

MAKALAH

**PERANAN MATEMATIKA DALAM
MENINGKATKAN PERKULIAHAN FISIKA**

Oleh :
Dra. Syakbaniah, M.Si

MILIK PERPUSTAKAAN UNIV. NEGERI PADANG

BITERIMA TGL. : 23-2-2001

SUMBER/HARGA. Hd 1

KOLEKSI : K1

INVENTARIS : 4916/K/2001-P1 (2)

KLASIFIKASI : 530.15 Sya - P10

LOKAKARYA

Analisis Matematika Terhadap
Penguasaan Fisika Untuk Meningkatkan Kualitas Perkuliahan
Kerja Sama Due-Like Project dengan Jurusan Fisika FMIPA
Universitas Negeri Padang

Dilaksanakan Oleh :



Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
UNIVERSITAS NEGERI PADANG

Padang, 8-9 September dan 15-16 September 2000



PERANAN MATEMATIKA DALAM MENINGKATKAN PERKULIAHAN FISIKA

Oleh : *Syakbaniah*

Jurusan Fisika FMIPA UNP Padang

I. Pendahuluan

Matematika disamping merupakan bahasa fisika, juga merupakan salah satu perkakas pikir dalam membahas keilmuan fisika. Sebagai perkakas pikir analisis matematika memegang peranan penting yang sekaligus merupakan indikasi tingkat kedalaman pembahasan fisika sebagai suatu kesatuan yang utuh. Karena pentingnya analisis matematika ini, maka dalam kurikulum Fisika di Perguruan Tinggi disediakan mata kuliah Fisika Matematika.

Tujuan mata kuliah Fisika Matematika ini adalah agar mahasiswa memiliki kemampuan untuk menerapkan berbagai bentuk dasar matematika dalam penyelesaian secara analitis berbagai persoalan fisika (Buku Pedoman IKIP Padang 1999). Disamping itu mata kuliah ini juga akan digunakan pada mata kuliah bidang studi lainnya yang berada pada siklus yang lebih tinggi. Beranjak dari tujuan mata kuliah di atas, pada tulisan ini akan dibicarakan secara garis besar materi yang dibahas dalam Fisika Matematika serta aplikasinya dalam persoalan fisika.

Namun masih banyak masalah yang kita temui sampai saat ini, diantaranya kita belum sempat membicarakan dan melihat bersama saling keterkaitan materi mata kuliah Fisika Matematika ini dengan mata kuliah bidang studi lainnya, disamping itu dalam kurikulum di jurusan kita, mata kuliah prasyarat bagi mata kuliah yang lain dengan berbagai kendalanya terpaksa diambil mahasiswa pada semester yang

sama. Oleh sebab itu tidak ada salahnya kalau kita mencoba membahas masalah ini pada kesempatan lokakarya ini.

II. Peranan Matematika dalam Fisika

Fisika adalah salah satu ilmu yang membahas gejala dan perilaku alam, sepanjang dapat diamati oleh manusia. Menurut B.Suprpto (1991) paling sedikit ada empat unsur yang berperan dalam upaya ini, yaitu: (1) kita memerlukan kejelasan tentang matra/wadah gejala dan perilaku alam itu berlangsung; (2) diperlukan kejelasan tentang obyek yang menjadi fokus bahasan; (3) kita perlu kenal alat dan media yang digunakan oleh manusia untuk menangkap gejala dan perilaku alam yang dipelajari itu, dan (4) kita perlu tahu bahasa untuk mengungkapkan gejala atau perilaku alam itu yang sekaligus digunakan sebagai alat komunikasi antara pengembang ilmu tersebut. Pada unsur keempat ini digunakan matematika sebagai bahasa fisika.

Sebagai ilmu, fisika memiliki ciri ingin melukiskan gejala dan perilaku alam tidak hanya secara kualitatif, melainkan juga kuantitatif, bahkan berupaya agar dapat dibuat secermat dan seteliti mungkin. Untuk itu diperlukan upaya yang disebut pengukuran, baik yang berkaitan dengan jarak (ruang), maupun dengan selang waktu. Ambisinya fisika ingin bisa mengukur besaran jarak sepanjang mungkin, bahkan sampai batas jagat raya ini (kalau batas itu ada). Untuk mengukur batas terkecil diambil batas ukuran wujud partikel atau apapun namanya yang masih bisa dijamah. Demikian juga dengan pengukuran selang waktu, batas atasnya sampai bergenerasi usia manusia. Ambisi untuk dapat mengukur selang waktu

terkecil juga terus diupayakan dengan memanfaatkan matematika tentang bilangan riil yang tidak mengenal batas terkecil (sebelum bilangan nol).

Ketelitian yang menjadi tuntutan ilmu fisika dalam upayanya memahami gejala dan perilaku alam seperti yang disebutkan di atas, memaksa kita menggunakan “bahasa” yang lebih cermat. Banyak diantara perilaku alam itu hanya dapat diungkapkan dalam bahasa ini, yaitu “matematika” Jadi mempelajari matematika sebagai “bahasa ilmu fisika” merupakan tugas yang tidak dapat dihindarkan, betapapun itu mungkin kurang menarik dan membosankan untuk sejumlah orang (B.Suprpto, 1991).

Penggunaan matematika sebagai “*bahasa fisika*” telah memberikan kemampuan bernalar dengan daya jangkau yang amat jauh. Misalnya pada kesetaraan antara massa dengan energi tidak akan ditemukan tanpa bantuan penggunaan “*bahasa*” semacam ini. Atau contoh lain, untuk melukiskan dinamika gerak Newton serta merumuskan hukum-hukum empirik elektrodinamika menjadi persamaan Maxwell memerlukan analisis vektor. Mekanika kuantum yang memperlakukan *partikel* serentak sebagai *gelombang* menuntut pemahaman kita lebih lanjut tentang “bahasa” matematika ini.

Penggunaan matematika sebagai bahasa fisika ini dalam mekanika kuantum lebih abstrak dibanding dengan yang lazim dipakai di fisika klasik. Ramalan serta konsekwensi yang dihasilkan lewat perhitungan atau analisis matematika ini harus diyakini kebenarannya bahwa hasil perhitungan itu memang sesuai dengan hasil-hasil pengamatan, maka imajinasi dan abstraksi yang cukup tinggi diperlukan untuk

memahami gejala dan perilaku alam pada tingkat subatomik seperti pada mekanika kuantum ini

Selain sebagai bahasa fisika, B. Suprpto, (2000) memandang matematika lebih jauh dari itu dimana matematika meliputi 'bahasa kuantitatif' (numerik maupun simbolik), 'perangai bentuk dan ruang'(geometri), logika inferensi, pola pikir taat azas ('consistent'), ... dsb. yang terbukti dapat memandu gejala/perilaku alam yang merupakan bidang kajian fisika. Dari pendapat Suprpto ini jelas bahwa matematika sangat berperan penting dalam keilmuan fisika.

Sebagai bahasa ilmu fisika dan sebagai pola pikir, perumusan matematika dari suatu masalah/fenomena sangat diperlukan untuk lebih memudahkan kita dalam memahami fenomena tersebut. Misalnya pada mekanika klasik tentang Hukum II Newton tentang gerak, yang kalau dinyatakan dengan rumusan matematika $F = ma$ akan memudahkan kita untuk mengetahui dengan segera bahwa persamaan tersebut merupakan Hukum II Newton.

Selanjutnya fisika tidak akan dapat berkembang tanpa bantuan matematika. Misalnya pengamatan suatu gejala pada umumnya belumlah lengkap jika belum memberikan informasi yang kuantitatif. Lord Kelvin menyatakan bahwa pengetahuan kita barulah memuaskan hanya jika kita dapat mengatakannya dalam bilangan (Soejoto, 1993).

III. Arti Fisis dari Suatu Rumusan Matematika

Seperti dibicarakan sebelumnya bahwa kita memerlukan rumusan matematika untuk memudahkan dalam memahami masalah atau fenomena yang dibahas dalam keilmuan fisika. Selanjutnya dengan bantuan analisis matematika besaran atau

konsep fisika dapat diuji dan dibangun. Namun selama mengelola mata kuliah Fisika Matematika, yang jadi permasalahan adalah, mahasiswa menemui kesulitan dalam memahami arti fisis dari suatu lambang atau rumusan matematika. Sebagai contoh: misalnya

- apa yang dimaksud dengan *differensial* ?
- kenapa *kecepatan* dari suatu benda yang bergerak ditulis secara matematik dalam bentuk dx/dt ?
- apa yang dimaksud dengan *integral* ?
- kenapa *usaha* ditulis dalam bentuk $\int Fdx$

Begitu juga apa arti fisis dari persamaan matematika yang digunakan dalam fisika, sebagai contoh, apa arti fisis dari persamaan :

$$\diamond F = m \frac{d}{dt} v(t); F = \frac{d}{dt} p$$

$$\diamond dE = dQ - dW$$

$$\diamond v_0 = \frac{dQ}{dt} R + \frac{Q}{C}$$

$$\diamond \frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (v\rho) = 0$$

Tak kalah pentingnya juga misalnya bila suatu besaran fisis dinyatakan dalam bentuk grafik, kita harus tahu bagaimana membaca grafik tersebut atau dengan kata lain, apa arti yang dikandung oleh grafik tersebut. Sebagai contoh dikutip bagaimana mendapatkan informasi dari grafik gerak yang disajikan melalui tabel berikut (Physics Educational Group, 1994):

Table of how to get information from motion graph

| information sought | x vs t graph | v vs t graph |
|---|--|-------------------|
| where the object is at a particular instant | | |
| the object's velocity at an instant | | |
| the object's acceleration (if constant) | can't tell | compute the slope |
| whether the motion is uniform | | |
| whether the object is speeding up | check whether the slope is getting steeper | |
| whether the object is slowing down | | |
| whether the acceleration is constant | | |

Arti fisis ini sangat diperlukan dalam meletakkan dasar pemahaman kualitatif (qualitative understanding) sebelum menggunakan analisis matematika, sesuai dengan yang dikemukakan Heuvelen (1991) bahwa dalam menyelesaikan suatu persoalan fisika mahasiswa sudah mempunyai pemahaman kualitatif sebelum menggunakan matematika untuk menyelesaikan persoalan tersebut. Hal lain yang juga perlu disadari adalah bahwa dalam pembahasan suatu konsep fisika adalah saling keterkaitan antara analisis kualitatif dengan analisis kuantitatif (analisis matematika). Menurut Sutrisno (1995) fisika juga merupakan ilmu yang kuantitatif, yaitu yang menjelaskan berbagai gejala alam dengan menggunakan teori sehingga dapat dibuat suatu hipotesis, yaitu hubungan antara dua besaran fisis dalam bentuk fungsi matematik yang dapat diuji dengan eksperimen. Sering

kali juga hal sebaliknya yang terjadi, yaitu suatu gejala berupa hubungan antara dua besaran yang ditemukan secara tidak sengaja perlu diberi penjelasan, maka dibuat teori atau model berdasar pada teori fisika lain yang sudah diterima kemudian dibuat perhitungan yang dapat menjelaskan gejala tersebut secara teliti

IV. Pelaksanaan Perkuliahan Fisika Matematika I dan II di Jurusan Fisika.

Fisika Matematika merupakan salah satu mata kuliah perangkat analisis yang digambarkan oleh Sutrisno (1995) melalui suatu model kurikulum untuk program studi sarjana Fisika. Sebagai perangkat analisis, Fisika Matematika membahas dasar-dasar matematika yang diperlukan dalam fisika. Dengan berbekal dasar-dasar matematika tersebut diharapkan mahasiswa dapat menggunakan analisis matematika pada bidang fisika atau mata kuliah fisika lainnya. Tingkat analisis matematika yang digunakan menentukan tingkat kedalaman pembahasan konsep fisika tersebut.

Dalam perkuliahan Fisika Matematika ini terlebih dahulu dibahas matematikanya kemudian diaplikasikan kedalam persoalan fisika. Adapun materi yang dibahas dalam mata kuliah Fisika Matematika serta penerapannya dalam fisika adalah sebagai berikut

I. Fisika Matematika I

1) Deret tak Hingga, contoh

$$+ \text{ Deret Ukur : } \sum_{n=0}^{\infty} a_n = a_0 + a_1 + a_2 + \dots$$

$$+ \text{ Deret Pangkat : } \sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + \dots$$

+ Deret Mac-Laurin : $f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} f^{(n)}(0)x^n$

+ Deret Taylor untuk fungsi $f(x)$ sekitar $x = a$

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} f^{(n)}(a)(x-a)^n$$

penerapannya dalam fisika diantaranya :

a) Ayunan sederhana/pendulum; dengan persamaan gerakanya :

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{l} \sin \theta, \text{ untuk } \theta \text{ kecil persamaan differensial orde dua ini}$$

diselesaikan dengan mengambil suku pertama dari deret

$$\sin \theta = \theta - \frac{\theta^3}{3!} + \frac{\theta^5}{5!} - \frac{\theta^7}{7!} + \dots$$

b) Waktu paruh, $t = \frac{t_1 + t_2}{2} - \frac{1}{2\lambda\lambda} (\lambda\lambda t)^2$

c) Efek relativitas : $v' = v \left(1 \pm \frac{v}{c}\right) \left(1 - \frac{v}{c}\right)^{-1/2}$

2) Bilangan Kompleks, $Z = x + iy$, contoh penerapannya dalam fisika, diantaranya :

a) Menentukan besar kecepatan dan percepatan dari sebuah partikel yang bergerak sebagai fungsi waktu : $Z = (1+i)t - (2+i)(1-t)$

b) Impedansi pada rangkaian listrik : $Z = R + i \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)$

- c) Pada optik, penjumlahan gelombang yang mempunyai frekwensi yang berbeda sebagai fungsi sinus yang merupakan bagian imajiner dari solusi

$$\text{matematikanya : } \sin\left(t + \frac{n-1}{2}\delta\right) \sin \frac{n\delta}{2} / \sin \frac{\delta}{2}$$

- 3) Persamaan Linear dan Matriks, contoh penerapannya dalam fisika, diantaranya :

- a) Hukum Kirchoff : misal menentukan i_1 , i_2 dan i_3 pada suatu rangkaian sederhana.

- b) Menentukan jumlah zat yang dikandung suatu zat radio aktif sebelum meluruh.

- 4) Vektor, contoh penerapannya dalam fisika, diantaranya :

a) Usaha : $W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{d}$

b) Momentum sudut: $\mathbf{L} = m\mathbf{r} \times (\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r})$

c) Persamaan kontinuitas : $\nabla V + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$

d) Hukum Gauss : $\oint_{\text{permukaan}} \mathbf{D} \cdot \mathbf{n} \, d\sigma = \int_{\text{vol}} \rho \, d\sigma$

e) Hukum Ampere : $\iint_{\sigma} (\nabla \times \mathbf{H}) \cdot \mathbf{n} \, d\sigma = \iint_{\sigma} \mathbf{J} \cdot \mathbf{n} \, d\sigma$

5) Deret Fourier : $f(x) = \frac{1}{2}a_0 + \sum a_n \cos nx + \sum b_n \sin nx$

contoh penerapannya dalam fisika, diantaranya

- a) Intensitas relatif bunyi: misal deret Fourier untuk tekanan bunyi sebagai fungsi waktu:

$$p(t) = \frac{1}{4\pi} \left(\frac{\sin 524\pi t}{1} + \frac{30 \sin(524.2\pi t)}{2} + \frac{\sin(523.3\pi t)}{3} + \frac{\sin(523.4\pi t)}{4} + \dots \right)$$

Intensitas relatif merupakan kuadrat dari koefisien Fourier: maka untuk

$n = 1, 2, 3, 4$ dst. intensitas relatif berturut-turut : 1 ; 225 ; 1/9 ; 0 dst.

b) Rangkaian seri RC dengan sumber tegangan V untuk menyalakan neon.

muatan $q = CV(1 - e^{-t/RC})$, bila neon menyala pada $t = \frac{1}{2} RC$, maka q dapat

dikembangkan dalam deret Fourier

6). Integral Ganda, contoh penerapannya dalam fisika, diantaranya :

a) Massa benda : $M = \int \rho dV$; $M = \iiint \rho dx dy dz$ (kartesian)

b) Pusat massa : $\int \bar{x} dM = \int x dM$; $\int \bar{y} dM = \int y dM$; $\int \bar{z} dM = \int z dM$

c) Momen Inersia dari bola sekitar sumbu z:

$$I = \int \rho(x^2 + y^2) dM = \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi} \int_{r=0}^a (r^2 \sin^2 \theta) \rho r^2 \sin \theta dr d\theta d\phi$$

7) Persamaan Differensial Biasa, contoh penerapannya dalam fisika,

diantaranya :

a) Rangkaian seri RLC, untuk menentukan arus I dengan persamaan :

$$L \frac{dI}{dt} + RI + \frac{q}{C} = V \quad \text{untuk persamaan differensial orde satu}$$

$$L \frac{d^2 I}{dt^2} + R \frac{dI}{dt} + \frac{I}{C} = \frac{dV}{dt} \quad \text{untuk persamaan differensial orde dua}$$

b) Vibrasi dengan gaya periodik, misal : $\frac{d^2 y}{dt^2} + 2b \frac{dy}{dt} + \omega^2 y = F' \sin \omega' t$

c) Zat radio aktif, persamaannya: $\frac{dN_2}{dt} + \lambda_2 N_2 = \lambda_1 N_0 e^{-\lambda_1 t}$

II. Fisika Matematika II

1) Differensial Parsial, contoh : $dz = \frac{\partial z}{\partial x} dx + \frac{\partial z}{\partial y} dy$, penerapannya dalam fisika,

diantaranya :

a) Menentukan titik terpanas dan terdingin pada plat yang dibatasi oleh : $x = 0$, $y = 0$, $x = 3$ dan $y = 5$ dari persamaan temperatur : $T = xy^2 - x^2y + 100$

b) Menyelesaikan persamaan gelombang : $\frac{\partial^2 F}{\partial x^2} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 F}{\partial t^2} = 0$

dengan perubahan variabel : $r = x + vt$; $s = x - vt$.

2) Kalkulus Variasi, contoh penerapannya dalam fisika, diantaranya :

a) Menggunakan prinsip Hamilton untuk menentukan persamaan gerak sebuah partikel massa m dibawah pengaruh gravitasi (dekat bumi) menggunakan Persamaan Lagrange, di mana Lagrangian: $L = T - V$ ($T = E_k$ dan $V = E_p$)

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{x}} \right) - \frac{\partial L}{\partial x} = 0$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{y}} \right) - \frac{\partial L}{\partial y} = 0 \quad (\text{Persamaan Lagrange})$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{z}} \right) - \frac{\partial L}{\partial z} = 0$$

diperoleh persamaan gerak : $x = \text{konstan}$; $y = \text{konstan}$; $z = -g$

c) Menggunakan Persamaan Lagrange untuk menentukan persamaan gerak dari

partikel dalam koordinat polar, dengan $L = T - V = \frac{1}{2} m(\dot{r}^2 + r^2 \dot{\theta}^2) - V(r, \theta)$

diperoleh persamaan gerak percepatan sentripetal : $a_r = r - r\dot{\theta}^2$ dan

percepatan sudut $a_\theta = r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta}$

3) Fungsi Khusus, contoh penerapannya dalam fisika, diantaranya :

Pendulum sederhana menggunakan Lagrangian $L = T - V$ untuk mendapatkan

persamaan perioda
$$T = 4 \sqrt{\frac{l}{2g}} \int_0^{\pi/2} \frac{d\theta}{\sqrt{\cos\theta}}$$

bentuk integral pada ruas kanan persamaan merupakan fungsi Beta dimana

bentuk umum dari fungsi Beta dalam bentuk trigonometri adalah :

$$B(p, q) = 2 \int_0^{\pi/2} (\sin\theta)^{2p-1} (\cos\theta)^{2q-1} d\theta$$

yang selanjutnya dapat diselesaikan dengan fungsi Gamma, dimana hubungan antara fungsi Beta dengan fungsi Gama dinyatakan oleh persamaan berikut:

$$B(p, q) = \frac{\Gamma(p)\Gamma(q)}{\Gamma(p+q)}$$

4) Solusi Persamaan Differensial dengan Deret, contoh penerapannya dalam fisika, diantaranya :

a) Energi potensial elektrostatik dari dua muatan listrik yang dipisahkan oleh jarak d , sebanding dengan $1/d$ atau:

$V = K \cdot d$, yang dapat ditulis dalam bentuk deret :

$$V = K \sum_{l=0}^{\infty} \frac{r^{2l} (\cos\theta)}{R^{l+1}}$$

b) Persamaan gerak pada pendulum dengan osilasi kecil

$$\frac{d}{dt} \left(ml^2 \dot{\theta} \right) + mgl \sin \theta = 0$$

bila panjang tali pada waktu t adalah $l = l_0 + vt$ dan perubahan dari t ke l merupakan variabel tak terikat, maka untuk osilasi kecil kita dapat mengambil $\sin \theta \approx \theta$ maka persamaan menjadi :

$$l \frac{d^2 \theta}{dl^2} + 2 \frac{d\theta}{dl} + \frac{g}{v^2} \theta = 0$$

Model persamaan ini dapat dibandingkan dengan model persamaan

$$\text{Bessel: } y'' + \left(1 - \frac{2a}{x} \right) y' + \left[(bcx^{c-1})^2 + \frac{a^2 - p^2 c^2}{x^2} \right] y = 0$$

yang mempunyai solusi : $y = AJ_p(x) + BN_p(x)$, dan bila $\theta = \theta_0$ dan

$\dot{\theta} = 0$ pada saat $t = 0$ sehingga untuk persoalan pendulum di atas diperoleh solusinya :

$$\theta = \frac{\theta_0 l_0^{1/2}}{J_1(u_0)} l^{-1/2} J_1 \left(2 \frac{g^{1/2}}{v} l^{1/2} \right) \text{ dimana } J \text{ adalah fungsi Bessel}$$

5) Persamaan Differensial Parsial, contoh penerapannya dalam fisika, diantaranya

a) Persamaan Laplace : menentukan distribusi temperatur keadaan mantap pada :

- plat datar : $\nabla^2 T = 0$ atau $\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 0$

$$\text{solusi : } T(x,y) = \begin{cases} e^{ky} \sin kx \\ e^{-ky} \sin kx \\ e^{ky} \cos kx \\ e^{-ky} \cos kx \end{cases}$$

• silinder : $\nabla^2 u = 0$ atau $\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial u}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 u}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0$

$$\text{solusi : } u = \begin{cases} J_n(kr) \sin n\theta e^{kz} \\ J_n(kr) \cos n\theta e^{-kz} \end{cases}$$

• bola : $\nabla^2 u = 0$ atau

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial u}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial u}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 u}{\partial \phi^2} = 0$$

$$\text{solusi : } u = r^l P_l^m(\cos \theta) \begin{cases} \sin m\phi \\ \cos m\phi \end{cases}$$

b) Persamaan Difusi atau persamaan aliran panas: $\nabla^2 u = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$

$$\text{solusi: } u = \begin{cases} e^{k^2 \alpha^2 t} \sin kx \\ e^{-k^2 \alpha^2 t} \cos kx \end{cases}$$

c) Persamaan gelombang, misal, vibrasi tali : $\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$

$$\text{diperoleh simpangan : } y = A \sin \left(\frac{n\pi vt}{l} \right)$$

6) Variabel Kompleks, contoh penerapannya dalam fisika, diantaranya:

a) Integral Fresnel pada Optik; $\int_0^u \sin u^2 du$

b) Usaha yang dilakukan pada lintasan tertutup = 0: $W = \oint_C F \cdot dr$

c) Rangkaian seri RLC dengan tegangan periodik, persamaan untuk arus I:

$$I = \frac{\omega V_0 e^{i\omega t}}{R\omega + iL(\omega^2 - \omega_0^2)}$$

7) Transformasi Integral, contoh penerapannya dalam fisika, diantaranya:

a) Transformasi Laplace, contohnya: Rangkaian seri RLC, untuk menentukan besarnya muatan q pada setiap saat t atau $q(t)$, dari persamaan

$$Lq'' + Rq' + q/C = V_0$$

maka diambil transformasi Laplacenya :

$$q(p) = \frac{V_0}{L} \left\{ \frac{1}{p(p + \beta - i\omega)(p + \beta + i\omega)} \right\}$$

muatan q pada saat t atau $q(t)$ merupakan jumlah residu dari $e^{pt}q(t)$ di kutub-kutub.

b) Transformasi Fourier, contohnya: menentukan distribusi temperatur keadaan mantap pada plat metal dengan fungsi temperatur:

$$u(x,0) = \begin{cases} 100^\circ, & 0 < x < 1 \\ 0, & x > 1 \end{cases}$$

$$\text{solusinya : } u(x,y) = \int_0^\infty B(k)e^{-ky} \sin kx dk$$

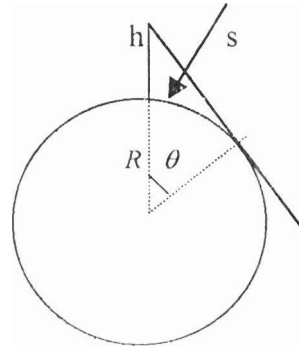
Mata kuliah Fisika Matematika di Jurusan Fisika sudah dijalankan sejak tahun akademik 1991 sesuai dengan kurikulum yang berlaku. Selama mengelola mata kuliah ini sering ditemui kendala di mana mahasiswa menemui kesulitan dalam menemukan rumusan matematika yang diperlukan bila mereka diberi tugas untuk menyelesaikan persoalan fisika. Kesulitan yang dihadapi mahasiswa ini mungkin disebabkan karena mahasiswa tidak memahami besaran fisis secara

kualitatif sehingga mereka menemui kesulitan dalam menentukan analisis apa yang akan digunakan

Menurut Heuvelen (1991) dalam pengajaran fisika sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai yaitu untuk memahami besaran dan konsep-konsep dasar fisis, mahasiswa harus belajar merepresentasikan besaran dan konsep fisis ini menggunakan representasi kualitatif. Ia juga menambahkan mengapa menggunakan analisis kualitatif sebelum melakukan analisis matematika diantaranya adalah karena masih banyak mahasiswa yang belum memahami besaran dan konsep dalam permasalahan fisika. Senada dengan ini Loenard (1996) juga menekankan dalam menyelesaikan persoalan fisika sebaiknya terlebih dahulu dipahami secara kualitatif dengan alasan agar mengetahui konsep atau prinsip dasar apa yang dapat digunakan untuk menyelesaikan soal, lalu mencari alasan mengapa konsep atau prinsip tersebut digunakan, selanjutnya prosedur yang digunakan untuk dapat menyelesaikan soal tersebut, baru dilanjutkan dengan analisis matematis yang digunakan.

Sebagai contoh permasalahan yang dihadapi mahasiswa tersebut, misalnya dalam membahas Deret tak Hingga, terlebih dahulu dibahas matematikanya misalnya tentang fungsi dasar Mac-Laurin lalu diberikan contoh soal penggunaannya dalam fisika mengenai peluruhan zat radio aktif. Setelah membahas matematikanya lalu mahasiswa diberi tugas rumah penggunaan deret ini dalam persoalan fisika, misalnya contoh soal berikut:

- Jika kita naik ke atas tower setinggi h dari atas permukaan bumi, tunjukkan bahwa jarak permukaan bumi yang dapat dilihat mendekati $s = \sqrt{2Rh}$, dengan R jari-jari bumi (lihat gambar). (Petunjuk: Buktikan terlebih dahulu bahwa $h/R = \sec\theta - 1$ dan dapatkan dua suku pertama dari deret untuk $\sec\theta = 1/\cos\theta$ dan gunakan $s = R\theta$.)



.Dalam menyelesaikan persoalan pada contoh soal di atas hampir semua mahasiswa menemui kesulitan apa yang harus dikerjakan terlebih dahulu karena mereka tidak memahami konsep dasar apa yang dapat digunakan untuk menyelesaikan soal tersebut sehingga menemui kesulitan pula besaran-besaran apa yang dapat ditulis dalam bentuk deret sesuai dengan topik matematika yang dibahas.

Dari permasalahan kesulitan yang dihadapi mahasiswa seperti diutarakan di atas, jelas bahwa dalam mengaplikasikan matematika kepersoalan fisika terlebih dahulu mahasiswa harus memahami konsep-konsep fisis yang dikandung oleh persoalan yang dibahas. Untuk membantu kesulitan mahasiswa ini penelitian kearah pemahaman kualitatif ini dalam mata kuliah Fisika Matematika sudah mulai dirintis, dengan menggunakan model pembelajaran dengan sistem tutorial menggunakan LSBA, dimana LSBA ini berisikan soal-soal yang dirancang sedemikian rupa sehingga dapat membimbing mahasiswa kearah pemahaman konsep fisis secara kualitatif untuk menemukan representasi matematis guna menyelesaikan persoalan fisika, hasil yang diperoleh sedikit mengembirakan

(Syakbaniah, 2000). Kembali pada contoh soal di atas, untuk mengerjakan soal tersebut dalam LSBA dimuat hal-hal berikut:

- Jikan kita naik ke atas tower setinggi h dari atas permukaan bumi (lihat gambar dan bumi dianggap bulat dengan jari-jari R).
 - Bagaimana hubungan antara s dan θ ?
 - Dari gambar, apakah R tegak lurus terhadap garis singgung yang dibentuk dari sudut pandang orang di atas tower. Jika ya, bagaimana hubungan antara h dan θ ?
 - Setelah hubungan antara R , h dan θ diperoleh, jadikan persamaan tersebut dalam bentuk h/R sebagai fungsi θ .
 - Tulislah h/R dalam deret sebagai fungsi θ .
 - Substitusi harga θ dalam bentuk R dan s pada deret h/R di atas.
 - Karena s jauh lebih kecil dari R , apa yang terjadi dengan deret h/R ? Buktikan dalam hal ini $s \approx \sqrt{2Rh}$.

Dari contoh soal serta model pembelajaran menggunakan LSBA dalam kegiatan tutorial seperti diuraikan di atas, mungkin dapat dijadikan sebagai bahan pembandingan untuk mata kuliah bidang studi yang lain.

IV. Tingkat Analisis Matematika dalam Perkuliahan Fisika

Dalam menemukan atau membangun suatu konsep atau prinsip fisika, sesuai kaidah ilmiah yang berlaku, diperlukan analisis matematika. Model analisis matematika yang digunakan tergantung pad konsep atau prinsip yang dibahas. Begitu juga tingkat kedalaman analisis matematika yang digunakan menentukan

tingkat kedalaman pembahasan fisika yang dibahas. Misalnya pada Fisika Dasar, menurut William, J. dkk. (1996) tujuan utama dalam pengajaran Fisika Dasar adalah membantu mahasiswa mempelajari konsep-konsep dan prinsip-prinsip pokok, dan juga membantu mahasiswa untuk mempelajari bagaimana menggunakannya dalam menyelesaikan masalah. Sesuai dengan tujuan tersebut maka pembahasan materi pada fisika dasar ini lebih diutamakan pada pemahaman kualitatif (qualitative understanding) kemudian baru dilanjutkan dengan analisis matematika sebagai pemahaman kuantitatif (quantitative understanding). Oleh sebab itu tingkat analisis matematika yang diperlukan masih bersifat umum dengan beberapa pendekatan. Sebagai contoh : dalam membahas pendulum, persamaan geraknya :

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{l} \sin \theta$$

sudut simpangan θ dibatasi untuk harga kecil sehingga digunakan pendekatan

$$\sin \theta \approx \theta, \text{ dimana : } \sin \theta = \theta + \frac{\theta^3}{3!} + \frac{\theta^5}{5!} - \frac{\theta^7}{7!} + \dots$$

maka persamaan gerak menjadi :

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{l} \theta, \text{ Solusi persamaan differensial ini adalah } \sin \omega t \text{ atau } \cos \omega t,$$

$$\text{dimana : } \omega = 2\pi\nu = \sqrt{\frac{g}{l}} \text{ dan perioda dari gerak : } T = \frac{1}{\nu} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Pada contoh di atas karena sudut simpangan mempunyai harga kecil sehingga suku kedua pada deret diatas harganya sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Selanjutnya pada mata kuliah pendalaman, dibahas untuk harga sudut

simpangan yang tidak terlalu kecil, misalnya untuk $\theta = \alpha$, maka perioda dari ayunan dinyatakan oleh persamaan dalam bentuk deret:

$$T_u = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \left(1 + \frac{\alpha^2}{16} + \dots \right)$$

dan bila $\theta = 0^\circ$ sampai 90° harga perioda dari ayunan dinyatakan oleh :

$$T = 4 \sqrt{\frac{L}{2g}} \int_0^{\pi/2} \frac{d\theta}{\sqrt{\cos\theta}}$$

Persamaan terakhir ini diselesaikan dengan fungsi Beta seperti sudah dibicarakan sebelumnya.

Begitu juga dalam kegiatan praktikum di laboratorium, tingkat kedalaman pembahasan konsep fisis ditentukan juga oleh tingkat kedalaman pembahasan analisis matematikanya, serta besaran-besaran yang diukur

V. Penutup

Kita semua menyadari bahwa matematika memegang peranan penting dalam membahas fisika, oleh sebab pada kesempatan lokakarya ini mari kita coba membicarakan analisis matematika yang ada dalam mata kuliah bidang studi, dan melihat kesaling terkaitan materi yang dibahas dalam mata kuliah Fisika Matematika dengan mata kuliah bidang studi yang kita emban. Mungkin saja ada materi yang seharusnya dibahas pada mata kuliah Fisika Matematika yang diperlukan bagi mata kuliah bidang studi, atau sebaliknya ada materi dalam Fisika Matematika yang tidak diperlukan bagi mata kuliah bidang studi tidak perlu dibahas dalam mata kuliah Fisika Matematika karena tidak efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- ◆ Boas, Mary. L. (1985). **Mathematical Methods in The Physical Sciences**. Second Editon. New York. Jonh Wley & Son.
- ◆ Bradbury, Ted Clay. (1984). **Mathematical Methods with Aplications to Problems in the Physical Sciences**. New York, Jhon Wiley & Son
- ◆ Heuvelen, Allan Van, (1991) **Learning to Think like a Physicist : A Review of Research-based Instructional Strategies**. *Am. J. Phys.* **59** (10), October 1991.
- ◆ Leonard, William, J., Dufresne, Robert J., and Mestre Jose P. (1996). **Using Qualitaive Problem-Solving to Highligh the Role of Conceptual Knowledle in Solving Problem**. *Am. J. Phys.* **64** (12), Dec.
- ◆ Physics Educational Group, (1994). **KINEMATICS; Physics by Inquiry**. Departement of Physics, University of Washington, USA.
- ◆ Soejoto dan Sustini, Euis. (1993). **Petunjuk Praktikum Fisika dasar**. DEPDIKBUD, DIRJEN DIKTI, Proyek Pembinaan Tenaga Kependidikan Pendidikan Tinggi.
- ◆ Suprpto, B. (2000). **INSTITUSI MIPA DI INDONESIA, Permasalahan, Tantangan dan Peluang yang dihadapinya**. Makalah pada Lokakarya II Jaringan Kerja Sama Nasional Lembaga Pendidikan Tinggi MIPA (MIPA NET), Kampus ITB Bandung, 29-30 Juni 2000.
- ◆ Suprpto, B. (1991). **BELAJAR FISIKA di Indonesia**. Makalah Undangan pada Simposium Fisika Nasional XIII Himpunan Fisika Indonesia, Serpong, 22-23 Januari 1991.
- ◆ Sutrisno. (1995). **Kurikulum Fisika Dasar**. Makalah pada Penataran Pengajaran Fisika Dasar, Kerja sama HEDS Project-FPMIPA IKIP Padang, 3 – 13 Oktober.
- ◆ Sutrisno, Leo, (1995). **Keterampilan membuat Strategi Pemecahan Masalah. Suatu Alternatif Kegiatan Untuk Meningkatkan Pengajaran MIPA**. Makalah untuk seminar Nasional MIPA di FMIPA UGM, September.
- ◆ Syakbaniah, (2000). **Usaha Meningkatkan Pemahaman Mahasiswa Menyelesaikan Persoalan Fisika Menggunakan Analisis Matematis Melalui Sistem Tutorial**. Makalah pada Simposium Fisika Nasional XVIII PUSPIPTEK Serpong, 25 – 27 April 2000.