

NOZEL

Jurnal Pendidikan Teknik Mesin

Jurnal Homepage: <https://jurnal.uns.ac.id/nozel>



ANALISIS KINERJA *BUCK BOOST CONVERTER LTC3780* PADA SISTEM *MICRO COMBUSTION* UNTUK PENGISIAN BATERAI LITHIUM

Arrafi Nur Hidayatullah¹, Herman Saputro¹

¹Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret
arrafinurh05@gmail.com

Abstract

The use of electronic devices or equipment is inseparable from daily life, which contributes to the increasing demand for electrical energy. The growing electricity consumption in Indonesia encourages many people with various creative ideas to develop tools or generate electricity independently by utilizing existing energy sources. One solution for supplying electrical energy is micro-scale power generation (micro power generation). In this context, the converter module used is a Thermo Electric Generator (TEG). TEG can generate an electrical voltage proportional to the temperature difference between the hot and cold sides. The heat source is obtained from the combustor, while the cooling temperature is provided by a cooling system. One solution to stabilize the electrical energy produced by the TEG is to use a buck-boost converter. This research aims to analyze the performance of the LTC3780 buck-boost converter in terms of the electrical energy produced by the micro power generation system for battery charging, and to determine the efficiency of the LTC3780 buck-boost converter for lithium battery charging with various cell configurations. This research employs a quantitative descriptive data analysis technique combined with a comparative approach. The results of this study indicate that the use of the LTC3780 affects the voltage stability during battery charging, and the number of battery cells also influences the output voltage of the LTC3780. The 3-cell configuration provides the highest and most consistent output voltage throughout the testing period. Furthermore, battery charging efficiency tends to be more optimal with fewer battery cells, particularly in the 1-cell and 2-cell configurations. Conversely, the greater the number of cells used, the lower the charging efficiency tends to be.

Keywords: *micro power generation, buck-boost converter, efficiency, battery charging.*

A. PENDAHULUAN

Energi adalah salah satu kebutuhan dasar yang diperlukan untuk mendukung aktivitas manusia. Peningkatan jumlah penduduk di Indonesia dan diikuti dengan pesatnya perkembangan teknologi, mengakibatkan kebutuhan energi semakin

meningkat (Desti, 2022). Peningkatan penggunaan energi listrik di Indonesia dari tahun 2022 ke 2023 menunjukkan tren yang signifikan, yang dapat dilihat dari data konsumsi listrik per kapita yang meningkat. Pada tahun 2022, konsumsi listrik per kapita tercatat sebesar 1.173

kWh, sementara pada tahun 2023, angka ini melonjak menjadi 1.337 kWh, mencerminkan peningkatan sekitar 13,98% (ESDM, 2024). Sebagian besar perangkat elektronik portabel seperti ponsel, laptop, senter dan *remote control*, memanfaatkan baterai sebagai sumber energinya (Saputra & Yulianti, 2021). Baterai berfungsi sebagai wadah penyimpan energi listrik juga merupakan sumber utama energi untuk kendaraan listrik, yang digunakan untuk menggerakkan motor, menyalakan lampu, serta menjalankan komponen listrik lainnya (Tarigan & Sebayang, 2021).

Salah satu masalah umum yang dihadapi baterai adalah umur pakainya yang tidak lama atau tidak sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh pabrik. (Rivan, 2019). Salah satu penyebab dari kerusakan baterai adalah pada saat proses pengisian. Jika tegangan dan arus pengisian terlalu tinggi atau yang dapat disebut sebagai *over charging* dapat menimbulkan berbagai masalah pada baterai (Asy & Adi, 2019).

Bertambahnya penggunaan listrik di Indonesia mendorong banyak orang dengan berbagai ide kreatif untuk menciptakan berbagai alat atau menghasilkan listrik sendiri dengan memanfaatkan energi yang sudah ada sebelumnya (Saputro et al., 2023). Salah

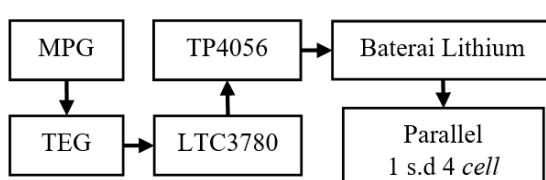
satu pembangkit listrik yang menjadi solusi dalam menyuplai energi listrik adalah pembangkit listrik skala mikro (*micro power generation*). Dalam hal ini modul konverter yang digunakan adalah *Thermo Electric Generator* (TEG) yang dapat menghasilkan tegangan listrik sebanding dengan perbedaan temperatur antara panas dari *combustor* dan dingin dari sistem pendingin. Semakin tinggi perbedaan suhu maka akan semakin tinggi pula daya listrik yang dihasilkan (Diki et al., 2022).

Namun perbedaan temperatur yang diperoleh tentu dapat berubah-ubah seiring waktu proses pembakaran pada *combustor* dan kinerja sistem pendingin yang menyebabkan energi listrik dapat berubah-ubah pula. Salah satu solusi untuk menstabilkan energi listrik yang dihasilkan oleh TEG adalah dengan menggunakan *buck boost converter* yang merupakan konverter arus searah atau DC (*Direct Current*) yang *output* tegangannya dapat disesuaikan menjadi lebih besar atau lebih rendah dari tegangan *input* (Setyawan, Imam & Suprianto, Bambang, 2019). Meskipun demikian, penelitian khusus mengenai pengujian modul *buck boost converter* untuk pengisian baterai pada aplikasi *micro-combustion* masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan

menguji modul *buck boost converter* LTC3780 pada aplikasi *micro-combustion* untuk pengisian baterai lithium.

B. METODE

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan kegiatan, mulai dari persiapan alat dan bahan, pengamatan, pengukuran dan terakhir analisis data yang diambil dari hasil pengukuran. Tahap persiapan dimulai dengan mempersiapkan alat dan bahan, seperti pengosongan baterai sampai tegangan aman 3V dan mengatur tegangan *output buck boost converter* LTC3780 sebesar 5V. Selanjutnya pada proses pengambilan data mencakup daya *output* dari TEG, daya *output* setelah ditambahkan sistem pengisian dengan *buck boost converter* LTC3780, besar tegangan pada masing-masing baterai selama waktu pengisian 25 menit dengan interval tiap 5 menit. Setiap pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali demi meningkatkan validitas data yang diperoleh.



Gambar 1. Rangkaian Proses Eksperimen

Populasi dalam penelitian ini adalah semua komponen sistem pengisian baterai portabel dengan menggunakan *buck boost*

converter LTC3780 dan modul *charger* TP4056 yang bersumber energi dari MPG berbasis *thermoelectric*.

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem pengisian baterai portabel dengan *buck boost converter* LTC3780, modul *charger* TP4056 dan baterai lithium dengan menggunakan variasi jumlah baterai yang digunakan dari 1 sampai 4 buah baterai yang dirangkaian paralel

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan metode pengamatan dan metode pengukuran. Sumber data dalam penelitian ini adalah data primer yang diperoleh secara langsung oleh peneliti melalui pengamatan dan pengukuran pada saat pengujian berlangsung.

a. Metode pengamatan

Metode pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu mengamati kestabilan nyala api yang dihasilkan oleh *combustor*.

b. Metode pengukuran

Metode pengukuran yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan mengukur tegangan dan arus output dari TEG, setelah menggunakan LTC3780 dan modul TP4056, serta pada *input* pengisian baterai dengan menggunakan

multimeter, mengukur waktu menggunakan *stopwatch*.

Penelitian ini menggunakan teknik analisis data deskriptif kuantitatif serta dengan menggunakan metode pendekatan komparatif. Hasil data dari pengamatan dan pengukuran akan dianalisis kemudian dibandingkan antara data satu dengan data lainnya. Kemudian hasil data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini berupa TEG, *thermometer* tipe-K, *multimeter*, *vortex combustor*, gas propana (C_3H_8), *buck boost converter* LTC3780, TP4056, baterai lithium-ion UNS.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Daya TEG Pengisian 1 Cell

Menit	Suhu Panas (°C)	Suhu Dingin (°C)	ΔT (°C)	Tegangan TEG (Volt)	Arus TEG (Ampere)	Daya TEG (Watt)
0	30,10	30,10	0,00	0,00	0,00	0,00
5	187,30	36,63	150,67	6,62	0,65	4,30
10	202,80	38,50	164,30	7,03	0,69	4,85
15	205,17	40,00	165,17	7,08	0,70	4,96
20	207,87	41,17	166,70	7,11	0,71	5,05
25	208,70	41,87	166,83	7,13	0,71	5,06

Dari table 1 tersebut menunjukkan pada menit ke-5 suhu pada *hot side* terjadi peningkatan pesat dari suhu awal 30,1 °C menjadi 187,30 °C sedangkan suhu pada *cold side* juga meningkat menjadi 36,63 °C yang menghasilkan ΔT 150,67 °C sehingga menghasilkan keluaran listrik dengan tegangan 6,62 Volt, arus 0,65 Ampere dan

daya sebesar 4,30 Watt. Pada menit ke-10 hingga menit ke-25 suhu *hot side* dan *cold side* juga meningkat namun tidak terlalu signifikan, sehingga ΔT yang didapat juga mengingkat tetapi tidak pesat dan cenderung stabil. Oleh karena itu *output* listrik yang dihasilkan pun meningkat sesuai dengan ΔT yang diperoleh, dapat dilihat daya listrik pada menit ke-10 sebesar 4,85 Watt dan terus meningkat secara berkala sampai 5,06 Watt pada menit ke-25.

Tabel 2. Daya LTC3780 Pengisian 1 Cell

Menit	Tegangan Modul (Volt)	Arus Modul (Ampere)	Daya (Watt)	Tegangan Baterai (Volt)
0	0,00	0,00	0,00	3,00
5	3,77	0,85	3,20	3,07
10	3,78	0,92	3,48	3,12
15	3,82	0,97	3,71	3,17
20	3,84	1,00	3,84	3,21
25	3,85	1,00	3,85	3,26

Data tabel 2 merupakan hasil *output* listrik setelah melewati *buck boost converter*, pada hasil tersebut dapat dilihat pada menit ke-5 tegangan listrik menurun dari 6,62 Volt menjadi 3,77 Volt hal ini terjadi karena tegangan disesuaikan dengan tegangan *input* modul TP4056 agar tidak melebihi tegangan yang seharusnya untuk dapat melakukan pengisian baterai lithium 3,7 V, sementara untuk arus yang dihasilkan justru meningkat dari 0,65 Ampere menjadi 0,85 Ampere dan daya yang dihasilkan menjadi 3,2 Watt dari yang sebelumnya mencapai 4,3 Watt pada menit

ke-5. Seiring berjalananya waktu tegangan yang dihasilkan modul LTC3780 meningkat secara bertahap dan cukup stabil, tegangan tertinggi yang dihasilkan mencapai 3,85 Volt pada menit ke-25, sedangkan arus terbesar dihasilkan pada menit ke-20 dan menit ke-25 sebesar 1 Ampere.

Kemudian hasil pengisian pada tegangan baterai dari tegangan awal 3 Volt meningkat cukup stabil, peningkatan tegangan baterai paling pesat terjadi pada menit ke-5 sebesar 3,07 Volt yang berarti tegangan baterai telah bertambah sebesar 0,07 Volt dan semakin besar tegangan baterai pengisian menjadi semakin lambat. Dapat dilihat pada tabel mulai menit ke-10 sampai dengan menit ke-15 tegangan baterai stabil terisi sebesar 0,05 Volt. Sedangkan pada menit ke-20 pengisian sedikit melambat dan tegangan baterai hanya meningkat sebesar 0,04 Volt. Namun pada menit ke-25 tegangan baterai mulai terjadi peningkatan lagi sebesar 0,05 Volt. Hal ini bisa disimpulkan peningkatan tegangan baterai pada saat pengisian cukup stabil untuk durasi pengisian selama 25 menit.

Tabel 3. Efisiensi Pengisian 1 Cell

Waktu (menit)	Energi TEG (Wh)	Energi tersimpan pada Baterai (W)	Efisiensi Total (%)
5	0,36	0,22	61%
10	0,40	0,24	59%
15	0,41	0,26	62%
20	0,42	0,27	64%
25	0,42	0,27	64%

Data yang ditunjukkan pada tabel 3 merupakan efisiensi pengisian baterai variasi 1 cell dari rata-rata 3 kali pengujian, dari hasil data tersebut menunjukkan efisiensi pengisian cukup stabil khususnya pada menit 20 sampai menit 25 yang stabil di 64% dan merupakan efisiensi tertinggi pada variasi ini. Sedangkan pada menit ke-5 menuju menit ke-10 terjadi penurunan efisiensi dari 61% menjadi 59%, meskipun efisiensi kembali naik lagi menjadi 62% pada menit ke-15.

D. PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan analisis data dari penelitian tentang pengisian baterai aplikasi *micro-combustion* dengan *buck boost converter* LTC3780, dapat disimpulkan bahwa:

1. Daya yang dihasilkan TEG mengalami penurunan saat dihubungkan dengan beban pengisian baterai.
2. Penggunaan LTC3780 berpengaruh pada stabilitas tegangan yang dihasilkan saat digunakan untuk pengisian baterai, dan peningkatan tegangan yang terjadi menunjukkan kinerja LTC3780 yang mampu meningkatkan tegangan seiring berjalananya waktu pengujian.

3. Efisiensi pengisian baterai cenderung optimal pada konfigurasi dengan jumlah 1 *Cell*.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka saran untuk penelitian selanjutnya yaitu :

1. Perlu dilakukan penelitian dengan jenis TEG yang lain agar dapat mengkonversi perbedaan suhu menjadi listrik dengan lebih optimal.
2. Perlu dilakukan penelitian serupa dengan sistem pengisian menggunakan modul lain untuk mengetahui jenis modul yang paling sesuai untuk pengisian baterai.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai desain rangkaian sistem pengisian baterai berbasis *termoelektrik* agar lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Desti, I. (2022). *Literature Review : Upaya Energi Bersih dan Terjangkau*. *Jurnal Sains Edukatika Indonesia*, 4(1), 8–11. <https://jurnal.uns.ac.id/jsei/article/view/70928>
- Saputra, R., & Yulianti, B. (2021). Alat Pendeteksi Originalitas Baterai Tipe 18650 Berbasis Arduino Nano. *Jurnal Teknologi Industri*, 2–6. <https://doi.org/10.35968/jti.v10i1.776>
- Tarigan, E., & Sebayang, A. (2021). Pengaruh Diameter Pulley Terhadap Tegangan Pengisian Baterai Pada Engine Stand 1500 CC. *Prosiding Konferensi Nasional Social & Engineering Polmed*, 675–683. <https://ojs.polmed.ac.id/index.php/KONSEP2021/article/view/666>
- Rivan, R. (2019). Studi Perancangan Dan Analisis Sistem Pengisian Cerdas (Smart Charge) Baterai. *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology*, 2(7), 22–43.
- Asy'ari, Hasan., & Adi W, Djoko. (2019). Pengisian Baterai Menggunakan Buck-Boost Converter Pada Sistem Energi Surya. *Edu Elektrika Journal*, 8(2), 91–95. <https://doi.org/10.15294/eej.v8i2.30936>
- Saputro, H., & Wang, W. C. (2023). Double Chamber Meso-Scale Vortex Combustor For A Micro-Scale Electric Generator Based On A Thermo-Electric Generator. *Energy Reports*, 9, 5015–5030. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.04.010>
- Diki, Mohamad., & Nalandri, Rezki. (2022). Pemanfaatan Termoelektrik Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Journal Zetroem*, 4(1), 23–25. <https://doi.org/10.36526/ztr.v4i1.1913>
- Setyawan, Imam., & Suprianto, Bambang. (2019). Rancang Bangun Prototype Solar Cell Buck Boost Converter Menggunakan Kontrol Fuzzy Di Implementasikan Pada Aerator Tambak Udang. *Jurnal Teknik Elektro*, 8(3), 627–635. <https://doi.org/10.26740/jte.v8n3.p%25p>