

Energi dan Potensial Listrik

Dr. Ramadoni Syahputra

Jurusan Teknik Elektro FT UMY

MEDAN POTENSIAL SEBUAH MUATAN TITIK

$$V_{AB} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right) = V_A - V_B$$

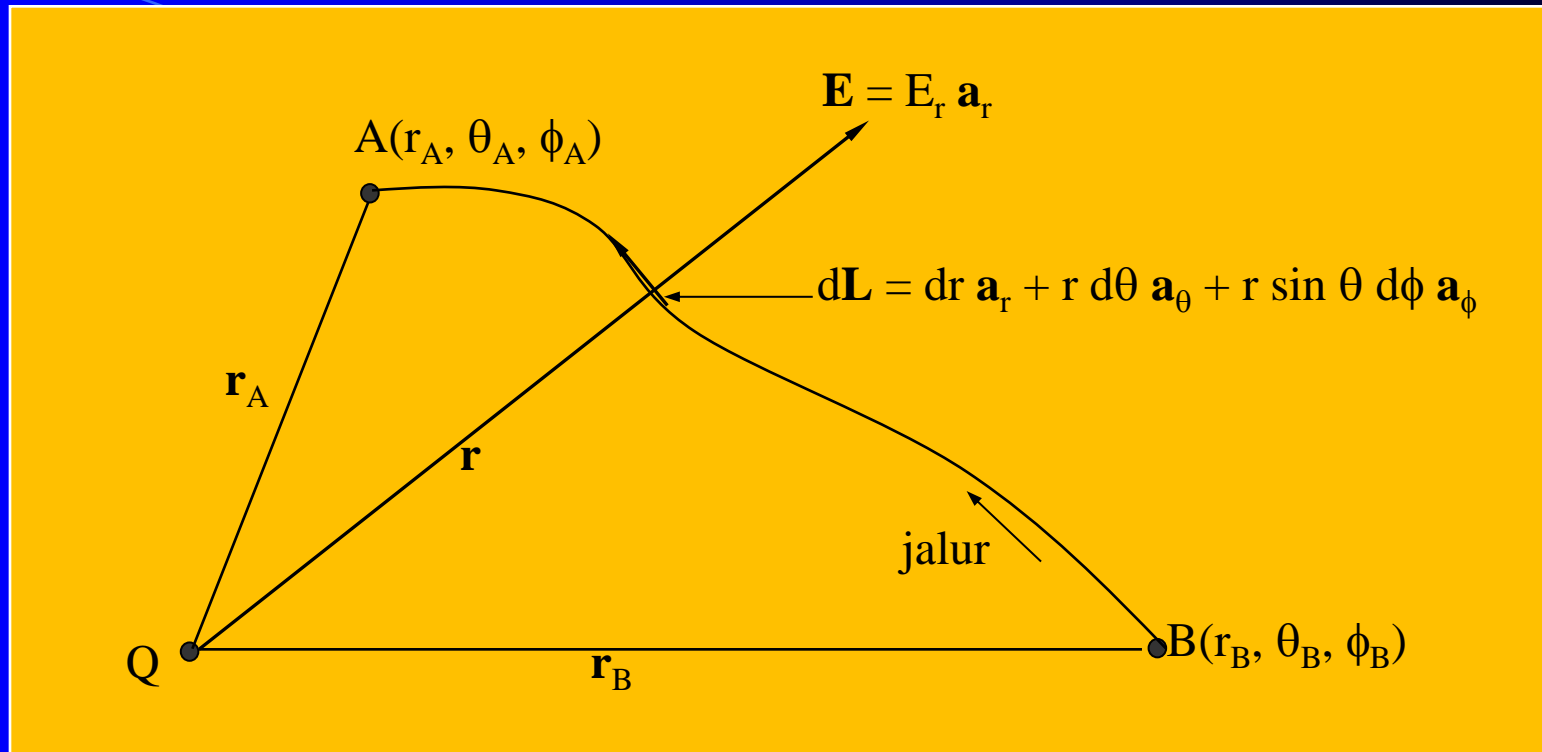
Jika titik $r = r_B$ menjauh ke tak berhingga, maka potensial di r_A menjadi:

$$V_A = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_A}$$

Dan

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

Lintasan umum antara titik B dan A dalam medan muatan titik Q di titik asal



MEDAN POTENSIAL SISTEM MUATAN

Medan potensial sebuah muatan titik Q_1 pada jarak r_1

$$V(\mathbf{r}) = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 |\mathbf{r} - \mathbf{r}_1|}$$

Potensial yang ditimbulkan oleh n muatan:

$$V(\mathbf{r}) = \sum_{m=1}^n \frac{Q_m}{4\pi\epsilon_0 |\mathbf{r} - \mathbf{r}_m|}$$

Jika kita ambil banyaknya unsur menjadi tak berhingga, kita dapatkan rumusan integral:

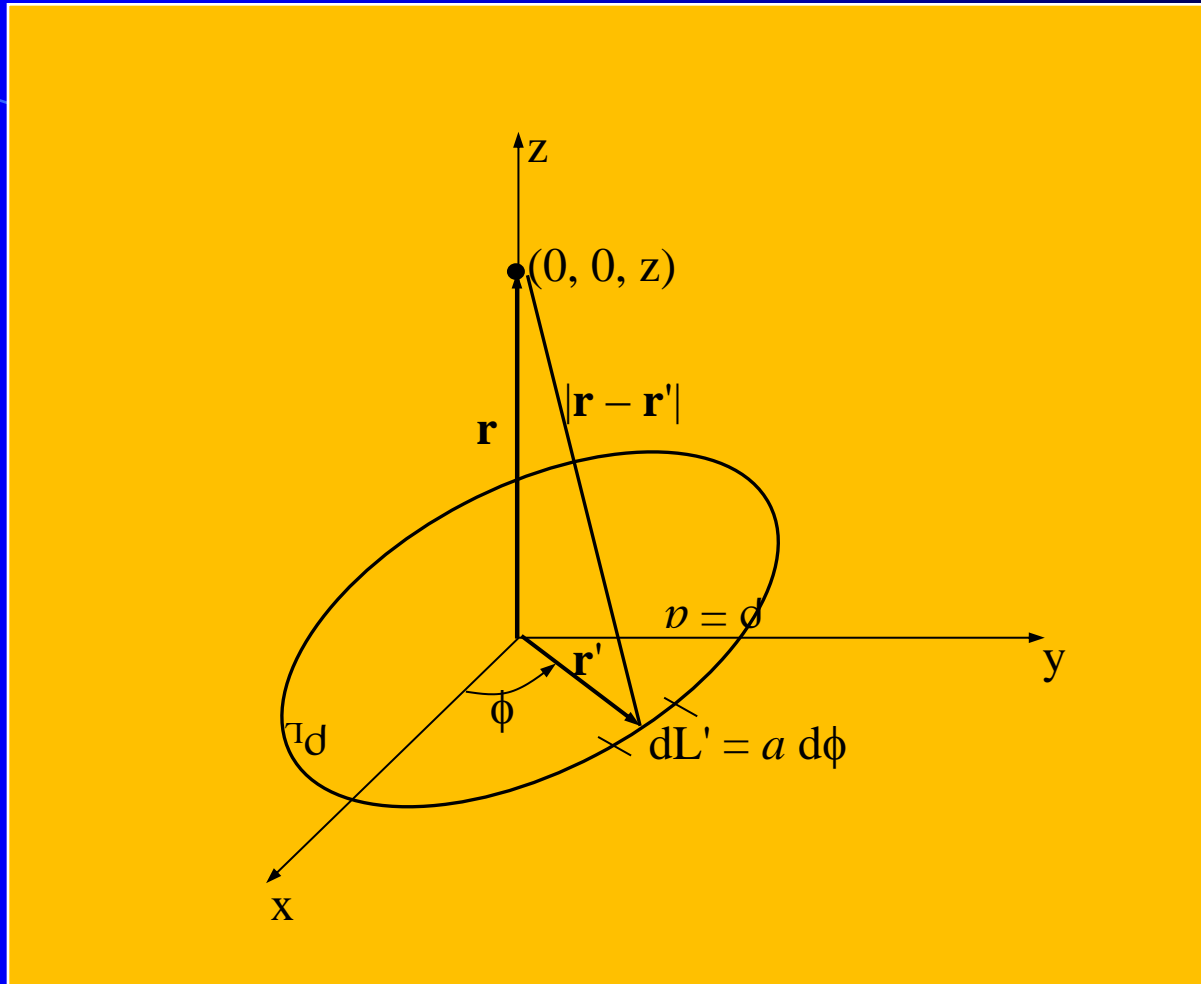
$$V(\mathbf{r}) = \int_{vol} \frac{\rho(\mathbf{r}') dv'}{4\pi\epsilon_0 |\mathbf{r} - \mathbf{r}'|}$$

Jika distribusi muatannya berbentuk muatan garis atau muatan permukaan:

$$V(\mathbf{r}) = \int \frac{\rho_L(\mathbf{r}') dL'}{4\pi\epsilon_0 |\mathbf{r} - \mathbf{r}'|}$$

$$V(\mathbf{r}) = \int_S \frac{\rho_S(\mathbf{r}') dS'}{4\pi\epsilon_0 |\mathbf{r} - \mathbf{r}'|}$$

Medan potensial muatan garis serbasama yang berbentuk cincin:



Persamaan lintasan dan potensial:

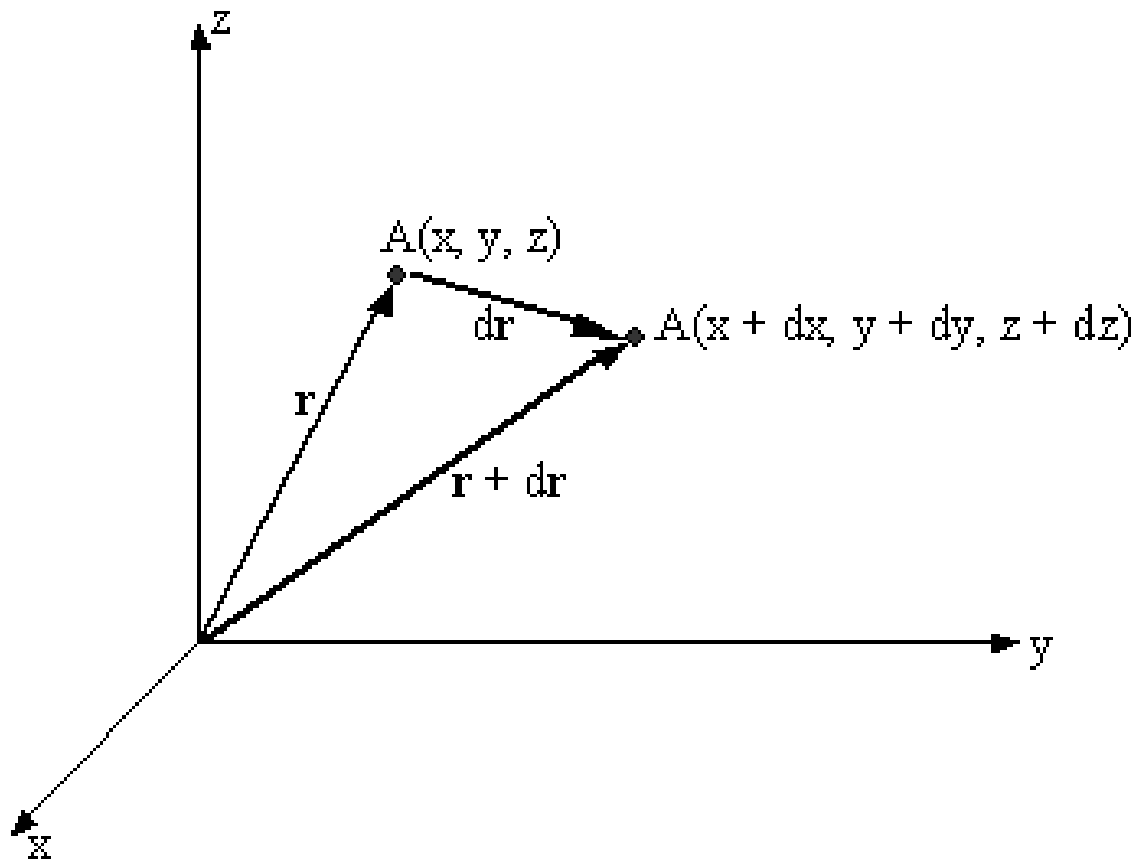
$$dL' = a d\phi, \mathbf{r} = z \mathbf{a}_z, \mathbf{r}' = a \mathbf{a}_\rho, |\mathbf{r} - \mathbf{r}'| = \sqrt{a^2 + z^2}, \text{ dan}$$

$$V = \int_0^{2\pi} \frac{\rho_L a d\phi}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{a^2 + z^2}}$$

$$= \frac{\rho_L a}{2\epsilon_0 \sqrt{a^2 + z^2}}$$

Gradien potensial

$$d\mathbf{r} = dx \mathbf{a}_x + dy \mathbf{a}_y + dz \mathbf{a}_z$$



Perubahan V dalam perpindahan dari B ke A:

$$dV = \frac{\partial V}{\partial x} dx + \frac{\partial V}{\partial y} dy + \frac{\partial V}{\partial z} dz$$

$$dV = -\mathbf{E} \cdot d\mathbf{L} = -E_x dx - E_y dy - E_z dz$$

$$E_x = -\frac{\partial V}{\partial x}$$

$$E_y = -\frac{\partial V}{\partial y}$$

$$E_z = -\frac{\partial V}{\partial z}$$

Hasil ini dapat dikombinasikan:

$$\mathbf{E} = -\left(\frac{\partial V}{\partial x} \mathbf{a}_x + \frac{\partial V}{\partial y} \mathbf{a}_y + \frac{\partial V}{\partial z} \mathbf{a}_z \right)$$

$$\text{Gradien } V = \text{grad } V = \nabla V = -\mathbf{E}$$

$$\nabla V = \frac{\partial V}{\partial x} \mathbf{a}_x + \frac{\partial V}{\partial y} \mathbf{a}_y + \frac{\partial V}{\partial z} \mathbf{a}_z \quad (\text{kartesian})$$

$$\nabla V = \frac{\partial V}{\partial \rho} \mathbf{a}_\rho + \frac{1}{\rho} \frac{\partial V}{\partial \phi} \mathbf{a}_\phi + \frac{\partial V}{\partial z} \mathbf{a}_z \quad (\text{tabung})$$

$$\nabla V = \frac{\partial V}{\partial r} \mathbf{a}_r + \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta} \mathbf{a}_\theta + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial V}{\partial \phi} \mathbf{a}_\phi \quad (\text{bola})$$

ENERGI DALAM MEDAN ELEKTROSTATIK

Persamaan energi dalam medan listrik;

$$W_E = \frac{1}{2} \sum_{m=1}^n Q_m V_m$$

Untuk daerah dengan rapat muatan ρ_v (C/m³),

$$W_E = \frac{1}{2} \int_{vol} \rho_v dv$$

Bentuk lainnya bagi ungkapan energi yang tersimpan dalam medan listrik:

$$W_E = \frac{1}{2} \int_{vol} \frac{D^2}{\epsilon_0} dv$$

$$W_E = \frac{1}{2} \int_{vol} \mathbf{D} \cdot \mathbf{E} dv$$

$$W_E = \frac{1}{2} \int_{vol} \epsilon_0 E^2 dv$$

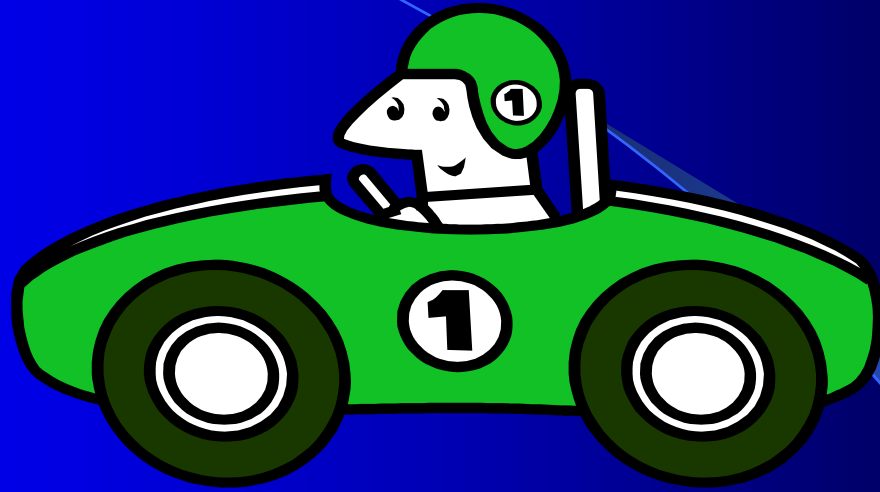
Energi yang tersimpan di dalam medan kapasitor

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

C : kapasitansi (dalam farad),

V : beda potensial antara kedua keping kapasitor,

Q : nilai mutlak muatan total pada salah satu keping



terima kasih
terima kasih