I. PENDAHULUAN

1.1 Apa Termodinamika itu

Termofisika adalah ilmu pengetahuan yang mencakup semua cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari dan menjelaskan sikap zat di bawah pengaruh kalor dan perubahan-perubahan yang menyertainya. Di dalamnya tercakup : kalorimetri, termometri, perpindahan kalor, termodinamika, teori kinetik gas dan fisika statistik.

Apakah perbedaan termodinamika dan fisika statistik ?

Dalam termodinamika kita berusaha mendapatkan rumus-rumus dan kaitan-kaitan antara besaran fisik tertentu, yang menggambarkan sikap zat dibawah pengaruh kalor. Besaran itu disebut koordinat makroskopik sistem. Rumus dan kaitan itu kita peroleh dari eksperimen dan kemudian kita pergunakan untuk meramalkan perilaku zat tersebut dibawah pengaruh lain kalor. Maka nyatalah bahwa termodinamika adalah ilmu pengetahuan yang berdasarkan eksperimen.

Dalam fisika statistik kita tidak memperhatikan sistem sebagai suatu keseluruhan, melainkan memandang partikel-partikelnya secara individual. Dengan mengadakan beberapa pemisalan tentang partikel itu, secara teoritis dicoba diturunkan hubungan-hubungan dan kaitan-kaitan yang menghubungkan besaran makroskopik dengan sifat partikel. Dengan demikian terbentuklah jembatan antara dunia makroskopik dan dunia mikroskopik.

Yang dimengerti bahwa jumlah koordinat mikroskopik besar sekali, yakni sejumlah N = jumlah partikel dalam sistem (seorde bilangan Avogadro).

Contoh : Perhatikan sistem yang terdiri atas N molekul gas.

Dalam termodinamika, besaran makroskopik yang menggambarkan sistem ini adalah tekanan gas P, volum V dan suhu T. dari eksperimen diketahui bahwa antara ketiga besaran ini ternyata ada kaitan tertentu. Artinya : gas tersebut dapat kita beri volum tertentu, panaskan sampai mencapai suhu tertentu, maka ternyata tekanannya sudah mempunyai nilai tertentu pula. Secara matematis antara P,V dan T terdapat hubungan fungsional : f(P,V,T)=0.

Dari hubungan empirik ini dapat kita buat ramalan-ramlaan tertentu, misalnya tentang koefesien mumai sistem. Ramalan ini kemudian dapat diuji dengan eksperimen berikutnya.

Sebaliknya, dalam fisika statistik gas dilihat sebagai suatu kumpullan N partikel masing-masing bermassa m dan berkecapatan v. tekanan gas ternyata adalah nilai rata-rata perubahan momentum partikel pada tumbukan dengan dinding bejana.

Dengan membuat beberapa asumsi (misalkan bahwa tumbukan itu berlangsung elastis sempurna) diperoleh rumus teoritik :

$$v = \frac{1}{3}\frac{N}{V} m\bar{v}^2$$

Perhatikan bahwa rumus ini menghubungkan dunia mikroskopik (m,v) dengan dunia makroskopik (P,V)

Dalam termodinamika digunakan/didefinisikan sejumlah besaran fisika tertentu (8 jumlahnya) disebut sistem, yakni besaran-besaran makroskopik yang dapat melukiskan keadaan (keseimbangan) sisetm, dan karena itu disebut variabel keadan (State variabel) sistem.

Untuk sistem berupa gas, ke-8 koordinat itu adalah :

Nama	**Lambang**	**Satuan**
Tekanan	P	Pa (=n/m2)
Suhu	T	K
Volum	V	m^3
Entropi	S	JK^{-1}
Energi dalam	U	J
Entalpi	H	J
Energi bebas hemholtz	F	J
Energi bebas Gibs	G	J

Beberapa satuan non-SI :

1 atm = 76 cmHg $\cong$ 101 KPa

1 Tor = 1 mmHg $\cong$ 133 Pa

1 Bar = 100 kPa

1 L = 10^{-3} m^3

t = T = 273,15

Penting :

Banyak eksperimen telah dilakukan yang melibatkan besaran-besaran diata. Semuua eksperimen itu menghasilkan banyak hubungan, kaitan dan rumusan, namuan :

Untuk gas yang jumlah partikelnya tidak berubah (disebut 'closed system') dan bejananya tidak bocor :

Semua sistem eksperimen menunjukkan bahwa apabila sistem berada dalam keadaan seimbang, maka setiap koordinat dapat dinyatakan sebagai fungsi dua koordinat lain

Hanya dua diantara ke-8 koordinat/variabel itu merupakan variabel bebas sistem

Dalam keadaan seimbang berlaku hubungan f(x,y,z) = 0

Pada bejana yang tidak bocor komposisinya tidak berubah (tidak terjadi reaksi kimiawi yang dapat mengubah jumlah partikel dan tidak terjadi difusi), dalam suatu eksperimen umum dan tekanannya dapat kita ubah sekehendak hati.

Berarti :

Pada volum V tertentu, gas dapat diberi suhu T berapa saja, atau pada suhu T tertentu, gas dapat diberi volum berapa saja.

Hal ini mungkin karena ternyata terdapat koordinat ke-3 yang menyesuaikan diri, misalnya P. maka :

Gas dapat dilukiskan oleh sepasang koordinat bebas, dan satu koordinat tak bebas, secara matematis f(,y,z)=0

1.2 Diferensial fungsi dua variabel

Sebelum membicarakan fungsi dua variabel, marilah kita ulang dahulu diferensial fungsi variabel tunggal.

f(x,y) = 0 adalah hubungan fungsional antara variabel x dan y. bentuk demikian disebut bentuk implisit, sedangkan bentuk eksplisitnya ialah x =x (y) dengan y variabel besbas, dan d varianel tak bebas, atau y = y(x) disini x merupakan variabel bebas dan y variabel tak bebas.

Contoh :

X^2-ay=0 ; $\rightarrow x = (ay)^{1/2} \rightarrow y = x^2$

Diferensial dy (atau dx)

Perhatikan y = f(x) ; berapakah dy ;

$A_1B_1 = f(X_1) \quad = f_1$

$A_2B_2 = f(X_2) \quad = f_2$

$A_1A_2 = x_1\text{-}x_2 \quad = \Delta x$

$B_2B_2 = f_2\text{-}f_1 \quad = \Delta f$ maka ;

$$\frac{B_2B_2^{'}}{A_1A_2} = \frac{\Delta F}{\Delta X} = \text{Tan a} = \text{Kemiringan tali busur } B_1B_2$$

Kita lihat kalau $x_2 \rightarrow x_1$, maka $B_2 \rightarrow B_1$, dan tali busur $\rightarrow$ garis singgung. Sedangkan $\Delta f \rightarrow 0$ juga $\Delta x \rightarrow 0$ tetapi melainkan a $\rightarrow$ α = sudut miring garis singgung di B_1.

Jelaslah bahwa apabila kita hitung : $\lim\limits_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta f}{\Delta x} = \frac{0}{0} = ?$. Dari gambar tampak limit ini $\neq 0$, bukan pula ∞, melainkan memiliki nilai berhingga, yakni :

$\lim\limits_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta f}{\Delta x} = \text{Tan}\,\alpha \approx \frac{B_2{'}B_2{''}}{A_1A_2}$. Limit ini diberi lambang $\frac{d}{dx} f(x)$ atau f'(x) dan diberi nama turunan pertama f(x) terhadap x.

Selanjutnya :

- $\left(\frac{df}{dx}\right)_{x_1}$ pada umumnya tidak sama dengan $\left(\frac{df}{dx}\right)_{x_2}$

o $\Delta y \approx \left(\frac{df}{dx}\right)\Delta x$ dengan Δx perubhan kecil pada x; Δy perubahan kecil pada y

- Kalau perubahan menjadi 'sangat kecil'(=Infinit)

Contoh : $y=x^2$; maka $\frac{dy}{dx}=\frac{df}{dx}=2x$ dan dy=2xdx

Fungsi dua variabel
Perhatikan fungsi f(x,y,z) = 0
Bentuk implisit ini menyatkan bahwa antara variabel x,y,z ada hubungan tertentu, maka hanya dua diantara ke-3 variabel itu bersifat bebas, sedangkan yang ke-3 merupakan variabel tak bebas.
Bentuk implisit fungsi itu adalah masing-masing dari tiga bentuk berikut :
x=x(y,z); y dan z merupakan variabel bebas
y=y(x,z); x dan z merupakan variabel bebas
z=z(z,z); y dan z merupakan variabel bebas
Tampak bahwa yang akan dianggap variabel bebas bergantung pada 'selera' kita
Contoh :
$x^2+y-z=0$ (Bentuk implisit)
Bentuk eksplisit : $x=\sqrt{z-y}; y=z-x^2$ dan $z=x^2+y$
Grafik pada x,y,z pada umumnya berupa permukaan (Bukan kurva), yang dapat berupa permukaan tertutup (Bola,elipsoida) ataupun permukaan terbuka (hiperbola,parabboloda)
Perhatikan fungsi z=z(x,y) ; kita misalkan bahwa fungsi ini memang ada ('z is an existing of x and y')
Nilai z dapat berubah karena
x berubah tetapi y tidak, atau y berubah, tetapi x tetap, atau x dan y keduanya berubah (kasus umum)
Maka dz=(Peubahan z karena x berubah)+(Perubahan z karena y berubah)
Secara matematik dinyatakan $dz=\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_y dx+\left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_x dy$

$\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_y dx$: Perubahan z karena x berubah, sedangkan y tidak

$\left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_x dy$: Perubahan z karena y berubah, sedangkan x tidak

Dalam pada ini :

$\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_y dx$ dinamai diferensial parsial z ke x $\cong$ M(xy)

$\left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_x dy$ dinamai diferensial parsial z ke y $\cong$ N(xy)

dx = perubahan d dan dy= perubahan y
dz=diferensial total z, menggambarkan perubahan total z.
karena dz merupakan perubahan infinit suatu fungsi yang memang ada, dz disebut juga diferensial eksak
Contoh

Misalkan $z=x^2+xy^2$; maka

$$\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_y = 2x + y^2 = M(xy)$$ dan

$$\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_y = 2xy = N(xy)$$

Pada umumnya $\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_y$ dan $\left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_x$ adalah dan fungsi x dan y yang berbeda.

$dz = (2x + y^2)dx + (2xy)dy$ atau $dz = d(x^2 + xy^2)$ disebut implisit diferentiation

Pertanyaan : ada berapa buah diferensial parsial pada f(x,y,z)=0 ?

Jawab, Ada 6, yakni :

Dari z=z(x,y) diperoleh $\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_y$ dan $\left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_x$

Dari x=x(z,y) diperoleh $\left(\frac{\partial x}{\partial y}\right)_z$ dan $\left(\frac{\partial x}{\partial z}\right)_y$

Dari y=y(x,z) diperoleh $\left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)_z$ dan $\left(\frac{\partial y}{\partial z}\right)_x$

Keenam diferensial parsial itu pada umumnya tidak sama satu dengan yang lain, namun ada hubungan tertentu diantara diferensial tersebut (Lihat nanti).

Catatan : Diferensial parsial mempunyai arti geometrik lihat kuliah kalkulus

1.3 Diferensial eksak dan tak-eksak

Dari kalkulus diketahui, bahwa apabila z=z(x,y) adalah suatu fungsi yang ada ('existing') dan merupakan fungsi yang baik, maka urutan mendiferensiasikan tidak menjadi soal. Artinya :

Apabila z=z(x,y) adalah fungsi yang baik, maka $\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} = \frac{\partial^2 z}{\partial y \partial x}$

Atau $\left(\frac{\partial M}{\partial y}\right)_x = \left(\frac{\partial N}{\partial x}\right)_y$. Hubungan ini dikenal sebagai syarat Euler

Syarat ini adalah syarat yang perlu dan cukup agar z=z(x,y) adalah fungsi yang nyata ada. Dapat ditentukan dari M dan N dengan integrasi parsial.

Definisi

Diferensial total suatu fungsi yang nyata ada (jadi yang memenuhi syarat Euler) disebut diferensial eksak.

Contoh :

$z = x^2 + yx^2$, adalah fungsi yang ada dan baik. $M(xy) = 2x + y^2$ dan $N(xy) = 2xy$

$dz = (2x + y^2)dx + (2xy)dy$ adalah diferensial eksak, karena $\left(\frac{\partial M}{\partial y}\right)_x = 2y$ dan $\left(\frac{\partial N}{\partial x}\right)_y = 2y$ adalah sama.

Sebaliknya, kita dapat membayangkan suatu besaran A yang bukan fungsi dari cariabel x dan y, jadi fungsi A=A(x,y) tidak ada (‘non-existent’). Walaupun demikian, kitapun dapat membayangkan suatu perubahan pada besaran A itu, yakni dA. Dan kalau ternyata dapat ditulis :
$dA = P(x, y)dx + Q(x, y)dy$, maka akan ditemukan bahwa
$\left(\frac{\partial P}{\partial y}\right)_x \neq \left(\frac{\partial Q}{\partial x}\right)_y$. Ini disebabkan karena P(x,y) dan Q(x,y) tidak merupakan Diferensial parsial dari A, sebab fungsi A(x,y) memang tidak ada.
Dalam hal demikian dA disebut diferensial tak eksak berlambang dA
Secara fisi dA menggambarkan besaran A dalam kuantitas yang sangat ekcil.
Contoh :
Dalam ilmu fisika ternyata terdapat banyak besaran A yang walaupun bukan fungsi variabel d dan y, ‘diferensialnya’ dapat dinyatakan dalam variabel x dan y. Usaha yang dilakukan sepanjang $\vec{F}$ sepanjang jalan $d\vec{s}$ adalah salah saru contohnya.

Perhatikan usaha mekanis gaya $\vec{F}$ sepanjang jalan pendek $d\vec{x}$ yang dilakukan suatu gas yang mengembang dalam bejana berpenampang A melalui suatu piston.

$dW = \vec{F}.d\vec{x}$. Hubungan ini adalah rumus empiris yang kebenarannya tidak dapat disangkal. Dapat diubah menjadi $dW = Fdx$ dan menurut definisi tekanan $P = \frac{F}{A}$ maka $dW = PAdx = PdV$. Kita bertanya : apakah W=W(P,V) suatu fungsi yang ada ? W sebagai fungsi dari P,V ternyata tidak ada. Ini dapat dibuktikan dengan memberlakukan syarat Euler sebagai berikut :
$dW = PdV = PdV + 0dP$, jadi $M(P, V) \cong \left(\frac{\partial W}{\partial V}\right)_P = P$ dan $N(P, V) \cong \left(\frac{\partial W}{\partial P}\right)_V = 0$

syarat Euler : $\left(\frac{\partial^2 W}{\partial P dV}\right) = +1$, tetapi $\left(\frac{\partial^2 W}{\partial V dP}\right) = 0$ maka Euler tidak dipenuhi

Terbuktilah bahwa fungsi W=W(P,V) tidak ada, hingga dW=PdV adalah diferensial tak eksak, diberi lambang dW
dW bukanlah perubahan infinitesimal suatu fungsi, melainkan berupa usaha dalam jumlah yang sangat kecil

Integrasi diferensial dua variabel
Perbedaan antara diferensial eksak dan tak-eksak terlihat pula dari hasil integrasinya. Kita perhatikan integrasi tidak terbatas (atau tak tentu) dan inegrasi terbatas (antara dua batas tertentu)
- Diferensial eksak dz

Integrasi tak tentu suatu diferensial eksak menghasilkan fungsi aslinya ditambah konstanta
Integrasi berbatas suatu diferensial tak eksak menghasilkan bilangan/nilai tertentu
Secara grafis, interpretasi integrasi dz antara dua batas, TIDAK bergantung pada jalan integrasi, hanya bergantung pada titik awal dan titik akhir jalan itu. Tidak dipersoalkan melalui jalan yang mana titik akhir dicapai dari titik awal.

- Diferensial tak eksak dA

Pengintegrasian tak terbatas suatu diferensial tak-eksak, tidak mungkin menghasilkan suatu fungsi, karena a sebagai fungsi x dan y memang tidak ada.
Jadi diferensial tak-eksak dA tidak dapat diintegrasikan dalam arti diatas.
Apa hasil $\int_1^2 dA$?
Hasil integrasi antara dua batas suatu diferensial tak eksak tidak dapat diartikan sebagai selisih antara dua nilai fungsi, karena fungsinya memang tidak ada.
$\int_1^2 dA$? harus diartikan sebagai penjumlahan kuantitas-kuantitas dA yang kecil, hingga akhirnya menjadi besar, hingga akhirnya menjadi A_{12}. jadi :
Nilai A_{12} ini ternyata sangat bergantung pada jalan integrasi : bagaimana titik akhir 2 dicapai dari titik awal 1. Untuk setiap jalan yang berbeda, beda pula hasilnya.
Contoh : Mari $dz = 2xy\,dx + x^2dy$ dan $dA = xy(dx + 2dy)$ kita integrasikan antara titik 0 (0,0) dan B(2,4) melalui beberapa jalan berbeda, misalnya jalan lurus OB, jalan patah OAB dab OCB. Lihat gambar dibawah

Gambar

Apabila diselidiki dengan syarat euler, nyata bahwa dz adalah difrensial eksak, sedangkan dA bukan
$dz = 2xy\,dx + x^2dy$
Jalan OB
Jalan lurus ini mempunyai perasmaan y=2x, maka sepanjang pengintegrasian, hubungan ini berlaku, dengan kata lain dalam integran dapat kita substistusikan y=2x dan dy=2dx, maka

$$\int_{0(0,0)}^{B(2,4)} \left(2xy\,dx + x^2dy\right) = \int_{x=0}^{x=2} \left(2x.2xdx + x^2\,2dx\right) = \int_0^2 6x^2dx = 2x^3\Big|_0^2 = 16$$

Jalan OAB
$\int_{OAB} dz = \int_0^A dz + \int_A^B dz$: Hitung satu persatu
sepanjang OA berlaku x=0 dan dx=0, tetapi dy$\neq$0 dengan y berubah dari 0 ke 4, maka :

$$\int_0^A dz = \int_0^4 \left(2.0.y.0 + 0^2 dy\right) = 0$$

Sepanjang AB berlaku $dx \neq 0$, d berubah dari 0 ke 2 dan y=4, maka dy=0,s ehingga :

$$\int_B^A dz = \int_0^2 \left(2.x.4.dx + x^2.0\right) = \int_0^2 8x.dx = 4x^2\Big|_0^2 = 16$$

Jalan OCB

$$\int_{OCB} dz = \int_0^c dz + \int_C^B dz = \int_0^2 \left(2.x.0.dx + x^2.0\right) + \int_0^4 \left(2.2.y.0 + 2^2 dy\right) = \int_0^4 4dy = 4y\Big|_0^4 = 16$$

Cara ‘analitik’

$$\int_0^8 dz = \int_{0,0}^{2,4} \left(2xydx + x^2 dy\right) = \int_{0,0}^{2,4} d\left(x^2 y\right) = x^2 y\Big|_{0,0}^{2,4} = 2^2.4 - 0^0.0 = 16$$

$$dA = xy\left(dx + 2dy\right)$$

Jalan OB

Y=2x, maka dy=2dx

$$\int_0^B dA = \int_0^2 \left(x.2x.dx + 2x.2x.2dx\right) = \int_0^2 \left(10.x^2\right)dx = \frac{10x^3}{3}\Bigg|_0^2 = \frac{80}{3}$$

Jalan OAB

$$\int_{OAB} dA = \int_0^A dA + \int_A^B dA = \int_0^A \left(0.y.0 + 2.0..y.dy\right) + \int_A^B \left(x.4.dx + 2x.4.0\right) = \int_0^2 4xdx = 2x^2\Big|_0^2 = 8$$

Jalan OCB

$$\int_{OCB} dA = \int_0^C dA + \int_C^B dA = \int_0^C \left(x.0.dx + 2x.0.0\right) + \int_C^B \left(2.y.0 + 2.2.y.dy\right) =$$

$$\int_0^4 4ydy = 2y^2\Big|_0^4 = 32$$

Soal tambahan

Hitung $\int_0^B dz$ dan $\int_0^B dA$ sepanjang parabola y=x^2, yang seperti dapat disimak, melalui titik (0,0) dan (2,4)

Jawab

Y=x^2, maka dy=2xdx

$$\int_0^B dz = \int_0^2 \left(2x.x^2 dx + x^2.2xdx\right) = \int_0^2 4x^4 dx = x^4\Big|_0^2 = 16$$

$$\int_0^B dA = \int_0^2 \left(x.x^2 dx + 2x.x^2.2xdx\right) = \int_0^2 \left(x^3 dx + 4x^4 dx\right) = \left(\frac{x^4}{4} + \frac{4}{5}x^5\right)\Bigg|_0^2 = \frac{148}{5}$$

1.4 Dua hubungan penting antara diferensial parsial

Kalau $z = z(x, y)$, maka $dz = \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_Y dx + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_x dy$

Tetapi fungsi diatas dapat juga dilihat sebagai :

X=x(y,z) maka $dx = \left(\frac{\partial x}{\partial y}\right)_z dy + \left(\frac{\partial x}{\partial z}\right)_y dz$. Apabila dx ini disubstitusikan ke dalam dz, diperoleh :

$dz = \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_Y \left[\left(\frac{\partial x}{\partial y}\right)_z dy + \left(\frac{\partial x}{\partial z}\right)_y dz\right] + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_x dy$ atau

$dz = \left[\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_Y \left(\frac{\partial x}{\partial y}\right)_z \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_x\right] dy + \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_y \left(\frac{\partial x}{\partial z}\right)_y \text{`}dz$, yang berlaku untuk setiap dy dan dz. Maka ia terpenuhi kalau :

- $\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_y \left(\frac{\partial x}{\partial z}\right)_y = 1$ atau $\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_y = \frac{1}{\left(\frac{dx}{dz}\right)_y}$
- $\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_y \left(\frac{\partial x}{\partial y}\right)_z + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_x = 0$ atau $\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_y \left(\frac{\partial x}{\partial y}\right)_z = -\frac{1}{\left(\frac{\partial y}{\partial z}\right)_x}$ hingga

$\left(\frac{\partial x}{\partial y}\right)_z \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_y \left(\frac{\partial y}{\partial z}\right)_x = -1$ dinamai aturan rantai.

1.5 Soal-soal

1. Diketahui fungsi $(x+y)^2 - az = 0$ dengan a tetapan
   a. Tentukanlah ke-6 diferensial yang ada !
   b. Tentukanlah ke-3 diferensia total yang ada !
   c. Buktikan **equation**
2. PV = nRT adalah suatu persamaan keadaan gas ideal, dengan R adalah tetapan, yang lain variabel sistem. Carilah :
   a. dV
   b. equation
3. Untuk zat paramagnetik berlaku persamaan keadaan : **Equation** dengan M adalah magnetisasi sistem, B Induksi magnetik dan T Suhu sistem/kristal, sedangkan c adalah tetapan.
   a. Tuliskan ungkapan yang menggambarkan perubahan kemagnetan sistem yang terjadi. Apabila suhu dan induksi magnetik diubah.
   b. Sebagai ulangan : sebutkan satuan SI untuk M,B,C ?
   c.
4. Untuk sistem berupa kristal dielektrik (zat isolator) berlaku persamaan : P = (a + b/T) E dengan P adalah polarisasi kristal juga berubah : Coba beri ungkapannya.

5. Besaran fisis yang penting suatu gas adalah koefesien muai kubiknya **equation**. Tentukanlah β untuk gas dengan persamaan :
   a. $PV = nRT$
   b. $P(V-b) = RT$
   c. $(P+a/V^2)(V-b) = RT$
   (n,R,a
6. Tentukanlah apakah diferensial total dibawah ini bersifat eksak ataukah tidak :
   a. $dz = y\,dx + x\,dy$;
   b. $dz = y\,dx - x\,dy$;
   c. $dz = y\,dx + x\,dy$;
   d. $dz = y\,dx - x\,dy$;
   e. $dz = z\,dx$;
   f. $dz = 2(x + y)\,dx + 2(x + z)\,dy$;
   g. $dz = y\,dx + (x+2y)\,dy$;
   h. $dz = x\,dx + 2(x + 2y)\,dy$;

7. Mana diantara fungsi-fungsi diatas dapat ditentukan dengan pengintegrasian ? tentukanlah fungsi-fungsi itu !
8. Diketahui $dA = ydx – xdy$ dan $dB = x\,dx – y\,dy$
   Hitunglah : equation, melalui ke-4 ja;an integrasi sbb;
   a. Garis patah OAB ; (Jwb : 8; -6)
   b. Garis patah OCB ; (Jwb : -8; -6)
   c. Parabola $y = x^2$; (Jwb ; -8/3 ; -6)
   d. Garis lurus $y = 2x$ (Jwb : 0;-6)