

TEORI KINETIK GAS

I. KOMPETENSI DASAR

- 3.6 Menjelaskan teori kinetik gas dan karakteristik gas pada ruang tertutup
- 4.6 Menyajikan karya yang berkaitan dengan teori kinetik gas dan makna fisiknya

II. INDIKATOR

1. Menulis persamaan umum gas ideal
2. Memformulasikan asas ekuipartisi energi
3. Menjelaskan tekanan dan energi kinetik menurut teori kinetik gas
4. Menerapkan hukum-hukum fisika untuk gas ideal pada persoalan fisika sehari-hari

III. 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 ($N/m^2 = Pa$)

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 ! (Mr oksigen = 32 kg/kmol)

Penyelesaian :

Diketahui :

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

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

$$T = 20^\circ C = 293 K$$

Ditanyakan :

$$m = \dots ?$$

Jawaban :

$$PV = nRT \text{ dan } n = M / Mr \text{ sehingga :}$$

$$PV = mRT / Mr$$

$$m = PVMr / RT$$

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

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

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 = tekanan gas (N/m^2)

V = volume gas (m^3)

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 :

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\begin{aligned} V_2 &= P_1 V_1 / P_2 \\ &= 1,5 \cdot 6 / 4,5 \\ &= 2 \text{ liter} \end{aligned}$$

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 :

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

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 :

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

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*.

$$\mathbf{P = Nm v^2 / 3V}$$

dengan :

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

$$v = \text{kecepatan partikel gas (m/s)}$$

$$m = \text{massa tiap partikel gas (kg)}$$

$$N = \text{jumlah partikel gas}$$

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

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 $\mathbf{P = Nm v^2 / 3V}$ dapat disubstitusi dengan persamaan energi kinetik, yaitu $E_k = \frac{1}{2} m v^2$, sehingga terbentuk persamaan :

$$\mathbf{P = Nm v^2 / 3V} \text{ sedangkan } m v^2 = 2 E_k$$

$$\mathbf{P = N 2 E_k / 3V}$$

$$\mathbf{p = 2 N E_k / V}$$

dengan :

$$E_k = \text{energi kinetik partikel gas (J)}$$

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

$$PV = NkT$$

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

$$\mathbf{E_k = 3/2 kT}$$

dengan :

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

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 :

$$\text{Kita mengetahui : } P = Nm\bar{v}^2 / 3V$$

$$\text{Berarti } P \propto v^2 \text{ atau akar } P \propto v$$

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

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

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 :

$$E_k = 3/2 kT$$

$$E_k \propto T$$

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

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

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

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

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°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 :

$$U = N E_k$$

$$U = n N_A 3/2 kT$$

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

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

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 :

$$U = f/2 N E_k$$

$$U = n N_A f/2 kT$$

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

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

Kerjakan soal-soal berikut di buku kerjamu

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat !

- Teori kinetik gas menunjukkan pada suhu tertentu
 - energi molekul-molekul yang ringan rata-rata lebih kecil daripada molekul-molekul yang berat
 - energi molekul-molekul yang ringan rata-rata lebih besar daripada molekul-molekul yang berat
 - semua molekul gas mempunyai energi rata-rata yang sama
 - semua molekul-molekul gas mempunyai kecepatan rata-rata yang sama
 - semua molekul-molekul gas yang mempunyai energi potensial yang sama
- Sejumlah gas dalam ruang tertutup dipanaskan dari 27°C hingga 87°C . Tambahan volume gas pada tekanan tetap
 - $1/8$ volume asal
 - $1/7$ volume asal
 - $1/6$ volume asal
 - $1/5$ volume asal
 - $1/4$ volume asal
- Massa molekuler gas adalah $0,028 \text{ kg mol}^{-3}$ jika gas tersebut massanya 14 gram . Gas tersebut terdiri atas
 - $1,250 \cdot 10^{26}$ molekul
 - $3,012 \cdot 10^{26}$ molekul
 - $6,025 \cdot 10^{23}$ molekul
 - $3,012 \cdot 10^{23}$ molekul
 - $1,250 \cdot 10^{23}$ molekul
- Gas ideal volumenya berubah dari 1 m^3 menjadi 21 m^3 pada tekanan $1,013 \cdot 10^5 \text{ N/M}^2$. Usaha yang terjadi sebesar
 - $1,026 \cdot 10^5 \text{ joule}$
 - $2,026 \cdot 10^6 \text{ joule}$
 - $2,026 \cdot 10^{-6} \text{ joule}$
 - $2,026 \cdot 10^{-5} \text{ joule}$
 - $2026 \cdot 10^{-2} \text{ joule}$
- Delapan gram gas He volumenya 10 liter dan pada tekanan 4 atm . Temperatur gas tersebut
 - 2.430 K
 - 1.540 K
 - 243 K
 - $24,3 \text{ K}$
 - $2,43 \text{ K}$
- Pada teori kinetik gas, selisih kalor jenis pada tekanan tetap dengan kalor pada volume tetap disebut tetapan
 - Stefan-Boltzman
 - Gas umum
 - Stefan
 - Boltzman
 - Laplace
- Dalam suatu ruangan tertutup yang volumenya tertentu dan tekanan 1 atm , berisi 1 mol gas He yang suhunya 0°C . Energi dalam gas
 - 0 J
 - 4.305 J
 - 3.503 J
 - 3.405 J
 - 3.504 J
- Jika suatu gas dipanaskan dengan volume tetap, maka tekanannya bertambah besar, sebab
 - waktu benturan molekul-molekul dengan dinding makin pendek
 - energi listrik molekul berkurang
 - massa dari molekul-molekul bertambah besar
 - kecepatan rata-rata molekul-molekul bertambah besar sehingga benturan-benturan dengan dinding tiap detik bertambah
 - bukan salah satu jawaban di atas
- Pada hukum Boyle $PV = k$, tetapan k mempunyai dimensi seperti dimensi
 - daya
 - usaha
 - momentum linier
 - suhu
 - konstanta pegas

10. Rapat massa N_2 adalah $1,25 \text{ kg/m}^3$ pada keadaan standar (STP) dapat disimpulkan rapat massa N_2 pada suhu 42°C dan tekanan $0,97 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$ adalah Kg m^{-3} .

- A. 1,2
- B. 1,12
- C. 1,16
- D. 1,24
- E. 1,04

11. Suatu gas dipertahankan pada volume tetap. Dari gas tersebut dipindahkan panas sebesar 8 kilo joule. Besar perubahan energi dalam gas

- A. 8.000 joule – W
- B. W – 8.000 joule
- C. 8.000 joule + W
- D. -8.000 joule
- E. 8.000 joule

12. Dalam suatu campuran gas pada suhu 20°C , tekanan parsial gas komponen adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} H_2O &= 6 \times 10^4 \text{ Pa} \\ CO_2 &= 2 \times 10^4 \text{ Pa} \\ \text{Metana (CH}_4\text{)} &= 4,2 \times 10^4 \text{ Pa} \\ C_2H_6 &= 1,4 \times 10^4 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Berdasarkan data di atas, persen volume dari hidrogen adalah

- A. 33,5 %
- B. 35 %
- C. 20 %
- D. 25,5 %
- E. 2,5 %

13. Jika suatu gas ideal dimampatkan secara isotermik sampai volumenya menjadi setengahnya, maka

- A. tekanannya menjadi dua kalinya
- B. tekanan tetap dan suhunya menjadi dua kalinya
- C. tekanan dan suhu menjadi dua kalinya
- D. tekanan dan suhu tetap
- E. tekanan menjadi dua kalinya dan suhunya tetap

14. Jika suatu gas ideal di dalam kesetimbangan, maka molekul-molekulnya mempunyai

- A. energi yang sama besarnya
- B. berbagai harga energi yang tetap
- C. energi rata-rata yang tetap
- D. energi interaksi yang terkuat
- E. energi interaksi yang terlemah

15. Grafik tekanan terhadap volume pada temperatur konstan suatu gas berupa

- A. elips
- B. parabola
- C. hiperbola
- D. lingkaran
- E. garis lurus

B. Kerjakan soal-soal berikut dengan singkat dan jelas !

Soal Konsep

1. Sebutkan besaran-besaran pada gas !
2. Jika butir-butir kapur barus kecil-kecil dijatuhkan ke dalam iar, maka butir-butir itu akan bergerak segala arah tak menentu. Mengapa hal itu dapat terjadi ?
3. Jelaskan mengapa dalam ruang tertutup jika suhunya konstan, tekanan berbanding terbalik dengan volume gas !
4. Pengisap sebuah pompa sepeda didorong ke bawah dengan tiba-tiba sehingga udara dalam tabung pompa dimampatkan. Mengapa udara di dalam pompa sepeda menjadi panas ?
5. Udara panas selalu bergerak ke atas karena massa jenisnya kecil, dan udara dingin turun ke permukaan bumi karena massa jenisnya lebih besar. Namun, mengapa hawa udara di puncak gunung lebih dingin daripada udara di permukaan laut ?

Soal Hitungan

1. Dalam ruang berisi gas O_2 sebanyak 160 gram. Jika suhu gas dalam ruang tersebut adalah 127°C , hitung tekanan gas dalam ruang tersebut !
2. Dalam ruang tertutup berisi sebanyak 20 gram gas CO_2 pada suhu 0°C tekanan 1 atm. Tentukan volume gas tersebut !
3. Dalam ruang tertutup terdapat 50 liter gas dengan suhu 127°C dan bertekanan 10 atm. Gas dimampatkan hingga volumenya berkurang 25%-nya pada suhu tetap. Tentukan kenaikan tekanan gas tersebut !

4. Suatu gas ideal dengan volume 500 liter dan tekanan $2 \cdot 10^5$ Pa, partikel gasnya mempunyai kecepatan efektif 300 m/s. Tentukan massa gas tersebut !

5. Berapakah energi dalam 0,04 mol gas oksigen di dalam sebuah ruang tertutup yang suhunya 350 K jika pada suhu itu setiap derajat kebebasan mempunyai komponen energi ?

<http://lailamaghfir.blogspot.com/2013/07/teori-kinetik-gas.html>

Sumber Bacaan :

<https://fisikakontekstual.com/materi-teori-kinetik-gas/>