

# DEPARTEMEN FISIKA



## Arus Listrik dan Lingkar Arus Searah

INSTITUT  
PERTANIAN  
BOGOR

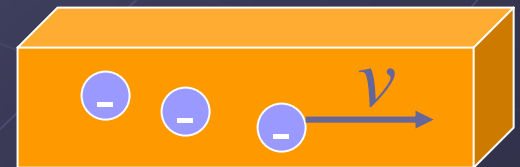
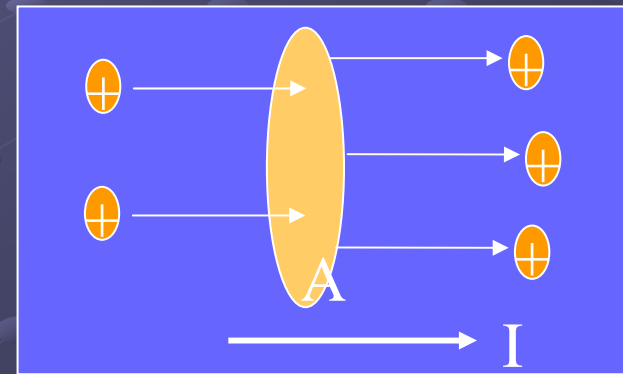
# Tujuan Instruksional

- Dapat menentukan arus listrik, hambatan listrik, energi listrik, daya listrik serta dapat menggunakan hukum Ohm dan aturan Kirchhoff pada analisa rangkaian listrik.
- Pembatasan:
  - Arus listrik bersifat steady dimana besar dan arahnya konstan (arus DC )
  - Rangkaian hanya terdiri atas komponen resistor

# Arus Listrik

- Definisi: **arus listrik adalah jumlah total muatan yang melewati suatu lokasi per satuan waktu.**
- Misalkan jumlah muatan  $\Delta Q$  yang melewati area  $A$  dalam selang waktu  $\Delta t$ , maka arus merupakan perbandingan antara muatan dan waktu tersebut.
- Satuan SI untuk arus listrik adalah **ampere (A)**.
  - $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$  ( 1 C muatan yang melewati area dalam selang waktu 1 s )
- Arus Konvensional dinyatakan sebagai aliran yang searah dengan pergerakan muatan positif.
- Pada konduktor logam seperti tembaga, arus listrik merupakan pergerakan dari elektron (muatan negatif ).

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$



# Contoh :

Jumlah muatan yang melewati filamen dari lampu bolam dalam 2.00 s adalah 1,67 C. Tentukan :

(a) arus listrik pada lampu

(b) Jumlah elektron yang melewati filament dalam 1 detik.

Solusi :

a.

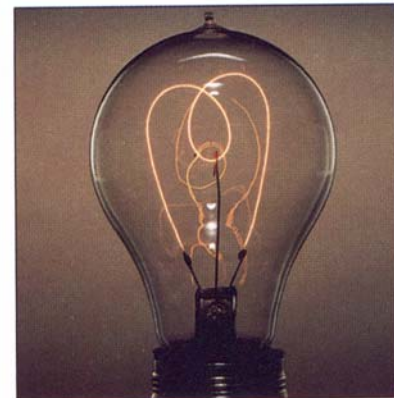
$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{1.67C}{2.00s} = 0.835A$$

b.

$$N_q = N(1.60 \times 10^{-19} C / electron) = 0.835C$$

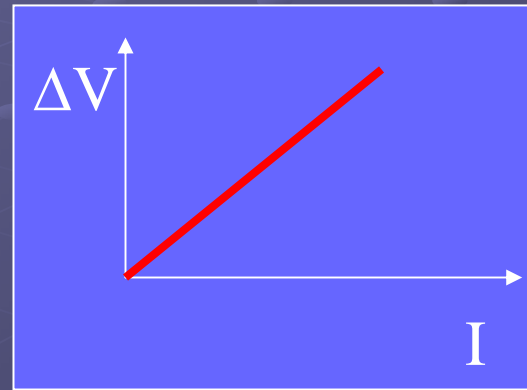
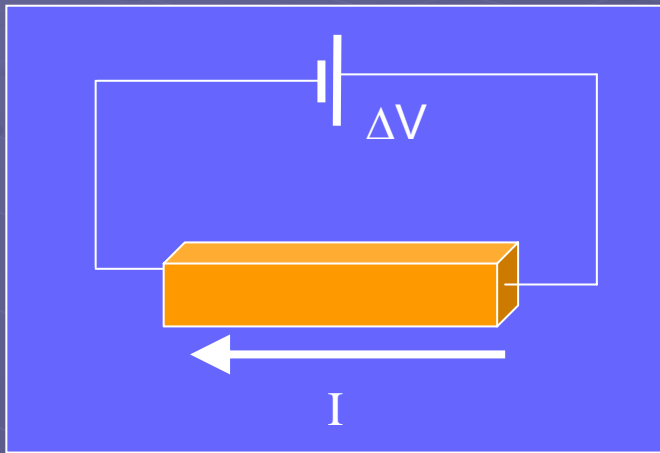
$$N = \frac{0.835C}{1.60 \times 10^{-19} C / electron}$$

$$N = 5.22 \times 10^{18} electrons$$



# Hambatan Listrik dan Hukum Ohm

- Ketika tegangan listrik (beda potensial) diberikan pada ujung-pangkal konduktor logam maka didapatkan arus yang sebanding dengan tegangan yang diberikan.



$$I \propto \Delta V \quad \Rightarrow \quad R = \frac{\Delta V}{I}$$

Dengan satuan  $R$  : volt/ampere atau ohm ( $\Omega$ ).

# Hukum Ohm

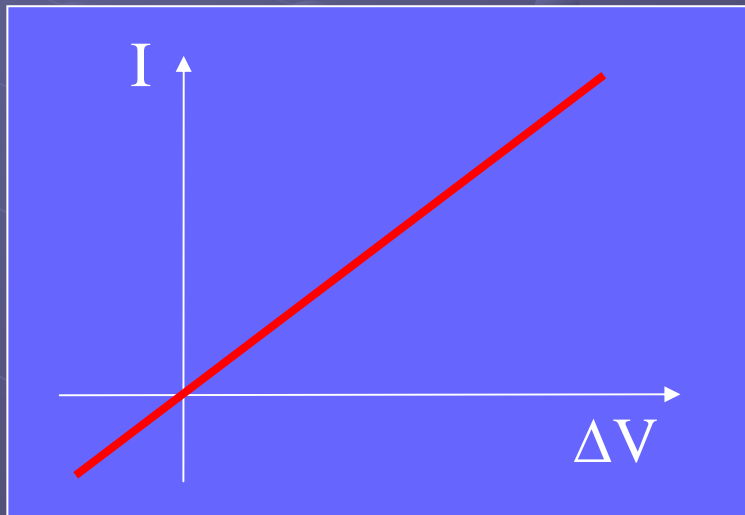
Georg Simon Ohm  
(1787-1854)



$$\Delta V = IR$$

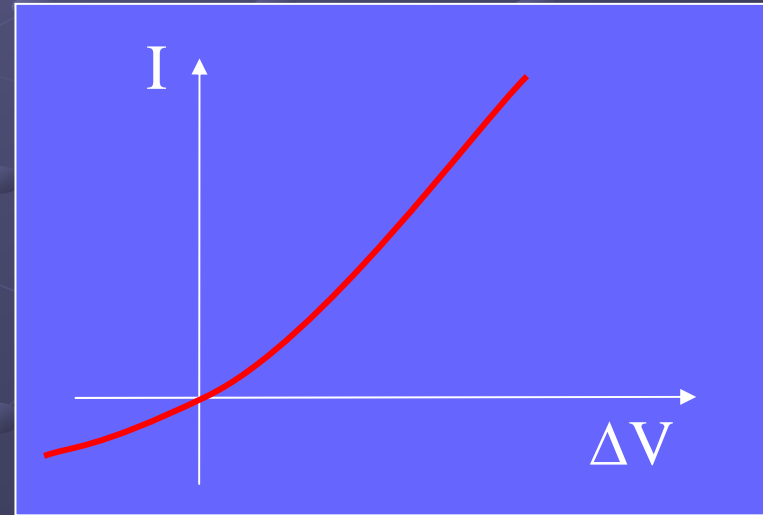
R konstan dan tidak tergantung terhadap  $\Delta V$

Linier atau Ohmic Material



Most metals, ceramics

Non-Linier atau  
Non-Ohmic Material



Semiconductors  
e.g. diodes



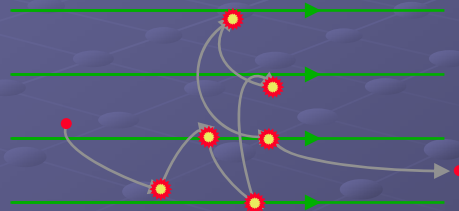
Contoh :

Sebuah setrika listrik menarik arus 2A ketika dihubungkan dengan sumber tegangan 220 V. Tentukan hambatan listrik dari setrika tersebut.



# Hambat jenis (Resistivity)

- Pergerakan elektron dalam konduktor mengalami hambatan oleh adanya tumbukan dengan atom-atom di dalamnya.



- Nilai hambatan ini akan sebanding dengan panjang  $l$  dan berbanding terbalik dengan luas penampang  $A$  dari konduktor.

$$R = \rho \frac{l}{A}$$



- Konstanta kesebandingan  $\rho$  disebut hambatan jenis bahan (resistivity) dengan satuan  $\Omega\text{m}$ .
- Konduktor mempunyai hambatan jenis rendah dan Insulator mempunyai hambatan jenis tinggi.
- Nilai hambatan jenis tergantung lingkungan misalnya temperatur.

$$\rho = \rho_o \left[ 1 + \alpha (T - T_o) \right]$$

- $\alpha$  disebut temperature coefficient of resistivity.
- Sehingga untuk konduktor dengan luas penampang tetap berlaku :

$$R = R_o \left[ 1 + \alpha (T - T_o) \right]$$

# Resistivity of various materials

Material	Resistivity ( $10^{-8} \Omega\text{m}$ )	Material	Resistivity ( $10^{-8} \Omega\text{m}$ )
Silver	1.61	Bismuth	106.8
Copper	1.70	Plutonium	141.4
Gold	2.20	Graphite	1375
Aluminum	2.65	Germanium	$4.6 \times 10^7$
Pure Silicon	3.5	Diamond	$2.7 \times 10^9$
Calcium	3.91	Deionized water	$1.8 \times 10^{13}$
Sodium	4.75	Iodine	$1.3 \times 10^{15}$
Tungsten	5.3	Phosphorus	$1 \times 10^{17}$
Brass	7.0	Quartz	$1 \times 10^{21}$
Uranium	30.0	Alumina	$1 \times 10^{22}$
Mercury	98.4	Sulfur	$2 \times 10^{23}$

# Energi dan Daya Listrik

- Dengan adanya tumbukan pada proses pergerakan elektron dalam konduktor maka energi listrik dapat berubah menjadi energi termal yang selanjutnya menghasilkan kalor. Contoh pemanas, setelika, toaster, lampu pijar.
- Laju perubahan energi ini disebut Daya P dengan satuan watt (joule/s)

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \Delta V = I \Delta V$$

- Dari hukum Ohm :

$$P = I \Delta V = I^2 R = \frac{(\Delta V)^2}{R}$$

## Contoh :

Sebuah pemanas listrik beroperasi 3 jam sehari selama 30 hari. Jika harga pemakaian listrik per kWh Rp. 300, berapakah biaya yang harus dikeluarkan jika pemanas beroperasi pada tegangan 120V dan menarik arus 15A.

## Solusi

$$\Delta E = P \Delta t = I V \Delta t$$

$$= 15 \text{ (A)} 120 \text{ (V)} 3 \text{ (h)} 30$$

$$= 162.000 \text{ Wh}$$

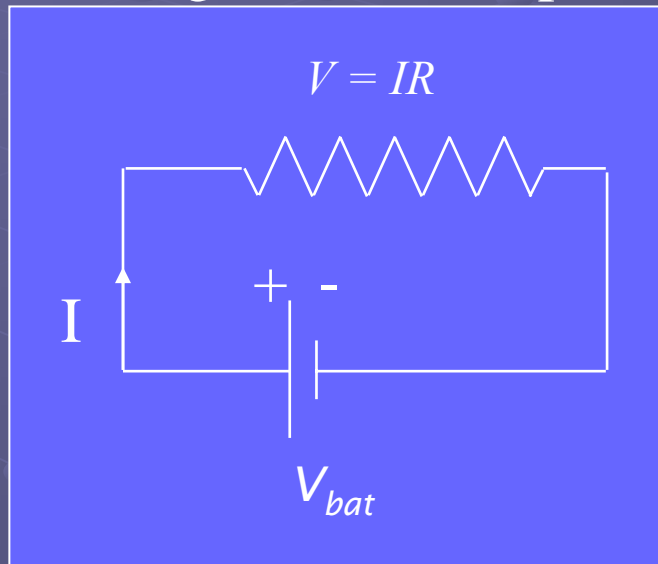
$$= 162 \text{ kWh}$$

$$\text{Biaya} = \text{Rp.}300 \times 162 = \text{Rp. } 48.600$$

# Rangkaian Arus Searah

## ➤ Syarat terjadinya arus dalam rangkaian :

- Ada sumber tegangan ( Baterai, Generator, Accu, PLN)
- Rangkaian tertutup ( Close loop circuit )



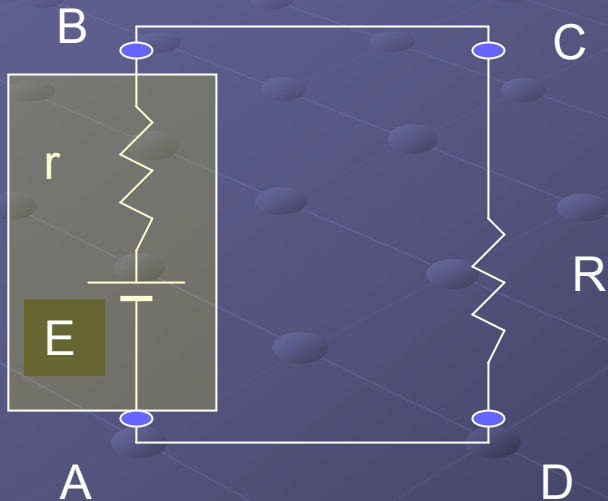
$$V = IR = V_{bat}$$

Hindari terjadinya hubung singkat (  $R = 0 \text{ ohm}$  )

Gunakan pembatas arus / sekering untuk pengaman rangkaian

## ➤ Baterai

- Mengubah energi kimia menjadi energi listrik.
- Baterai membangkitkan gaya gerak listrik / EMF ( $E$ ) dan mempunyai hambatan dalam ( $r$ ).
- Hambatan dalam makin lama membesar seiring dengan lama pemakaian sehingga dikatakan baterai habis.
- Tegangan terminal  $V_{AB}$  dirumuskan sebagai berikut :



$$V_{AB} = E - Ir = IR$$

$$E = IR + Ir$$

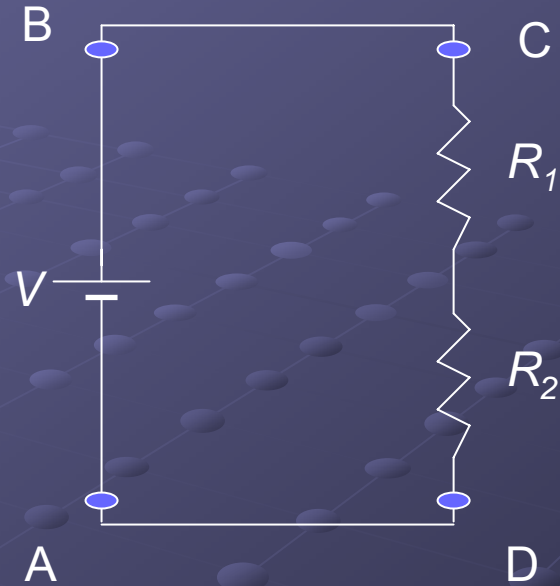


## ➤ Resistor dalam Rangkaian Seri

- Arus :  $I = I_1 = I_2$
- Tegangan :  $V = V_1 + V_2$   
 $I R_t = I R_1 + I R_2$
- Resistor :  $R_t = R_1 + R_2$
- Untuk kombinasi seri berlaku :

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

- Rangkaian berperilaku sebagai pembagi tegangan (**voltage divider**)

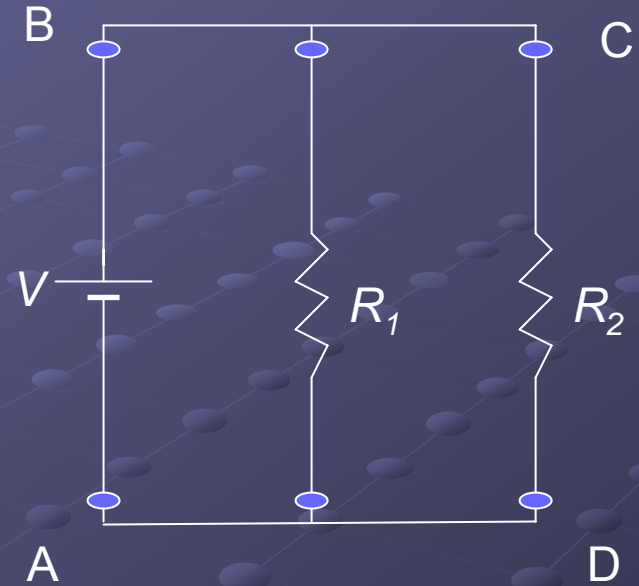


## ➤ Resistor dalam Rangkaian Paralel

- Tegangan :  $V = V_1 = V_2$
- Arus :  $I = I_1 + I_2$   
 $V / R_t = V_1 / R_1 + V_2 / R_2$
- Resistor :  $1/R_t = 1/R_1 + 1/R_2$
- Untuk kombinasi Paralel berlaku :

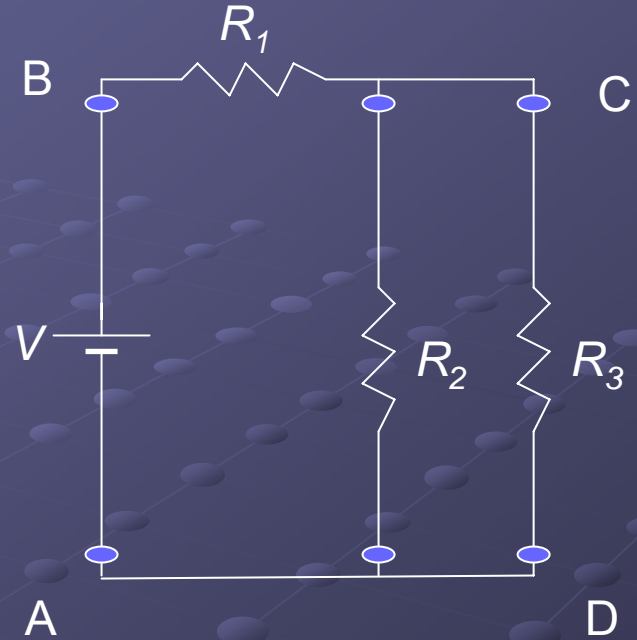
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

- Rangkaian berperilaku sebagai pembagi tegangan (**current divider**)



### ➤ Contoh Soal:

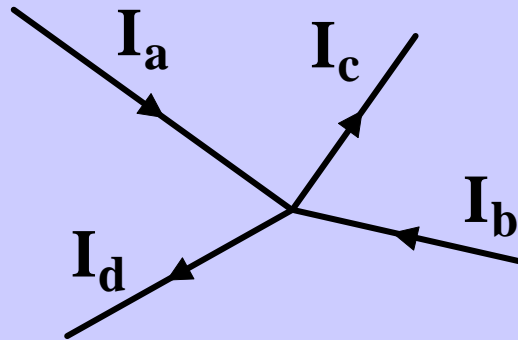
- $V = 18 \text{ volt}$
- $R_1 = 2\Omega$  ;  $R_2 = 6\Omega$  ;  $R_3 = 12\Omega$
- Hitung:
  - Hambatan ekivalen pada rangkaian tersebut
  - Arus yang melalui masing-masing hambatan
  - Beda tegangan di C dan di D ( $V_{CD} = V_C - V_D$ )



Jawab:  $R_{ek} = 6\Omega$  ;  $I_1 = 3A$ ,  $I_2 = 2A$  ,  $I_3 = 1A$  ;  $V_{CD} = 12 \text{ V}$

# Aturan Kirchhoff's

- Prosedur analisa rangkaian yang kompleks dapat diselesaikan dengan aturan Kirchhoff ( aturan arus dan tegangan )
- Aturan Arus ( Junction )  
Jumlah arus yang masuk node ( titik persambungan) sama dengan jumlah arus yang meninggalkannya.



$$I_a + I_b = I_c + I_d$$

**$I_a$ ,  $I_b$ ,  $I_c$ , and  $I_d$  can each be either a positive or negative number.**

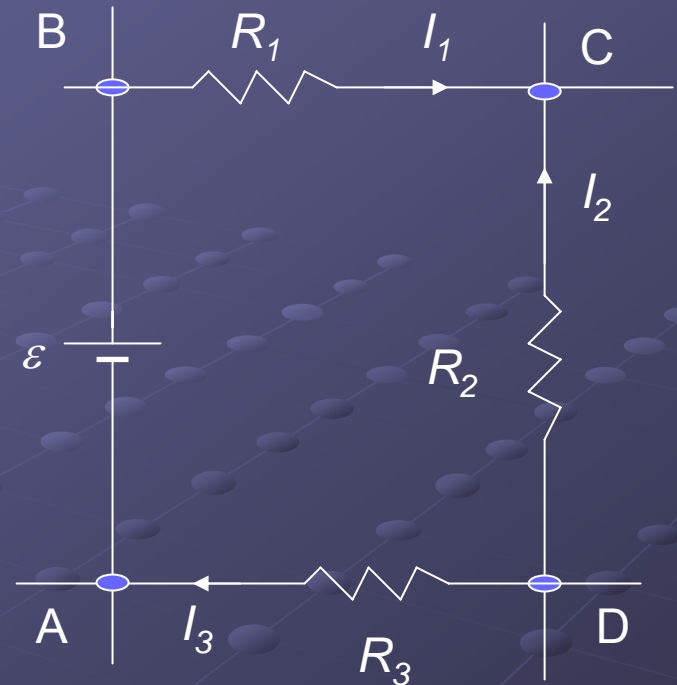
# Aturan Kirchhoff's

- Aturan Tegangan ( loop )  
Jumlah perubahan potensial mengelilingi lintasan tertutup pada suatu rangkaian harus nol.

A, B, C dan D merupakan titik-titik cabang

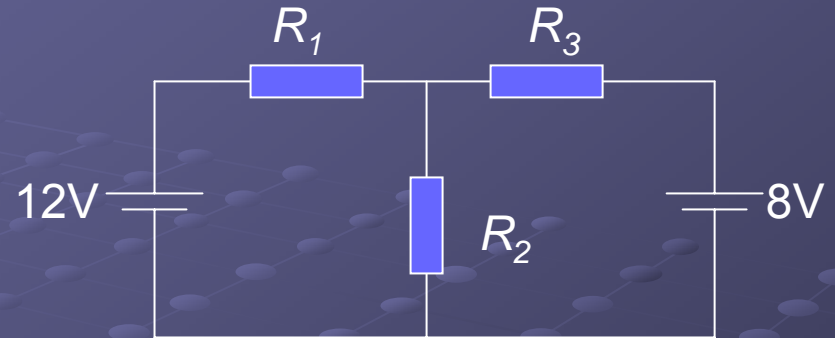
$$V_{AB} + V_{BC} + V_{CD} + V_{DA} = 0$$

$$-\varepsilon + I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 = 0$$



## Contoh soal:

Diketahui  $R_1=R_2=R_3=2\ \Omega$ . Jika  $I_1$  adalah arus yang mengalir pada  $R_1$ ,  $I_2$  arus yang mengalir pada  $R_2$  dan  $I_3$  arus yang mengalir pada  $R_3$ , maka besar masing-masing arus tersebut secara berturut-turut adalah:



- A.  $8/3\text{ A}$ ;  $10/3\text{ A}$ ;  $2/3\text{ A}$
- B.  $10/3\text{ A}$ ;  $2/3\text{ A}$ ;  $8/3\text{ A}$
- C.  $2/3\text{ A}$ ;  $8/3\text{ A}$ ;  $10/3\text{ A}$
- D.  $10/3\text{ A}$ ;  $8/3\text{ A}$ ;  $2/3\text{ A}$
- E.  $2/3\text{ A}$ ;  $10/3\text{ A}$ ;  $8/3\text{ A}$