

Diktat Praktikum

KOMPUTASI DAN SIMULASI FISIKA

UND 2025 14004/Semester 4

Oleh:

Dr. Budi Adiperdana, M.Si.

Ferry Faizal, Ph.D.

Laboratorium Komputasi

Departemen Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Padjadjaran

Jatinangor, Febuari 2026

MODUL PRAKTIKUM KOMPUTASI DAN SIMULASI FISIKA

Copyright © 2026 – UND202514004 / 4th Semester, Laboratorium of Computation.

Diktat ini merupakan panduan bagi mahasiswa S-1 *Fisika Unpad* dalam memahami mata kuliah komputasi dan simulasi fisika secara praktek.

- *Departemen Fisika, Universitas Padjadjaran*

Modul-1: Model Persamaan Diferensial

Modul-2: Stabilitas Numerik dan Resolusi Diskritisasi

Modul-3: Skema Waktu: Metode Eksplisit dan Implisit

Modul-4: Gerak Partikel, Syarat Batas dan Gerak Realistik (Air drag, Air density)

Modul-5: Gerak Osilasi (Bandul dan Pegas)

Modul-6: Bilangan Acak dan Fenomena Stokastik (Integral di kelas, Random Walk)

Modul-7: Persamaan Medan: Laplace dan Poisson

Modul-8: Persamaan Evolusi Kontinu: Difusi

Modul-9: Persamaan Evolusi Kontinu: Gelombang

Projek Simulasi

MODUL - 3: Skema Waktu: Metode Eksplisit dan Implisit

1. Tujuan Praktikum

Setelah menyelesaikan modul ini, mahasiswa diharapkan mampu:

1. Memahami perbedaan metode eksplisit dan implisit dalam simulasi fisika.
2. Menjelaskan kelebihan dan keterbatasan masing-masing metode.
3. Membandingkan stabilitas solusi numerik dari metode eksplisit dan implisit.
4. Menggunakan metode implisit untuk memperbaiki masalah ketidakstabilan.
5. Menentukan metode yang lebih sesuai untuk suatu sistem fisika.

2. Teori

1. Skema Waktu dalam Simulasi

Dalam simulasi dinamika, sistem fisika berevolusi terhadap waktu, dan dalam komputer menghitung evolusi ini langkah demi langkah. Tetapi, “*Apakah keadaan masa depan dihitung hanya dari masa lalu, atau dapat melibatkan keadaan masa depan itu sendiri?*.” Perbedaan antara bagaimana masa depan dihitung tersebut disebut sebagai eksplisit dan implisit.

2. Metode Eksplisit

Pada metode eksplisit keadaan berikutnya ditentukan sepenuhnya oleh keadaan saat ini. Bentuk umumnya adalah:

$$y(n + 1) = y(n) + f[y(n)]\Delta t$$

Ciri utama:

- Mudah dipahami
- Mudah diimplementasikan
- Cepat secara komputasi
- Stabilitas terbatas

3. Metode Implisit

Pada metode implisit keadaan berikutnya harus konsisten dengan dirinya sendiri, dan bentuk umumnya adalah:

$$y(n + 1) = y(n) + f[y(n + 1)]\Delta t$$

Ciri utama:

- Lebih stabil
- Perlu menyelesaikan persamaan aljabar
- Lebih mahal secara komputasi

Metode implisit secara alami akan menahan pertumbuhan kesalahan, tetapi metode implisit bukan lebih benar, tetapi hanya lebih aman.

4. Contoh 1 – Peluruhan Eksponensial

Akan dibandingkan dua pendekatan eksplisit dan implisit untuk kasus persamaan peluruhan berikut.

$$\frac{dy}{dt} = -\lambda y$$

Dengan menggunakan pendekatan eksplisit persamaan peluruhan akan berubah menjadi (sudah dibahas pada modul-1 dan modul-2)

$$y(n + 1) = y(n)(1 - \lambda \Delta t)$$

Pada kode 3.1 dilakukan simulasi dengan nilai Δt dibuah cukup besar, sehingga terlihat ketidakstabilannya. Gambar 3.1 memperlihatkan akibat nilai Δt terlalu besar menyebabkan kurva yang tidak stabil.

Kode-3.1

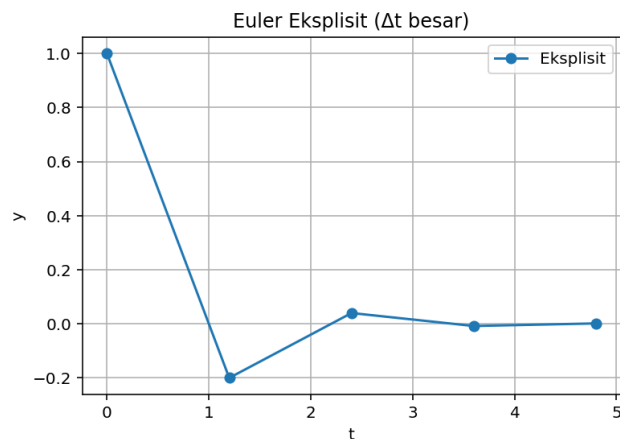
```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

lambd = 1.0
y0 = 1.0
dt = 1.2      # sengaja besar
t_max = 5

t = np.arange(0, t_max, dt)
y = np.zeros(len(t))
y[0] = y0

for n in range(len(t)-1):
    y[n+1] = y[n] - lambd*y[n]*dt

plt.plot(t,y,'o-',label="Eksplisit")
plt.xlabel("t")
plt.ylabel("y")
plt.title("Euler Eksplisit (Δt besar)")
plt.grid()
plt.legend()
plt.show()
```



Gambar 3.1. Kurva peluruhan metode eksplisit

2. Metode Implisit (Euler Implisit)

Persamaan peluruhan eksponensial

$$\frac{dy}{dt} = -\lambda y$$

Diskritisasi

$$\frac{dy}{dt} \approx \frac{y(n+1) - y(n)}{\Delta t}$$

Substitusi pendekatan turunan ke persamaan peluruhan dengan membuat y menjadi $y(n + 1)$

$$\frac{y(n+1) - y(n)}{\Delta t} = -\lambda y(n + 1)$$

$$y(n + 1) - y(n) = -\lambda y(n + 1)\Delta t$$

$$y(n + 1) + \lambda y(n + 1)\Delta t = y(n)$$

$$y(n + 1)(1 + \lambda\Delta t) = y(n)$$

Maka

$$y(n + 1) = \frac{y(n)}{1 + \lambda\Delta t}$$

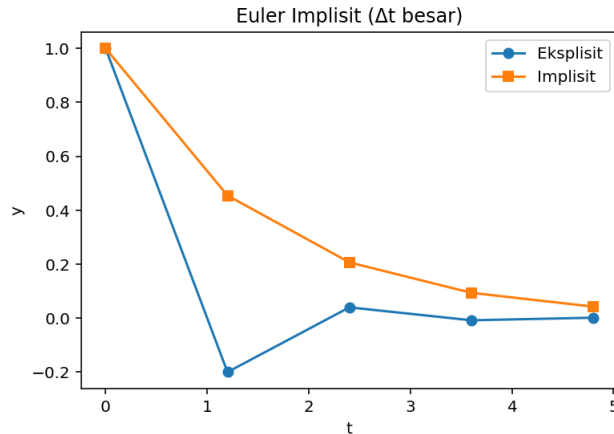
Dengan mengubah dan menambahkan pada kode-3.1 dengan kode-3.2, maka akan didapatkan kurva yang lebih stabil walaupun menggunakan nilai Δt yang cukup besar. Metode implisit menghasilkan pola peluruhan yang tetap benar.

Kode-3.2

```
y_imp = np.zeros(len(t))
y_imp[0] = y0

for n in range(len(t)-1):
    y_imp[n+1] = y_imp[n] / (1 + lambd * dt)

plt.plot(t, y_imp, 's-', label="Implisit")
plt.xlabel("t")
plt.ylabel("y")
plt.title("Euler Implisit (Δt besar)")
plt.grid()
plt.legend()
plt.show()
```



Gambar 3.2. Perbandingan kurva peluruhan antara metode eksplisit dengan metode implisit

Metode implisit memang lebih stabil, tetapi pada setiap langkah waktu kita harus mencari solusi dengan cara menyelesaikan persamaan tambahan. Pada beberapa kasus, persamaan ini sulit atau bahkan tidak dapat diselesaikan, sehingga solusi numerik tidak selalu bisa diperoleh menggunakan metode implisit.

3. Tugas Praktikum

- Ubahlah persamaan berikut menjadi bentuk metode eksplisit dan implisitnya

- Persamaan gerak dengan gaya hambat linear

$$m \frac{dv}{dt} = -bv$$

- Pendinginan Newton (Perpindahan Kalor Transien)

$$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_{env})$$

- Rangkaian listrik RC (Transien Elektronika)

$$\frac{dV_c}{dt} = \frac{1}{RC}(V_0 - V_c)$$

- Buat kode python dari masing-masing persamaan pada tugas nomor (1) dengan membandingkan secara langsung metode eksplisit dengan metode implisit. Amati perbedaannya dan analisis hasilnya. Apakah perilakunya sama dengan pada kasus peluruhan eksponensial atau tidak?