

Dimensi Konstruksi Induktor yang Menghasilkan Rasio Mutual Induktansi Positif, Negatif, dan Nol pada Konverter Buckboost Multiswitching dengan Frekuensi 1500 Hz

Kurnia Dwi Cahyo¹, Ari Murtono², Subiyantoro³

[Submission: 07-05-2021, Accepted: 30-05-2021]

Abstract— *Energy utilization must be carried out efficiently in various ways, especially in the use of electronic equipment. With the buckboost converter system, the resulting output voltage value can be adjusted more or less than the input voltage and controlled by microcontroller. The dimensions of the inductor construction are design to produce positive, negatif, and zero mutual inductance ratios. The order of inductor construction with the greatest inductance value is positive mutual inductor construction, zero mutual inductor construction, and negative mutual inductor construction. The result of the positive, negative, and zero mutual inductor construction test when applied as an inductor, the input voltage on buckboost converter always drop.*

Keywords—*Buckboost converter, ripple, mutual inductance, battery charging.*

Intisari— Pemanfaatan energi harus dilakukan secara efisien dalam berbagai hal terutama dalam penggunaan peralatan elektronika. Dengan sistem buckboost converter nilai tegangan keluaran yang dihasilkan dapat diatur lebih besar maupun lebih kecil dari tegangan inputan yang diatur oleh mikrokontroler. Dimensi konstruksi induktor didesain agar menghasilkan rasio mutual induktansi positif, negatif, dan nol. Urutan konstruksi induktor yang paling besar nilai induktansinya adalah konstruksi induktor mutual positif, konstruksi induktor mutual nol, dan konstruksi induktor mutual negatif. Hasil pengujian konstruksi induktor mutual positif, negatif, dan nol saat diaplikasikan sebagai induktor, tegangan input pada buckboost converter selalu mengalami drop tegangan.

Kata Kunci—*Buckboost converter, ripple, mutual induktansi, charging battery.*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi komponen dan rangkaian elektronika telah mampu menghasilkan sistem penyedia daya tegangan searah (DC) yang dihasilkan melalui konversi tegangan dc masukan ke bentuk tegangan dc keluaran yang

lebih tinggi atau lebih rendah. Pemanfaatan energi harus dilakukan secara efisien dalam berbagai hal terutama dalam penggunaan peralatan elektronika. Hal ini bertujuan menciptakan teknologi yang ramah lingkungan [1]. Dengan sistem *buckboost converter*, nilai tegangan keluaran yang dihasilkan dapat diatur lebih besar maupun lebih kecil dari tegangan masukan dengan mengatur *duty cycle* dari PWM (*Pulse Width Modulation*) [2]. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sebuah sistem pengecasan yang lebih cepat dalam pemuatan baterai.

Pemilihan *buckboost converter* untuk proses pengecasan aki didasarkan pada efisiensi yang tinggi dalam perubahan daya input ke daya output. Keuntungan pada konfigurasi *buckboost converter* adalah efisiensi yang tinggi, rangkaian yang sederhana, dan tidak memerlukan transformator [3]. *Ripple* adalah salah satu kriteria kerja yang harus dipertimbangkan, biasanya orang mendesain induktor dan kapasitor untuk menghilangkan *ripple* dan hasil akhir berupa arus dan tegangan bebas *ripple*. Namun penelitian ini didesain agar menghasilkan *ripple* dengan arus keluaran rata-rata 2 Ampere. Untuk menghasilkan *ripple* yang tinggi, dibutuhkan desain induktor (L) dan kapasitor (C) yang cermat [4]. Maka dari itu penelitian ini difokuskan untuk membahas desain konstruksi induktor pada *buckboost converter*.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Buckboost Converter

Konverter *buckboost* dapat digunakan untuk keperluan dalam menaikkan dan menurunkan tegangan output. Konverter *buckboost* menyediakan tegangan yang dapat diturunkan dan semua komponen rangkaiannya menggunakan elemen

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195

¹Kurnia Dwi Cahyo adalah mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, e-mail: kurniadwic25@gmail.com

²Ari Murtono adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Malang, e-mail: arimtn@gmail.com.

³Subiyantoro adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Malang, e-mail: subiyantoro@polinema.ac.id



konverter DC-DC *buck converter* konvensional. Dari hasil simulasi, keluaran konverter *buckboost* DC-DC dapat disimpulkan bahwa konverter *buckboost* berkinerja lebih baik daripada konverter *buckboost* DC-DC yang diusulkan dengan variasi frekuensi. Tegangan keluaran *buckboost* selalu menghasilkan tegangan dengan polaritas terbalik [5].

B. Induktor

Induktor adalah komponen dasar dan sangat vital dalam mendesain radio frekuensi (RF) jaringan yang cocok, sirkuit beban tegangan terkontrol osilator, filter, mixer yang dikendalikan, dan banyak lagi sirkuit RF lainnya. Induktansi yang paling akurat diperlukan untuk desain dan optimasi tata letak induktor [6].

C. Pulse Width Modulation (PWM)

Sinyal PWM umumnya memiliki frekuensi dan amplitudo dasar yang tetap, namun memiliki lebar pulsa yang bervariasi. Lebar pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Artinya, sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun duty cycle bervariasi (antara 0% hingga 100%). PWM merupakan salah satu teknik untuk mendapatkan sinyal analog dari sebuah piranti digital [7].

D. (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) MOSFET

MOSFET merupakan salah satu jenis FET (*Field Effect Transistor*) yang tersusun dari bahan semikonduktor n dan semikonduktor p. MOSFET memiliki 3 buah kaki yaitu gate, drain, dan source. Yang membedakan MOSFET dengan FET lainnya terletak pada gate, karena gate pada MOSFET diisolasi oleh bahan oksida. Prinsip kerja MOSFET dikendalikan oleh tegangan dan memiliki impedansi masukan yang sangat tinggi [8].

III. METODOLOGI

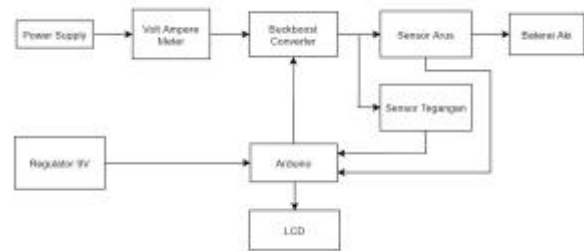
Dalam skripsi ini ada beberapa kerangka konsep yang akan dilakukan untuk melakukan pelaksanaan penelitian. Kerangka konsep tersebut antara lain adalah sebagai berikut :



Gambar 2 : Flowchart Konsep Penyelesaian Masalah

Proses awal yang perlu dilakukan adalah melakukan studi literatur dengan cara mempelajari teori-teori penunjang agar dapat mendukung pembuatan desain, penggunaan komponen serta sistem dari alat yang akan dibuat. Studi literatur yang akan dilakukan adalah dengan mencari referensi melalui skripsi, jurnal maupun *textbook* yang berhubungan dengan *buckboost converter* dan desain induktor dengan menggunakan Arduino Uno, teori mosfet, dan literatur pendukung lainnya. Dari pelaksanaan studi literatur didapatkan sistem kerja dan blok diagram alat sebagai berikut :

A. Diagram Blok Sistem



Gambar 3 : Diagram Blok Sistem

Prinsip Kerja sistem berdasarkan blok diagram adalah *voltage regulator* berfungsi menurunkan tegangan dari 12VDC menjadi 5VDC yang digunakan untuk men-supply arduino. Volt ampere meter berfungsi membaca tegangan dan arus input. *Buckboost converter* digunakan untuk menaikkan turunkan tegangan input. Arduino Uno sebagai kontroler penghasil PWM. Sensor arus sebagai pembaca arus keluaran



dari rangkaian. Sensor tegangan digunakan sebagai pembaca tegangan output *buckboost converter*. Sedangkan LCD untuk menampilkan informasi dari alat.

B. Perancangan Mekanik

Spesifikasi Alat :

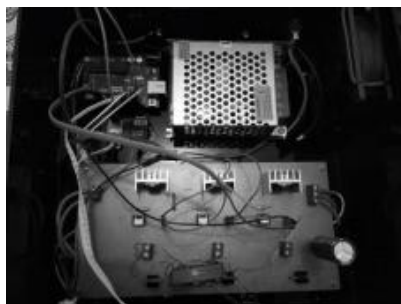
1. Dimensi

- Panjang : 25 cm
- Lebar : 25 cm
- Tinggi : 11 cm

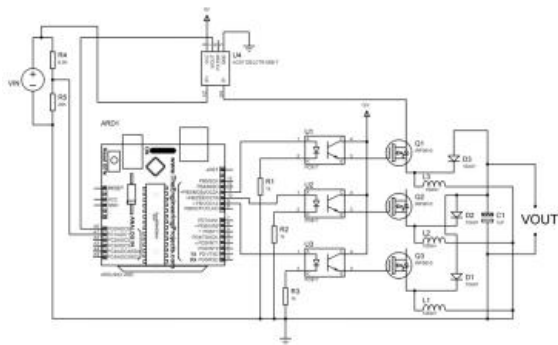
2. Bahan : Akrilik

3. Sumber : AC 220 Volt

Gambar mekanik keseluruhan dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 : Mekanik Alat Secara keseluruhan



Gambar 5 : Skematik Rangkaian Keseluruhan Sistem.

C. Perancangan Elektronik

1. Driver Mosfet

Driver mosfet dengan rangkaian digital diperlukan ketika akan menggunakan mosfet yang dikontrol. Driver mosfet yang digunakan yaitu optocoupler PC817 karena mampu melewati tegangan yang dibutuhkan untuk mengaktifkan mosfet. Sedangkan mosfet yang dipilih adalah IRF9540,

dimana mosfet ini memiliki kemampuan untuk melewati arus max 23 ampere.

2. Buckboost Converter

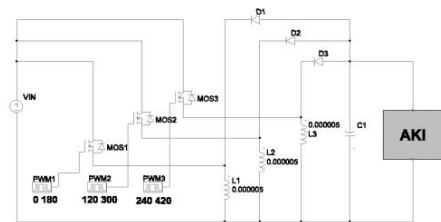
Desain rangkaian *buckboost* konverter menggunakan 3 buah mosfet sebagai switch dalam menurunkan dan menaikkan tegangan melalui pengaturan *duty cycle* PWM yang di hasilkan dari mikrokontroler. Rangkaian *buckboost converter* ini digunakan untuk menguji konstruksi induktor yang telah dirancang.

TABEL I
 PARAMETER PERHITUNGAN *BUCKBOOST CONVERTER*

| | |
|----------------------------------|----------|
| P (daya) | 26 Watt |
| V input (Tegangan input minimal) | 6 Volt |
| V input (Tegangan input max) | 23 Volt |
| V out | 13 Volt |
| Ripple tegangan output | 1 % |
| Ripple arus induktor | 10 % |
| Iout | 2 Ampere |

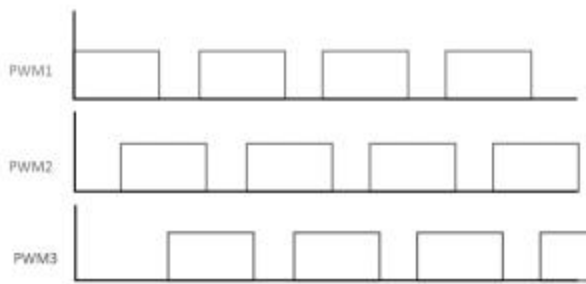
3. Pembangkit PWM 3 Fasa

Pembangkit PWM 3 fasa dihasilkan oleh rangkaian digital arduino. PWM 3 fasa ini digunakan untuk memicu masing-masing mosfet, dimana masing-masing PWM pada rangkaian *buckboost converter* ini berbeda fasa 120° yang ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 6 : Rangkaian Buckboost Converter 3 fasa



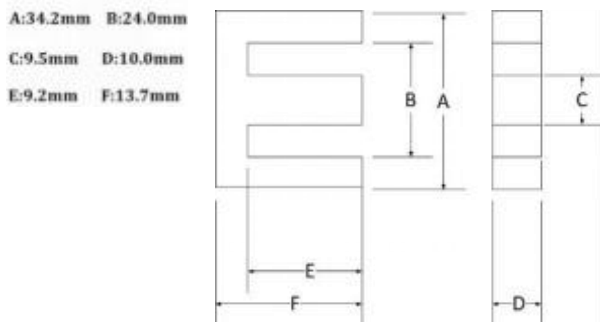


Gambar 7 : PWM 3 Fasa

Gambar 7 menunjukkan ketika PWM1 aktif, maka mosfet 1 terpicu ON. Begitu juga dengan mosfet 2 dan mosfet 3 yang akan dipicu oleh PWM2 dan PWM3 ketika aktif. Pada gambar 6 simbol L1, L2, dan L3 adalah induktor pada buckboost converter 3 fasa dengan desain konstruksi mutual induktansi nol, positif, dan negatif.

D. Perancangan Konstruksi Induktor

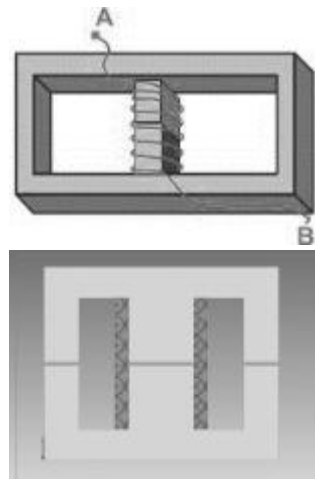
Bentuk core yang digunakan adalah EE core dengan bahan inti ferit yang diharapkan dapat menghasilkan mutual induktansi. Ukuran EE core ferit mengacu pada core yang mudah ditemui di pasaran sebagai berikut :



Gambar 8 : Dimensi Inti Core EE [9]

1. Konstruksi Induktor Mutual Induktansi Nol

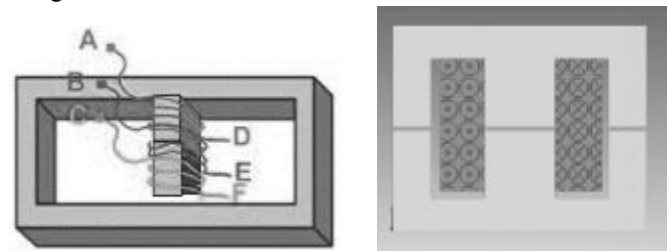
Konstruksi induktor mutual induktansi nol menggunakan 3 buah inti core EE dimana masing-masing core hanya terdapat satu buah lilitan, sehingga tidak ada mutual induktansi yang terjadi.



Gambar 9 : Desain Konstruksi Induktor Mutual Induktansi Nol

2. Konstruksi Induktor Mutual Induktansi Positif

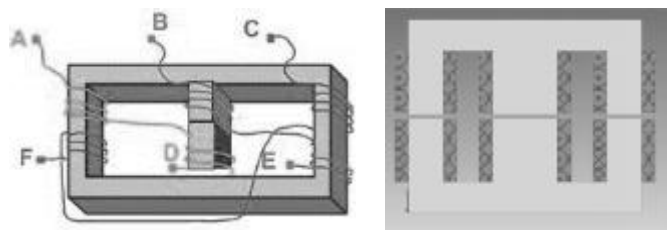
Konstruksi induktor mutual induktansi positif hanya memiliki 1 buah inti core EE, dimana dalam satu core ini terdapat 3 buah lilitan dengan arah flux yang saling menguatkan.



Gambar 10 : Desain Konstruksi Induktor Mutual Induktansi Positif

3. Konstruksi Induktor Mutual Induktansi Negatif

Desain konstruksi induktor mutual negatif memiliki 1 buah inti core EE, dimana dalam satu core terdapat 3 buah lilitan dengan arah flux yang saling melemahkan.



Gambar 11 : Desain Konstruksi Induktor Mutual Induktansi Negatif



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Konstruksi Induktor Mutual Induktansi Nol

Jumlah lilitan pada induktor dengan konstruksi mutual induktansi nol perlu diatur agar dapat memiliki nilai induktansi sebesar 5 µH dengan dimensi yang telah ditentukan. Pengujian ini menggunakan aplikasi Magnet Infolytica 7.5.

TABEL II
JUMLAH LILITAN PADA KONSTRUKSI MUTUAL INDUKTANSI NOL

| Jumlah lilitan (N) | Induktansi |
|--------------------|------------|
| 40 | 3.982 µH |
| 41 | 4.288 µH |
| 42 | 4.610 µH |
| 43 | 4.947 µH |
| 44 | 5.300 µH |
| 45 | 5.670 µH |
| 46 | 6.056 µH |
| 47 | 6.460 µH |
| 48 | 6.881 µH |
| 49 | 7.320 µH |
| 50 | 7.778 µH |

Data yang diperoleh menunjukkan bahwa untuk membuat induktor dengan konstruksi mutual induktansi positif sebesar 5 µH diperlukan sebanyak 43.2 lilitan pada masing-masing core-nya.

TABEL III
KONSTRUKSI MUTUAL INDUKTANSI NOL

| Coil | Flux Linkage | Jumlah Lilitan (N) | Arus (A) | Induktansi |
|--------|--------------|--------------------|----------|------------|
| Coil#1 | 0.00561 | 10 | 902 | 6.21 µH |
| Coil#2 | 0.00569 | 10 | 902 | |
| Coil#1 | 0.00902 | 10 | 1451 | 6.21 µH |
| Coil#2 | 0.00915 | 10 | 1451 | |
| Coil#1 | 0.013 | 10 | 2095 | 62.05 µH |
| Coil#2 | 0.0132 | 10 | 2095 | |

Dari hasil pengujian induktor yang menghasilkan rasio mutual nol didapatkan nilai dari flux linkage memiliki

perbedaan yang sangat kecil. Hal ini disebabkan karena pada konstruksi mutual nol tidak ada flux lain yang mempengaruhi meskipun dengan arus yang besar. Hubungan induktansi dan flux linkage dapat dilihat dari persamaan berikut :

$$L = \frac{N \cdot \Phi}{I} \tag{1}$$

$$L = \frac{\text{FluxLinkage}}{\text{Arus}}$$

Flux linkage pada konstruksi ini adalah nilai dari flux magnet, karena tidak adanya flux lain yang menginduksi.

B. Pengujian Konstruksi Induktor Mutual Induktansi Positif

Pada konstruksi induktor mutual induktansi positif perlu diatur jumlah lilitannya agar induktor bernilai sebesar 5 µH dengan dimensi yang telah ditentukan.

TABEL IV
JUMLAH LILITAN PADA KONSTRUKSI MUTUAL INDUKTANSI POSITIF

| Jumlah lilitan (N) | Induktansi |
|--------------------|------------|
| 30 | 0.1172 µH |
| 31 | 0.9402 µH |
| 32 | 1.6801 µH |
| 33 | 3.5013 µH |
| 34 | 3.8512 µH |
| 35 | 4.2236 µH |
| 36 | 4.6193 µH |
| 37 | 5.0390 µH |
| 38 | 5.4834 µH |
| 39 | 5.9532 µH |
| 40 | 6.4490 µH |

Dari data yang diperoleh menunjukkan bahwa untuk membuat induktor dengan nilai induktansi sebesar 5 µH pada konstruksi mutual positif perlu dililit sebanyak 37 lilitan. Jika dibandingkan dengan konstruksi mutual nol maka jumlah lilitan pada konstruksi ini lebih sedikit.



TABEL V
KONSTRUKSI MUTUAL IDNUKTANSI POSITIF

| Coil | Flux Linkage | Jumlah Lilitan (N) | Arus (A) | Induktansi |
|--------|--------------|--------------------|----------|------------|
| Coil#1 | 0.0169 | 10 | 902 | 18.5 μH |
| Coil#2 | 0.0173 | 10 | 902 | |
| Coil#3 | 0.017 | 10 | 1451 | 11.7 μH |
| Coil#4 | 0.0173 | 10 | 1451 | |
| Coil#5 | 0.0176 | 10 | 2095 | 8.4 μH |
| Coil#6 | 0.018 | 10 | 2095 | |

Dari data pengujian konstruksi induktor mutual positif, dapat dibandingkan dengan data pengujian konstruksi induktor mutual nol. Induktansi yang dihasilkan oleh konstruksi induktor konstruksi mutual positif selalu lebih besar daripada nilai induktansi yang dihasilkan oleh induktor dengan konstruksi mutual nol meskipun dengan arus yang sama besar. Hal ini disebabkan oleh arus yang saling menginduksi satu sama lain dengan arah lilitan yang sama dan menghasilkan arah flux yang searah atau saling menguatkan, sehingga nilai induktansi yang dihasilkan akan lebih besar.

C. Pengujian Konstruksi Induktor Mutual Induktansi Negatif

Untuk membuat induktor sebesar 5 μH pada konstruksi mutual negatif juga perlu dilakukan percobaan pada jumlah lilitannya agar sesuai dengan nilai dan dengan dimensi core EE yang sudah ditentukan.

TABEL VI
JUMLAH LILITAN PADA KONSTRUKSI MUTUAL INDUKTANSI NEGATIF

| Jumlah lilitan (N) | Induktansi |
|--------------------|------------|
| 130 | 4.489 μH |
| 131 | 4.601 μH |
| 132 | 4.713 μH |
| 133 | 4.825 μH |
| 134 | 4.937 μH |
| 135 | 5.161 μH |
| 136 | 5.273 μH |
| 137 | 5.349 μH |
| 138 | 5.461 μH |

| | |
|-----|----------|
| 139 | 5.573 μH |
| 140 | 5.606 μH |

Dari data percobaan diperoleh bahwa untuk memperoleh nilai induktansi sebesar 5 μH pada konstruksi mutual negatif perlu sebanyak 134 lilitan agar sesuai dengan dimensinya.

TABEL VII
DATA MUTUAL INDUKTANSI NEGATIF

| Coil | Flux Linkage | Jumlah Lilitan (N) | Arus (A) | Induktansi |
|---------|--------------|--------------------|----------|------------|
| Coil#1 | 0.000345 | 10 | 909 | 0.279 μH |
| Coil#2 | -0.0166 | 10 | 909 | |
| Coil#3 | -0.017 | 10 | 909 | |
| Coil#4 | 0.00662 | 10 | 909 | 0.265 μH |
| Coil#5 | 0.0172 | 10 | 1451 | |
| Coil#6 | -0.00663 | 10 | 1451 | |
| Coil#7 | -0.006 | 10 | 1451 | 0.075 μH |
| Coil#8 | 0.000463 | 10 | 1451 | |
| Coil#9 | 0.00733 | 10 | 2095 | |
| Coil#10 | 0.000468 | 10 | 2095 | 0.075 μH |
| Coil#11 | 0.0176 | 10 | 2095 | |
| Coil#12 | 0.000265 | 10 | 2095 | |

Nilai induktansi pada induktor konstruksi mutual negatif bernilai sangat kecil. Pada lilitan 1 (terminal A dan D) terdapat nilai flux linkage negatif yang disebabkan oleh kekuatan dari flux lilitan A paling rendah, dikarenakan arus yang melewati lilitan A adalah yang paling kecil diantara arus lilitan 2 (terminal B dan E) dan lilitan 3 (terminal C dan F). Nilai flux dari lilitan 1 akan diinduksi oleh lilitan 2 dan lilitan 3. Hubungan induktansi dan flux linkage pada mutual induktansi negatif dapat dilihat dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 L_{coil\#1} &= \frac{\text{Flux Linkage Coil\#1}}{\text{Arus}} \\
 L_{coil\#2} &= \frac{\text{Flux Linkage Coil\#2}}{\text{Arus}} \\
 L_{coil\#3} &= \frac{\text{Flux Linkage Coil\#3}}{\text{Arus}} \\
 L_{coil\#4} &= \frac{\text{Flux Linkage Coil\#4}}{\text{Arus}} \\
 \frac{1}{L_{total}} &= \frac{1}{L_{coil\#1}} + \frac{1}{L_{coil\#2}} + \frac{1}{L_{coil\#3}} + \frac{1}{L_{coil\#4}} \quad (2)
 \end{aligned}$$



V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan, yaitu:

1. Konstruksi induktor yang paling besar nilai mutual induktansinya adalah konstruksi induktor mutual positif, yang disebabkan arah flux ketiga lilitan saling menguatkan.
2. Jumlah lilitan pada konstruksi induktor mutual induktansi negatif paling besar diikuti oleh jumlah lilitan pada konstruksi mutual induktansi nol dan mutual induktansi positif.
3. Konstruksi induktor dengan konstruksi mutual positif, negatif, dan nol masih belum bisa diimplementasikan sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan karena selalu terjadi drop tegangan pada input.

B. Saran

Rancangan yang dibuat ini masih perlu adanya perbaikan agar bekerja secara optimal. Ada beberapa hal yang direkomendasikan untuk pengembangan lebih lanjut diantaranya:

1. Percobaan perlu menggunakan dimensi core induktor EE yang lebih besar agar nilai induktansi bisa lebih besar
2. Menambahkan nilai frekuensi agar rangkaian *buckboost*

bisa bekerja lebih baik

3. Merapikan instalasi rangkaian yang terdapat dalam box.

REFERENSI

- [1] Buntulayuk Herman, Arya Faizal, Yusran. 2017. Rancangan DC-DC Konverter untuk Penguatan Tegangan. Jurnal Penelitian Enjiniring. Universitas Hasanuddin
- [2] Behera Siddhartha, Kumar Brijesh, Panigrahi Bibhu P. 2019. Design And Simulation of A New Soft-Switching Buck-Boost Converter. International Journal of Scientific & Technology Research Volume 8.
- [3] Rifa'I Muhammad, Ikawaty Beauty A. 2016. Desain Rangkaian Buckboost Converter pada Sistem Charging Lampu Penerangan Lingkungan Pondok Pesantren di Kota Malang. Prosiding SENTIA. Politeknik Negeri Malang.
- [4] Murtono Ari. 2019. Ripple Tinggi untuk Mempercepat Pemuatan Listrik pada Aki. Jurnal ELTEK. Politeknik Negeri Malang.
- [5] Soheli Sairatun, Sarowar Golam, Hoque, Hasan. 2018. Design and Analysis of a DC-DC Buckboost Converter to Achieve High Efficiency and Low Voltage Gainby using Buck Boost Topology into Buck Topology. International Reference on Advancement in Electrical and Electronic Engineering. Bangladesh.
- [6] Huei See, Esa Mazlina, Kordest Albert. 2003. *RF Signal Planar Inductor Design – Preliminary Result*. Asia-Pacific Conference on Applied Electromagnetics. Shah Alam. Malaysia.
- [7] Prayogo Rudito. 2012. Pengaturan PWM (Pulse Width Modulation) dengan PLC. Universitas Brawijaya. Malang.
- [8] Yani Yunita. 2017. Rancang Bangun *Buckboost Converter* pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. Tugas Akhir Institut Teknologi Sepuluh November.
- [9] Rashid MH. 2014. *Power Electronics : Circuit, Devices, Applications* Fourth Edition. Pearson. Edinburg Gate, Harlow.
- [10] Umarella Fahmi. 2012. Analisa Induktor Toroid Binokuler pada Rangkaian Boost Converter. Fakultas Teknik Elektro. Universitas Indonesia.

