



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN ANAK USIA DINI,
PENDIDIKAN DASAR DAN PENDIDIKAN MENENGAH
DIREKTORAT SEKOLAH MENENGAH ATAS
2020



TUJUH ADALAH
LANGKAH AWAL
BERANTAS
KORUPSI
BERSIH ZI-WBK

Modul Pembelajaran SMA

FISIKA



KELAS
XI



TEORI KINETIK GAS
FISIKA KELAS XI

PENYUSUN

SUDIRO

SMA Negeri 83 Jakarta

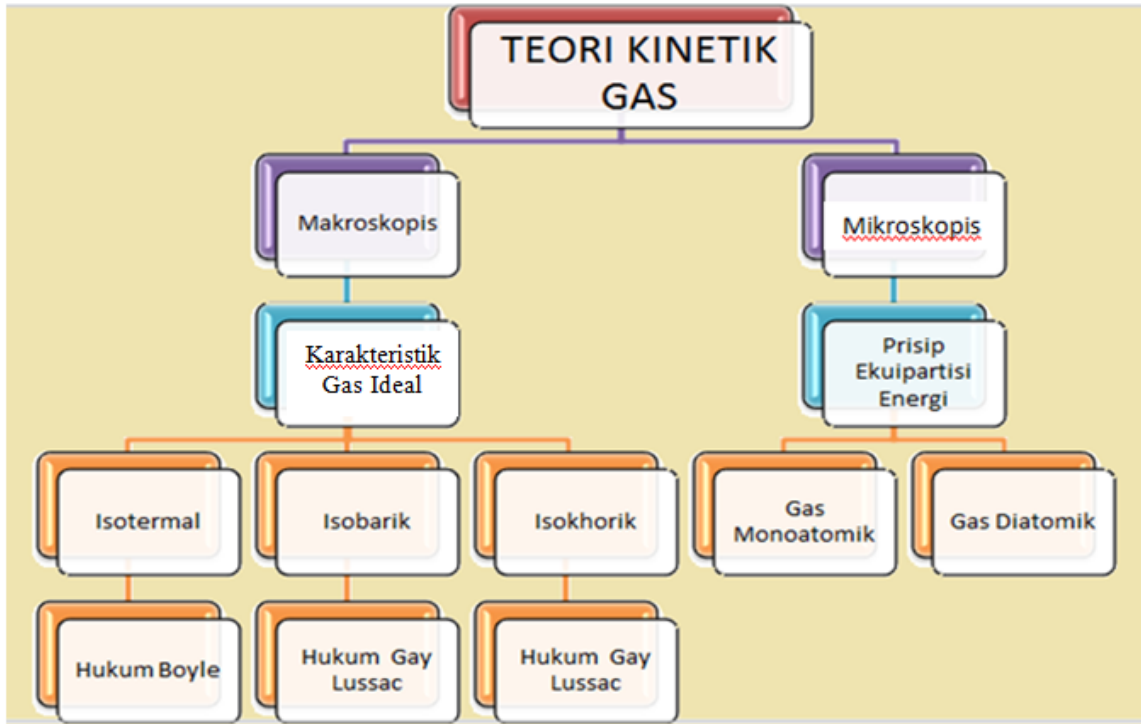
DAFTAR ISI

PENYUSUN	2
DAFTAR ISI	3
GLOSARIUM	4
PETA KONSEP	5
PENDAHULUAN	6
A. Identitas Modul	6
B. Kompetensi Dasar	6
C. Deskripsi Singkat Materi	6
D. Petunjuk Penggunaan Modul	6
E. Materi Pembelajaran	7
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1	8
PERSAMAAN GAS IDEAL	8
A. Tujuan Pembelajaran	8
B. Uraian Materi	8
C. Rangkuman	11
D. Penugasan Mandiri	12
E. Latihan Soal	12
F. Penilaian Diri	13
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2	14
TEORI EKIPARTISI ENERGI	14
A. Tujuan Pembelajaran	14
B. Uraian Materi	14
C. Rangkuman	16
D. Penugasan Mandiri	17
E. Latihan Soal	18
F. Penilaian Diri	19
EVALUASI	20
DAFTAR PUSTAKA	24

GLOSARIUM

- Teori Kinetik Gas** : Teori yang menjelaskan tingkah laku gas berdasarkan tinjauan Makroskopik gas seperti tekanan, suhu dan volume dengan memperhatikan komposisi molekul gerakannya.
- Makroskopis** : Merupakan sistem dengan skala besar (dapat diukur) dilengkapi dengan variable - variabel tekanan, temperatur, volume, energi,dll)
- Mikroskopis** : Sifat ukuran yang sangat kecil dan tidak dapat dilihat dengan mata telanjang sehingga diperlukan alat bantu untuk dapat melihatnya dengan jelas
- Gas Ideal** : Gas ideal adalah sekumpulan partikel gas yang tidak saling berinteraksi satu dengan lainnya. Artinya, jarak antarpartikel gas ideal sangat berjauhan dan bergerak secara acak
- Ekipartisi Energi** : adalah sebuah rumusan umum yang merelasikan temperatur suatu sistem dengan energi rata-ratanya.
- Isotermik** : Perubahan keadaan gas pada suhu yang tetap
- Isobarik** : Perubahan keadaan gas pada tekanan tetap
- Isokhorik** : Perubahan keadaan gas pada volume tetap
- Monoatomik** : Atom tunggal, Ini biasanya digunakan terhadap gas yang atomnya tidak berikatan satu sama lain
- Diatomik** : molekul yang hanya terdiri dari dua atom dan atom tersebut dapat berupa unsur yang sama maupun berbeda

PETA KONSEP



PENDAHULUAN

A. Identitas Modul

Mata Pelajaran	: Fisika
Kelas	: XI
Alokasi Waktu	: 8 Jam Pelajaran
Judul Modul	: Teori Kinetik Gas

B. Kompetensi Dasar

3. 6 . Memahami teori kinetik gas dan karakteristik gas pada ruang tertutup.
4. 6 . Mempresentasikan laporan hasil pemikiran tentang teori kinetik gas, dan makna fisisnya

C. Deskripsi Singkat Materi

Apa kabar peserta didik Indonesia yang hebat, selamat bertemu kembali dalam Modul Pembelajaran kali ini. Semoga kalian selalu sehat, tetap semangat, dan tidak mudah menyerah dalam menghadapi segala kesulitan. Percalah bahwa kesulitan yang kalian hadapi akan semakin memperkuat diri kalian untuk menjadi generasi hebat dan unggul dalam segala hal.

Tahukah kalian bahwa belajar Fisika merupakan salah satu pembiasaan agar kalian bisa menyelesaikan permasalahan-permasalahan makro dan mikro. Betapa hebatnya Pelajaran Fisika ini. Karena dengan ilmu Fisika banyak misteri baru terungkap yang selama ini seolah-olah menjadi rahasia Sang Pencipta. Itulah sebabnya kita sebagai makhluk harus tetap tunduk pada aturan sang pencipta.

Pada modul Fisika kali ini akan diungkap hal-hal yang berhubungan dengan Teori Kinetik gas secara makro dengan segala variable-variabelnya. Bagaimana hubungan antara gas dengan tekanan, perubahan volume, perubahan suhu dan energi serta sifat-sifat gas itu sendiri. Sebelum mempelajari modul kali ini ada sedikit syarat pada modul sebelumnya tentang suhu dan kalor, karena dalam Teori Kinetik Gas akan banyak berhubungan dengan Suhu.

Modul ini juga menjadi pra syarat dalam modul berikutnya tentang Termodinamika. Alangkah bijaknya jika kalian mempelajari modul ini dengan tuntas sehingga tidak ada kendala untuk belajar Fisika lebih lanjut.

D. Petunjuk Penggunaan Modul

Agar kalian bisa memahami modul ini secara tuntas, maka bacalah modul ini secara runut dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Baca Glosarium pada modul supaya paham kata kunci dan istilah-istilah yang akan digunakan dalam modul.
2. Pelajari dan pahami peta materi yang disajikan dalam setiap modul untuk memberikan gambaran awal apa yang akan dipelajari.
3. Pelajari dan pahami tujuan yang tercantum dalam setiap kegiatan pembelajaran.
4. Pelajari uraian materi secara sistematis dan mendalam dalam setiap kegiatan pembelajaran, diulangi lagi membacanya sampai benar-benar paham.

5. Untuk mengingat kembali materi secara ringkas maka baca rangkuman sebelum mengerjakan Uji Kompetensi.
6. Lakukan uji kompetensi di setiap akhir kegiatan pembelajaran untuk mengetahui tingkat penguasaan materi.
7. Lakukan Penilaian diri sendiri tentang penguasaan materi modul dengan jujur
8. Jika sudah paham lanjutkan pertemuan berikutnya.
9. Kerjakan soal-soal evaluasi untuk mengukur ketuntasan belajar menggunakan modul ini.

E. Materi Pembelajaran

Modul ini terbagi menjadi **2** kegiatan pembelajaran dan di dalamnya terdapat uraian materi, contoh soal, soal latihan dan soal evaluasi.

- Pertama : Persamaan Keadaan Gas Ideal, Hukum Boyle-Gay Lussac, Teori Kinetik Gas Ideal, Tinjauan Impuls-Tumbukan untuk Teori Kinetik Gas
- Kedua : Energi Kinetik Rata-Rata Gas, Kecepatan Efektif Gas, Teori Ekipartisi Energi dan Energi Dalam

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

PERSAMAAN GAS IDEAL

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran 1 ini Anda diharapkan dapat :

1. Memahami konsep gas ideal.
2. Menuliskan sifat-sifat gas ideal.
3. Menjelaskan persamaan keadaan gas ideal.
4. Menjelaskan Hukum Boyle-Gay Lussac
5. Memahami teori kinetik gas
6. Menjelaskan tinjauan impuls-tumbukan untuk teori kinetik gas
7. Memahami karakteristik gas pada ruang tertutup

B. Uraian Materi

Halo pembelajar semua, selamat bertemu kembali dalam pembelajaran kali ini. Apakah Anda pernah melihat kejadian tentang balon yang kempes atau balon yang meletus? Perhatikan ilustrasi cerita berikut . Pada suatu hari seorang penjual balon memompakan udara kedalam balon yang akan dijualnya. Setelah dirasa cukup isinya maka balon diikat dengan tali dan diberi tiang dari sebatang lidi. Tukang balon berjalan dipanas yang terik sambil menyusuri kampung menjajakan balonnya. Beberapa saat dipanas terik sebuah balonnya meletus. Dia hanya bertanya dalam hati, kenapa balonnya meletus padahal tidak tertusuk benda tajam. Pertanyaan yang tidak pernah terjawab sampai dia pulang dan tersisa beberapa balon belum terjual. Seperti biasanya penjual balon menyimpan sisa balon yang belum terjual untuk jual kembali besok pagi. Betapa terkejutnya ketika dipagi hari penjual balon mendapati balon-balonnya pada kempes. Apakah anda bisa membantu menjawab permasalahan yang dialami oleh penjual balon? Silahkan ikuti dan pelajari modul ini supaya bisa membantu menjawabnya.

Pengertian Gas Ideal

Gas ideal adalah gas yang secara tepat memenuhi persamaan $pV = nRT$. Sebagai gambaran tentang keadaan gas ideal, kita tinjau sifat-sifat gas ideal diantaranya adalah:

1. Gas ideal terdiri dari partikel-partikel yang amat besar jumlahnya, yang tersebar merata di seluruh bagian jumlahnya, dan bergerak secara acak ke segala arah dengan kelajuan tetap,
2. Jarak antara partikel gas jauh lebih besar dari dibanding ukuran partikel,
3. tidak ada gaya di antara partikel-partikel tersebut kecuali jika bertumbukan (tumbukan dianggap lenting sempurna dan partikel dianggap bulat, licin, dan pejal), dan berlangsung sangat singkat
4. Volume partikel gas sangat kecil dibandingkan dengan wadah yang ditempatinya sehingga ukurannya dapat diabaikan
5. Hukum Newton tentang gerak berlaku

Persamaan Keadaan Gas Ideal

Hukum Boyle-Gay Lussac berlaku untuk gas ideal di dalam ruang tertutup, persamaannya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\frac{pV}{T} = nR \text{ atau } \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Karena $n = \frac{m}{M}$ atau $n = \frac{N}{N_a}$

Maka :

Persamaan $PV = nRT$ dapat dinyatakan sebagai berikut,

$$PV = \frac{N}{N_a} RT = N \left(\frac{R}{N_a} \right) T$$

$$PV = NkT$$

Dengan $k = \frac{R}{N_a}$

Dari persamaan $PV = nRT$, dengan mensubstitusikan $n = \frac{m}{M}$, persamaan keadaan gas ideal menjadi :

$$PV = nRT = \frac{m}{M} RT$$

$$P = \frac{m}{V} \frac{RT}{M} = \rho \frac{RT}{M}$$

Keterangan :

m = massa total gas (kg)

M = massa molekul gas (kg/kmol = gr/mol)

N_a = bilangan Avogadro ($6,02 \times 10^{23}$ partikel/mol)

P_1 = tekanan gas mula-mula (Pa = N/m²)

P_2 = tekanan gas akhir

V_1 = volume gas mula-mula (m³)

T_1 = suhu gas mula-mula (K)

R = tetap umum gas = tetapan molar gas

= 8314 J/kmolK = 8,314 J/molK = 0,082 liter.atm/molK

N = banyak partikel

n = jumlah mol (mol)

P = tekanan gas ideal (Pa)

V = volume gas (m³)

V = volume gas (m³)

V_2 = volume gas akhir

T_2 = suhu gas akhir (K)

ρ = massa jenis gas (kg/m³)

Contoh Soal :

1. Suatu gas ideal sebanyak 4 liter memiliki tekanan 1,5 atmosfer dan suhu 27°C. Tentukan tekanan gas tersebut jika suhunya 47°C dan volumenya 3,2 liter!

Pembahasan :

Di ketahui : $V_1 = 4$ liter, $P_1 = 1,5$ atm, $T_1 = 27$ °C

$T_2 = 47$ °C, $V_2 = 3,2$ liter

Ditanya : $P_2 = \dots\dots?$

Jawab :

Pertama-tama kita harus mengubah suhu dalam menjadi suhu mutlak (K) :

$T_1 = 27 + 273 = 300$ K

$T_2 = 47 + 273 = 320$ K

Kemudian kita masukkan ke persamaan keadaan :

$$\begin{aligned}\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} &= \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} \\ P_2 &= \frac{P_1 \cdot V_1 \cdot T_2}{T_1 \cdot V_2} \\ P_2 &= \frac{1,5 \cdot 4,320}{300 \cdot 3,2} \\ P_2 &= 2 \text{ atm}\end{aligned}$$

Tekanan Gas Ideal

Berdasarkan **teori kinetik**, molekul-molekul gas ideal bergerak secara acak sesuai Hukum Gerak Newton dan bertumbukan dengan molekul lain maupun dengan dinding bejana tempat gas berada secara elastis sempurna.

Tekanan yang dikerjakan oleh suatu gas ideal dalam ruang tertutup dapat diturunkan dengan menggunakan mekanika Newton terhadap gerak molekul-molekul gas. Karena kuadrat kelajuan seluruh molekul gas tidaklah sama, maka kita definisikan kuadrat kelajuan rata-rata molekul-molekul gas $\overline{v^2}$, di mana $\overline{v^2} = \overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2}$

Sesuai dengan anggapan bahwa setiap molekul gas bergerak dalam lintasan lurus dengan kelajuan tetap, maka $\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$ dan $\overline{v^2} = 3\overline{v_x^2}$ atau $\overline{v_x^2} = \frac{1}{3}\overline{v^2}$

Selanjutnya dengan menggunakan definisi bahwa tekanan gas pada dinding wadahnya adalah gaya persatuan luas, $P = \frac{F}{A}$, sedang gaya F sama dengan **perubahan momentum**,

$F = \frac{\Delta P}{\Delta t}$, dengan perubahan momentum tiap molekul gas $\Delta P = 2m_0v_{1x}$, kita dapat memperoleh persamaan tekanan yang dikerjakan oleh suatu gas ideal dalam wadah tertutup adalah :

$$P = \frac{1}{3}\rho\overline{v^2} \text{ atau } P = \frac{1}{3}m_0\overline{v^2}\left(\frac{N}{V}\right),$$

P = tekanan gas (Pa)

ρ = massa jenis (kg m⁻³)

$\overline{v^2}$ = kuadrat kelajuan rata-rata molekul gas

m_0 = massa satu molekul gas (kg),

$\frac{N}{V}$ = kerapatan partikel,

N = jumlah molekul (partikel),

V = volume wadah

Contoh Soal :

1. Sebanyak 1,2 kg gas ideal disimpan dalam suatu silinder. Pada saat diukur tekanannya 2 atm dan suhu 27°C. Jika sejumlah gas sejenis dimasukkan lagi ternyata suhunya menjadi 87°C dan tekanan menjadi 3 atm. Berapa massa gas yang dimasukkan tadi?

Pembahasan :

Diketahui : $m_1 = 1,2 \text{ kg}$, $P_1 = 2 \text{ atm}$, $T_1 = 27^\circ\text{C}$

$T_2 = 87^\circ\text{C}$, $P_2 = 3 \text{ atm}$

Ditanya : $m = \dots\dots?$

Jawab :

Pertama-tama kita harus mengubah suhu dalam menjadi suhu mutlak (K) :

$T_1 = 27 + 273 = 300 \text{ K}$

$T_2 = 87 + 273 = 360 \text{ K}$

$$pV = nRT = \frac{m}{M}RT \quad ; \quad m = \frac{pVM}{RT}$$

Karena wadanya sama V tetap, sementara M dan R tetap, sehingga didapatkan :

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{p_2}{p_1} \cdot \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{m_2}{1,2} = \frac{3}{2} \cdot \frac{300}{360} \quad , \quad m_2 = 1,5 \text{ kg}$$

Maka massa gas yang dimasukan $\Delta m = 1,5 - 1,2 = 0,3 \text{ kg}$

C. Rangkuman

1. *Gas ideal* adalah gas yang secara tepat memenuhi persamaan $pV = nRT$.
2. **Hukum Boyle-Gay Lussac** berlaku untuk gas ideal di dalam ruang tertutup, persamaannya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\frac{pV}{T} = nR \quad \text{atau} \quad \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

3. Persamaan $PV = nRT$ dapat dinyatakan sebagai berikut,

$$PV = \frac{N}{N_a} RT = N \left(\frac{R}{N_a} \right) T$$

$$PV = NkT$$

4. Berdasarkan **teori kinetik**, molekul-molekul gas ideal bergerak secara acak sesuai Hukum Gerak Newton dan bertumbukan dengan molekul lain maupun dengan dinding bejana tempat gas berada secara elastis sempurna.
5. Persamaan tekanan yang dikerjakan oleh suatu gas ideal dalam wadah tertutup adalah :

$$P = \frac{1}{3} \rho \overline{v^2} \quad \text{atau} \quad P = \frac{1}{3} m_0 \overline{v^2} \left(\frac{N}{V} \right),$$

D. Penugasan Mandiri

Setelah membaca uraian modul diatas coba bantu menjawab pertanyaan yang diajukan oleh penjual balon, yaitu :

- Mengapa saat siang hari dengan panas matahari yang menyengat balon bisa meletus?
- Mengapa penjual balon mendapatkan balon-balonnya kempes saat malam hari udara dingin?
- Buat analisa jawaban Anda dengan menggunakan konsep-konsep Teori Kinetik Gas dan menggunakan hukum Boyle – Gay Lussac!
- Apa saran Anda untuk mengatasi masalah yang dialami oleh tukang balon tersebut?

E. Latihan Soal

Petunjuk Mengerjakan : Berikut ini diberikan Latihan Soal. Anda diminta mengerjakan soal secara kemudian mencocokkan hasil jawaban dengan kunci yang tersedia

- Pada ban mobil dimasukkan tekanan 200 kPa pada 10°C setelah berjalan 150 km, suhu dalam ban bertambah menjadi 40°C. Berapakah tekanan dalam ban sekarang?
- Gas ideal volumenya 10 liter suhunya 127°C bertekanan 165,6 Pa. Hitunglah banyak partikelnya !
- Dalam sebuah bejana dengan volume 1 m³ berisi 10 mol gas mono atomic dengan energi kinetik partikel rata-rata 1,5 x 10⁻²⁰ J. Tentukan tekanan gas dalam bejana!

Pembahasan Latihan Soal

1. Penyelesaian:

Keadaan awal

$$P_1 = 200 \text{ kPa}, \quad T_1 = 283 \text{ K}$$

$$P_2 = ? \quad T_2 = 313 \text{ K}$$

Karena $V_1 = V_2$, maka persamaan Boyle-Gay Lussac menjadi :

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \rightarrow P_2 = \frac{P_1}{T_1} T_2$$

$$P_2 = \frac{200 \text{ kPa} \times 313 \text{ K}}{283 \text{ K}} = 222 \text{ kPa}$$

Jadi tekanan dalam ban menjadi 222 kPa

2. Penyelesaian :

Diketahui :

$$V = 10 \text{ L} = 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$P = 165,6 \text{ Pa}$$

$$T = 127^\circ\text{C} = 400^\circ\text{K}$$

Ditanya : N ... ?

Jawab :

$$P.V = N.k.T$$

$$165,6 \cdot 10^{-2} = N \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 400$$

$$N = 3 \cdot 10^{19} \text{ partikel}$$

3. *Penyelesaian :*

$$\begin{aligned}
 p &= \frac{1}{3} m_0 \overline{v^2} \left(\frac{N}{V} \right) \\
 &= \frac{2}{3} N \frac{Ek}{V} \\
 &= \frac{\frac{1}{3} \times 10 \times 6,02 \cdot 10^{23} \times 1,5 \cdot 10^{-20} \times 2}{1} \\
 &= 6,02 \cdot 10^4 \text{ Nm}^{-2}
 \end{aligned}$$

F. Penilaian Diri

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan jujur, sesuai dengan kemampuan kalian. Cara menjawabnya adalah dengan memberikan centang (✓) di kolom yang disediakan.

No	Pertanyaan	Ya	Tidak	Keterangan
1	Saya mampu menyebutkan sifat-sifat gas Ideal			
2	Saya mampu menjelaskan persamaan Keadaan Gas Ideal			
3	Saya mampu memahami teori kinetik gas			
4	Saya mampu memahami karakteristik gas pada ruang tertutup.			
5	Saya mampu menjelaskan Hukum Boyle – Gay Lussac tentang gas ideal			

Keterangan:

Apabila kalian menjawab pernyataan jawaban Ya, berarti telah memahami dan menerapkan semua materi. Bagi yang menjawab tidak silahkan mengulang materi yang terkait.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

TEORI EKIPARTISI ENERGI

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran ini Anda diharapkan dapat :

1. menjelaskan konsep energi kinetik rata-rata gas;
2. menjelaskan kecepatan efektif gas;
3. memahami teori ekipartisi energi dan energi dalam; dan
4. mempresentasikan laporan hasil pemikiran tentang teori kinetik gas dan makna fisiknya.

B. Uraian Materi

Selamat bertemu kembali pada pertemuan kedua modul ini. Bagaimana kabar Anda semua? Semoga senantiasa sehat dan dalam lindungan Tuhan Yang Maha Esa. Sebelum melanjutkan pembahasan kita kali ini kita lihat kembali materi pertemuan sebelumnya? Apakah Anda sudah tuntas mempelajari semuanya? Alhamdulillah jika sudah tuntas semuanya. Baiklah kita lanjutkan pertemuan kedua ini semoga dimudahkan dalam belajar.

Hubungan Tekanan dan Energi Kinetik Rata-rata Partikel Gas

Energi kinetik molekul-molekul gas tidaklah sama, sehingga kita perlu mendefinisikan energi kinetik rata-rata molekul-molekul \overline{EK} ,

$$\overline{EK} = \frac{1}{2} m_0 \overline{v^2} \quad \text{atau} \quad m_0 \overline{v^2} = 2\overline{EK}$$

Sehingga,

$$P = \frac{1}{3} (2\overline{EK}) \left(\frac{N}{V} \right) = \frac{2}{3} \overline{EK} \left(\frac{N}{V} \right)$$

\overline{EK} = energi kinetik rata-rata tiap partikel (J)

N = jumlah partikel

V = volume gas (m³)

Hubungan Energi Kinetik Rata-rata dengan Suhu Mutlak Gas.

$$\overline{EK} = \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} nRT$$

Dari persamaan di atas dapat disimpulkan bahwa energi kinetik rata-rata molekul-molekul gas hanya bergantung pada suhu mutlakunya. Makin besar suhu mutlak gas, makin besar energi kinetik rata-rata.

Perhatian !

Persamaan diatas hanya berlaku untuk gas monoatomik (misalnya gas mulia : helium, neon, dan argon). Jika gas dalam soal tidak disebutkan maka kita selalu menganggap sebagai gas monoatomik.

Kelajuan Efektif Gas (v_{RMS})

Misalkan dalam suatu wadah tertutup terdapat N_1 molekul bergerak dengan kelajuan v_1 , N_2 dengan kelajuan v_2 , dan seterusnya, maka kuadrat kelajuan rata-rata $\overline{v^2}$, dinyatakan sebagai berikut :

$$\overline{v^2} = \frac{\sum (N_i v_i^2)}{\sum N_i}$$

$$v_{RMS} = \sqrt{\overline{v^2}}$$

Hubungan Kelajuan Efektif Gas dengan Suhu

$$\overline{EK} = \frac{1}{2} m_0 \overline{v^2} = \frac{1}{2} m_0 v_{RMS}^2$$

$$\frac{3}{2} kT = \frac{1}{2} m_0 v_{RMS}^2$$

$$v_{RMS} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

$$v_{RMS} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

Catatan:

1. Untuk suatu gas ideal tertentu (M konstan) kelajuan efektif v_{RMS} hanya bergantung pada suhu mutlaknya (bukan pada tekanannya)
2. Untuk berbagai gas ideal pada suhu sama (konstan), kelajuan efektif v_{RMS} hanya bergantung pada massa molekulnya

Hubungan Kelajuan Efektif Gas dengan Tekanan.

$$v_{RMS} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}$$

P = tekanan gas (Pa)

ρ = massa jenis gas (kg m^{-3})

Teorema Ekuipartisi Energi

Teorema ekuipartisi energi berbunyi sebagai berikut :

Untuk suatu sistem molekul-molekul gas pada suhu mutlak T dengan tiap molekul memiliki f derajat kebebasan, maka energi mekanik rata-rata per molekul (\overline{EM}) atau energi kinetik rata-rata per molekul (\overline{EK}), dinyatakan oleh,

$$\overline{EM} = \overline{EK} = f \left(\frac{1}{2} kT \right), \text{ dengan } f \text{ adalah derajat kebebasan.}$$

$$\text{Gas monoatomik } f = 3 \Rightarrow \overline{EK} = 3 \left(\frac{1}{2} kT \right)$$

$$\text{Gas diatomic } f = 5 \Rightarrow \overline{EK} = 5 \left(\frac{1}{2} kT \right)$$

Energi Dalam Gas

Energi dalam gas didefinisikan sebagai total energi kinetik seluruh gas yang terdapat di dalam wadah tertutup. Jika ada sejumlah N molekul gas di dalam wadah, maka energi dalam gas (U) adalah

$$U = N \cdot \overline{EK} = N \cdot f \cdot \left(\frac{1}{2} kT \right) = \frac{nfRT}{2}$$

$$\text{Gas monoatomik } f = 3 \Rightarrow U = 3N \left(\frac{1}{2} kT \right)$$

$$\text{Gas diatomic } f = 5 \Rightarrow U = 5N \left(\frac{1}{2} kT \right)$$

C. Rangkuman

1. Energi kinetik molekul-molekul gas tidaklah sama, sehingga perlu didefinisikan energi kinetik rata-rata molekul-molekul \overline{EK} ,

$$\overline{EK} = \frac{1}{2} m_0 \overline{v^2} \text{ atau } m_0 \overline{v^2} = 2\overline{EK}$$

Sehingga,

$$P = \frac{1}{3} (2\overline{EK}) \left(\frac{N}{V} \right) = \frac{2}{3} \overline{EK} \left(\frac{N}{V} \right)$$

2. Hubungan Energi Kinetik Rata-rata dengan Suhu Mutlak Gas.

$$\overline{EK} = \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} nRT$$

3. Energi kinetik rata-rata molekul-molekul gas hanya bergantung pada suhu mutlakunya. Makin besar suhu mutlak gas, makin besar energi kinetik rata-rata.
4. Kelajuan Efektif (v_{RMS}) gas.

Kuadrat kelajuan rata-rata $\overline{v^2}$, dinyatakan sebagai berikut :

$$\overline{v^2} = \frac{\sum (N_i v_i^2)}{\sum N_i}$$

$$v_{RMS} = \sqrt{\overline{v^2}}$$

$$v_{RMS} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

$$v_{RMS} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

$$v_{RMS} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}$$

5. Teorema ekipartisi energi dinyatakan :

$$\overline{EM} = \overline{EK} = f \left(\frac{1}{2} kT \right), \text{ dengan } f \text{ adalah derajat kebebasan .}$$

$$\text{Gas monoatomik } f = 3 \Rightarrow \overline{EK} = 3 \left(\frac{1}{2} kT \right)$$

$$\text{Gas diatomic } f = 5 \Rightarrow \overline{EK} = 5 \left(\frac{1}{2} kT \right)$$

6. Energi dalam gas didefinisikan sebagai total energi kinetik seluruh gas yang terdapat di dalam wadah tertutup.

$$U = N \cdot \overline{EK} = N \cdot f \cdot \left(\frac{1}{2} kT \right) = \frac{\eta f RT}{2}$$

$$\text{Gas monoatomik } f = 3 \Rightarrow U = 3N \left(\frac{1}{2} kT \right)$$

$$\text{Gas diatomik } f = 5 \Rightarrow U = 5N \left(\frac{1}{2} kT \right)$$

D. Penugasan Mandiri

Sebagai penyempurna kegiatan pembelajaran pada modul kali ini, Anda diminta melakukan sedikit kegiatan supaya lebih memahami konsep tentang energi kinetik Gas. Ikuti langkah-langkah berikut :

1. Siapkan 4 buah balon karet yang identik
2. Isi balon karet dengan udara
3. Ukur diameter luar masing-masing balon setelah diisi udara dan catat hasilnya dalam tabel
4. Letakkan 2 balon dibawah terik matahari/dijemur
5. Simpan 2 balon ditempat teduh/dingin
6. Tunggulah beberapa saat 1- 2 jam pastikan balon tidak terbang terbawa angin.
7. Isilah tabel pengamatan berikut :

No.Balon	Ukuran Diameter Balon		Perubahan Ukuran
	Mula-mula	Setelah di jemur/disimpan	
Balon 1			
Balon 2			
Balon 3			
Balon 4			

Pertanyaan dan Tugas !

1. Isilah tabel secara lengkap.
2. Dari hasil pengamatan apa kesimpulan yang bisa Anda ambil terkait perubahan ukuran balon. Jelaskan dengan konsep-konsep Energi Kinetik Gas yang sudah Anda pelajari !

E. Latihan Soal

1. Suatu gas monoatomik A bersuhu 27°C dengan massa tiap partikel $\frac{1}{2}$ kali massa partikel B. Agar kedua macam partikel mempunyai laju yang sam, tentukan suhu gas B!
2. Molekul oksigen ($M_r = 32 \text{ gram/mol}$) di atmosfer memiliki laju efektif 500 ms^{-1} . Tentukan laju molekul Helium ($M_r = 4 \text{ gram/mol}$) !
3. Gas He ($M_r = 4 \text{ gr/mol}$) pada suhu 27°C dan volume 1 L massanya 8 gram . Tentukan energi dalam gas!

Pembahasan Latihan Soal

$$1. E_k = \frac{3}{2}kT \rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}kT$$

$$T = \frac{mv^2}{3k} \rightarrow \text{suhu mutlak sebanding dengan massa partikel gas atau } T_B/T_A = m_B/m_A$$

$$m_B = 2 m_A, \text{ jadi } T_B = 2 T_A \rightarrow T_B = 2(273 + 27) = 600 \text{ K} = 327^\circ \text{ C}$$

2. Penyelesaian:

$$v = \sqrt{\frac{3kT}{m}} \rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} = \sqrt{\frac{Mr_2}{Mr_1}}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} \rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{Mr_2}{Mr_1}} \cdot 500 = 1400 \text{ ms}^{-1}$$

3. Gas He merupakan gas monoatomik sehingga derajat kebebasannya $f = 3$

$$\text{Energi dalam ditentukan dengan menggunakan rumus } U = \frac{nfRT}{2}$$

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{8}{4} = 2 \text{ mol}$$

$$U = \frac{2 \times 3 \times 8,31 \times (273 + 27)}{2} = 7,479 \text{ J}$$

F. Penilaian Diri

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan jujur, sesuai dengan kemampuan kalian. Cara menjawabnya adalah dengan memberikan tanda centang (✓) di kolom yang disediakan.

No	Pertanyaan	Ya	Tidak	Keterangan
1	Saya sudah memahami konsep energi kinetik rata-rata gas			
2	Saya mampu menjelaskan kecepatan efektif gas			
3	Saya mampu memahami teori ekipartisi energi dan energi dalam			
4	Saya mampu mempresentasikan laporan hasil pemikiran tentang teori kinetik gas dan makna fisisnya secara sederhana			

Keterangan:

Apabila kalian menjawab pernyataan jawaban Ya, berarti telah memahami dan menerapkan semua materi. Bagi yang menjawab tidak silahkan mengulang materi yang terkait.

EVALUASI

Pilih Salah Satu Jawaban yang paling tepat!

- Menurut teori kinetik gas, tekanan gas dalam ruangan tertutup adalah....
 - sebanding dengan volume ruangan
 - berbanding terbalik dengan suhu ruangan
 - berbanding terbalik dengan massa jenis gas
 - sebanding dengan massa jenis gas
 - sebanding dengan kecepatan rata-rata partikel gas
- Jika suhu gas dinaikkan, kecepatan rata-rata partikel gas bertambah karena kecepatan gas....
 - sebanding dengan akar massa partikel
 - sebanding dengan akar suhu mutlak
 - berbanding terbalik dengan massa partikel
 - sebanding dengan suhu mutlak
 - sebanding dengan kuadrat suhu mutlak
- Energi dalam suatu gas ideal merupakan fungsi....
 - volum
 - volum dan suhu
 - tekanan
 - suhu
 - tekanan dan suhu
- Sebuah tabung berisi gas pada suhu 127°C , tabung mempunyai lubang yang dapat memungkinkan gas keluar dari tabung. Jika tabung dipanaskan sehingga mencapai suhu 727°C , banyaknya gas yang tersisa dalam tabung adalah....
 - 25 %
 - 33 %
 - 40 %
 - 50 %
 - 75 %
- Sebuah tabung dengan volume 8 L bertekanan 48 atm bersuhu 87°C . Jika volume tabung diubah menjadi 4 L dan suhunya dijadikan 27°C , maka tekanan gas menjadi....
 - 40 atm
 - 60 atm
 - 80 atm
 - 90 atm
 - 160 atm
- Sebuah tabung yang volumenya dapat diatur mula-mula mempunyai volume 100 cm^3 berisi gas dengan suhu 27°C dan tekanan 200 cmHg . Jika tekanan gas dijadikan menjadi 800 cmHg , maka volume tabung menjadi....
 - 25 cm^3
 - 50 cm^3
 - 75 cm^3
 - 100 cm^3
 - 200 cm^3
 -

7. Gas ideal dengan volume 120 cm^3 diproses secara isobarik sehingga suhunya berubah dari 177°C menjadi 627°C . Volume gas sekarang adalah....
 - A. 30 cm^3
 - B. 60 cm^3
 - C. 240 cm^3
 - D. 360 cm^3
 - E. 480 cm^3

8. Massa jenis suatu gas ideal pada suhu T dan tekanan p adalah ρ . Jika tekanan dijadikan $2p$ dan suhu dinaikkan menjadi $2T$, maka massa jenis gas menjadi....
 - A. $0,25 \rho$
 - B. $0,50 \rho$
 - C. $1,00 \rho$
 - D. $2,00 \rho$
 - E. $4,00 \rho$

9. Sebuah tabung berisi gas pada tekanan p dan laju efektif partikel-partikelnya v . Jika ke dalam tabung dipompakan gas yang sama sehingga tekanannya menjadi $0,25p$ dengan suhu tetap, maka laju efektif partikel-partikelnya menjadi....
 - A. $0,25 v$
 - B. $0,50 v$
 - C. v
 - D. $2 v$
 - E. $4 v$

10. Sebuah bejana mempunyai volume 1000 L berisi 20 gram gas helium ($M_r = 4 \text{ gram/mol}$). Jika energi kinetik rata-rata partikel gas $3 \times 10^{-20} \text{ J}$, maka tekanan gas dalam bejana adalah....
 - A. $5,02 \times 10^2 \text{ Nm}^{-2}$
 - B. $6,02 \times 10^2 \text{ Nm}^{-2}$
 - C. $6,02 \times 10^3 \text{ Nm}^{-2}$
 - D. $5,02 \times 10^4 \text{ Nm}^{-2}$
 - E. $6,02 \times 10^4 \text{ Nm}^{-2}$

11. Pada suhu sedang T , partikel gas oksigen mempunyai energi kinetik rata-rata....
 - A. $1,5 kT$
 - B. $2,5 kT$
 - C. $3,5 kT$
 - D. $2,5 k (T + 273)$
 - E. $3,5 k (T + 273)$

12. Jika laju efektif partikel gas ideal dalam ruang berubah, maka faktor-faktor lain yang selalu ikut berubah adalah....
 - A. tekanan dan volume
 - B. tekaanan dan massa jenis gas
 - C. suhu dan energi dalam
 - D. volume dan energi dalam
 - E. tekanan dan suhu

13. Massa sebuah molekul gas O_2 16 kali massa sebuah molekul H_2 pada suhu $127^\circ C$ mempunyai laju rata-rata sama dengan molekul O_2 pada suhu....
- A. 25 K
 - B. 400 K
 - C. 1759 K
 - D. 2032 K
 - E. 6400 K
14. Sejumlah gas ideal dalam ruang tertutup dipanaskan secara isobaric dari suhu $127^\circ C$ sampai dengan suhu $177^\circ C$. Prosentase tambahnya volume adalah....
- A. 12,5 %
 - B. 25 %
 - C. 50 %
 - D. 75 %
 - E. 100 %
15. Gas O_2 bertekanan 25 atm berada dalam silinder baja. Jika 60% dari partikel gas keluar pada proses isotermik, maka tekanan gas sekarang adalah....
- A. 4 atm
 - B. 6 atm
 - C. 10 atm
 - D. 15 atm
 - E. 25 atm

KUNCI JAWABAN EVALUASI

1. D
2. B
3. D
4. A
5. C
6. A
7. A
8. C
9. B
10. E
11. E
12. E
13. E
14. A
15. C

DAFTAR PUSTAKA

- Hari Subagya, 2018. *Konsep dan Penerapan Fisika SMA/MA Kelas XI*, Jakarta : Bailmu PT Bumi Aksara,
- Rosyid, Muhammad Farchani , 2020. *Kajian Konsep Fisika untuk kelas XI SMA dan MA*, Solo : PT. Tiga Serangkai Pustaka Mandiri
- Sunardi, dkk, 2016. *Fisika untuk Siswa SMA/MA kelas XI*, Bandung : Yrama Widya.