

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN GENERATOR VAN DE GRAAFF ALTERNATIF SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN FISIKA PADA KONSEP LISTRIK STATIK

Zulirfan^{*)}, Suhefni Eka Putri, dan Hendar Sudrajat
*Laboratorium Pendidikan Fisika, Jurusan PMIPA FKIP
Universitas Riau, Pekanbaru 28293*

Abstract

The purpose of this research was to make learning media in a kind of Van de Graaff Generator to explain the static electric concept. The stages of this research were designing, making, and testing the effectiveness of Van de Graaff Generator. The making of Van de Graaff generator used simple devices and materials that have already available in local market, such as steel ball, electric motor, elastic belt, metal brush, and DC power supply. The testing was done qualitatively and semi qualitatively to the contents of the ball by measuring the voltage of the ground-ball. The maximum voltage ball is 942V which was produced from entry voltage on the strengthener series 6V, with the motor voltage 18V. The Van de Graaff generator can be made as learning media because can prove the existence of gathered charges at the ball.

Key words: *Van de Graaff Generator, Static Electric.*

Pendahuluan

Listrik telah ditemukan sejak manusia mulai mengamati efek yang timbul dari dua buah benda yang saling digosokkan. Konsep listrik pertama kali dikemukakan kira-kira pada tahun 600 SM oleh Thales. Seorang filosof Yunani yang menemukan sejenis batuan yang disebut batu ambar. Apabila batu ambar digosokkan dengan kain wol, ternyata batu ini dapat menarik benda-benda kecil disekitarnya (Soedjojo, 1998). Gejala kelistrikan dapat kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari, misalnya saat kita menyetraka pakaian yang terbuat dari bahan campuran *poliester* atau *teteron*, kadang kita mendengar suara gemerisik. Saat kita menyisir rambut yang kering dengan sisir plastik, kadang juga terdengar bunyi gemerisik dari rambut, dan masih banyak lagi gejala kelistrikan yang lain, seperti sisir plastik yang digosokkan pada rambut kering dapat menarik serpihan-serpihan kertas atau gabus, serta peristiwa terjadinya kilat dan badai petir. Pemberian muatan listrik pada benda dapat dilakukan dengan cara menggosok permukaan benda dengan benda yang lain, misalnya ketika

batang plastik digosokkan dengan wol, elektron-elektron pada kain wol menuju ke batang plastik sehingga batang plastik kelebihan elektron, dan batang plastik menjadi bermuatan negatif. Ketika batang kaca digosokkan dengan kain sutera, elektron-elektron pada batang kaca menuju ke kain sutera sehingga batang kaca menjadi bermuatan positif. Studi tentang listrik dibagi atas dua bagian, yaitu listrik statik (*electrostatics*) dan listrik dinamik (*electrodynamics*). Listrik statik mempelajari muatan listrik yang tidak bergerak atau berada dalam keadaan diam, sedangkan listrik dinamik mempelajari muatan listrik yang bergerak, disebut arus listrik. Listrik statik dapat mengganggu kita, misalnya ketika baju-baju saling menempel atau ketika kita menerima kejutan kecil saat menyentuh benda logam pada cuaca terik. Listrik statik juga dapat memicu peristiwa-peristiwa berbahaya seperti sembaran petir atau ledakan dalam tanker-tanker minyak. Walaupun demikian, ada beberapa aplikasi listrik statik yang berguna, salah satunya generator Van de Graaff.

^{*)} *Komunikasi Penulis*

Listrik statik merupakan salah satu konsep yang sulit dimengerti oleh siswa tanpa menggunakan media. Oleh karena itu penulis tertarik untuk merancang dan membuat suatu media pembelajaran yang dapat menjelaskan konsep listrik statik melalui pengamatan gejala nyata (kognitif), membuat keterampilan (psikomotor) dan sekaligus memupuk nilai-nilai sikap ilmiah (afektif), dalam bentuk sebuah generator Van de Graaff. Generator Van de Graaff adalah pembangkit tenaga listrik elektrostatis yang dapat menghasilkan tegangan listrik statik, ditemukan oleh Robert Jemison Van de Graaff di MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) pada tahun 1932. Generator Van de Graaff merupakan mesin yang mempergunakan sehelai ikat pinggang untuk mengumpulkan muatan yang sangat besar di atas bola logam berongga. Dua elektroda yang berbentuk horeh, runcing dan tajam, ditempatkan masing-masing dekat bawah kerekan dan di dalam bola. Elektroda pertama dihubungkan dengan bola, dan elektroda kedua diberi potensial yang tinggi. Pada tahun 1929 Robert Jemison Van de Graaff merancang karya pertamanya yaitu sebuah model pembangkit tenaga listrik elektrostatis dengan menggunakan tegangan sebesar 80.000 Volt. Perbaikan dilakukan sampai desain dasarnya berhasil dibuat dan di bulan November 1931 pada malam pengukuhan institut Fisika Amerika, digelar sebuah model demonstrasi yang menghasilkan lebih dari 1.000.000 Volt. Pada tahun 1935 Van de Graaff mendapatkan hak paten untuk hasil karyanya.

Kata media berasal dari bahasa Latin dan merupakan bentuk jamak dari kata *medium* yang secara harafiah berarti perantara atau pengantar. Media adalah perantara atau pengantar pesan dari pengirim ke penerima pesan (Sadiman, 1996). Dalam pemilihan media mana yang dipakai hendaknya memperhatikan syarat-syarat berikut ini (Harjanto, 1997) :

1. Tujuan
Media hendaknya menunjang tujuan pengajaran.
2. Keterpaduan (validitas)
Media harus tepat dan berguna bagi pemahaman bahan yang dipelajari.
3. Keadaan peserta didik

Kemampuan daya pikir dan daya tangkap peserta didik serta besar kecilnya peserta didik perlu dipertimbangkan.

4. Ketersediaan
Pemilihan perlu memperhatikan ketersediaan media tersebut berikut suku cadangnya di pasaran serta ketersediaannya bagi siswa.
5. Mutu teknis
Media harus memiliki kejelasan dan kualitas yang baik.
6. Biaya, hal ini merupakan pertimbangan bahwa biaya yang dikeluarkan apakah seimbang dengan hasil yang dicapai serta ada kesesuaian atau tidak.

Permasalahan pokok yang akan dibahas dalam penelitian adalah bagaimana pembuatan generator Van de Graaff yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran untuk menjelaskan konsep listrik statik. Penelitian ini membahas aspek perancangan dan pembuatan generator Van de Graaff.

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat generator Van de Graaff yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain : 1). Menyediakan media berupa generator Van de Graaff bagi guru fisika dan siswa pada tingkat SMP dan SMA dalam menjelaskan konsep listrik statik, 2). Membantu siswa untuk lebih kreatif dalam merancang, merangkai serta menggunakan alat laboratorium sehingga dapat lebih memahami konsep yang dipelajari.

Bahan dan Metode

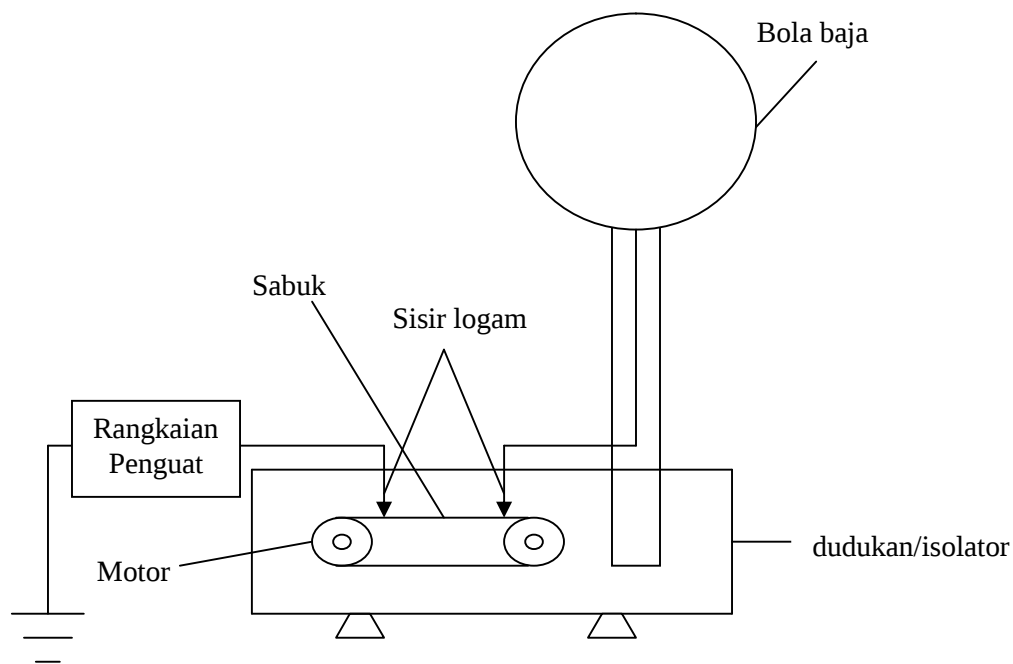
Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu: 1). DC power Supply, 2). Rangkaian penguat yang memiliki penguat tegangan 333,33 kali, 3). Multimeter. Bahan yang digunakan yaitu : 1). Bola baja berongga, 2). Motor penggerak, 4). Sisir logam, 5). 4 buah baterai 3 Volt, 6). Klahar, 7). Papan dan triplek untuk dudukan, 8). Tiang penyangga, 9). Kabel. Desain alat dapat digambarkan menurut gambar 1.

Generator Van de Graaff ini terdiri dari bola berongga yang terbuat dari baja dengan diameter 11 cm dan ditopang oleh tiang. Sebuah sabuk yang terbuat dari karet dengan lebar 2 cm, dan tebal 0,1 cm yang dilapisi

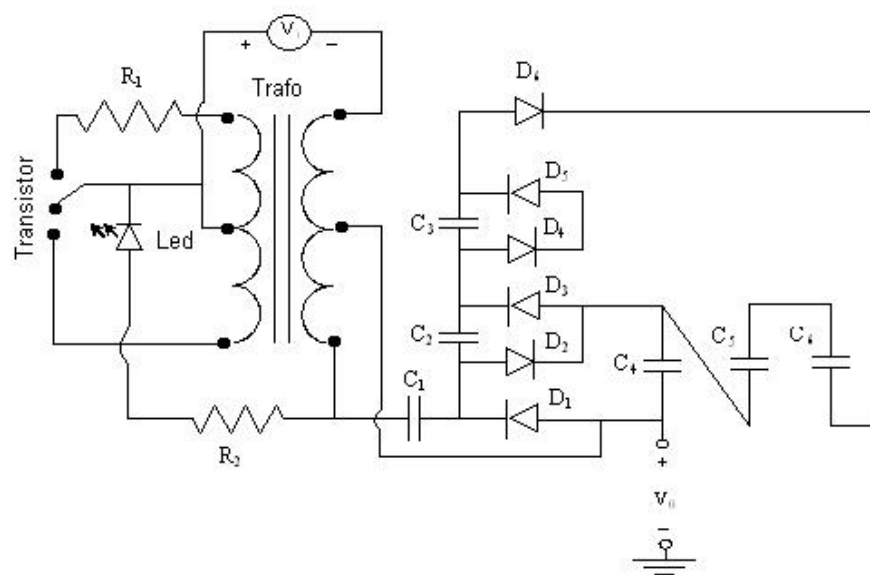
dengan selotip, digerakkan dengan sebuah motor penggerak. Dua buah elektroda berbentuk sisir logam yang terbuat dari baja dengan lebar 1 cm yang menyentuh sabuk. Kedua sisir logam tersebut bersentuhan dengan sabuk, sisir logam pertama dihubungkan dengan rangkaian penguat dan sisir logam kedua dihubungkan dengan bola baja. Sistem penguat yang dipakai adalah sistem penguat

yang terdapat pada raket nyamuk, karena DC power supply yang tersedia tidak cukup memberi tegangan pada sisir logam pertama. Penguat ini memiliki tegangan keluaran 1000 Volt dan tegangan masukan 3 Volt, sehingga besar penguatan dari rangkaian tersebut adalah:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1000}{3} = 333,33 \text{ kali}$$



Gambar 1. Rancangan Generator Van de Graaff



Gambar 2. Rangkaian Penguat (Rangkaian Set-up Konterfer DC-AC)

Adapun bahan-bahan yang digunakan pada rangkaian penguat ini adalah : Transistor, Trafo, Led, Resistor dimana $R_1 = 400\Omega$ dan $R_2 = 150\Omega$, 6 buah kapasitor, Dioda. Prinsip kerja rangkaian ini adalah : tegangan masuk sebesar 3 Volt dihubungkan dengan trafo, sehingga tegangan dinaikkan menjadi 500 Volt. Kemudian disalurkan ke rangkaian osilator yang dapat mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC, sehingga tegangan menjadi 500 Volt AC, kemudian disearahkan oleh dioda menjadi 500 Volt DC. Tegangan 500 Volt DC ini dilipatkan oleh kapasitor menjadi 1 KV DC, sehingga tegangan keluaran yang dihasilkan adalah 1 KV, tegangan inilah yang akan menyentrum nyamuk. Pada rangkaian ini terdapat 2 buah resistor, salah satunya berfungsi untuk menghilangkan sentrum jika raket nyamuk dimatikan.

Data dikumpulkan dengan cara : 1). Menggerakkan motor dengan kecepatan v_1 , v_2 , dan v_3 , dimana kecepatan motor ini sebanding dengan tegangan yang diberikan pada motor, jadi semakin besar tegangan yang diberikan maka kecepatan motor akan semakin besar pula, 2). Mendeteksi adanya muatan dengan mendekatkan serpihan-serpihan kertas pada bola, menyentuh bola serta mengukur besar tegangan antara bola baja dengan ground. Data yang diperoleh dalam penelitian ini adalah data kualitatif dan semi kualitatif. Setelah data

diperoleh, selanjutnya data disajikan dalam bentuk grafik tegangan pada motor terhadap tegangan bola-ground, serta grafik tegangan bola-ground terhadap tegangan penguat, data dianalisis menggunakan persamaan :

$$V \sim q$$

Keterangan : V = Beda potensial. q = muatan
(Hasan, 1970)

Hasil dan Pembahasan

Pengujian Kualitatif

Berdasarkan tabel (1) terlihat bahwa pada bola terdapat adanya muatan dengan pemberian tegangan penguat sebesar 3 Volt, 4,5 Volt dan 6 Volt, sedangkan pada pemberian tegangan penguat 0 Volt tidak terdapat adanya muatan.

Tabel 1. Data Pengujian Kualitatif Muatan

No	Tegangan Penguat (Volt)	Pengujian adanya muatan	
		Kertas menempel	Terasa menyengat
1	0	Tidak	Tidak
2	3,0	Ya	Ya
3	4,5	Ya	Ya
4	6,0	Ya	Ya

Tabel 2. Data Percobaan Tegangan Motor terhadap Tegangan Bola-Ground

No	Vin (Volt)	Vmotor (Volt)	Tegangan Bola-Ground (V)			
			2 menit	3 menit	4 menit	$V_{rata-rata}$
1	3	10	675	676	677	676,00
		12	678	676	678	677,33
		15	670	662	677	669,67
		18	690	663	650	667,67
2	4,5	10	799	792	794	795,00
		12	810	802	798	803,33
		15	851	838	819	836,00
		18	891	868	858	872,33
3	6	10	786	751	762	766,33
		12	874	867	863	868,00
		15	826	846	849	840,33
		18	942	925	915	927,33

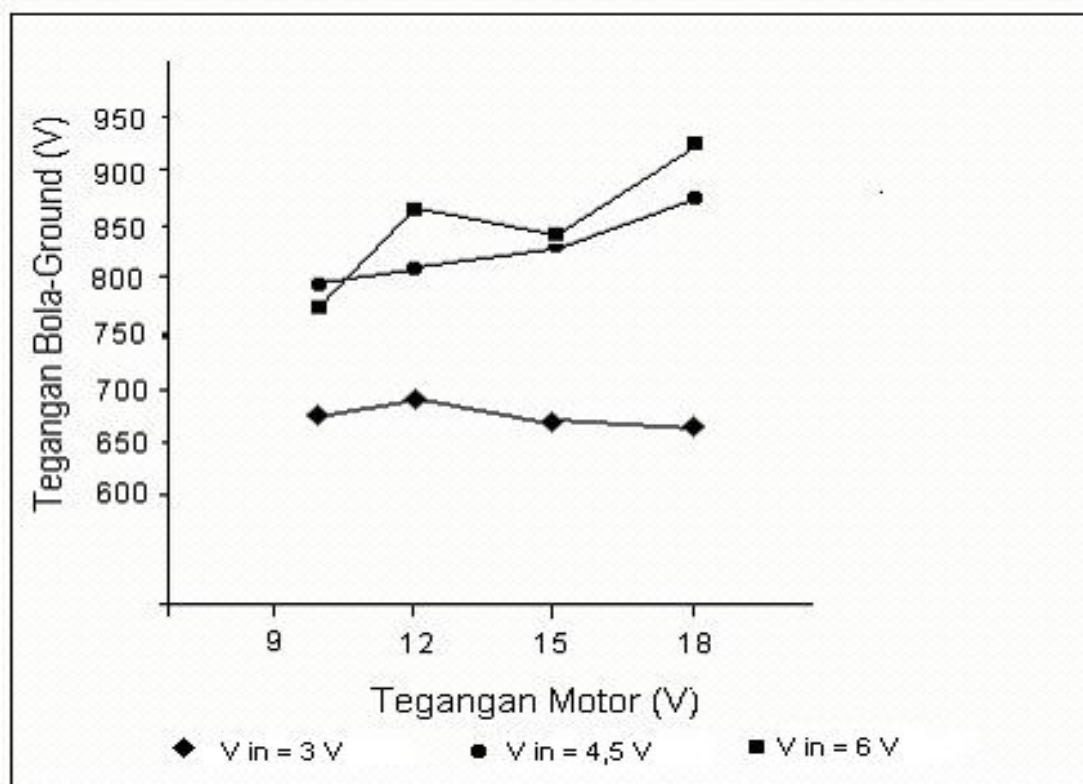
Pengujian Semi Kualitatif

Pengukuran dilakukan dengan memberikan variasi tegangan masukan pada rangkaian penguat. Rangkaian penguat ini dihubungkan dengan sisir logam, sehingga sisir tersebut akan mengandung muatan positif yang besar. Sisir tersebut bersentuhan dengan sabuk yang digerakkan oleh katrol motor penggerak. Gesekan antara sabuk dan sisir bermuatan positif menyebabkan elektron-elektron (muatan negatif) dari sabuk ditarik ke sisir. Ini menyebabkan sabuk kiri yang tadinya netral akan mengandung sejumlah besar muatan positif. Sabuk ini bergerak membawa muatan positif menuju ke kubah bola yang ditopang oleh tiang berisolasi. Sisir logam yang terletak dekat bola mengumpulkan muatan positif dari sabuk, dan memindahkannya ke permukaan luar kubah bola baja. Sehingga pada

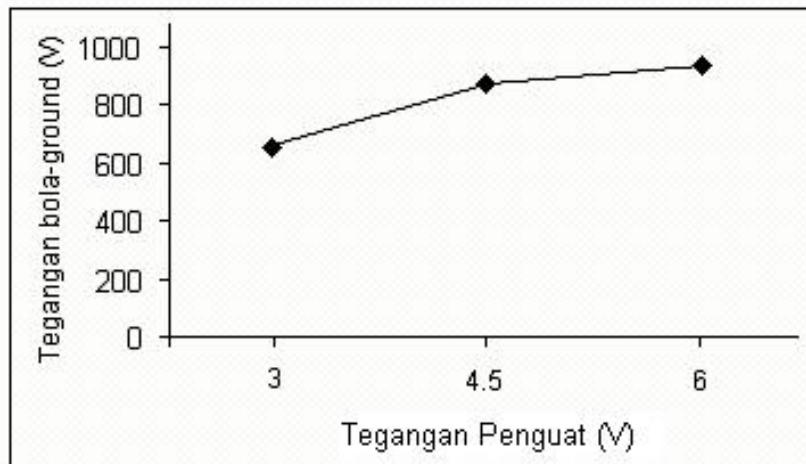
permukaan kubah akan terkumpul muatan positif yang sangat besar.

Dari grafik di atas terlihat bahwa kenaikan tegangan pada motor atau kenaikan kecepatan motor tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tegangan pada bola-ground. Tegangan pada bola-ground maksimum yang diperoleh adalah 942 Volt oleh tegangan motor 18 Volt pada V_{in} 6 Volt. Begitu juga halnya dengan variabel waktu, ternyata juga tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tegangan bola. Berdasarkan data pada tabel 2. juga dapat diperoleh grafik hubungan antara tegangan bola-ground dengan tegangan masukan pada penguat untuk tegangan motor sebesar 18 Volt.

Berdasarkan data pada Tabel 2, diperoleh grafik hubungan tegangan motor terhadap tegangan bola-ground rata-rata, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Tegangan Motor dengan Tegangan Bola-Ground Rata-rata



Gambar 4. Grafik Hubungan Tegangan Bola-Ground terhadap Tegangan Penguat

Dari grafik di atas terlihat bahwa setiap kenaikan tegangan yang diberikan pada rangkaian penguat akan diiringi dengan penambahan tegangan pada bola-ground. Tegangan bola-ground maksimum dicapai saat pemberian tegangan masukan pada rangkaian penguat 6 Volt sebesar 927,33 Volt. Hal ini berarti bahwa muatan maksimum yang terkumpul terdapat pada pemberian tegangan penguat sebesar 6 Volt, karena besarnya muatan sebanding dengan besar tegangan pada bola.

Berdasarkan hasil pengukuran dan analisa data didapat bahwa variasi waktu tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tegangan. Hal ini disebabkan karena proses pemuatan bola berlangsung dengan cepat, setelah itu jumlah muatan bola akan cenderung tetap selama proses pemuatan berlangsung. Sedangkan pemberian variasi tegangan pada rangkaian penguat akan memberikan penambahan pada tegangan bola-ground. Hal ini disebabkan karena perpindahan elektron, semakin besar tegangan yang diberikan, maka muatan positif yang terkumpul pada sisir logam akan semakin banyak, sehingga elektron yang tertarik dari sabuk akan semakin banyak pula. Gesekan antara sisir logam dengan sabuk akan menyebabkan elektron pada sabuk sedemikian rupa pindah ke sisir logam yang mengandung muatan positif sehingga sabuk akan bermuatan positif, dan untuk

menetralkan kembali muatan pada sabuk, proton (muatan positif) pada sabuk akan menarik elektron pada bola, sehingga sabuk akan netral kembali dan bola menjadi bermuatan positif. Jadi pemberian tegangan masukan pada rangkaian penguat akan memberikan pengaruh pada muatan yang terkumpul pada kubah. Pemberian variasi kecepatan ternyata tidak banyak memberi pengaruh pada muatan yang terdapat pada bola, hal ini disebabkan karena adanya gesekan antara sabuk dengan udara yang menyebabkan muatan lepas ke udara.

Generator Van de Graaff Sebagai Media Pembelajaran

Generator Van de Graaff dapat digunakan sebagai media pembelajaran dalam menjelaskan konsep listrik statis. Generator Van de Graaff ini dapat menunjang tujuan pengajaran dan memungkinkan siswa untuk lebih memahami serta menguasai konsep materi pelajaran yang diajarkan. Generator ini sangat praktis, mudah dipindahkan atau ditempatkan dan aman dipergunakan. Suku cadang yang digunakan pada generator ini terdapat di pasaran serta mudah diperbaiki jika terdapat kerusakan. Berdasarkan kriteria pemilihan media pembelajaran yang telah diuraikan, maka generator Van de Graaff ini dapat dijadikan sebagai media pembelajaran.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisis data dalam pelaksanaan penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Generator Van de Graaff yang dirancang sebagai media pembelajaran untuk menjelaskan konsep listrik statis dapat dibuat dari bahan-bahan sederhana, yang mana dapat menjelaskan hubungan antara muatan dengan tegangan.
2. Dari data yang diperoleh dapat diketahui bahwa semakin besar tegangan yang diberikan pada rangkaian penguat maka tegangan pada bola-ground akan semakin besar juga. Dimana V sebanding dengan muatan q ($q \sim V$)

Dari kesimpulan yang didapat, disarankan untuk penelitian selanjutnya menggunakan konduktor bola dengan diameter yang besar dan sabuk yang terbuat

dari bahan yang dapat menghantarkan muatan lebih baik.

Daftar Pustaka

- Hasan, A., 1970. *Elektro Magnetika*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Harjanto., 1997. *Perencanaan Pengajaran*., Rineka Cipta, Jakarta.
- Sadiman, A. S., Rahardjo, R., Anung., Haryanto, dan Rahardjito., 1996. *Media Pendidikan*. PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Soedjojo, P., 1998. *Azaz-Azaz Ilmu Fisika, Listrik Magnet. Jilid 2*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- , 2005. *History of the Van de Graaff Generator*. Available at: www.mos.org./slm/toe/history.html-5k (7 januari 2006)