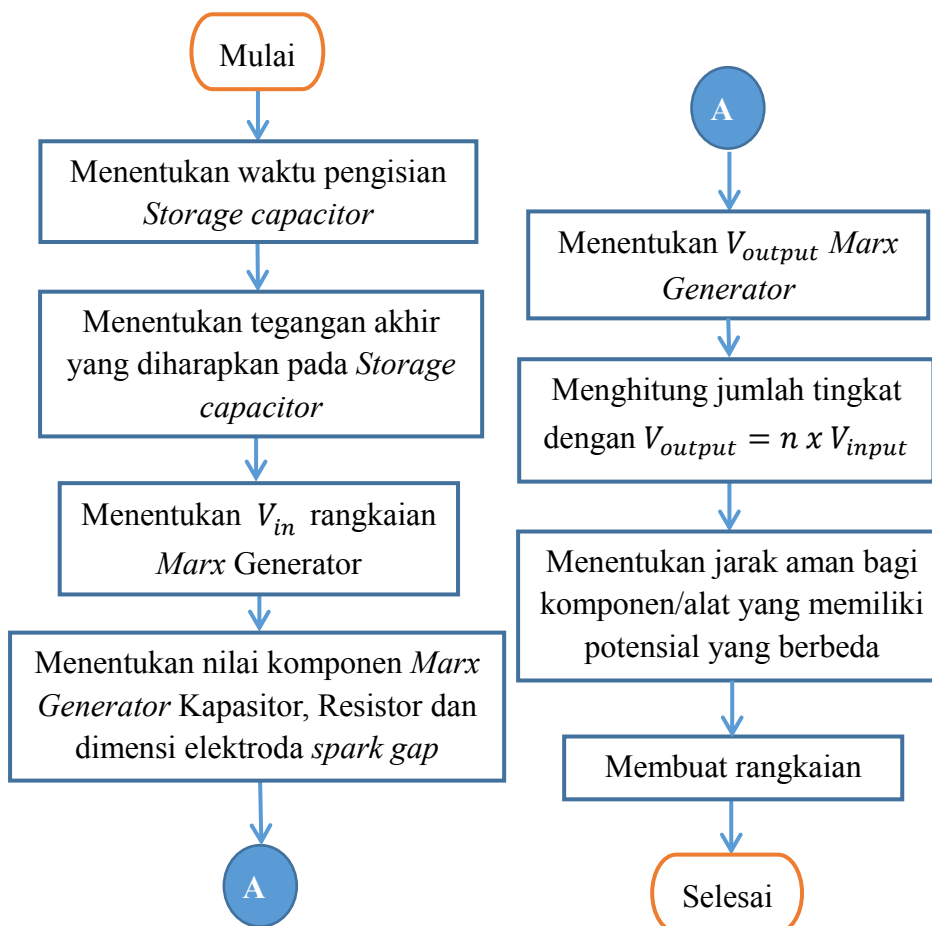


BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN

4.1 Perancangan Rangkaian Pelipat Tegangan *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 perhitungan dan analisis dalam penentuan tegangan input, tegangan output, nilai komponen, serta jumlah tingkat pada rangkaian *Marx Generator*. Urutan perancangan dijelaskan pada diagram alir Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram Alir Perancangan *Marx Generator*

Pembangkit impuls kombinasi tegangan dan arus atau generator surja bekerja berulang-ulang dalam waktu yang singkat, maka sistem pengisian ini diharapkan dapat

mencapai tegangan tersebut dalam waktu maksimal 10 detik. Waktu tersebut diadopsi dari alat uji kombinasi tegangan dan arus impuls yang sudah ada (*havelly hipotronics PIM datasheet*). Pada penelitian ini dipilih standar kelas 4. Standar pada kelas ini menetapkan tegangan *storage capacitor* adalah 4 kV. Kelas ini dipilih karena memiliki *rating* tegangan terbesar dibandingkan kelas yang lain. Dengan merancang kelas ini maka alat pengisian dapat pula digunakan untuk pengisian kelas yang lain. Dari nilai parameter yang telah ditentukan diatas, maka tegangan keluaran maksimum pelipat tegangan dapat pula ditentukan yaitu 6 kV.

Tegangan input yang digunakan untuk mencatu rangkaian *Marx Generator* sebesar 1,5 kV. Catu tegangan ini menggunakan transformator *step up* dengan perbandingan lilitan 220/2000 untuk menaikkan tegangan 165 Volt menjadi 1,5 kV. Untuk mengatur tegangan input 165 Volt maka diperlukan AC *voltage regulator*.

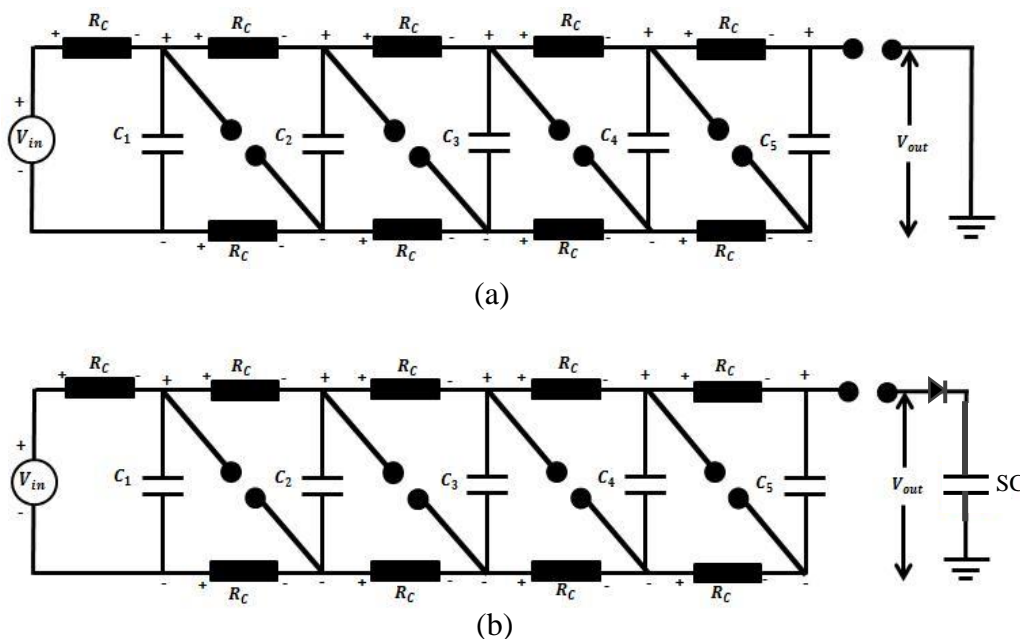
Setelah menentukan nilai tegangan input, maka dilakukan penentuan nilai komponen pada rangkaian *Marx Generator*. Kapasitor pelipat yang digunakan pada rangkaian *Generator* yaitu memiliki nilai kapasitansi minimal 0,1 nF agar tidak terjadi stagnasi tegangan (Babaji,G., 2009). Maka kapasitor pelipat harus memiliki kapasitansi berorde sama dengan *storage capacitor*. Oleh karena itu pada penelitian ini dipilih kapasitor pada rangkaian *Generator* dengan kapasitansi 0.1 μF 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.

Penentuan nilai komponen yang kedua adalah penentuan nilai resistor pada rangkaian *Marx Generator* yaitu dengan resistansi 10k Ω . Penentuan nilai daya resistor adalah berdasarkan rumus $P = I^2 \times R$. Nilai I yang dimaksud adalah *charging current* dari rangkaian *Generator* yaitu $0,007833e^{-677,12307t}$. Maka pada penelitian ini digunakan resistor yang memiliki daya maksimum 5 Watt.

Spark gap yang digunakan berupa dua elektroda baut yang keduanya dipisahkan oleh bahan isolasi berupa gas (udara). Elektroda baut yang digunakan untuk *spark gap* pada penelitian ini memiliki diameter 5 mm dengan panjang 5 cm dan 6 cm.

Pada penelitian ini sumber catu tegangan yang digunakan adalah 1,5 kV, maka untuk mencapai 6 kV diperlukan rangkaian *Marx Generator* empat tingkat sesuai Persamaan (2-2).

Terdapat dua cara pengoperasian rangkaian pada penelitian ini. Pengoperasian pertama seperti pada Gambar 4.2(a), keluaran rangkaian ini tidak dihubungkan dengan beban *storage capacitor*. Pengoperasian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya tegangan maksimum *Marx Generator*. Pengoperasian kedua seperti pada Gambar 4.2(b), keluaran rangkaian ini dihubungkan dengan *storage capacitor*. Pengoperasian ini bertujuan untuk menguji beban. Dengan memasang beban, maka dapat diperoleh nilai tegangan dan durasi pengisian *storage capacitor*.



Gambar 4.2. Rangkaian *Marx Generator* Empat Tingkat: (a) Tanpa *Storage Capacitor*; (b) Dengan *Storage Capacitor*.

Sebelum rangkaian *Marx Generator* dihubungkan langsung dengan *storage capacitor*, terdapat dioda tegangan tinggi 20 kV agar tidak terjadi tegangan balik dari *storage capacitor* menuju rangkaian. Kondisi ini dapat terjadi ketika tegangan input *Generator* bernilai nol. Oleh karena itu digunakan dioda agar tidak merusak rangkaian *Generator*.

Jarak setiap komponen, kabel dan potensial listrik dirancang berjauhan seperti Gambar 4.4 untuk menghindari terjadinya *breakdown voltage*. Jarak minimal tersebut menggunakan perbandingan medan listrik sebesar 357 kV/m pada setiap titik yang berpotensi listrik berbeda, oleh karena itu potensial 6 kV dengan 0 volt harus diberi jarak minimal sebesar 2 cm (Kiouisis,2013).

4.2 Pembuatan Rangkaian Pelipat Tegangan *Marx Generator*

Pada tahap ini, dilakukan pembuatan rangkaian pelipat tegangan *Marx Generator* 6 kV empat tingkat. Pembuatan rangkaian ini berdasarkan perancangan yang sudah dilakukan sebelumnya.

4.2.1 Alat dan Bahan Pembuatan *Marx Generator*

Alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan rangkaian pelipat tegangan marx generator ditunjukkan dalam tabel 4.1.

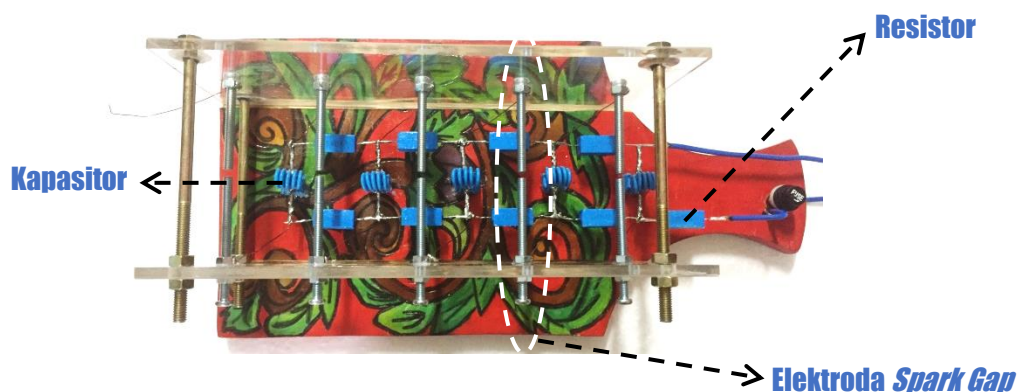
Tabel 4.1

Alat dan Bahan Pembuatan *Marx Generator*

N0	Alat dan Bahan	Jumlah
1.	Papan Kayu	1 buah
2.	Resistor 10 k Ω / 5 Watt	9 buah
3.	Kapasitor high voltage 10 nF / 3 kV	50 buah
4.	Baut dan mur diameter 5 mm panjang 6 cm dan 5 cm	@5 buah
5.	Baut dan mur diameter 6 mm panjang 12 cm	3 buah
6.	Akrilik diameter 5 mm (10x24 cm)	2 buah
7.	Lem G	1 buah
8.	Fuse 0,1 Ampere dan Rumah fuse	1 buah
9.	Kabel	Secukupnya
10.	Kawat tembaga	Secukupnya
11.	Timah	Secukupnya
12.	Solder, Tang potong, Tang Jepit	@1 buah

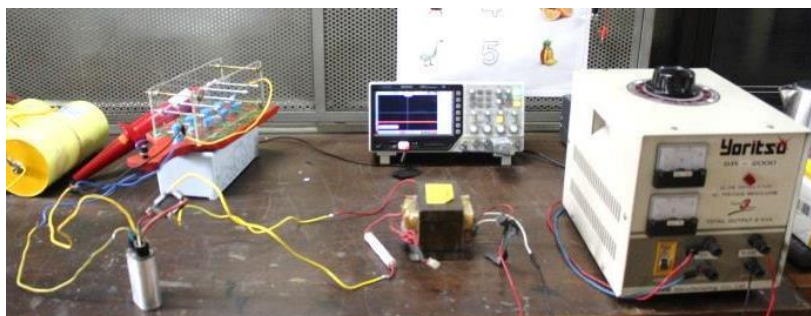
4.2.2 Foto Alat *Marx Generator*

Berdasarkan hasil perancangan rangkaian elektrik *Marx Generator* seperti Gambar 4.2(a) maka hasil pembuatan *Generator* dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Rangkaian Marx Generator Empat Tingkat yang Sudah Dibuat

Pada Gambar 4.4 terlihat Gambar rangkaian Marx Generator yang sudah dicatu sumber tegangan. Jarak aman pemasangan komponen satu dengan komponen lain yang memiliki potensial berbeda terlihat lebih dari 2 cm.



Gambar 4.4 Rangkaian Marx Generator yang Sudah Dicatu Sumber Tegangan

4.3 Prosedur Pengujian

4.3.1 Prosedur Pengujian Rangkaian Marx Generator Sebelum Dihubungkan Storage Capacitor

- a) Mengatur jarak antar elektroda *spark gap* menggunakan mikrometer sekrup.
- b) Mencatat nilai temperatur dan tekanan udara tempat pengujian.
- c) Menghubungkan rangkaian sesuai Gambar 4.2 (a).
- d) Menghubungkan keluaran rangkaian dengan osiloskop.
- e) Menghidupkan AC *voltage regulator* dan osiloskop.
- f) Mengatur tegangan input sebesar 165 volt dengan AC *voltage regulator*.
- g) Mencatat nilai tegangan tembus awal pada *spark gap*.
- h) Menyimpan hasil tegangan *output* yang ditunjukkan osiloskop di *flash disk*.
- i) Mematikan AC *voltage regulator*.
- j) Melakukan prosedur b-i dengan jarak elektroda *spark gap* yang berbeda.

4.3.2 Prosedur Pengujian Marx Generator dengan Beban Storage Capacitor

- a) Mengatur jarak elektroda *spark gap*.

- b) Mencatat nilai temperatur dan tekanan udara tempat pengujian.
- c) Menghubungkan rangkaian pengisian sesuai Gambar 4.3 (b).
- d) Menghubungkan kaki *storage capacitor* dengan *probe* menuju osiloskop.
- e) Menghidupkan AC *voltage regulator* dan osiloskop.
- f) Mengatur tegangan input sebesar 165 volt dengan AC *voltage regulator*.
- g) Menyimpan hasil yang ditunjukkan osiloskop di *flash disk* dan mencatat waktu pengisian *storage capacitor*.
- h) Mematikan AC *voltage regulator*.
- i) Menghubungkan rangkaian pelepasan muatan *storage capacitor* dengan rangkaian yang ada.
- j) Menyimpan hasil yang ditunjukkan osiloskop di *flash disk*