

## 2. Alat Ukur Besaran Massa

Besaran massa diukur menggunakan neraca. Neraca dibedakan menjadi beberapa jenis, seperti neraca analitis dua lengan, neraca Ohaus, neraca lengan gantung, dan neraca digital.

### a. Neraca Analitis Dua Lengan

Neraca ini berguna untuk mengukur massa benda, misalnya emas, batu, kristal benda, dan lain-lain. Batas ketelitian neraca analitis dua lengan yaitu 0,1 gram.

### b. Neraca Ohaus

Neraca ini berguna untuk mengukur massa benda atau logam dalam praktek laboratorium. Kapasitas beban yang ditimbang dengan menggunakan neraca ini adalah 311 gram. Batas ketelitian neraca Ohaus yaitu 0,1 gram.

### c. Neraca Lengan Gantung

Neraca ini berguna untuk menentukan massa benda, yang cara kerjanya dengan menggeser beban pemberat di sepanjang batang.

### d. Neraca Digital

Neraca digital (neraca elektronik) di dalam penggunaannya sangat praktis, karena besar massa benda yang diukur langsung ditunjuk dan terbaca pada layarnya. Ketelitian neraca digital ini sampai dengan 0,001 gram.



Sumber: Kamus Visual, PT Bhuana Ilmu Populer, 2004

**Gambar 1.14** Jenis-jenis neraca untuk mengukur besaran massa.

## 3. Alat Ukur Waktu

Waktu merupakan besaran yang menunjukkan lamanya suatu peristiwa berlangsung.

Berikut ini beberapa alat untuk mengukur besaran waktu.

- Stopwatch, dengan ketelitian 0,1 detik karena setiap skala pada stopwatch dibagi menjadi 10 bagian. Alat ini biasanya digunakan untuk pengukuran waktu dalam kegiatan olahraga atau dalam praktik penelitian.
- Arloji, umumnya dengan ketelitian 1 detik.
- Penunjuk waktu elektronik, mencapai ketelitian 1/1000 detik.
- Jam atom Cesium, dibuat dengan ketelitian 1 detik tiap 3.000 tahun, artinya kesalahan pengukuran jam ini kira-kira satu detik dalam kurun waktu 3.000 tahun.



Sumber: Kamus Visual, PT Bhuana Ilmu Populer, 2004

**Gambar 1.15** Alat ukur besaran waktu.



Sumber: *Jendela Iptek Listrik*,  
PT Balai Pustaka, 2000

**Gambar 1.16** Amperemeter untuk mengukur kuat arus.



Sumber: *Kamus Visual*, PT Bhuana Ilmu Populer, 2004

**Gambar 1.17** Termometer untuk mengukur besaran suhu.

#### 4. Alat Ukur Kuat Arus Listrik

Alat untuk mengukur kuat arus listrik disebut **amperemeter**. Amperemeter mempunyai hambatan dalam yang sangat kecil, pemakaiannya harus dihubungkan secara seri pada rangkaian yang diukur, sehingga jarum menunjuk angka yang merupakan besarnya arus listrik yang mengalir.

#### 5. Alat Ukur Suhu

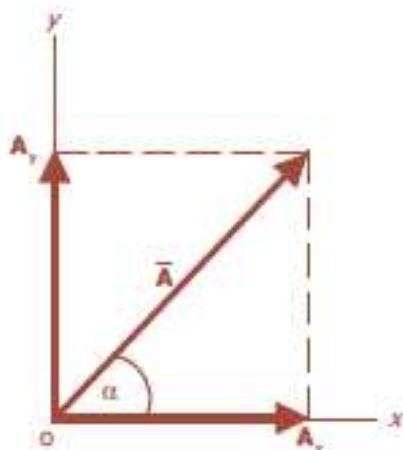
Untuk mengukur suhu suatu sistem umumnya menggunakan termometer. Termometer dibuat berdasarkan prinsip pemuaian. Termometer biasanya terbuat dari sebuah tabung pipa kapiler tertutup yang berisi air raksa yang diberi skala. Ketika suhu bertambah, air raksa dan tabung memuai. Pemuaian yang terjadi pada air raksa lebih besar dibandingkan pemuaian pada tabung kapiler. Naiknya ketinggian permukaan raksa dalam tabung kapiler dibaca sebagai kenaikan suhu.

Berdasarkan skala temperaturnya, termometer dibagi dalam empat macam, yaitu termometer skala Fahrenheit, skala Celsius, skala Kelvin, dan skala Reamur. Termometer skala Fahrenheit memiliki titik beku pada suhu  $32^{\circ}\text{F}$  dan titik didih pada  $212^{\circ}\text{F}$ . Termometer skala Celsius memiliki titik beku pada suhu  $0^{\circ}\text{C}$ , dan titik didih pada  $100^{\circ}\text{C}$ . Termometer skala Kelvin memiliki titik beku pada suhu  $273\text{ K}$  dan titik didih pada  $373\text{ K}$ . Suhu  $0\text{ K}$  disebut **suhu nol mutlak**, yaitu suhu semua molekul berhenti bergerak. Dan termometer skala Reamur memiliki titik beku pada suhu  $0^{\circ}\text{R}$  dan titik didih pada  $80^{\circ}\text{R}$ .

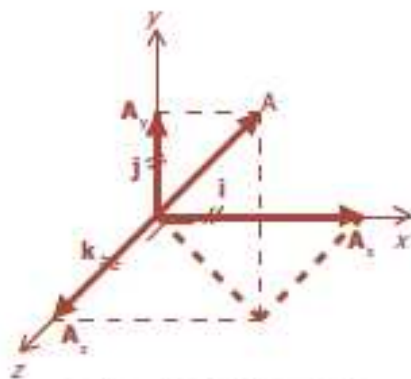
## Besaran Vektor

Vektor adalah jenis besaran yang mempunyai nilai dan arah. Besaran yang termasuk besaran vektor antara lain perpindahan, gaya, kecepatan, percepatan, dan lain-lain. Sebuah vektor digambarkan sebagai sebuah ruas garis berarah yang mempunyai titik tangkap (titik pangkal) sebagai tempat permulaan vektor itu bekerja. Panjang garis menunjukkan nilai vektor dan arah panah menunjukkan arah vektor itu bekerja. Garis yang melalui vektor tersebut dinamakan garis kerja.

Penulisan sebuah simbol besaran vektor dengan menggunakan huruf tegak dicetak tebal, misalnya vektor  $AB$  ditulis  $\mathbf{AB}$ . Selain itu, dapat pula dinyatakan dengan huruf miring dengan tanda panah di atasnya, misalnya vektor  $AB$  ditulis  $\vec{AB}$ .



**Gambar 1.18** Vektor pada bidang datar  $xoy$ ,  $\alpha$  arah vektor terhadap sumbu  $x$ .



**Gambar 1.19** Vektor satuan dengan besar vektor sama dengan satu.

Besar (nilai) sebuah vektor dinyatakan dengan huruf miring  $AB$ . Selain itu dapat pula dituliskan dalam garis mutlak, yaitu dua garis tegak sejajar, pada kedua sisi notasi vektor, misalnya, besarnya vektor  $\mathbf{AB} = AB = |AB|$ .

## 1. Menggambarkan Vektor dalam Bidang Datar (dalam Dua Sumbu)

Pada bidang datar, vektor mempunyai dua komponen yaitu pada sumbu  $x$  dan sumbu  $y$  tampak seperti pada Gambar 1.18. Sebuah vektor dapat saja mempunyai satu komponen bila vektor tersebut berada pada salah satu sumbu  $x$  atau  $y$ . Komponen vektor adalah vektor-vektor yang bekerja pada saat yang bersamaan sehingga menghasilkan satu vektor dengan arah tertentu (resultan). Oleh karena vektor tergantung pada besar dan arah, maka vektor tersebut dapat dipindahkan titik tangkapnya asal besar dan arahnya tetap.

Penulisan matematis  $A$  dapat ditulis dalam komponen-komponennya:  $A = A_x + A_y$ ;  $A$  merupakan jumlah dari komponen-komponennya.

Cara lain untuk menuliskan vektor, yaitu:

$$A = A_x i + A_y j$$

Di mana:  $A_x$  dan  $A_y$  menunjukkan besar (harga) vektor pada masing-masing komponen sumbu  $x$  dan sumbu  $y$ , sedangkan  $i$  dan  $j$  adalah vektor satuan pada masing-masing komponen sumbu  $x$  dan sumbu  $y$ .

Vektor satuan adalah vektor yang besar/harganya satu satuan; vektor ruang yang telah diuraikan ke sumbu  $x(i)$ , sumbu  $y(j)$ , dan sumbu  $z(k)$ . Dikatakan vektor satuan karena besar vektor =  $|i| = |j| = |k| = 1$ . Misalnya, vektor  $A$  mempunyai komponen sumbu  $x(A_x)$ , pada sumbu  $y(A_y)$ , dan sumbu  $z(A_z)$ , maka vektor  $A$  dapat ditulis dalam lambang vektor:

$$A = A_x i + A_y j + A_z k$$

Panjang vektor  $A$  adalah:

$$|A| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$$

## 2. Penjumlahan Vektor

Penjumlahan dua buah vektor ialah mencari sebuah vektor yang komponen-komponennya adalah jumlah dari kedua komponen-komponen vektor pembentuknya.

Dengan kata lain untuk “menjumlahkan dua buah vektor” adalah “mencari resultan”.

Untuk vektor-vektor segaris, misalnya vektor **A** dan **B** dalam posisi segaris dengan arah yang sama seperti tampak pada Gambar 1.20(a), maka resultan (jumlah) vektor dituliskan:

$$\mathbf{R} = \mathbf{A} + \mathbf{B}$$

Pada kasus penjumlahan vektor yang lain, seperti yang ditunjukkan Gambar 1.20(b) terdapat dua vektor yang tidak segaris yang mempunyai titik pangkal sama tetapi dengan arah yang berbeda, sehingga membentuk sudut tertentu. Untuk vektor-vektor yang membentuk sudut  $\alpha$ , maka jumlah vektor dapat dilukiskan dengan menggunakan metode tertentu. Cara ini disebut dengan metode jajaran genjang.

Cara melukiskan jumlah dua buah vektor dengan metode jajaran genjang sebagai berikut:

- titik tangkap **A** dan **B** dibuat berimpit dengan memindahkan titik tangkap **A** ke titik tangkap **B**, atau sebaliknya;
- buat jajaran genjang dengan **A** dan **B** sebagai sisi-sisinya;
- tarik diagonal dari titik tangkap sekutu, maka  $\mathbf{A} + \mathbf{B} = \mathbf{R}$  adalah diagonal jajaran genjang.

Gambar 1.21 menunjukkan penjumlahan dua vektor **A** dan **B**. Dengan menggunakan persamaan tertentu, dapat diketahui besar dan arah resultan kedua vektor tersebut.

Persamaan tersebut diperoleh dengan menerapkan aturan cosinus pada segitiga *OPR*, sehingga dihasilkan:

$$(OR)^2 = (OP)^2 + (PR)^2 - 2(OP)(PR) \cos(180^\circ - \alpha)$$

$$= (OP)^2 + (PR)^2 - 2(OP)(PR)(-\cos \alpha)$$

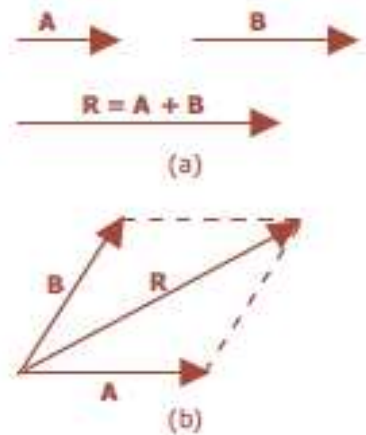
$$(OR)^2 = (OP)^2 + (PR)^2 + 2(OP)(PR) \cos \alpha$$

Diketahui bahwa  $OP = A$ ,  $PR = OQ = B$ ,  $OR = R$ , sehingga:

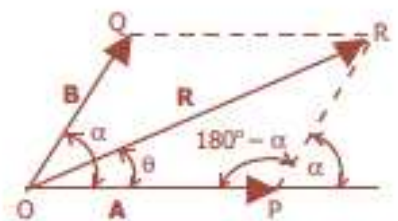
$$\mathbf{R}^2 = \mathbf{A}^2 + \mathbf{B}^2 + 2\mathbf{A}\mathbf{B}\cos \alpha \quad \text{atau} \quad \mathbf{R} = \sqrt{\mathbf{A}^2 + \mathbf{B}^2 + 2\mathbf{A}\mathbf{B}\cos \alpha}$$

**R** adalah diagonal panjang jajaran genjang, jika  $\alpha$  lancip. Sementara itu,  $\alpha$  adalah sudut terkecil yang dibentuk oleh **A** dan **B**.

Sebuah vektor mempunyai besar dan arah. Jadi setelah mengetahui besarnya, kita perlu menentukan arah dan resultan vektor tersebut. Arah **R** dapat ditentukan oleh sudut antara **R** dan **A** atau **R** dan **B**.



**Gambar 1.20** (a) Lukisan jumlah vektor segaris, (b) lukisan jumlah vektor tidak segaris yang membentuk sudut.



**Gambar 1.21** Metode jajaran genjang untuk jumlah vektor  $\vec{A} + \vec{B}$ .

Misalnya sudut  $\theta$  merupakan sudut yang dibentuk  $R$  dan  $A$ , maka dengan menggunakan aturan sinus pada segitiga  $OPR$  akan diperoleh:

$$\frac{R}{\sin (180 - \alpha)} = \frac{B}{\sin \theta}$$

$$= \frac{R}{\sin \alpha}$$

$$\frac{R}{\sin \alpha} = \frac{B}{\sin \theta}$$

sehingga:

$$\sin \theta = \frac{B \sin \alpha}{R}$$

Dengan menggunakan persamaan tersebut, maka besar sudut  $\theta$  dapat diketahui.

### Contoh Soal

Dua buah vektor sebidang berturut-turut besarnya 4 satuan dan 6 satuan, bertitik tangkap sama dan menggapit sudut  $60^\circ$ . Tentukan besar dan arah resultan vektor tersebut!

*Penyelesaian:*

Misalkan vektor pertama  $V_1$  dan vektor kedua  $V_2$ .

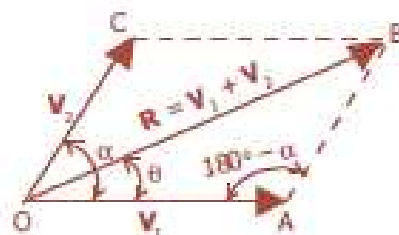
$$V_1 = 4 \text{ satuan}$$

$$V_2 = 6 \text{ satuan}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$\cos \alpha = \cos 60^\circ$$

$$= \frac{1}{2}$$



Besar resultan:

$$R = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + 2V_1V_2 \cos \alpha}$$

$$= \sqrt{4^2 + 6^2 + 2(4)(6)\left(\frac{1}{2}\right)}$$

$$= \sqrt{16 + 36 + 24}$$

$$= \sqrt{76}$$

$$= \sqrt{4 \times 19}$$

$$= 2\sqrt{19} \text{ satuan}$$

Arah resultan ( $\theta$ ) dihitung dengan rumus sinus pada segitiga  $OAB$ .

$$\frac{R}{\sin (180 - \alpha)} = \frac{V_2}{\sin \theta}$$

$$\frac{R}{\sin \alpha} = \frac{V_2}{\sin \theta}$$

$$\sin \theta = \frac{V_2 \sin \alpha}{R}$$

$$\sin \theta = \frac{6 \sin 60^\circ}{2\sqrt{19}}$$

$$\sin \theta = 0,596$$

$$\theta = 36,6^\circ$$

Metode segitiga merupakan cara lain untuk menjumlahkan dua vektor, selain metode jajaran genjang. Dua buah vektor  $A$  dan  $B$ , yang pergerakannya ditunjukkan Gambar 1.22(a), akan mempunyai resultan yang persamaannya dituliskan:

$$R = A + B$$

Resultan dua vektor akan diperoleh dengan menempatkan pangkal vektor yang kedua pada ujung vektor pertama. Resultan vektor tersebut diperoleh dengan menghubungkan titik pangkal vektor pertama dengan ujung vektor kedua.

Pada Gambar 1.22(b), pergerakan dimulai dengan vektor  $B$  dilanjutkan dengan  $A$ , sehingga diperoleh persamaan:

$$R = B + A$$

Jadi,

$$A + B = B + A$$

Hasil yang diperoleh ternyata tidak berubah. Jadi, dapat disimpulkan bahwa penjumlahan vektor bersifat komutatif.

Tahapan-tahapan penjumlahan vektor dengan metode segitiga adalah sebagai berikut:

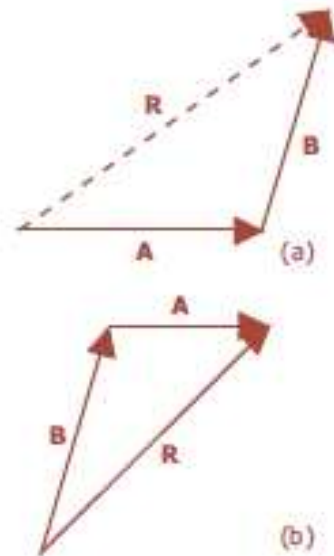
- pindahkan titik tangkap salah satu vektor ke ujung berikutnya,
- hubungkan titik tangkap vektor pertama ke ujung vektor kedua yang menunjukkan resultan kedua vektor tersebut,
- besar dan arah  $R$  dicari dengan aturan cosinus dan sinus.

Jika penjumlahan lebih dari dua buah vektor, maka dijumlahkan dulu dua buah vektor, resultannya dijumlahkan dengan vektor ke-3 dan seterusnya. Misalnya, penjumlahan tiga buah vektor  $A$ ,  $B$ , dan  $C$  yang ditunjukkan pada Gambar 1.23. Pertama-tama kita jumlahkan vektor  $A$  dan  $B$  yang akan menghasilkan vektor  $V$ . Selanjutnya, vektor  $V$  tersebut dijumlahkan dengan vektor  $C$  sehingga dihasilkan resultan  $R$ , yang dituliskan:

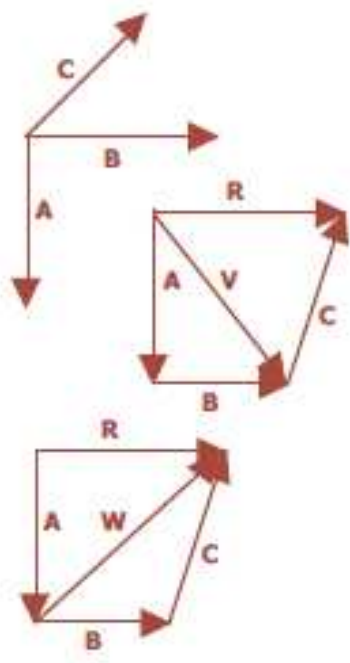
$$R = (A + B) + C = V + C$$

Cara lain yaitu dengan menjumlahkan vektor  $B$  dan  $C$  untuk menghasilkan  $W$ , yang kemudian dijumlahkan dengan vektor  $A$ , sehingga diperoleh resultan  $R$ , yaitu:

$$R = A + (B + C) = A + W$$

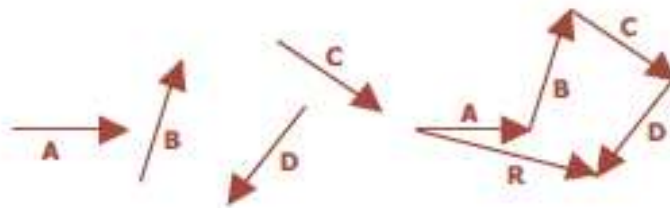


Gambar 1.22 Metode segitiga untuk penjumlahan vektor.

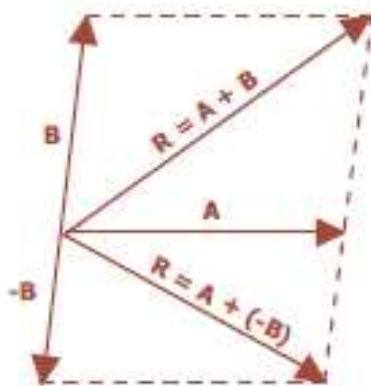


Gambar 1.23 Cara penjumlahan lebih dari dua vektor.

Jika banyak vektor, maka penjumlahan vektor dilakukan dengan menggunakan metode poligon (segi banyak).



**Gambar 1.24** Metode poligon untuk penjumlahan vektor.



**Gambar 1.25** Selisih vektor  $A - B$ .

### 3. Pengurangan Vektor

Pengurangan vektor pada prinsipnya sama dengan penjumlahan, tetapi dalam hal ini salah satu vektor mempunyai arah yang berlawanan. Misalnya, vektor A dan B, jika dikurangkan maka:

$$A - B = A + (-B)$$

Di mana,  $-B$  adalah vektor yang sama dengan B, tetapi berlawanan arah.

### 4. Penguraian Vektor secara Analisis

Untuk keperluan penghitungan tertentu, kadangkala sebuah vektor yang terletak dalam bidang koordinat sumbu  $x$  dan sumbu  $y$  harus diuraikan menjadi komponen-komponen yang saling tegak lurus (sumbu  $x$  dan sumbu  $y$ ). Komponen ini merupakan nilai efektif dalam suatu arah yang diberikan. Cara menguraikan vektor seperti ini disebut **analisis**. Misalnya, vektor  $A$  membentuk sudut  $\alpha$  terhadap sumbu  $x$  positif, maka komponen vektornya adalah:

$$A_x = A \cos \alpha$$

$$A_y = A \sin \alpha$$

Besar (nilai) vektor  $A$  dapat diketahui dari persamaan:

$$|A| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$$

Sementara itu, arah vektor ditentukan dengan persamaan:

$$\tan \alpha = \frac{A_y}{A_x}$$

## Soal – Soal

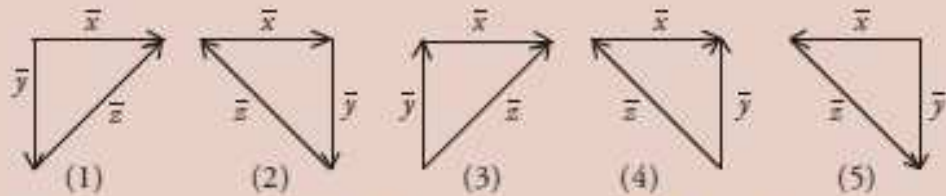
1. Besar massa jenis raksa ialah  $13,6 \text{ gram/cm}^3$ . Dalam satuan Sistem Internasional (SI) besarnya adalah ... .
  - a.  $1,36 \text{ kg/m}^3$
  - b.  $13,6 \text{ kg/m}^3$
  - c.  $136 \text{ kg/m}^3$
  - d.  $1,360 \text{ kg/m}^3$
  - e.  $13.600 \text{ kg/m}^3$
2. Satuan tekanan jika dinyatakan dalam sistem Satuan Internasional (SI) adalah ...
  - a. pascal (Pa)
  - b.  $\text{kg.m.s}$
  - c.  $\text{kg.m.s}^{-1}$
  - d.  $\text{kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$
  - e.  $\text{kg.m}^{-1}.\text{s}^{-2}$
3. Hubungan antara volume ( $V$ ), tekanan ( $P$ ), suhu ( $T$ ), serta jumlah molekul atau partikel gas ( $n$ ) ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:
$$\frac{PV}{T} = nR$$
Di mana  $R$  adalah tetapan gas umum. Rumus dimensi dari tetapan gas umum ( $R$ ) tersebut adalah ... .
  - a.  $[\text{MLTN}^{-1}\theta^{-1}]$
  - b.  $[\text{ML}^2\text{TN}^{-1}\theta^{-1}]$
  - c.  $[\text{ML}^2\text{T}^{-2}\text{N}^{-1}\theta^{-1}]$
  - d.  $[\text{ML}^2\text{T}^2\text{N}^{-1}\theta^{-1}]$
  - e.  $[\text{MLT}^{-2}\text{N}\theta^{-1}]$
4. Berikut ini termasuk dalam kelompok besaran turunan, kecuali ... .
  - a. kecepatan, percepatan, waktu
  - b. panjang, berat, waktu
  - c. tahanan, jumlah zat, waktu
  - d. panjang, kuat arus, intensitas cahaya
  - e. panjang, massa, gaya
5. Massa suatu benda 125 gram dan volumenya 0,625 liter, maka massa jenisnya jika dinyatakan dalam SI adalah ... .
  - a.  $2,5 \text{ kg.m}^{-3}$
  - b.  $6,25 \text{ kg.m}^{-3}$
  - c.  $12,45 \text{ kg.m}^{-3}$
  - d.  $12,55 \text{ kg.m}^{-3}$
  - e.  $2.500 \text{ kg.m}^{-3}$
6. Dua buah vektor gaya  $\vec{F}_1$  dan  $\vec{F}_2$  masing-masing sebesar 3 N dan 5 N mengapit sudut  $60^\circ$  dan bertitik tangkap sama. Jumlah kedua vektor gaya tersebut adalah ... .
  - a. 7 N
  - b. 8 N
  - c. 9 N
  - d. 10 N
  - e. 12 N
7. Dua vektor gaya  $\vec{F}_1$  dan  $\vec{F}_2$  masing-masing sebesar 3 N dan 8 N bertitik tangkap sama, ternyata membentuk resultan gaya yang besarnya 7 N. Sudut apit antara kedua vektor gaya tersebut adalah ... .
  - a.  $30^\circ$
  - b.  $45^\circ$
  - c.  $60^\circ$
  - d.  $90^\circ$
  - e.  $120^\circ$
8. Jika sebuah vektor kecepatan  $v = 10 \text{ m/s}$  diuraikan menjadi dua buah vektor yang saling tegak lurus dan salah satu vektor uraiannya membentuk sudut  $60^\circ$  dengan vektor tersebut, maka besar masing-masing vektor uraiannya adalah ...
  - a.  $5 \text{ m/s}$  dan  $5\sqrt{3} \text{ m/s}$
  - b.  $5 \text{ m/s}$  dan  $5\sqrt{2} \text{ m/s}$
  - c.  $10 \text{ m/s}$  dan  $10\sqrt{3} \text{ m/s}$
  - d.  $5 \text{ m/s}$  dan  $5\sqrt{6} \text{ m/s}$
  - e.  $10 \text{ m/s}$  dan  $1 \text{ m/s}$



9. Dua buah vektor gaya  $\vec{F}_1 = 20 \text{ N}$  dan  $\vec{F}_2 = 80 \text{ N}$  bertitik tangkap sama dan saling membentuk sudut  $\alpha$  yang berubah-ubah, maka resultan dari kedua gaya tersebut *tidak mungkin* bernilai ... .

- |         |          |
|---------|----------|
| a. 60 N | d. 100 N |
| b. 70 N | e. 120 N |
| c. 90 N |          |

10. Perhatikan diagram vektor berikut ini!



Yang menyatakan adanya hubungan  $\vec{x} = \vec{y} - \vec{z}$  adalah gambar ... .

- |        |        |
|--------|--------|
| a. (1) | d. (4) |
| b. (2) | e. (5) |
| c. (3) |        |