

**PENGGUNAAN *GAS DISCHARGE TUBE* (GDT) UNTUK
RANGKAIAN PELIPAT TEGANGAN *MARX GENERATOR* 6 kV**

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar sarjana teknik



NOLA RIBATH

NIM. 145060301111076

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

LEMBAR PENGESAHAN
PENGUNAAN *GAS DISCHARGE TUBE (GDT)* UNTUK
RANGKAIAN PELIPAT TEGANGAN *MARX GENERATOR 6 kV*

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar sarjana teknik



NOLA RIBATH
NIM. 145060301111076


Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 21 Mei 2018

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro



T. Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D., IPM
NIP. 19530520 200801 1 013

Dosen Pembimbing



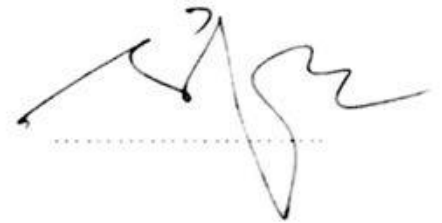
Ir. Wijono, M.T., Ph.D.
NIP. 19621111 198903 1 003

JUDUL SKRIPSI:

PENGGUNAAN *GAS DISCHARGE TUBE* (GDT) UNTUK RANGKAIAN
PELIPAT TEGANGAN *MARX GENERATOR* 6 kV

Nama Mahasiswa : Nola Ribath
NIM : 145060301111076
Program Studi : TEKNIK ELEKTRO
Konsentrasi : TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Dosen Pembimbing : Ir. Wijono, M.T., Ph.D.



TIM DOSEN PENGUJI:

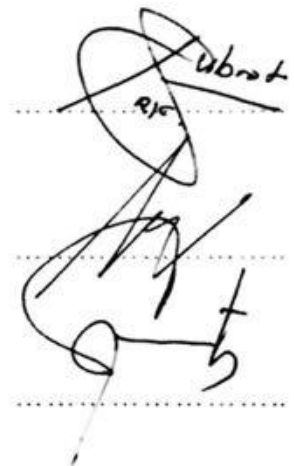
Dosen Penguji I : Ramadhani Kurniawan S., S.T., M.T. :

Dosen Penguji II : Ir. Hari Santoso, M.S. :

Dosen Penguji III : Ir. Soeprpto, M.T. :

Tanggal Ujian : 23 Maret 2018

SK Penguji : 623/UN10.F07/SK/2018



RIWAYAT HIDUP

Nola Ribath, Probolinggo, 17 Oktober 1996 anak dari ayah Mustofa dan Ibu Ismi Astutik, SD sampai SMA di Probolinggo hingga lulus SMA tahun 2014, lulus program sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2018. Pengalaman kerja sebagai asisten laboratorium di Laboratorium Dasar Elektrik dan Pengukuran Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2015 hingga 2018.

Malang, Mei 2018

Penulis

*Teriring Ucapan Terima Kasih dan Rasa Sayang kepada:
Bapak Mustofa dan Ibu Ismi Astutik tercinta*

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang,

Mahasiswa,



Nola Ribath

NIM.145060301111076

RINGKASAN

Nola Ribath, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Maret 2018, *Penggunaan Gas Discharge Tube (GDT) untuk Rangkaian Pelipat Tegangan Marx Generator 6 kV*, Dosen Pembimbing: Wijono.

Pelipat tegangan *Marx generator* merupakan generator impuls RC yang disusun bertingkat untuk memperoleh tegangan keluaran yang lebih tinggi dariada tegangan masukannya. Beberapa kapasitor dan resistor dirangkai sedemikian hingga kapasitor diisi secara paralel bersama-sama kemudian diluahkan sehingga menghasilkan tegangan keluaran yang berlipat sesuai dengan jumlah tingkatnya. Pada penelitian ini rangkaian *Marx generator* dirancang menggunakan *gas discharge tube* (GDT) sebagai saklar elektronik pada saat *breakdown* hingga rangkaian mampu membangkitkan tegangan yang diharapkan. Rangkaian *Marx generator* ini dirancang sebagai *supply* untuk mengisi *storage capacitor* untuk aplikasi pembangkit gelombang kombinasi tegangan dan arus impuls mengikuti standar yang ditetapkan oleh IEC (*International Electrotechnical Commission*) 61000-4-5 kelas 4. Hasil penelitian menunjukkan pelipat tegangan *Marx generator* dapat membangkitkan tegangan hingga 6,8 kV. *Storage Capacitor* yang seharusnya dapat diisi muatan hingga tegangannya mencapai 4 kV, namun hanya dapat terisi hingga tegangan 1 kV. Hal ini disebabkan karena tegangan impuls keluaran yang dihasilkan sangat sempit.

Kata kunci: pelipat tegangan *Marx generator*, *gas discharge tube* (GDT), tegangan *storage capacitor*.

SUMMARY

Nola Ribath, *Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, March 2018, Application of Gas Discharge Tube (GDT) for a 6 kV Marx Generator Voltage Multiplier Circuit, Academic Supervisor: Wijono.*

Marx generator voltage multiplier is an RC impulse generator that is arranged in stages to obtain a higher output voltage than input voltage. Some capacitors and resistors are arranged so the capacitors are charged in parallel together then generated to produce multiple output voltages corresponding to the number of levels. In this research, voltage multiplier is designed using gas discharge tube (GDT) as a media for breakdown voltage to generate 6kV. Marx generator circuit is designed using a gas discharge tube (GDT) as an electronic switch at breakdown until the circuit is capable to generate the expected voltage. Marx generator circuit is designed as a supply to charge the storage capacitor for high impulse voltage and current generator applications. The results show that the Marx generator can produce voltage up to 6.8 kV. Storage Capacitor that should be charged until the voltage reaches 4 kV, but only can be filled up to 1 kV. It is caused by impulse output voltage has narrow time period.

Keywords: *Marx generator voltage multiplier, gas discharge tube (GDT), storage capacitor voltage*

PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena hanya dengan berkat rahmat, barokah dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik yang berjudul “Penggunaan Gas Discharge Tube (GDT) untuk Rangkaian Pelipat Tegangan *Marx Generator* 6 kV”. Skripsi tersebut disusun dalam rangka untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik, di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Penulisan skripsi ini tidak dapat terselesaikan dengan baik dan lancar tanpa adanya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Secara khusus penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Ibunda Tercinta Ismi Astutik dan Ayahanda, Mustofa yang dengan penuh kasih sayang dan kesabaran telah mengasuh, membesarkan, mendidik, memberikan pelajaran hidup yang tak ternilai harganya, serta selalu melantunkan doa-doanya disepanjang waktu. Tak lupa pula dengan adik-adik saya yaitu Tsibat Vozi Kinaza, Zouwi Ozzu Shimada, Dabbara Gheldi yang juga turut senantiasa memberi semangat, dukungan, serta kasih sayang yang tulus, serta segenap keluarga besar yang selalu memberikan dukungan dan ajaran dalam hidup.

Selain itu, tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dan mendukung dalam penyelesaian skripsi ini maupun selama kuliah. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
2. Ibu Ir. Nurussa'adah, M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
3. Ibu Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc. selaku KKDK konsentrasi Teknik energi elektrik Teknik Elektro.
4. Bapak Ir. Wijono, M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, ide, nasihat, arahan, motivasi, waktu, serta saran dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Waru Djuriatno, S.T., M.T. selaku dosen penasehat yang telah memberikan ide dan saran dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Semua dosen, pegawai administrasi dan laboran Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya atas segala ilmu, masukan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis.
7. Para alumni TEUB '91 atas bantuan dana operasional sehingga skripsi ini lancar.
8. Mbak Nur Rahma Dona (alumni TEUB 2012) atas bantuannya dalam pencarian GDT serta memberikan rejekinya untuk membelikan GDT di Cina
9. Teman seperjuangan dalam skripsi, T. Vio Pikaloka dan Dony Darmawan Putra yang selalu memberikan semangat serta selalu membantu dalam penulisan dan pembuatan skripsi.

10. Tri Wahyu Prabowo, Anastiti Putri R S, Rosihan Arby Harahap, Muhram Muis yang telah membantu dalam proses pengerjaan skripsi.
11. Luthfiah R, Cinta Hanifa A, Titah Indyra P, Muthia Rahma, Sipa Peberina Ginting, Pegy Lestari, Olivia Ferlita, Septi Uliyani, Ridho Darmawan, Wildan Alfi, Amrizal Karim A, Anthony Wijoyo, Dimas Mudya Permadi, Anwi Kusuma, Imantaka Wira Rizky A, Ikhwan Fajri, Caesario Bima, Fadhli Hilman, Luthfan Akbar, M. Anang Tumanggor, yang telah memberikan bantuan, semangat, dan motivasi kepada penulis selama kuliah di Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
12. Teman-teman tim robotika Teknik Elektro UB (khususnya tim managerial), asisten laboratorium Dasar Elektrik dan Pengukuran angkatan 2012 2013 2014 2015 2016, mahasiswa Teknik Elektro 2014, ketua angkatan Dioda 2014 (Danang), teman-teman panitia MTQMN XV, teman-teman bidadari dioda, khususnya rekan-rekan mahasiswa konsentrasi (A) Teknik Energi Elektrik.
13. Sahabat-sahabat seperjuangan sejak SMP yaitu Bayu Herlambang, Fatimatus Zahro, M Yusa Miradz, Yasinta Putri Y, Puji Oktavi S, Nurohaini Yulianingtyas, Fadhlilul Anfa (Buzasanta Putynofa) yang selalu memberikan dukungan dan rasa persahabatan hingga saat ini.
14. Sahabat-sahabat sejak SMA yaitu Dyah Rahma, Kinanti Putri, Desi Budiawati, Siti Nur Cahyanti, Herwin Pundhi R, Ramawati Dwi, Indira Febrilia.
15. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, karena keterbatasan ilmu dan kendala-kendala lain yang terjadi selama pengerjaan penelitian ini. Oleh karena itu saran dan kritik mengenai penelitian ini diharapkan oleh penulis agar penelitian ini dapat menjadi karya tulis yang lebih baik dan berguna. Semoga laporan ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk pengembangan lebih lanjut.

Malang, 23 Maret 2018

Penulis

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Bidang Kajian	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II	5
2.1 Tegangan Tinggi Impuls	5
2.2 Rangkaian Pelipat Tegangan Marx generator	6
2.3 Prinsip Kerja Rangkaian	8
2.4 Gas Discharge Tube (GDT)	9
2.5 Karakteristik Gas Discharge Tube	12
2.6 Tembus pada Gas	13
2.7 Pengisian Kapasitor	13
2.8 Standar IEC 61000-4-5	16
BAB III	19
3.1 Perancangan Rangkaian	19
3.1.1 Penentuan Tegangan Input yang Diberikan	20
3.1.2 Penentuan Nilai Komponen yang Digunakan	20
A. Penentuan Nilai Resistor	20
B. Penentuan Nilai Kapasitor	20
C. Penentuan Nilai Gas Discharge Tube (GDT)	20
3.1.3 Penentuan Tegangan Output Marx Generator	20
3.1.4 Penentuan Jumlah Tingkat Rangkaian Marx Generator	20
3.1.5 Penentuan Tegangan Akhir yang Diharapkan pada Storage Capacitor ..	21

3.1.6	Penentuan Waktu Pengisian Storage Capacitor	21
3.2	Pengujian Rangkaian Marx Generator	21
3.3	Analisis Hasil Pengujian	21
3.4	Kesimpulan dan Saran	21
BAB IV	.....	23
4.1	Perancangan Rangkaian Marx Generator	23
4.2	Pengujian	25
4.2.1	Rangkaian Pengujian.....	25
4.2.2	Foto Alat.....	26
4.3	Prosedur Pengujian.....	27
A.	Prosedur Pengujian Tanpa Beban.....	27
B.	Prosedur Pengujian Berbeban	28
BAB V	.....	29
5.1	Pengujian Tanpa Beban	29
5.2	Hasil Pengujian Rangkaian Marx Generator Berbeban.....	33
BAB VI	.....	35
6.1	Kesimpulan	35
6.2	Saran	35
Lampiran 1	.....	39
Lampiran 2	.....	41
Lampiran 3	.....	47
Lampiran 4	.....	51
Lampiran 5	.....	53

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Berbagai Jenis Kelas pada Standar IEC 61000-4-5.....	17
Tabel 5.1	Perbedaan hasil perhitungan, dan percobaan tegangan keluaran rangkaian <i>Marx generator</i>	32
Tabel 5.2	Perbedaan hasil perhitungan, dan percobaan pengisian <i>storage</i> capacitor.....	31

DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Jenis-jenis Tegangan Impuls: (a) Impuls Petir; (b) Impuls Hubung Buka; (c) Impuls Terpotong.....	5
Gambar 2.2	Bentuk Gelombang Impuls Petir.....	6
Gambar 2.3	Rangkaian Pelipat Tegangan <i>Marx Generator</i> 3 Tingkat.....	7
Gambar 2.4	Rangkaian Pelipat Tegangan <i>Marx Generator</i> Menggunakan GDT (a) Tanpa Beban dan (b) Berbeban	8
Gambar 2.5	Mode Pengisian Muatan Kapasitor pada Rangkaian <i>Marx Generator</i> ..	9
Gambar 2.6	Mode Pelepasan Muatan Kapasitor pada Rangkaian <i>Marx Generator</i> .	9
Gambar 2.7	Permukaan GDT a) 2 elektroda b) 3 elektroda	10
Gambar 2.8	Simbol GDT a) 2 elektroda b) 3 elektroda	10
Gambar 2.9	Konstruksi <i>Gas Discharge Tube</i> 2 Elektroda	10
Gambar 2.10	Karakteristik Tegangan-Arus pada GDT	12
Gambar 2.11	(a) Rangkaian Pengisian Kapasitor dengan Kapasitor Lain; (b) Grafik Tegangan Terhadap Waktu untuk Pengisian Kapasitor dengan Kapasitor Lain; (c) Grafik Tegangan Terhadap Waktu untuk Pengisian Kapasitor dengan Penyearahan Tegangan AC Menjadi DC.....	15
Gambar 2.12	Rangkaian Generator Surja Pembangkit Kombinasi Tegangan dan Arus Impuls.....	16
Gambar 3.1	Diagram alir langkah penelitian.....	19
Gambar 4.1	Rangkaian <i>Marx generator</i> tanpa dihubungkan <i>storage capacitor</i> (b) Rangkaian <i>Marx generator</i> dengan dihubungkan <i>storage capacitor</i> ..	22
Gambar 4.2	Jarak aman penyambungan tiap potensial listrik.....	25
Gambar 4.3	Foto alat <i>Marx generator</i> yang telah selesai di gabungkan (tampak samping).....	26
Gambar 4.4	Foto alat <i>Marx generator</i> yang telah selesai di gabungkan (tampak atas).....	27
Gambar 5.1	Hasil Pengujian Pertama Rangkaian <i>Marx Generator</i> Tanpa Beban dengan masing-masing $R = 10k\Omega$ 5W sesaat sebelum R1 terbakar	29
Gambar 5.2	Ilustrasi kondisi saat G1 terhubung singkat.....	30

Gambar 5.3	Penggantian Resistor pada Rangkaian <i>Marx generator</i>	31
Gambar 5.4	Hasil Pengujian Setelah Resistor Diganti Menjadi 1 M Ω 1 W.....	31
Gambar 5.5	Penggantian Semua Resistor dan GDT.....	33
Gambar 5.6	Pengisian <i>storage capacitor</i> hingga 1kV.....	34

DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul	Halaman
Lampiran 1	Datasheet Gas Discharge Tube (GDT).....	39
Lampiran 2	Perhitungan Charging Capacitor	41
Lampiran 3	Perhitungan Tegangan Keluaran (Votput).....	47
Lampiran 3	Dokumentasi Pembuatan Alat.....	51
Lampiran 4	Dokumentasi Pengujian.....	53

