

Rancang Bangun Catu Daya Digital Menggunakan *Buck Converter* Berbasis Mikrokontroler Arduino

Ahmad Saudi Samosir¹, Nuril Ilimi Tohir², Abdul Haris³

Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, Bandar Lampung
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

¹ahmad.saudi@eng.unila.ac.id

²nurililmitohir@gmail.com

³aharis@eng.unila.ac.id

Intisari--- Seiring perkembangan teknologi saat ini, banyak aplikasi yang membutuhkan sumber dc dimana tegangan keluarannya dapat diubah-ubah sesuai kebutuhan pemakai. Penerapan sistem buck converter sebagai salah satu regulator dc tipe switching dapat menjawab kebutuhan tersebut dengan mewujudkan sebuah sumber tegangan arus searah. Dengan memasukkan tegangan setting sesuai kebutuhan melalui keypad dan nilai pengukuran yang teraktual dari nilai arus, tegangan dan daya dapat ditampilkan pada layar LCD. Serta perubahan tegangan yang terjadi tersimpan secara realtime pada data logger. Pada pengujian pada simulasi dan perangkat keras dilakukan dengan beban resistif. Dari pengujian dapat diketahui kemampuan dari catu daya yang telah dibangun yaitu memiliki kemampuan daya maksimal sebesar 170 watt, memiliki efisiensi rata-rata sebesar 80.74% dan regulasi beban rata-rata sebesar 1.89%.

Kata kunci--- Catu daya, Buck Converter, efisiensi

Abstract--- As the grow up of technology today, many applications require the dc power source where the output voltage can be changed according to user's requirement. The implementation of buck converter as one of switching type DC regulator can answer this requirement by realizing a dc voltage source. By setting the voltage needed through the keypad, the measurement value of current, voltage and power can be displayed on the LCD. The change of voltage will be stored in the data logger real time.

Simulation and the hardware test done with resistive load show the maximum power of the built power supply is 170 watts, average efficiency is 80,74% and average load regulation is 1,89%.

Keywords--- power supply, Buck Converter, Efficiency

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini penggunaan akan elektronika daya semakin meluas dan telah menjadi bagian yang sangat penting pada banyak bidang. Oleh karna itu, pengembangan akan elektronika daya perlu terus dilakukan pengembangan. Salah satu bagian dari pengembangan elektronika daya tersebut adalah catu daya. Catu daya (power supply) adalah suatu rangkaian elektronik yang mengubah arus listrik bolak-balik menjadi arus listrik searah. Catu daya merupakan

sebuah peralatan yang berfungsi sebagai penyedia daya untuk peralatan lainnya.

Catu daya pada umumnya masih menggunakan catu daya analog dimana masih menggunakan putaran analog sehingga tidak mudah untuk mendapatkan keluaran langsung sesuai dengan keinginan yang dibutuhkan pemakai. Selain itu kestabilan yang masih kurang baik dan besarnya disipasi daya yang terjadi pada catu daya analog menjadi latar belakang sehingga diperlukan pengembangan. Seiring perkembangan teknologi digital maka

dikembangkan suatu piranti catu daya yang menggunakan teknik kendali digital.

Dari permasalahan di atas maka pada penelitian ini disulkan suatu piranti yang dapat menggantikan catu daya analog yaitu catu daya digital yang dilengkapi metode regulasi pensaklaran menggunakan buck converter dan berbasis mikrokontroler arduino. Kelebihan dari catu daya digital ini adalah dapat didapatkan tegangan ataupun arus keluaran yang lebih stabil karena dilakukan pengendalian secara digital, didukung dengan penggunaan metode regulasi pensaklaran menggunakan buck converter.

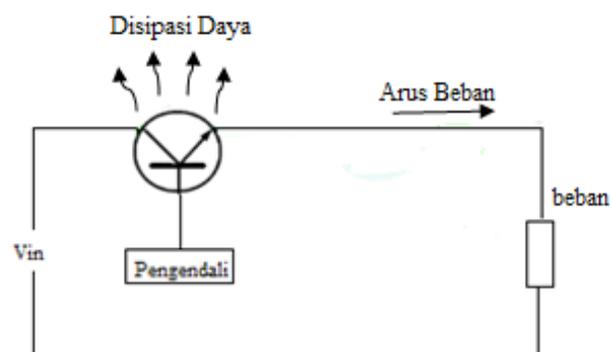
Pada catu daya digital ini pengaturan nilai tegangan yang diinginkan hanya dengan menekan untuk memasukkan tegangan setting sesuai kebutuhan melalui keypad dengan perintah yang sangat mudah dan nilai pengukuran yang teraktual dari nilai arus dan tegangan dapat ditampilkan pada layar LCD yang sebelumnya diproses pada mikrokontroler.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Catu Daya dengan Regulasi Linier (*Linier Regulated Power Supply*)

Catu daya dengan regulasi linier sedikitnya harus mempunyai tiga bagian yaitu jaringan pembangkit tegangan acuan, jaringan pengendali dan komponen elektronika. Pembangkit tegangan acuan menghasilkan tegangan acuan yang tidak terpengaruh akibat perubahan tegangan masukan. Bagian kendali terbentuk dari sistem umpan balik dimana terdapat bagian umpan balik, penguat selisih dan penguat kesalahan. Komponen elektronika yang digunakan berupa transistor bipolar atau FET yang dapat melewatkan daya secara seri yang

sering disebut dengan komponen pelewat seri. Peregulasian tegangan secara linier pada catu daya dapat diperlihatkan pada Gambar 1 sebagai berikut:

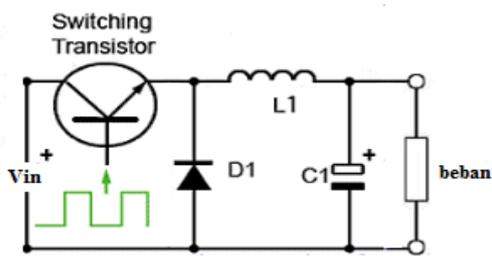


Gbr. 1 Rangkaian Regulator Linier^[1]

Keluaran bagian kendali mengatur konduktifitas komponen elektronika daya. Prinsip kerjanya adalah jika tegangan keluaran catu daya lebih kecil dari tegangan yang diharapkan, maka pengendali akan meningkatkan konduktifitas komponen elektronika daya sehingga tegangan keluaran catu daya dapat naik dan sesuai dengan kebutuhan. Sebaliknya jika tegangan keluaran catu daya terlalu besar dibandingkan tegangan yang dibutuhkan, maka pengendali akan mengurangi konduktifitas komponen elektronika daya sehingga tegangan keluaran akan menurun dan sesuai dengan yang dibutuhkan.

B. Catu Daya dengan Regulasi Pensaklaran (*Switching Regulated Power Supply*)

Catu daya dengan regulasi pensaklaran pada dasarnya memanfaatkan kerja dari rangkaian converter DC ke DC. Rangkaian converter DC ke DC ini dilengkapi dengan rangkaian kontrol yang mampu mendeteksi tegangan keluaran secara kontinu dan menetapkan regulasi dengan mengontrol duty cycle saklar yang digunakan.



Gbr. 2 Rangkaian Regulator Pensaklaran

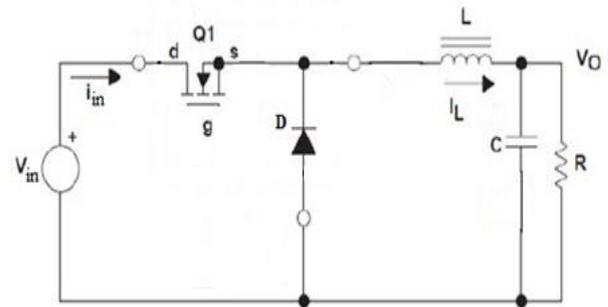
Saklar yang digunakan pada umumnya adalah transistor daya atau SCR. Saat komponen ini dioperasikan pada switching mode, daya disipasinya rendah yang menyebabkan rangkaian regulator ini mempunyai efisiensi atau daya guna yang tinggi dibandingkan dengan regulator linier.

Kerugian regulator ini adalah pengisian kapasitor keluaran dilakukan secara pulsa dan koreksi perubahan tegangan membutuhkan beberapa pulsa, sehingga respon regulasi tidak secepat catu daya linier. Selain itu pensaklaran pada kondisi ON dan OFF dari komponen transistor daya ini dapat menimbulkan riak (ripple) yang dapat mengganggu sistem dimana catu daya ini digunakan.

Pada penelitian ini, converter DC ke DC yang digunakan untuk meregulasi tegangan keluaran catu daya adalah buck converter. Penjelasan prinsip kerja pengaturan tegangan dengan menggunakan jenis konverter ini dijelaskan pada subbab selanjutnya.

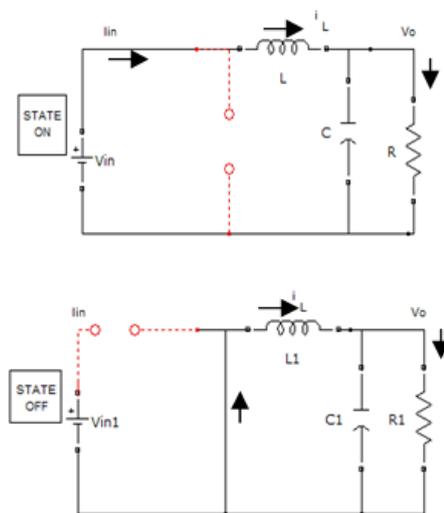
C. Buck Converter

Buck converter merupakan konverter DC-DC yang berfungsi untuk menurunkan tegangan. Gambar 3 berikut merupakan rangkaian dari buck converter:



Gbr. 3 Rangkaian dari buck converter.

Untuk mempermudah dalam menganalisa rangkaian buck, Gambar 4 berikut ini merupakan state dari rangkaian buck pada saat state ON dan state OFF:



Gbr. 4 Rangkaian Buck pada saat State ON dan State OFF

State ON

Ketika berada pada state ON, switch Q1 akan berfungsi sebagai saklar yang menutup (konduksi) selama interval waktu dt , maka arus dari tegangan sumber V_{in} akan mengalir melalui induktor L, beban dan kembali lagi ke sumber. Karena tegangan yang diberikan kepada induktor konstan, maka arus yang melewati induktor meningkat secara linier.

State OFF

Ketika berada pada state OFF, Q1 menjadi terbuka mengakibatkan arus dari

sumber input tidak dapat mengalir melewati switch ini. Sehingga sumber dari tegangan output sekarang berasal dari induktor dan kapasitor dimana dioda D menjadi aktif. Arus mengalir dari induktor L ke beban melalui dioda dan kembali menuju induktor L. Karena tegangan induktor menjadi lebih kecil dibandingkan saat state ON dan konstan, maka arus yang melewati induktor akan menjadi turun secara linier. Nilai tegangan masukan yang dihasilkan dapat dihitung melalui persamaan berikut :

$$V_o = D \cdot V_{in} \quad (1)$$

Untuk mendesain konverter perlu ditetapkan beberapa variabel, yaitu tegangan input, tegangan output, arus output dan frekuensi switching. Dalam menentukan besarnya nilai induktor dan kapasitor dapat menggunakan persamaan berikut : [6]

$$L = \frac{V_{in} D (1-D)}{f \Delta I_L} \quad (2)$$

$$C = \frac{V_{in} D (1-D)}{8L \Delta V f^2} \quad (3)$$

Dimana :

V_o = Tegangan keluaran

V_{in} = Tegangan masukan

D = Duty cycle

L = Nilai induktor (induktansi)

ΔI_L = Ripple arus

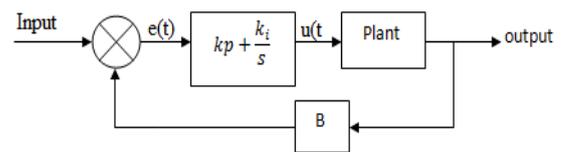
f = Frekuensi

C = Nilai Kapasitor

ΔV = Ripple tegangan

D. Pengendali PI

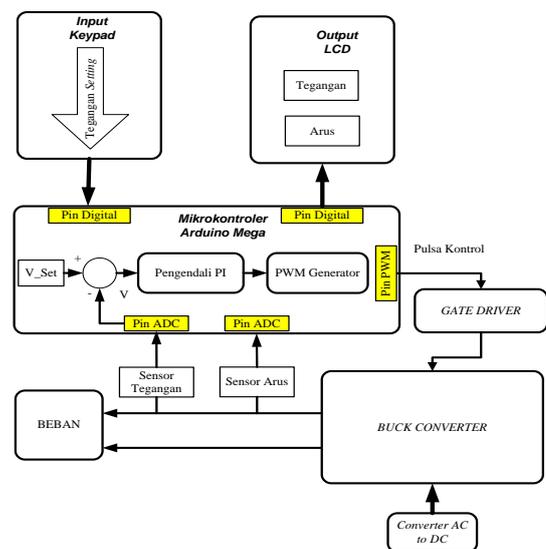
Pengendali PI adalah system pengendali gabungan antara pengendali proporsional dan integral. Blok diagram pengendali PI dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gbr. 5 Blok diagram pengendali PI

III. METODE PENELITIAN

A. Pemodelan dan Simulasi catu daya digital



Gbr. 6 Blok Diagram Pemodelan dan Simulasi catu daya digital

Secara umum pemodelan dan simulasi catu daya digital dapat direpresentasikan dengan blok diagram yang ditunjukkan pada Gambar 6 diatas.

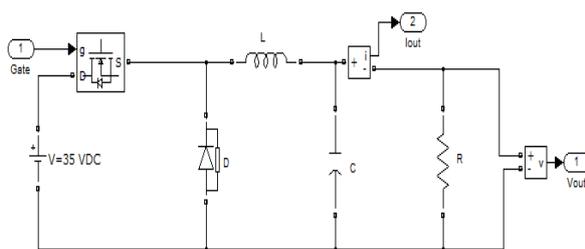
1) Pemodelan Buck Converter

Untuk memodelkan buck converter perlu ditetapkan beberapa nilai parameter, yaitu nilai tegangan masukan, tegangan keluaran, arus keluaran, frekuensi switching, nilai kapasitansi C dan nilai induktansi L. Nilai kapasitor dan induktor ditentukan dengan menggunakan persamaan 2 dan 3. Tabel 1 berikut menunjukkan nilai dari setiap parameter yang digunakan untuk memodelkan buck converter.

Tabel 1 Parameter-Parameter untuk Pemodelan Buck Converter

No	Parameter	Simbol	Nilai
1	Tegangan Masukan	V_{in}	35 V
2	Tegangan Keluaran	V_{out}	21.7 V
3	Arus Keluaran	I_{sc}	4.8 A
4	Ripple Arus	ΔI	5 %
5	Ripple Tegangan	ΔV	5 %
6	Frekuensi	F	20000 Hz
7	Duty Cycle	D	0.83
8	Nilai Induktor	L	0.718 mH
9	Nilai Kapasitor	C	1,04 μ F

Dengan nilai-nilai dari parameter di atas maka telah dapat memodelkan buck converter seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 sebagai subsistem penyusun sistem catu daya digital untuk simulasi.



Gbr. 7 Model Buck Converter

B. Perancangan Perangkat Keras Catu daya digital

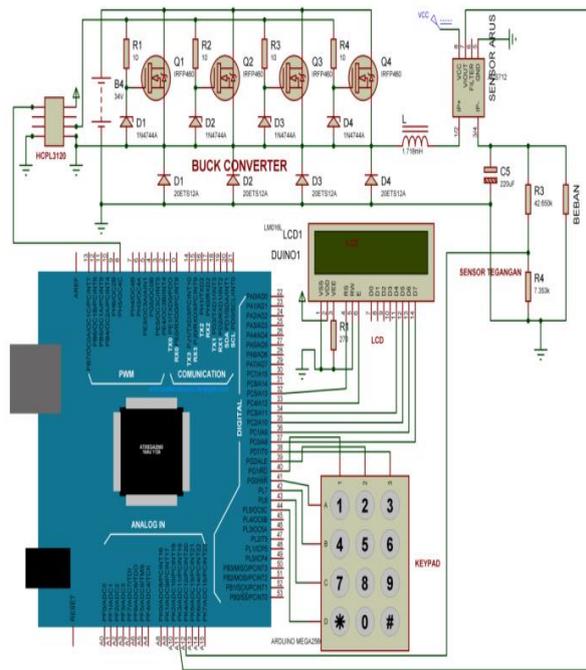
Rancangan catu daya digital yang dibuat terdiri dari beberapa subsistem, yaitu mikrokontroler Arduino Mega 2560, rangkaian gate driver berbasis HCPL3120, rangkaian buck converter, sensor tegangan, sensor arus ACS712, beban, antarmuka masukan (menggunakan keypad) dan keluaran (menggunakan liquid crystal display, LCD). Masing-masing subsistem tersebut memiliki fungsi dan saling terhubung dengan subsistem yang lain.

1) Nilai tegangan yang diinginkan (tegangan setting) dimasukkan melalui antarmuka

masukan berupa keypad dengan cara menekan nilai pada keypad tersebut.

- 2) Mikrokontroler akan mengolah nilai tegangan setting menjadi tegangan referensi yang akan dibandingkan dengan nilai tegangan keluaran buck converter. Error yang terjadi akan dikontrol dengan kontrol proporsional integral (PI) dengan memberikan nilai konstanta K_P dan K_I . Sinyal kontrol ini menjadi masukan pulse width modulator (PWM) dimana sinyal kontrol ini akan dibandingkan dengan sinyal gergaji yang dihasilkan oleh osilator mikrokontroler, sehingga akan dihasilkan pulsa kontrol yang memiliki lebar pulsa (PWM).
- 3) Pulsa kontrol akan dipindahkan dan dikuatkan amplitudonya oleh rangkain gate driver.
- 4) Pulsa kontrol yang telah dikuatkan akan mengatur switch mosfet pada buck converter untuk membuka atau menutup. Sehingga didapatkan nilai tegangan yang sesuai dengan tegangan referensi yang menunjukkan tegangan yang diinginkan.
- 5) Tegangan dan arus keluaran dari buck converter akan disensor dan diumpkan balikkan ke mikrokontroler. Selain itu, arus dan tegangan keluaran ini ditampilkan oleh LCD.
- 6) Operasi ini akan terus berulang secara close loop, sehingga akan dihasilkan nilai tegangan yang sesuai dengan tegangan setting yang diinginkan.

Rancangan rangkaian sistem catu daya digital secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar sebagai berikut :



Gbr. 8 Rancangan Keseluruhan Dari Alat Yang Akan Dibangun

serta antarmuka masukan (keypad) dan keluaran (LCD). Pengujian dilakukan dengan menghubungkan catu daya digital dengan beban serta memvariasikan nilai masukan tegangan.



Gbr. 10 Tampilan Pada Lcd Saat Alat Bekerja

Saat catu daya telah terhubung beban, maka catu daya akan mulai bekerja, dimana tegangan buck converter akan dikontrol sehingga akan didapatkan nilai tegangan yang sesuai dengan yang diinginkan seperti terlihat pada gambar diatas.

IV.HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Realisasi Pembuatan Catu Daya Digital

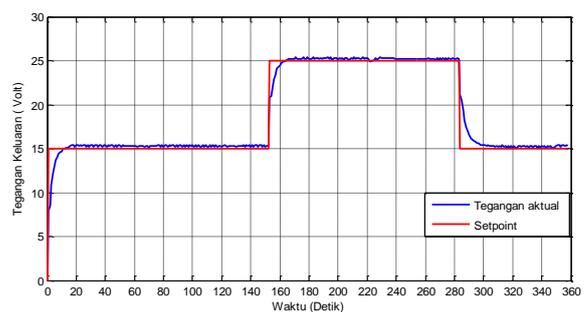


Gbr. 9 Realisasi Dari Alat Yang Dibangun

Gambar di atas merupakan subsistem-subsistem penyusun perangkat keras yang telah diuji dan telah dirangkai menjadi satu kesatuan. Subsistem-subsistem tersebut adalah catu daya, gate driver, buck converter, sensor arus dan tegangan, mikrokontroler

B. Pengaruh Perubahan Setpoint Terhadap Tegangan Keluaran

Perubahan tegangan keluaran terhadap waktu dilakukan dengan memvariasikan tegangan keluaran sehingga tegangan keluaran mencapai steady state pada tegangan keluaran yang diinginkan.



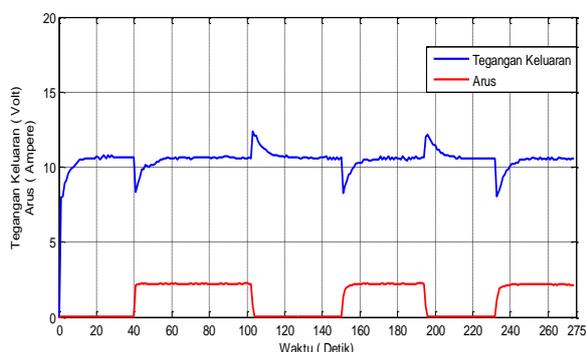
Gbr. 11 Grafik Perubahan Tegangan Dan Arus Akibat Perubahan Beban Saat Setpoint 20, 15, 25 Volt

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa tegangan keluaran divariasikan dari tegangan 15 volt hingga 25 volt selanjutnya diturunkan

kembali ke 15 volt. Pada kurva diatas menunjukkan bahwa tegangan keluaran akan mencapai tegangan setpoint pada 11 detik. Pada pengujian ini setiap perubahan tegangan terhadap setpoint yang terjadi akan disimpan pada data logger pada mikrokontroler yang tersimpan dalam memory card. Sehingga dari kurva diatas menunjukkan bahwa tegangan keluaran sudah sesuai terhadap tegangan setpoint yang diinginkan. Untuk data tegangan keseluruhan terlampir pada lampiran

C. Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Tegangan Dan Arus Catu Daya

Perubahan tegangan keluaran dengan perubahan beban ini dilakukan pengujian dengan memvariasikan beban. Saat tegangan keluaran konstan dengan perubahan beban kecil dan saat perubahn beban besar.



Gbr. 12 Grafik Perubahan Tegangan Dan Arus Akibat Perubah Beban Saat Setpoint 20, 15, 25 Volt

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa tegangan keluaran sebesar 10, 20, 25 volt. Tegangan keluaran tersebut dilakukan pengujian dengan memvariasikan beban yaitu dengan beban kecil dengan resistansi 200 ohm dan dengan beban besar dengan resistansi 8 ohm. Terlihat bahwa tegangan keluaran akan mengalami penurunan saat terjadi perubahan beban menjadi besar sedangkan saat terjadi perubahan beban menjadi kecil tegangan keluaran mengalami

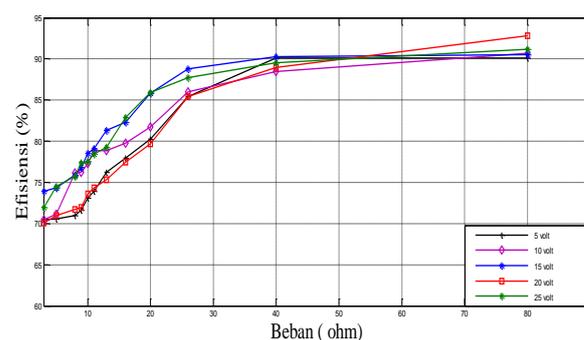
kenaikan tetapi akan kembali steady state seiring perubahan waktu. Sehingga dari gambar diatas dapat diketahui bahwa perubahan arus akan mempengaruhi tegangan keluaran pada catu daya tetapi akan kembali pada setpoint pada perubahan waktu.

D. Efisiensi

Efisiensi adalah perbandingan antara daya keluaran (P_{out}) dengan daya masukan (P_{in}). Daya masukan adalah daya yang terukur di masukan catu daya digital dan daya keluaran adalah daya yang terukur di keluaran catu daya digital pada saat berbeban. Efisiensi ini dinyatakan dalam persentase oleh persamaan 3.2 yaitu :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% = \frac{V_{out} \times I_{out}}{V_{in} \times I_{in}} \times 100\%$$

Pengujian efisiensi ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar efisiensi pada catu daya digital ketika diberi beban. Dalam menguji efisiensi ini diberikan beban berupa 3 ohm sampai 80 ohm dengan berbagai variasi tegangan dari tegangan setting 5 volt hingga 20 volt



Gbr. 13 Kurva Perbandingan Efisiensi dengan Perubahan Beban Saat Setpoint 5, 10, 15, 20 dan 25

Gambar 13 memperlihatkan bahwa efisiensi catu daya digital secara keseluruhan variasi tegangan dan variasi beban memiliki

efisiensi rata-rata sebesar 80,74% . Dari grafik juga terlihat, bahwa efisiensi cenderung naik seiring bertambahnya beban pada setiap variasi tegangannya. Hal itu disebabkan karena arus yang terjadi cenderung semakin kecil akibat semakin besar resistansinya

E. Regulasi beban catu daya digital

Regulasi beban adalah parameter yang menunjukkan seberapa besar perubahan tegangan pada beban bila terjadi perubahan arus. Semakin kecil nilai regulasi beban, semakin baik kualitas catu daya digital. Untuk menghitung nilai regulasi beban menggunakan persamaan 3.1, yaitu :

$$\text{Regulasi Beban} = \frac{V_{(\text{beban min})} - V_{(\text{beban maks})}}{V_{(\text{beban min})}} \times 100\%$$

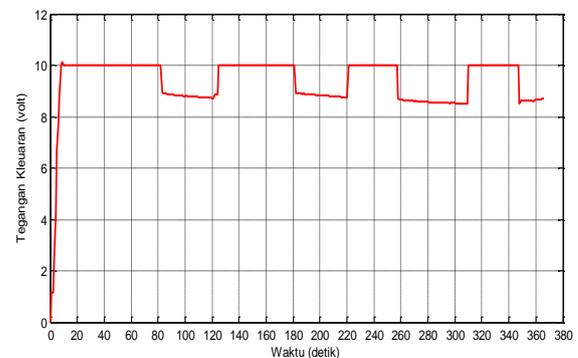
Tabel 2 pengujian regulasi beban

No	Resistansi (Ohm)	Vout (Volt)	Iout (A)	Pout (Watt)
1	3	19.97	6.33	126.41
2	5	19.98	5.35	106.893
3	8	19.98	3.15	62.937
4	9	19.98	2.91	58.1418
5	10	19.98	2.53	50.5494
6	11	20	2.23	44.6
7	13	20	1.92	38.4
8	16	20	1.62	32.4
9	20	20	1.3	26
10	26	20	0.98	19.6
11	40	20	0.66	13.2
12	80	20	0.34	6.8

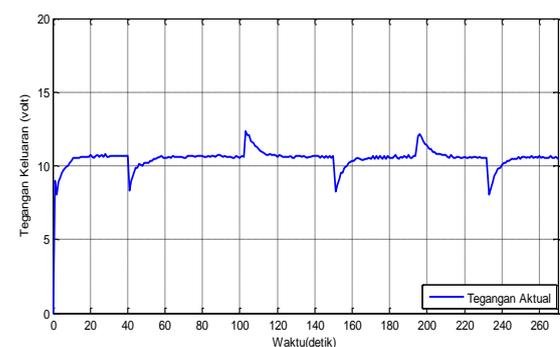
$$\begin{aligned} \text{Regulasi beban} &= \frac{20 - 19.97}{20} \times 100\% \\ &= 0.15\% \end{aligned}$$

Dari Tabel diatas terlihat bahwa pada saat kondisi resistansi 3 ohm (dengan beban maksimum) tegangan keluaran catu daya digital sebesar 19.97 Volt saat tegangan setting 20 volt. Sementara, pada saat resistansi 80 ohm (dengan beban minimal) tegangan keluaran catu daya DC ini sebesar 20 volt. Dari hasil pengujian dengan variasi beban dari beban 3 ohm sampai dengan beban 80 ohm, maka regulasi beban pada catu daya digital sebesar 0.15%.

F. Perbandingan Tegangan Keluaran Alat Yang Dibangun Oleh Penulis Dengan Alat Yang Sudah Dibeli Jadi



(a)



(b)

Gbr. 14 Kurva Perbandingan alat yang dibangun dengan alat yang dibeli jadi

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa tegangan keluaran sebesar 10 volt. Tegangan keluaran tersebut dilakukan pengujian pada perangkat keras yang dibangun dan perangkat keras yang sudah dibeli jadi dengan memvariasikan beban yaitu dengan

beban kecil dengan resistansi 200 ohm dan dengan beban besar dengan resistansi 8 ohm. Terlihat pada perangkat keras yang dibeli jadi bahwa tegangan keluaran akan mengalami penurunan saat terjadi perubahan beban sehingga tegangan keluaran dari alat tersebut tidak sesuai dengan yang diinginkan saat beban besar dan saat beban kecil kembali ke tegangan yang diinginkan. Sedangkan pada perangkat keras yang telah dibangun tegangan keluaran akan mengalami penurunan dan kenaikan saat terjadi perubahan beban dan akan kembali steady state seiring perubahan waktu.

V. PENUTUP

Perancangan dan pembuatan catu daya digital dengan metode regulasi pensaklaran (switching) telah berhasil dilakukan dengan kemampuan daya maksimal sebesar 170 watt. Catu daya digital yang telah dibangun memiliki efisiensi rata-rata sebesar 80.74% dan regulasi beban rata-rata sebesar 1.89%. Perbandingan hasil simulasi dan perangkat keras untuk perubahan tegangan keluaran akibat perubahan beban sebesar 0.22 volt saat setpoint 25 volt. Pengaruh perubahan setpoint terhadap tegangan keluaran untuk mencapai waktu steady state sebesar 10 detik dan pengaruh perubahan beban terhadap tegangan dan arus akan mempengaruhi tegangan keluaran pada catu daya.

REFERENSI

- [1] Istataqomawan, Zuli, Darjat, Agung Warsito . 2002. Catu Daya Tegangan DC Variabel dengan Dua TAHAP Regulasi (Switching dan Linier). Jurnal. Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
- [2] Hendrickson. 2010. Catu Daya Menggunakan Seven Segment. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri. Universitas Gunadarma.
- [3] Yanis, Rifaldi, Dringhuzen J. Mamahit, S.T. M.Eng, dkk. 2013. Perancangan Catu Daya Berbasis Up-Down Binary Counter dengan 32 Keluaran. E-Jurnal Teknik Elektro dan Komputer. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik. UNSRAT. Manado.
- [4] Andrianto.D. 2008. Analisa Kestabilan DC-DC Konverter Dengan Metode Penambahan LC Disisi kontrol. Skripsi. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknis. Universitas Katolik Soegipranata. Semarang.
- [5] Ilmanda, Hermawan. Mochammad Facta. Karnoto. 2014. Pembuatan Catu Daya Arus Dc Menggunakan Topologi Inverter Jembatan Penuh Dan Penyearah Jurnal. Teknik Elektro. Fakultas Teknik Elektro. Universitas Diponegoro. Semarang
- [6] Pujiyatmoko, Heru. Mochammad Facta. Agung Warsito. 2014. Perancangan Catu Daya DC Terkontrol Untuk Rangkaian Resonansi Berbasis Kumparan Tesla. Jurnal. Teknik Elektro. Fakultas Teknik Elektro. Universitas Diponegoro