



**BUKU RANCANGAN PENGAJARAN (BRP)  
MATA KULIAH  
FISIKA KOMPUTASI**

**oleh**

**Dr. Adam Badra Cahaya**

**Program Studi S1 Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Indonesia  
Depok  
April 2020**

## **PENGANTAR**

Mata kuliah Fisika Komputasi merupakan mata kuliah wajib program studi untuk mahasiswa semester 4 yang telah menyelesaikan mata kuliah Fisika Matematika 3 dan Aljabar Linier Elementer. Dalam 14 minggu perkuliahan, mahasiswa akan diberi materi tentang pengantar matriks dan operasi matriks secara numerik, penyelesaian akar fungsi, integrasi numerik, penyelesaian sistem persamaan linier dan aplikasinya untuk interpolasi, *fitting*, serta turunan, integral dan penyelesaian persamaan diferensial dengan pendekatan beda hingga untuk satu dimensi.

Setelah menyelesaikan kuliah Fisika Komputasi, mahasiswa diharapkan mampu memahami teori dan dapat menerapkan dasar-dasar teknik dan algoritma pemrograman dengan menggunakan perangkat lunak MatLab, Octave atau yang setara, untuk menganalisis data dan menyelesaikan masalah-masalah fisika dalam bentuk aljabar atau persamaan diferensial. Kemampuan yang diperoleh dari kuliah Fisika Komputasi akan sangat membantu mahasiswa dalam kuliah Fisika Komputasi Lanjutan dan perkuliahan di semua peminatan, terutama jika topik tugas akhir berhubungan dengan pemrograman dan komputasi numerik.

Depok, 3 April 2020

Dr. Adam Badra Cahaya

## I. Informasi umum

1. Nama Program Studi / Jenjang Studi : Fisika / S1
2. Nama Mata Kuliah : Fisika Komputasi
3. Kode Mata Kuliah : SCFI602021
4. Semester Ke- : 4
5. Jumlah SKS : 4
6. Metode Pembelajaran : Kuliah mimbar, tugas mandiri, tugas kelompok, dan ujian praktik
7. Mata kuliah yang menjadi prasyarat : Fisika Matematika 3 dan Aljabar Linier Elementer
8. Menjadi prasyarat untuk mata kuliah : Fisika Komputasi Lanjut
9. Integrasi antara mata kuliah : -
10. Deskripsi mata kuliah :

Mata kuliah Fisika Komputasi membentuk kompetensi mahasiswa untuk dapat menerapkan dasar – dasar teknik dan algoritma pemrograman dengan menggunakan perangkat lunak Matlab, Octave atau setara dalam menganalisis data dan menyelesaikan permasalahan fisika yang bisa dinyatakan dalam bentuk aljabar atau persamaan diferensial. Untuk mencapai kompetensi tersebut, mahasiswa akan mendapatkan teori dan praktik tentang materi yang mencakup pengantar matriks dan operasi matriks secara numerik, penyelesaian akar fungsi, integrasi numerik, penyelesaian sistem persamaan linier dan aplikasinya untuk interpolasi, *fitting*, serta turunan, integral dan penyelesaian persamaan diferensial dengan pendekatan beda hingga untuk satu dimensi.

## II. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK) dan Kemampuan pada Akhir Tahap Pembelajaran (Sub-CPMK)

### A. CPMK

Mahasiswa mampu menerapkan dasar – dasar teknik dan algoritma pemrograman dengan menggunakan perangkat lunak Matlab, Octave atau setara dalam menganalisis data dan menyelesaikan permasalahan fisika yang bisa dinyatakan dalam bentuk aljabar atau persamaan diferensial.

### B. Sub-CPMK

1. Mampu menjelaskan algoritma komputasi dengan *file* berformat .m (C2)
2. Mampu membuat program untuk visualisasi kurva secara 2 dimensi (C3)
3. Mampu mendapatkan akar – akar dari suatu fungsi secara numerik (C3)
4. Mampu menyelesaikan sistem persamaan linier secara numerik (C3)
5. Mampu melakukan interpolasi secara numerik dari kumpulan data (C3)
6. Mampu mencocokkan kurva (*curve fitting*) terhadap suatu fungsi (C3)
7. Mampu menghitung integral suatu fungsi secara numerik (C3)
8. Mampu menghitung turunan suatu fungsi secara numerik (C3)
9. Mampu menyelesaikan persamaan diferensial secara numerik (C3)

### III. Rencana Pembelajaran

Minggu ke-	Sub-CPMK	Bahan kajian	Metode pembelajaran	Waktu yang dibutuhkan	Pengalaman belajar (*O-L-U)	Bobot pada mata kuliah	Indikator pencapaian sub-CPMK	Referensi
1	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inisiasi variabel</li> <li>• Fungsi internal</li> <li>• Proses <i>looping</i></li> <li>• Membuat <i>file .m</i></li> </ul>	Kuliah mimbar, Diskusi	200 menit	40 % O, 30 % L, 30 % U	5	Membuat dan menjalankan <i>script</i> program <i>.m</i>	Ref 2 Bab 2
2	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fungsi eksternal</li> <li>• Visualisasi kurva</li> </ul>	Kuliah mimbar, Diskusi	200 menit	40 % O, 30 % L, 30 % U	7	Visualisasi kurva 2 dimensi dengan <i>script .m</i>	Ref 2 Bab 3
3	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metode <i>bisection</i></li> <li>• Metode <i>false position</i></li> <li>• Metode Newton-Raphson</li> </ul>	Kuliah mimbar, Diskusi	200 menit	40 % O, 30 % L, 30 % U	8	Mendapatkan akar – akar dari suatu fungsi dengan <i>script .m</i>	Ref 1 Bab 2, Ref 2 Bab 5
4	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metode determinan</li> <li>• Metode eliminasi Gauss-Jordan</li> </ul>	Kuliah mimbar, Diskusi	200 menit	40 % O, 30 % L, 30 % U	7	Menyelesaikan sistem persamaan linier dengan <i>script .m</i>	Ref 1 Bab 3, Ref 2 Bab 9
5	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metode dekomposisi LU</li> </ul>	Kuliah mimbar, Diskusi	200 menit	40 % O, 30 % L, 30 % U	8	Menyelesaikan sistem persamaan linier dengan <i>script .m</i>	Ref 2 Bab 10
6	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpolasi Lagrange</li> <li>• Interpolasi Newton</li> </ul>	Kuliah mimbar, Diskusi	200 menit	40 % O, 30 % L, 30 % U	7	Melakukan interpolasi dengan <i>script .m</i>	Ref 1 Bab 4, Ref 2 Bab 17
7	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpolasi <i>cubic spline</i></li> </ul>	Kuliah mimbar, Diskusi	200 menit	40 % O, 30 % L, 30 % U	8	Melakukan interpolasi dengan <i>script .m</i>	Ref 2 Bab 18
8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ujian Tengah Semester</li> </ul>							

9	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prinsip <i>least square</i> dalam <i>fitting</i> fungsi polinom</li> </ul>	Kuliah mimbar, Diskusi	200 menit	40 % O, 30 % L, 30 % U	7	<i>Curve fitting</i> fungsi polinom dengan <i>script.m</i>	Ref 1 Bab 5, Ref 2 Bab 15
10	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Metode linearisasi fungsi</li> <li>Metode Gauss-Newton dalam <i>fitting</i> fungsi</li> </ul>	Kuliah mimbar, Diskusi	200 menit	40 % O, 30 % L, 30 % U	8	<i>Curve fitting</i> non-polinom dengan <i>script.m</i>	Ref 1 Bab 5, Ref 2 Bab 15
11	7	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Forward difference</i></li> <li><i>Backward difference</i></li> <li><i>Centered difference</i></li> </ul>	Kuliah mimbar, Diskusi	200 menit	40 % O, 30 % L, 30 % U	5	Menghitung turunan fungsi dengan <i>script .m</i>	Ref 1 Bab 6
12	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Metode Trapezoida</li> <li>Metode Simpson</li> </ul>	Kuliah mimbar, Diskusi	200 menit	40 % O, 30 % L, 30 % U	8	Menghitung integral fungsi dengan <i>script .m</i>	Ref 1 Bab 7
13	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Metode komposit</li> </ul>	Kuliah mimbar, Diskusi	200 menit	40 % O, 30 % L, 30 % U	8	Menghitung integral fungsi dengan <i>script .m</i>	Ref 1 Bab 7
		•						
14	9	<ul style="list-style-type: none"> <li>Metode Euler untuk menyelesaikan persamaan diferensial</li> </ul>	Kuliah mimbar, Diskusi	200 menit	40 % O, 30 % L, 30 % U	7	Menyelesaikan persamaan diferensial dengan <i>script .m</i>	Ref 1 Bab 9
15	9	<ul style="list-style-type: none"> <li>Metode Runge-Kutta untuk menyelesaikan persamaan diferensial</li> </ul>	Kuliah mimbar, Diskusi	200 menit	40 % O, 30 % L, 30 % U	8	Menyelesaikan persamaan diferensial dengan <i>script .m</i>	Ref 1 Bab 9
16	Ujian Akhir Semester							

\*) O : Orientasi; L: Latihan ; U: Umpan Balik

#### Referensi:

- Mathews, J. H., & Fink, K. D. (1999). *Numerical methods using MATLAB* (Third Edition). Upper Saddle River, NJ: Pearson prentice hall.
- Chapra, S. C. (2012). *Applied numerical methods with MATLAB for engineers and scientists* (Third Edition). New York: McGraw-Hill,.



#### IV. Rencana Tugas dan Latihan

Minggu ke-	Nama Tugas	Sub-CPMK	Penugasan	Ruang lingkup	Cara pengerjaan	Batas waktu	Luaran tugas
2	Tugas mandiri 1	1,2	Soal latihan	Inisiasi variabel, fungsi internal, proses <i>looping</i> , membuat <i>file .m</i> , Fungsi eksternal, visualisasi kurva	PR individu	1 minggu	<i>file .m</i>
3	Tugas mandiri 2	3	Soal latihan	Mencari akar dengan metode <i>bisection</i> , <i>false position</i> dan Newton-Raphson	PR individu	1 minggu	<i>file .m</i>
5	Tugas mandiri 3	4	Soal latihan	Menyelesaikan sistem persamaan linier dengan metode determinan, eliminasi Gauss-Jordan dan dekomposisi LU	PR kelompok	1 minggu	<i>file .m</i>
6	Tugas mandiri 4	5	Soal latihan	Melakukan interpolasi dengan metode polinom Gauss dan Newton	PR kelompok	1 minggu	<i>file .m</i>
10	Tugas mandiri 5	6	Soal latihan	<i>Curve fitting</i> dengan prinsip least square dan Gauss-Newton	PR individu	1 minggu	<i>file .m</i>
12	Tugas mandiri 6	7	Soal latihan	Mencari turunan secara numerik	PR individu	1 minggu	<i>file .m</i>
13	Tugas mandiri 7	8	Soal latihan	Mencari integral secara numerik	PR kelompok	1 minggu	<i>file .m</i>
15	Tugas mandiri 8	9	Soal latihan	Menyelesaikan persamaan diferensial dengan metode Euler dan Runge-Kutta	PR kelompok	1 minggu	<i>file .m</i>



## V. Kriteria Penilaian (Evaluasi Hasil Pembelajaran)

Bentuk evaluasi	Sub-CPMK	Instrumen/Jenis Asesmen	Frekuensi	Bobot evaluasi
Tugas mandiri	1-9	<i>Script file .m</i>	8	50%
Ujian Tengah Semester	1-5	<i>Script file .m</i>	1	25%
Ujian Akhir Semester	6-9	<i>Script file .m</i>	1	25%

## VI. Rubrik

### A. Kriteria Nilai Tugas Mandiri, Ujian Tengah Semester dan Ujian Akhir Semester

Nilai	Kualitas Jawaban
100	Mahasiswa mampu membuat <i>script .m</i> dengan benar dan mendapatkan jawaban yang tepat
75-99	Mahasiswa mampu membuat <i>script .m</i> dengan benar tapi jawaban yang didapat kurang tepat
65-74	Mahasiswa mampu membuat <i>script .m</i> kurang sempurna tapi semua komponen utama lengkap
50-64	Mahasiswa mampu membuat <i>script .m</i> kurang sempurna dan komponen utama tidak lengkap
<50	Mahasiswa tidak mampu membuat <i>script .m</i>

### A. Kriteria Nilai Tugas Kelompok

Nilai	Kualitas Jawaban
100	Mahasiswa mampu membuat serangkaian <i>script .m</i> yang berkaitan dengan benar dan mendapatkan jawaban yang tepat
85-99	Mahasiswa mampu membuat serangkaian <i>script .m</i> yang berkaitan dengan benar tapi jawaban yang didapat kurang tepat
75-84	Mahasiswa mampu membuat serangkaian <i>script .m</i> dengan benar tapi kurang berkaitan dan jawaban yang didapat kurang tepat
65-74	Mahasiswa mampu membuat serangkaian <i>script .m</i> yang kurang sempurna tapi semua komponen utama lengkap
50-64	Mahasiswa mampu membuat serangkaian <i>script .m</i> kurang sempurna dan komponen utama tidak lengkap
<50	Mahasiswa tidak mampu membuat <i>script .m</i>

## VII. Lampiran 1: Contoh Soal Ujian Tengah Semester



Kuis Fisika Komputasi kelas C  
 Tanggal: 28 Maret 2019  
 Dosen: Dr. Adam Badra Cahaya  
 Sifat: Take home

Kumpulkan di google form: <https://goo.gl/Z6b4To> , paling lambat pukul 24.00, 31 Maret 2019

- Persamaan bidang equipotential dari sistem dengan 2 buah muatan positif di  $y = 1$  dan  $y = -1$  adalah

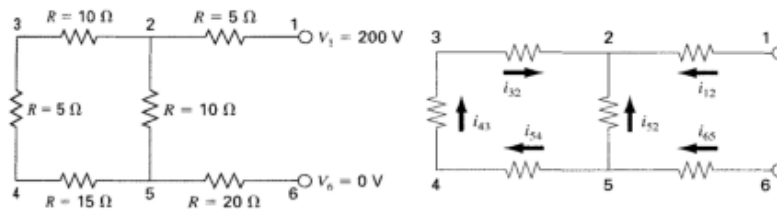
$$V = \frac{1}{\sqrt{x^2 + (y - 1)^2 + z^2}} + \frac{1}{\sqrt{x^2 + (y + 1)^2 + z^2}}$$

Dengan mengatur

$$\begin{aligned} V &= 2, \\ z &= 0, \\ x &= r \cos t, \\ y &= r \sin t, \end{aligned}$$

buat script untuk mencari nilai  $r$  untuk  $t = 0^\circ, 1^\circ, 2^\circ, \dots, 360^\circ$  menggunakan metode **bisection** dengan tebakan awal  $a = 0$  dan  $b = 2$  untuk tiap  $t$ . Lalu gambar permukaan equipotential tersebut pada bidang  $xy$ .

- Gambar berikut ini menunjukkan rangkaian hambatan. Cari nilai - nilai arusnya menggunakan metode dekomposisi LU.



- Data berikut ini menunjukkan data posisi  $(x, y)$  dari sebuah bola yang di lempar. Gunakan metode **polinomial Newton** untuk menggambar lintasan bola tersebut dan cari ketinggian maximum dari bola ini.

$t$ (s)	0	0,5	1
$x$ (m)	0	0,75	1,5
$y$ (m)	173	173,274	171,095

## VIII. Lampiran 2: Contoh Ujian Akhir Semester



UAS Fisika Komputasi kelas C  
Tanggal: 23 Mei 2019  
Dosen: Dr. Adam Badra Cahaya  
Sifat: Take home

Kumpulkan melalui email ke: adam@sci.ui.ac.id, paling lambat pukul 24.00, 26 Mei 2019

1. Cari percepatan gravitasi planet X, jika diketahui data ketinggian (m) terhadap waktu (detik) berikut

Waktu (detik)	0	1	2	3	4	5
Ketinggian (meter)	5	7.38	8.13	7.25	4.73	0.58

2. Gunakan metode trapesoidal untuk menentukan luas seperempat lingkaran

$$A = \int_0^1 \sqrt{1-x^2} dx$$

dan lengkapi nilai pada tabel berikut

M	1	2	4	8	16
h	1	0.5	0.25	0.125	0.0625
A					
error					

Cek untuk nilai analitik  $A = \frac{\pi}{4} = 0.7854$

Gunakan nilai perhitungan error sebagai berikut

$$\text{error} = \frac{|\text{nilai analitik} - \text{nilai komputasi}|}{\text{nilai analitik}} \times 100\%$$

3. Lihat halaman 104 buku teks *Komputasi Untuk Sains dan Teknik edisi 5.pdf*, Kerjakan Latihan I no 3 (Bab 7.3).

## IX. Lampiran 3: Contoh Tugas Individu

### Tugas Individu

Dosen: Dr. Adam Badra Cahaya

Asisten: Geffry Gifari

Kirimkan skrip .m ke adam@sci.ui.ac.id cc: geffry.gifari@sci.ui.ac.id

Deadline:  $7 \times 24$  jam.

1. Data berikut menunjukkan data massa jenis  $\rho$  gas Nitrogen pada beberapa suhu  $T$  yang diukur dengan presisi tinggi. Perkirakan berapa massa jenisnya pada suhu 330 K!

$T(K)$	200	250	300	350	400	450
$\rho(kg/m^3)$	1,708	1,367	1,139	0,967	0,854	0,759

2. Data berikut menunjukkan data posisi  $(x, y)$  dari sebuah bola yang dilempar. Gambar lintasan bola tersebut dan ketinggian maksimum dari bola ini.

$x(m)$	0	0,75	1,5
$y(m)$	173,000	173,274	171,095

## X. Lampiran 3: Contoh Tugas Kelompok

### Tugas Kelompok

Dosen: Dr. Adam Badra Cahaya

Asisten: Geffry Gifari

Kirimkan skrip .m ke adam@sci.ui.ac.id cc: geoffry.gifari@sci.ui.ac.id

Deadline: 7 × 24 jam.

Diketahui sebuah planet bisa dimodelkan dengan sebagai bola beradius  $R_2$  dengan distribusi massa jenis berikut

$$\rho(r) = \begin{cases} \rho_1, & r < R_1 \\ \rho_2, & R_1 < r < R_2 \end{cases}$$

dengan  $R_2 = 6 \times 10^6$  m dan  $\rho_1 = 8000$  kg m<sup>-3</sup> konstanta gravitasi  $G = 6.674 \times 10^{-11}$  kg<sup>-1</sup>m<sup>3</sup>s<sup>-2</sup>.

ketinggian dari permukaan (km) (tanda minus menunjukkan bahwa kedalaman)	percepatan gravitasi (m s <sup>-2</sup> ).
-10	0.29628
-9	0.29631
-8	0.29635
-7	0.29638
-6	0.29641
-5	0.29645
-4	0.29648
-3	0.29652
-2	0.29655
-1	0.29659
0	0.29662

Menggunakan data di atas cari nilai  $\rho_2$  dan  $R_1$

1. dengan menggunakan metode Gauss-Newton terhadap fungsi percepatan gravitasi berikut

$$g(r) = \frac{1}{3}G\rho_2 r + GR_1^3 \frac{\rho_1 - \rho_2}{3r^2}$$

2. dengan linierisasi menggunakan deret Taylor

$$g(R_2 + x) \simeq g(R_2) + xg'(R_2)$$

3. Bandingkan keakuratan kedua metode ini.