

**DESAIN RANGKAIAN PELIPAT TEGANGAN 6 kV *MARX*
GENERATOR EMPAT TINGKAT SEBAGAI CATU TEGANGAN
GENERATOR SURJA**

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar sarjana teknik



**TEGUH VIO PIKALOKA
NIM. 145060300111008**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

LEMBAR PENGESAHAN
DESAIN RANGKAIAN PELIPAT TEGANGAN 6 kV MARX
GENERATOR EMPAT TINGKAT SEBAGAI CATU TEGANGAN
GENERATOR SURJA

SKRIPSI

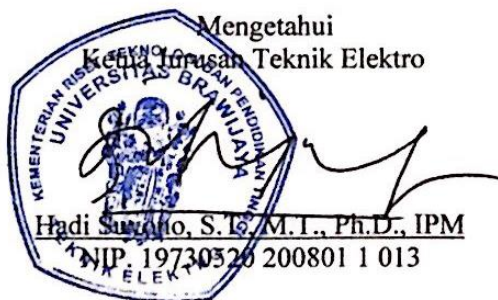
TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar sarjana teknik

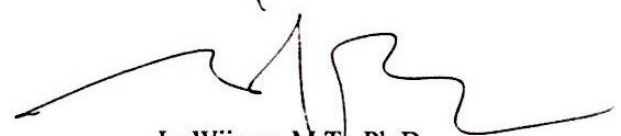


TEGUH VIO PIKALOKA
NIM. 145060300111008

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 17 Mei 2018



Dosen Pembimbing



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

JUDUL SKRIPSI:

DESAIN RANGKAIAN PELIPAT TEGANGAN 6 kV *MARX GENERATOR* EMPAT
TINGKAT SEBAGAI CATU TEGANGAN GENERATOR SURJA

Nama Mahasiswa : Teguh Vio Pikaloka
NIM : 145060300111008
Program Studi : Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Energi Elektrik

KOMISI PEMBIMBING:

Ketua : Ir. Wijono, M.T., Ph.D.



TIM DOSEN PENGUJI:

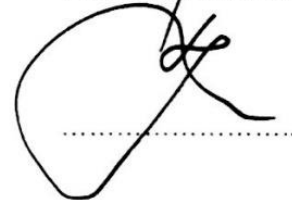
Dosen Penguji I : Ir. Unggul Wibawa, M.Sc.



Dosen Penguji II : Ir. Mahfudz Shiddiq, M.T.



Dosen Penguji III : Ir. Hery Purnomo, M.T.



Tanggal Ujian : 23 Maret 2018
SK Penguji : 624/UN10.F07/SK/2018

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, 17 Mei 2018

Mahasiswa,



Teguh Vio Pikaloka

NIM. 145060300111008

RIWAYAT HIDUP

Teguh Vio Pikaloka, Malang, 10 Juli 1997 anak dari ayah Teguh Prayitno dan Ibu Dwi Susilowati, SD sampai SMA di Kota Malang lulus SMA tahun 2014, lulus program sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2018. Pengalaman kerja sebagai asisten laboratorium di Laboratorium Mesin Elektrik Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2016 hingga 2018.

Malang, Maret 2018

Penulis

*Teriring Ucapan Terima Kasih kepada:
Ayahanda Teguh Prayitno dan Ibunda Dwi Susilowati*

RINGKASAN

Teguh Vio Pikaloka, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Maret 2018, *Desain Rangkaian Pelipat Tegangan 6 kV Marx Generator Empat Tingkat sebagai Catu Tegangan Generator Surja*, Dosen Pembimbing: Wijono.

Marx Generator adalah salah satu jenis rangkaian pelipat tegangan yang terdiri dari resistor, kapasitor dan *spark gap*. Rangkaian ini mampu menghasilkan tegangan *output* berbentuk impuls dengan nilai yang lebih besar dari tegangan *input* DC. Memiliki dimensi yang kecil dan *portable*, komponen yang mudah ditemui di pasaran, serta biaya yang murah menjadi poin utama pada *Marx Generator*. Pada penelitian ini rangkaian *Marx Generator* dirancang dan dibuat untuk mengisi *storage capacitor* pada peralatan pembangkit kombinasi tegangan-arus impuls atau yang biasa disebut dengan generator surja dengan mengikuti standar yang ditetapkan oleh IEC (*International Electrotechnical Commission*) 61000-4-5 kelas 4. *Marx Generator* tersebut dirancang mampu membangkitkan tegangan hingga 6 kV. Generator dibangun menggunakan kapasitor *high voltage* 100nF/3kV yang diparalel dengan resistor 10k Ω /5 Watt dan kemudian disusun menjadi empat tingkat, dimana pada setiap tingkatnya dipasang sebuah *spark gap* berupa baut dengan diameter 5mm dan panjang 6cm. Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan saat rangkaian *Marx Generator* dalam kondisi tanpa beban dan berbeban. Dalam pengujiannya, dibuat variasi jarak pada sela *spark gap* yaitu 0,2 mm, 0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm dan 2 mm. Hasil pengujian tanpa beban pada ruangan dengan keadaan udara sembarang, menunjukkan nilai *output* tegangan impuls maksimal yaitu 6,8 kV. Ketika jarak sela dinaikkan, maka nilai tegangan *input* yang dibutuhkan untuk menghasilkan *spark* pertama kali pada sela juga semakin besar. Saat kondisi berbeban *Marx Generator* mampu mengisi *storage capacitor* hingga tegangan 3,7 kV dalam waktu 98 menit.

Kata kunci : Pelipat Tegangan *Marx Generator*, *Spark Gap*, Tegangan *Storage Capacitor*.

SUMMARY

Teguh Vio Pikaloka, *Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, March 2018, Design of 6 kV Four Stages Voltage Multiplier Marx Generator Circuit as Surge Generator Power Supply, Academic Supervisor: Wijono.*

Marx Generator is one kind of voltage multiplier circuit. It consist of resistors, capacitors and spark gaps. These circuit produces impulse voltages with a value greater than its DC input voltage. Having a small dimension and portable, using common components, and low cost become the main points of Marx Generator. The Marx Generator circuit is designed, manufactured to charge storage capacitors of a impulse current voltage generating devices or so-called surge generators. The surge generator fulfils IEC (International Electrotechnical Commission) standard no 61000-4-5 class 4. The Marx Generator is designed to generate 6 kV voltage. It is constructed of 100nF / 3kV high voltage capacitor in parallel with 10k Ω / 5Watt resistors. The generator is arranged into four levels, where each level equipped with a spark gap made of bolts with diameter 5mm and length of 6cm. In this research the generator output are measured for no load and load conditions. Distance between the spark gap are varied for 0.2 mm, 0.5 mm, 1 mm, 1.5 mm and 2 mm. Based on no-load test in room with any air condition, we obtained maximum output impulse voltage at 6.8 kV when the distance is increased, then the value of input voltage become greater to produce first spark in a gap. Meanwhile, when load condition Marx Generator able to fill storage capacitor up to 3,7 kV voltage within 98 minutes.

Keywords : Marx Generator Voltage Multiplier, Spark Gap, Storage Capacitor Voltage

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat, barokah dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Desain Rangkaian Pelipat Tegangan 6 kV *Marx Generator* Empat Tingkat Sebagai Catu Tegangan Generator Surja” ini dengan baik. Skripsi ini 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 kepada Ibunda Tercinta, Dwi Susilowati dan Ayahanda, Teguh Prayitno yang dengan penuh kasih sayang dan kesabaran telah mengasuh, membesarkan, mendidik, memberikan pelajaran hidup yang tak ternilai harganya. Tak lupa dengan adik penulis Dinda Putri Maritsha yang juga turut senantiasa memberi semangat dan dukungan.

Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dan mendukung dalam penyelesaian skripsi ini. 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.
2. Ibu Ir. Nurussa'adah, M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
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 skripsi 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 yang telah memberikan ide, nasihat, arahan, dan juga saran dalam pembuatan 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. Alumni Teknik Elektro Universitas Brawijaya angkatan 1991 yang telah

- memberi dana bantuan skripsi sehingga menjadi semangat bagi penulis.
8. Teman seperjuangan pengerjaan skripsi yaitu Nola Ribath dan Dony Darmawan, S.T., yang membantu menyelesaikan skripsi ini serta selalu memberi dukungan dan motivasi.
 9. Teman-teman mahasiswa Teknik Elektro angkatan 2014 (DIODA), khususnya konsentrasi (A) Teknik Energi Elektrik.
 10. Rekan-rekan Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro periode 2017/2018 khususnya Departemen Kewirausahaan Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro periode 2017/2018.
 11. Rekan-rekan Asisten Laboratorium Mesin Elektrik dan Elektronika Proses.
 12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini karena keterbatasan ilmu dan kendala-kendala lain yang terjadi selama pengerjaan penelitian. 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, 15 Maret 2018

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR.....	6
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Bidang Kajian Penelitian.....	2
1.5 Manfaat.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II.....	5
2.1 Tegangan Impuls.....	5
2.2 Rangkaian Pelipat Tegangan <i>Marx Generator</i>	7
2.2.1 Prinsip Kerja Rangkaian Pelipat Tegangan <i>Marx Generator</i>	8
2.3 <i>Spark Gap</i>	9
2.3.1 Tembus pada <i>Spark Gap</i>	9
2.4 Pengisian <i>Storage Capacitor</i>	10
2.5 Standar <i>Storage Capacitor</i>	13
2.6 <i>Stray Capacitance</i>	14
2.7 Seri dan Paralel Kapasitor	14
BAB III	15
3.1 Diagram Alir Penelitian	15
3.1.1 Penentuan Waktu Pengisian <i>Storage Capacitor</i>	16
3.1.2 Penentuan Tegangan Akhir yang Diharapkan pada <i>Storage Capacitor</i>	16
3.1.3 Penentuan Tegangan <i>Input</i> pada Rangkaian Pelipat Tegangan <i>Marx Generator</i>	17
3.1.4 Penentuan Nilai Komponen Rangkaian <i>Marx Generator</i>	17

3.1.5 Penentuan Tegangan Keluaran Maksimum pada Rangkaian Pelipat Tegangan <i>Marx Generator</i>	18
3.1.6 Perhitungan Banyak Tingkat pada Rangkaian Pelipat Tegangan <i>Marx Generator</i>	18
3.1.7 Pengukuran Tegangan Maksimum pada Pelipat Tegangan <i>Marx Generator</i> dan Waktu Pengisian <i>Storage Capacitor</i>	18
3.2 Target Penelitian	19
3.3 Rencana Pengujian dan Pengambilan Data	19
3.4 Perhitungan dan Analisis.....	19
3.5 Penarikan Kesimpulan dan Saran.....	19
BAB IV	21
4.1 Perancangan Rangkaian Pelipat Tegangan <i>Marx Generator</i>	21
4.2 Pembuatan Rangkaian Pelipat Tegangan <i>Marx Generator</i>	24
4.2.1 Alat dan Bahan Pembuatan <i>Marx Generator</i>	24
4.2.2 Foto Alat <i>Marx Generator</i>	24
4.3 Prosedur Pengujian	25
4.3.1 Prosedur Pengujian Rangkaian <i>Marx Generator</i> Sebelum Dihubungkan <i>Storage Capacitor</i>	25
4.3.2 Prosedur Pengujian <i>Marx Generator</i> dengan Beban <i>Storage Capacitor</i>	25
BAB V	27
5.1 Pengujian Tanpa Beban.....	27
5.1.1 Pengujian Pertama <i>Marx Generator</i> Tanpa Beban.....	27
5.1.2 Pengujian <i>Marx Generator</i> Kedua Tanpa Beban	28
5.2 Pengujian <i>Marx Generator</i> dengan <i>Storage Capacitor</i>	32
5.2.1 Pengujian Pertama <i>Marx Generator</i> dengan <i>Storage Capacitor</i>	32
5.2.2 Pengujian Kedua <i>Marx Generator</i> dengan <i>Storage Capacitor</i>	33
5.3 Pembahasan Perbedaan Hasil Target dan Pengujian	34
5.3.1 Pengujian <i>Marx Generator</i> Tanpa Beban.....	34
5.3.2 Pengujian <i>Marx Generator</i> dengan <i>Storage Capacitor</i>	34
BAB VI	37
6.1 Kesimpulan	37
6.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA.....	39

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Standar Bentuk Tegangan Impuls.....	6
Tabel 2.2	Berbagai Jenis Kelas pada Standar IEC 61000-4-5.....	14
Tabel 4.1	Alat dan Bahan Pembuatan <i>Marx Generator</i>	24
Tabel 5.1	Hasil Pengujian <i>Marx Generator</i> Tanpa Beban.....	30
Tabel 5.2	Hasil Perhitungan dan Pengujian Tegangan Keluaran Rangkaian <i>Marx Generator</i> Tanpa Beban	34
Tabel 5.3	Hasil Perhitungan dan Pengujian <i>Marx Generator</i> dengan <i>Storage Capacitor</i>	35

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 <i>Marx Generator</i> Empat Tingkat	7
Gambar 2.4	Rangkaian pengali tegangan <i>Marx Generator</i> Empat Tingkat: (a) Pengisian muatan; (b) Pelepasan muatan.....	9
Gambar 2.5	(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	12
Gambar 2.6	Rangkaian Pembangkit Kombinasi Tegangan dan Arus.....	13
Gambar 3.1	Diagram Alir Umum Penelitian.....	15
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian	16
Gambar 4.1	Diagram Alir Perancangan <i>Marx Generator</i>	21
Gambar 4.2	Rangkaian <i>Marx Generator</i> Empat Tingkat: (a) Tanpa <i>Storage</i> <i>Capacitor</i> ; (b) Dengan <i>Storage Capacitor</i>	23
Gambar 4.3	Rangkaian <i>Marx Generator</i> Empat Tingkat yang Sudah Dibuat	25
Gambar 4.4	Rangkaian <i>Marx Generator</i> yang Sudah Dicu Sumber Tegangan	25
Gambar 5.1	Rangkaian <i>Marx Generator</i> Pengujian Pertama Tanpa Beban	27
Gambar 5.2	Rangkaian <i>Marx Generator</i> Pengujian Kedua Tanpa Beban	29
Gambar 5.3	Rangkaian <i>Marx Generator</i> saat <i>Spark Gap</i> Tingkat Pertama Bekerja	30
Gambar 5.4	Grafik Hasil Tegangan Impuls Percobaan <i>Marx Generator</i> Tanpa Beban.....	32
Gambar 5.5	Grafik Pengisian <i>Storage Capacitor</i> Pengujian Pertama	33
Gambar 5.6	Rangkaian <i>Marx Generator</i> Pengujian Kedua dengan <i>Storage</i> <i>Capacitor</i>	33
Gambar 5.7	Grafik Pengisian <i>Storage Capacitor</i> Pengujian Kedua.....	36