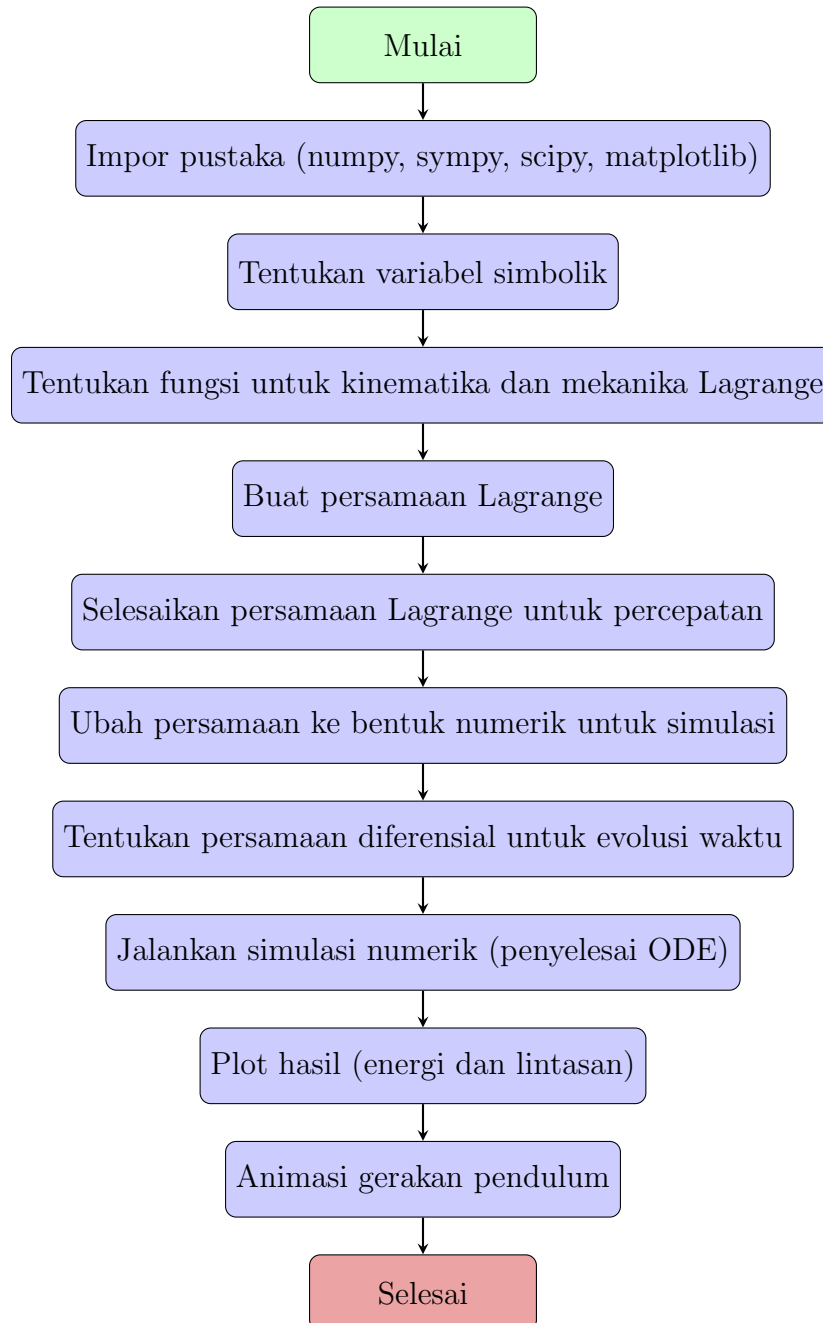


1. Buat diagram alir (flowchart) dari kode program double pendulum di atas!

Adapun diagram alir percobaan ini adalah sebagai berikut.



2. Penjelasan Kode dan Hasil

Kode dimulai dengan mengimpor pustaka-pustaka yang diperlukan, seperti `numpy`, `sympy`, `scipy`, dan `matplotlib` untuk perhitungan numerik dan visualisasi. Selanjutnya, beberapa variabel simbolik seperti waktu (t), massa (m), gravitasi (g), panjang tali (L_1 , L_2), dan lainnya didefinisikan menggunakan `sympy`. Fungsi simbolik untuk posisi benda 1

dan benda 2 (x_1, y_1, x_2, y_2) dalam sistem double pendulum juga didefinisikan untuk menghitung kecepatan dan energi.

Dengan menggunakan prinsip Lagrange, energi kinetik dan potensial sistem dihitung, dan persamaan Lagrange digunakan untuk mendapatkan persamaan gerak dalam bentuk diferensial untuk dua benda dalam sistem pendulum. Persamaan ini kemudian dipecahkan untuk menemukan percepatan sudut ($\ddot{\theta}_1$ dan $\ddot{\theta}_2$), yaitu turunan kedua dari sudut θ_1 dan θ_2 . Setelah itu, persamaan ini dikonversi ke bentuk numerik menggunakan `lambdify`, yang memungkinkan perhitungan lebih cepat untuk simulasi. Fungsi diferensial didefinisikan untuk digunakan dalam metode numerik menyelesaikan pergerakan pendulum dengan metode ODE (Ordinary Differential Equations).

Simulasi numerik dijalankan menggunakan `odeint` dari `scipy.integrate`, yang menghitung solusi persamaan diferensial untuk sistem pendulum berdasarkan nilai awal yang ditentukan. Selanjutnya, energi kinetik sistem dihitung berdasarkan kecepatan benda 1 dan 2 sepanjang waktu. Hasil energi ini dipetakan untuk berbagai nilai frekuensi dan digunakan untuk analisis lebih lanjut. Animasi gerakan double pendulum dibuat menggunakan `matplotlib.animation` untuk menampilkan pergerakan benda dalam sistem secara dinamis.

Posisi benda 1 dan benda 2 divisualisasikan dalam plot 2D, dan jejak pergerakan ditambahkan untuk meningkatkan visualisasi. Plot energi menggambarkan energi kinetik berdasarkan perubahan frekuensi, sedangkan animasi memperlihatkan dinamika sistem double pendulum secara visual.

3. Analisis grafik dan animasi double pendulum!

Dari grafik dan animasi dapat dianalisis tentang pergerakan *double pendulum*, dari grafik terlihat simpangan maksimum akan terjadi maksimum kira - kira kira sampai skala 8 pada grafik. Simpangan maksimum ini tidak instan terjadi dari saat $t=0$ s melainkan saat $t=0.5$ s, dan simpangan akan mengalami penurunan nilai hingga mencapai posisi setimbangnya, ini adalah perbedaan dari pergerakan 1 pendulum dan dua pendulum. Sehingga disimpulkan bahwa grafik yang tercipta berosilasi secara kuadratik pada dua pendulum, sedangkan pada satu pendulum tercipta grafik berosilasi eksponensial.

Semua dapat dibuktikan dengan, animasi yang dibuat dan dapat dilihat pergerakan yang awalnya simpangan kecil kemudian menjadi besar dan akan mengecil seiring berjalannya waktu.