

**RANCANG BANGUN ALAT PEMBANGKITAN TEGANGAN TINGGI
ARUS SEARAH**

(Skripsi)

Oleh

DIAS ADHITAMA



**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS LAMPUNG
2019**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN ALAT PEMBANGKITAN TEGANGAN TINGGI ARUS SEARAH

Oleh

DIAS ADHITAMA

Penelitian ini bertujuan untuk membuat alat pembangkit tegangan tinggi DC yang dapat menghasilkan tegangan tinggi DC sehingga dapat digunakan untuk keperluan penelitian, pengujian, dan praktikum dalam skala laboratorium, yaitu Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi, Teknik Elektro, Universitas Lampung. HVDC ini dibuat menggunakan komponen-komponen yang sama dengan rangkaian elektronika namun khusus dipergunakan pada tegangan tinggi. Rangkaian penyearah yang digunakan adalah penyearah setengah gelombang, penyearah gelombang penuh, dan penyearah *villard*. Sumber tegangan AC 220 V disuplai ke *voltage regulator* untuk diatur tegangan *input*-nya. Tegangan disuplai ke trafo uji 220V/20kV kemudian disearahkan dengan rangkaian penyearah yang sudah dibuat. Tegangan keluaran yang diperoleh ditampilkan di osiloskop. Ketiga penyearah tersebut berhasil menyearahkan tegangan AC menjadi tegangan DC sesuai dengan karakteristiknya. Pada penyearah setengah gelombang dengan tegangan pengujian 7 kV menghasilkan $V_{ave-dc} = 2,544$ kV. Pada penyearah gelombang penuh dengan tegangan pengujian 2 kV menghasilkan $V_{ave-dc} = 1,477$ kV. Pada penyearah *villard* dengan tegangan pengujian 7 kV menghasilkan $V_{max-dc} = 12,8$ kV.

Kata kunci : HVDC, setengah gelombang, gelombang penuh, *villard*

ABSTRACT

DESIGN AND BUILD OF HIGH VOLTAGE DIRRECT CURRENT GENERATOR

By

DIAS ADHITAMA

This study aims to create a DC voltage generator that can produce high-voltage DC can be used for research, testing and practicum on a laboratory scale, namely the High Voltage Engineering Laboratory, Electrical Engineering, University of Lampung. HVDC is made using the same components as the electronic circuit but specifically used at high voltage. The rectifier circuit used is a half-wave rectifier, a full-wave rectifier, and a villard rectifier. A 220 V AC voltage source is supplied to the voltage regulator to regulate the input voltage. The voltage is supplied to the 220V / 20kV transformer then rectified by a rectifier circuit that has been made. Output voltage obtained on the oscilloscope. The three rectifiers succeeded rectifying AC voltage to DC voltage according to its characteristics. In a half-wave rectifier with a test voltage of 7 kV produces $V_{ave-dc} = 2.544$ kV. In a full-wave rectifier with a test voltage of 2 kV produces $V_{ave-dc} = 1.477$ kV. In the villard rectifier with a test voltage of 7 kV produces $V_{max-dc} = 12.8$ kV.

Keywords : HVDC, half-wave, full-wave, villard

RANCANG BANGUN ALAT PEMBANGKITAN TEGANGAN TINGGI

ARUS SEARAH

Oleh

DIAS ADHITAMA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN ALAT
PEMBANGKITAN TEGANGAN TINGGI
ARUS SEARAH**

Nama Mahasiswa : **Dias Adhitama**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1515031057

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Dr. Henry B. H. Sitorus, S.T., M.T.
NIP 19721219 199903 1 002



Dr. Eng. Yul Martin, S.T., M.T.
NIP 19710716 200003 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Elektro



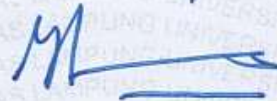
Khairudin, S.T., M.Sc., Ph.D. Eng.
NIP 19700719 200012 1 001

MENGESAHKAN

II. Tim Penguji

Ketua

: Dr. Henry B. H. Sitorus, S.T., M.T.



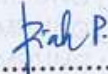
Sekretaris

: Dr. Eng. Yul Martin, S.T., M.T.



Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Eng. Diah Permata, S.T., M.T.



Dean Fakultas Teknik



Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.
NIP 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 12 Desember 2019

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Januari 2020



Dias Adhitama
NPM. 1515031057

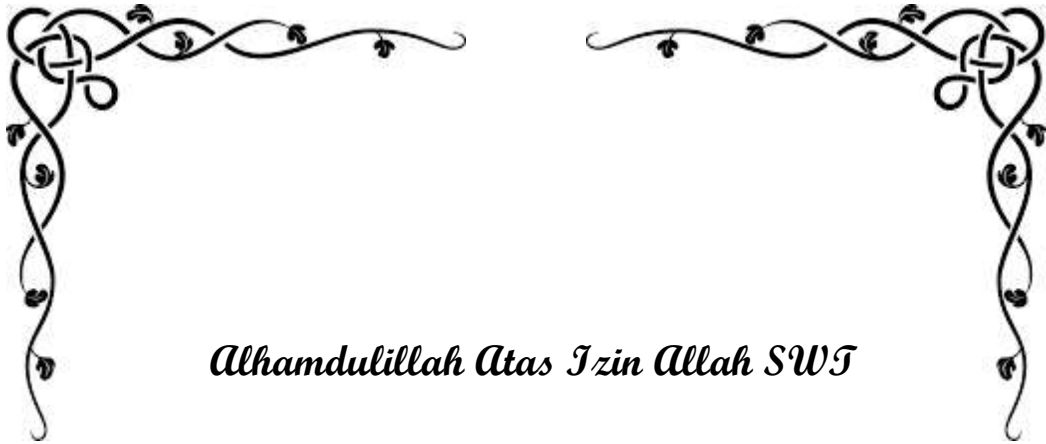
RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Tanjung Karang, 9 Maret 1997. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Iwan Setiawan dan Ibu Nurmailana.

Pendidikan penulis SDN 1 Kota Bengkulu pada tahun 2003 hingga 2009, SMPN 1 Bengkulu pada tahun 2009 hingga 2012, dan SMAN 5 Bengkulu pada tahun 2012 hingga 2015.

Penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung, pada tahun 2015 melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri). Selama menjadi mahasiswa, penulis berkesempatan menjadi asisten dosen mata kuliah Rangkaian Listrik tahun 2019 dan tergabung dalam keanggotaan asisten Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi dari tahun 2018, serta menjadi asisten mata kuliah Praktikum Teknik Tegangan Tinggi pada tahun 2018 sampai 2019. Selain itu, penulis tergabung dalam lembaga kemahasiswaan yang ada di Jurusan Teknik Elektro (Himatro) sebagai anggota Departemen Pengembangan Keteknikan Divisi Penelitian dan Pengembangan selama dua periode kepengurusan yaitu pada tahun 2016-2017 di periode pertama dan pada tahun 2017 di periode kedua. Pada 23 Juli – 25 Agustus 2018, penulis melaksanakan kerja praktik di PT. Great Giant Pineapple, Lampung Tengah dan mengangkat judul “Proteksi Generator Unit 2 PLTU PT. Great Giant Pineapple Menggunakan Rele Diferensial Tipe LFP 984”.



Alhamdulillah Atas Izin Allah SWT

*Dengan Rasa Hormat, Cinta, dan Kasih Sayang
Karya Sederhana Ini Kupersembahkan Untuk*

BAPAK DAN IBU TERCINTA

IWAN SETIAWAN DAN NURMAILANA

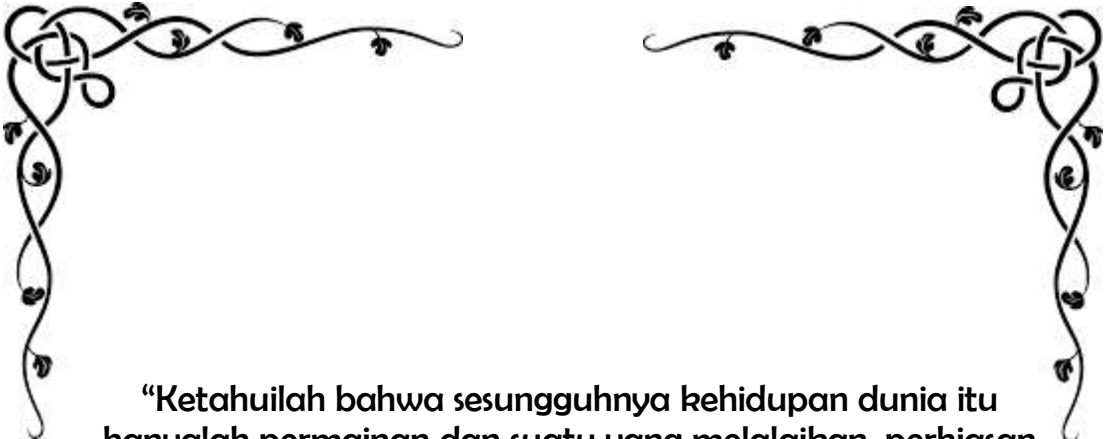
*Yang Senantiasa Mencintai, Memotivasi, Mendoakan
Yang Selalu Ada Untukku*

ADIKKU TERSAYANG

DIAN ADITYA NINGRUM

*Keluarga Besar, Guru, Dosen, Teman
Dan
Almamater Tercinta*





“Ketahuilah bahwa sesungguhnya kehidupan dunia itu hanyalah permainan dan suatu yang melalaikan, perhiasan dan bermegah-megahan antara kamu serta berbangga-banggaan tentang banyaknya harta dan anak, seperti hujan yang tanam-tanamannya mengagumkan para petani kemudian tanaman itu menjadi kering dan kamu lihat warnanya kuning kemudian menjadi hancur. Dan di akhirat nanti ada adzab yang keras dan ampunan dari Allah serta keridhaan-Nya. Dan kehidupan dunia ini tidak lain hanyalah kesenangan yang menipu.”

(QS. Al-Hadid : 20)

“Bila kau tak tahan lelahnya belajar, maka kau harus menahan perihnya kebodohan.”

(Imam Asy Syafi'i)

“Jangan pernah meremehkan kekuatan do'a.”

~Dias Adhitama~



SANWACANA

Segala puji bagi Allah, atas limpahan nikmat-Nya yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Skripsi ini. Shalawat dan salam senantiasa dicurahkan kepada Nabi Muhammad, suri teladan yang mampu membuka sesuatu yang terkunci, penutup dari semua yang terdahulu, penolong kebenaran dengan jalan yang benar, dan petunjuk kepada jalan-Mu yang lurus.

Skripsi dengan judul “Rancang Bangun Alat Pembangkitan Tegangan Tinggi Arus Searah” ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Karomani, M.Si. selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Suharno, M.Sc., Ph. D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Khairudin, S.T., M.Sc. Ph. D. Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
4. Bapak Dr.Henry B.H. Sitorus, S.T., M.T. selaku pembimbing utama dan telah memberikan bimbingan rutin, motivasi, arahan dan pandangan kehidupan kepada penulis di setiap kesempatan dengan baik dan ramah.
5. Bapak Dr. Eng. Yul Martin, S.T., M.T. selaku pembimbing pendamping yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan nilai-nilai kehidupan kepada penulis dengan baik dan ramah.

6. Ibu Dr. Eng. Diah Permata, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun kepada penulis dalam mengerjakan skripsi ini.
7. Ibu Dr. Eng. Diah Permata, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik (PA) yang telah memberikan nasihat, arahan, dan bimbingan yang membangun bagi penulis dalam mempersiapkan diri menjadi seorang Sarjana Teknik.
8. Segenap Dosen di Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, wawasan, dan pengalaman bagi penulis.
9. Segenap Staff di Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Teknik yang telah membantu penulis baik dalam hal administrasi dan hal-hal lainnya.
10. Ayah dan Ibu tercinta, Iwan Setiawan dan Nurmailana yang tak terhingga jasa yang telah diberikan. Hanya doa dan sedikit usaha meraih prestasi sekarang dan kedepannya serta menyelesaikan kewajiban agar terpancar senyum bangga di wajah kalian yang sangat saya impikan.
5. Adik saya, Dian Aditya Ningrum yang selama ini telah memberikan kasih sayang, motivasi, semangat, dukungan, nasehat dan do'a dalam segala aspek agar istiqomah dalam menuntut ilmu.
11. Keluarga Besar Teknik Elektro Angkatan 2015 terima kasih sudah menjadi saudara tak kandung sejak tahun 2015 hingga di masa depan.
12. Rekan-rekan Himatro Unila, serta kakak-kakak dan adik-adik tingkat di Jurusan Teknik Elektro.

13. Anggota Rumah Rafi Squad, Rafi Ariza, Bambang Sutrisno, Wira Jerry K.W., Muhammad Alifiah, Ikhwan Pamungkas, dan Arnold Sipangkar yang telah menemani dari awal hingga tak berakhir.
14. Seluruh teman-teman yang terlibat langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian skripsi.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Penulis mengharapkan kritik dan saran konstruktif dari semua pihak demi kemajuan bersama. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, Januari 2020

Dias Adhitama

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
SURAT PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
SANWACANA	ixi
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	4
1.4 Perumusan Masalah.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Hipotesis	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	7

2.1 Sejarah Pembangkit Tegangan Tinggi DC	7
2.2 Pembangkit Tegangan Tinggi DC	8
2.3 Prinsip Kerja Pembangkit Tegangan Tinggi DC.....	9
2.4 Penyearah Tegangan.....	10
2.4.1 Penyearah Setengah Gelombang	10
2.4.2 Penyearah Gelombang Penuh	13
2.4.3 Penyearah <i>Villard</i>	15
2.4.4 Penyearah Greinacher	17
2.4.5 <i>Greinacher</i> Susunan Kaskade Bertingkat (<i>Cockroft Walton</i>).....	18
III. METODE PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	20
3.2 Alat dan Bahan	20
3.3 Rancangan Penelitian	21
3.3.1 Pembuatan Rangkaian Penyearah Setengah Gelombang.....	21
3.3.2 Pembuatan Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh	22
3.3.3 Pembuatan Rangkaian Penyearah <i>Villard</i>	23
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	23
3.5 Tahapan Penelitian	26
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Menghitung Parameter HVDC	27
4.2 Simulasi	31
4.2.1 Rangkaian Penyearah Setengah Gelombang	31
4.2.2 Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh	33
4.2.3 Rangkaian Penyearah <i>Villard</i>	35
4.3 Pembuatan Alat	37
4.3.1 Voltage Regulator	37
4.3.2 Trafo Uji	38
4.3.3 Resistor	38
4.3.4 Dioda Tegangan Tinggi	39
4.3.4 Kapasitor Electrolyte	40
4.3.5 Grounding	41

4.3.6 Osiloskop	42
4.3.7 Trafo Tegangan.....	43
4.3.8 Multimeter	43
4.3.9 Proteksi Jarum.....	44
4.4 Hasil Pembuatan Alat	45
4.4.1 HVDC Dengan Rangkaian Penyearah Setengah Gelombang.....	46
4.4.2 HVDC Dengan Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh	50
4.4.3 HVDC Dengan Rangkaian Penyearah <i>Villard</i>	53
4.5 Rugi-Rugi Tegangan	57
4.5.1 Perhitungan Rugi-Rugi Tegangan	58
4.5.2 Persentase Rugi-Rugi Tegangan.....	59
4.5 Pembahasan	60
V. SIMPULAN DAN SARAN	66
5.1 Simpulan.....	66
5.2 Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN.....	70

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal pelaksanaan penelitian.	20
Tabel 4.1 Data hasil HVDC penyearah setengah gelombang	60
Tabel 4.2 Data hasil HVDC penyearah gelombang penuh	62
Tabel 4.3 Data hasil HVDC penyearah <i>villard</i>	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Penyearah setengah gelombang tanpa kapasitor	10
Gambar 2.2	Gelombang output penyearah setengah gelombang tanpa kapasitor	11
Gambar 2.3	Penyearah setengah gelombang dengan kapasitor	12
Gambar 2.4	Gelombang tegangan keluaran penyearah setengah gelombang dengan kapasitor	12
Gambar 2.5	Penyearah gelombang penuh dengan 2 dioda	13
Gambar 2.6	Penyearah gelombang penuh dengan 4 dioda	14
Gambar 2.7	Gelombang keluaran penyearah gelombang penuh	15
Gambar 2.8	Rangkaian penyearah <i>Villard</i>	15
Gambar 2.9	Output gelombang penyearah <i>Villard</i>	16
Gambar 2.10	Rangkaian penyearah <i>Greinacher</i>	17
Gambar 2.11	Output gelombang penyearah <i>greinacher</i>	18
Gambar 2.12	Rangkaian penyearah <i>Greinacher</i> susunan kaskade bertingkat.....	19
Gambar 3.1	Desain rancangan HVDC dengan penyearah setengah gelombang ..	22
Gambar 3.2	Desain rancangan HVDC dengan penyearah gelombang penuh	22
Gambar 3.3	Desain rancangan HVDC dengan penyearah <i>villard</i>	23
Gambar 3.4	Diagram alir penelitian	24
Gambar 3.5	Diagram alir percobaan	25

Gambar 4.1 Rangkaian HVDC penyearah setengah gelombang	30
Gambar 4.2 Simulasi HVDC rangkaian penyearah setengah gelombang.....	32
Gambar 4.3 Gelombang <i>output</i> hasil simulasi penyearah setengah gelombang...	32
Gambar 4.4 Simulasi HVDC rangkaian penyearah gelombang penuh.....	34
Gambar 4.5 Gelombang <i>output</i> hasil simulasi penyearah setengah gelombang...	34
Gambar 4.6 Simulasi HVDC rangkaian penyearah <i>villard</i>	36
Gambar 4.7 Gelombang <i>output</i> hasil simulasi penyearah <i>villard</i>	36
Gambar 4.8 <i>Voltage regulator</i>	38
Gambar 4.9 Trafo uji.....	38
Gambar 4.10 Resistor	39
Gambar 4.11 Dioda tegangan tinggi	40
Gambar 4.12 Kapasitor <i>Electrolyte</i>	40
Gambar 4.13 Tongkat <i>grounding</i>	41
Gambar 4.14 Kabel <i>grounding</i>	42
Gambar 4.15 Osiloskop.....	42
Gambar 4.16 Trafo tegangan.....	43
Gambar 4.17 Multimeter digital.....	44
Gambar 4.18 Proteksi Jarum	45
Gambar 4.19 Komponen-komponen penyusun rangkaian HVDC dalam satu rak	46
Gambar 4.20 HVDC dengan rangkaian penyearah setengah gelombang : (a) tampak belakang; (b) tampak depan	47
Gambar 4.21 Gelombang <i>output</i> pada pengujian HVDC penyearah setengah gelombang dengan $V_{in, rms} = 7 \text{ kV}$	49

Gambar 4.22 HVDC dengan rangkaian penyearah gelombang penuh: (a) tampak belakang; (b) tampak depan	51
Gambar 4.23 Gelombang <i>output</i> pada pengujian HVDC penyearah gelombang penuh dengan $V_{in, rms} = 2 \text{ kV}$	52
Gambar 4.24 HVDC dengan rangkaian penyearah <i>villard</i> : (a) tampak belakang; (b) tampak depan	54
Gambar 4.25 Gelombang <i>output</i> pada pengujian HVDC penyearah <i>villard</i> dengan $V_{in, rms} = 7 \text{ kV}$	56
Gambar 4.26 Rangkaian HVDC penyearah setengah gelombang	57
Gambar 4.27 Perbandingan simulasi dengan percobaan pada penyearah setengah gelombang dengan $V_{in} (V_{rms}) = 7 \text{ kV}$	61
Gambar 4.28 Perbandingan simulasi dengan percobaan pada penyearah gelombang penuh dengan $V_{in} (V_{max-ac}) 2 \text{ kV}$	63
Gambar 4.29 Perbandingan simulasi dengan percobaan pada penyearah <i>villard</i> dengan $V_{in} (V_{max-ac}) 7 \text{ k}$	64

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini terdapat tiga jenis tegangan tinggi pengujian yang digunakan di laboratorium untuk pengujian material isolasi dan peralatan tegangan tinggi, yaitu tegangan tinggi AC, tegangan tinggi DC, dan tegangan tinggi impuls. Ketiga pembangkit tegangan tinggi tersebut dapat digunakan untuk pengujian fenomena tegangan tinggi, seperti perhitungan medan elektrik, gejala tembus listrik dielektrik, dan lain-lain. Dari sisi konsumen, pengujian tegangan tinggi diperlukan untuk membuktikan bahwa isolasi peralatan memenuhi spesifikasi yang diberikan produsen peralatan. Dari sisi produsen pengujian tegangan tinggi dilakukan untuk memeriksa hasil rancangan baru dan menentukan kekuatan peralatan yang baru dirancang tersebut. Kemudian hasil pengujian ini digunakan sebagai acuan dalam membuat rancangan yang lebih baik. Dari sisi proteksi, pengujian tegangan tinggi dilakukan untuk memeriksa apakah kualitas sistem isolasi peralatan pada sistem tenaga listrik masih baik atau tidak, sehingga penggantian atau perbaikan peralatan yang bersangkutan dapat dilakukan sebelum terjadinya kerusakan yang fatal dan kerugian yang besar dapat dihindarkan.

Pembangkitan tegangan tinggi DC merupakan salah satu sarana penting khususnya untuk skala laboratorium untuk keperluan berbagai penelitian,

pengujian, dan praktikum. Alat HVDC yang akan dibuat pada skripsi ini digunakan untuk keperluan penelitian, pengujian, dan praktikum yang ada di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi.

Pembangkitan tegangan tinggi DC dilakukan dengan menyearahkan tegangan tinggi AC. Rangkaian penyearahnya sama dengan rangkaian penyearah peralatan elektronika. Tetapi komponen yang digunakan untuk perancangan pembangkit tegangan tinggi DC mampu memikul tegangan tinggi. Penyearah yang digunakan untuk membangkitkan tegangan tinggi DC penyearah setengah gelombang, penyearah gelombang penuh, penyearah *Villard*, penyearah *Greinacher*, dan penyearah kaskade *Greinacher*. Pembangkit tegangan tinggi DC ini nantinya sangat berguna sebagai dasar perancangan sumber pembangkit tegangan tinggi impuls. Pembangkit tegangan tinggi impuls tersebut dapat digunakan untuk penelitian dan pengujian bahan isolasi pada sistem kelistrikan.

Penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan pembangkitan tegangan tinggi DC dilakukan oleh Waluyo dkk dari Institut Teknologi Nasional yang telah membuat rancangan awal prototipe miniatur pembangkit tegangan tinggi searah tiga tingkat dengan modifikasi rangkaian pengali *Cockroft-Walton*. Pada penelitian ini menggunakan trafo dengan rasio 220V/1000V. Rangkaian penyearah yang dirancang kaskade bertingkat hingga 3 tingkat. Sehingga tegangan keluaran yang diperoleh mencapai 3750V dengan gelombang keluarannya adalah DC.

Penelitian lainnya yang berkaitan dengan pembangkit tegangan tinggi DC dilakukan oleh Saif M. AL-Rahawi dan Ramzi A. Abdul-Halem yang mendesain dan mensimulasikan pembangkit tegangan tinggi DC. Rangkaian pengganda tegangan yang digunakan adalah *Cockroft Walton* empat tingkat. Sumber

tegangan yang digunakan adalah 220 V dengan frekuensi 50 Hz dan nilai kapasitansi yang digunakan adalah 0,01 μF . Tegangan *output* DC yang diperoleh adalah 2,376 kV.

Penelitian lainnya yaitu dilakukan oleh Mr. A Raghavendra Prasad, Mr. K. Rajasekhara Reddy, dan Mr. M. Siva Sankar yang membuat pembangkit tegangan tinggi DC dengan sumber tegangan AC 230 V menggunakan *ladder network* atau rangkaian bertingkat sebanyak 8 tingkat. Tegangan *output* DC yang diperoleh adalah 2,5 kV.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang pembangkit tegangan tinggi DC yang dapat menghasilkan tegangan tinggi DC.
2. Mensimulasikan desain rancangan pembangkit tegangan tinggi DC.
3. Membuat alat pembangkit tegangan tinggi DC.
4. Menguji alat pembangkit tegangan tinggi DC.
5. Menganalisis perbandingan keluaran dari pembangkitan tegangan tinggi DC antara rangkaian penyearah setengah gelombang, penyearah gelombang penuh, dan penyearah *villard*.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah pembangkit tegangan tinggi ini mampu menghasilkan tegangan tinggi DC yang dapat digunakan untuk keperluan pengujian dan penelitian terhadap fenomena bahan isolasi listrik tegangan tinggi pada skala laboratorium.

1.4 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dirumuskan pada skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sebuah alat pembangkit tegangan tinggi DC dengan menggunakan tiga jenis penyearah, yaitu penyearah setengah gelombang, penyearah gelombang penuh, dan penyearah *Villard*?
2. Apa perbedaan keluaran dari pembangkitan tegangan tinggi DC antara rangkaian penyearah setengah gelombang, penyearah gelombang penuh, dan penyearah *Villard*?

1.5 Batasan Masalah

Adapun hal yang dibahas pada penulisan skripsi dibatasi pada :

1. Rangkaian penyearah yang digunakan pada HVDC adalah penyearah setengah gelombang, penyearah gelombang penuh, dan penyearah *villard*.
2. Tegangan tinggi DC yang dapat dibangkitkan adalah 20 kV.
3. Pembangkit tegangan tinggi DC yang digunakan adalah untuk keperluan pengujian dan penelitian dengan skala laboratorium.

1.6 Hipotesis

Keluaran dari rancang bangun alat yang dilakukan adalah tegangan tinggi DC dengan menganalisis gelombang output menggunakan osiloskop.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan penulisan dan pemahaman mengenai materi skripsi ini, maka skripsi ini dibagi menjadi 5 bab, yaitu :

BAB I. PENDAHULUAN

Memuat latar belakang, tujuan, manfaat, perumusan masalah, batasan masalah, hipotesis, dan sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang teori – teori yang mendukung rancang bangun alat pembangkitan tegangan tinggi DC.

BAB III. METODE PENELITIAN

Berisi waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, garis besar metode yang diusulkan, serta diagram alir metode yang diusulkan.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan hasil penelitian, pembahasan, dan perhitungan kinerja metode yang diusulkan.

BAB V. SIMPULAN DAN SARAN

Memuat simpulan yang diperoleh dari hasil penelitian, dan saran – saran untuk pengembangan lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Pembangkit Tegangan Tinggi DC

Pemakaian *High Voltage Direct Current transmission* (HVDC) sudah dimulai sejak awal pertama kali listrik dikembangkan. Thomas Alva Edison berhasil membuat jaringan listrik berkapasitas 6 x 100kW untuk menyalakan 1200 bohlam lampu menggunakan arus searah pada tahun 1882. Pada perkembangannya, sistem DC yang dikembangkan Edison kalah bersaing dengan sistem AC yang diusulkan oleh Westinghouse dan Tesla. Lebih dari 70 tahun kemudian, sistem transmisi DC mulai dipakai kembali setelah ditemukannya tabung *mercury-arc* di akhir tahun 1920-an [4].

Pada tahun 1941, transmisi HVDC pertama untuk komersial disuplai dari Berlin melalui kabel bawah tanah sepanjang 115 km dengan daya 60 MW. Pada tahun 1945 sistem ini siap untuk beroperasi. Namun, akibat perang dunia kedua, sistem ini ditinggalkan dan tidak pernah dioperasikan. Pada tahun 1954 sistem transmisi HVDC dimulai lagi dan pada umumnya diakui sebagai permulaan dari sistem transmisi DC bertegangan tinggi yang modern. Sistem ini mempunyai saluran DC dengan tegangan 100 kV dari Vasterik di daratan Swedia ke Visby di pulau Gotland, dengan jarak sepanjang 100 km (62,5mil) menyeberangi Laut Baltik [6].

Di Indonesia, penggunaan sistem transmisi HVDC masih dalam tahap perencanaan. Pada RUPTL 2016-2025 sudah tertera proyek HVDC yang harus dibangun PLN karena mendapatkan komitmen pembiayaan dari *Japan International Cooperation Agency* (JICA). Pembangunan transmisi HVDC juga harus selesai sejalan dengan proyek PLTU Mulut Tambang Sumsel 8, 9, 10. Namun proyek HVDC tidak dimasukkan pada RUPTL 2018-2027, hal tersebut dikarenakan proyek HVDC seharusnya dikerjakan setelah PLN selesai mengintegrasikan transmisi di Pulau Sumatera terlebih dahulu.

2.2 Pembangkit Tegangan Tinggi DC

Pembangkit tegangan tinggi DC umumnya banyak digunakan dalam fisika terapan seperti instrumen dalam bidang nuklir (akselerator, mikroskop elektron), peralatan elektromedik (x-ray), peralatan industri (presipitat dan penyaringan gas buang di pembangkit listrik, industri semen, pengecatan elektrostatik dan pelapisan serbuk) atau elektronika komunikasi (televisi). Kebutuhan bentuk tegangan, tingkat tegangan dan besar arus serta kestabilan dari pembangkit tegangan tinggi tersebut akan berbeda satu aplikasi dengan lainnya [7].

Tegangan tinggi DC banyak digunakan untuk pengujian dan penelitian susunan isolator dengan kapasitansi fungsi seperti kabel dan kapasitor. Pemanfaatan tegangan tinggi DC banyak dijumpai pada instalasi elektrostatik (penyaring gas buang, peralatan pengecatan), peralatan kedokteran (alat rontgen) dan pada fisika inti (pemercepat muatan) [7].

2.3 Prinsip Kerja Pembangkit Tegangan Tinggi DC

Rangkaian pembangkit tegangan tinggi DC pada dasarnya sama dengan rangkaian pembangkit tegangan tinggi AC. Namun yang membedakannya adalah pada pembangkit tegangan tinggi DC terdapat rangkaian penyearah yang akan menyerahkan tegangan tinggi AC yang dihasilkan oleh trafo menjadi tegangan tinggi DC menggunakan dioda, kemudian dapat dilipat gandakan tegangannya [11].

Suplai tegangan 220 V AC yang bersumber dari PLN dihubungkan dengan regulator tegangan. Regulator tegangan berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan dari sumber sehingga tegangan tersebut dapat kita atur sesuai kebutuhan. Kemudian setelah dari regulator tegangan, tegangan menyuplai trafo. Tegangan input menyuplai trafo pada sisi primer. Setelah itu tegangan keluaran dari trafo disearahkan menjadi tegangan DC dengan menggunakan rangkaian penyearah. Ada beberapa rangkaian penyearah pada pembangkit tegangan tinggi DC, yaitu penyearah setengah gelombang, penyearah gelombang penuh, penyearah *villard*, penyearah *greinacher*, dan penyearah kaskade *greinacher*. Kemudian output dari rangkaian penyearah akan tersuplai ke beban.

Rangkaian sederhana untuk pembangkitan tegangan tinggi searah merupakan penyearah setengah gelombang. C kapasitans untuk menghaluskan tegangan keluaran DC. Jika kapasitor tidak dihubungkan pada rangkaian, tegangan DC pada terminal keluaran akan timbul *ripple* [11].

2.4 Penyearah Tegangan

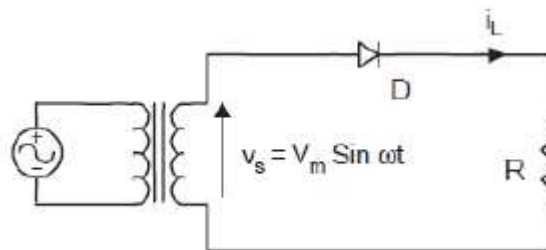
Penyearah tegangan tinggi ada beberapa macam, yaitu setengah gelombang, gelombang penuh, *Villard*, *Greinacher*, dan *Kaskade Greinacher*.

2.4.1 Penyearah Setengah Gelombang

Komponen utama penyusun rangkaian penyearah setengah gelombang adalah trafo uji dan satu dioda tegangan tinggi. Penyearah setengah gelombang dapat dibagi menjadi dua, yaitu tanpa kapasitor dan dengan kapasitor.

2.4.1.1 Penyearah Setengah Gelombang tanpa Kapasitor

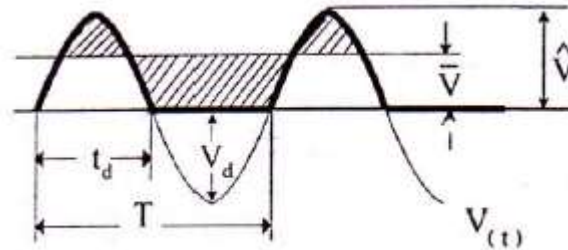
Rangkaian penyearah setengah gelombang tanpa kapasitor ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Penyearah setengah gelombang tanpa kapasitor [2]

Prinsip kerja dari penyearah setengah gelombang ini adalah dengan mengambil polaritas positif dari gelombang AC. Pada setengah siklus pertama dengan polaritas positif, dioda pada rangkaian penyearah akan ON karena polaritas tegangan pada anoda lebih positif dibandingkan pada katoda. Pada proses ini menghasilkan tegangan keluaran (V_L) sebesar tegangan pada setengah periode pertama (V_m). Selanjutnya pada setengah siklus yang kedua dengan polaritas negatif, dioda rangkaian penyearah akan OFF karena polaritas tegangan pada

anoda lebih negatif dibandingkan pada katoda. Pada proses ini menghasilkan tegangan keluaran sebesar nol. Gelombang keluaran rangkaian penyearah ini ditunjukkan pada Gambar 2.2 [3].



Gambar 2. 2 Gelombang output penyearah setengah gelombang tanpa kapasitor

Untuk penyearah setengah gelombang tanpa kapasitor perata, pada keadaan tidak berbeban, nilai rata-rata tegangan keluaran adalah [10]

$$V_{out} = \frac{1}{\pi} V_{maks} \quad (1)$$

Dan nilai efektif tegangan keluaran adalah

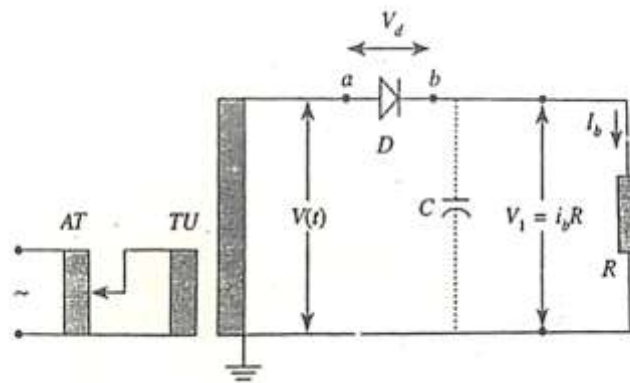
$$V_{rms} = \frac{1}{2} V_{maks} \quad (2)$$

Puncak tegangan balik yang dipikul dioda adalah

$$V_d = V_{maks} \quad (3)$$

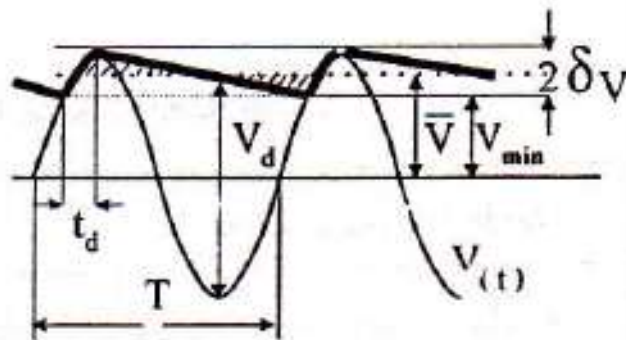
2.4.1.2 Penyearah Setengah Gelombang dengan Kapasitor

Rangkaian penyearah setengah gelombang dengan kapasitor ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Penyearah setengah gelombang dengan kapasitor [10]

Jika dibutuhkan tegangan keluaran yang lebih rata maka terminal keluaran dipasang kapasitor perata. Bentuk gelombang tegangan keluarannya ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Gelombang tegangan keluaran penyearah setengah gelombang dengan kapasitor [10]

Jika faktor kerut kecil, tegangan keluaran semakin rata. Pada pengujian tegangan tinggi dc, faktor kerut tidak boleh lebih dari 3%. Jika penyearah dalam keadaan tanpa beban, nilai rata-rata efektif tegangan keluaran adalah sebesar puncak tegangan ac. Bila penyearah dibebani, dalam setiap periode (T), tegangan keluaran

akan turun dari nilai puncak ke nilai V_{\min} . Penurunan ini tergantung pada nilai resistansi dan kapasitansi kapasitor perata. Nilai rata-rata tegangan keluaran adalah [10]

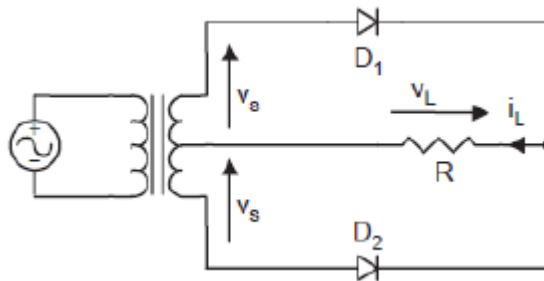
$$V_{out} = V_{maks} - \delta_v \quad (4)$$

Puncak tegangan balik yang dipikul dioda adalah

$$V_d = 2V_{maks} \quad (5)$$

2.4.2 Penyearah Gelombang Penuh

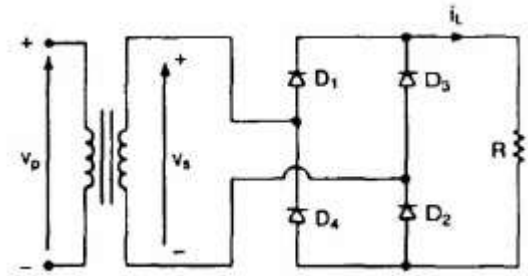
Penyearah gelombang penuh dapat dibuat dengan menggunakan 2 dioda dan 4 dioda. Untuk membuat penyearah gelombang penuh dengan 2 dioda menggunakan transformator CT (*Center Tap*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5. [3]



Gambar 2. 5 Penyearah gelombang penuh dengan 2 dioda [3]

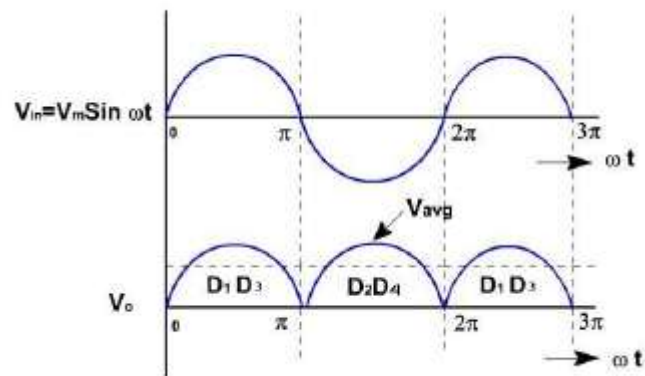
Pada sisi sekunder trafo, polaritas positif terjadi pada setengah periode pertama dan kedua, sehingga dioda D1 akan ON saat setengah periode pertama sedangkan dioda D2 akan OFF. Sebaliknya, pada setengah periode kedua dioda D2 akan ON sedangkan dioda D1 akan OFF. Tegangan keluaran searah dihasilkan ketika dioda D1 dan D2 ON yang memiliki nilai tegangan searah rata-rata (V_{dc}) dan tegangan

efektif (V_L). Tetapi, ketika dioda D1 dan D2 OFF, nilai tegangan pada dioda D1 dan D2 sebesar $-2 V_m$. Penyearah gelombang penuh dengan 4 dioda menggunakan transformator non-CT seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6. [2]



Gambar 2. 6 Penyearah gelombang penuh dengan 4 dioda [3]

Pada setengah siklus pertama dengan polaritas positif, dioda D1 dan D2 pada rangkaian penyearah akan ON sedangkan dioda D3 dan D4 dalam kondisi OFF. Selanjutnya, pada setengah siklus kedua dengan polaritas negatif, dioda D3 dan D4 pada rangkaian penyearah akan ON sedangkan D1 dan D2 dalam kondisi OFF. Tegangan keluaran searah dihasilkan ketika dioda D1 dan D2, serta D3 dan D4 dalam kondisi ON yang memiliki nilai tegangan searah rerata dan efektif. Tetapi, ketika dioda D1 dan D2, serta D3 dan D4 dalam kondisi OFF, nilai tegangan pada dioda D1 dan D2 sebesar $-V_m$. Jadi, perbedaan mencolok dari kedua jenis penyearah ini adalah nilai tegangan pada diode (V_d) saat kondisi "OFF", yaitu : sebesar $-2V_m$ untuk penyearah dengan trafo CT dan sebesar $-V_m$ untuk penyearah dengan trafo non-CT. Untuk gelombang tegangan keluaran penyearah ini ditunjukkan pada Gambar 2.7.



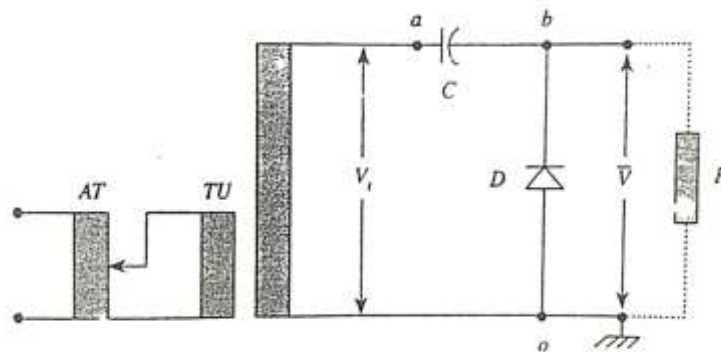
Gambar 2. 7 Gelombang keluaran penyearah gelombang penuh [12]

Nilai tegangan keluarannya adalah :

$$V_{out} = \frac{2}{\pi} V_{maks} \quad (6)$$

2.4.3 Penyearah Villard

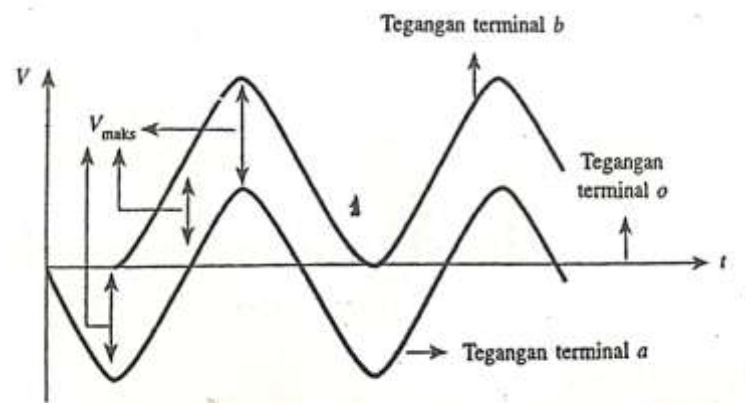
Penyearah *Villard* merupakan pelipat ganda tegangan. Rangkaiannya ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Rangkaian penyearah Villard [10]

Komponen penyusun utama rangkaian penyearah ini adalah trafo uji, dioda tegangan tinggi, dan kapasitor tegangan tinggi. Saat periode *forward biased*, dioda

akan melewati arus dan mengisi ke kapasitor C sehingga tegangan kapasitor naik hingga mencapai nilai yang sama dengan nilai puncak tegangan sumber (V_{maks}). Saat rangkaian tidak memiliki beban, maka kapasitor tidak dapat membuang muatannya melalui dioda sehingga tegangan pada kapasitor C tetap. Jika rangkaian memiliki beban seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8, maka kapasitor akan mengosongkan muatannya melalui beban sehingga tegangan kapasitor berkurang. Pengurangan tegangan bergantung pada nilai resistansi beban. Kurva tegangan input dan output penyearah *Villard* ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Output gelombang penyearah *Villard* [10]

Tegangan *output* DC yang dihasilkan bervariasi dari nol hingga $2V_{maks}$. Pada keadaan tidak berbeban, tegangan keluarannya adalah [9]

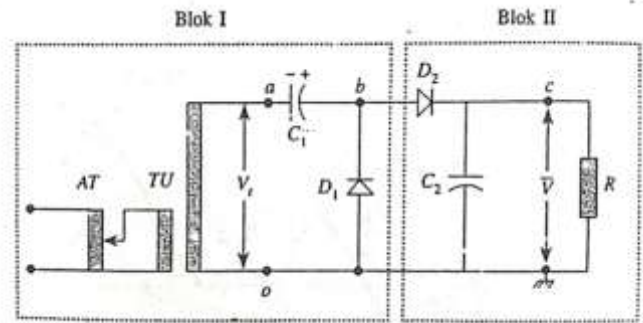
$$V_{out} = V_{maks} \quad (7)$$

Tegangan maksimal yang dipikul dioda adalah :

$$V_D = 2V_{maks} \quad (8)$$

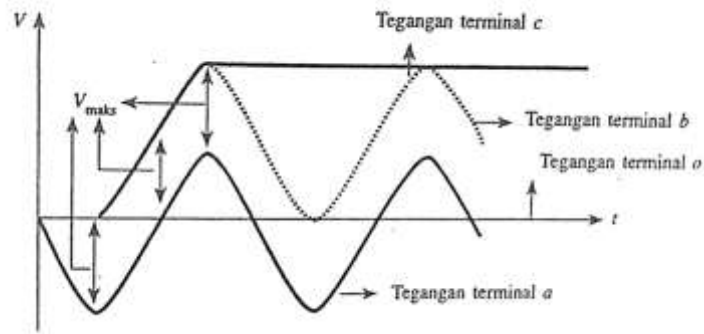
2.4.4 Penyearah Greinacher

Penyearah *Greinacher* juga merupakan pelipat ganda tegangan. Perbedaannya dengan penyearah *Villard* terletak pada tegangan keluarannya yang lebih rata. Rangkaiannya ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Rangkaian penyearah *Greinacher* [10]

Komponen utama penyusun rangkaian penyearah *Greinacher* adalah trafo uji, dua dioda tegangan tinggi, dan dua kapasitor tegangan tinggi. Saat tegangan pada kapasitor C_1 naik dari nol hingga $2V_{maks}$, dioda D_2 melewatkan arus untuk mengisi ke kapasitor C_2 hingga tegangannya mencapai $2V_{maks}$. Saat tegangan di kapasitor C_2 mencapai tegangan puncaknya, tegangan di kapasitor C_1 turun menuju nol. Jika rangkaian tidak berbeban, kapasitor C_2 tidak dapat membuang muatannya karena dihambat oleh dioda D_2 . Jika rangkaian berbeban, maka kapasitor C_2 akan melepas muatannya ke beban sehingga tegangan pada kapasitor C_2 menurun. Penurunan nilai tegangan ini bergantung pada nilai resistansi beban. Bentuk tegangan keluaran penyearah *Greinacher* ditunjukkan pada Gambar 2.11 [10].

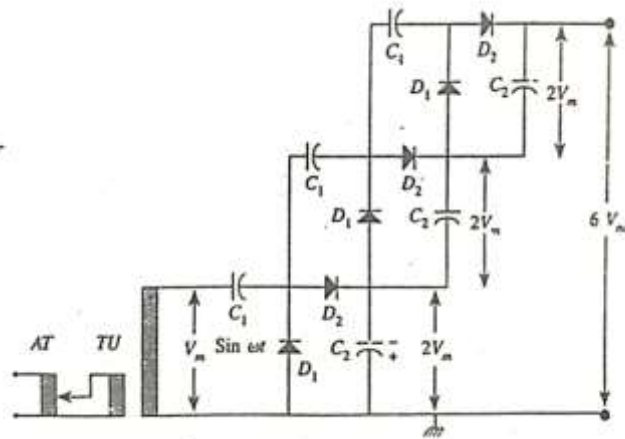


Gambar 2. 11 Output gelombang penyearah *greinacher* [10]

Bentuk gelombang keluaran penyearah *greinacher* lebih rata dibandingkan dengan penyearah *villard*. Saat kondisi tanpa beban, tegangan keluaran penyearah ini adalah sama seperti pada persamaan (1).

2.4.5 *Greinacher* Susunan Kaskade Bertingkat (*Cockroft Walton*)

Rangkaian *walton cockcroft* ada 2 buah, setengah gelombang dan tegangan penuh. Baik rangkaian setengah gelombang dan gelombang penuh mempunyai bentuk gelombang yang hampir sama berupa sinus, akan tetapi pada rangkaian gelombang penuh gelombang keluaran akan tampak lebih rata. Penyearah ini dapat membangkitkan tegangan yang lebih tinggi, beberapa rangkaian *greinacher* disusun secara kaskade. Satu tingkat rangkaian *greinacher* berbeban nol menghasilkan tegangan DC sebesar $2V_m$. [2]



Gambar 2. 12 Rangkaian penyearah *Greinacher* susunan kaskade bertingkat [10]

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dan pembuatan skripsi dilaksanakan selama 6 bulan mulai Maret 2019 sampai September 2019, bertempat di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi, Laboratorium Terpadu Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.

Tabel 3.1 Jadwal pelaksanaan penelitian.

No	Jenis Kegiatan	Bulan ke					
		1	2	3	4	5	6
1.	Pencarian Literatur	■					
2.	Pemesanan Komponen		■				
3.	Pembuatan Alat		■	■	■	■	
4.	Analisis hasil dan pengujian alat					■	■
5.	Penulisan laporan penelitian						■

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sumber PLN 220 VAC
2. Trafo Uji 220V/20kV
3. MCB
4. Dioda Tegangan Tinggi 40 kV
5. Kapasitor Tegangan Tinggi 0,2 μ F/40 kV

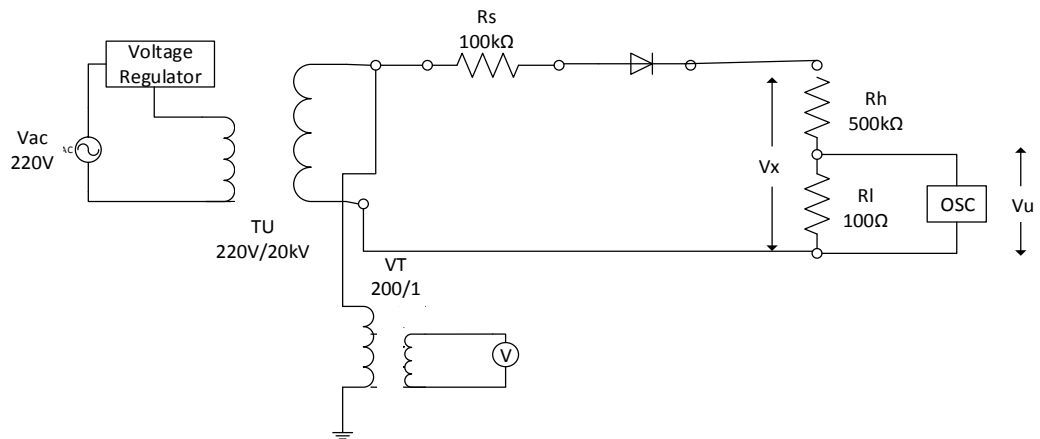
6. Resistor 800 k Ω
7. Kabel Penghubung
8. Kabel *Grounding*
9. Osiloskop
10. Trafo Tegangan

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rangkaian penyearah setengah gelombang, gelombang penuh, dan *villard*. Penelitian ini dilakukan dengan cara mencari nilai dan spesifikasi dari tiap-tiap komponen yang tepat agar dapat memikul tegangan tinggi yang dihasilkan oleh trafo uji, yaitu sebesar 20 kV. Berikut adalah tahapan-tahapan dalam pembuatan alat pembangkit tegangan tinggi DC :

3.3.1 Pembuatan Rangkaian Penyearah Setengah Gelombang

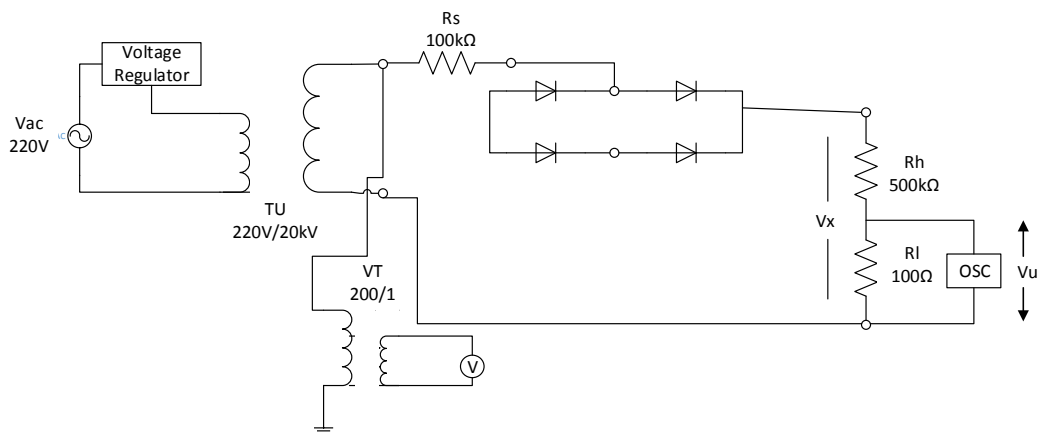
Komponen utama penyusun rangkaian penyearah setengah gelombang tanpa kapasitor adalah trafo uji (TU) dan satu dioda tegangan tinggi. Kemudian terdapat komponen lain, yaitu trafo tegangan (VT), resistor sebelum rangkaian penyearah (R_s), dan pembagi tegangan resistif (R_h , R_l). Rangkaian penyearahnya ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Desain rancangan HVDC dengan penyearah setengah gelombang

3.3.2 Pembuatan Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh

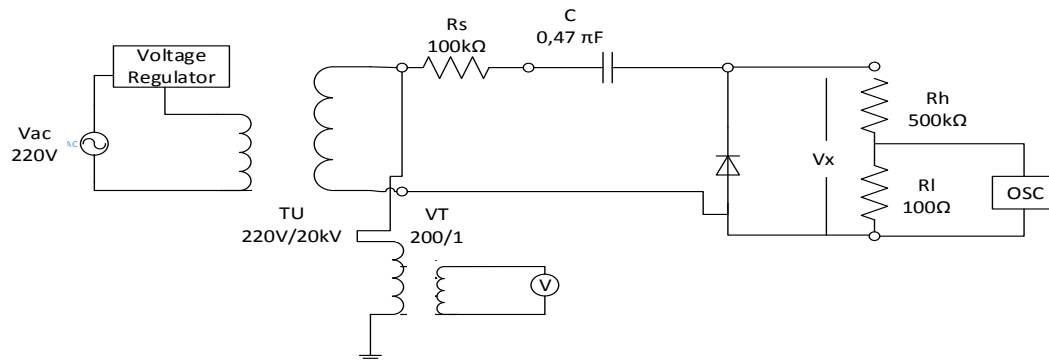
Rangkaian penyearah gelombang penuh yang digunakan adalah dengan transformator non-CT. Sehingga komponen utama penyusun rangkaiannya adalah trafo uji (TU) dan empat dioda tegangan tinggi. Rangkaian penyearahnya ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Desain rancangan HVDC dengan penyearah gelombang penuh

3.3.3 Pembuatan Rangkaian Penyearah *Villard*

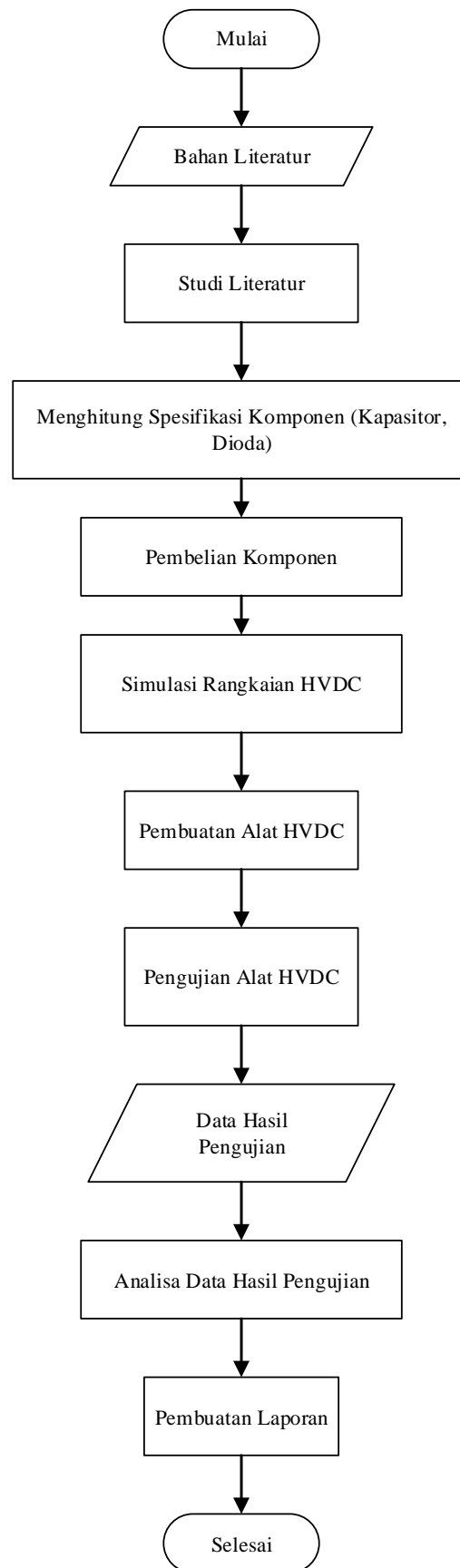
Komponen utama penyusun rangkaian penyearah *villard* adalah trafo uji, satu dioda tegangan tinggi, dan satu kapasitor tegangan tinggi. Rangkaiannya ditunjukkan pada Gambar 3.3.



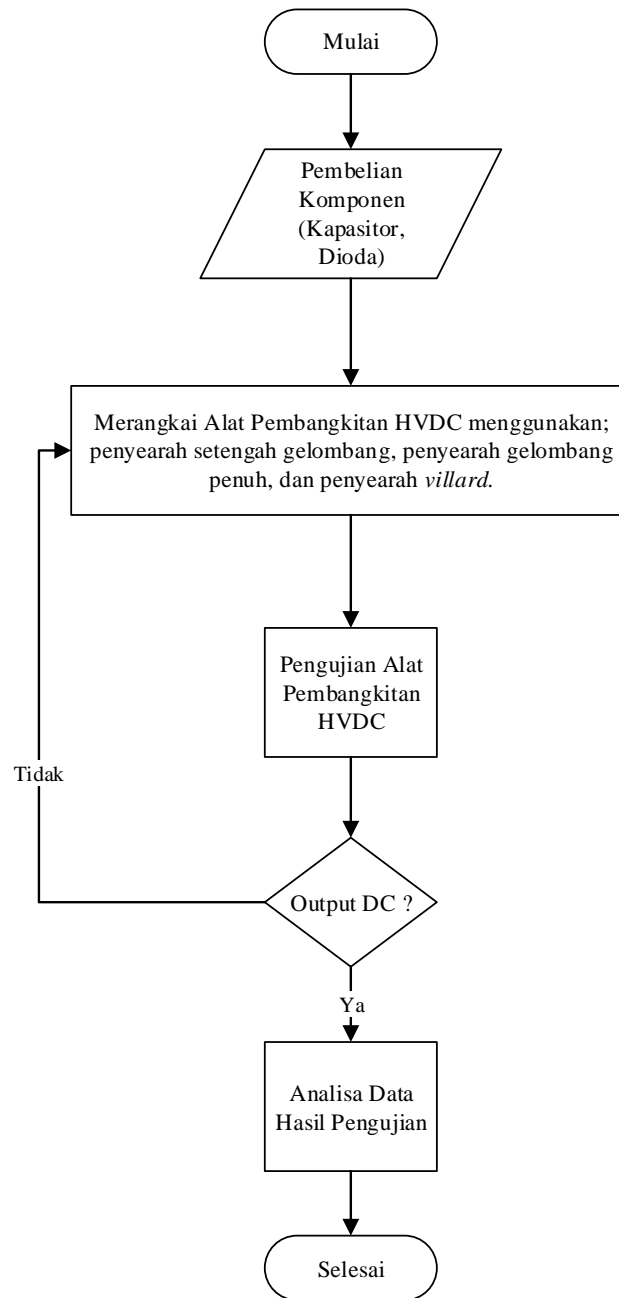
Gambar 3.3 Desain rancangan HVDC dengan penyearah *villard*

3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.4. Tahap pertama pada diagram alir penelitian dimulai dengan mengumpulkan bahan literatur. Bahan literatur yang diperoleh digunakan sebagai referensi pada penelitian ini. Langkah selanjutnya adalah studi literatur. Setelah studi literatur akan ditentukan desain rangkaian dan menghitung spesifikasi komponen yang digunakan. Langkah selanjutnya adalah membuat alat pembangkit tegangan tinggi DC. Kemudian dilakukan pengujian alat untuk mengetahui tegangan keluaran dan gelombang keluarannya, yaitu DC. Jika keluarannya tidak sesuai, maka akan dilakukan studi literatur kembali untuk mengetahui letak kesalahan pada alat tersebut dan mencari solusi dari permasalahan yang ada. Jika keluarannya sesuai maka akan dilanjutkan dengan analisis data dan membuat kesimpulan dari hasil analisis data tersebut.



Gambar 3.4 Diagram alir penelitian



Gambar 3.5 Diagram alir percobaan

Diagram alir percobaan diperlihatkan pada Gambar 3.5. Diagram alir tersebut menjelaskan proses pembuatan alat pembangkitan tegangan tinggi searah. Hal pertama yang dilakukan adalah pembelian komponen yang diperlukan yaitu kapasitor tegangan tinggi dan dioda tegangan tinggi, kemudian mengumpulkannya dengan bahan-bahan lain yang diperlukan. Setelah itu

membuat alatnya sesuai dengan desain rangkaian yang sudah ada. Rangkaian penyearah yang digunakan untuk membangkitkan tegangan tinggi DC pada skripsi ini adalah penyearah setengah gelombang, penyearah gelombang penuh, dan penyearah *villard*. Setelah alat tersebut selesai dibuat dilakukan pengujian untuk mengetahui tegangan *output* yang dihasilkan. Jika tegangan *output* yang dihasilkan adalah DC, maka akan dilakukan analisis data dari hasil pengujian untuk pembuatan laporan.

3.5 Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan untuk menyelesaikan skripsi ini adalah :

1. Studi literatur berbagai referensi.
2. Merancang rangkaian.
3. Mensimulasikan rangkaian
4. Mengimplementasikan alat dan pengujian alat.
5. Menganalisis data hasil pengujian dan menarik kesimpulan.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari skripsi ini adalah :

1. Pada HVDC penyearah setengah gelombang diperoleh V_{ave-dc} yang lebih kecil dibandingkan dengan HVDC penyearah gelombang penuh, yaitu 739 V pada setengah gelombang sedangkan pada gelombang penuh 1477 V ketika tegangan V_{rms} 2 kV. Hal ini dikarenakan pada penyearah gelombang penuh, saat polaritas negatif arus dapat melalui dioda.
2. Pada HVDC penyearah *villard*, ketika V_{rms} 7 kV tegangan tinggi DC yang dibangkitkan mendekati 2 V_{maks} , yaitu 12,8 kV Hal ini sesuai dengan karakteristik penyearah *villard* yang menggandakan tegangan.
3. Gelombang *output* yang diperoleh saat pengujian telah sesuai dengan gelombang *output* saat simulasi dan nilai tegangan yang diperoleh saat pengujian dan simulasi hampir mendekati. Sehingga alat pembangkit tegangan tinggi DC telah berhasil dibuat dan dapat digunakan untuk keperluan di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menambahkan rangkaian penyearah HVDC lainnya seperti *greinacher* dan *cockroft walton* agar dapat membangkitkan tegangan DC yang lebih tinggi.
2. Menambahkan kapasitor pada penyearah setengah gelombang dan gelombang penuh sebagai filter untuk mengurangi *ripple* pada gelombang *output* sehingga memperoleh hasil gelombang keluaran dan tegangan yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Raghavendra Prasad, K. Rajasekhara Reddy, M. Siva Ankar, "High Voltage DC Up to 2 kV from AC by Using Capacitors and Diodes in Ladder Network," *International Journal of Research Science & Management*, vol.5, no.6, pp.73.85, 2018.
- [2] Achmad Raditya, Agung Warsito, Abdul Syakur, "Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi DC *Full Wave Walton Cockroft* dan Aplikasinya Sebagai Pengendap Debu Secara Elektret," pp.1-7.
- [3] Ali, Muhammad, Modul Kuliah Elektronika Daya "Pengantar Elektronika Daya". Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta, 2011.
- [4] Anggakara Syahbi S, Agung Warsito, Abdul Syakur, "Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi DC untuk Proses Powder Coating Secara Elektrostatik," pp.1-7.
- [5] Christian G.H. Maennel, "Improvement in The Modelling of a Half-Wave Cockroft Walton Voltage Multiplier," *Review of Scientific Instrument*, vol.84, no.064701, pp.1-5, Juni 2013.
- [6] C.K.Dwivedi, M.B.Daigvane, "Multi-purpose Low Cost DC High Voltage Generator (60kV Output) Using Cockroft Walton Voltage Multiplier Circuit," *IEEE Computer Society*, pp.241-246. 2010.

- [7] Nofitas Sari Br Ginting, Abdul Syakur, Agung Nugroho, "Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi DC dengan Metode Cockroft-Walton Tipe Fullwave," *Transient*, vol.7, no.2, Juni 2018.
- [8] Saif M. AL-Rahawi, Ramzi A. Abdul-Halem, "Design and Simulation of A High Voltage DC (HVDC) Generator," *National Symposium on Engineering Final Year Projects*, pp.1-6, Mei 2017.
- [9] Suwitno, "Mendesain Rangkaian *Power Supply* pada Rancang Bangun Miniatur Pintu Garasi Otomatis," *Journal of Electrical Technology*, vol.1, no.1, pp.42-48, Februari 2016.
- [10] Tobing, Bonggas.L, *Dasar-dasar Teknik Pengujian Teganga Tinggi Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga, 2002.
- [11] Waluyo, Syahrial, Sigit Nugraha, Yudhi Purnama JR, "Rancangan Awal Prototipe Miniatur Pembangkit Tegangan Tinggi Searah Tiga Tingkat dengan Modifikasi Rangkaian Pengali Cockroft-Walton," *Seminar Nasional ke-9 : Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi*, pp.137-141.
- [12] Zainal Abidin, "Modelling DC Power Supply With Multisim 12.0 As a Learning Media," *Jurnal Teknika*, vol.7, no.1, Maret 2015