

# Kapasitansi dan Bahan Dielektrik

**Dr. Ramadoni Syahputra**

**Jurusan Teknik Elektro FT UMY**

# MEDAN LISTRIK PADA KONDISI TEGANGAN TETAP

Jika suatu kapasitor pelat sejajar dengan ruang bebas di antara kedua kepingnya diberi tegangan tetap, padanya akan timbul medan listrik  $\mathbf{E}$  serbasama.

Dengan mengabaikan efek-efek sisi, maka berlaku persamaan-persamaan sebagai berikut:

$$\mathbf{E} = \frac{V}{d} \mathbf{a}_N$$

$$\mathbf{D} = \epsilon_0 \mathbf{E} = \frac{\epsilon_0 V}{d} \mathbf{a}_N$$

$$D_n = \rho_s = \frac{Q}{A}$$

Sekarang kalau di antara pelat-pelatnya diisi dielektrik dengan permitivitas relatif  $\epsilon_R$ , maka berlaku

$$\mathbf{D} = \epsilon_0 \mathbf{E} + \mathbf{P} = \epsilon_0 \mathbf{E} + \epsilon_0 \chi_e \mathbf{E}$$

$$\mathbf{D} = \epsilon_0 \epsilon_R \mathbf{E}$$

# MEDAN LISTRIK PADA KONDISI MUATAN TETAP

Kapasitor pelat bermuatan  $+Q$  pada pelat atasnya dan  $-Q$  pada pelat bawahnya.

Muatan ini kita peroleh dengan menghubungkan kapasitor dengan sumber tegangan konstan  $V$ , kemudian kita putuskan.

Dengan ruang bebas di antara kedua pelat dan efek sisi diabaikan, maka berlaku persamaan:

$$D_n = \rho_s = \frac{Q}{A}$$

$$E = \frac{D}{\epsilon_0} = \frac{\rho_s}{\epsilon_0} \mathbf{a}_N$$

Dengan pengaturan begini tentu saja muatan tidak dapat bertambah atau berkurang karena tidak ada penghantar yang menghubungkan kedua pelat itu.

Kemudian dengan dielektrik dimasukkan di antara kedua pelat, persamaannya adalah sebagai berikut:

$$D_n = \rho_s = \frac{Q}{A}$$

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{D}}{\epsilon_0 \epsilon_r}$$

# ENERGI TERSIMPAN DALAM KAPASITOR

$$W_E = \frac{1}{2} \int \mathbf{D} \cdot \mathbf{E} \, dv$$

Kalau ruang dalam kapasitor dipenuhi dielektrik dengan permitivitas relatif  $\epsilon_r$ , maka:

$$\begin{aligned} \mathbf{D} &= \epsilon_r \mathbf{E} + \mathbf{P} \\ &= \epsilon_0 \epsilon_r \mathbf{E} \end{aligned}$$

sehingga,

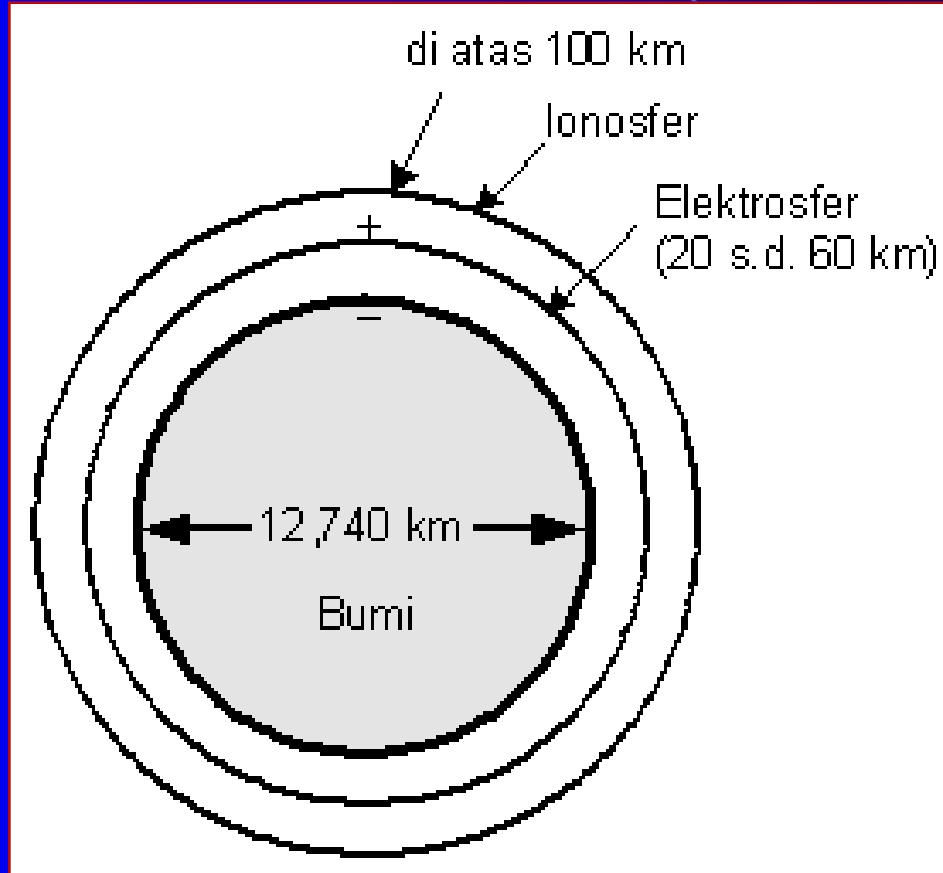
$$W_E = \frac{1}{2} \int (\epsilon_0 \mathbf{E}^2 + \mathbf{P} \cdot \mathbf{E}) dv$$

$$= \frac{1}{2} \int \epsilon_0 \epsilon_r \mathbf{E}^2 dv$$

Dalam kapasitansi,

$$W_E = \frac{1}{2} CV^2$$

# BUMI SEBAGAI KAPASITOR ALAMI





- Elektrosfer adalah daerah konduksi dc di atas atmosfer dengan konduktivitas yang ditentukan oleh molekul yang terionisasi sinar kosmis.
- Ketinggiannya mencapai kira-kira 25 hingga 60 km.
- Kapasitor antara bumi dan elektrosfer adalah bermuatan dan mempunyai beda potensial 300.000 V.
- Seseorang yang berdiri di daerah terbuka pada kondisi cuaca cerah mempunyai beda potensial sekitar 300 V antara kepala dan ujung kaki.
- Pada kondisi hujan yang disertai petir beda potensialnya dapat meningkat hingga 20.000 V, yang merupakan tingkat berbahaya.

Elektrosfer berpolaritas positif dan bumi berpolaritas negatif sehingga arah medan listriknya adalah dari atas ke bawah dalam keadaan cuaca terang, tetapi pada keadaan hujan yang disertai petir arahnya biasanya berbalik.

Permukaan ekipotensialnya seragam kecuali terjadi distorsi misalnya oleh benda atau manusia yang berdiri di daerah terbuka.

Kapasitansi antara bumi dan elektrosfer dapat dihitung sebagai berikut, dengan  $r_1$  = jari-jari bumi = 6370 km dan  $r_2$  = jari-jari elektrosfer = 6370 + 25 = 6395 km:

$$C = \frac{4\pi\epsilon_0 r_1 r_2}{r_2 - r_1}$$

$$C = \frac{4\pi \times 8,854 \times 10^{-12} \times 6,37 \times 6,395 \times 10^{12}}{2,5 \times 10^4}$$

$$C = 0,18 \text{ F}$$

Pengukuran kerapatan muatan pada permukaan bumi memberikan nilai  $\rho_s = 3,2 \times 10^{-9} \text{ C/m}^2$ .

Kemudian kerapatan muatan ini dikalikan dengan luas permukaan bumi sehingga didapatkan:

$$\begin{aligned} Q &= \rho_s A \\ &= 3,2 \times 10^{-9} \times 5,15 \times 10^{14} \\ &= 1,65 \times 10^6 \text{ C.} \end{aligned}$$

Jika dihitung energi yang tersimpan dalam kapasitor bumi-elektrosfer, maka akan diperoleh kira-kira sebesar  $7 \times 10^{12} \text{ J}$ , yang setara dengan jumlah energi dari **satu juta baterai mobil 12 V, 100 A-jam, yang bermuatan penuh.**

*TERIMA KASIH*