

BAB IV PERANCANGAN DAN PENGUJIAN

Perancangan dan pengujian rangkaian ini menjelaskan tahapan perancangan rangkaian *Marx Generator* empat tingkat yang dapat mengisi *storage capacitor* serta pengujian rangkaian.

4.1 Perancangan Rangkaian *Marx Generator*

Pada tahap ini, dilakukan perancangan pelipat tegangan tinggi *Marx generator* untuk mengisi *storage capacitor* dalam waktu pengisian maksimal sepuluh detik. Untuk mencapai target tersebut maka dilakukan penentuan nilai tegangan input yang diberikan, penentuan nilai komponen (resistor, kapasitor), penentuan tegangan keluaran *Marx generator*, dan penentuan jumlah tingkat, serta penentuan GDT.

Tegangan input yang digunakan untuk rangkaian sebesar 1,5 kV yang berasal dari tegangan jala-jala PLN yang diatur menggunakan voltage regulator sehingga menghasilkan 165 V. Lalu tegangan dinaikkan menggunakan transformator *step up* dengan perbandingan lilitan 220/2000 menjadi 1,5 kV. Kemudian tegangan keluaran dari transformator tersebut disearahkan menggunakan rangkaian penyearah yang tersedia di laboratorium.

Penentuan nilai komponen pertama yaitu resistor. Berdasarkan jurnal yang ditulis oleh M.S Naidu dan V. Kamaraju pada tahun 2009 resistor yang digunakan memiliki *range* nilai resistansi antara 10 Ω sampai 100 k Ω . Resistor yang digunakan yaitu resistor keramik dengan resistansi 10 k Ω .

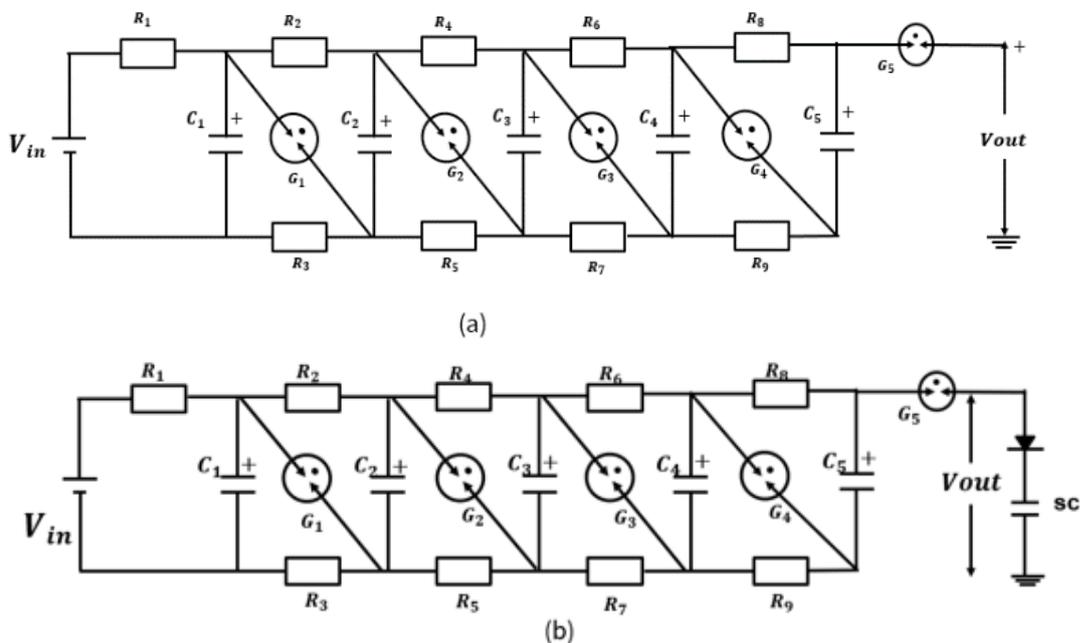
Penentuan nilai komponen yang kedua adalah kapasitor. Kapasitor pelipat yang digunakan pada rangkaian *Generator* yaitu memiliki nilai kapasitansi minimal 0,1 nF agar tidak terjadi stagnasi tegangan (Babaji, 2009). Maka kapasitor pelipat harus memiliki kapasitansi berorde sama dengan *storage capacitor*. Oleh karena itu pada penelitian ini dipilih kapasitor pada rangkaian *Generator* dengan kapasitansi 0.1 μ F dengan tegangan maksimum 3 kV. Dipilih tegangan 3 kV pada setiap kapasitor pelipat karena tegangan masukan DC sebesar 1,5 kV, maka tegangan puncak pada setiap kapasitor $2\sqrt{2}$ kV atau 2,8 kV.

Tegangan keluaran yang dihasilkan rangkaian *Marx Generator* berbentuk impuls yang sangat singkat. Tegangan keluaran rangkaian *Marx generator* diharapkan mampu menghasilkan tegangan sebesar 6 kV.

Penentuan jumlah tingkat (n) adalah berdasarkan sumber catu tegangan rangkaian *Marx generator*. Sumber catu tegangan yang ada di laboratorium adalah maksimal 2 kV, maka untuk mencapai 6 kV diperlukan empat tingkat sesuai $V_{out} = n \times V_{in}$.

Penentuan nilai GDT yang digunakan berdasarkan tegangan pada kapasitor setiap tingkatnya. Berdasarkan persamaan $V_{out} = n \cdot V_{in}$ dan $V_{in} = 1,5$ kV, maka tegangan pada setiap tingkatnya akan diperkirakan sebesar 1,5 kV. Sehingga penentuan nilai komponen GDT yang mungkin yaitu berdasarkan *datasheet* dengan DC *spark-over voltage* sebesar 1,5 kV.

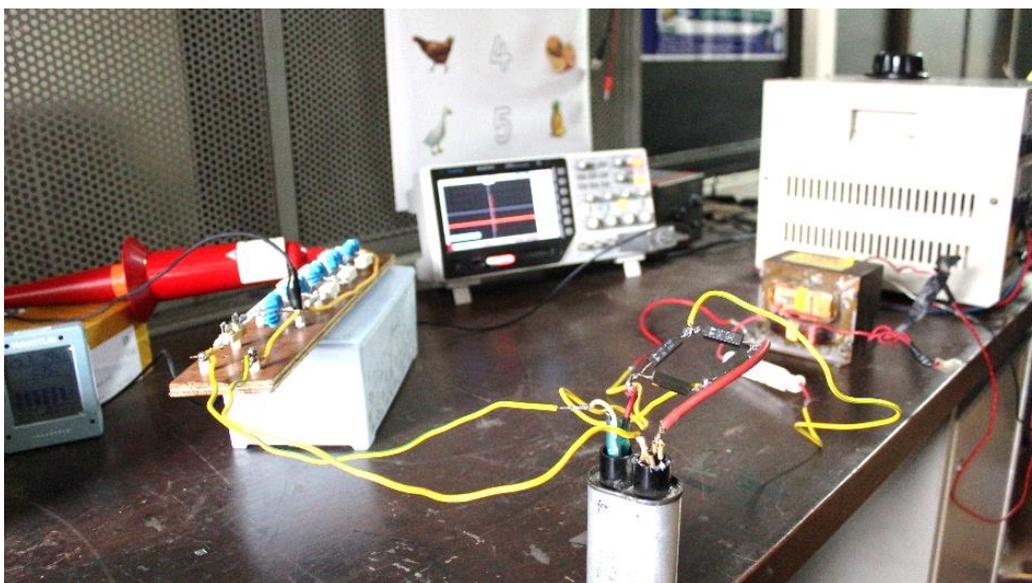
Terdapat dua rancangan rangkaian pada penelitian ini. Rancangan pertama ialah rancangan pada *Gambar 4.1(a)*, keluaran rancangan ini tidak dihubungkan *storage capacitor*, bertujuan untuk mengetahui besarnya tegangan maksimum. Rancangan kedua ialah rancangan pada *Gambar 4.1(b)*, keluaran rancangan ini dihubungkan dengan *storage capacitor*.



Gambar 4.1 (a) Rangkaian *Marx generator* tanpa dihubungkan *storage capacitor* (b) Rangkaian *Marx generator* dengan dihubungkan *storage capacitor*

Pada *Gambar 4.1 (b)* ditambahkan dioda yang dihubungkan pada keluaran rangkaian *Marx generator* yang dipasang seri terhadap *storage capacitor*. Pemasangan dioda dilakukan dengan tujuan agar tidak terjadi tegangan balik pada rangkaian *Marx generator* pada saat melakukan pelepasan muatan pada *storage capacitor*. Dioda yang digunakan yaitu dioda tegangan tinggi 10 kV. Dioda ini di pasang secara seri-paralel. Dioda dipasang seri sehingga tegangannya sebesar 20 kV. Sedangkan dipasang secara paralel dengan memparalel 3 buah pada setiap *node* nya agar ada pembagian arus yang melewatinya sehingga daya nya tidak terlalu besar.

Jarak setiap komponen, kabel dan benda berpotensi listrik dirancang berjauhan untuk menghindari terjadinya tembus seperti pada *Gambar 4.3*. Jarak minimal spesifik agar tidak terjadi tembus adalah menggunakan perbandingan medan listrik sebesar 35 kV/m pada setiap titik yang berpotensi listrik berbeda, oleh karena itu potensial 6 kV dengan 0 volt harus diberi minimal sebesar 2 cm (Kiouisis,2013).



Gambar 4.2 Jarak aman penyambungan tiap potensil listrik

4.2 Pengujian

4.2.1 Rangkaian Pengujian

A. Peralatan

Peralatan yang digunakan pada pembuatan rangkaian *Marx generator* adalah sebagai berikut:

1. Solder

2. Tang Potong
3. Tang Jepit
4. Meja
5. Kabel olor
6. Osiloskop
7. Probe tegangan tinggi
8. *AC Voltage Regulator*
9. Rangkaian Penyearah
10. Transformator *Step Up*
11. Mur dan baut
12. Obeng
13. Papan Kayu
14. *Spacer*
15. Kabel penghubung
16. Rumah *fuse*
17. Rangkaian Pelepasan Muatan

B. Bahan

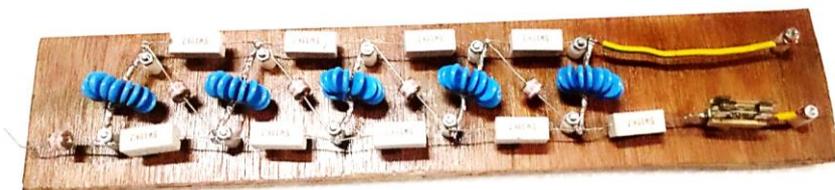
Adapun bahan yang digunakan pembuatan rangkaian *Marx generator* sebagai berikut:

- a) Kapasitor pelipat 10 nF/ 3 kV
- b) *Storage Capacitor* 25 uF/12 kV
- c) Resistor 10k Ω 5W
- d) *Gas Discharge Tube* dengan DC *sparkover voltage* 1500 V
- e) Timah
- f) *Fuse* 0,5 A
- g) Dioda 10 kV

4.2.2 Foto Alat



Gambar 4.3 Foto alat *Marx generator* yang telah selesai di gabungkan (tampak samping)



Gambar 4.5 Foto alat Marx generator yang telah selesai di gabungkan (tampak atas)

4.3. Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dua kali yaitu saat tanpa beban dan berbeban. Pada saat berbeban, rangkaian Marx generator diuji dengan beban berupa kapasitor. Kapasitor yang digunakan sebagai obyek uji pada rangkaian Marx generator yaitu storage capacitor $25\mu\text{F}$ 12kV yang terdapat di laboratorium.

Pengujian pertama dilakukan dengan rangkaian Marx generator seperti pada Gambar 4.1 (a). Tujuan pengujian ini yaitu mengetahui tegangan keluaran Marx generator. Pengujian kedua dilakukan dengan menyambungkan keluaran rangkaian Marx generator dengan storage capacitor untuk mengisi kapasitor tersebut. Tujuan pengujian ini yaitu serta mengetahui apabila tegangan impuls dapat mengisi kapasitor, serta mengetahui waktu pengisian kapasitor. Pengisian dihentikan saat masing-masing GDT mengalami hubung singkat ditandai dengan tidak adanya peningkatan tegangan pada storage capacitor serta tidak terjadi tembus pada GDT. Pada rangkaian berbeban, dipasang dioda sebesar 20 kV yang dihubungkan secara seri antara rangkaian Marx generator dengan storage capacitor agar tidak terjadi tegangan balik saat dilakukan pelepasan muatan.

A. Prosedur Pengujian Tanpa Beban

- a) Menghubungkan rangkaian sesuai Gambar 4.1 (a) dengan mempertimbangkan jarak aman seperti pada Gambar 4.3.
- b) Menghubungkan keluaran rangkaian dengan osiloskop
- c) Menghidupkan AC voltage regulator dan osiloskop.
- d) Mengatur tegangan input sebesar 165 volt dengan AC voltage regulator dengan cara memutar secara perlahan.

- e) Menyimpan hasil yang ditunjukkan osiloskop di *flash disk*.
- f) Mematikan AC *voltage regulator*.

B. Prosedur Pengujian Berbeban

- a) Menghubungkan rangkaian pengisian sesuai *Gambar 4.1 (b)* dengan mempertimbangkan jarak aman seperti pada *Gambar 4.3*.
- b) Menghubungkan kaki *storage capacitor* dengan probe pada osiloskop
- c) Menghidupkan AC *voltage regulator* dan osiloskop.
- d) Mengatur tegangan input sebesar 165 volt dengan AC *voltage regulator* dengan cara memutar secara perlahan.
- e) Menyimpan hasil yang ditunjukkan osiloskop di *flash disk*.
- f) Mematikan AC *voltage regulator*.
- g) Menghubungkan rangkaian pelepasan muatan *storage capacitor*
- h) Menyimpan hasil yang ditunjukkan osiloskop di *flash disk*.