

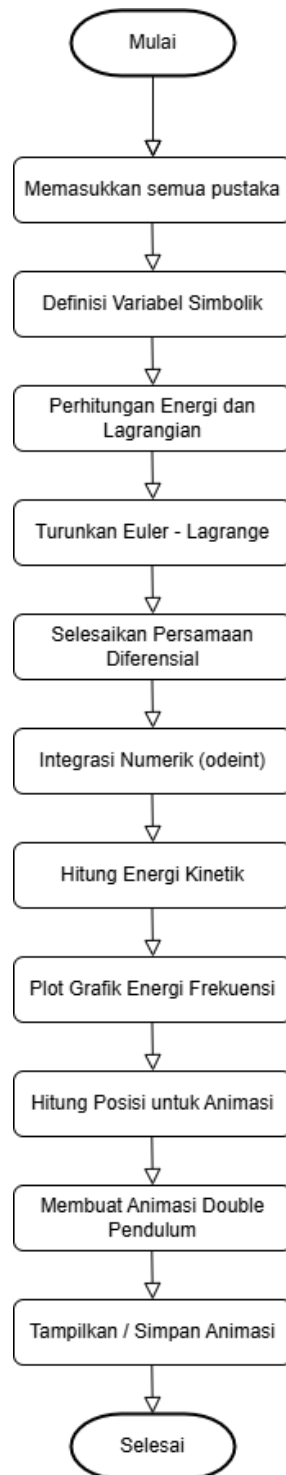
Laporan Praktikum Fisika Komputasi

Tugas 8 : Senin, 11 November 2024

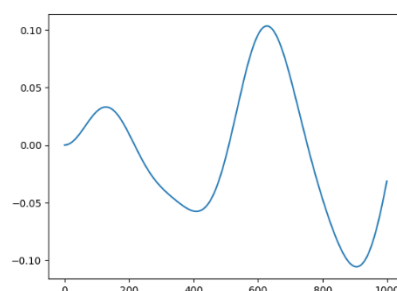
Disusun oleh : Najlah Rupaidah

NIM : 1227030025

1. Diagram alir kode program double pendulum

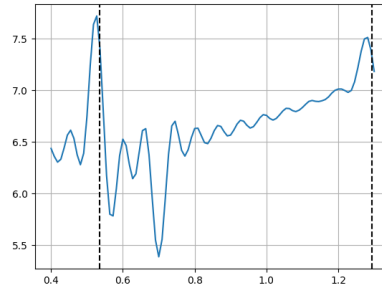


2. Pertama, kode program dimulai dengan mengimpor beberapa pustaka Python yang digunakan untuk komputasi simbolik, numerik, dan visualisasi. Pustaka **sympy** digunakan untuk analisis matematis simbolik, **numpy** untuk operasi numerik, **matplotlib** untuk visualisasi grafik, dan **scipy.integrate** untuk menyelesaikan persamaan diferensial. Lalu kode program mendefinisikan variabel-variabel simbolik untuk mewakili parameter fisik sistem seperti waktu (t), massa (m), gravitasi (g), panjang tali pendulum (L_1, L_2), frekuensi sudut (ω), dan lainnya. Selanjutnya, sudut-sudut pendulum, yaitu θ_1 dan θ_2 , dideklarasikan sebagai fungsi waktu, termasuk turunan pertama dan kedua terhadap waktu untuk analisis dinamika. Koordinat posisi masing-masing massa (x_1, y_1 untuk massa pertama, x_2, y_2 untuk massa kedua) didefinisikan menggunakan fungsi trigonometri yang melibatkan sudut θ_1 dan θ_2 . Setelah itu, turunan posisi terhadap waktu dihitung untuk mendapatkan kecepatan masing-masing massa. Fungsi kecepatan ini dikonversi menjadi fungsi numerik menggunakan **smp.lambdify**, sehingga dapat digunakan untuk simulasi numerik nantinya. Energi kinetik sistem dihitung berdasarkan kecepatan masing-masing massa, sementara energi potensial dihitung berdasarkan posisi masing-masing massa dalam medan gravitasi. Dengan menggunakan energi kinetik dan potensial, fungsi Lagrangian didefinisikan sebagai selisih keduanya. Persamaan gerak sistem pendulum ganda diperoleh dengan menerapkan persamaan Lagrange-Euler untuk masing-masing sudut (θ_1 dan θ_2). Program menyelesaikan persamaan ini untuk memperoleh percepatan sudut θ_1 dan θ_2 (turunan kedua terhadap waktu). Selanjutnya, persamaan gerak yang diperoleh dalam bentuk simbolik diubah menjadi fungsi numerik untuk digunakan dalam simulasi. Fungsi **odeint** dari **scipy.integrate** digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan diferensial ini secara numerik, dengan menentukan kondisi awal dan parameter fisik seperti panjang tali dan percepatan gravitasi. Solusi numerik berupa sudut dan kecepatannya dalam fungsi waktu disimpan dalam array. Lalu program melakukan analisis energi sistem dengan menghitung energi kinetik rata-rata pada berbagai nilai frekuensi sudut (ω). Grafik energi sebagai fungsi frekuensi sudut digambar untuk menunjukkan resonansi sistem, yaitu di mana energi mencapai nilai maksimum. Kemudian bagian terakhir program bertujuan membuat animasi gerak pendulum ganda. Posisi masing-masing massa dihitung untuk setiap waktu dalam simulasi, dan hasilnya divisualisasikan dalam bentuk animasi menggunakan **matplotlib.animation**. Animasi ini menampilkan pendulum bergerak dalam ruang dua dimensi, lengkap dengan jejak gerak masing-masing massa untuk memberikan gambaran trajektori. Hasil akhirnya adalah video HTML interaktif yang menampilkan gerak pendulum.
- 3.

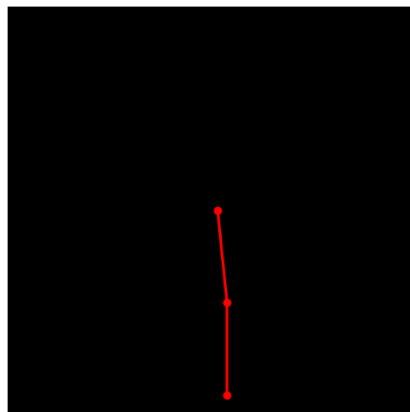


Grafik ini menunjukkan dinamika sudut pendulum pertama (θ_1) terhadap waktu. Sumbu horizontal merepresentasikan waktu, sedangkan sumbu vertikal menunjukkan nilai

sudut pendulum. Pola grafik menggambarkan gerak osilasi, di mana sudut pendulum berubah secara periodik dengan waktu. Amplitudo yang bervariasi mengindikasikan perubahan energi selama gerak berlangsung, yang kemungkinan terjadi akibat interaksi dengan pendulum kedua.



Grafik kedua menggambarkan energi rata-rata sistem pendulum ganda sebagai fungsi dari frekuensi (ω). Sumbu horizontal menunjukkan frekuensi, sedangkan sumbu vertikal menunjukkan energi rata-rata. Tampak adanya dua garis putus-putus vertikal, yang mungkin menandai frekuensi resonansi utama sistem. Grafik menunjukkan bahwa energi mencapai puncak tertentu pada frekuensi tertentu, yang menunjukkan kondisi resonansi di mana energi maksimum ditransfer ke sistem. Setelah puncak, energi berfluktuasi secara signifikan, mencerminkan sifat non-linear sistem pendulum ganda.



Hasil video menunjukkan animasi pendulum ganda, di mana setiap pendulum bergerak mengikuti pola dinamis yang kompleks. Dalam animasi tersebut, dapat diamati interaksi antara kedua pendulum, termasuk pola osilasi yang tidak teratur dan perubahan energi yang memengaruhi gerak keseluruhan sistem. Garis jejak menambahkan konteks visual terhadap lintasan yang diikuti oleh masing-masing pendulum, memberikan gambaran dinamis dari gerak non-linear mereka.