

## MODIFIKASI DAN PENGUJIAN SUMBER TEGANGAN TINGGI COCKCROFT WALTON MBE LATEKS 300 KV/ 20 MA

Agus Dwiatmaja, Suhartono, Elin Nuraini

Pusat Sains dan Teknologi Akselerator

Badan Tenaga Nuklir Nasional

email: atmaja@batan.go.id

### ABSTRAK

**MODIFIKASI DAN PENGUJIAN SUMBER TEGANGAN TINGGI COCKCROFT WALTON MBE LATEKS 300 kV/ 20 mA.** Peningkatan kinerja sumber tegangan tegangan tinggi Cockcroft Walton untuk MBE Lateks 300 kV / 20 mA dilakukan untuk mengatasi masalah discharge pada celah antar tingkat pada sistem pelipat tegangan. Modifikasi elektronik dilakukan dengan menambahkan jumlah tingkat pelipat tegangan tinggi dari 10 tingkat menjadi 13 tingkat dan menambahkan selongsong isolasi ke rangkaian dioda pelipat tegangan. Modifikasi konstruksi mekanik dilakukan dengan mengubah posisi bejana tegangan tinggi dari konstruksi vertikal ke horisontal untuk memudahkan pelaksanaan perawatan. Pengujian sumber tegangan tinggi Cockcroft Walton dilakukan dengan beban pada kondisi udara terbuka dengan variasi tegangan osilator daya, dan uji tanpa beban dilakukan di dalam bejana bertekanan. Hasil percobaan menunjukkan bahwa ketika beban meningkat, arus menjadi lebih kecil, dan diperoleh kemampuan arus maksimum 20 mA pada beban 1M $\Omega$  pada tegangan output 17 kV, sedangkan tegangan maksimum diperoleh 75 kV pada kondisi beban 15 M $\Omega$  / 400 W. Sedangkan hasil pengujian tanpa beban pada kondisi tekanan udara 65 bar diperoleh tegangan keluaran maksimum 58 kV, semakin tinggi tegangan osilator daya maka tegangan output Cockcroft Walton menjadi lebih tinggi.

Kata kunci : sumber, tegangan, tinggi, pelipat, modifikasi

### ABSTRACT

**MODIFICATION AND TEST OF HIGH VOLTAGE COCKCROFT WALTON FOR EBM -LATEX 300 kV / 20 mA.** The performance improvement of a Cockcroft Walton high voltage for EBM Latex 300 kV / 20 mA was performed to overcome the internal discharge problem between the gap of the multiplier stage. Electronic modification is accomplished by adding the number of high-voltage stages from 10 stage to 13 stage and adding an isolation shell to the voltage multiplier diode circuit. Modification of mechanical construction was done by changing the mechanical construction of the position of high voltage vessel from vertical to horizontal construction to facilitate the easy maintenance. Testing of Cockcroft Walton HV was carried out with load on open air conditions with voltage variation of the power oscillator, so the test for no load was performed inside the pressure vessel. The experimental results show that when load increases, the current became smaller, and it was obtained the maximum current capability of 20 mA at load 1M at output voltage of 17 kV, while the maximum voltage was obtained 75 kV at load condition 15 M $\Omega$  /400 W. While the test results without load at air pressure condition 65 bar was obtained maximum output voltage of 58 kV, the higher the voltage of the power oscillator the output voltage of Cockcroft Walton become higher.

Keywords : high, voltage, multiplier, modification

### PENDAHULUAN

MBE (Mesin Berkas Elektron) adalah alat yang digunakan untuk meningkatkan energi kinetik elektron yang banyak dimanfaatkan sebagai sumber radiasi pada proses iradiasi suatu produk industri. Aplikasi MBE untuk industri telah berkembang pesat baik di negara-negara maju maupun berkembang, terutama dalam proses pembentukan ikatan silang (*crosslinking*) pada plastik, karet untuk ban mobil dan isolasi kabel [1]. Keunggulan proses iradiasi elektron dibandingkan dengan proses konvensional adalah: menghasilkan kualitas produk yang lebih tinggi, tidak menimbulkan polusi pada lingkungan, hemat energi, reaksi-reaksi terjadi pada

suhu kamar, proses yang terjadi mudah dikontrol, biaya operasi lebih rendah untuk produksi masal [1,2].

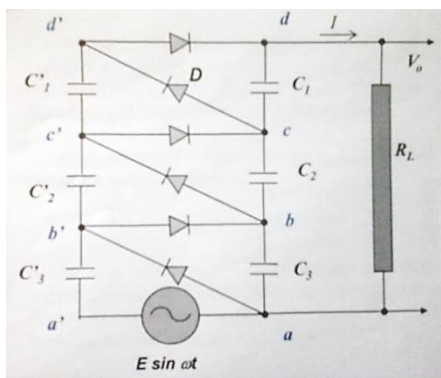
Kegiatan rancangbangun MBE untuk industri lateks telah dimulai sejak tahun 2005 dengan kapasitas 300 keV/20 mA. Tegangan pemercepat tersebut dicatu dari sumber tegangan tinggi (STT). Sumber tegangan tinggi telah dirancang dan dikonstruksi antara lain transformator dan *Cockcroft Walton* dengan pelipat tegangan vertikal. Namun tegangan yang dihasilkan belum mencapai yang diharapkan yaitu 300 kV. Tegangan yang dihasilkan oleh Sumber Tegangan Tinggi *Cockcroft Walton* tanpa beban mencapai 250 kV [3].

Tegangan tersebut dapat dinaikkan dengan menambah tingkat (*stage*) dari sistem pelipat tegangan tingginya [4]. Hal itu akan menambah tinggi pelipat *Cockcroft Walton* sehingga akan membuat kesulitan saat dilakukan perawatan atau perbaikan. Untuk mengatasi hal tersebut pada tahun 2015 telah dirancang STT tipe *Cockcroft Walton* dengan pelipat tegangan horizontal.

Posisi bejana horizontal akan memudahkan untuk mengeluarkan sistem pelipat tegangan dari dalam bejana pada saat perawatan, perbaikan kerusakan maupun modifikasi. Pada tahun 2016 akan dilakukan instalasi pelipat tegangan tinggi sistem tegangan tinggi bejana horizontal untuk MBE Lateks. Instalasi sistem pelipat tegangan tinggi bejana horizontal diawali dengan perancangan modifikasi pelipat tegangan tinggi yang semula vertikal akan dibuat menjadi horisontal dengan menambah jumlah tingkat dan beberapa modifikasi mekanis pada dudukan. Selanjutnya dilakukan pembuatan dan perakitan komponen-komponen. Pada rangkaian dioda pelipat tegangan tinggi perlu ditambahkan dengan selongsong isolasi dengan bertujuan untuk menambah ketahanan dadal dan mengurangi rucingan-rucingan yang ada pada rangkaian dioda pelipat tegangan supaya tidak terjadi *discharge*. Setelah sistem pelipat tegangan terinstal diperlukan konstruksi dan instalasi kabel yang menghubungkan antara bejana STT dengan sistem MBE lateks yang aman lentur, rapi dan ringkas.

## DASAR TEORI

Proses pembangkitan tegangan yang terjadi dalam pelipat tegangan yang terjadi dalam pelipat tegangan dijelaskan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram prinsip generator *Cockcroft-Walton*.

1. Jika dari titik *d* mengalir arus beban *I*, kapasitor  $C_1, C_2$ , dan  $C_3$  terlucuti, oleh karena itu tiap kapasitor akan mengalami penurunan tegangan sebesar  $I.t/C$ , selama waktu  $t=1/f$ , pada  $C_1$  akan terjadi penurunan tegangan sebesar  $I/fC$ , namun kemudian akan menerima pengisian sesuai kehilangan muatannya yaitu sebesar  $Q=It=I/f$ .

Dimana : *C* adalah kapasitan, *I*: arus yang mengalir selama waktu *t*, dan *f*: frekuensi masukan .

2. Pada kondisi mantap setiap kapasitor akan termuati sebesar kehilangan muatannya, sehingga untuk  $C_1$  akan mendapat pengisian muatan yang mengalir dari  $C'_1$  melalui dioda  $d'd$ , yaitu selama  $d'$  atau  $a'$  lebih positif terhadap  $d$  atau  $a$ , muatan itu sebesar  $I/f$ . Pada setengah gelombang berikutnya  $C'_1$  akan mendapat pengisian dari  $C_2$  melalui dioda  $cd'$ .
3. Pada setiap satu gelombang kapasitor  $C_2$  akan kehilangan muatan sebesar  $2I/f$  dan sebaliknya akan menerima pengisian muatan yang sama dari  $C'_2$ . Dengan cara yang sama  $C'_2$  akan kehilangan muatan sebesar  $2I/f$ , juga  $C_3$  dan  $C'_3$  akan terlucuti dan termuati dengan  $3I/f$ .

Karena proses pelucutan dan pengisian kapasitor tersebut maka pada keluaran akhirnya akan timbul riak tegangan. Riak tegangan yang terjadi pada keluaran adalah:

$$\delta V = \frac{1}{f} \left( \frac{1}{C_1} + \frac{2}{C_2} + \frac{3}{C_3} \right) \quad (1)$$

Secara umum untuk *n* tingkat dimana terdapat  $2n$  buah kapasitor dan  $2n$  buah dioda (dianggap semua kapasitor sama) maka:

$$\delta V = \frac{1}{fC} (1 + 2 + 3 + \dots + n) \quad \text{atau}$$

$$\delta V = \frac{1}{fC} \left( \frac{n^2+n}{2} \right) \quad (2)$$

Berdasarkan persamaan (1) konsekuensinya kapasitor terbawah ( $C_n$ ) akan menanggung riak terbesar, karena itu dikehendaki penambahan nilai kapasitans secara bertahap sesuai kenaikan tingkatnya. Jika nilai kapasitan dari kapasitor ke *n* terhitung dari ujung keluaran adalah *n* kali kapasitan teratas yaitu  $C_n = nC$ , maka :

$$\delta V = \frac{n.I}{fC} \quad (3)$$

Disamping tegangan riak  $\delta V$  juga terjadi penurunan tegangan  $\Delta V$  yang merupakan perbedaan antara tegangan dalam kondisi tanpa beban dan berbeban, untuk menghitung  $\Delta V$ , semua kapasitor dianggap bernilai sama.

1. Kapasitor  $C_3$  tidak akan terisi penuh ke tegangan  $2E$  tetapi hanya  $(2E-3I/fC)$  karena adanya muatan yang diberikan melalui  $C'_3$  tiap gelombang dan menimbulkan penurunan tegangan sebesar  $3I/fC$ .
2. Dengan demikian  $C'_2$  hanya akan terisi tegangan sebesar  $(2E-3I/fC)-3I/fC$  karena penurunan tegangan pada  $C_3$  adalah sebesar  $3I/fC$ .
3. Selanjutnya  $C_2$  akan mencapai tegangan sebesar

$$V_{C2} = 2E - \left( \frac{3I+3I+2I}{fC} \right) \quad (4)$$

4. Secara umum penurunan tegangan pada setiap tingkat di dalam n tingkat adalah

$$\Delta V_n = \frac{nI}{fc} \Delta V_{n-1} = \frac{1}{fc} \{2n + (n - 1)\}$$

$$\Delta V_1 = \frac{1}{fc} \{2n + 2(n - 1) + .2.2 + 1\}$$

5. Secara singkat :

$$\Delta V = \frac{1}{fc} \sum_1^n n(2n - 1)$$

Atau penurunan tegangan:

$$\Delta V = \frac{1}{fc} \left( \frac{2}{3} n^3 + \frac{1}{2} n^2 - \frac{1}{6} n \right) \quad (5)$$

1. Dengan demikian kapasitor terbawah akan menyumbang penurunan tegangan terbesar dari keseluruhan penurunan tegangan  $\Delta V$ , karena itu kembali akan menguntungkan apabila ada penambahan nilai kapasitans sesuai kenaikan tingkatnya.
2. Sebagai ringkasan, keluaran generator CW ( $V_o$ ) merupakan fungsi dari jumlah tingkat peliput tegangan (n) dan amplitude osilasi tegangan masukan (E). Pada kondisi tanpa beban atau  $I=0$ , besarnya tegangan keluaran  $V_o$  dirumuskan menurut persamaan (6), sedangkan bila  $I \neq 0$ , besarnya tegangan keluaran  $V_o$  dikurangi rugi-rugi tegangan berupa penurunan tegangan ( $\Delta V$ ) dan tegangan riak ( $\delta V$ ) seperti rumuskan dalam persamaan (6).

Tegangan keluaran generator bila  $I=0$  adalah:

$$V_{o, max} = 2nE \quad (6)$$

Tegangan keluaran generator bila  $I \neq 0$  adalah:

$$V_{o, max} = 2nE - \Delta V - \delta V \quad (7)$$

Dengan penurunan tegangan ( $\Delta V$ ) adalah:

$$\left( \Delta V = \frac{1}{fc} \left( \frac{2}{3} n^3 + \frac{1}{2} n^2 - \frac{1}{6} n \right) \right) \quad (8)$$

Dan tegangan riak ( $\delta V$ ) adalah:

$$\delta V = \frac{1}{fc} \left( \frac{n^2+n}{2} \right) \quad (9)$$

Dengan adanya rugi-rugi tegangan yang melaju dengan makin bertambahnya jumlah tingkat (n), sehingga pada kenaikan n tertentu tegangan keluaran generator akan jenuh. Jumlah tingkat maksimum ( $n_{max}$ ) tersebut dapat ditentukan berdasarkan kondisi kenaikan tegangan sama dengan nol, atau :

$$\frac{dV_{max}}{dn} = 0$$

Sehingga didapatkan jumlah tingkat maksimum ( $n_{max}$ ) sebagai dalam persamaan (10) berikut :

$$n_{max} = \sqrt{\frac{Efc}{I}} \quad (10)$$

## TATA KERJA

Modifikasi elektronik dilakukan dengan menambahkan jumlah tingkat pelipat tegangan tinggi dari 10 tingkat menjadi 13 tingkat dan menambahkan selongsong isolasi ke rangkaian dioda pelipat tegangan.

Modifikasi konstruksi mekanik dilakukan dengan mengubah posisi bejana tegangan tinggi dari konstruksi vertikal ke horisontal untuk memudahkan pelaksanaan perawatan. Pembongkaran sistem pelipat tegangan tinggi (vertikal) yang akan dimodifikasi

1. Modifikasi rancangan sistem pelipat tegangan tinggi Cockcroft Walton untuk sumber tegangan tinggi bejana horisontal.
2. Pembuatan komponen elektronik dan komponen mekanik
3. Instalasi dan konstruksi komponen mekanik
4. Instalasi dan konstruksi komponen elektronik
5. Pengujian awal sumber tegangan tinggi di luar bejana pada atmosfer
6. Instalasi sistem pelipat tegangan tinggi pada bejana horisontal
7. Pengujian awal sumber tegangan tinggi di dalam bejana horisontal pada atmosfer

## HASIL DAN PEMBAHASAN

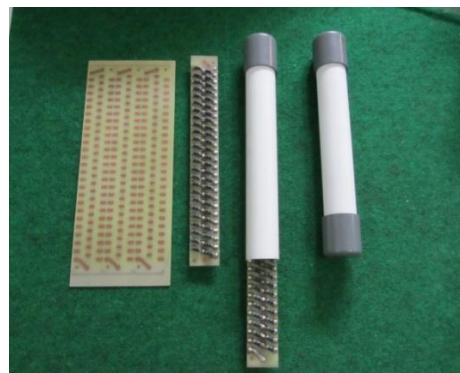
### Modifikasi Elektronis

Berdasarkan dasar teori mengenai sistem pelipatan tegangan, dengan menggunakan persamaan (6) maka jika akan menambah jumlah dari 10 tingkat menjadi 13 tingkat maka didapatkan tegangan keluaran STT sebesar 390 kV.

$$\begin{aligned} V_{maks} &= 2 \cdot n \cdot E \\ &= 2 \cdot 13 \cdot 15kV \\ &= 390 kV \end{aligned}$$

karena perlu penambahan 3 tingkat, tiap tingkat terdiri atas 2 kapasitor dan 2 dioda sehingga perlu menambah 6 kapasitor dan 6 dioda. Sehingga konstruksi mekanis penyangga pelipat tegangan perlu dilakukan penambahan panjang.

### Rangkaian Dioda Pelipat Tegangan



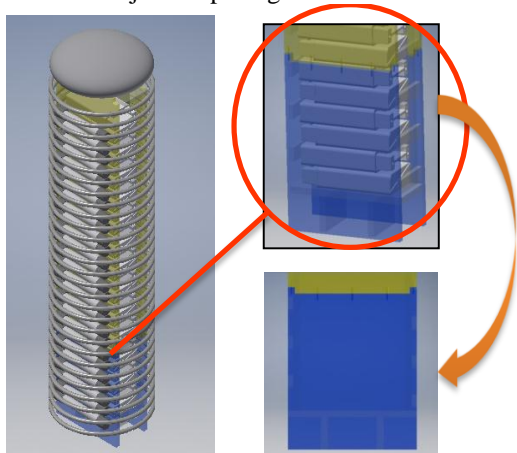
**Gambar 2.** Rangkaian Dioda Pelipat Tegangan Tinggi dengan Selongsong Isolasi

Penambahan selongsong isolasi pada rangkaian dioda pelipat tegangan ditunjukkan pada Gambar dengan bahan berupa pipa PVC. Sifat elektris bahan merupakan sifat paling penting suatu isolator yang ditunjukkan oleh kekuatan dielektrisnya yaitu kemampuan untuk dapat bertahan terhadap tegangan listrik <sup>[5]</sup>. Selongsong isolasi dari bahan PVC akan menambah kemampuan *breakdown voltage* dan menahan tegangan tinggi yang mengalir pada pada rangkaian dioda pelipat tegangan tinggi. *Breakdown voltage* untuk PVC adalah 150 kV/cm <sup>[6]</sup>, nilai ini aman untuk rangkaian dioda pelipat tegangan.

### Modifikasi Kerangka Pelipat Tegangan Tinggi

Kerangka penyangga sistem pelipat tegangan tinggi terbuat dari bahan *fleksi glass*, penambahan kerangka dilakukan dengan cara penyambungan dengan konstruksi pelipat tegangan yang akan dimodifikasi. Ukuran *fleksi glass* tambahan menyesuaikan dengan ukuran kerangka sistem pelipat tegangan tinggi.

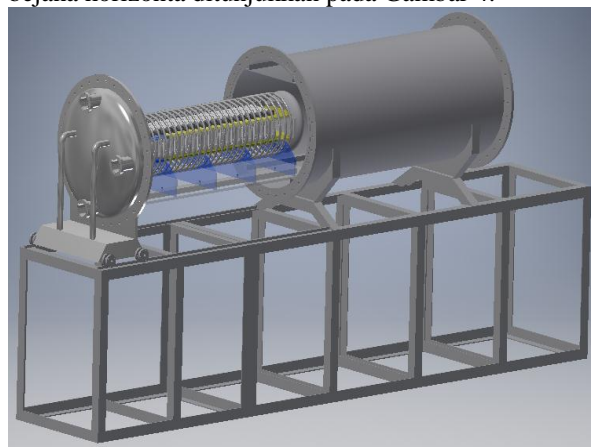
Gambar hasil rancangan tambahan penyangga kerangka pelipat tegangan dan hasil simulasi sistem pelipat tegangan tinggi *Cockcroft Walton* ditunjukkan pada gambar 3



**Gambar 3.** Rancangan Modifikasi Kerangka Sistem Pelipat Tegangan Tinggi STT MBE Lateks

Penambahan tingkat sistem pelipat tegangan tinggi mengakibatkan penambahan ketinggian bejana, hal ini mempengaruhi konstruksi sistem pelipat tegangan tinggi menjadi lebih panjang, hal ini akan mengakibatkan kesulitan saat dilakukan perawatan atau perbaikan. Untuk mengatasi hal tersebut maka sistem pelipat tegangan tinggi diposisikan secara horizontal di dalam bejana horizontal. Posisi pelipat tegangan tinggi horizontal memerlukan dukungan yang menopang sistem pelipat tegangan tinggi sehingga berada pada posisi yang tepat di tengah bejana. Selain itu dukungan juga berfungsi sebagai penguat sistem pelipat tegangan serta sebagai rel keluar masuk sistem pelipat tegangan ke dalam bejana.

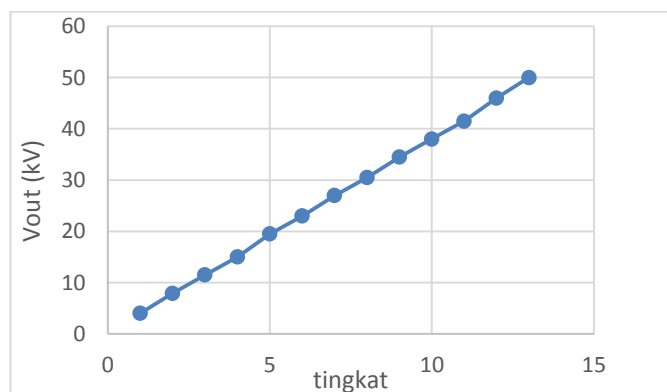
Dudukan sistem pelipat tegangan tinggi dirancang dari bahan isolator yaitu *flexi glass* (tebal 2cm) untuk mengisolasi komponen sistem pelipat dan dinding bejana. Untuk menentukan ukuran dukungan, maka titik pusat diameter bejana perlu diketahui sehingga ketinggian dukungan dapat ditentukan. Selain sebagai dukungan dirancang juga supaya dapat digeser atau sebagai rel untuk keluar masuk sistem pelipat tegangan dari dalam bejana. Rancangan Sistem pelipat tegangan tinggi dalam bejana horisonta ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Hasil Simulasi Modifikasi Sistem Pelipat tegangan Tinggi dalam Bejana Horizontal

### Hasil Pengujian

Pada pengujian awal Hasil Pengujian Tiap Tingkat dilakukan pengujian untuk tiap tingkat pelipat tegangan ditunjukkan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Grafik Hasil Pengukuran Tegangan Tiap Tingkat

Dari Gambar 5 grafik hasil pengukuran tiap tingkat tegangan menunjukkan bahwa untuk setiap kenaikan tingkat keluarannya meningkat secara linear.

Pengujian STT *Cockcroft Walton* di udara terbuka dilakukan dengan pengujian tanpa beban dan pengujian dengan beban, beban berupa resistor sebesar 1 M $\Omega$  dan 15 M $\Omega$ . Data hasil pengujian tanpa beban ditunjukkan pada tabel 1 dan pengujian

dengan beban ditunjukkan pada tabel 2. Pengujian | di dalam bejana horizontal ditunjukkan pada tabel 3.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Sumber Tegangan Tinggi Tanpa Beban

No.	Tingkat	V <sub>in</sub> (Volt)	V <sub>out</sub> (kV)	I <sub>STT</sub> (μA)	Frekuensi (Hz)	Keterangan
1	1	20	4	6	24,805	V <sub>out</sub> total = 47 kV Tanpa beban
2	2		7,9			
3	3		11,5			
4	4		15			
5	5		19,5			
6	6		23			
7	7		27			
8	8		30,5			
9	9		34,5			
10	10		38			
11	11		41,5			
12	12		46			
13	13		49/50			

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Sumber Tegangan Tinggi dengan beban R = 1MΩ

No.	V <sub>in</sub> (Volt)	V <sub>out</sub> (kV)	Parameter osilator				I <sub>STT</sub> (μA)	Frekuensi (Hz)	t (mnt)	Temp (°C)
			V <sub>anoda</sub> (V)	I <sub>anoda</sub> (A)	V <sub>grid</sub> (V)	I <sub>grid</sub> (mA)				
1	15	2					5160	20,718		
2	20	5					7850	21,671		
3	26	8					10560	20,470		
4	26	8					10750	20,470		
5	26	8					10970	20,462		
6	26	8					10610	20,478	5	45
7	26	8					10760	20,472	3,5	45
8	43	17					20100	20,327	1	47
9	43	17					20000	20,317	1	50
10	44	17					20100	20,325	1	57
11	44	17					20100	20,327	1	57
12	44	17/18					20300	20,327	1	58
13	44	17/18					20300	20,330	2	73

Kemampuan Sumber Tegangan Tinggi sampai 75 kV di udara terbuka dengan beban R beban 15 MΩ 400 W dan arus sampai 20 mA pada beban 1M ohm dan tegangan output STT 17 kV.

### Hasil Pengujian di dalam bejana Horizontal

Hasil pengujian awal tanpa beban pada kondisi tekanan udara 65 bar

**Tabel 3.** Pengujian Sumber Tegangan Tinggi di dalam Bejana Horizontal

V <sub>in</sub> (V)	V <sub>out</sub> (kV)	V <sub>a</sub> (V)	I <sub>a</sub> (mA)	V <sub>g</sub> (V)	I <sub>g</sub> (mA)	I <sub>STT</sub> (mA)	Frekuensi (kHz)
5	6	0,1	0	0	0	1	22,7
10	21	0,5	0	0,1	0,1	3	22,7
15	33	1	0	0,5	0,5	4	22,7
20	46	1,5	0	1	1	6	22,7
25	58	1,9	0	1,1	1,1	7	22,7

Hasil pengujian awal tanpa beban pada kondisi tekanan udara 65 bar menunjukkan bahwa STT mampu menghasilkan tegangan 58 kV



**Gambar 6.** Hasil Instalasi Sistem Tegangan Tinggi Cockcroft Walton pada Bejana Horizontal

## KESIMPULAN

Telah dilakukan modifikasi sumber tegangan tinggi *Cockcroft Walton*, Modifikasi Elektronis degam menambah jumlah tingkat menjadi 13 tingkat dan penambahanselongsong isolasi tegangan pada rangkaian dioda pelipat tegangan. Modifikasi mekanik dengan mengubah posisi dari vertikal menjadi horizontal, penambahan kerangka dan konstruksi dudukan bejana.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa ketika beban meningkat, arus menjadi lebih kecil, dan diperoleh kemampuan arus maksimum 20 mA pada beban  $1M\Omega$  pada tegangan *output* 17 kV, sedangkan tegangan maksimum diperoleh 75 kV pada kondisi beban  $15 M\Omega / 400 W$ . Sedangkan hasil pengujian tanpa beban pada kondisi tekanan udara 65 bar diperoleh tegangan keluaran maksimum 58 kV, semakin tinggi tegangan osilator daya maka tegangan *output* *Cockcroft Walton* menjadi lebih tinggi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kepala PSTA dan Kepala Bidang Fisika Partikel yang telah mengalokasikan dana melalui DIPA PSTA dan Dr. Susilo Widodo sebagai pembimbing penelitian, Prof. Drs. Darsono, M.Sc selaku koordinator kegiatan rancang bangun MBE Lateks, team MBE Lateks, personel Gedung 14, bengkel mekanik Gedung 16 dan mahasiswa kerja praktek.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] DARSONO, "Peran Teknologi Akselerator Dalam Mendukung Industri" Prosiding PPI Teknologi Akselerator dan Aplikasinya, Vol.10, Oktober 2008, PTAPB-BATAN, 2008
- [2] MAKUUCHI, K., Electron Beam Processing of Rubbers, Proceedings of the Workshops on the Utilization of Electron Beams, JAERI-M, 90-194, (1990).

- [3] Dokumen Paket Teknologi Proses Pra-Vulkanisasi Lateks Karet Alam, No.PTEK-sp.002.3/OT0001/STA2, PSTA-BATAN 2014
- [4] DWIATMAJA, AGUS dkk, Rancangbangun Sistem Pelipat Tegangan Tinggi Cockcroft-Walton Mesin Berkas Elektron 300keV/20 mA, LAPTEK-PTAPB, 2011
- [5] DERMAWAN, TOTOK dkk " Pengaruh Komposisi Resin Terhadap Sifat Elektrik dan Mekanik untuk Bahan Isolator Tegangan Tinggi", Prosiding PPI Teknologi Akselerator dan Aplikasinya, Vol.13 Januari 2012, PTAPB-BATAN, 2012
- [6] M S NAIDU, KAMARAJU, "Engineering High Voltage" fourth edition, Tata Mc Graw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, 2009

## TANYA JAWAB

### Herry Poernomo

1. Apa kelebihan dan kekurangan STT Cockcroft Walton dipasang horisontal?
2. Berapa kebutuhan daya PLN yang digunakan oleh operasi STT Cockcroft Walton MBE Lateks 300 KV/20 mA?

### Agus Dwi A

1. Kelebihan STT dipasang horisontal:
  - a. Mempermudah perawatan dan perbaikan komponen STT
  - b. Kemampuan output tegangan tinggi semakin besarKekurangan:
  - a. Membutuhkan ruangan yang lebih besar
  - b. Memerlukan konstruksi mekanik kerangka penyangga STT
2. Daya yang dibutuhkan operasi STT dan sarana pendukung operasional sebesar 10 KW.