

UNJUK KERJA CATU DAYA 12 VOLT 2A DENGAN *PASS ELEMENT TRANSISTOR NPN DAN PNP*

Fathoni *

Abstrak: Transistor pelewat (pass element transistor) yang dipasang pada rangkain catu daya yang menggunakan IC regulator 3 terminal adalah untuk booster arus output. Ada dua cara pemasangan transistor pelewat yang umum digunakan, yaitu dengan transistor pnp dan npn. Transistor pnp dipasang dengan basis transistor yang terhubung pada input IC regulator sedangkan transistor npn dipasang dengan basis transistor yang terhubung pada output IC regulator.

Untuk mengetahui unjuk kerja dari kedua cara tersebut, yaitu regulasi beban (load regulation) dan suhu heat sink komponen aktif, maka perlu dilakukan pengujian dengan kondisi kerja yang sama dan pembebanan sampai batas maksimalnya. Pengujian dilakukan pada 2 buah catu daya 12 volt 2 A yang berbeda konfigurasi transistor pelewat-nya. Pembebanan bervariasi dari 0,1 hingga 3 A. Perubahan arus beban dilakukan dengan rapat dan dengan selang waktu 1 menit.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa catu daya yang menggunakan transistor pelewat jenis pnp lebih bagus regulasi bebannya dibanding transistor npn, yaitu 0,827 % dibanding 2,149 %. Saat kondisi hubung singkat, berlaku sebaliknya, yaitu suhu heat sink transistor npn serta IC regulatornya lebih baik dibanding transistor pnp serta IC regulatornya, yaitu 52 °C dan 47 °C untuk transistor npn dan IC regulatornya dibanding 58° dan 63 °C untuk transistor pnp dan IC regulatornya.

Kata kunci: Hubung-singkat, IC regulator, regulasi-beban, transistor-pelewat

PENDAHULUAN

Terdapat dua cara praktis pemasangan transistor pelewat atau *booster* arus pada rangkaian catu daya dengan IC regulator tiga terminal. Cara pertama menggunakan transistor jenis *nnp* dan satu lagi jenis *pnp*. Konfigurasi dan jumlah komponen penunjang dari keduanya berbeda. Pada konfigurasi rangkaian yang menggunakan transistor *pnp*, terdapat 2 buah resistor pembagi arus, untuk transistor dan regulator, 1 buah resistor bias basis serta 1 buah dioda sedangkan pada konfigurasi yang menggunakan transistor *nnp* hanya ada 1 resistor pembatas arus dan 1 dioda. Rangkaian pertama menggunakan jumlah komponen yang lebih banyak dari rangkaian kedua. Kedua rangkaian sama-sama menerapkan asumsi bahwa $V_{EB} = V_{BE} \approx V_D$.

Pada pemakaian sebagai catu daya praktikum perlu diketahui, seberapa besar regulasi beban dari keduanya serta amankah semua komponen rangkaian terhadap kondisi hubung singkat.

Kondisi kerja praktikum adalah kondisi kerja yang berat, tidak tetap, dipakai banyak orang dengan banyak perilaku dan memerlukan kondisi stabil serta aman. Untuk itu perlu dilakukan pengujian agar diketahui batasan-batasan kemampuan catu daya yang menerapkan dua cara berbeda tersebut.

* Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang

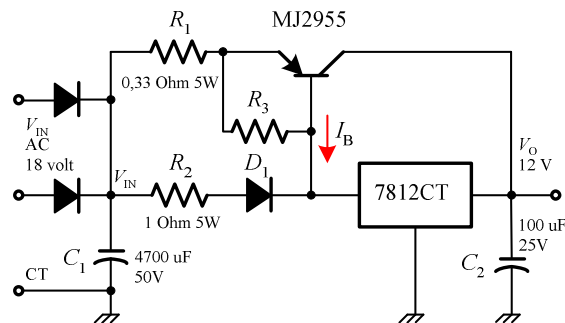
KAJIAN TEORI

Rangkaian catu daya 12 volt 2A dapat dibangun dengan pengatur tegangan IC regulator LM7812CT. Karena kemampuan arus output IC regulator tidak mencapai 2A maka diperlukan *booster* arus atau yang sering disebut sebagai *pass element* yang menggunakan transistor atau *power MOSFET*. Ada dua cara pemasangan *pass element* sebagai *booster* arus. Cara pertama adalah memasang transistor *pnp* dengan basis terhubung ke input IC regulator, seperti yang terlihat dalam Gambar 1. Cara kedua adalah memasang transistor *nnp* dengan basis yang terhubung ke output IC regulator, seperti terlihat dalam Gambar 2.

Kedua jenis rangkaian catu daya dalam penelitian ini menggunakan transistor pelewat yang komplemen simetris, yaitu 2N3055 *nnp* dan MJ2955 *pnp*. Kemampuan arus maksimal adalah 15 A. Resistansi *junction-case* (θ_{JC}) = 2 °C/W, suhu *junction* maksimal adalah 150 °C dan θ jenuh atau saturasi = 15.

Karena IC regulator telah dilengkapi dengan pembatas panas-lebih serta pelindung daerah aman (*safe area protection*) maka secara teori, arus output akan dibatasi atau dikurangi saat beda tegangan antara input dan output IC regulator semakin tinggi. Begitu pula saat suhu *junction* mencapai nilai maksimal, arus output akan dibatasi sampai nilai terendah. Dengan alasan tersebut maka diperkirakan bahwa kedua rangkaian akan mempunyai kinerja yang relatif sama.

Grafik *safe area protection* LM7812CT pada beberapa nilai suhu *junction*, T_J ditunjukkan dalam Gambar 3.



Gambar 1. Konfigurasi pertama, menggunakan transistor pelewat jenis *pnp*

Pada skema Gambar 1 atau rangkaian catu daya konfigurasi pertama, tegangan output rangkaian adalah sama dengan tegangan output IC regulator atau,

$$V_O = V_{reg}$$

Tegangan diantara kolektor dan emittor transistor MJ2955, V_{EC} adalah $V_{IN} - V_{R1}$ sehingga disipasi daya pada transistor *pnp* MJ2955 adalah,

$$P_{D \text{ MJ2955}} = V_{EC} \times I_C \text{ atau}$$

$$P_{D \text{ MJ2955}} = (V_{IN} - V_{R1}) \times I_C$$

Arus output rangkaian adalah arus kolek-tor transistor MJ2955 ditambah dengan arus output IC regulator (I_{reg}).

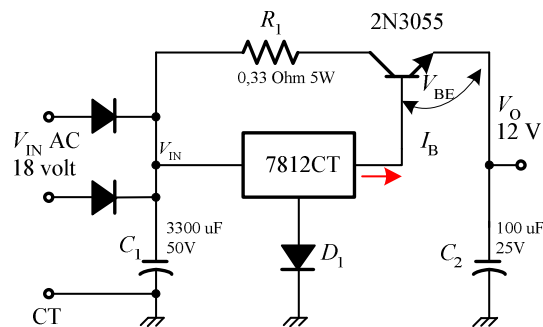
$$I_O = I_C + I_{reg}.$$

Sedangkan I_{reg} adalah $I_B + I_{R2}$ sehingga

$$I_O = I_C + (I_B + I_{R2})$$

jika $I_E = I_C + I_B$ maka

$$I_O = I_E + I_{R2}$$



Gambar 2. Konfigurasi kedua, menggunakan transistor pelewat jenis *npn*

Pada rangkaian catu daya dalam Gambar 2, atau konfigurasi kedua, transistor *pass element* dipasang dengan basis terhubung ke output IC regulator. Terminal *ground* IC regulator dipasangi dioda sehingga tegangan basis transistor menjadi,

$$V_B = V_{reg} + V_D$$

Tegangan output rangkaian menjadi,

$$V_O = V_{reg} - V_{BE}$$

Jika $V_D \approx V_{BE}$ maka

$$V_O = V_{reg}$$

Tegangan diantara kolektor dan emittor transistor 2N3055 adalah,

$$V_{CE} = V_{IN} - V_{R1}$$

dan disipasi daya transistor *npn* 2N3055 adalah,

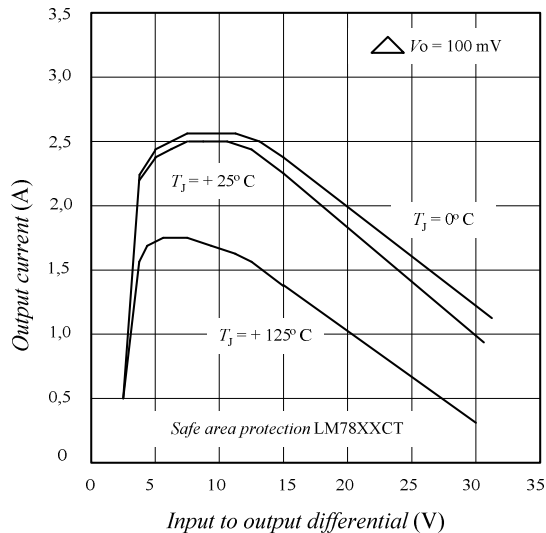
$$P_{D\ 2N3055} = V_{CE} \times I_C \text{ atau}$$

$$P_{D\ 2N3055} = (V_{IN} - V_{R1}) \times I_C$$

Karena output rangkaian adalah emittor transistor *npn* 2N3055 maka arus output rangkaian merupakan arus kolektor,

$$I_O = I_{C2N3055}$$

$$I_O = I_{reg} \times \beta$$



Sumber: National Power ICs Databook

Gambar 3. Grafik *safe area protection* LM78XXCT

Dari grafik Gambar 3 terlihat bahwa, pada $T_j = 125^\circ\text{C}$ dengan beda tegangan input-output (V_{DO}) sebesar 20 volt, arus output akan dibatasi menjadi kira-kira = 1 A. Semakin besar beda tegangan input-output maka arus output semakin rendah. begitu juga dengan suhu junction, T_j . Semakin tinggi suhu *junction* maka semakin rendah arus output.

PENGUJIAN

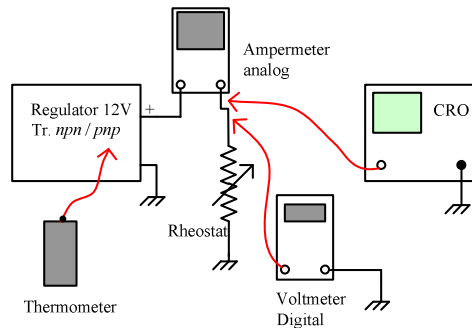
Rangkaian yang hendak diuji adalah dua buah rangkaian catu daya 12 volt 2A dengan konfigurasi berbeda. Kedua rangkaian dibangun berdasarkan perhitungan perancangan yang benar. Dimulai dari perhitungan V_{IN} dan kapasitor filter minimal, keperluan ukuran keping *heat sink*, baik untuk transistor maupun IC regulator, resistor pembatas arus dan resistor bias basis. Catu daya dirancang untuk tegangan 12 volt dengan arus beban maksimal 2A dan pada suhu lingkungan (*ambient temperature*), $T_A = 35^\circ\text{C}$.

Kondisi pengujian adalah, $V_{in} = 20$ volt *ac*, suhu ruang (*ambient temperature*), $T_A = 28^\circ\text{C}$. Arus beban bervariasi dari 0,1 A hingga hubung singkat. Tiap variasi beban diberikan selama 1 menit dan saat hubung singkat dilakukan selama 5 menit. Pengujian keadaan hubung singkat dilakukan agar diketahui keandalan rangkaian secara keseluruhan maupun masing-masing kompo-nen yang terpasang. Skema pengujian ditunjukkan dalam Gambar 4 dan data hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel 1.

Data alat ukur yang digunakan antara lain adalah,

- Voltmeter merk Sanwa CD800a Made in Japan
- Ampermeter Metrix MX480 Made in Swiss
- Rheostat 110 Ω , 2,5 A dan 11 Ω , 8A. Merk Leybold-Heraeus Made in Germany
- CRO GWInstek GOS622G Made in China
- Thermometer digital merk Hoki, made in Japan

Keping *heat sink* untuk transistor adalah lembaran Aluminium (*polished Al*) tebal 2mm bentuk persegi panjang dengan ukuran 7 x 20 cm sedangkan untuk IC regulator dengan bahan yang sama dan ukuran 4 x 4 cm berbentuk U.



Gambar 4. Skema pengujian rangkaian catu daya.

Tegangan *ripple* yang cukup besar muncul setelah arus beban hampir 2 A. Contoh gambar tegangan *ripple* yang terjadi ditunjukkan dalam Gambar 5 dan 6. $V_{\text{ripple I}} \approx 1$ Vp-p dan $V_{\text{ripple II}} \approx 2$ Vp-p

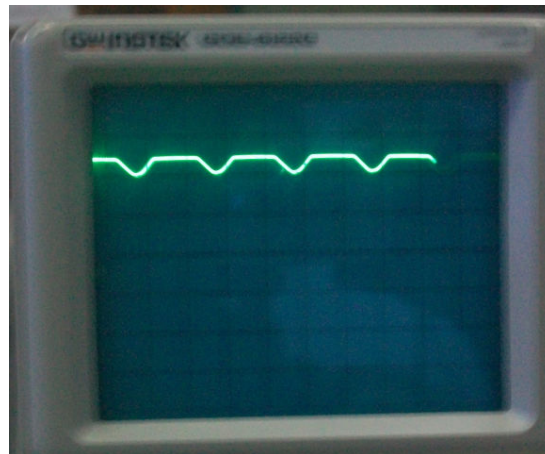
Suhu *heat sink* transistor dan IC regulator diukur pada saat hubung singkat selama 5 menit. Suhu diukur pada titik belakang komponen aktif. Arus hubung singkat rangkaian konfigurasi I adalah $I_{\text{SC1}} = 5,1$ A dan rangkaian konfigurasi II, $I_{\text{SC2}} = 4,93$ A. Suhu *heat sink* transistor MJ2955 = 58 °C dan IC regulator I = 63 °C. Suhu *heat sink* transistor 2N3055 = 52 °C dan IC regulator II = 47 °C.

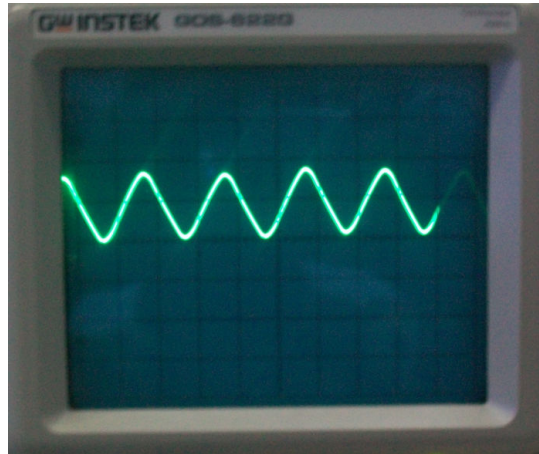
Suhu *heat sink* pada transistor bernilai lebih rendah dari suhu *heat sink* pada IC regulator, baik untuk rangkaian catu daya konfigurasi I maupun konfigurasi II. Hal ini disebabkan pada saat hubung singkat, arus kolektor atau arus emitor transistor MJ2955 maupun 2N3055 bernilai jauh dibawah batas maksimalnya.

Tabel 1. Data pengujian regulasi beban

Arus beban (Amper)	Vo konfigur. I (volt)	Vo konfigur. II (volt)
0	12,04	12,16
0,1	11,98	11,94
0,2	11,96	11,88
0,3	11,96	11,84
0,4	11,94	11,81
0,5	11,93	11,80
0,6	11,93	11,78
0,7	11,92	11,77
0,8	11,91	11,75
0,9	11,90	11,73
1,0	11,87	11,71
1,2	11,86	11,67
1,5	11,84	11,62
1,7	11,82	11,58
2,0	11,80	11,51
2,2	11,63	11,20
2,5	11,42	10,00
3,0	9,75	9,75

Tegangan *ripple* rangkaian catu daya konfigurasi I yang terlihat pada CRO ditunjukkan dalam Gambar 5 dan rangkaian catu daya konfigurasi II ditunjukkan dalam Gambar 6.

Gambar 5. Tegangan *ripple* output catu daya konfigurasi I pada arus beban 2 A.



Gambar 6. Tegangan *ripple* output catu daya konfigurasi II pada arus beban 2 A.

ANALISIS

Analisis data pengujian dilakukan teru-tama untuk mengetahui perubahan tegangan output pada beberapa variasi arus beban atau regulasi beban, tegangan *ripple* yang terjadi, ketahanan rangkaian dari keadaan hubung singkat serta suhu keping *heat sink* saat hubung singkat. Regulasi beban ditulis dalam $\Delta V_O/V_O$ atau dalam prosentase. Dari data pengujian maka nilai regulasi beban dari kedua konfigurasi catu daya 12 volt 2A adalah,

Konfigurasi I, ΔV_O rata-rata = 0,099 volt.

Konfigurasi II ΔV_O rata-rata = 0,258 volt

Regulasi beban I = $8,25 \times 10^{-3}$ atau

$$\text{Reg. beban I} = \frac{\Delta V_O}{V_O} \times 100 \% = 0,827 \%$$

Regulasi beban II = 0,0215 atau

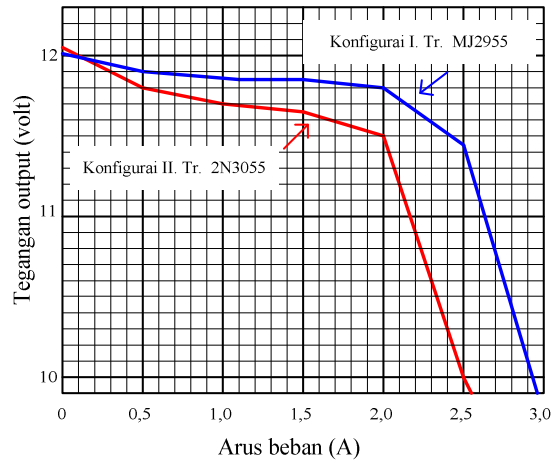
$$\text{Regulasi beban II} = \frac{\Delta V_O}{V_O} \times 100 \%$$

Regulasi beban II = 2,149 %

Regulasi beban dari rangkaian catu daya konfigurasi I terlihat lebih baik dibanding konfigurasi II, begitu juga tegangan *ripple*.

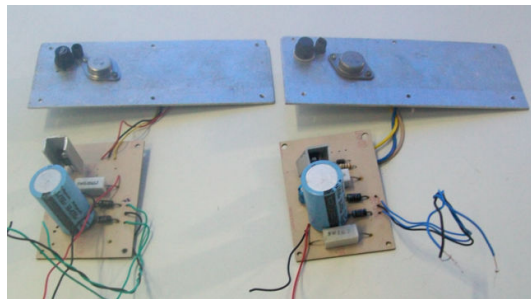
Tegangan output rangkaian catu daya konfigurasi I merupakan terminal (*pin*) output LM7812CT sehingga pengaturan atau regulasi tegangannya merupakan beban langsung IC regulator sedangkan pada konfigurasi II, output catu daya merupakan terminal emittor 2N3055 sehingga regulasi tegangannya tidak langsung menjadi beban LM7812CT.

Suhu keping *heat sink* serta pembatasan arus saat hubung singkat, lebih baik pada konfigurasi II dibanding konfigurasi I. Hal ini dikarenakan perbedaan beda tegangan input-output diantara keduanya. Beda tegangan input-output IC regulator (V_{DO}) konfigurasi II bernilai lebih tinggi dibanding dengan konfigurasi I. Dalam rangkaian konfigurasi I terdapat R_2 sebesar 1Ω yang terpasang pada input IC regulator. Berdasar pada grafik *safe area protection* maka pembatasan arus yang terjadi dalam rang-kaian konfigurasi II lebih rendah dibanding konfigurasi I.



Gambar 7. Grafik tegangan output catu daya konfigurasi I dan II

Foto rangkaian catu daya yang diuji ditunjukkan dalam Gambar 8. Di sebelah kiri adalah catu daya konfigurasi II dan sebelah kanan adalah konfigurasi I. Ukuran *heat sink* transistor dan IC regulator adalah sama. Begitu juga dengan kapasitor filter, trafo dan dioda penyearah.



Gambar 8. Foto rangkaian catu daya yang diuji

KESIMPULAN

Dari hasil analisis data pengujian dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran sebagai berikut,

- Regulasi beban rangkaian catu daya dengan *element pass* menggunakan transistor *pnp* MJ2955 adalah 0,827 % sedangkan yang menggunakan transistor *nnp* 2N3055 adalah 2,149 %. Rangkaian catu daya dengan konfigurasi I mempunyai regulasi beban yang lebih baik dari konfigurasi II.
- Tegangan *ripple* rangkaian catu daya konfigurasi I lebih baik dibandingkan konfigurasi II, yaitu $V_{\text{ripple I}} = 1 \text{ Vp-p}$ dan $V_{\text{ripple II}} = 2 \text{ Vp-p}$
- Suhu keping *heat sink* transistor maupun IC regulator lebih rendah pada konfigurasi II dibanding konfigurasi I.

SARAN

Dari analisis data hasil pengujian dan ke-simpulan maka dapat diberikan saran sebagai berikut,

Untuk memperbaiki regulasi beban perlu diteliti lagi tegangan jatuh (*drop*) pada terminal (*tap*) trafo saat arus beban bertambah besar. Jika ternyata tegangan jatuh melewati batas minimal yang diperlukan IC regulator maka aksi regulasi mejadi tidak optimal. Begitu juga dengan batas minimal kapasitor filter.

Panas yang lebih tinggi pada *heat sink* IC regulator dibanding *heat sink* transistor dapat dikurangi dengan menambah luasan keping *heat sink* atau mengganti bahan yang lebih tebal atau bahan yang lebih baik emmisivitasnya, seperti *Black anodized Al* dan sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, *National Power IC's Databook*, 1995, National Semiconductor Corporation, Santa Clara.

Anonim, 1983, *Linier/Switchmode Voltage Regulator Manual*, Motorola Inc.

Anonim, 1995, *Motorola Bipolar Power Transistor Device Data*, Motorola Inc.

GC Loveday, 1980, *Electronic Testing and Fault Diagnosis*, A.H Wheeler & Co, India.