

**SUMBER BELAJAR PENUNJANG PLPG 2016**  
**MATA PELAJARAN/PAKET KEAHLIAN**  
**FISIKA**

**BAB IX**  
**TEORI KINETIK GAS**



**Prof. Dr. Susilo, M.S**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN DIREKTORAT**  
**JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN**  
**2016**

## BAB IX

### TEORI KINETIK GAS

#### 1.9 Materi Pokok: Teori Kinetik Gas

a. Kompetensi Inti.

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.

b. Kompetensi Dasar (KD)/Kelompok Kompetensi Dasar (KKD).

Memahami teori kinetik gas dalam menjelaskan karakteristik gas pada ruang tertutup

c. **Uraian Materi Pembelajaran** (dilengkapi dengan contoh *problem solving*).

Menjelaskan hubungan konsep temperatur absolut dengan kecepatan rata-rata gas dalam perhitungan

#### **MATERI**

Teori kinetik merupakan suatu teori yang secara garis besar adalah hasil kerja dari **Count Rumford** (1753-1814), **James Joule** (1818-1889), dan **James Clerk Maxwell** (1831-1875), yang menjelaskan sifat-sifat zat berdasarkan gerak acak terus menerus dari molekul-molekulnya. Dalam gas misalnya, tekanan gas adalah berkaitan dengan tumbukan yang tak henti-hentinya dari molekul-molekul gas terhadap dinding-dinding wadahnya.

Gas yang kita pelajari adalah gas ideal, yaitu gas yang secara tepat memenuhi hukum-hukum gas. Dalam keadaan nyata, tidak ada gas yang termasuk gas ideal, tetapi gas-gas nyata pada tekanan rendah dan suhunya tidak dekat dengan titik cair gas, cukup akurat memenuhi hukum-hukum gas ideal.

#### **A. Sifat-Sifat Gas Ideal**

Gas yang paling sederhana dan mendekati sifat-sifat gas sejati adalah gas ideal. Adapun sifat-sifat gas ideal diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Gas terdiri dari molekul-molekul yang sangat banyak, dengan jarak pisah antar molekul lebih besar dari ukuran molekul. Hal ini meunjukkan bahwa gaya tarik antar molekul sangat kecil dan diabaikan.
2. Molekul-molekul gas bergerak acak ke segala arah sama banyaknya dan memenuhi hukum Newton tentang gerak
3. Molekul-molekul gas hanya bertumbukan dengan dinding tempat gas secara sempurna
4. Dinding wadah adalah kaku sempurna dan tidak akan bergerak

### B. Persamaan Umum Gas Ideal

Persamaan umum gas ideal dapat dituliskan :

$$PV = nRT$$

dengan :

$P$  = tekanan gas ( $N/m^2 = P_a$ )

$V$  = volume gas ( $m^3$ )

$n$  = jumlah mol gas (mol)

$T$  = suhu gas (K)

$R$  = tetapan umum gas = 8,314 J/mol K

Persamaan umum gas ideal tersebut di atas dapat juga dinyatakan dalam bentuk :

$$n = N / N_A$$

$$PV = nRT$$

$$PV = NRT / N_A \quad \text{dengan } R / N_A = k$$

Maka diperoleh :

$$PV = NkT$$

$k$  = tetapan Boltzman

$$= 1,38 \cdot 10^{-23} J/k$$

### CONTOH SOAL

Sebuah tabung bervolume 590 liter berisi gas oksigen pada suhu 20°C dan tekanan 5 atm.

Tentukan massa oksigen dalam tangki ! ( $M_r$  oksigen = 32 kg/kmol)

**Penyelesaian :**

*Diketahui :*

$$V = 5,9 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3$$

$$P = 5 \cdot 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$T = 20^\circ\text{C} = 293 \text{ K}$$

*Ditanyakan :*

$$m = \dots?$$

*Jawaban :*

PV = nRT dan  $n = M / M_r$  sehingga :

$$PV = mRT / M_r$$

$$m = PVM_r / RT$$

$$= 5 \cdot 1,01 \cdot 10^5 \cdot 0,59 \cdot 32 / 8,314 \cdot 293$$

$$= 3,913 \text{ kg}$$

### C. Hukum-Hukum pada Gas Ideal

#### 1. Hukum Boyle

Hukum Boyle menyatakan bahwa dalam ruang tertutup pada suhu tetap, tekanan berbanding terbalik dengan volume gas, yang dinyatakan dalam bentuk persamaan :

$$PV = \text{konstan}$$

dengan :

$$P = \text{tekanan gas (N/m}^2\text{)}$$

$$V = \text{volume gas (m}^3\text{)}$$

#### CONTOH SOAL

Tangki berisi gas ideal 6 liter dengan tekanan 1,5 atm pada suhu 400 K. Tekanan gas dalam tangki dinaikkan pada suhu tetap hingga mencapai 4,5 atm. Tentukan volume gas pada tekanan tersebut !

**Penyelesaian :**

*Diketahui :*

$$V_1 = 6 \text{ liter}$$

$$P_1 = 1,5 \text{ atm}$$

$$T_1 = 400 \text{ K}$$

$$P_2 = 4,5 \text{ atm}$$

$$T_2 = 400 \text{ K}$$

*Ditanyakan :*

$$V_2 = \dots?$$

*Jawaban :*

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

$$\begin{aligned} V_2 &= P_1V_1 / P_2 \\ &= 1,5 \cdot 6 / 4,5 \\ &= 2 \text{ liter} \end{aligned}$$

## 2. Hukum Gay-Lussac

Hukum Gay-Lussac menyatakan bahwa "Dalam ruang tertutup dan volume dijaga tetap, tekanan gas akan sebanding dengan suhu gas". Jika dinyatakan dalam bentuk persamaan, menjadi :

$$P / T = \text{konstan}$$

dengan :

$$P = \text{tekanan gas ( N/m}^2\text{)}$$

$$T = \text{suhu gas (K)}$$

### CONTOH SOAL

Udara dalam ban mobil pada suhu 15°C mempunyai tekanan 305 kPa. Setelah berjalan pada kecepatan tinggi, ban menjadi panas dan tekanannya menjadi 360 kPa. Berapakah temperatur udara dalam ban jika tekanan udara luar 101 kPa ?

**Penyelesaian :**

*Diketahui :*

$$T_1 = 288$$

$$P_1 = 305 + 101 = 406 \text{ kPa}$$

$$P_2 = 360 + 101 = 461 \text{ kPa}$$

*Ditanyakan :*

$$T_2 = \dots?$$

*Jawaban :*

$$P_1 / T_1 = P_2 / T_2$$

$$406 / 288 = 461 / T_2$$

$$T_2 = 327 \text{ K}$$

$$= 54^\circ\text{C}$$

### 3. Hukum Boyle Gay-Lussac

Penggabungan hukum Boyle Gay-Lussac membentuk hukum Boyle Gay-Lussac yang menyatakan bahwa “Gas dalam ruang tertutup jika suhunya berubah, maka akan diikuti perubahan tekanan dan volume gas”. Sehingga dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$PV / T = \text{konstan}$$

## D. Tekanan Gas dan Energi Kinetik Partikel Gas

### 1. Tekanan Gas

Pada pembahasan sifat-sifat gas ideal dinyatakan bahwa gas terdiri dari partikel-partikel gas. Partikel-partikel gas senantiasa bergerak hingga menumbuk dinding tempat gas. Dan tumbukan partikel gas dengan dinding tempat gas akan menghasilkan **tekanan**.

$$P = Nm v^2 / 3V$$

dengan :

P = tekanan gas (N/m<sup>2</sup>)

v = kecepatan partikel gas (m/s)

m = massa tiap partikel gas (kg)

N = jumlah partikel gas

V = volume gas (m<sup>3</sup>)

### 2. Hubungan antara Tekanan, Suhu, dan Energi Kinetik Gas

Secara kualitatif dapat diambil suatu pemikiran berikut. Jika suhu gas berubah, maka kecepatan partikel gas berubah. Jika kecepatan partikel gas berubah, maka energi kinetik tiap partikel gas dan tekanan gas juga berubah. Hubungan ketiga faktor tersebut secara kuantitatif membentuk persamaan :

Persamaan  $P = Nmv^2 / 3V$  dapat disubstitusi dengan persamaan energi kinetik, yaitu  $E_k = \frac{1}{2} mv^2$ , sehingga terbentuk persamaan :

$$P = Nmv^2 / 3V \quad \text{sedangkan} \quad mv^2 = 2 E_k$$

$$P = N2E_k / 3V$$

$$p = 2NE_k / V$$

dengan :

$E_k$  = energi kinetik partikel gas (J)

Dengan mensubstitusikan persamaan umum gas ideal pada persamaan tersebut, maka akan diperoleh hubungan energi kinetik dengan suhu gas sebagai berikut.

$$PV = NkT$$

$$P = NkT / V = 2/3 \cdot (N / V) E_k$$

$$E_k = 3/2 kT$$

dengan :

T = suhu gas (K)

### CONTOH SOAL

Tekanan gas dalam tabung tertutup menurun 64% dari semula. Jika kelajuan partikel semula adalah  $v$ , tentukan kelajuan partikel sekarang !

**Penyelesaian :**

*Diketahui :*

$$P_2 = 36\% P_1$$

$$V_1 = v$$

*Ditanyakan :*

$$V_2 = \dots ?$$

*Jawaban :*

$$\text{Kita mengetahui : } P = Nmv^2 / 3V$$

Berarti  $P = v^2$  atau akar  $P = v$

$$v_1 / v_2 = \text{akar } P_1 / P_2 = \text{akar } 0,36 P_1 / P_1 = 0,6$$

$$v_2 = 1/0,6 v_1 = 10 / 6 v_1 = 5/3 v_1$$

Sejumlah gas berada dalam ruang tertutup bersuhu 327°C dan mempunyai energi kinetik  $E_k$ . Jika gas dipanaskan hingga suhunya naik menjadi 627°C. Tentukan energi kinetik gas pada suhu tersebut !

**Penyelesaian :**

*Diketahui :*

$$T_1 = (327+273) \text{ K} = 600 \text{ K}$$

$$E_{k1} = E_k$$

$$T_2 = (627+273) \text{ K} = 900 \text{ K}$$

*Ditanyakan :*

$$E_{k2} = \dots?$$

*Jawaban :*

$$E_k = \frac{3}{2} kT$$

$$E_k = T$$

$$E_{k2} / E_{k1} = T_2 / T_1$$

$$E_{k1} / E_{k2} = 900 / 600$$

$$E_{k2} = 1,5 E_{k1}$$

$$E_{k2} = 1,5 E_k$$

### **E. Energi dalam Gas**

Gas terdiri atas partikel-partikel gas, setiap partikel memiliki energi kinetik. Kumpulan dari energi kinetik dari partikel-partikel gas merupakan energi dalam gas. Besar energi dalam gas dirumuskan :

$$U = N E_k$$

dengan :

U = energy dalam gas (J)

N = jumlah partikel

### **F. Prinsip Ekuipartisi Energi**

Energi kinetik yang dimiliki oleh partikel gas ada tiga bentuk, yaitu energi kinetik translasi, energi kinetik rotasi, dan energi kinetik vibrasi.



Gas yang memiliki  $f$  derajat kebebasan energi kinetik tiap partikelnya, rumusnya adalah :

$$E_k = f/2 kT$$

Untuk gas monoatomik (misalnya gas He, Ar, dan Ne), hanya memiliki energi kinetik translasi, yaitu pada arah sumbu X, Y, dan Z yang besarnya sama. Energi kinetik gas monoatomik memiliki 3 derajat kebebasan dan dirumuskan :

$$E_k = 3/2 kT$$

Dan untuk gas diatomik (misal  $O_2$ ,  $H_2$ ), selain bergerak translasi, juga bergerak rotasi dan vibrasi. Gerak translasi mempunyai 3 derajat kebebasan. Gerak rotasi mempunyai 2 derajat kebebasan. Gerak vibrasi mempunyai 2 derajat kebebasan. Jadi, untuk gas diatomik, energi kinetik tiap partikelnya berbeda-beda.

Untuk gas diatomik suhu rendah, memiliki gerak translasi. Energi kinetiknya adalah :

$$E_k = 3/2 kT$$

Untuk gas diatomik suhu sedang, memiliki gerak translasi dan rotasi. Energi kinetiknya adalah :

$$E_k = 5/2 kT$$

Sedangkan untuk gas diatomik suhu tinggi, memiliki gerak translasi, gerak rotasi, dan gerak vibrasi. Energi kinetiknya adalah :

$$E_k = 7/2 kT$$

### CONTOH SOAL

Satu mol gas ideal monoatomik bersuhu  $527^\circ\text{C}$  berada di dalam ruang tertutup. Tentukan energi dalam gas tersebut !

$$(k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K})$$

**Penyelesaian :**

*Diketahui :*

$$n = 1 \text{ mol}$$

$$T = (527+273) \text{ K} = 800 \text{ K}$$

*Ditanyakan :*

$$U = \dots?$$

*Jawaban :*

$$U = N E_k$$

$$U = n N_A \frac{3}{2} kT$$

$$= 1 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot \frac{3}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 800$$

$$= 1 \cdot 10^4 \text{ joule}$$

Dua mol gas ideal diatomik memiliki 5 derajat kebebasan bersuhu 800 K. Tentukan energi dalam gas tersebut !

$$(k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K})$$

**Penyelesaian :**

*Diketahui :*

$$n = 2 \text{ mol}$$

$$T = 800 \text{ K}$$

$$f = 5$$

*Ditanyakan :*

$$U = \dots?$$

*Jawaban :*

$$U = \frac{f}{2} N E_k$$

$$U = n N_A \frac{f}{2} kT$$

$$= 2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot \frac{5}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 800$$

$$= 3,32 \cdot 10^4 \text{ joule}$$

## 1. Referensi

Kanginan, Marthen. 2004. *Fisika 2B untuk SMA Kelas XI, Semester 2 Kurikulum 2004*. Jakarta : Erlangga

Supriyanto dan Sumarno. 2007. *Fisika 2 untuk SMA/MA Kelas XI*. Semarang : Aneka Ilmu