HUKUM GAUSS

(*Diajukan Sebagai Ujian Akhir Semester Elektrodinamika*)

Dosen Pengampu:

Dr. Doni Andra, M.Sc

Dr. I Wayan Distrik, M.Si

Disusun Oleh:

Fitri Mardhotillah Gumay (2123022005)

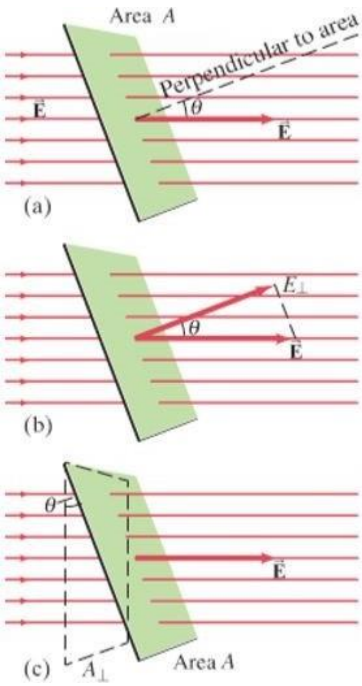
PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN FISIKA

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

UNIVERSITAS LAMPUNG

2022

A. Fluks Listrik



Gambar 1. Fluks Listrik (Source: Giancoli)

Hukum Gauss melibatkan konsep fluks listrik yang mengacu pada medan listrik yang melewati area tertentu. Untuk medan listrik seragam E yang melewati area A, seperti ditunjukkan pada gambar 1a, fluks listrik didefinisikan sebagai:

$$\Phi_E = E.A\,Cos\,\theta$$

dimana sudut antara arah medan listrik dan garis yang ditarik tegak lurus terhadap daerah tersebut. Fluks tersebut dapat dituliskan secara ekuivalen

$$\Phi_E = E_{\perp}A = EA_{\perp} \qquad (1\text{-}1)$$

dimana $E_{\perp} = E\ cos\ \theta$ adalah komponen $\bar{\mathbf{E}}$ tegak lurus terhadap daerah (Gambar 1-1b) dan sama halnya $A_{\perp} = A\ cos\ \theta$ adalah proyeksi daerah A tegak lurus terhadap medan $\bar{\mathbf{E}}$ (Gambar 1-1c)

Fluks listrik memiliki interpretasi intuitif sederhana dalam hal garis medan. Seperti yang di sebutkan di bagian 1-2 bahwa garis medan selalu dapat ditarik sehingga jumlah (N) yang melewati area unit bidang (A) sebanding dengan magnitudo medan (E): yaitu, $E \propto N/A_{\perp}$. Karenanya,

$$N \propto EA_{\perp} = \Phi_E \qquad (1\text{-}2)$$

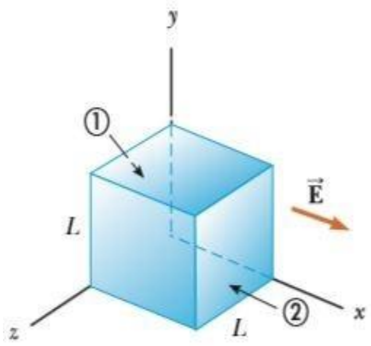
sehingga fluks melalui suatu area sebanding dengan jumlah garis yang melewati daerah itu.

Contoh: Fluks yang melalui kubus

- **Tujuan:** Hitung fluks listrik melalui permukaan tertutup.
- **Masalah:** Perhatikan medan listrik seragam yang berorientasi pada arah x. Temukan fluks listrik melalui setiap permukaan sebuah kubus dengan

ujung-ujungnya L yang berorientasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, dan net fluks.

- **Strategi:** Masalah ini melibatkan penggabungan definisi listrik yang diberikan oleh persamaan (1). Dalam setiap kasus E dan $A = L^2$ adalah sama; satu-satunya perbedaan adalah sudut θ yang dibuat medan listrik berkenaan dengan vektor yang tegak lurus terhadap permukaan tertentu dan mengarah ke luar (vektor normal permukaan). Sudut dapat ditentukan dengan inspeksi. Fluks melalui permukaan sejajar dengan bidang Φ_{xy} dan selanjutnya ditunjuk oleh posisi (depan, belakang); yang lain akan diberi label serupa: Φ_{xz} atas atau bawah, dan Φ_{yz} kiri atau kanan.



Gambar 2. Permukaan hipotetis berbentuk kubus dalam bidang listrik seragam yang sejajar dengan sumbu x. Fluks bersih melalui permukaan adalah nol bila muatan bersih di dalam kubus nol. (Source: Serway A Raymon)

Solusi:

Vektor normal ke titik bidang xy pada arah z negatif. Ini pada gilirannya tegak lurus terhadap Ē, jadi θ = 90°. (Sebaliknya bekerja sama.)

$\Phi_{xy} = EA\cos\ (90^o) = 0$ (back and front)

Vektor normal ke bidang xz menunjuk ke arah y negatif. Ini pada gilirannya tegak lurus terhadap Ē, jadi sekali lagi θ = 90°. (Sebaliknya bekerja sama.)

$\Phi_{xz} = EA\cos\ (90^o) = 0$ (top and bottom)

Vektor normal ke permukaan (1) (bidang yz) menunjukkan arah negatif x. Ini adalah antiparalel dengan Ē, jadi θ = 180°.

$\Phi_{yz} = EA\cos\ (180^o) = -EL^2$ (permukaan 1)

Permukaan (2) memiliki vektor normal yang menunjuk ke arah x positif, jadi θ = 0°.

$$\Phi_{yz} = EA\cos\ (0^o) = EL^2$$
(permukaan 2)

Kita menghitung fluks bersih dengan menjumlahkan:

$$\Phi_{net} = 0 + 0 + 0 + 0 - EL^2 + EL^2$$
$= 0$

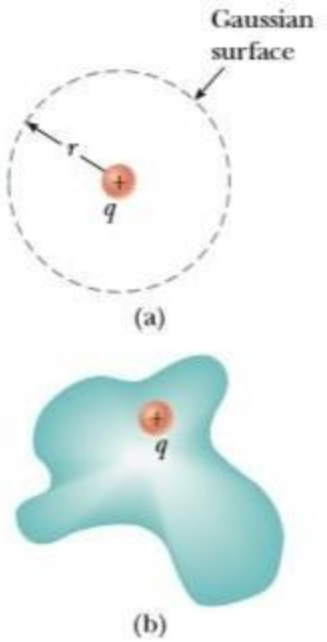
B. Hukum Gauss

Perhatikan muatan titik q yang dikelilingi oleh permukaan bulat jari-jari r yang berpusat pada muatan, seperti pada Gambar 3.a. Besarnya medan listrik di mana-mana di permukaan bola adalah:

$$E = k_P \frac{q}{r^2}$$

Perhatikan bahwa medan listrik tegak lurus terhadap permukaan bola pada semua titik di permukaan. Fluks listrik melalui permukaan oleh karena itu EA, di mana A = $4\pi r^2$ adalah luas permukaan bola:

$$\Phi_E = EA = k_P \frac{q}{r^2}\ (4\pi r^2) = 4\pi k_P\ q$$



Gambar 3. Fluks melalui permukaan bulat jari-jari r yang mengelilingi muatan titik q adalah E=q/ϵ_0.

Terkadang mudah untuk mengekspresikan k_P dalam hal konstanta lain, ϵ_0 sebagai $k_P = 1/4\pi\epsilon_0$. P0 konstan disebut permitivitas ruang bebas dan memiliki nilai:

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k_P} = 8.85 \times 10^{-12} C^2/N.m^2 \qquad (2)$$

Penggunaan k_P atau ϵ_0 benar-benar merupakan masalah selera. Fluks listrik melalui permukaan bola tertutup yang mengelilingi muatan q sekarang dapat dinyatakan sebagai:

$$\Phi_E = 4\pi k_P q = \frac{q}{\epsilon_0}$$

Hasil ini mengatakan bahwa fluks listrik melalui bola yang mengelilingi muatan q sama dengan muatan yang dibagi dengan ϵ_0 konstan. Dengan menggunakan kalkulus, hasil ini dapat dibuktikan untuk setiap permukaan tertutup yang mengelilingi muatan q. Misalnya, jika permukaan di sekeliling q tidak beraturan, seperti pada Gambar 3.b, fluks melalui permukaan itu juga q/ϵ_0. Hal ini menyebabkan hasil umum berikut, yang dikenal sebagai hukum Gauss:

Fluks listrik E melalui permukaan tertutup sama dengan muatan bersih di dalam permukaan, Q_{inside}, dibagi dengan ϵ_0:

$$\Phi_E = \frac{Q_{inside}}{g_0} \tag{2-1}$$

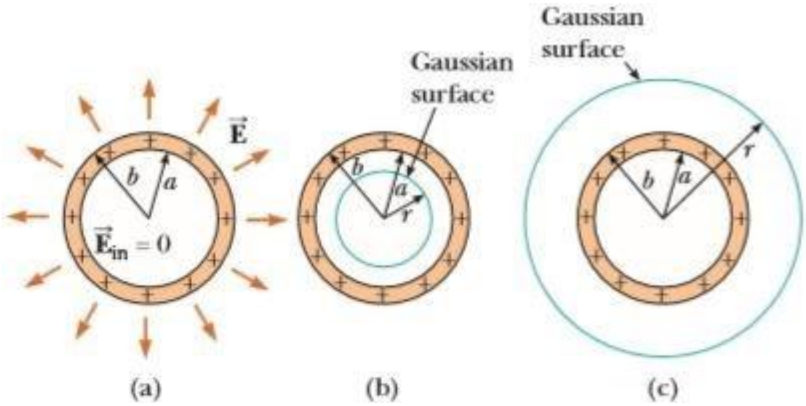
Meski tidak jelas, hukum Gauss menggambarkan bagaimana muatan menciptakan medan listrik. Pada prinsipnya, selalu dapat digunakan untuk menghitung medan listrik dari suatu sistem biaya atau distribusi biaya yang kontinyu. Dalam prakteknya, teknik ini berguna hanya dalam sejumlah kasus di mana terdapat tingkat simetri yang tinggi, seperti bola, silinder, atau bidang. Dengan simetri bentuk khusus ini, muatannya bisa dikelilingi oleh permukaan imajiner, yang disebut permukaan Gaussian. Permukaan imajiner ini digunakan secara ketat untuk perhitungan matematis, dan tidak perlu menjadi permukaan fisik yang sebenarnya. Jika permukaan imajiner dipilih sehingga medan listrik konstan di mana-mana di atasnya, medan listrik dapat dihitung dengan:

$$EA = \Phi_E = \frac{Q_{inside}}{g_0} \tag{2-2}$$

1. Cangkang Bola Bermuatan

- **Tujuan:** Gunakan hukum Gauss untuk menentukan medan listrik saat simetri itu bulat.
- **Masalah:** Kerangka kerja berbentuk bola dari radius dalam a dan radius luar membawa muatan total +Q yang terdistribusi pada permukaan cangkang konduksi (Gambar 4.a). Kuantitas Q dianggap positif. (a) Tentukan medan listrik di bagian dalam cangkang pelindung, untuk r< a, dan (b) medan listrik di luar cangkang, untuk r> b. (c) Jika biaya tambahan

-2Q ditempatkan di pusat, tentukan bidang listrik untuk r> b. (d) Berapakah pembagian biaya pada bola di bagian (c)?



Gambar 4. (a) Medan listrik di dalam kulit spherical bermuatan seragam adalah nol. Ini juga nol untuk bahan konduksi di wilayah c <r <b. Medan di luar sama dengan muatan titik yang memiliki muatan total Q yang terletak di bagian tengah cangkang. (b) Konstruksi permukaan Gaussian untuk menghitung medan listrik di dalam cangkang bola. (c) Konstruksi permukaan Gaussian untuk menghitung medan listrik di luar cangkang bola.

- **Strategi:** Untuk setiap bagian, gambar permukaan Gaussian bulat di wilayah yang diminati. Tambahkan muatan di dalam permukaan Gaussian, ganti dan area itu menjadi hukum Gauss, dan selesaikan medan listriknya. Untuk menemukan distribusi muatan pada bagian (c), gunakan hukum Gauss secara terbalik: distribusi muatan harus sedemikian rupa sehingga bidang elektrostatik nol di dalam konduktor (Serwey, Vuille, & Faughn, 2009)
- **Solusi:**

  (a) Menemukan medan listrik untuk r< a.

  Terapkan hukum Gauss, Persamaan (2-2), ke permukaan Gaussian yang diilustrasikan pada Gambar 4.b (perhatikan bahwa tidak ada muatan di dalam permukaan ini):

$$EA = E(4\pi r^2) = \frac{Q_{inside}}{\varepsilon_0} = 0 \rightarrow \quad E = 0$$

  (b) Menemukan medan listrik untuk r> b.

  Terapkan hukum Gauss, Persamaan (2-2), ke permukaan Gaussian yang diilustrasikan pada Gambar 4.c:

$$EA = E(4\pi r^2) = \frac{Q_{inside}}{\varepsilon_0} = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

Bagi daerah:

$$E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$

(c) Sekarang biaya tambahan -2Q ditempatkan di tengah bola. Hitung medan listrik baru di luar bola, untuk r> b.

Terapkan hukum Gauss seperti pada bagian (b), termasuk biaya baru di Q_{inside}:

$$EA = E(4\pi r^2) = \frac{Q_{inside}}{\varepsilon_0} = \frac{+Q - 2Q}{\varepsilon_0}$$

$$E = -\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$

(d) Temukan distribusi muatan di bola untuk bagian (c).

Tuliskan hukum Gauss untuk bagian dalam cangkangnya:

$$EA = \frac{Q_{inside}}{\varepsilon_0} = \frac{Q_{center} + Q_{inner\ surface}}{\varepsilon_0}$$

Tentukan muatan di permukaan dalam cangkang, perhatikan bahwa medan listrik di konduktor adalah nol:

$$Q_{center} + Q_{inner\ surface} = 0$$

$$Q_{inner\ surface} = -Q_{center} = +2Q$$

Tentukan muatan di permukaan luar, perhatikan bahwa muatan permukaan dalam dan luar harus dijumlahkan ke + Q:

$$Q_{outer\ surface} + Q_{inner\ surface} = Q$$

$$Q_{outer\ surface} = -Q_{inner\ surface} + Q = -Q$$

2. E pada permukaan konduktor

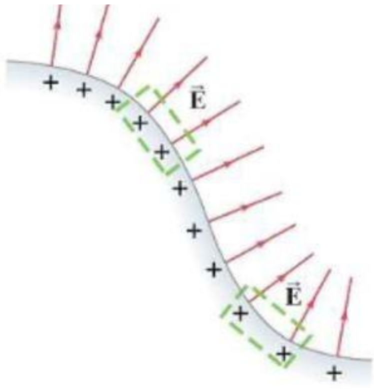
Menunjukkan bahwa medan listrik di luar permukaan konduktor bentuk sewenang-wenang lainnya diberikan oleh

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

dimana σ adalah kerapatan muatan permukaan (Q/A) pada konduktor pada titik tersebut.

- **Pendekatan:** Memilih sebagai permukaan gausser dengan sebuah kotak silinder kecil, sangat kecil tingginya sehingga salah satu ujung melingkarnya berada tepat di atas konduktor (Gambar 5). Ujung satunya berada tepat di bawah permukaan konduktor, dan sisi-sisinya tegak lurus terhadapnya (Giancoli, 2005).

Gambar 5. Medan listrik di dekat permukaan konduktor. Dua kotak silinder kecil diperlihatkan dalam garis putus-putus. Berfungsi sebagai salah satu permukaan Gaussian.



- **Solusi:** Medan listrik nol di dalam konduktor dan tegak lurus di permukaannya di luarnya (Persamaan 2-1). Jadi fluks listrik hanya melewati ujung luar kotak silinder; tidak ada fluks yang melewati sisi pendek atau ujung dalam. Kita memilih area A (dari ujung silinder datar di atas permukaan konduktor) cukup kecil sehingga E pada dasarnya seragam di atasnya. Lalu hukum Gauss memberi

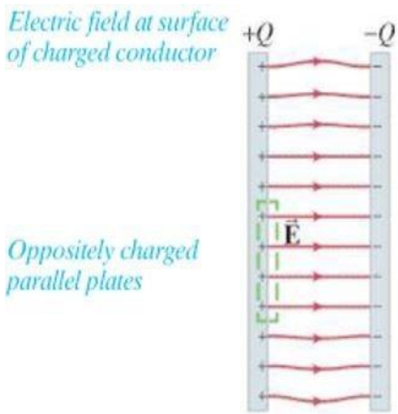
$$\Sigma E_{\perp} \Delta A = EA = \frac{Q_{encl}}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma A}{\varepsilon_0}$$

maka

$$E = \frac{\sigma A}{\varepsilon_0}$$

Hasil yang berguna ini berlaku untuk setiap bentuk konduktor, termasuk lembaran datar bermuatan seragam yang besar, medan listrik akan konstan dam sama dengan σ/ε_0.

Contoh terakhir ini juga memberi kita medan di antara dua pelat sejajar yang kita lihat pada (Gambar 16-31d). Jika pelatnya besar dibandingkan dengan



Gambar 6. Medan listrik antara dua pelat sejajar seragam dan sama dengan E= σ/ε_0

pemisahannya, maka garis bidang tegak lurus terhadap pelat, kecuali di dekat tepinya, keduanya sejajar satu sama lain. Oleh karena itu medan listrik (lihat Gambar 6) yang menunjukkan permukaan Gaussian yang sama seperti (Gambar 5).

C. Perhitungan Medan Listrik dengan Menggunakan Hukum Gauss

Permukaan yang biasa dipakai untuk menghitung medan listrik menurut hukum Gauss ini disebut permukaan Gauss. Pada bagian ini, kita akan menggunakan metoda ini untuk menghitung medan listrik akibat sejumlah distribusi muatan yang simetris (Tippler, 1998).

1. E di dekat Muatan Titik

Pertama-tama kita gunakan hukum Gauss untuk mencari medan listrik sejarak r dari muatan titik q. Misalkan muatan titik ini terletak di titik asal. Berdasarkan simetri, E pasti Radial dan besarnya dapat bergantung seata-mata pada jarak dari muatannya. Untuk permukaan Gauss ini, kita pilih permukaan bola berjari-jari r yang berpusat pada muatan tersebut. Komponen normal E, $E_n = E.\hat{n} = E_r$, nilainya sama di sembarang tempat pada permukaan. Fluks total yang melewati permukaan ini akibatnya menjadi:

$$\phi_{net} = \oint E\ \hat{n} dA = \oint E_r\, dA = E_r \oint dA$$

Tetapi $\oint dA = 4\pi r^2$, luas total permukaan berbentuk bola tersebut. Karena muatan total di dalam permukaan tersebut tidak lain adalah muatan titik q, hukum Gauss menghasilkan

$$E_r\, 4\pi r^2 = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

dan

$$E_r = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}$$

2. **E di dekat Bidang Muatan Tak Hingga**

Kita ingin mencari medan listrik didekat bidang muatan takhingga dengan densitas muatan permukaan σ. Berdasarkan simetrik, kita tahu bahwa medan listrik haruslah tegang lurus terhadap bidang dan bergantung semata-mata pada jarak z dari bidang tersebut. Juga, medan listrik ini besarnya harus sama walaupun arahnya berbeda dengan jarak yang sama di atas bidang tersebut begitu pula di bawahnya. Untuk permukaan Gauss ini, kita pilih silinder berbentuk topi yang sumbunya tegak lurus terhadap bidang tersebut dan pusatnya terletak pada bidang seperti gambar 2-1. Anggaplah setiap ujung silinder ini sejajar dengan bidang dan memiliki luas A. E sejajar dengan permukaan silinder, sehingga tidak ada Fluks yang melewati permukaan lengkung ini. Fluks yang melewati setiap ujung permukaan berbentuk topi ini adalah $E_n A$, sehingga Fluks totalnya adalah $2E_n A$ muatan totalnya adalah σA maka Hukum Gauss akan menghasilkan

$$\phi_{net} = \oint E_n \, dA = \frac{1}{\varepsilon_0} Q_{dalam}$$

$$2E_n A = \frac{1}{\varepsilon_0} \sigma A$$

Atau

$$E_n = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = 2\pi k \sigma$$

3. **E di dekat Muatan Garis Tak Hingga**

Medan listrik sejarak r dari suatu muatan garis yang sangat panjang dengan desitas muatan linier yang seragam λ, Permukaan silinder dengan panjang L dan jari-jari r. Berdasarkan simetri, di titik-titik yang letaknya jauh dari ujung dari garis tersebut, garis-garis medan listrik akan memancar keluar garis tersebut secara seragam, jika muatan garisnya positif. Dengan demikian medan listrik akan tegak lurus terhadap permukaan silindris dan memiliki besar yang sama dengan E_r di sembarang tempat. Fluk listriknya dengan demikian merupakan perkalian antara medan listrik dan permukaan silindris.

Tidak ada Fluk yang melewati permukaan-permukaan datar di ujung-ujung silinder tersebut, karena $E.\hat{n} = 0$. Muatan total di dalam permukaan ini adalah muatan perpanjang satuan λ kali panjang L. Karena luas permukaan silindris ini adalah $2\pi rL$, maka Hukum Gauss yang dihasilkan.

$$E_r = \frac{1}{2\pi\varepsilon}\frac{\lambda}{r} = 2k\frac{\lambda}{r}$$

4. E di dalam dan di luar Kulit Muatan Silindris

Untuk menghitung medan di dalam kulit ini, kita buat sebuah permukaan Gauss silindris dengan panjang L dengan jari-jari r < R yang kosentris dengan kulit tersebut. Berdasarkan simetri medan listriknya tegak luus terhadap permukaan Gauss dan besarnya E_r konstan di mana pun pada permukaan tersebut. Fluks E yang melewati permukaan Gauss ini :

$$\phi_{net} = \oint E_n\, dA = E_r \oint dA = E_r\, 2\pi rL$$

di mana $2\pi rL$ adalah luas permukaan Gauss. Karena muatan total di dalam permukaan ini 0 maka Hukum Gauss menghasilkan

$$\phi_{net} = E_r 2\pi rL = 0$$

Maka $E_r = 0$ dengan r < R

Untuk mencari medan listrik di luar kulit silindris, dengan jari-jari r > R. Berdasarkan simetri medan listrik akan tegak lurus dengan permukaan Gauss dan besarnya E_r konstan di mana pun pada permukaan tersebut. Fluks nya tetap yaitu $E_r 2\pi rL$ tetapi muatan total di dalam permukaan $\sigma 2\pi RL$ maka Hukum Gauss yang dihasilkan

$$\phi_{net} = E_r\, 2\pi rL = \frac{\sigma\, 2\pi RL}{\varepsilon_0}$$

Maka

$$E_r = \frac{\sigma R}{\varepsilon_0 r}$$

Karena panjang L dari kulit permukaan ini membawa muatan sebesar $\sigma 2\pi RL$, muatan per panjang satuan kulit ini adalah $\lambda = \sigma 2\pi R$. Dengan demikian $\lambda / 2\pi R$ untuk mengganti σ maka diperoleh

$$E_r = \frac{\sigma R}{\varepsilon_0 r} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda}{r} \qquad \text{di mana} \qquad r > R$$

5. E di dalam dan di luar Silinder Muatan Padat dengan Panjang Tak Hingga

Gambar di samping menunjukan sebuah silinder padat berjari-jari R dan membawa muatan yang terdistribusi seragam di sebuah volume silinder yang memiliki densitas muatan ρ . Fluks yang melewati permukaan Gauss silinder berjari-jari r dengan panjang L adalah $\phi_{net} = E_r 2\pi rL$

Jika permukaan gauss ini terletak di luar silindernya, maka artinya r > R, maka muatan total di dalam permukaan adalah ρ kali volume silinder tersebut, yaitu $\pi R^2 L$. Maka hukum Gauss akan menghasilkan

$$E_r 2\pi rL = \frac{\rho\pi R^2 L}{\varepsilon_0}$$

$$E_r = \frac{\rho R^2}{2\varepsilon_0 r}$$

Untuk menulis muatan per panjang satuan di sepanjang silinder yaitu $\lambda = \left(\rho\pi R^2 L\right)/ L = \rho\pi R^2$.Dengan menggunakan $\lambda / \pi R^2$ untuk mengganti ρ maka diperoleh pada E di luar muatan padat

$$E = \frac{\rho R^2}{2\varepsilon_0 r} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda}{r} \qquad r \geq R$$

Jika pada permukaan gauss yang berada di dalam silinder sehingga r < R, maka maka muatan total di dalam permukaan adalah $\rho V'$, di mana $V' = \pi r^2 L$ merupakan volume di dalam permukaan gauss. Maka untuk medan Listrik di dalam silinder muatan padat, Hukum Gauss menghasillkan

$$\phi_{net} = \frac{1}{\varepsilon_0} Q_{dalam}$$

$$E_r 2\pi rL = \frac{1}{\varepsilon_0}\rho V' = \frac{1}{\varepsilon_0}\rho\pi r^2 L \text{ atau}$$

$$E_r = \frac{\rho}{2\varepsilon_0} r = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 R^2} r \qquad r \le R$$

6. E di dalam dan di luar Kulit Muatan Bola

Dengan jari-jari R dengan muatan total Q. Berdasarkan simetri, E harus radial dan besarnya bergantungan pada jarak r dari pusat bola. Permukaan gauss bola dengan r > R. Karena E tegak lurus terhadap permukaan ini dan besarnya selalu konstan, fluks yang melewati permukaan ini adalah

$$\phi_{net} = \oint E_r\, dA = E_r\, 4\pi r^2$$

Karena muatan total di dalam permukaan gauss ini adalah muatan total pada kulitnya, Q, hkum Gauss akan menghasikan

$$E_r 4\pi r^2 = \frac{Q}{\varepsilon_0} \text{ atau}$$

$$E_r = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2} \qquad r > R$$

Jadi, mean listrik di luar suatu kulit bola bermuatan seragam adalah sama seperti seolah-olah semua muatan berada di pusat kulit.

Jika permukaan gauss berada di dalam kulit, di mana r < R maka fluks totalnya $E_r 4\pi r^2$ tetapi muatan total di dalam muatan total di dalam permukaan adalah nol. Maka Hukum Gauss menghasilkan

$$\phi_{net} = E_r 4\pi r^2 \text{ dan}$$

$$E_r = 0 \qquad r < R$$

7. E di dalam dan di luar Bola Padat Bermuatan Seragam

Medan listrik di dalam dan di luar bola padat dengan jari-jari R dan muatan total Q yang di distribusikan seragam ke seluruh volume benda dengan densitas muatan $\rho = Q/V$, di mana $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, adalah volume bola. Fluks yang melewati permukaan gauss berjari-jari r adalah

$$\phi = E_r 4\pi r^2$$

Jika permukaan gauss teretak di luar permukaan bola, seperti gambar maka muatn total di dalam permukaan ini adalah Q, dan hkum gauss aakan menghasilkan

$$E_r = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2} \qquad\qquad r \geq R$$

Jika permukaan gauss yng dipilih terletak di dalam bola, yng artinya adalah r < R pada gambar, maka muatan totl di dalam permukaan ini adalah $\rho V'$, di mana $V' = \frac{4}{3}\pi r^3$ adalah volume di dalam permukaan gauss:

$$Q_{dalam} = \rho V' = \left(\frac{Q}{\frac{4}{3}\pi R^3}\right)\left(\frac{4}{3}\pi R^3\right) = Q\frac{r^3}{R^3}$$

Untuk medan listrik di dalam bola, hukum gauss akan menghasilkan

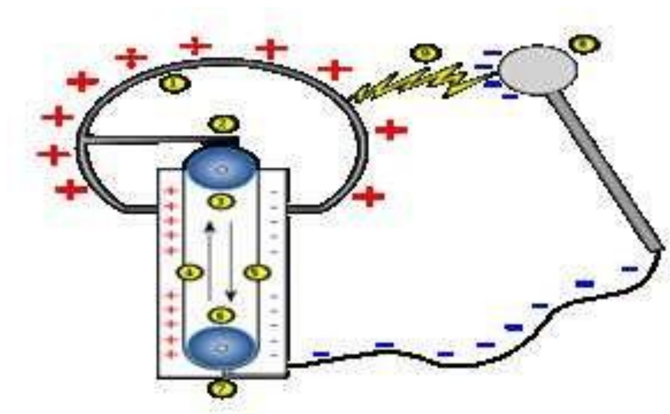
$$E_r 4\pi r^2 = \frac{1}{\varepsilon_0} Q \frac{r^3}{R^3} \quad \text{atau}$$

$$E_r = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{R^3} r$$

BAB IV KONSEP FISIKA DALAM TEKNOLOGI VAN DE GRAFF

Gambar 7. Generator elektrostatik Van De Graaff digunakan sebagai akselerator partikel bermuatan. (Source: tedkinsman.com)

Generator Van de Graff adalah mesin pembangkit listrik yang biasa dipakai untuk penelitian di laboratorium. Salah satu contoh generator Van de Graff yang ada di Indonesia terdapat di Pusat Peragaan Iptek di Taman Mini Indonesia Indah. Generator ini dibuat oleh Robert Jemison Van de Graaff (1901-1967). "Generator Van de Graff" merupakan alat yang dapat menghasilkan muatan listrik statis dalam jumlah yang sangat besar melalui proses gesekan. Beliau adalah seorang fisikawan berkebangsaan Amerika Serikat. Generator Van de Graff terdiri atas: a. dua ujung runcing yang terdapat di bagian atas dan bawah, b. sebuah silinder logam yang terdapat di bagian bawah, c. sebuah silinder polietilen yang terdapat di bagian atas, d. sabuk karet yang menghubungkan kedua silinder, dan e. konduktor berongga berbentuk bola (kubah). "Generator Van de Graff" ini berfungsi untuk menghasilkan muatan listrik, khususnya percepatan partikel bermuatan dalam eksplorasi atom. Sebuah "generator Van de Graff" terdiri atas kubah logam, sisir logam bawah dan atas, silinder logam di bagian atas dan silinder politena di bagian bawah, dan sabuk karet yang menghubungkan silinder logam dan silinder politena.



Gambar 8. Prinsip Kerja Generator Van De Graaff

Generator Van de Graff prinsip kerjanya sama dengan menghasilkan muatan listrik dengan cara menggosok (metode gesekan). Gesekan antara sabuk karet dengan silinder logam bagian bawah menimbulkan muatan listrik negatif pada sabuk karet. Gesekan antara sabuk karet dengan silinder politilen bagian atas menimbulkan muatan listrik positif pada sabuk karet. Gerakan sabuk karet ke atas membawa muatan negatif mengalir ke kubah melalui ujung runcing di bagian atas. Elektron akan tersebar menempati seluruh permukaan kubah. Pada kubah bagian dalam tidak terdapat elektron. Adapun, gerakan sabuk karet ke bawah membawa muatan positif. Muatan positif sabuk karet ini mengalir melalui ujung runcing bawah ke tanah untuk dinetralkan. Silinder logam bawah dijalankan dengan motor listrik, sehingga sabuk karet terus-menerus bergerak, menghasilkan muatan negatif mengalir ke kubah, sehingga terbentuk muatan listrik yang besar pada kubah generator Van de Graff.

Proses ini berlangsung terus menerus sehingga kubah mengumpulkan muatan listrik positif dalam jumlah yang banyak. Pada gambar di atas terlihat bahwa muatan listrik negatif pada sabuk karet bawah mengalir melalui sisir logam bawah ke tanah dan dinetralkan. Generator ini dapat menghasilkan tenaga listrik sampai dua juta volt. Apabila kubah generator ditanahkan, akan terlihat percikan kecil seperti kilat kecil. Kita juga dapat merasakan kekuatan listrik ini dengan menerima muatan dari generator pada saat menyentuh kubahnya.

Seperti yang kalian tahu bahwa generator Van de Graaff sebuah generator elektrostatik yang menggunakan sabuk yang bergerak untuk mengumpulkan sangat tinggi stabil tegangan elektrostatis pada bola logam berongga di bagian atas berdiri. Diciptakan pada tahun 1929 oleh fisikawan Amerika Robert J. Van de Graaff, perbedaan potensi modern dicapai Van de Graaff generator dapat mencapai 5 megavolts. Van de Graaff generator dapat dianggap sebagai sumber arus konstan terhubung secara paralel dengan kapasitor dan yang sangat besar hambatan listrik (Septianu, 2013)

DAFTAR PUSTAKA

Giancoli, D. C. (2005). *PHYSICS PRINCIPLES WITH APPLICATIONS.* NEW JERSEY: PEARSON EDUCATION, INC.

Listrik Statis. (2007). Retrieved from file.upi.edu: http://file.upi.edu/Direktori/FPMIPA/JUR._PEND._BIOLOGI/195107261978032-FRANSISCA_SUDARGO/7._Model_Buku_IPA_SMP_%28Revisi-2007%29/03._Kelas_IX/Bab._7-IX_Listrik_Statis_%28Made%29.pdf

Reitz, J. R., Milford, F. J., & Christy, R. W. (1993). *DASAR TEORI LISTRIK MAGNET.* BANDUNG: ITB.

Septianu, E. (2013). *Artikel Generator Van De Graaff.* Retrieved from edoseptianu.files.wordpress.com: https://edoseptianu.files.wordpress.com/2013/06/artikel-generator-van-de-graff.doc

Serwey, R. A., Vuille, C., & Faughn, J. S. (2009). *College Physics.* USA: Brooks/Cole Cengage Learning.

Tippler. (1998). *Fisika untuk Sains dan Teknik.* Bandung: Erlangga.