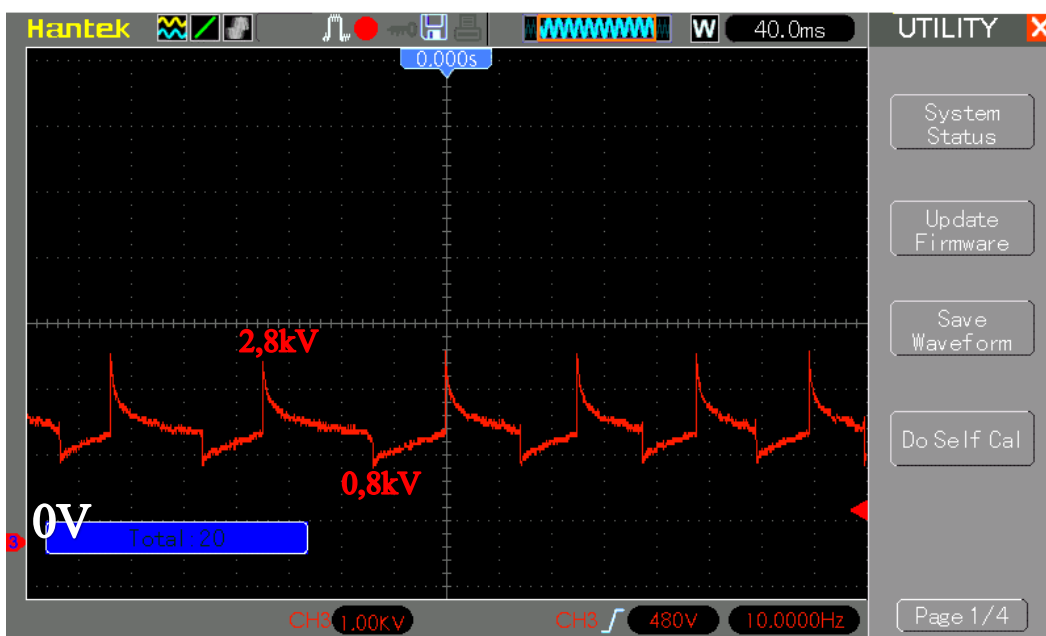


## BAB V HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan perancangan dan pembuatan rangkaian *Marx Generator*, langkah selanjutnya adalah pengujian rangkaian yang sudah dibuat. Pengujian dan pengambilan data ini dilakukan di Laboratorium Elektronika Proses Universitas Brawijaya. Terdapat dua macam pengujian yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu pengujian *Generator* tanpa beban dan pengujian dengan menggunakan beban *storage capacitor*.

### 5.1 Pengujian Tanpa Beban

Pada pengujian pertama yang dilakukan, rangkaian *Marx generator* tanpa beban. Tegangan keluaran *Marx generator* menghasilkan 2,8kV dari 6 kV yang diharapkan seperti terlihat pada *Gambar 5.1*. Setelah beberapa saat, resistor R1 terbakar.



*Gambar 5.1* Hasil Pengujian Pertama Rangkaian *Marx Generator* Tanpa Beban dengan masing-masing  $R = 10\text{k}\Omega$  5W sesaat sebelum R1 terbakar.

Perhitungan nilai arus yang melewati R1 didapatkan dari ilustrasi *Gambar 5.2*. Ilustrasi *Gambar 5.2* merupakan kondisi saat G1 terhubung singkat, sehingga tegangan kapasitor akan bernilai 0V. *Gambar 5.1* menggunakan  $R_1$  dan  $R_3$  sebesar  $10\text{k}\Omega$ , maka hasil perhitungan ditunjukkan pada perhitungan dibawah ini:

$$V_{in} = i_s \times (R_1 + R_3)$$

$$1.500 = i_s \times (10.000 + 10.000)$$

$$i_s = \frac{1.500}{20.000}$$

$$i_s = 0,075 \text{ A}$$

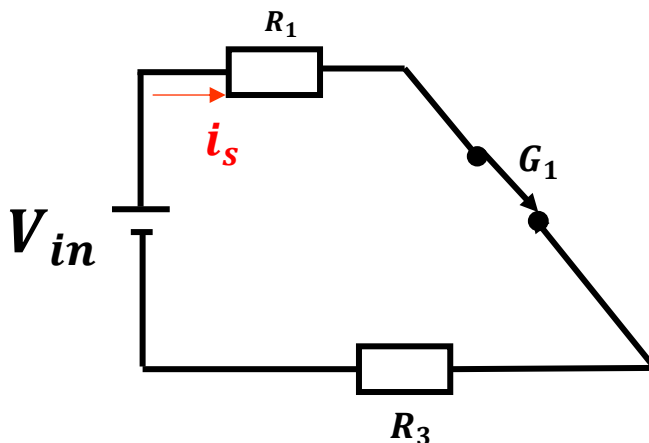
Arus yang melewati  $R_1$  yaitu 0,075A sehingga daya yang didisipasi oleh resistor  $R_1$  yaitu:

$$P = i^2 \times R_1$$

$$P = 0,075^2 \times 10.000$$

$$P = 56,25 \text{ watt}$$

Pada kenyataannya, daya yang diserap resistor terlalu besar yaitu melebihi daya maksimum yang dapat diserap oleh resistor tersebut sebesar 5 watt. Hal itu menyebabkan resistor  $R_1$  terbakar.



Gambar 5.2 Ilustrasi kondisi saat  $G_1$  terhubung singkat

Pengujian pertama pada rangkaian *Marx generator* tanpa beban serta kalkulasi arus yang melewati  $R_1$ , maka terdapat penggantian pada rangkaian Marx generator. Nilai resistor  $R_1$ ,  $R_2$ , dan  $R_3$  diganti menjadi resistor  $1\text{M}\Omega$  1W. Resistor  $1\text{M}\Omega$  1W tersebut digunakan sebagai *current limiter*. Rangkaian yang telah diganti resistornya dapat dilihat pada Gambar 5.3. Sesuai dengan Gambar 5.1 dengan menggunakan  $R_1$  dan  $R_3$  sebesar  $1\text{M}\Omega$ , maka hasil perhitungan ditunjukkan pada perhitungan dibawah ini:

$$V_{in} = i_s \times (R_1 + R_3)$$

$$1.500 = i_s \times (1.000.000 + 1.000.000)$$

$$i_s = \frac{1.500}{2.000.000}$$

$$i_s = 0,00075 \text{ A}$$

arus yang melewati  $R_1$  yaitu 0,75 mA sehingga daya yang didisipasi oleh resistor  $R_1$  yaitu:

$$P = i^2 \times R_1$$

$$P = 0,00075^2 \times 1.000.000$$

$$P = 0,5625 \text{ watt}$$



Gambar 5.3 Penggantian Resistor pada Rangkaian Marx generator

Tegangan keluaran generator setelah resistor diganti terlihat pada Gambar 5.4 yaitu berupa impuls dengan *peak* sebesar 6,8kV.



Gambar 5.4. Hasil Pengujian Setelah Resistor Diganti Menjadi 1 MΩ 1 W.

Tegangan keluaran generator sebelum dan sesudah penggantian resistor tersebut dicatat seperti pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1  
Perbedaan hasil perhitungan, dan percobaan tegangan keluaran rangkaian *Marx generator*.

Hasil Data	Target	Percobaan 1	Percobaan 2
Tegangan Keluaran <i>Marx generator</i> tanpa dihubungkan dengan <i>storage capacitor</i>	6kV	2,8kV	6,8kV

Perbedaan waktu pengisian saat dipasang resistor 10 k $\Omega$  lebih lama dibandingkan proses pengisian pada saat 1 M $\Omega$ . Pada percobaan 2, rangkaian *Marx generator* dapat menghasilkan tegangan hingga mencapai puncak 6,8 kV namun dalam waktu yang sangat singkat. Hal tersebut membuktikan bahwa nilai resistor sangat berpengaruh terhadap proses pengisian dan pelepasan muatan pada kapasitor pelipat. Resistor dengan nilai resistansi yang kecil menyebabkan pengisian dan pelepasan muatan pada kapasitor lebih lama dibandingkan dengan resistor dengan nilai resistansi yang sangat besar. Namun, hal tersebut juga menyebabkan arus yang mengalir ke resistor dengan nilai resistansi kecil cenderung besar.

Pada pengujian selanjutnya yaitu pengujian rangkaian *Marx generator* tanpa beban dengan mengganti semua resistor menjadi 1 M $\Omega$  1 W dan mengganti semua GDT dengan spesifikasi *DC spark over voltage* menjadi 1000 V seperti pada *Gambar 5.5*. Penggantian resistor dengan resistansi 1 M $\Omega$  1 W bertujuan agar keluaran *Marx generator* stabil pada tegangan 6 kV dan waktu pengisian serta pelepasan muatan pada kapasitor lebih lama. Sedangkan penggantian GDT menjadi 1000 V bertujuan agar spark yang terjadi pada GDT akan berlangsung lama yaitu terus terjadi spark pada GDT hingga sumber *voltage regulator* dimatikan. Tegangan keluaran *Marx generator* yang dihasilkan dari penggantian GDT ini tidak mencapai 6 kV melainkan tidak lebih dari 2 kV saat diberi sumber 1500 V. *Spark* pada GDT terjadi saat diberikan sumber 1 kV. Selain itu, *spark* hanya terjadi pada G1 atau GDT pertama. Hal itu dikarenakan bahwa pelipatan tegangan hanya terjadi pada tingkat pertama. Pada tingkat kedua, ketiga, dst tidak terjadi pelipatan tegangan kapasitor dikarenakan tidak

terjadi tembus pada GDT melainkan hubung singkat yang disebabkan oleh tegangan yang terlalu tinggi melebihi kapasitas *spark over voltage*. Hal itu menunjukkan tegangan masukan yang diberikan oleh sumber mempengaruhi tembus yang ditunjukkan pada spesifikasi GDT.



Gambar 5.5 Penggantian Semua Resistor dan GDT

## 5.2 Hasil Pengujian Rangkaian Marx Generator Berbeban

Pengujian dengan menggunakan SC terlihat pada Gambar 5.4 yaitu menunjukkan peningkatan tegangan *storage capacitor* ketika dicatu rangkaian pelipat tegangan Marx generator. Pada Gambar 5.4 terlihat bahwa *storage capacitor* terisi muatan hingga tegangannya mencapai maksimal 1 kV. Setelah *storage capacitor* telah terisi 1 kV dan tidak terlihat tanda-tanda adanya penambahan muatan di *storage capacitor* maka *input* dimatikan agar muatan pada *storage capacitor* dapat dibuang melalui alat pelepas muatan. Terlihat ketika *input* dimatikan, penurunan tegangan sangatlah lambat. Hal tersebut dikarenakan kecilnya hambatan dalam seri *storage capacitor*.

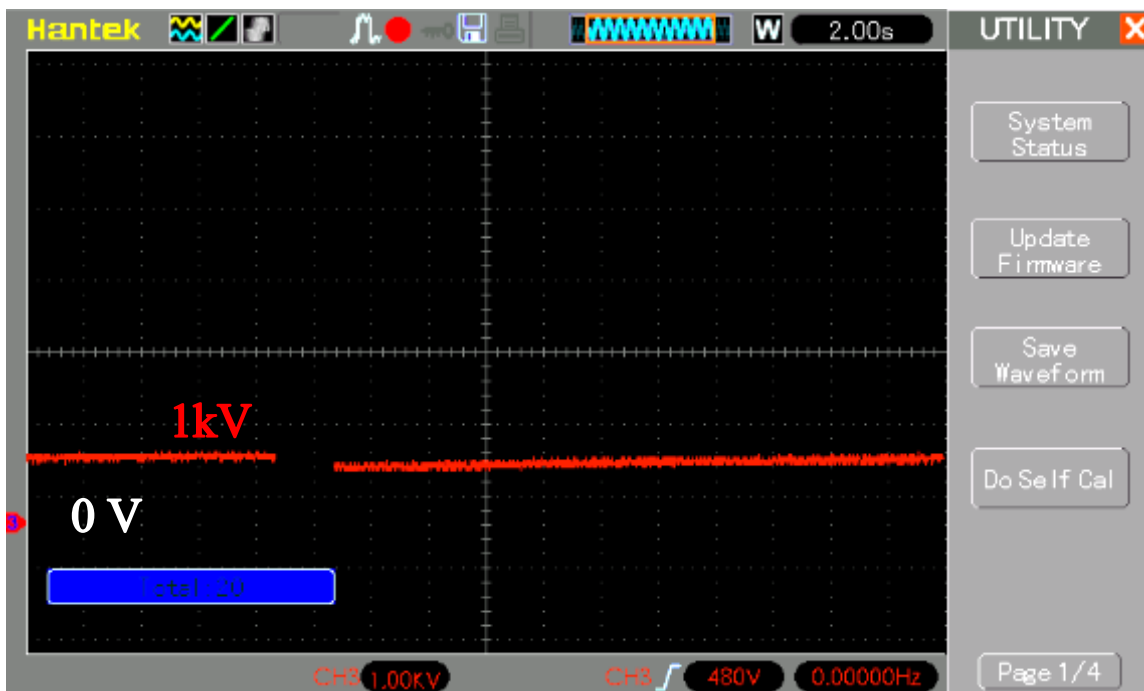
Pada kasus ini, rangkaian Marx generator tidak dapat mengisi *storage capacitor* sesuai standar IEC sebesar 4 kV dikarenakan kapasitansi kapasitor cukup besar dibandingkan dengan kapasitor pelipat pada rangkaian Marx generator. Energi yang dibutuhkan cukup besar dalam pengisian kapasitor hingga 4 kV yaitu  $\frac{1}{2} \times 25\mu F \times 4000^2 = 200$  Joule sedangkan energi yang dihasilkan oleh Marx generator yaitu 4,5 Joule. Sehingga dibutuhkan energi yang besar dalam pengisian *storage capacitor* tersebut agar mencapai 4kV. Hasil perbedaan tegangan pada SC dan waktu pengisian tersebut dicatat seperti pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2

Perbedaan hasil perhitungan, dan percobaan pengisian *storage capacitor*

Hasil Data	Target	Percobaan
Pengisian <i>storage capacitor</i>	4kV	1kV

Waktu Pengisian Muatan	10s	20s
------------------------	-----	-----



Gambar 5.6 Pengisian *storage capacitor* hingga 1kV

Terlihat pada Tabel 5.2 terdapat perbedaan waktu antara target dan percobaan. Perbedaan percobaan dan target memiliki perbedaan yang cukup besar dan tidak sesuai dengan waktu pengisian yang diharapkan. Saat pengisian, terdapat jatuh tegangan yang cukup besar. Pada saat 20 detik, tidak terjadi tembus pada masing-masing GDT. Hal ini dikarenakan perilaku GDT tidak sama dengan spark gap pada umumnya. Didalam GDT tidak hanya terdiri dari gas saja. Selain itu, *service life* dari setiap GDT hanya terjadi beberapa kali operasi, tergantung dengan nilai arus yang mengalir.