

Rancang Bangun Pembangkitan Generator Marx 10 Tingkat pada Uji Kapasitor 220 pF dan Lightning Protector

Yuli Rodiah^{1*}, Nilda Tri Putri², Ika Novia Angraini³, Afriyastuti Herawati⁴, M. Rizki⁵

¹³⁴ Program Studi Teknik Elektro Universitas Bengkulu, * email : yulirodiah@unib.ac.id

²⁵ Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur, Sekolah Pascasarjana, Universitas Andalas

ABSTRAK

The Marx generator circuit is an impulse voltage multiplier that is used to represent lightning overvoltage and switching overvoltage. In this research, a 10-level Marx Generator impulse generator design was carried out by varying the distance between the spark gaps of 2.5mm, 5.0mm, 7.5mm, and 10.0mm and the test load was a 220pF capacitor and a lightning protector. The results of the design and simulation of the 10-level Marx Generator produce an impulse voltage according to the IEC 60060-1 lightning impulses standard, which is 20.20kV with a wavefront and tail time of 2.29 μ s and 52.3 μ s. The test results for the 220pF capacitor load at a distance of 2.5 mm, the resulting voltage is 23.5 kV with a wavefront and tail time of 1.7 μ s and 25 μ s, while the lightning protector test load produces a voltage of 24 kV, with a wavefront and tail time of 2.1 μ s and 43 μ s.

Kata kunci: Impuls, Generator Marx, Muka Gelombang

1. PENDAHULUAN

Peralatan tegangan tinggi pada sistem kelistrikan ditempatkan di udara terbuka dan dapat terdampak sambaran petir serta mendapatkan lonjakan tegangan sesaat. Untuk mencapai perlindungan yang lebih baik pada semua peralatan listrik dan catu daya berkualitas, tegangan impuls akibat lonjakan tegangan harus disimulasikan dan diuji peralatan ketahanannya di laboratorium. Generator Marx merupakan sistem yang paling populer digunakan untuk menghasilkan tegangan tinggi impuls.

Percikan dan impuls pada peralatan distribusi daya, direpresentasikan sebagai kinerja bahan isolasi yang diperoleh dengan penerapan bentuk gelombang tegangan lebih dengan lonjakan tiba-tiba dan ekor gelombang pendek yang sebenarnya diterapkan pada peralatan. Panjang ekor gelombang dan panjang muka gelombang yang dihasilkan dalam jalur distribusi umumnya lebih pendek dibandingkan bentuk gelombang tegangan impuls petir standar karena efek dari peralatan proteksi petir [1]. Ketika panjang ekor gelombang dipersingkat

menjadi sekitar beberapa mikrodetik, tegangan percikan naik sekitar 20% dibandingkan dengan ketika impuls petir standar diterapkan [2].

Pada sistem generator Marx bentukan gelombang impuls ini dibentuk melalui rangkaian RC dengan merancang nilai R pada pengaturan waktu muka dan waktu ekor bentuk gelombang. Durasi gelombang yaitu waktu ke depan dan waktu ke ekor dapat dikontrol dengan memvariasikan nilai resistor depan dan resistor ekor [3].

Beberapa peneliti menggunakan software PSPICE dan eksperimental untuk mendesain generator Marx [4] [5]. Tegangan impuls empat tingkat dengan tegangan pengisian 400 V yang dihasilkan mencapai amplitudo 1.9KV dengan lebar pulsa 100ns. Sementara itu, generator Marx telah dirancang dengan lima tingkat, tegangan pengisian 200V dengan lebar pulsa sinyal pemicu 500ns menghasilkan tegangan pulsa hingga 736V dan lebar pulsa 562ns [6] [7] [8].

Perhitungan numerik menggunakan metode elemen hingga (FEM) oleh beberapa peneliti dipergunakan untuk perancangan gelombang impuls melalui simulasi Comsol dan eksperimental, hingga menghasilkan pengurangan medan selama arus balik yang mengalir melalui generator impuls. Pendekatan numerik terbukti baik untuk pengaturan sederhana dari loop induktif serta untuk pengaturan yang lebih rumit, mis. konduktor bawah terisolasi [9] [10].

Karakteristik gelombang tegangan impuls yang sesuai dengan reaktor *glow discharge* saat ini dipergunakan untuk proses elektroporasi defungsionalisasi membran sel, untuk penetrasi sel dan organelnya oleh senyawa kimia (misalnya, obat-obatan) atau materi genetik untuk sterilisasi bahan makanan [11]. Sumber pembangkitan yang dipergunakan masih pirantinya sangat besar, padahal untuk pengujian material yang kecil, bentuk portable akan lebih hemat biaya dan mudah dibawa-bawa. Untuk itu, pada penelitian ini dilakukan pembangkitan tegangan impuls kapasitas kecil dengan rancangan generator Marx 10 tingkat yang mampu mempertahankan karakteristik muka dan ekor gelombang jika dibebani kapasitor dan *lightning protector*. Tegangan impuls dapat diterapkan pada objek lain seperti pada reaktor pembentukan

4	250/2500	2877	62,5
---	----------	------	------

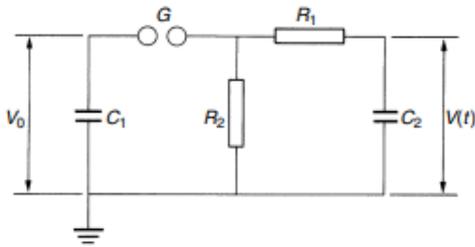
plasma glow di proses purifikasi bahan cair khususnya minyak transformator bekas.

2. KERANGKA TEORITIS

A. Generator Impuls

Tegangan impuls adalah tegangan yang *amplitude* gelombangnya secara relatif cepat mencapai puncak tegangan normal operasinya[7].

Generator impuls RC membutuhkan sumber tegangan tinggi DC yang tegangan keluaran dapat diatur dan dilengkapi dengan sela picu G seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Sumber tegangan tinggi DC akan mengisi kapasitor pemuat C_1 . Tegangan kapasitor pemuat C_1 dapat dibuat sebesar yang dirancang, dengan diketahuinya energi yang dibutuhkan dan V_0 . Jika sela picu dioperasikan, *spark gap* terhubung singkat dalam waktu yang sangat singkat. Kapasitor C_1 mengosongkan muatannya dan mengisi kapasitor C_2 , sehingga tegangan pada C_2 naik (tegangan $V(t)$ naik)[10].



Gambar 1. Generator Impuls R dan C [7]

Nilai kapasitor C_1 dan pengisiannya dapat ditentukan menggunakan Pers (1)-(3) yaitu :

$$W = \frac{1}{2} C_1 V_0^2 \quad (1)$$

$$C_2 = \frac{C_1}{\eta} - C_1 \quad (2)$$

$$\eta = \frac{V_{out}}{V_{in} \times n} = \frac{C_1}{C_2} - C_1 \quad (3)$$

Pembentukan gelombang pada tegangan impuls didasarkan pada eksponensial ganda seperti Pers (4) [7][11]

$$V = V_0(e^{-\alpha T} - e^{-\beta T}) \quad (4)$$

TABEL 1
HUBUNGAN ANTARA WAKTU MUKA, WAKTU EKOR DAN KONSTANTA WAKTU

No.	$T_t/T_f \mu s$	$1/\alpha_1 \mu s$	$1/\alpha_2 \mu s$
1	1,2/5	3,48	0,80
2	1,2/50	68,2	0,405
3	1,2/200	284	0,381

Tegangan impuls petir berdasarkan standar IEC 60060-1 adalah $1.2 \times 50 \mu s$, dengan penyimpangan waktu muka (T_f) $\pm 30\%$, dan penyimpangan waktu ekor (T_t) $\pm 20\%$. Nilai α_1 dan α_2 ditentukan dari hubungan antara waktu muka, waktu ekor dan konstanta waktu berbagai standar IEC 60060-1 seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Kapasitansi total dihitung dari nilai tegangan *input* dan energi pada kapasitor seperti pada Pers(1), sedangkan perkiraan nilai resistansi untuk rangkaian dihitung dengan Pers (5) dengan mengansumsikan nilai C_1 dan C_2 serta untuk α_1 dan α_2 [12][13]

$$R_1 = \left(\frac{1}{2C_2} \right)$$

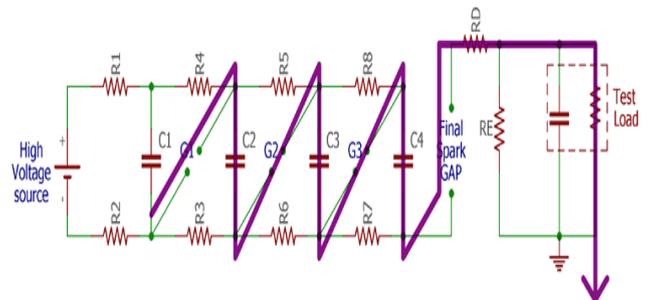
$$\left[\left(\left(\frac{1}{\alpha_1} \right) + \left(\frac{1}{\alpha_2} \right) \right) \sqrt{ \left(\left(\frac{1}{\alpha_1} \right) + \left(\frac{1}{\alpha_2} \right) \right)^2 - \left(\frac{4(C_1 + C_2)}{\alpha_1 \alpha_2 C_1} \right) } \right]$$

$$R_2 = \left(\frac{1}{2(C_1 + C_2)} \right)$$

$$\left[\left(\left(\frac{1}{\alpha_1} \right) + \left(\frac{1}{\alpha_2} \right) \right) + \sqrt{ \left(\left(\frac{1}{\alpha_1} \right) + \left(\frac{1}{\alpha_2} \right) \right)^2 - \left(\frac{4(C_1 + C_2)}{\alpha_1 \alpha_2 C_1} \right) } \right] \quad (5)$$

B. Rangkaian Marx Generator

Marx generator tersusun dari beberapa komponen R dan C yang dipasang secara bertingkat untuk memperoleh tegangan keluaran yang lebih tinggi. Jumlah tingkatan generator Marx ditentukan dari jumlah kapasitor dan resistor dirangkai hingga kapasitor terisi secara *parallel* ditunjukkan oleh solid biru pada Gambar 2, jumlah tingkatan generator Marx adalah 4 [12].



Gambar 2. Rangkaian Generator Marx 4 tingkat [12]

Komponen dari rangkaian ini bersama-sama meluahkan oleh *spark gap* sehingga menghasilkan tegangan keluaran yang berlipat sesuai dengan jumlah tingkatnya.

Kapasitor C_1 secara perlahan diisi dari DC sampai *spark gap G breakdown*. Resistor R_1 , R_2 , dan kapasitansi

C_2 , membentuk *waveshaping*. R_1 terutama akan meredamnya sirkuit dan mengontrol waktu depan T_1 , R_2 akan memberikan input ke kapasitor dan mengontrol loncatan api[12]. Kapasitansi C_2 mewakili objek yang diuji serta semua elemen kapasitif lainnya yang sejajar dengan benda uji. Secara umum ini aproksimasi nilai masing-masing komponen dihasilkan dari Pers (6)-(9) [7][11]. Di dalam pendekatan ini induktansi rangkaian diasumsikan sangat rendah.

$$V_{out} = n * V_{in} \quad (6)$$

$$\frac{1}{C_1} = \sum_{i=0}^n \frac{1}{C_1'} \quad (7)$$

$$R_1 = \sum_{i=0}^n R_1' \quad (8)$$

$$R_2 = \sum_{i=0}^n R_2' \quad (9)$$

Untuk mengontrol tegangan keluaran (waktu muka T_1 dan waktu ekor T_2) dengan standar IEC dapat menggunakan persamaan berikut

$$T_1 = \left(\frac{1}{\alpha_1}\right) \times \left(\frac{1}{\alpha_2}\right) \frac{C_1 \times C_2}{C_2 + C_2} \quad (10)$$

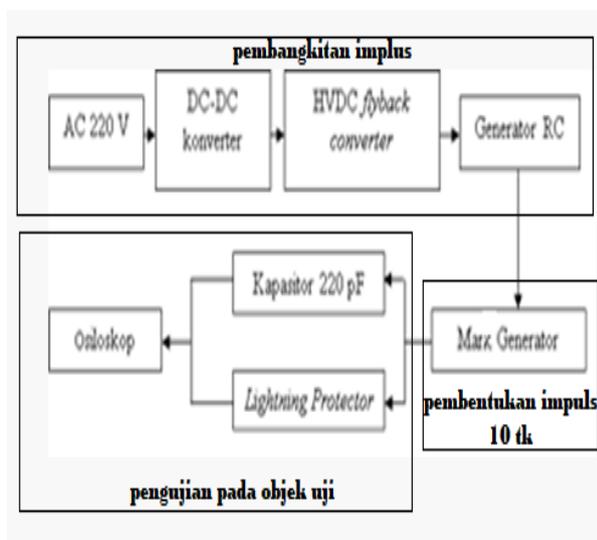
$$T_2 = \alpha_1 \alpha_2 (R_1 \times R_2)(C_1 \times C_2) \quad (11)$$

3. METODE PENELITIAN

Tahap kerja penelitian adalah pembangkitan impuls, pembentukan impuls 10 tingkat dan pengujian dengan objek uji seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Pada tahap awal, suplai tegangan 220 V_{AC}, disearahkan lalu diumpankan pada transformator flyback converter hingga terjadi tegangan tinggi impuls. Pengaturan amplitudo gelombang impuls selanjutnya dilakukan dengan rangkaian generator RC.

Langkah selanjutnya adalah pembentukan impuls 10 tingkat untuk membentuk ekor dan muka gelombang dengan Marx generator.



Gambar 3 Alur Langkah Penelitian

Pada tahap pengujian dengan objek uji, pengukuran tegangan lightning impulses pada generator Marx diterapkan pada kapasitor 220 pF dan lightning protector. Output gelombang hasil perancangan ditampilkan pada osiloskop untuk melihat tegangan puncak, waktu muka, dan waktu ekor gelombang. Pada penelitian ini dilakukan memvariasikan jarak antar spark gap terhadap beban uji.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Desain Rangkaian Generator Marx

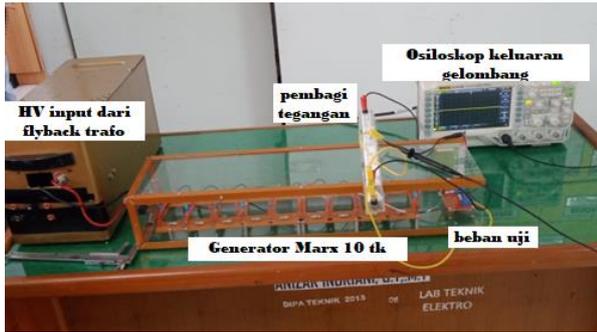
Prinsip dasar pembangkitan tegangan impuls adalah memanfaatkan tegangan. Untuk mengetahui nilai C maka dapat dilakukan menggunakan Pers (2), Pers (3), Pers (5), dan Acuan dan asumsi pada Tabel 1 [13].

Setelah nilai R dan C pada generator RC terhitung maka keseluruhan nilai R dan C yang dibutuhkan pada perancangan ini sebanyak 10 tingkatan berdasarkan Pers(8) dan Pers (9). Perhitungan nilai pengujian tegangan sesuai standar IEC $1.2 \mu s \times 50 \mu s$, hingga pada penelitian ini, nilai komponen spesifikasi generator impuls ditunjukkan pada Tabel 2.

TABEL 2
SPESIFIKASI RANCANGAN GENERATOR IMPULS

No	Spesifikasi	Data
1	Tegangan <i>input</i>	2.5 Kv
2	Waktu gelombang	1,2 $\mu s \times 50 \mu s$
3	Jumlah tingkatan	10 tingkatan
4	Efisiensi	92%
5	W	0.25 joule
6	R_1'	0.62 M Ω
7	R_2'	7.8 M Ω
8	C_1'	8 nF
9	C_2	7 nF
10	R_1' pengujian	12 Ω
11	R_2 pengujian	72.58 k Ω

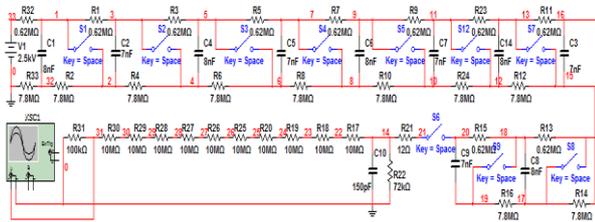
Hasil rangkaian secara keseluruhan dengan mengaplikasikan nilai komponen yang telah dihitung ditunjukkan pada Gambar 4. Setiap satu beban uji yang berbeda akan divariasikan jarak antar spark gap sebanyak 4 variasi. Total pengujian yang akan dilakukan yaitu sebanyak 8 kali pengujian. Hasil pengujian direpresentasikan di gambar osiloskop. Parameter yang akan diteliti pada pengujian ini yaitu tegangan puncak (V_p), waktu muka (T_1), dan waktu ekor gelombang (T_2).



Gambar 4 Rancangan Rangkaian Marx Generator 10 Tingkat

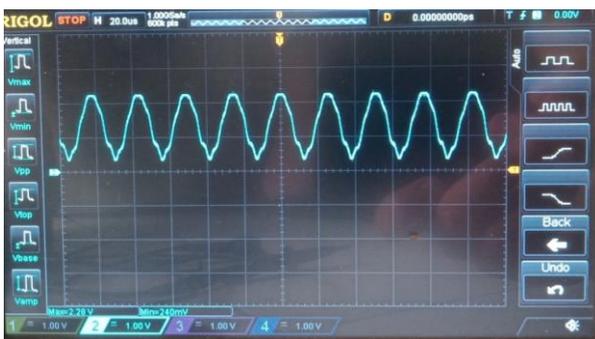
B. Simulasi Rancangan Generator Impuls

Grafik keluaran sinyal tegangan tinggi impuls, di simulasi dengan software NI-Multisim. Rancangan simulasi untuk generator 10 tingkat ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Rancangan Simulasi Marx Generator 10 Tingkat

Simulasi rancangan rangkaian Generator Marx 10 tingkatan dimana beban uji pada rangkaian yang diset adalah kapasitor 150 pF dengan R_1 0.62 Mohm dan R_2 7.8 Mohm. Hasil simulasi tegangan keluaran, berupa gelombang sinusoidal dengan puncak tegangan 20,20 kV, ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Tegangan Keluaran Simulasi Rancangan Marx Generator 10 Tingkat

C. Pengujian Pembangkit Tegangan Tinggi Impuls Generator Marx

1. Pengujian jarak 2,5 mm dengan beban kapasitor 220 pF.

Dalam pengujian ini percikan api yang terlihat yaitu berwarna biru dan terlihat *sparkover* di setiap percikannya.



Gambar 7 Gelombang Pengujian pada Kapasitor 220 pF Jarak 2.5 mm

Pada gelombang tersebut dapat diketahui nilai tegangan puncak yaitu sebesar 23.6 kV dengan waktu muka yaitu kurang dari 1,7 μ s dan waktu ekor yaitu sebesar 25 μ s. Pengujian dengan jarak 2,5 mm, 5 mm, 7,5 mm dan 10mm dengan beban uji kapasitor 220 pF dapat ditunjukkan pada Tabel 3. Ketika jaraknya divariasikan maka tegangan yang dihasilkan menjadi lebih tinggi. Pada pengujian ini nilai standar IEC terrepresentasikan pada jarak antar spark gap 2.5 mm yaitu dengan nilai waktu muka 1.7 μ s dan waktu ekor gelombang mendekati 25 μ s.

TABEL 3
HASIL PENGUJIAN DENGAN BEBAN KAPASITOR 220 pF

Jarak (mm)	Tegangan (kV)	Waktu Muka (μ s)	Waktu Ekor (μ s)
2.5	23.5	1.7	25
5.0	6.68	5.45	49.70
7.0	5.84	10	53.8
10.0	0	0	0

Pada penelitian ini jarak 10 mm tidak mampu lagi dilampaui sumber tegangan tinggi dari flyback hingga tidak ada loncatan listrik pada *spark gap*.

2. Pengujian Variasi Spark Gap Dengan Beban Uji Lightning Protector

Pengujian variasi jarak antar *spark gap* dengan beban uji *lightning protector* yaitu untuk melihat tegangan puncak waktu muka dan waktu ekor gelombang.

Gelombang keluaran osiloskop dengan beban uji lightning protector jarak antar spark gap 2.5 mm yaitu lightning impulses. Pada pengujian percikan api yang terlihat yaitu berwarna biru dan terlihat *sparkover* di setiap percikannya. Pada gelombang tersebut dapat diketahui nilai tegangan puncak yaitu sebesar 24 kV dengan waktu muka yaitu 2.1 μ s dan waktu ekor yaitu sebesar 43 μ s, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Gelombang Pengujian pada Lightning Protector Jarak 2.5 mm

Pengujian dengan beban uji *lightning protector* dengan variasi jarak *spark* ditunjukkan pada Tabel 4

TABEL 4

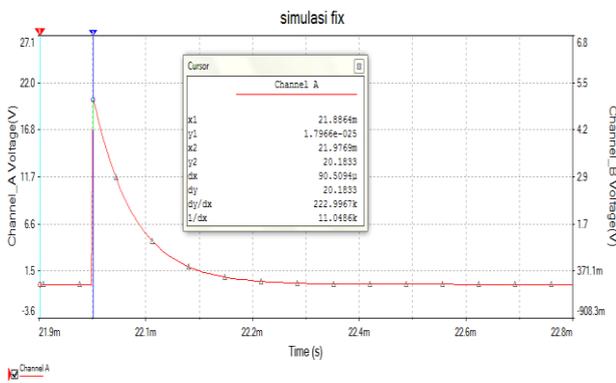
HASIL PENGUJIAN DENGAN BEBAN LIGHTNING PROTECTOR

Jarak (mm)	Tegangan (kV)	Waktu Muka (μ s)	Waktu Ekor (μ s)
2.5	23.5	1.7	25
5.0	6.68	5.45	49.70
7.0	5.84	10	53.8
10.0	0	0	0

Standar IEC gelombang impuls pada beban uji *lightning protector* terdapat pada jarak antar spark gap 2.5 mm yaitu dengan nilai waktu muka 1.7 μ s dan waktu ekor gelombang mendekati 25 μ s.

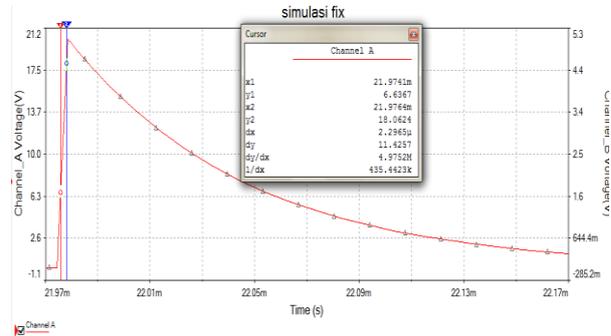
3 Pengujian Simulasi NI Dengan Beban Uji Kapasitor 150 pF

Hasil simulasi tegangan keluaran 20.20 kV yang dihasilkan oleh osiloskop menggunakan bahan uji kapasitor 150 pF berupa bentuk gelombang keluaran, bentuk gelombang muka dan bentuk gelombang ekor ditunjukkan pada Gambar 9-11.



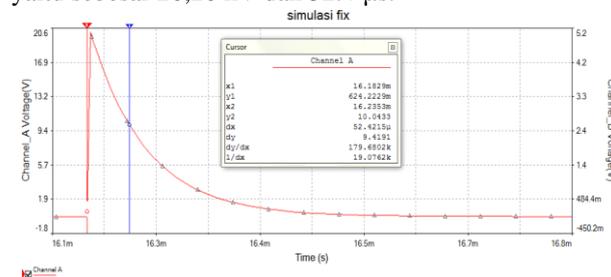
Gambar 9 Tegangan Keluaran Simulasi Generator Marx 10 tingkat

Bentuk gelombang muka dari rangkaian *Marx generator* didapatkan dengan selisih perbedaan antara 30% T_1 dikurangi dengan 90% T_1 sehingga nilai waktu muka yang dihasilkan adalah 2.29 μ s.



Gambar 10 Bentuk Gelombang Muka Simulasi

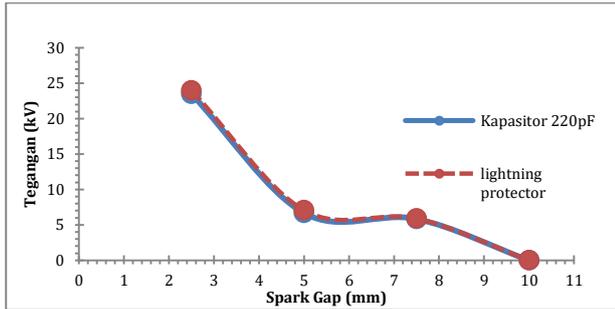
Pada simulasi bentuk gelombang ekor yang dihasilkan menghasilkan waktu sebesar 52.4 μ s. Nilai tersebut mendekati perancangan standar IEC yaitu 50 μ s. Dalam gelombang simulasi ini yaitu didapati T_1 (waktu muka) 0% hingga 50% dari T_2 (waktu ekor) dan didapatkan nilai yang mendekati standart IEC *lightning impulses*. Simulasi ini menunjukkan bahwa tegangan puncak dan waktu ekor mendekati hasil perancangan yaitu sebesar 20,20 kV dan 52.4 μ s.



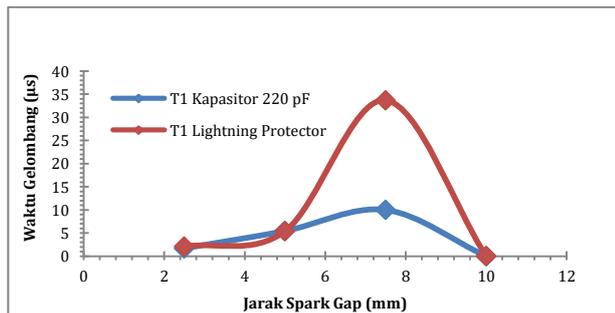
Gambar 11 Gelombang Ekor Simulasi Tegangan

Perhitungan tegangan pada simulasi berdasarkan Pers (4) untuk beban uji kapasitor menghasilkan, besaran tegangan keluaran dan bentukan gelombang tegangan sebesar $19.967(e^{-t1.54} - e^{-t49.05})kV$. Pada perhitungan tersebut menghasilkan waktu muka sebesar 1.54 μ s dan waktu ekor 49.05 μ s. Sedangkan untuk beban uji *lightning protector* menghasilkan tegangan keluaran dan bentukan gelombang tegangan $21.4(e^{-1.65t} - e^{-42.38t})kV$, dengan waktu muka sebesar 1.65 μ s dan waktu ekor gelombang sebesar 42,38 μ s. Perbandingan grafis bentukan gelombang untuk beban uji kapasitor dan lightning protector, ditunjukkan pada Gambar 12-14

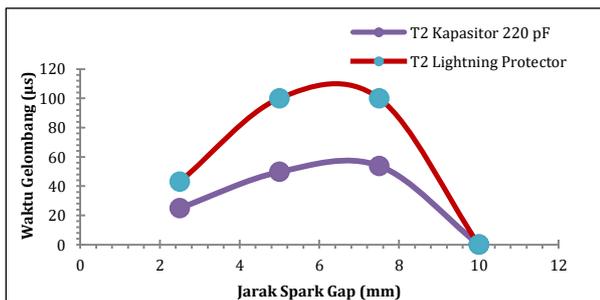
Pada perbandingan tegangan puncak dengan variasi jarak *spark gap* untuk beban uji kapasitor 220 pF dan beban uji *lightning protector* menghasilkan tegangan yang mendekati simulasi adalah pada jarak *spark gap* 2.5 mm. Variasi jarak *spark gap* dan beban uji berpengaruh terhadap waktu muka dan waktu ekor gelombang.



Gambar 12 Tegangan Keluaran Simulasi Generator Marx 10 tingkat



Gambar 13 Perbandingan Bentuk Gelombang Waktu Muka



Gambar 14 Perbandingan Bentuk Gelombang Waktu Ekor

5. KESIMPULAN

1. Tegangan tinggi impuls sesuai standar IEC 60060-dapat dibangkitkan dengan memvariasikan nilai R dan C pada generator RC.
2. Rangkaian *Marx generator* 10 tingkat yang memiliki jarak *spark gap* sebesar 2.5 mm dapat diterapkan untuk pembebanan *lightning protectors* dan beban kapasitor 220 pF.

6. REFERENSI

- [1] S. M. H. Hosseini, H. R. Ghafourinam, and M. H. Oshtaghi, "Modeling and Construction of Marx Impulse Generator Based on Boost Converter Pulse-Forming

- Network," *IEEE Trans. Plasma Sci.*, vol. 46, no. 10, 2018, doi: 10.1109/TPS.2018.2864333.
- [2] R. abkowski, J.; Łasica, A.; Zdanowski, M.; Wrona, G.; Starzyński, J. Portable DC Supply Based on SiC Power Devices for High-Voltage Marx Generator. *Electronics* 2021, 10, 313. <https://doi.org/10.3390/electronics10030313>
- [3] Mr. Amogh Anil Bagwe, Mr. Margesh Pradeep Bhole, Mr.Prajwal Vishwanath Gowda , Mr. Mayuresh Santosh Kode, P. A. S. (2020) 'High Voltage DC Generation Using Dual Channel Marx Generator', *International Journal Of Innovative Research In Technology*, 6(12), pp. 669–672.
- [4] M. Kebriaci, A. H. Niasar, and A. Ketabi, "Combination of Marx generator and capacitor diode voltage multiplier for pulsed power applications," *Sci. Iran.*, vol. 27, no. 3 D, 2020, doi: 10.24200/SCI.2018.20689.
- [5] L. I. Rong and Q. I. Rong, "The design of new compact marx generator," *Chinese J. Electron.*, vol. 27, no. 6, 2018, doi: 10.1049/cje.2018.09.017.
- [6] T. Huiskamp and J. J. Van Oorschot, "Fast Pulsed Power Generation with a Solid-State Impedance-Matched Marx Generator: Concept, Design, and First Implementation," *IEEE Trans. Plasma Sci.*, vol. 47, no. 9, 2019, doi: 10.1109/TPS.2019.2934642.
- [7] E. Kuffel, W. S. Zaengl, and J. Kuffel, *High Voltage Engineering Fundamentals*, Second edi. First published 1984 by Pergamon Press Reprinted 1986 Second edition 2000, published by Butterworth-Heinemann, 2021.
- [8] W. J. Carey and J. R. Mayes, "Marx Generator Design and Performance," in *Conference Record of the Twenty-Fifth International Power Modulator Symposium, 2002 and 2002 High-Voltage Workshop.*, 2002, pp. 625–628, doi: 10.1109/MODSYM.2002.1189556.
- [9] K. Michishita, T. Matsumoto, T. Nagai, S. Member, and Y. Hongo, "Reproducibility of Steep and Short-Tailed Lightning Impulse Voltage Waveform by Detailed Equivalent Circuit," *Theory Electr. Eng. B, IEEJ*, vol. 127, no. 4, pp. 596–597, 2007.
- [10] Hauschild, W. and Lemke, E. (2014) *High-Voltage Test and Measuring Techniques*, High-Voltage Test and Measuring Techniques. Springer Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-642-45352-6.
- [11] Angraini, Ika Novia, et al. "Rancang Bangun Alat Pasteurisasi Non Thermal Dengan Pulsed Electric Field (PEF)." *Jurnal Amplifier: Jurnal Ilmiah Bidang Teknik Elektro Dan Komputer* 11.2 pp.8-12, 2022.
- [12] Kumar Verma, Vivek. 2014. *Practical Simulation And Modelling Of Lightning Impulse Voltage Generator Using Marx Circuit*. Department of Electrical Engineering National Institute of Technology Rourkela: Odisha
- [13] IEC 60060-1 (1989). *High - Voltage Test Techniques. Part 1: general definitions and test requirements*

ERNYATAAN KEASLIAN

Pernyataan

1. Saya menyatakan bahwa makalah saya yang berjudul Rancang Bangun Pembangkitan Marx Generator 10 Tingkat pada Uji Kapasitor 220 pF dan Lightning Protector adalah asli dan tidak pernah dipublikasikan di tempat lain.
2. Dengan publikasi, saya kirimkan hak cipta kepada Jurnal Amplifier. Transfer hak cipta termasuk di dalamnya hak untuk mereproduksi fotografi untuk artikel sejenis dan terjemahannya. Hal ini juga termasuk dalam hak untuk memasukkan artikel dalam sistem komputer untuk disebarluaskan dalam jaringan internet dsb.

Bengkulu, Agustus 2022

Penulis,



Yuli Rodiah