

MODUL PRAKTIKUM II

Rangkaian Penstabil Tegangan DC

A. Tujuan Praktikum

Setelah melaksanakan percobaan ini, praktikan diharapkan mampu:

1. Memahami karakteristik breakdown pada dioda zener
2. Memahami cara kerja regulasi zener dengan tegangan input yang bervariasi
3. Memahami cara kerja regulasi dengan variabel beban

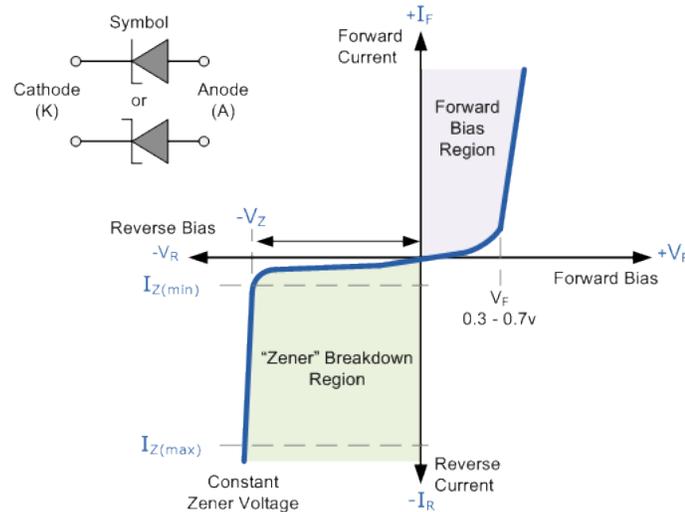
B. Teori Pendukung

Dioda Zener atau “Breakdown Diode”, seperti yang sering disebut, pada dasarnya sama dengan dioda PN junction standar tetapi dirancang khusus untuk memiliki Tegangan Reverse Breakdown yang rendah dan memanfaatkan tegangan balik yang diterapkan.

Dioda Zener berperilaku seperti dioda tujuan umum yang terdiri dari sambungan PN silikon dan ketika dibias ke arah maju, yaitu Anoda positif dihubungkan dengan Katodanya, ia berperilaku seperti dioda sinyal normal yang melewati arus pengenal. Namun, tidak seperti dioda konvensional yang menghalangi aliran arus melalui dirinya sendiri ketika dibias mundur, yaitu Katoda menjadi lebih positif daripada Anoda, setelah tegangan balik mencapai nilai yang telah ditentukan, dioda zener mulai berjalan di arah sebaliknya.

Ini karena ketika tegangan balik yang diterapkan di dioda zener melebihi tegangan komponen yang ditentukan, proses yang disebut Avalanche Breakdown terjadi di lapisan penipisan semikonduktor dan arus mulai mengalir melalui dioda untuk membatasi peningkatan tegangan ini. Arus yang sekarang mengalir melalui dioda zener meningkat secara dramatis ke nilai rangkaian maksimum (yang biasanya dibatasi oleh resistor seri) dan setelah tercapai, arus saturasi balik ini tetap cukup konstan pada rentang tegangan balik yang lebar. Titik tegangan di mana tegangan melintasi dioda zener menjadi stabil disebut "tegangan zener", (V_z) dan untuk dioda zener tegangan ini dapat berkisar kurang dari satu volt hingga beberapa ratus volt.

Titik di mana tegangan zener memicu arus yang mengalir melalui dioda dapat dikontrol dengan sangat akurat (hingga toleransi kurang dari 1%) dalam tahap doping konstruksi semikonduktor dioda yang memberikan dioda tegangan tembus zener tertentu, (V_Z) untuk contoh, 4.3V atau 7.5V. Tegangan tembus zener ini pada kurva I-V hampir merupakan garis lurus vertikal.



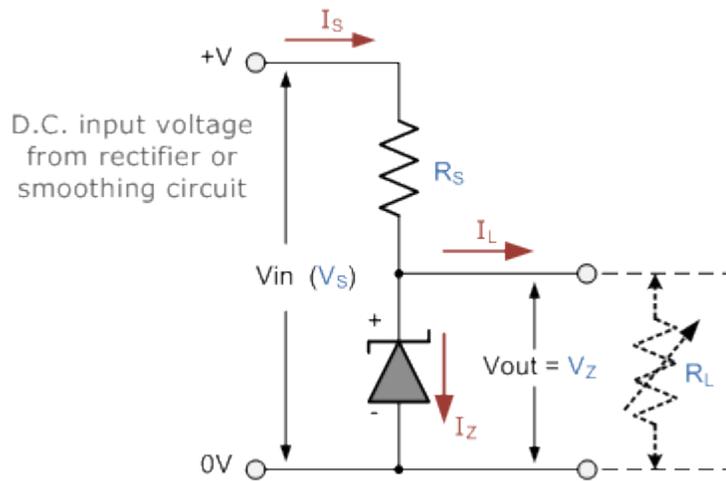
Gambar 1. Karakteristik arus pada dioda zener

Dioda Zener digunakan dalam mode “reverse bias” atau reverse breakdown, yaitu anoda dioda terhubung ke suplai negatif. Dari kurva karakteristik I-V di atas, kita dapat melihat bahwa dioda zener memiliki wilayah dalam karakteristik bias baliknya yang hampir konstan tegangan negatifnya terlepas dari nilai arus yang mengalir melalui dioda. Tegangan ini tetap hampir konstan bahkan dengan perubahan arus yang besar dengan syarat arus dioda zener tetap berada di antara arus tembus $I_{Z(\min)}$ dan nilai arus maksimumnya $I_{Z(\max)}$.

Kemampuan dioda zener untuk mengontrol dirinya sendiri dapat digunakan untuk mengatur atau menstabilkan sumber tegangan terhadap variasi suplai atau beban. Fakta bahwa tegangan melintasi dioda di daerah gangguan hampir konstan ternyata menjadi karakteristik penting dari dioda zener karena dapat digunakan dalam jenis aplikasi pengatur tegangan yang paling sederhana. Fungsi regulator tegangan adalah untuk memberikan tegangan keluaran konstan ke beban yang terhubung secara paralel dengannya meskipun ada riak dalam tegangan suplai atau variasi arus beban. Dioda zener akan terus mengatur tegangannya sampai dioda yang menahan arus turun di bawah nilai $I_{Z(\min)}$ minimum di daerah breakdown terbalik.

Dioda Zener dapat digunakan untuk menghasilkan output tegangan yang stabil dengan riak rendah di bawah berbagai kondisi arus beban. Dengan melewati arus kecil melalui dioda dari sumber tegangan, melalui resistor pembatas arus (R_S) yang sesuai, dioda zener akan menghantarkan arus yang cukup untuk mempertahankan penurunan tegangan V_{out} .

Kita ingat dari tutorial sebelumnya bahwa tegangan keluaran DC dari penyearah setengah atau penuh gelombang mengandung riak yang ditumpangkan ke tegangan DC dan bahwa ketika nilai beban berubah, demikian pula tegangan keluaran rata-rata. Dengan menghubungkan rangkaian stabilizer zener sederhana seperti yang ditunjukkan di bawah ini melintasi output penyearah, tegangan output yang lebih stabil dapat dihasilkan.



Gambar 2. Contoh rangkaian penstabil tegangan dengan dioda zener

Resistor, R_S dihubungkan secara seri dengan dioda zener untuk membatasi aliran arus melalui dioda dengan sumber tegangan, V_S dihubungkan melintasi kombinasi. Tegangan keluaran stabil V_{out} diambil dari seberang dioda zener.

Dioda zener dihubungkan dengan terminal katodanya terhubung ke rel positif supply DC sehingga bias mundur dan akan beroperasi dalam kondisi breakdown. Resistor R_S dipilih untuk membatasi arus maksimum yang mengalir dalam rangkaian.

Tanpa beban yang terhubung ke rangkaian, arus beban akan menjadi nol, ($I_L = 0$), dan semua arus rangkaian melewati dioda zener yang pada gilirannya menghilangkan daya maksimumnya. Juga nilai resistor seri R_S yang kecil akan menghasilkan arus dioda yang lebih besar ketika resistansi beban R_L dihubungkan dan besar karena hal ini akan meningkatkan kebutuhan disipasi daya dioda sehingga harus berhati-hati saat memilih nilai resistansi seri

yang sesuai. bahwa peringkat daya maksimum zener tidak terlampaui dalam kondisi tanpa beban atau impedansi tinggi ini.

Beban dihubungkan secara paralel dengan dioda zener, sehingga tegangan R_L selalu sama dengan tegangan zener, ($V_R = V_Z$). Ada arus zener minimum yang stabilisasi tegangannya efektif dan arus zener harus tetap di atas nilai ini yang beroperasi di bawah beban dalam wilayah kerusakannya setiap saat. Batas atas arus tentu saja tergantung pada peringkat daya perangkat. Tegangan suplai V_S harus lebih besar dari V_Z .

Satu masalah kecil dengan rangkaian stabilizer dioda zener adalah bahwa dioda kadang-kadang dapat menghasilkan gangguan listrik di atas suplai DC saat mencoba menstabilkan tegangan. Biasanya ini bukan masalah untuk sebagian besar aplikasi tetapi penambahan kapasitor decoupling bernilai besar di seluruh output zener mungkin diperlukan untuk memberikan pemulusan tambahan.

Kemudian untuk meringkas sedikit. Dioda zener selalu dioperasikan dalam kondisi bias mundur. Dengan demikian rangkaian pengatur tegangan sederhana dapat dirancang menggunakan dioda zener untuk mempertahankan tegangan keluaran DC konstan di seluruh beban terlepas dari variasi tegangan masukan atau perubahan arus beban. Regulator tegangan zener terdiri dari resistor pembatas arus R_S yang dihubungkan seri dengan tegangan input V_S dengan dioda zener yang dihubungkan paralel dengan beban R_L dalam kondisi bias mundur ini. Tegangan keluaran yang distabilkan selalu dipilih sama dengan tegangan tembus V_Z dioda.

Catu daya stabil 5.0V diperlukan untuk diproduksi dari sumber input catu daya 12V DC. Peringkat daya maksimum P_Z dioda zener adalah 2W. Dengan menggunakan rangkaian regulator zener di atas, hitunglah:

- Arus maksimum yang mengalir melalui dioda zener.

Arus ini akan menentukan berapa arus yang boleh mengalir ke Dioda Zener agar dioda ini bisa tetap meregulasi tegangan sesuai yang diberikan pada datasheet komponen. Dalam contoh ini, sebuah dioda zener yang digunakan adalah 5V dengan daya 2 Watt. Artinya dari datasheet ini adalah bahwa terminal pada dioda ini akan ada drop tegangan sebesar 5V dengan syarat daya atau energi rata-rata yang keluar dari komponen ini maksimum sebesar 2 Watt. Jika energi rata-rata atau yang disebut dengan daya keluar melebihi 2

Watt maka dioda zener ini tidak akan mampu lagi untuk meregulasi tegangan sesuai yang dicantumkan di datasheet yaitu sebesar 5V. Untuk menentukan berapa arus maksimum yang boleh mengalir melalui dioda zener ini, maka dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Arus maksimum yang mengalir adalah} = \frac{\text{Daya di Datasheet}}{\text{Tegangan Regulasi}} = \frac{2 \text{ Watt}}{5 \text{ Volt}} = 400 \text{ mA}$$

- Nilai minimum resistor seri, R_s

Untuk mengatur agar arus yang mengalir ke dioda zener tidak melebihi nilai maksimum, maka sebuah resistor dipasangkan seri terhadap sumber tegangan. Besar tahanan minimum yang diperlukan dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$R_s = \frac{V_s - V_z}{I_z} = \frac{12V - 4V}{400mA} = 17.5 \text{ ohm}$$

- Arus beban I_L jika resistor beban $1k\Omega$ dihubungkan melintasi dioda zener.

$$I_L = \frac{V_z}{R_L} = \frac{5V}{1000\Omega} = 5mA$$

- Arus zener I_z pada beban penuh.

Karena dioda zener terhubung secara paralel dengan beban, dan paralel ini terhubung secara seri dengan resistor pembatas arus, maka besar arus yang mengalir ke dioda zener pada sebuah rangkaian regulator bisa dirumuskan sebagai berikut.

$$I_z = I_s - I_L = 400mA - 5mA = 395mA$$

C. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada percobaan ini adalah sebagai berikut:

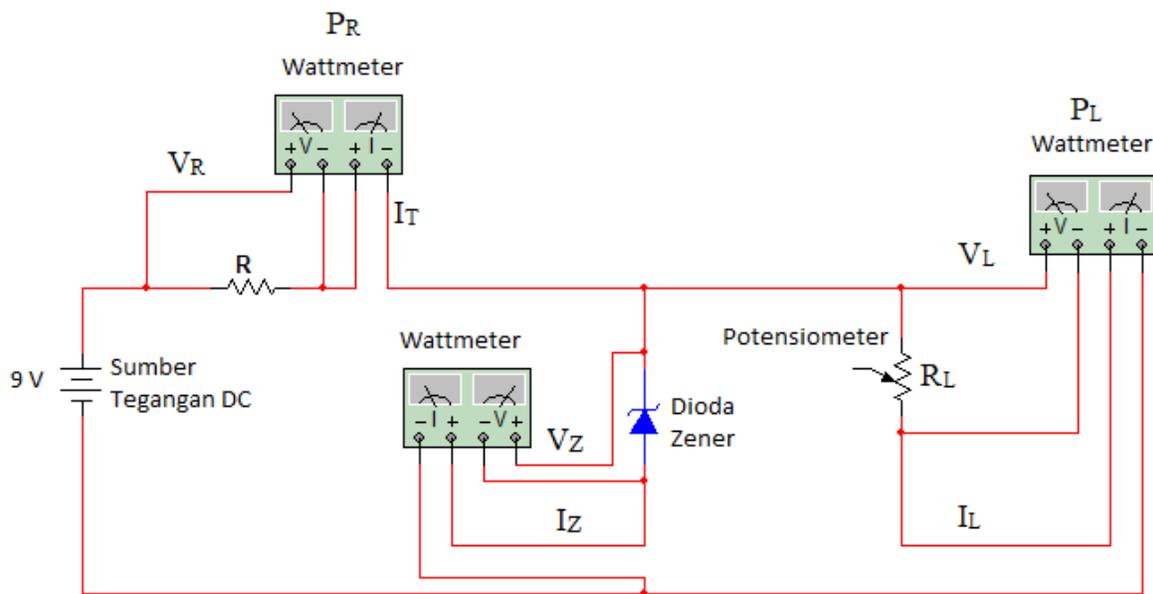
1. Multimeter (4 Unit)
2. Wattmeter (1 Unit)
3. Breadboard (1 Unit)
4. Power Supply (1 Buah)
5. Resistor 100Ω 0.5Watt (1 Buah)
6. Resistor 220Ω 0.5Watt (1 Buah)

7. Resistor 230Ω 0.5Watt (1 Buah)
8. Dioda Zener 5.1V 0.5Watt (1 Buah)
9. Potensiometer $1K\Omega$ (1 Buah)

D. Langkah-langkah Percobaan

1. Buat rangkaian seperti Gambar 3. Dari Gambar ini, dapat dijelaskan bahwa sumber tegangan DC disetting sebesar 9V. Sumber tegangan DC ini adalah sebuah power supply variable yang gambar nyatanya bisa dilihat pada Gambar 4. Untuk memastikan bahwa sumber tegangan DC sudah mengeluarkan 9 V, bisa dilihat di tampilan alat tersebut atau jika ingin memastikan dengan alat ukur, bisa menggunakan Voltmeter DC. Rangkaian Dioda Zener paralel dengan potensiometer, dan kemudian titik sambungan ini dirangkai seri dengan resistor R dan sumber tegangan. Perlu diperhatikan bahwa penggunaan potensiometer di sini adalah sebagai resistor beban variabel R_L yang mana nilai resistansinya bisa diubah-ubah dengan memutar tombol di potensiometer.
2. Nilai resistor yang mesti pertama kali dipasang adalah 100Ω . Kemudian ukuran dioda zener yang digunakan adalah 5.1V dengan daya maksimum 0.5 Watt. Jangan menggunakan nilai tegangan dari sumber melebihi yang ditentukan, karena akan dapat merusak komponen. Kemudian atur nilai potensiometer agar bernilai 500Ω sesuai dengan isian pada Tabel 1. Gunakan ohmmeter untuk mengukur nilai potensiometer saat memutar tombol yang ada di potensiometer.
3. Mengukur tegangan V_R dan arus I_T dan daya P_R dilakukan pada tahanan R. Alat yang digunakan di sini adalah sebuah Wattmeter. Dengan memasang alat ukur Wattmeter seperti ditunjukkan pada Gambar 4, maka nilai tegangan, arus dan daya akan didapatkan. Alternatif lain bisa dilakukan tanpa menggunakan alat ukur Wattmeter tetapi dengan menggunakan dua multimeter yang mana satu multimeter difungsikan sebagai Voltmeter dan yang satunya lagi difungsikan sebagai Amperemeter. Untuk mendapatkan nilai dayanya, maka harus dilakukan perkalian secara manual yaitu besar tegangan dikali dengan besar arus.
4. Selanjutnya adalah mengukur tegangan V_Z , dan arus I_Z pada dioda zener. Cara pemasangan alat ukur Wattmeter bisa dilihat pada Gambar 4. Data dari tegangan dan arus yang terbaca di alat Wattmeter harus diisikan pada pada Tabel 1.

5. Kemudian melakukan pengukuran tegangan V_L , arus I_L , dan daya P_L pada tahanan beban R_L . Cara pemasangan alat ukurnya bisa dilihat pada Gambar 4. Tahanan beban ini berupa potensiometer yang difungsikan sebagai beban listrik, di mana nilai tahanan ini bisa diubah-ubah.
6. Untuk proses percobaan selanjutnya berupa pengulangan proses dengan hanya merubah nilai dari tahanan beban R_L seperti yang diinginkan sesuai Tabel 1. Tahanan beban ini diubah melalui penyetingan tahanan pada potensiometer.



Gambar 3. Rangkain skematik penstabil tegangan dengan dioda zener

F. Analisa dan Pembahasan

Analisa dari praktikum ini dibuat dengan membuat tabel perhitungan dari nilai V_R , V_Z , V_L , I_T , I_Z , I_L dengan variabel yang berbeda sesuai Tabel 1 untuk mencari persentase kesalahan antara teori dan percobaan. Rumus persentase kesalahan didapatkan sebagai berikut.

$$\% \text{ Kesalahan} = \frac{\text{Nilai Perhitungan} - \text{Nilai Pengukuran}}{\text{Nilai Perhitungan}} \times 100\%$$

Semakin besar persentase kesalahan, maka persentase ketidak berhasilan dalam praktikum semakin besar, karena praktikum ini sebagai bentuk pembuktian sebuah perhitungan teori yang bersifat ideal. Beberapa penyebab dari tingkat persentase kesalahan harus dianalisa dari segi keakuratan atau kepresisian dalam penggunaan alat ukur, dan nilai toleransi dari sebuah komponen.

Pada bagian pembahasan harus mencantumkan grafik keterhubungan antara:

1. $R_{L(\Omega)}$ terhadap V_R (perubahan nilai resistansi beban terhadap tegangan resistor seri)
2. $R_{L(\Omega)}$ terhadap V_Z (perubahan nilai resistansi beban terhadap tegangan zener)
3. $R_{L(\Omega)}$ terhadap V_L (perubahan nilai resistansi beban terhadap tegangan output di beban)
4. $R_{L(\Omega)}$ terhadap I_T (perubahan nilai resistansi beban terhadap arus total)
5. $R_{L(\Omega)}$ terhadap I_Z (perubahan nilai resistansi beban terhadap arus zener)
6. $R_{L(\Omega)}$ terhadap I_L (perubahan nilai resistansi beban terhadap arus beban)

Masing-masing grafik harus dijelaskan berdasarkan tren dari perubahan tersebut.

G. Kesimpulan

Buatlah kesimpulan dari proses praktikum yang telah dilakukan dengan menjelaskan secara singkat tentang:

1. Persentase kesalahan yang terdapat pada hasil pengukuran di mana hasil perhitungan adalah nilai absolut yang dijadikan sebagai sumber acuan.
2. Kesimpulan dari grafik yang dibuat

