

INSTRUMEN PENELITIAN LPTK TAHUN 2003

JUDUL PENELITIAN :

**PENGEMBANGAN MODEL ANALISIS STRUKTUR PENGETAHUAN
MATERI TERMODINAMIKA DALAM RANGKA MENUNJANG PROSES
PEMBELAJARAN PROBLEM SOLVING BERBASIS KONSEP (PSBK)
UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN INTELEKTUAL MAHASISWA**

DIRENCANAKAN DIBIYAI OLEH:
PROYEK DP3M DITBILITABMAS DIRJEN DIKTI TAHUN ANGGARAN 2003

KETUA PENELITI:
DRS.SAEFUL KARIM,M.SI

**JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN IPA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
TAHUN 2003**

INSTRUMEN PENELITIAN I

TES UNTUK MENGUJI KEMAMPUAN MATEMATIKA UNTUK TERMODINAMIKA

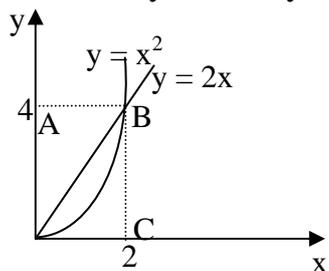
1. Untuk zat Paramagnetik berlaku persamaan $M = C(B/T)$;
dimana,
 M = Magnetisasi Sistem
 B = Induksi Magnetik
 T = Suhu sistem paramagnetik
 C = Tetapan
 - a. Rumuskan ungkapan yang menggambarkan perubahan kemagnetan sistem apabila suhu dan induksi magnetik berubah !
 - b. Tuliskan satuan M,B dan C dalam SI !

2. Untuk sistem berupa kristal dielektrik (zat isolator) berlaku persamaan $P = (a+b/T)E$;
dimana
 P = Polarisasi listrik sistem
 E = Kuat medan listrik
 a dan b = konstan
 - a. Rumuskan ungkapan yang menggambarkan perubahan polarisasi listrik sistem jika suhu dan kuat medan listrik kembali !
 - b. Tuliskan satuan P, E dan a dalam SI !

3. Ujilah semua diferensial total dibawah ini, apakah eksak atau tak eksak. Jika eksak tentukanlah fungsi-fungsinya dengan menggunakan teknik integrasi
 - a. $dz = ydx + xdy$
 - b. $dz = ydx - xdy$
 - c. $dx = ydy + zdz$
 - d. $dx = ydy - zdz$
 - e. $dy = z dx$
 - f. $dy = 2(x+z)dx + 2(x+z)dz$
 - g. $dz = ydx + (x+2y)dy$
 - h. $dz = xdx + (x+2y)dy$

4. Diketahui bahwa $dA = y dx - x dy$, $dB = xdx - y dy$.

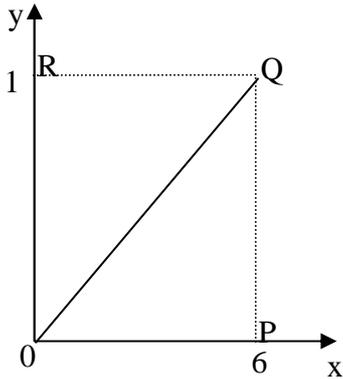
Hitunglah $\int dA$ dan $\int dB$ melalui jalan integrasi sebagai berikut :



- a. Jalan OAB
- b. Jalan OCB
- c. Jalan OB melalui $y = x^2$
- d. Jalan OB melalui $y = 2x$

5. Diketahui bahwa $dz = 2xydx + xdy ; xy (dx + 2dy)$.

Hitunglah $\int dZ$ dan $\int dA$ melalui jalan integrasi sebagai berikut :



- a. Jalan OPQ
- b. Jalan ORQ
- c. Jalan OQ melalui garis lurus OQ

6. Besaran fisis yang penting untuk suatu gas adalah koefesien muai kubiknya

$\beta = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$. Tentukanlah β untuk gas dengan persamaan :

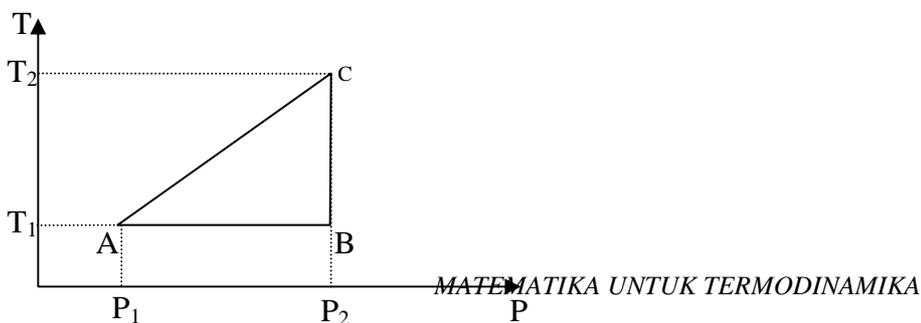
- a. $P(V-b) = RT$
- b. $\left(p + \frac{a}{v^2} \right) (v - b) = RT$

7. a. Buktikan bahwa : $\left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_v = \frac{\beta}{k}$

b. Tunjukkan bahwa untuk persamaan keadaan gas Van der Walls :

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_v = \frac{\beta}{k} = \frac{R}{(v - b)}$$

8. Bila volume V adalah salah satu variabel di dalam sistem P-V-T gas ideal, buktikanlah bahwa integral dV dari keadaan A ke keadaan B melalui dua ajalan yang berbeda, yaitu jalan AB dan jalan ACB memberikan hasil yang sama :



9. Buktikan bahwa koefisien muai kubik β suatu zat pada isotrop sama dengan tiga kali koefisien muai liniernya.
10. Persamaan suatu gas dinyatakan : $P(V-b) = RT$. Buktikan bahwa :
- $\beta = \frac{V-b}{VT}$
 - $k = \frac{(V-b)^2}{RTV}$
11. Buktikan bahwa : $\left(\frac{\partial\beta}{\partial P}\right)_P = -\left(\frac{\partial k}{\partial T}\right)_P$
12. Persamaan keadaan dielektrik dinyatakan : $P(v-b)e^{\frac{a}{VRT}} = RT$ dimana a dan b adalah konstanta
- Tentukan koefisien muai kubik β untuk zat yang memenuhi persamaan tersebut diatas !
 - Tunjukkanlah bahwa untuk temperatur dan volume yang besar, koefisien muai kubik ini sama dengan untuk gas ideal
13. Sama dengan soal no. 12), jika pada titik kritis berlaku :

$$\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_{T_c} = \left(\frac{\partial^2 P}{\partial V^2}\right)_{T_c} = 0$$

Buktikan bahwa konstanta kritis dan zat yang memenuhi persamaan keadaan Dieterici diatas adalah :

$$P_c = \frac{a}{4e^2 b^2}$$

$$V_c = 2b$$

$$T_c = \frac{a}{4Rb}$$

INSTRUMEN PENELITIAN II

TES UNTUK MENGUKUR KEMAMPUAN TERMODINAMIKA BAGIAN PERTAMA DAN KETERAMPILAN INTELEKTUAL

- 1) a. Kuantitas usaha mekanik yang dilakukan oleh gaya \vec{F} sepanjang jalan $d\vec{x}$ dinyatakan : $dw = \vec{F} \cdot d\vec{x}$. Ternyata dw bukan diferensial eksak. Buktikan hal tersebut ! Apa pengertian fisis dw ?
- b. Besaran fisis yang penting untuk gas adalah koefisien muai kubik isobarik $\beta = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$ dan kompresibilitas isotermik $k = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$. Tentukan β dan k untuk persamaan keadaan gas Van der Waals. Kemudian anda perhatikan suatu gas yang mempunyai $\beta = 4,0 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ dan $k = 5,0 \times 10^{-6} \text{ Pa}^{-1}$. Apa arti fisis yang dapat anda katakan tentang gas tersebut ?
- c. Suatu besaran fisika memiliki diferensial total yang bersifat eksak. Apa yang dapat anda katakan tentang besaran fisika tersebut ?
- d. Dari sudut pandang mikroskopik, tekanan gas adalah hasil tumbukan antara molekul gas dengan dinding bejana dimana gas tersebut berada. Buktikan bahwa untuk gas ideal, tekanannya dapat dinyatakan sebagai :
- $$PV = 2N \left(\frac{1}{2} mv^2 \right)_{rata-rata} .$$

- 2) a. Jelaskan konsep suhu dan Hukum ke nol termodinamika !
- b. Semua jenis termometer bekerja berdasarkan prinsip *thermometric property*. Apa yang dimaksud *thermometric property* ? Sebutkan paling sedikit 5 macam termometer, lengkap dengan prinsip kerjanya !
- c. Jelaskan prinsip kerja sel *tripel* ! Apa yang dimaksud *suhu tripel* dan *suhu gas ideal* ?
- d. Perhatikan tabel berikut ini :

$P_{\text{triple point}}$ (mm Hg)	1000,0	750,00	500,00	250,00
P (mm Hg)	1535,3	1151,6	767,82	383,95

Bilangan pada baris atas menyatakan tekanan gas dalam tabung termometer gas volume tetap ketika tabung itu dibenamkan pada sel titik tripel air murni. Bilangan pada baris bawah menyatakan pembacaan tekanan yang bersesuaian ketika tabung dikelilingi oleh suatu zat pada temperatur tetap yang belum diketahui besarnya. Hitunglah temperatur gas ideal T dari data tersebut !

- 3) a. Dalam keadaan kesetimbangan termodinamika, persamaan keadaan dari sistem hidrostatik, sistem paramagnetik, dan sistem dielektrik, masing-masing dinyatakan sebagai $f(P, V, T) = 0$, $f(\vec{B}, \vec{M}, T) = 0$, dan $f(\vec{E}, \vec{P}, T) = 0$. Jelaskan maksud ketiga persamaan tersebut, secara fisis !
- b. Persamaan usaha pada sistem paramagnetik secara umum dinyatakan sebagai : $dw = V\mu_0 H dH + \mu_0 H dM$. Buktikan persamaan tersebut dan jelaskan pengertian fisis yang terkandung di dalamnya !

- c. Persamaan usaha pada sistem dielektrik dinyatakan sebagai :
- $$dw = V\epsilon_0 EdE + Ed\left(\sum_i m_i\right).$$
- Buktikan persamaan tersebut dan jelaskan pengertian fisis yang terkandung di dalamnya !
- d. Suatu sistem hidrostatik memiliki $\beta = \frac{x}{T}$ dan $k = \frac{y}{P}$; dimana x dan y adalah suatu tetapan. Tentukan persamaan keadaan sistem hidrostatik tersebut!
- 4) a. Mengapa dalam termodinamika semua proses harus dipandang kuasistatik? Jelaskan !
- b. Dalam termodinamika sistem tertutup, dikenal 2 macam interaksi, yaitu interaksi usaha dan interaksi kalor. Bagaimana caranya agar kedua interaksi tersebut berlangsung kuasistatik?
- c. Jika keadaan sistem dirubah dari keadaan i ke keadaan f dengan melakukan usaha padanya, maka usaha yang diperlukan ternyata tidak bergantung pada cara yang digunakan, selama cara tersebut adalah cara adiabatik-kuasistatik.
- Sehingga : $W_{adiabatik} = -\int_i^f PdV$. Apa makna fisisnya ?
- d. Jelaskan hubungan antara kapasitas panas suatu zat dengan teorema ekipartisi energi ! Dari suatu sistem diketahui bahwa $C_v = aT + \frac{b}{V} + c$ dan $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = \frac{-bT}{V^2}$. Tentukan fungsi keadaan energi dalam sistem tersebut !(dimana a, b, dan c adalah tetapan)
- 5) a. Turunkan persamaan keadaan gas ideal dari persamaan keadaan gas nyata !
- b. Misalkan energi dalam gas ideal dinyatakan $U = kT$; dimana k adalah tetapan. Mengapa kita tidak boleh mengatakan U sebagai $U = U(P, V)$ secara eksplisit, walaupun kita dapat menuliskan $U = \frac{k}{nR} PV$?
- c. Buktikan bahwa kerja adiabatik yang dilakukan gas ideal (dengan kapasitas panas berupa tetapan), dapat dinyatakan sebagai :
- $$W_{adiabatik} = \frac{-P_i V_i}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{P_f}{P_i} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} \right]; \text{dimana } \gamma = \frac{C_p}{C_v}$$
- d. 1 mol gas ideal dengan $C_p = \frac{5}{2}R$ dan $C_v = \frac{3}{2}R$ dalam keadaan bervolume V_1 dan bertekanan P_1 dalam suatu ruang tertutup. Gas tersebut mengalami proses-proses sebagai berikut :
- Proses 1-2 adalah ekspansi isotermik, dimana volumenya menjadi $V_2 = eV_1$; dimana e adalah bilangan dasar logaritma naturalis)
 - Proses 2-3 adalah proses isokhorik.
 - Proses 3-1 adalah proses adiabatik, sehingga rangkaian proses tersebut menjadi siklus.
- Hitunglah $U_3 - U_1$! (Nyatakan dalam besaran-besaran yang diberikan)

INSTRUMEN PENELITIAN II
TES UNTUK MENGUKUR KEMAMPUAN TERMODINAMIKA
BAGIAN KEDUA DAN KETERAMPILAN INTELEKTUAL

1. Soal tentang “**Persamaan Gas Ideal dan Gas Nyata**”

- a. Turunkan *persamaan keadaan gas ideal* dari persamaan keadaan gas nyata !
 b. Misalkan energi dalam gas ideal dinyatakan $U = kT$; dimana k adalah tetapan. Mengapa kita tidak boleh mengatakan U sebagai $U = U(P, V)$ secara eksplisit,

walaupun kita dapat menuliskan $U = \frac{k}{nR} PV$?

- c. Buktikan bahwa *kerja adiabatik* yang dilakukan *gas ideal* (dengan kapasitas panas berupa tetapan), dapat dinyatakan sebagai :

$$W_{\text{adiabatik}} = \frac{-P_i V_i}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{P_f}{P_i} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} \right]; \text{dimana } \gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

- d. 1 mol gas ideal dengan $C_p = \frac{5}{2}R$ dan $C_v = \frac{3}{2}R$ dalam keadaan bervolume

V_1 dan bertekanan P_1 dalam suatu ruang tertutup. Gas tersebut mengalami proses-proses sebagai berikut :

- Proses 1-2 adalah ekspansi isotermik, dimana volumenya menjadi $V_2 = eV_1$; dimana e adalah bilangan dasar logaritma naturalis)
- Proses 2-3 adalah proses isokhorik.
- Proses 3-1 adalah proses adiabatik, sehingga rangkaian proses tersebut menjadi siklus.

Hitunglah $U_3 - U_1$! (Nyatakan dalam besaran-besaran yang diberikan)

2. Soal tentang “**Energi Dalam Gas Ideal**”

- a. Mengapa dalam termodinamika semua proses harus dipandang *kuasistatik*? Jelaskan !

- b. Dalam termodinamika sistem tertutup, dikenal 2 macam interaksi, yaitu *interaksi usaha* dan *interaksi kalor*. Bagaimana caranya agar kedua interaksi tersebut berlangsung *kuasistatik*?

- c. Jika keadaan sistem dirubah dari keadaan i ke keadaan f dengan melakukan usaha padanya, maka usaha yang diperlukan ternyata *tidak bergantung* pada cara yang digunakan, selama cara tersebut adalah *cara adiabatik-kuasistatik*.

Sehingga : $W_{\text{adiabatik}} = - \int_i^f PdV$. Apa makna fisisnya ?

- d. Jelaskan hubungan antara *kapasitas panas* suatu zat dengan *teorema ekipartisi*

energi ! Dari suatu sistem diketahui bahwa $C_v = aT + \frac{b}{V} + c$ dan $\left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T = \frac{-bT}{V^2}$

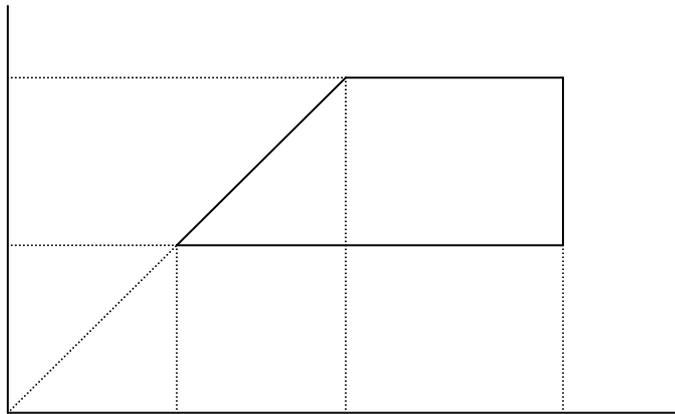
. Tentukan *fungsi keadaan* energi dalam sistem tersebut ! (dimana a, b , dan c adalah tetapan)

3. Soal tentang : “**Hukum Termodinamika II, Siklus Carnot dan Reversibilitas**”

- Sebutkan minimal 3 macam perumusan hukum termodinamika II! Tunjukkan minimal 2 buah contoh penerapan hukum termodinamika dalam kehidupan sehari-hari! Bila perlu beri penjelasan!
- Siklus Carnot terdiri dari 2 kurva adiabatik dan 2 kurva isotermik. Gambarkan siklus ini (untuk gas ideal dengan kapasitas panas tetap) pada diagram P-T dan V-T ! (tunjukkan cara memperoleh kurva masing-masing proses)
- Jelaskan bahwa siklus Carnot merupakan siklus yang mendekati reversibel, sedangkan siklus Diesel dan Otto tidak reversibel ! Gambarkan siklus Otto dan Diesel dalam diagram P-T dan V-T !
- Tunjukkan bahwa siklus Carnot memiliki efisiensi yang paling tinggi dibandingkan dengan siklus lain yang dikerjakan pada dua reservoir yang sama !

4. Soal tentang : “**Siklus Sembarang**”

- Diketahui suatu siklus sembarang dinyatakan dalam gambar berikut ini :



Q_{m1} = Kalor masuk pada proses a-b

Q_{m2} = Kalor masuk pada proses b-c

Siklus tersebut dikerjakan pada gas ideal dengan dengan kapasitas kalor C_p dan C_v tetap.

Tunjukkan bahwa efisiensi siklus tersebut adalah :

$$\eta = \frac{P_1(\gamma - 1)(P_2 - P_1)(2v_3 - v_2 - v_1)}{v_1(P_2^2 - P_1^2)(\gamma + 1) + 2\gamma P_1 P_2(v_3 - v_2)}$$

- Mungkinkah siklus di atas ditransformasikan ke diagram P-T dan V-T ? Jika mungkin, bagaimana transformasinya ?

INSTRUMEN PENELITIAN III
TES UNTUK MENGUKUR KEMAMPUAN TERMODINAMIKA
BAGIAN KETIGA DAN KETERAMPILAN INTELEKTUAL

1. Soal tentang : **“Hukum I Termodinamika untuk control Volume”**
 - e. Jelaskan istilah-istilah berikut : Control volume, proses aliran tunak, proses aliran tak tunak, dan prinsip kekekalan massa.
 - f. Bagaimana cara merumuskan konsep laju aliran massa dan laju aliran volume untuk control volume ? Jelaskan!
 - g. Bagaimana perumusan hukum kekekalan energi secara umum untuk sebuah control volume ? Jelaskan !
 - h. Buktikan bahwa perumusan hukum termodinamika I yang paling sederhana untuk control volume adalah $q - w = \Delta u$!

2. Soal tentang : **“Hukum Termodinamika II, Siklus Carnot dan Reversibilitas ”**
 - i. Sebutkan minimal 3 macam perumusan hukum termodinamika II! Tunjukkan minimal 2 buah contoh penerapan hukum termodinamika dalam kehidupan sehari-hari! Bila perlu beri penjelasan!
 - j. Siklus Carnot terdiri dari 2 kurva adiabatik dan 2 kurva isotermik. Gambarkan siklus ini (untuk gas ideal dengan kapasitas panas tetap) pada diagram P-T dan V-T ! (tunjukkan cara memperoleh kurva masing-masing proses)
 - k. Jelaskan bahwa siklus Carnot merupakan siklus yang mendekati reversibel, sedangkan siklus diesel dan otto tidak reversibel !
 - l. Tunjukkan bahwa siklus Carnot memiliki efisiensi yang paling tinggi dibandingkan dengan siklus lain yang dikerjakan pada dua reservoir yang sama !

3. Soal tentang : **“Entropi”**
 - m. Tunjukkan bahwa untuk siklus yang reversibel berlaku : $\left(\frac{dQ}{T}\right)_R = dS$;
Sedangkan untuk siklus non-reversibel berlaku $\left(\frac{dQ}{T}\right)_{NR} < dS$!
 - n. Rumuskan perubahan entropi untuk proses-proses reversibel berikut : Proses isothermal, proses isokhorik, dan proses isobarik ! Gambarkan sketsa kurva masing-masing proses tersebut dalam diagram T-S !
 - o. Buktikan bahwa untuk proses-proses non-reversibel : $(\Delta S)_{alam} > 0$
 - p. Dengan menggunakan azas entropi, buktikan bahwa $\eta_{Carnot} = \frac{|W|_{maksimal}}{|Q_1|}$

4. Soal tentang : “Perumusan lengkap termodinamika dan keadaan agregasi zat murni”

q. Energi dalam, Entalpi, Energi bebas Helmholtz, dan energi bebas Gibbs disebut potensial termodinamika. Mengapa ? Jelaskan !

r. Buktikan hubungan Maxwell berikut ini :

$$\bullet \left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V = \frac{\beta_T}{k_T}$$
$$\bullet \left(\frac{\partial S}{\partial P} \right)_T = - \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = -\beta_P V$$

s. Jelaskan perbedaan sifat gas ideal dan gas nyata bila dikompresi !

t. Misalnya kita memiliki gas nyata dalam suatu ruang tertutup. Gas tersebut dikompresi pada proses isothermal pada suhu T_1, T_2, T_3, \dots dst. Dimana $T_1 < T_2 < T_3 < \dots$ dst. Gambarkan sketsa kurva masing-masing proses pada satu diagram P-V. Kapan gas nyata tersebut berperilaku mendekati gas ideal? Bagaimana sketsa kurva Tekanan uap terhadap suhu (T) ? Jelaskan!