

Perancangan Driver LED Penerangan Jalan Umum Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Menggunakan Boost Converter

Fathurrahman Fathurrahman¹, Najmus Tsaqib², Tarmizi Tarmizi³, Rika Sri Utami⁴

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No.7, Darussalam, Banda Aceh, 23111, Aceh, Indonesia

¹fathurrahman@usk.ac.id

²najmus@mhs.usk.ac.id

³mizi@usk.ac.id

⁴rika@usk.ac.id

Abstrak— Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menghasilkan tegangan DC yang tidak stabil. Oleh karena itu diperlukan perangkat Boost converter untuk mampu menaikkan dan menjaga kestabilan tegangan pada PLTS yang sesuai dengan kebutuhan beban yang dalam penelitian ini menggunakan Lampu Penerangan Jalan Umum atau PJU dengan jenis LED. Boost converter ini adalah salah satu DC-DC converter yang mampu menghasilkan tegangan keluaran lebih besar dari tegangan masukan. Pada penelitian ini telah dirancang sebuah prototipe boost converter dengan tegangan masukan yang bervariasi antara 15 V hingga 30 V dan menghasilkan tegangan keluaran stabil pada 36 V dengan beban 30 W. Rangkaian kontrol menggunakan kontrol proportional (P) feedback untuk dapat mengontrol sinyal PWM. Sinyal PWM yang dibangkitkan berasal dari microcontroller Arduino Uno dengan frekuensi 20 kHz. Dari hasil pengujian pada simulasi menggunakan aplikasi proteus diperoleh hasil tegangan keluaran sebesar 36 V dengan deviasi 1%. Hasil pengujian prototipe boost converter ini juga diperoleh hasil tegangan keluaran sebesar 36 V dengan deviasi 2%.

Kata Kunci— Boost converter, Feedback, Frekuensi, Microcontroller, PWM.

I. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan pembangkit listrik yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan photovoltaic cell (PV). PV merupakan bahan semikonduktor yang terbuat dari silikon murni (Si) atau bahan semikonduktor lainnya, yang kemudian jika disusun dengan beberapa sel surya menjadi satu modul surya. PLTS memanfaatkan energi dari sinar matahari untuk dapat diubah menjadi energi listrik DC atau AC jika diperlukan [1].

Umumnya tegangan output dari Maximum Power Point Tracking (MPPT) PLTS memiliki tegangan yang bervariasi dan tidak stabil. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk merancang sebuah peralatan elektronika boost converter yang dapat menaikkan tegangan input DC yang bervariasi

antara 15 V sampai dengan 30 V menjadi stabil pada tegangan 36 V sesuai dengan tegangan input ke beban DC, beban DC yang digunakan dalam penelitian ini adalah Lampu Penerangan Jalan Umum dengan tegangan 36 V dan beban 30 W dengan tipe lampu LED [2].

II. LANDASAN TEORI

A. PLTS

Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang disingkat dengan PLTS adalah pembangkit listrik menggunakan cahaya matahari yang masuk ke “photovoltaic cell atau sel surya” kemudian diubah menjadi energi listrik. Komponen utama yang dapat menerima energi sinar matahari langsung yang kemudian diubah menjadi energi listrik adalah sel surya. Tenaga photovoltaic (PV) cocok diterapkan pada alat elektronik yang membutuhkan listrik dengan daya yang relatif kecil. Secara umum, sebuah sistem PLTS terdiri dari beberapa komponen utama seperti MPPT, battery charge regulator (BCR), baterai, panel surya (photovoltaic), DC-DC Converter dan inverter [3].

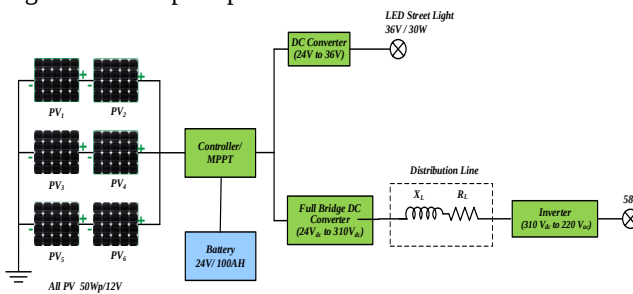
Energi matahari yang masuk ke modul surya (photovoltaic) akan menghasilkan arus listrik searah (direct current). Nilai daya listrik yang dihasilkan oleh suatu modul surya tidak stabil tergantung dari besarnya radiasi matahari, arah letak modul surya, suhu udara di sekitar modul surya, dan lain-lain.

Energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya masuk ke MPPT kemudian masuk ke baterai dan ke inverter, setelah itu daya output dari inverter diubah menjadi arus bolak-balik (AC) dan dapat disuplai langsung ke jaringan listrik.

Jika ada beban listrik pada waktu siang hari, sebagian daya listrik yang keluar dari MPPT langsung dapat digunakan untuk menghidupkan beban listrik dan sisanya digunakan untuk mengisi baterai.

Pada waktu malam hari, atau ketika produksi daya listrik dari modul surya lebih rendah dari daya listrik yang dibutuhkan beban, maka MPPT akan mengendalikan sistem PLTS untuk mengambil daya yang berasal dari baterai dan kemudian masuk ke inverter dan mengubahnya menjadi

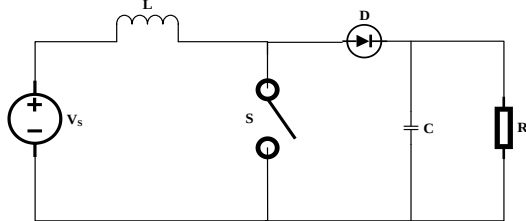
energi listrik AC untuk disuplai ke beban AC sesuai kebutuhan [4]. Umumnya prinsip kerja pada suatu PLTS dapat digambarkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Prinsip kerja pembangkit listrik tenaga surya

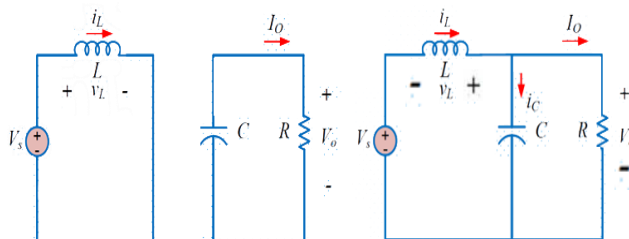
B. Boost Converter

Boost converter adalah alat yang dapat digunakan untuk mengatur tegangan keluaran DC agar lebih tinggi dari tegangan masukan. Boost converter terdiri dari semikonduktor yaitu transistor, induktor dan diode. Daya dari boost converter berasal dari baterai atau panel surya. Boost converter memiliki arus keluaran yang lebih rendah dari arus masukan karena tegangan keluaran (V_{out}) dari boost converter lebih tinggi sedangkan daya keluaran (W_{out}) dan daya masukan (W_{in}) tetap sama pada kondisi ideal. Converter jenis ini banyak dipasang pada PLTS agar tegangan keluaran (V_{out}) menjadi lebih besar dari tegangan masukan (V_{in}). Gambar rangkaian Ekiuvalen boost converter dapat dilihat pada gambar 2. [5].



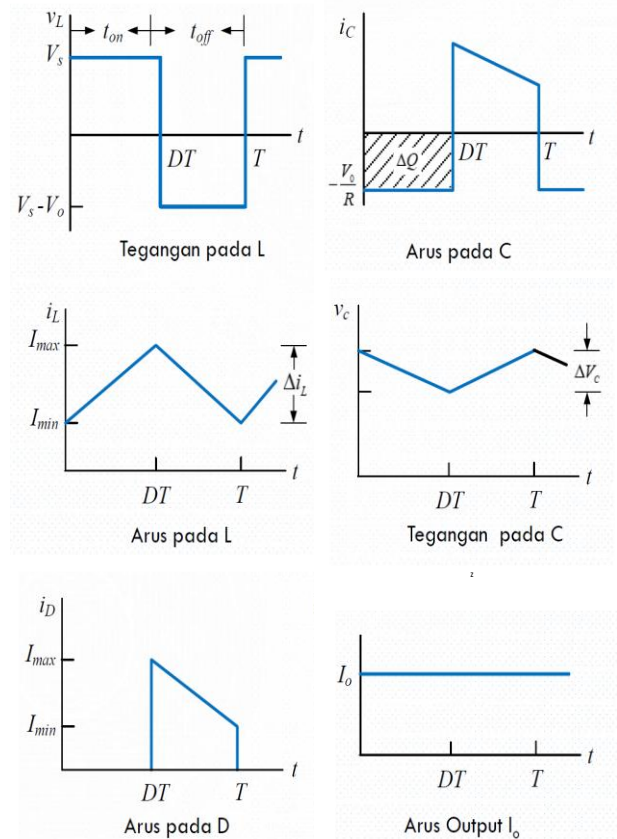
Gambar 2 Rangkaian boost converter [5]

Gambar 3 menunjukkan mekanisme kerja boost converter pada 2 keadaan yaitu pada saat switch tertutup dan pada saat switch terbuka. Saat switch tertutup (ON) tegangan pada induktor dengan tegangan pada sumber dengan polaritas yang berbeda. Saat switch terbuka (OFF), tegangan pada output sama dengan penjumlahan tegangan sumber dan tegangan induktor



Gambar 3 (a) State ON (switch tertutup) (b) State OFF (switch terbuka) [5]

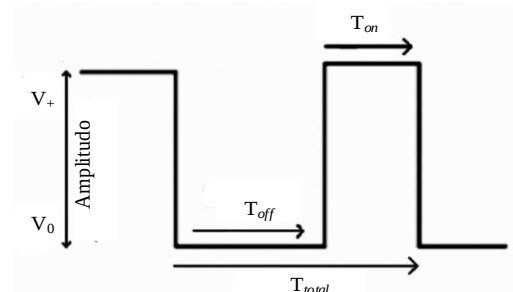
Bentuk sinyal arus dan tegangan yang keluar dari boost converter ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Sinyal arus dan tegangan pada boost converter [8]

C. Pulse Width Modulation (PWM)

PWM merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk membentuk lebar sinyal pulsa dengan nilai perioda waktu tertentu untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang memiliki nilai bervariasi. Secara umum, sinyal PWM memiliki nilai frekuensi dan nilai amplitudo fundamental yang tetap, tetapi lebar sinyal pulsa yang dihasilkan memiliki nilai yang berbeda. Amplitudo lebar sinyal pulsa PWM sebanding dengan nilai amplitudo pada sinyal asli yang belum termodulasi. Artinya, bahwa sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang dengan nilai yang tetap tetapi memiliki nilai duty cycle bervariasi (0%-100%), bentuk pulsa PWM dapat ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Bentuk sinyal Pulsa PWM [10]

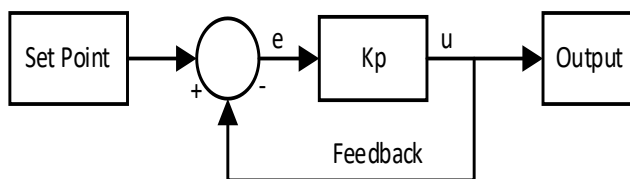
T_{off} merupakan Waktu pulsa off atau low, T_{on} merupakan Waktu pulsa on atau high, V_{out} merupakan Tegangan keluaran, dan V_{in} merupakan Tegangan masukan atau input, sesuai dengan persamaan 1 dan 2.

$$T_{total} = T_{on} + T_{off} \quad (1)$$

$$V_{out} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \times V_{in} \quad (2)$$

D. Proportional (P) Controller

Proportional Controller yang biasa disingkat dengan P controller merupakan salah satu jenis kontroler yang menggunakan prinsip umpan balik, umumnya kontroler P banyak dipakai dalam dunia industri untuk sistem kontrol. Kontroler P dapat memperkirakan kesalahan yang terjadi dengan perbedaan antara SP (set point) yang diinginkan dengan adanya nilai variabel proses yang diukur (PV: Variabel proses). Kontroler akan melakukan percobaan untuk memperkecil dari nilai kesalahan (error) dengan mengubah variabel yang akan dimanipulasi, seperti: control valve, damper atau daya pada elemen pemanas, disetel ke nilai baru (MV: variabel yang dimanipulasi). Kontroler P dapat digunakan dalam loop tertutup. Gambar 6. adalah diagram blok sederhana yang menunjukkan kontroler P dalam kontrol loop tertutup [7].



Gambar 6 Blok Diagram P Controller

III. METODE PENELITIAN

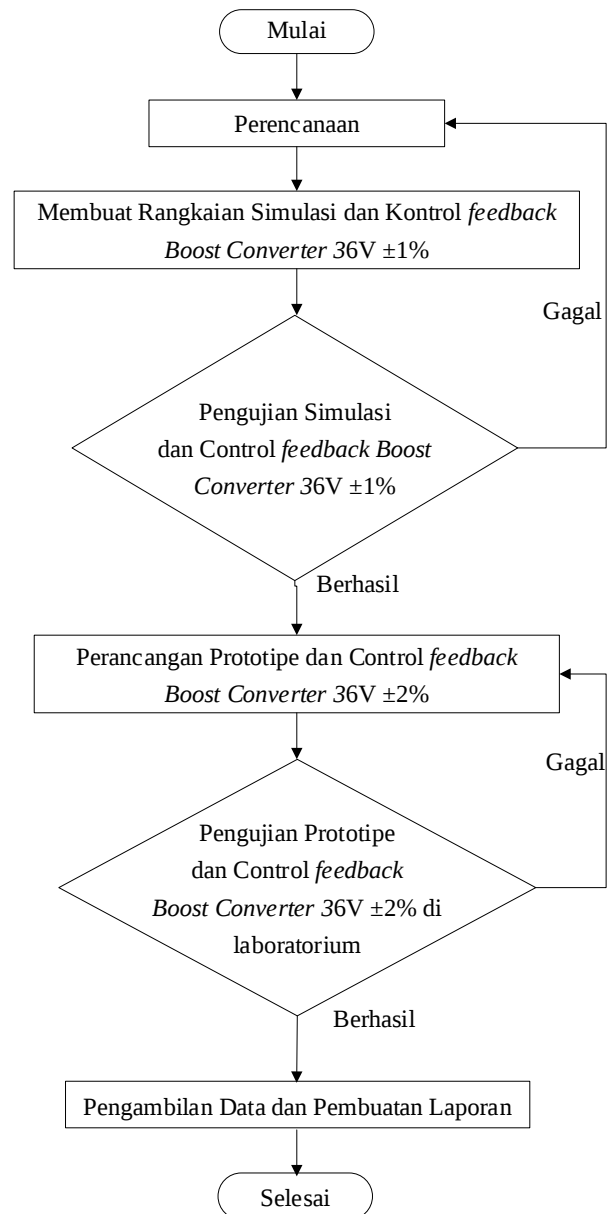
Dalam perancangan ini ada beberapa tahapan yang dilakukan. Dimulai dari perencanaan, simulasi rangkaian, perancangan prototipe, pengujian di laboratorium, pengambilan data dan pembuatan laporan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

Pada tahap perencanaan dilakukan studi literatur untuk menentukan nilai-nilai komponen rangkaian dan dilanjutkan proses pengumpulan data-data dan informasi yang berhubungan dengan teori.

Pada tahap merangkai simulasi dan kontrol feedback akan dirangkai rangkaian dengan nilai-nilai komponen yang telah ditentukan dalam tahap studi literatur agar mendapatkan tagangan keluaran 36 V pada aplikasi proteus. Kemudian dilakukan pengujian, jika tidak mendapatkan tegangan output 36 V maka akan dilakukan perencanaan ulang, jika mendapatkan tegangan output 36 V maka akan dilanjutkan ke proses perancangan prototipe.

Pada tahap perancangan prototipe, rangkaian dirangkai dengan menggunakan nilai komponen induktor, kapasitor, dioda, MOSFET dan control *feedback* sesuai dengan rangkaian simulasi yang telah berhasil mendapatkan tegangan

output 36 V. Kemudian dilakukan pengujian, jika tidak mendapatkan tegangan output 36 V maka akan dilakukan perancangan ulang, jika mendapatkan tegangan output 36 V maka akan dilanjutkan ke proses pengujian di laboratorium.



Gambar 7 Blok diagram Tahapan Penelitian

Pada tahap Pengujian di laboratorium, Prototipe dipasang beban 43,2 Ω . Kemudian dilakukan pengujian, jika tidak mendapatkan tegangan output 36 V maka akan dilakukan perancangan ulang, jika mendapatkan tegangan output 36 V maka akan dilanjutkan ke proses pengambilan data dan pembuatan laporan.

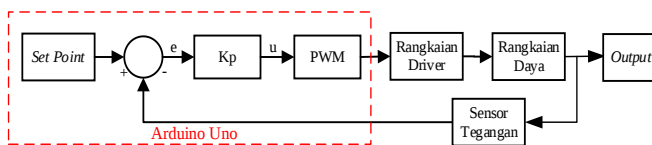
Pada tahap pengambilan data dan pembuatan laporan dilakukan setelah pengujian prototipe berhasil. Pada tahap ini tiap-tiap komponen yang digunakan beserta nilainya dicatat.

Adapun data-data yang diambil seperti tegangan, gelombang PWM dan lain sebagainya.

A. Rangkaian Kontrol

Rangkaian kontrol berfungsi untuk mengendalikan nilai duty cycle dan tegangan output pada prototipe boost converter. Tegangan output dapat dikendalikan dengan menggunakan gelombang PWM yang dihasilkan dari arduino, pada rangkaian kontrol terdapat feedback yang digunakan untuk menjaga tegangan output dari boost converter tetap stabil dengan tegangan input bervariasi 15 V - 30 V, feedback terdiri dari sensor tegangan pada bagian output boost converter.

Untuk lebih jelas cara kerja rangkaian kontrol dengan menggunakan arduino dapat dilihat pada Gambar 8.

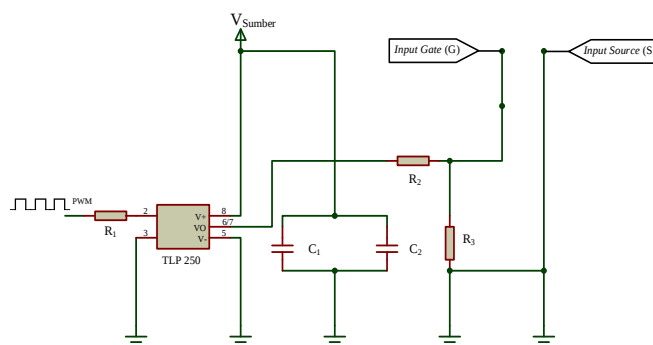


Gambar 8 Blok diagram rangkaian kontrol

Tegangan output masuk ke bagian sensor tegangan sehingga tegangan terdeteksi oleh arduino, jika tegangan output tidak sama dengan 36 V maka akan dilakukan proses pengendalian tegangan menggunakan pengendali Proportional (P) dengan nilai Kp 0,5 sehingga adanya perubahan nilai PWM $\pm 0,5$ dari nilai sebelumnya, perubahan nilai Kp 0,5 terus berulang terjadi sampai nilai output sama dengan nilai set point yang telah ditentukan yaitu 36 V sehingga tegangan output stabil di 36 V.

B. Rangkaian Driver

Tegangan PWM dari arduino tidak bisa langsung digunakan untuk menjalankan MOSFET karena hanya sebesar 5 V sedangkan untuk menjalankan MOSFET dibutuhkan tegangan ± 20 V, untuk menguatkan tegangan PWM dari arduino maka dibutuhkan rangkaian driver yang terdiri dari IC TLP 250, resistor dan kapasitor dengan nilainya didapat dari datasheet TLP 250 yang dirangkai seperti pada gambar 9.

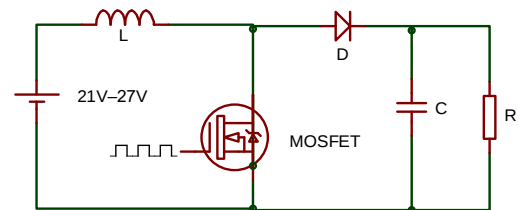


Gambar 9 Rangkaian driver

Gelombang PWM dengan amplitudo 5 V dari arduino dinaikkan menjadi 20 V menggunakan rangkaian driver sehingga MOSFET dapat bekerja untuk proses switching, alasan memakai IC TLP 250 pada rangkaian driver karena IC TLP 250 memiliki kelebihan seperti adanya isolasi antara rangkaian kontrol dan rangkaian daya sehingga tidak merusak rangkaian lain jika terjadi hubung singkat.

C. RANGKAIAN DAYA

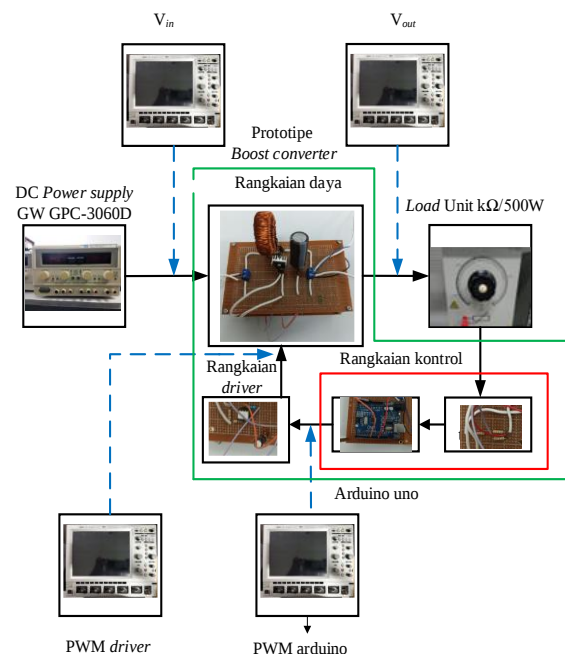
Rangkaian ini berfungsi untuk mengubah tegangan DC ke tegangan DC yang lebih besar dengan memakai induktor untuk menyimpan tegangan, MOSFET untuk proses switching, dioda untuk mencegah arus kembali ke induktor dan kapasitor untuk mengurangi ripple tegangan bentuk rangkaian daya seperti pada gambar 10.



Gambar 10 Rangkaian Daya Boost Converter

D. Pengujian Di Laboratorium

Pengujian di laboratorium digunakan untuk memastikan prototipe boost converter yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik pada beban 30 W. Tegangan DC di laboratorium berasal dari power supply dan diatur dengan variasi tegangan input 5 V sampai dengan 30 V kemudian dilakukan pengukuran dengan menggunakan osiloskop pada rangkaian kontrol, rangkaian driver dan rangkaian daya. Seperti ditunjukkan pada gambar 11.

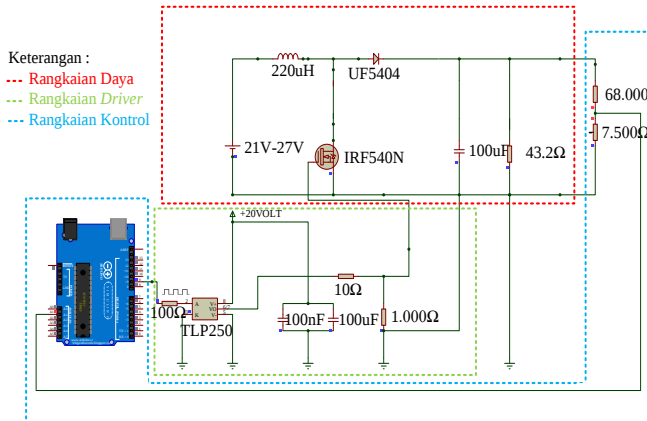


Gambar 11 Blok diagram pengujian

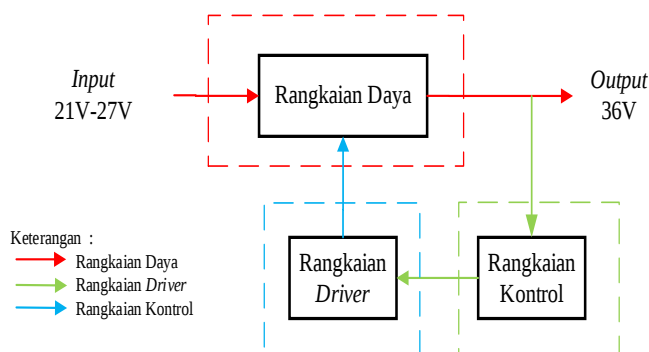
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan

Hasil perancangan prototipe boost converter dapat menghasilkan tegangan output yang stabil di 36 V pada beban 30 W dengan tegangan input yang bervariasi dari 15 V sampai 30 V. Boost converter yang telah dirancang kemudian dilakukan pengujian pada blok rangkaian kontrol, rangkaian driver dan rangkaian daya seperti pada gambar 12 dan gambar 13.



Gambar 12 Rangkaian simulasi boost converter.

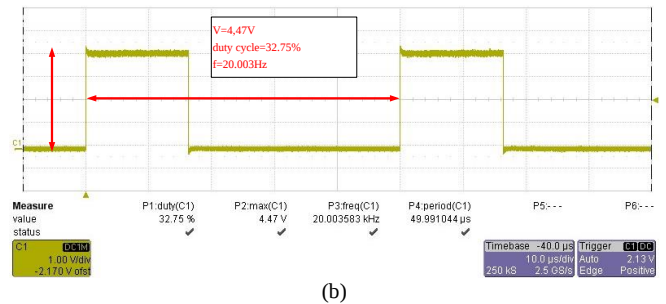
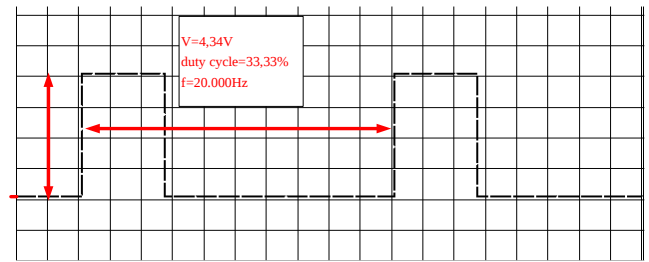


Gambar 13 Blok diagram Skematik Penelitian

B. Rangkaian Kontrol

Pada gambar 14 (a) menunjukkan hasil simulasi pengujian tegangan PWM pada rangkaian kontrol dan didapatkan hasil tegangan PWM adalah 4,34 V dengan nilai duty cycle 33,33%. Pada gambar 14 (b) menunjukkan hasil eksperimen pengujian tegangan PWM pada rangkaian kontrol dan didapatkan hasil tegangan PWM adalah 4,47 V dengan nilai duty cycle 32,75%.

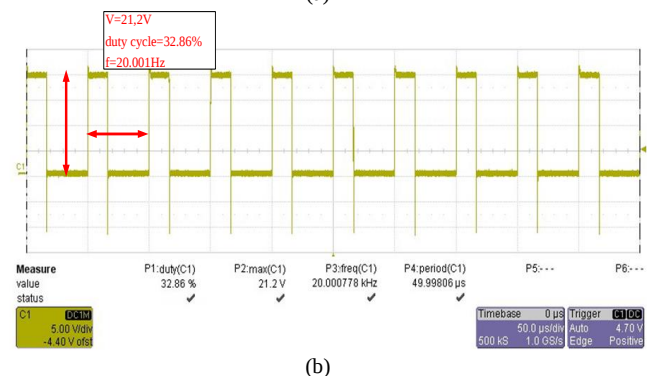
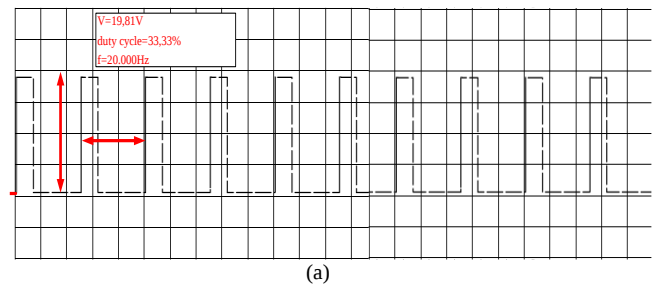
Nilai duty cycle yang dihasilkan arduino pada pin 9 selalu berubah-ubah sesuai dengan nilai tegangan output yang dibaca sensor, jika tegangan output tidak sama dengan 36 V maka akan dilakukan proses pengendalian tegangan menggunakan pengendali P dengan nilai K_p 0,5 sehingga adanya perubahan nilai PWM $\pm 0,5$ dari nilai sebelumnya, perubahan nilai K_p 0,5 terus berulang terjadi sampai nilai output sama dengan nilai set point yang telah ditentukan yaitu 36 V sehingga tegangan output stabil di 36 V.



Gambar 14 Hasil pengujian tegangan PWM pada rangkaian kontrol (a) simulasi (b) eksperimen

C. Rangkaian Driver

Tegangan PWM yang dihasilkan dari arduino hanya sebesar 4,47 V, sedangkan untuk menjalankan MOSFET membutuhkan tegangan gate-source (V_{gs}) 20 V, maka dibutuhkan rangkaian driver untuk menaikkan tegangan menjadi 20 V.



Gambar 15 Hasil pengujian tegangan PWM pada rangkaian driver (a) simulasi (b) eksperimen

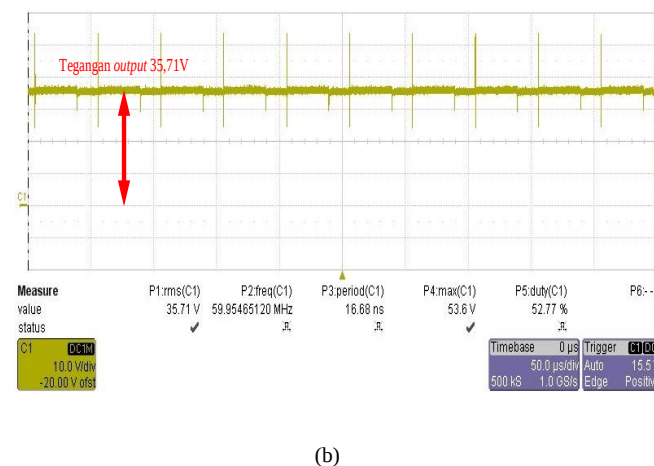
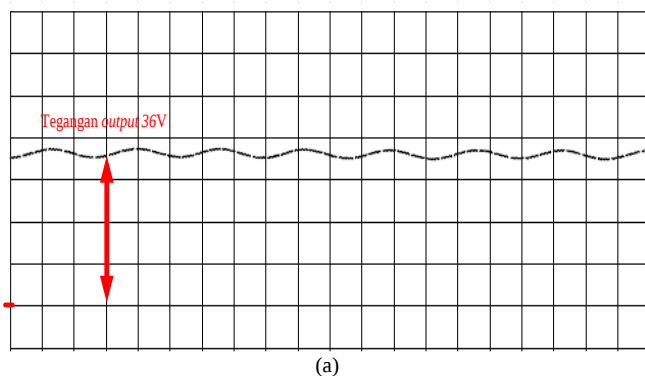
Gambar 15 merupakan tampilan gelombang PWM yang dihasilkan dari rangkaian driver dalam simulasi dan

eksperimen. Gambar 15 (a) menunjukkan hasil simulasi pengujian tegangan PWM pada rangkaian driver dan didapatkan hasil tegangan PWM adalah 19,81 V dengan nilai duty cycle 33,33% sehingga dapat digunakan untuk menjalankan MOSFET yang membutuhkan tegangan V_{gs} 20 V. Pada gambar 15 (b) menunjukkan hasil eksperimen pengujian tegangan PWM pada rangkaian driver dan didapatkan hasil tegangan PWM adalah 21,2 V dengan nilai duty cycle 32,86% sehingga dapat digunakan untuk menjalankan MOSFET membutuhkan tegangan V_{gs} 20 V.

D. Rangkaian Daya

Pada rangkaian daya dilakukan pengujian tegangan output pada beban 30 W dengan menggunakan simulasi dan juga eksperimen. Hasil dari simulasi dan eksperimen dapat dilihat pada gambar 16.

Pada gambar 16 menunjukkan hasil simulasi dan eksperimen pengujian tegangan *output* pada beban dan didapatkan hasil tegangan *output* simulasi adalah 36 V dan tegangan *output* eksperimen adalah 35,71 V.



Gambar 16 Tegangan *output* pada simulasi (a) dan eksperimen (b)

E. Analisis Kestabilan

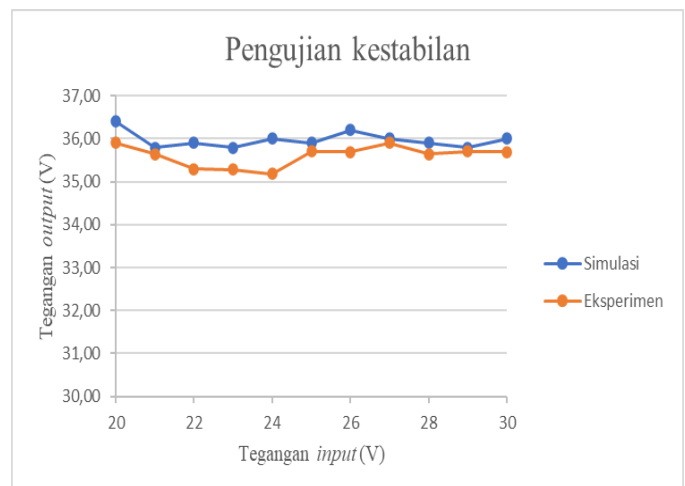
Pengujian kestabilan dilakukan dengan memberikan variasi tegangan input mulai dari 15V sampai dengan 30V dan melihat bagaimana pengaruh terhadap nilai tegangan output pada beban 30W. Kemudian membandingkan hasil simulasi

dan eksperimen yang diperoleh seperti pada tabel 1 dan gambar 17.

TABEL I
HASIL PENGUJIAN KESTABILAN

Tegangan input (V)	Tegangan output simulasi (V)	Tegangan output eksperimen (V)
15	36,00	35,3
16	35,90	34,98
17	35,80	35,19
18	36,00	35,71
19	35,70	35,69
20	36,40	35,9
21	35,80	35,65
22	35,9	35,3
23	35,8	35,28
24	36	35,19
25	35,9	35,71
26	36,2	35,69
27	36	35,9
28	35,9	35,65
29	35,8	35,71
30	36	35,69

Dari Gambar 17 dapat diketahui bahwa eksperimen menghasilkan nilai yang mendekati hasil simulasi, perbedaan nilai antara eksperimen dan simulasi disebabkan karena pada simulasi terjadi kondisi ideal tanpa adanya rugi-rugi daya dengan diviasi tegangan 1%, sementara pada eksperimen adanya rugi-rugi daya pada rangkaian *switching* sehingga menyebabkan tegangan *output* hasil eksperimen lebih kecil dari tegangan *output* hasil simulasi dengan diviasi tegangan 2%.



Gambar 17. Hasil pengujian kestabilan

V. KESIMPULAN

Setelah dilakukan perancangan dan pengujian prototipe maka dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian simulasi didapatkan tegangan *output* yang stabil pada 36 V dengan diviasi 1% pada beban 30 W dengan variasi tegangan *input* 15 V sampai 30 V. Hasil pengujian prototipe didapatkan

tegangan *output* yang stabil pada 36 V dengan diviasi 2% pada beban 30 W dengan variasi tegangan *input* 15 V sampai 30 V. Untuk penelitian selanjutnya rancang bangun prototipe boost converter ini sebaiknya dilengkapi dengan rangkaian filter MOSFET sebagai proteksi MOSFET dari suhu panas

maksimum yang dapat dibebankan ke perangkat sehingga perangkat dapat bekerja dalam berbagai kondisi suhu real di lapangan. Hal lainnya yang dapat ditambahkan adalah perancangan boost converter dengan nilai beban yang tidak konstan bervariasi sepanjang waktu.

REFERENSI

- [1] S. M. Metev and V. P. Veiko, *Laser Assisted Microtechnology*, 2nd ed., R. M. Osgood, Jr., Ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1998.
- [2] J. Breckling, Ed., *The Analysis of Directional Time Series: Applications to Wind Speed and Direction*, ser. Lecture Notes in Statistics. Berlin, Germany: Springer, 1989, vol. 61.
- [3] S. Zhang, C. Zhu, J. K. O. Sin, and P. K. T. Mok, "A novel ultrathin elevated channel low-temperature poly-Si TFT," *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 20, pp. 569–571, Nov. 1999.
- [4] M. Wegmuller, J. P. von der Weid, P. Oberson, and N. Gisin, "High resolution fiber distributed measurements with coherent OFDR," in *Proc. ECOC'00*, 2000, paper 11.3.4, p. 109.
- [5] R. E. Sorace, V. S. Reinhardt, and S. A. Vaughn, "High-speed digital-to-RF converter," U.S. Patent 5 668 842, Sept. 16, 1997.
- [6] (2002) The IEEE website. [Online]. Available: <http://www.ieee.org/>
- [7] M. Shell. (2002) IEEEtran homepage on CTAN. [Online]. Available: <http://www.ctan.org/tex-archive/macros/latex/contrib/supported/IEEEtran/>
- [8] *FLEXChip Signal Processor (MC68175/D)*, Motorola, 1996.
- [9] "PDCA12-70 data sheet," Opto Speed SA, Mezzovico, Switzerland.
- [10] A. Karnik, "Performance of TCP congestion control with rate feedback: TCP/ABR and rate adaptive TCP/IP," M. Eng. thesis, Indian Institute of Science, Bangalore, India, Jan. 1999.
- [11] J. Padhye, V. Firoiu, and D. Towsley, "A stochastic model of TCP Reno congestion avoidance and control," Univ. of Massachusetts, Amherst, MA, CMPSCI Tech. Rep. 99-02, 1999.
- [12] *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification*, IEEE Std. 802.11, 1997