

Potensial listrik bola konduktor pejal

Sparisoma Viridi

Prodi Fisika, Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganesha 10, Bandung 40132, Indonesia

v20210222_4| <https://doi.org/10.5281/zenodo.4555524>

Pendahuluan

- Terdapat beberapa konsep yang tidak lagi disinggung dalam slide ini
- Disarankan untuk membaca slide terkait berjudul **Potensial listrik satu titik muatan**

S. Viridi, "Potensial listrik satu titik muatan", Zenodo.4554911 | 22 Feb 2021, url <https://doi.org/10.5281/zenodo.4554911> [20210222].

Outline

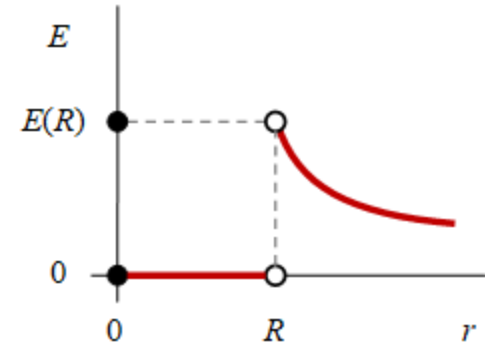
- Pendahuluan
- Medan listrik
- Potensial listrik
- Potensial referensi
- Elemen panjang lintasan
- Rentang perhitungan
- Potensial dan medan listrik
- Potensial listrik bola konduktor pejal
- Latihan

Medan listrik

- Suatu bola konduktor pejal bermuatan q_j yang pusatnya terletak pada pusat koordinat $(0, 0, 0)$ akan memberikan medan listrik pada setiap posisi r di sekelilingnya dalam bentuk

$$\vec{E}(r) = \begin{cases} 0, & 0 \leq r < R, \\ \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_j}{r^2} \hat{r}, & R < r, \end{cases}$$

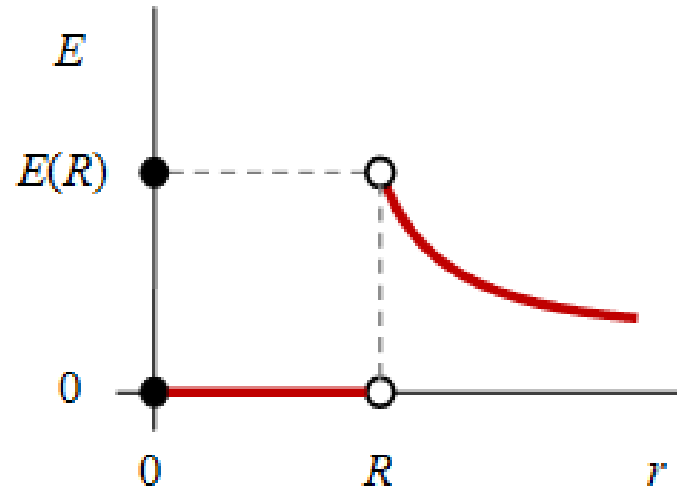
dengan radius bola adalah R



Medan listrik (lanj.)

- Nilai $E(R)$ dapat diperoleh dari persamaan sebelumnya, yang akan memberikan

$$E(R) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_j}{R^2}$$



Pontensial listrik

- Potensial listrik dengan batas-batas integral memiliki bentuk

$$V(\vec{r}) - V(\vec{r}_0) = - \int_{\vec{r}_0}^{\vec{r}} \vec{E}(\vec{r}) \cdot d\vec{s}$$

dengan lintasan $d\vec{s}$ yang dipilih dari posisi awal \vec{r}_0 ke posisi akhir \vec{r}

- Memerlukan informasi potensial referensi $V(\vec{r}_0)$

Potensial referensi

- Potensial referensi dapat diambil pada $r = R$ atau $r = \infty$
- Bila digunakan $r = \infty$ maka $V(\infty) = 0$
- Bila digunakan $r = R$ maka dapat dipilih $V(R) = V_0$
- Walaupun tidak lazim dapat dipilih pada sembarang jarak L dari pusat koordinat, misalnya $V(L) = V_L$
- Dinding luar bola konduktor pejal dapat dihubungkan ke bumi sehingga $V(R) = V_0 = 0$ pada $r = R$ (diasumsikan muatan tidak mengalir dari atau ke bumi)

Elemen panjang lintasan

- Bentuk medan listrik $\vec{E} = E\hat{r}$
- Dipilihlah elemen panjang lintasan berbentuk $d\vec{s} = \hat{r}dr$
- Operasi perkalian titik (\cdot) dalam integral untuk menghitung potensial listrik mudah dihitung

$$\vec{E}(\vec{r}) \cdot d\vec{s}$$

Rentang perhitungan

- Medan listrik $E(r)$ memiliki fungsi yang berbeda untuk rentang $0 \leq r < R$ dan $R < r$
- Potensial listrik $V(r)$ dihitung mulai dalam rentang yang memiliki syarat batas
- Bila digunakan $V(\infty) = 0$, maka perhitungan dimulai dalam rentang $R < r$

Potensial dan medan listrik

- Medan listrik E dalam 1-d, hanya fungsi r , dapat dituliskan dalam bentuk

$$E = -\frac{dV}{dr}$$

yang menghubungkannya dengan potensial listrik V

- Agar terdapat E (turunan V) maka V haruslah kontinu
- Dengan demikian $V(R)$ harus sama untuk rentang $0 \leq r < R$ dan $R < r$

Potensial listrik bola konduktor pejal

- Untuk $R < r$

$$V(r) - V(r_0) = - \int_{r_0}^r \vec{E}(r) \cdot d\vec{s}$$

$$V(r) = V(r_0) - \frac{q_j}{4\pi\epsilon_0} \int_{r_0}^r \frac{dr}{r^2}$$

$$V(r) - V(r_0) = - \int_{r_0}^r E \hat{r} \cdot \hat{r} dr = - \int_{r_0}^r E dr$$

$$= V(r_0) - \frac{q_j}{4\pi\epsilon_0} \left[-\frac{1}{r} \right]_{r_0}^r$$

$$V(r) = V(r_0) - \int_{r_0}^r \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_j}{r^2} dr$$

$$= V(r_0) - \frac{q_j}{4\pi\epsilon_0} \left[-\frac{1}{r} - \left(-\frac{1}{r_0} \right) \right]$$

Potensial listrik bola konduktor pejal (lanj.)

- Dengan demikian akan diperoleh

$$V(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_j}{r} + \left[V(r_0) - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_j}{r_0} \right]$$

- Gunakan syarat batas yang ditetapkan sebelumnya

$$V(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_j}{r}$$

$$\left[\underbrace{V(r_0)}_0 - \underbrace{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_j}{\infty}}_0 \right]$$

Potensial listrik bola konduktor pejal (lanj.)

- Untuk $r = R$ dari rentang $R < r$ dapat diperoleh

$$V(R) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_j}{R}$$

yang akan digunakan untuk rentang $0 \leq r < R$

Potensial listrik bola konduktor pejal (lanj.)

- Untuk $0 \leq r < R$

$$V(r) - V(R) = - \int_R^r \vec{E}(r) \cdot d\vec{s}$$

$$V(r) - V(R) = - \int_R^r E \hat{r} \cdot \hat{r} dr = - \int_R^r E dr$$

$$V(r) = V(R) - \int_R^r 0 dr$$

$$\begin{aligned} V(r) &= V(R) - 0 \\ &= V(R) \end{aligned}$$

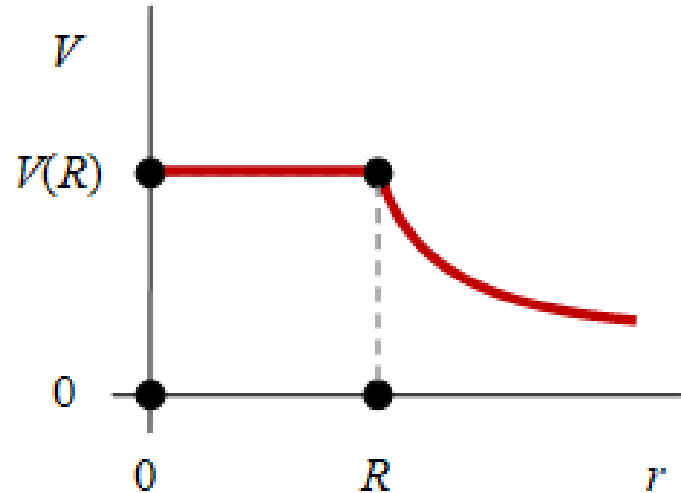
- Dari slide sebelumnya

$$V(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_j}{R}$$

Potensial listrik bola konduktor pejal (lanj.)

- Dengan demikian dapat dituliskan kembali

$$V(r) = \begin{cases} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_j}{R}, & 0 \leq r \leq R, \\ \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_j}{r}, & R \leq r, \end{cases}$$



Latihan

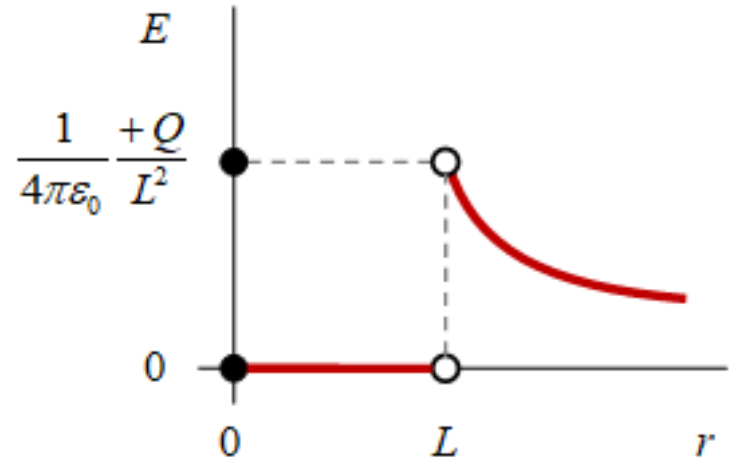
1. Terdapat suatu bola konduktor pejal bermuatan $+Q$ dengan radius L dengan $V(L) = V_L$ suatu konstanta bernilai positif
 - a) Tuliskan fungsi medan listrik $E(r)$ dan gambarkan kurvanya
 - b) Tuliskan fungsi potensial listrik $V(r)$ dan gambarkan kurvanya
 - c) Tentukan nilai V_L

Latihan (lanj.)

- Medan listrik memiliki fungsi

$$E(r) = \begin{cases} 0, & 0 \leq r < L, \\ \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{+Q}{r^2}, & L < r, \end{cases}$$

dan bentuk kurvanya
adalah seperti di sam-
ping kanan ini

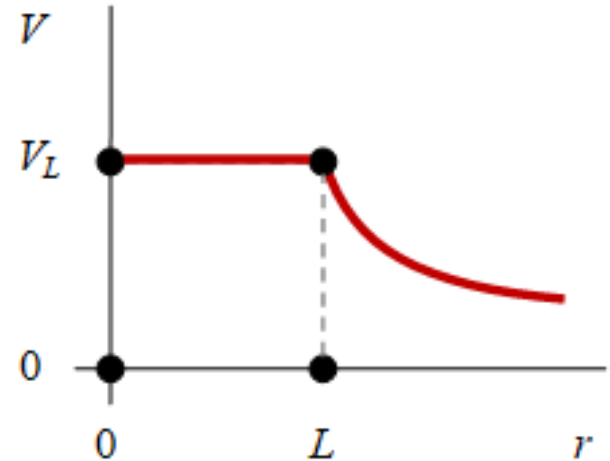


Latihan (lanj.)

- Potensial listrik memiliki fungsi

$$V(r) = \begin{cases} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{+Q}{L}, & 0 \leq r < L, \\ \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{+Q}{r}, & L < r, \end{cases}$$

dan bentuk kurvanya
adalah seperti di samping
kanan ini



Latihan (lanj.)

- Dengan menggunakan persamaan dan kurva fungsi potensial listrik pada slide sebelumnya dapat diperoleh bahwa

$$V(L) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{+Q}{L}$$

Latihan (lanj.)

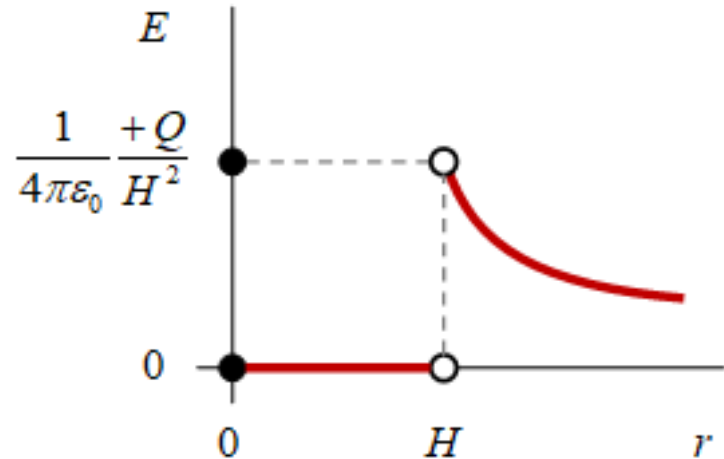
2. Terdapat suatu bola konduktor pejal bermuatan $+Q$ dengan radius H dengan dianggap bahwa $V(H) = 0$ (dihubungkan dengan bumi akan tetapi muatan tidak mengalir dari atau ke bumi)
- a) Tuliskan fungsi medan listrik $E(r)$ dan gambarkan kurvanya
 - b) Tuliskan fungsi potensial listrik $V(r)$ dan gambarkan kurvanya
 - c) Tentukan nilai $V(\infty)$

Latihan (lanj.)

- Medan listrik memiliki fungsi

$$E(r) = \begin{cases} 0, & 0 \leq r < H, \\ \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{+Q}{r^2}, & H < r, \end{cases}$$

dan bentuk kurvanya
adalah seperti di sam-
ping kanan ini

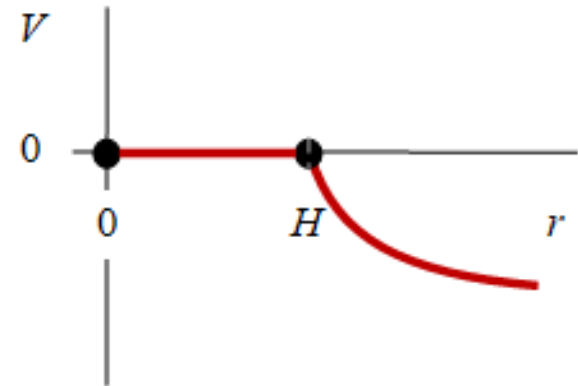


Latihan (lanj.)

- Potensial listrik memiliki fungsi

$$V(r) = \begin{cases} 0, & 0 \leq r < H, \\ \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{+Q}{r} - \frac{+Q}{H} \right), & H < r, \end{cases}$$

dan bentuk kurvanya
adalah seperti di sam-
ping kanan ini



Latihan (lanj.)

- Dengan menggunakan persamaan pada slide sebelumnya dapat diperoleh bahwa

$$V(\infty) = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{+Q}{H}$$

yang merupakan potensial listrik pada jarak jauh dari bola konduktor pejal

- Jadi pada jarak amat jauh ($r = \infty$) potensial listrik tidak bernilai nol akan tetapi suatu nilai berhingga yang negatif



Terima kasih