

# Studi Perbandingan Efisiensi Konversi Daya Konverter DC-DC Linier dan Pensaklaran pada Sistem Kelistrikan DCDC

Aji Setyawan<sup>1)</sup>, Steve Darmadi<sup>1)</sup>, Eko Mursito Budi<sup>1,a)</sup>, Estiyanti Ekawati<sup>1,2,b)</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Fisika, Kelompok Keilmuan Teknik Fisika,  
Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung,  
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

<sup>2</sup>Pusat Teknologi Instrumentasi dan Otomasi, Institut Teknologi Bandung,  
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

<sup>a)</sup> [mursito@tf.itb.ac.id](mailto:mursito@tf.itb.ac.id) (*corresponding author*)

<sup>b)</sup> [esti@instrument.itb.ac.id](mailto:esti@instrument.itb.ac.id)

## Abstrak

*Dalam sebuah sistem kelistrikan DC diperlukan suatu konverter daya DC-DC. Konverter DC-DC digunakan untuk mencatu tegangan pada nilai tetap yang sesuai dengan kebutuhan setiap beban listrik. Terdapat dua metode konversi pada konverter DC-DC yaitu linier dan pensaklaran. Berdasarkan prinsip kerjanya, konverter DC-DC tipe pensaklaran memiliki efisiensi konversi daya yang lebih tinggi dari tipe linier. Pada penelitian ini, dilakukan pembuatan konverter DC-DC tipe pensaklaran menggunakan LM2678-5 dan konverter DC-DC tipe linier menggunakan LM7805 (linier standar) dan LM2940 (linier low drop). Konverter-konverter tersebut memiliki tegangan luaran 5 V. Untuk melakukan perbandingan efisiensi konversi daya, ketiga konverter DC-DC tersebut digunakan untuk mencatu beban listrik berupa telepon genggam dalam sistem kelistrikan DC. Hasil pengujian menunjukkan bahwa efisiensi konversi daya rata-rata pada konverter DC-DC tipe pensaklaran adalah 79%, tipe linier standar 18%, tipe linier low drop 19%. Keunggulan efisiensi konversi daya membuat konverter DC-DC dengan metode pensaklaran sangat disarankan pada sistem kelistrikan DC.pertama..*

*Kata-kata kunci: Konverter DC-DC, Efisiensi Konversi Daya, Linier, Pensaklaran*

## PENDAHULUAN

Dalam sistem kelistrikan DC, diperlukan antarmuka sumber energi atau penyimpan energi dengan beban listrik. Tegangan jaringan listrik pada umumnya ditentukan oleh tegangan baterai yang digunakan dalam sistem. Berbagai jenis beban listrik memerlukan tegangan tetap pada berbagai nilai. Sebagai contoh, tegangan yang dibutuhkan untuk mencatu telepon genggam adalah universal, 5V. Apabila tegangan jaringan dengan tegangan beban tidak sama maka diperlukan suatu konverter.

Dalam sistem kelistrikan DC, diperlukan konverter DC-DC. Konverter tersebut berfungsi mengubah nilai tegangan jaringan menjadi nilai tegangan sesuai kebutuhan beban. Konverter DC-DC sering dijumpai sebagai penurun tegangan. Dalam konverter DC-DC, terdapat dua jenis regulator tegangan yaitu linier dan pensaklaran. Berdasarkan prinsip kerjanya, konverter DC-DC linier mendisipasikan banyak daya. Konverter DC-DC yang mendisipasikan banyak daya berarti memiliki efisiensi konversi daya yang rendah. Karena memiliki efisiensi yang rendah, konverter tersebut tidak disarankan untuk digunakan pada sistem kelistrikan DC, terlebih lagi dalam rumah bersumber energi mandiri. Seiring perkembangan teknologi semikonduktor, ditemukan metode konversi tegangan pensaklaran yang terintegrasi dalam sebuah regulator tegangan (IC). Konverter DC-DC

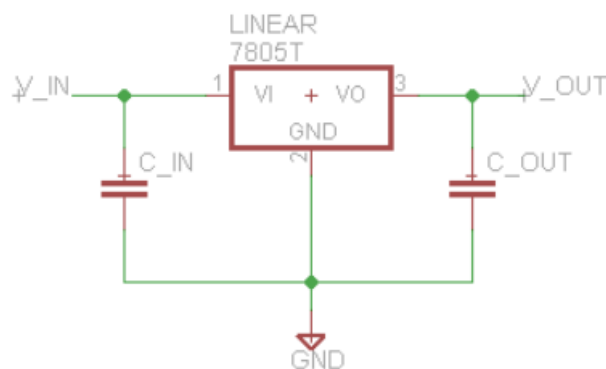
pensaklaran dinyatakan memiliki efisiensi yang lebih baik dari konverter DC-DC linier. Untuk membuktikan pernyataan tersebut, perlu dilakukan uji perbandingan efisiensi konversi daya pada kedua konverter.

## KONVERTER DC-DC

### Konverter DC-DC Linier

Konverter DC-DC sering dikenal dengan istilah regulator tegangan karena memiliki fungsi untuk mengonversi suatu nilai tegangan masukan DC ke nilai tegangan luaran DC serta mempertahankan tegangan luaran tersebut pada nilai tertentu. Konverter DC-DC dengan regulator tegangan tipe linier memiliki prinsip kerja berupa pembagi tegangan. Konverter DC-DC linier memiliki kekurangan yaitu disipasi daya yang cukup besar sehingga efisiensi konversi daya menjadi berkurang [1]. Secara umum, konverter DC-DC tipe linier memiliki konfigurasi seperti pada Gambar 1. Daya yang didisipasikan melalui regulator tipe linier dapat dinyatakan dalam persamaan 1.

$$P_{disipasi} = (V_{in} - V_{out}) \times I \quad (1)$$

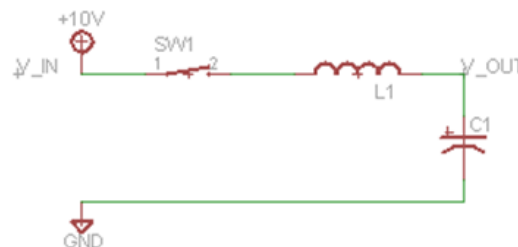


Gambar 1. Rangkaian Konverter DC-DC dengan Regulator Tegangan Linier

Konverter DC-DC linier memiliki batas minimum tegangan masukan agar regulator dapat bekerja dengan baik. Batas minimum tegangan pada regulator linier tipe *low drop* lebih rendah dari tipe standar. Artinya, konverter DC-DC dengan regulator linier *low drop* lebih mampu mengatur tegangan pada nilai masukan rendah [1].

### Konverter DC-DC Metode Pensaklaran

Konverter DC-DC tipe pensaklaran terbagi menjadi beberapa tipe antara lain konverter *Buck*, konverter *Boost*, dan konverter *Buck-Boost* [1]. Salah satu konverter yang sering digunakan dalam aplikasi catu daya adalah konverter *Buck*, yaitu konverter penurun tegangan. Konverter *Buck* menggunakan prinsip pensaklaran dengan frekuensi tinggi untuk mendapatkan nilai rata-rata tegangan tegangan masukan. Rangkaian sederhana pensaklaran tegangan dapat dipahami melalui Gambar 2.

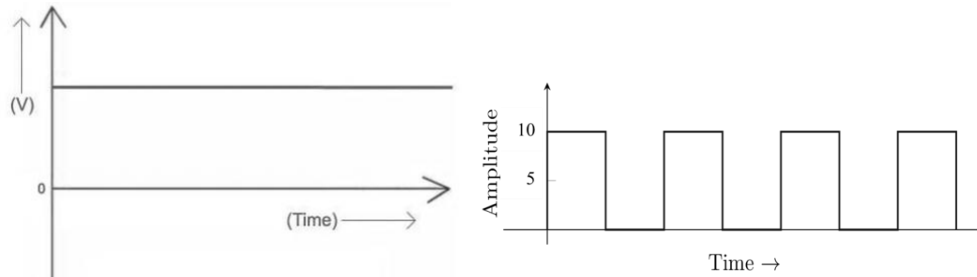


Gambar 2. Rangkaian Sederhana Pensaklaran Tegangan

Secara umum tegangan luaran dapat dinyatakan dalam persamaan 2.

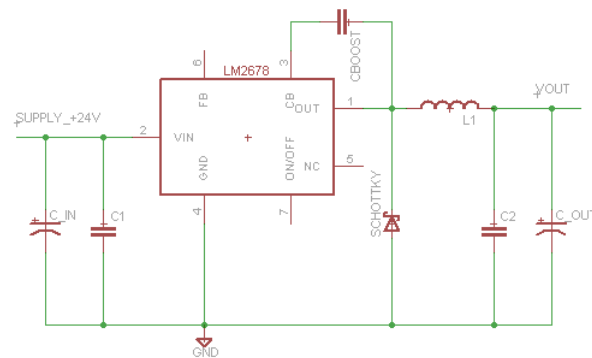
$$V_{out} = Duty\ Cycle \times V_{in} \quad (2)$$

Persamaan tersebut hanya memberikan gambaran perata-rataan tegangan dari pensaklaran. Sebagai contoh, ketika diberikan tegangan masukan sebesar 10 V maka regulator akan melakukan pensaklaran ON/OFF dengan frekuensi tinggi. Apabila *duty cycle* diatur sebesar 50%, berarti setengah siklus sinyal tegangan akan memberikan nilai 10 V dan setengah siklus lainnya memberikan nilai 0V. Dengan demikian hasil perata-rataan tegangan hasil pensaklaran adalah 5V. Ilustrasi sinyal tegangan masukan dan luaran pensaklaran dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Sinyal Tegangan Masukan dan Luaran Pensaklaran [1]

Rangkaian sederhana pada Gambar 3 belum dapat merepresentasikan konverter pensaklaran yang dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari. Selain itu perhitungan efisiensi menjadi lebih kompleks karena dalam rangkaian konverter pensaklaran terdapat beberapa komponen induktif dan kapasitif. Skema rangkaian konverter pensaklaran tipe Buck yang diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari, dapat dilihat pada Gambar 4 [2].



Gambar 4 Skema Rangkaian Konverter *Pensaklaran* Tipe *Buck* menggunakan LM2678

Adapun perbandingan metode konversi tegangan linier dan pensaklaran yang digunakan pada konverter DC-DC dirangkum pada Tabel 1 [11].

Tabel 1 Perbandingan Metode Konversi Tegangan Linier dan *Pensaklaran*

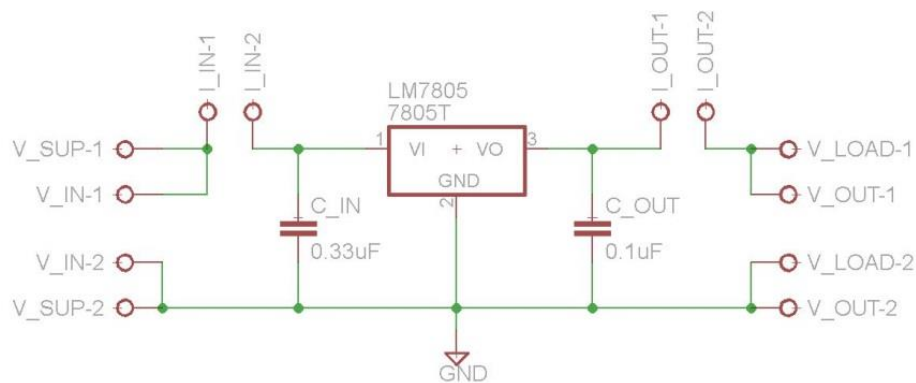
	Linier	Pensaklaran
Fungsi	Hanya berfungsi sebagai penurun tegangan. Tegangan masukan harus lebih besar dari tegangan luaran	Penaik tegangan dan penurun tegangan
Efisiensi	Rendah hingga menengah (14%-40%). Efisiensi tinggi apabila beda nilai tegangan masukan dan luaran kecil.	Tinggi (70%-95%), kecuali pada arus beban yang kecil, karena arus mode pensaklaran (IQ) cukup tinggi)
Kalor Disipasi	Tinggi, apabila beda tegangan masukan dan luaran tinggi	Rendah, komponen tidak panas ketika beroperasi pada konsumsi daya kurang dari 10 W
Kompleksitas	Rendah, hanya menggunakan IC regulator dan kapasitor <i>by pass</i> dengan nilai rendah	Sedang hingga tinggi, menggunakan induktor, diode, kapasitor tapis sebagai tambahan selain IC regulator

Ukuran	Kecil hingga sedang, akan tetapi menjadi besar ketika memerlukan <i>heatsink</i>	Lebih besar dari tipe linier pada daya rendah.
Harga	Rendah	Sedang hingga tinggi, disebabkan oleh komponen eksternal tambahan
Riak	Tanpa riak	Sedang hingga tinggi sesuai riak pada laju pensaklaran

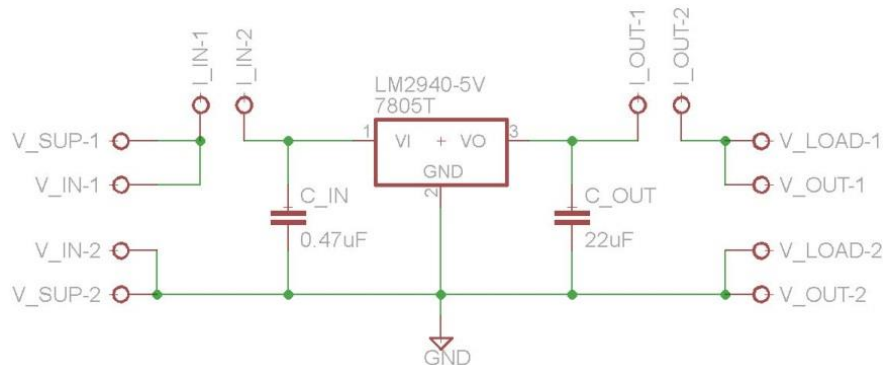
## RANCANGAN

### Konverter DC-DC Linier

Dalam penelitian ini, konverter DC-DC linier standar dibuat dengan regulator tegangan LM7805 seperti pada Gambar 5. Konverter DC-DC linier *low drop* dibuat dengan regulator tegangan LM2940-5V seperti pada gambar 6. Kedua konverter tersebut menghasilkan tegangan luaran 5 V [3,4,5].



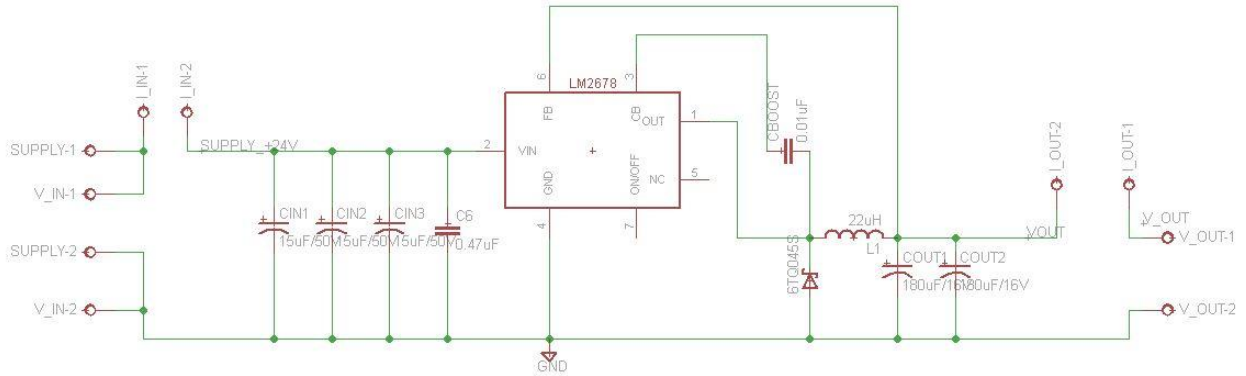
Gambar 5 Skema Rangkaian Konverter DC-DC Linier Standar



Gambar 6 Skema Rangkaian Konverter DC-DC Linier *Low Drop*

### Konverter DC-DC *Pensaklaran*

Konverter DC-DC *pensaklaran* dirancang dengan regulator tegangan LM2678-5V seperti pada Gambar 7 dengan tegangan luaran 5V [3,4,5,6,7,8,9].

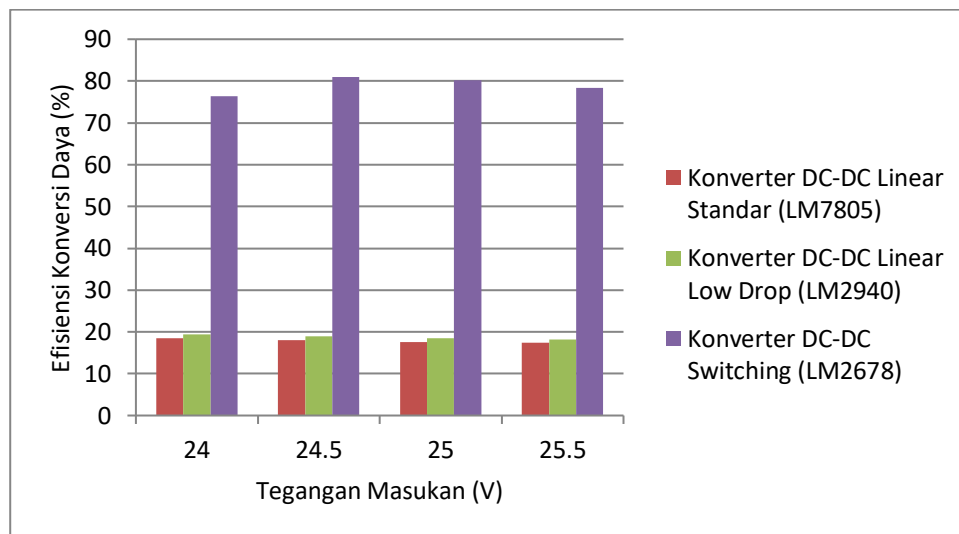


Gambar 7 Skema Rangkaian Konverter DC-DC *Pensaklaran*

## HASIL DAN ANALISIS

### Pengujian Efisiensi Konversi Daya pada Antarmuka (Konverter DC-DC dan LED driver)

Pengujian efisiensi konversi daya dilakukan dengan menggunakan beban listrik berupa telepon genggam (tipe: SONY XPERIA M2). Berdasarkan hasil pengujian diperoleh grafik perbandingan efisiensi konversi daya seperti pada Gambar 8.



Gambar 8 Grafik Perbandingan Efisiensi Konversi Daya Konverter DC-DC Linier Standar, Linier *Low Drop*, dan *Pensaklaran*

Berdasarkan perbandingan tersebut dapat diketahui nilai rata-rata efisiensi konverter DC-DC linier standar adalah 18%, linier *low drop* 19%, dan *pensaklaran* 79%. Konverter DC-DC linier tidak efisien karena sebagian besar daya terdisipasi menjadi kalor. Hal tersebut bersesuaian dengan prinsip kerja konverter DC-DC linier yaitu pembagi tegangan [1]. Sesuai persamaan 1, daya terdisipasi berbanding lurus dengan selisih tegangan masukan dan tegangan luaran. Daya terdisipasi pada kedua konverter linier tersebut tergolong cukup besar karena selisih tegangan masukan dan tegangan luaran berkisar pada nilai 19-20,5V. Adapun perbedaan efisiensi pada kedua konverter linier terjadi karena konverter linier *low drop* lebih baik dalam meregulasi tegangan dari konverter linier standar. Dengan pembuktian pengujian ini dapat dinyatakan bahwa konverter DC-DC tipe *pensaklaran* jauh lebih efisien.

---

## KESIMPULAN

Konverter DC-DC *pensaklaran* memiliki rata-rata efisiensi konversi daya yang lebih tinggi dari konverter DC-DC linier. Berdasarkan hasil rancangan konverter DC-DC *pensaklaran* mampu mencapai efisiensi 79% sedangkan konverter DC-DC linier hanya 18-19%. Dengan demikian, penggunaan konverter DC-DC *pensaklaran* disarankan dalam sistem kelistrikan DC.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana berkat pendanaan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) 2015, dan mencapai Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional (PIMNAS) 2015.

## REFERENSI

1. C. Simpson, *Linear and Switching Voltage Regulator Fundamentals*. National Semiconductor (2011).
2. Anonymous, *LM2678 Simple Switcher High Efficiency 5A Step-Down Voltage Regulator*, Texas Instruments, (2013).
3. S. Keeping, *Understanding the Advantages and Disadvantages of Linear Regulators*, Digi-Key Electronics. .
4. Anonymous, *Littelfuse - ATO® Blade Fuse Rated 32V Datasheets*, Littelfuse (2008).
5. Anonymous, *The MOSFET*, Talking Electronics, (2010)
6. Anonymous, *IRF530 Power Mosfet*, Vishay Siliconix, (2011)
7. Anonymous, *IRF540 Power Mosfet*, Vishay Siliconix, (2011)
8. Anonymous, *FQP50N06L Datasheet*, Fairchild Semiconductor (2013).
9. Anonymous, *BC547 Datasheet*, Fairchild Semiconductor (2014).
10. Anonymous, *ACS712 Datasheets*. Allegro Microsystems, LLC (2015)
11. Anonymous, *Battery-Based Inverters*, Home Power Magazine, (2015).