2x0.7) = 10.6 \text{ volt.}$$

Keterangan;

V_{dd} = Tegangan out melalui dioda. V_m = tegangan max

Berdasarkan rumus [1,2] maka nilai V_{dc} ;

$$V_{dc} = 2xV_m / \pi$$

$$= 2(12) / 3.14 = 7,643 \text{ volt}$$

Sedangkan arus, melalui pendekatan dengan arus generator = arus I_m .

$$I_{dc} = (2 x I_m) / \pi$$

$$= (2x1.5) / 3.14 = 95\text{mA} \approx 1A$$

Bila *ripple* (V_r) max $2x (0,7)=1,4$ VDD yang terlewatkan oleh kapasitor dan terkopel pada 7812, maka kapasitor untuk menekan *ripple* mendekati horizontal sebesar(4) ;

$$C = (I_{dc} x f) / V_r$$

$$C = (1A x 50) / 1,4 = 35,714 \approx 47 \mu F$$

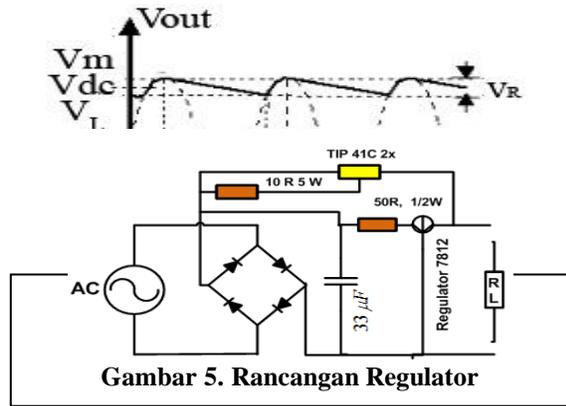
Nilai ini sama dengan ketersediaan pasar, yakni = $47 \mu F$. Sedangkan tegangan yang diperoleh

setelah mendapatkan tapis kapasitor atau *ripple* [gambar 4];

$$V_{dc} = V_m - (I_{dc} / 4 \cdot f \cdot c)$$

$$V_{dc} = 12 - (1A / 4 (50) (35,174))$$

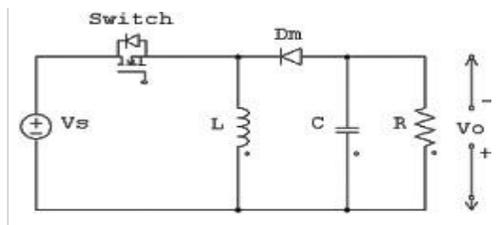
$$= 11,99 \text{ Volt.}$$



Gambar 5. Rancangan Regulator

Gambar 5. Rancangan rangkaian lengkap regulator 12-volt 1,5 A. dengan tip-41C sebagai penguatan arus.

2.3 Buck-Bost Converter.



Gambar 6. Buck-Boost Converter

Konverter *Buck-boost* dalam aplikasi ini, lebih ditekankan sebagai penaikan tegangan dan stabil pada (V_s) atau (V_m). Secara umum, sistem ini pada gambar 6 \; Pada gambar 7, **saat saklar On**. Kondisi tegangan V_L

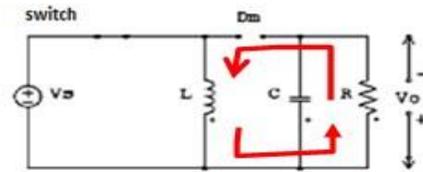
dan I_L dapat ditunjukkan;

Buck-boost bekerja dalam dua mode, pada mode 1 *mosfet* di-ON-kan [gambar 7]. Diode D_m mengalami bias mundur maka pada L mengalami pengisian arus, akibatnya arus naik. Lama waktu pengisian dan pelepasan dapat didekati dengan;

$$V_o = \frac{1}{T} \int_0^T V_o(t) dt = \frac{1}{T} V_s dt = V \frac{D}{s} \dots \dots (6)$$

Jadi persamaan (6), ini jelas terlihat lebar pulsa (*on-off*) dapat diatur oleh nilai D (*duty cycle*). Sedangkan nilai D dapat diperoleh dengan;

$$D = (T_{on}) / (T_{on} + T_{off}) \dots \dots \dots (7)$$



Gambar 7. Saklar ON

$V_L = V_{in} = L (diL / dt)$ yang tidak lain sebagai; $V_L (V_{in} / L)$, L pada kasus ini sebagai perbandingan induksi t saat on.

Dan arus *on* mengalami perubahan sebesar; $\Delta iL = (V_{in} D) / F \cdot L \dots \dots \dots (8)$

Pada posisi reverse dioda, terdapat tegangan sebesar; $V_{Dm} = -V_{in} / D$ yang menghasilkan tegangan luaran dari *buck-boost*;

$$V_{on} (V_L) = -V_{in} / D \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan;

V_L = tegangan induktor out

L = induktor(H) terhadap

frekwensi V_{in} = tegangan

masuk (V_s)

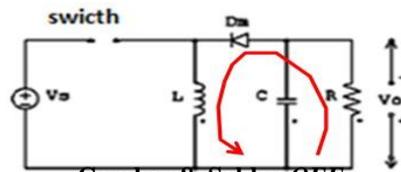
F = frekwensi max

V_{Dm} = Tegangan dioda

reserve I_L = arus induktor

D = Ducty cycle(k)

V_o = Tegangan luaran *buck-boost*



Gambar 8. Saklar OFF

Gambar 8, unjuk kerja dari keadaan *mosfet* di-OFF-kan sebagai mode 2. Konsekwensinya dioda bekerja *forward* dan terjadi *loop* arus berbalik pada L , C dan D_m .

Kondisi ini juga menunjukkan adanya *discharging* pada induktor yang menghasilkan tegangan luaran lebih tinggi dari tegangan masukan. Luarannya ini dengan *duty cycle PWM* diseting pada posisi lebih besar dari 1/2 persen.

Saat kondisi tegangan induktor *off*;

$$V_L = V_o = L diL / dt \text{ dimana}$$

$V_L = V_{in} / L$, sedangkan kondisi arus Δi_L induktor saat off

$$\Delta i_L = (V_{in} D / F \cdot L) \dots \dots \dots (10)$$

Keterangan;

$\Delta i_L = \text{jumlah arus}(A)$

Tegangan luaran saat saklar off;

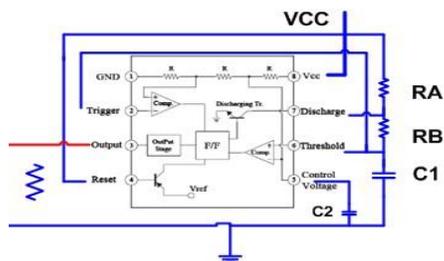
$$V_{off}(V_L) = -V_{in} (D / 1 - D) \dots \dots \dots (11)$$

Prinsip kerja *on-off* ini, secara berulang-ulang dan menjadi-kan sebagai siklus kerja pada *buck-boost* konverter. Sehingga daya luaran yang dihasilkan baik *on-off* dapat ditentukan dengan persamaan (10).

Untuk perancangan *buck-boost converter* ini, sebagai langkah awal ditentukan frekwensi dengan menggunakan *timer (N555)* dan selanjutnya proses nilai induktansi dengan menggunakan teroid. Untuk mendapatkan nilai arus induktor yang lebih pada rancangan ini, maka digunakan metode penempatan teroid secara paralel.

a. Timer(NE555)

IC ini dapat bekerja sebagai multivibrator astabil maupun monostabil [11]. Prinsip kerjanya melalui pengaturan lebar pulsa(*delay*) dengan pemberlakuan variabel resistansi (*RA, RB*) dan kapasitansi(*CI*) secara eksternal [gambar 9].



Gambar. 9 Timer NE555

Multivibrator ini dapat bekerja dengan duakondisi *on state time period; Ton (charge) = 2/3T* dan *Off state time period; Toff(discharge) = 1/3T*. Sedangkan frekwensi yang dibangkitkan dapat diperoleh; $T = 1/f$. Tetapi dalam rancangan ini untuk mendapatkan $50k\Omega$ dan pengaturan umpan balik dengan zener fleksibel frekwensi yang bervariasi, diperlukan resistansi-potensio (*RPT*) dengan range kerja

$$f = 1,4 / (RA + RPT + RB) \times C1 \quad (12)$$

Dengan persamaan ini, frekwensi kerja *buck-boost converter* dapat ditentukan dari 1 khz s/d 5 khz dan difilter sebesar $10nF$.

$$T = 1/5000 = 20 \text{ ms}$$

$$T_{on} = 2/3(20ms) = 3333\mu s$$

$$T_{off} = 1/3(20ms) = 1666\mu s$$

Untuk menentukan besaran resistansi variabel baik pada *RA* yang akan digunakan sebagai;

$$RT = RA + RPT.$$

Jadi nilai T_{on} atau *charge* = $0.7 \times RT \times C1$

$$T_{on} = 0.7 \times RPT \times 10nF$$

$$RPT = T_{on} / 0.7 \times C1$$

$$= 3333\mu s / 0.7 \times 1 = 40761\Omega \text{ RT}$$

$$= RPT = 40k\Omega + 10k\Omega = 50k\Omega$$

Untuk mendapatkan *discharge*;

$$T_{off} = 0.7 \times (RPT + RB) \times C1$$

$$RPT + RB = T_{off} / 0.7 \times C1$$

$$= 1666 / 0.7 \times 10nF$$

$$= 23800\Omega$$

$$RPT + RB = 23800\Omega$$

$$RB = 50k\Omega - 23800 = 26,2k\Omega$$

Frekwensinya;

$$f = 1,4 / (RA + RPT + RB) \times C1$$

$$f = 1.4 / (50k + 26,2k) \times 10nF$$

$$= 1837 \approx 1,8 \text{ khz}$$

Presentase frekwensi *timer (Ft)* maximum, sebagai *duty cycle(D)*;

$$Ft = RP + RB / RPT + 2RB$$

$$= 50 + (26,3) / 50 + 52,6 = 0,746 \approx 74,6\%$$

b. Toroid

Bentuk dan ukuran toroid [gambar 10] dengan luas *core (AC)* pada kasus ini, penulis melakukan pendekatan dengan menggunakan *TDK ferite toroid* [8,9,12] yang permeabilitas bahan (μ_p) bernilai ± 2300 [11], tetapi dalam penulisan ini digunakan 1500.

Untuk mendapatkan induktansi;

$$L = \mu_p \cdot \frac{N^2 A}{d} \dots \dots \dots (12)$$

Keterangan; 2π
 d

$\mu_o = \text{permeabilitas bahan}$

$\mu P = \text{permibilitas ruang hampa}$
 $(4 \cdot \pi \cdot 10^{-7})N = \text{jumlah lilitan}$

$A_c = \text{luas teroid}$
 $d = \text{jari-jari toroid}$

jadi nilai induktansi;

$$L = (1500) (12.56^{-7}) [190^2 \times 2,4^4 / 0.063]$$

$$= 0.26 \text{ H}$$



Gambar 10. Toroid 190 lilitan

Dengan rancangan ini, maka diperoleh parameter-parameter;

Beban (RL) pada penulisan ini; 150Ω

Tegangan $V_o = V_{dc} = 12 \text{ Volt}$

Arus yang tersedia = 1 A

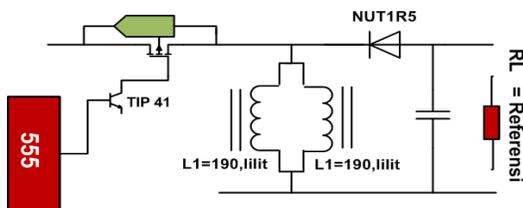
Frekwensi kerja (max) = 5000 hz

Induktansi = 0.26H ≈ 26 mH dipararelkan; L = 13mH.

$$\text{Duty cycle (D)max} = V_{out} / V_{out} - V_{in}$$

$$= 11.99 / 11.99 - 12$$

$$= 0,721$$



Gambar 11 Rangkaian Buck-Boost

$$V_{on} = V_{in} / D = 7,643 / (0,721) = 10,6 \text{ volt.}$$

$$V_{off} = V_{in} / (1-D)$$

$$= 7,643 / (1-0,721)$$

$$= 27,394 \text{ volt}$$

dan arus luaran sebesar;

$$\Delta iL = (V_{in} D) / F \cdot L$$

$$\Delta iL = (12 \times 0,721) / (5000 \times (26 \times 10^{-3}))$$

$$= 2,71 \text{ amperes}$$

Daya maximum yang dihasilkan buck-boost, merupakan daya saklar off;

$$P = V_{off} \times \Delta iL$$

$$= 27,394 \times 2,71 = 74 \text{ watt.}$$

Kapasitor pada buck-boost dapat didekati dengan perkiraan adanya rugi RL, dioda dan induktor 10% (10 Ω) dari daya keseluruhan;

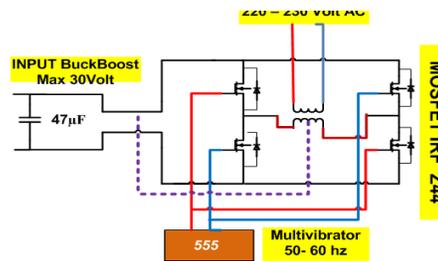
$$C = VL \cdot D / f \cdot \Delta V_r \cdot RL$$

$$C = 27,394 \cdot (0,721) / 5000 (1,4\%) (10)$$

$$= 30 \times 10^{-3} F \approx 30 \mu F$$

Untuk mendapatkan nilai kapasitansi sesuai dengan ketersediaan serta perbaikan ripple penguatan VL pada buck-boost maka nilai inidisetarakan dengan 47 μF 50 volt. .

2.3 Inverter



Gambar 12 Inverter

Inverter disini bertindak sebagai pengubah tegangan DC menjadi AC [2] dan terdiri atas bebarapa komponen pendukung;

Mosfet irf z44, merupakan komponen yang bertindak sebagai saklar dan diredam bila ada kejutan dengan menggunakan dioda(1N5408). Penggunaan komponen ini tidak menggunakan resistansi mengingat arus (ID, IGS) dan tegangan (VGS) yang tersedia cukup besar.

Sedangkan timer 555 sebagaimana pada gambar 9 digunakan pin discharge (7) yang dikoneksi dengan pin astable (3) dan dibatasi oleh resistor untuk memberikan penundaan. Luaran IC555 cukup lemah tegangannya untuk itu digunakan D313 untu mendrive mosfet irf-z44.

Untuk menjaga kemurnian sistem saklar ini dan mengisolasi-kan rangkaian sehingga tidak terjadi umpan balik tegangan yang besar, maka digunakan optocoupler CQY80NG.

Transformer merupakan komponen akhir pada rancangan ini dan digunakan sebagai penguat tegangan dari 27-volt ke 220-230-volt dengan frekwensikerja 50hz. Transformer disini dengan luas penampang 13,12 cm.

Untuk mendapatkan tegangan yang diinginkan maka perlu dirancangan satuan volt per tegangan(GpL).

GpL trafo yang dirancang, merupakan trafokotak atau model E I.

$$GpL = F / AL \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan;

F = Frekwensi

AL = Luas penampang plat besi

Untuk mendapatkan gulungan per-volt maka digunakan persamaan (12).

$$GpL = 50 / 13,12 = 3,81 \text{ atau } = 4 \text{ lilitan.}$$

Jadi untuk mendapatkan 1-volt diperlukan 4 lilitan. Jika tegangan primernya; 27-volt maka $27 \times 4 = 108$ lilitan. Dan untuk tegangan sekundernya sebesar 220 volt, jumlah lilitan yang diperlukan; $220 \times 4 = 880$ lilitan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rangkaian pengaturan tegangan dapat menstabilkan tegangan dari 5,7-volt menjadi 19-volt dengan *duty cycle* ½ tanpa beban dan pengaturan ini berada pada *buck-booster converter*.

Jika diberi beban dan pengaturan *duty cycle* maximum maka perangkat dapat bekerja maximum sebesar $\pm 100 \text{ watt}$. Jika beban diberikan lebih dari 100 watt , maka tegangan mengalami penurunan.

4. KESIMPULAN

Rangkaian pengaturan tegangan dapat menstabilkan tegangan dari 5,7-volt menjadi 19 volt dengan *duty cycle* ½ tanpa beban. Jika *duty cycle* rancangan ini dengan range $1 \text{ khz s/d } 5 \text{ khz}$, maka dapat hasil rancangan ini mampu menghasilkan luaran 220 volt melalui inverter. Rancangan penguatan daya AC-AC ini dapat

bekerja dengan efisiensi yang baik sampai pada beban 100 watt .

DAFTAR PUSTAKA

[1] Jani F. Mandala., “Perancangan GPM-Neodymium Dgn Memanfaatkan Bahan Granik Sbg Media Stator Kumparan Jangkar”.Laporan Penelitian Mandiri., LP2M-Undana., Thn Usulan,Juli 2018- 2019.

[2] Tegar Mahardika dkk.,” Perancangan Inverter FullBridge Resonansi Seri Frekwensi Tinggi Untuk Aplikasi Inductor Cooker”., Transient, Vol.2, No. 4, 2013,

[3] Mochamad Ashari., “Desain Konverter Elektronika Daya”., Penerbit Informatika-Bandung., April 2017.

[4] Robert Boylestad, Louis Nashelsky., "Seventh Edittion Electronic Device And Circuit Theory"., Precintice Hall, UpperSaddle River, New Jersey Columbus, Ohio,2003

[5] Pekik Argo Dahono., ”Topologi Konverter DC-DC”.,<https://konversi.wordpress.com/2009/01/07/topologi-konverter-dc-dc/>., dibaca [10/2019].

[6] Sudeep Pyakuryal, Mohammad Matin., “Filter Design for AC to DC Converter”., Department of Electrical and Computer Engineering University of Denver., IRJES- ISSN (Online) 2319-1821.Volume 2, PP. 42-49, 2013

[7] Rashid, Muhammad H., “Power Electronics Circuits, Devices and Applications”., Prentice Hall, New Jersey, 2004.

[8] Milzam Andali Lababan, Mochammad Facta, and Bambang Winardi.,”Analisa Perbandingan HasilOperasi CCM danDCM DC Chopper Tipe Buck Boost Berbasis Transistor”.,Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang. Transient, Vol.4 No 3, September 2015.

[9] Ajisetyawan Wicaksono,Istiyo Winarno dan Daeng Rahmatullah., "Rancang

Bangun Perbandingan Buck Boost Converter Dan Cuk Converter Untuk Penstabil Tegangan Pada Sistem Wind Turbin., Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah Surabaya. 2019,

- [10] Ferrite Cores. "Ferrite Material Characteristics"., TDK .pp 19., dibaca ; 11/2019
- [11] Philips Semiconductors., "NE555 and NE556 applications"., Desember 1988., dibaca [11/2019].
- [12] Dwight Chestnut., "How to Calculate Toroidal Transformers"., <https://sciencing.com/> dibaca :11/2019