Penjelasan Inner Mekanisme Fungsi Script <codespan>inverse\_kinematics\_3dof\_3dplot.py</codespan>

1. inverse\_kinematics\_3dof(x, y, z, l1, l2, l3)

Fungsi ini menghitung sudut-sudut sendi (θ1, θ2, θ3) agar end effector mencapai posisi (x, y, z) tertentu.

* **θ1**: Sudut rotasi dasar, dihitung dengan atan2(y, x).
* **r1**: Jarak horizontal dari pusat ke target (sqrt(x² + y²)).
* **r2**: Selisih ketinggian target dengan link pertama (z - l1).
* **r3**: Jarak lurus dari pangkal link kedua ke target (sqrt(r1² + r2²)).
* **cos\_theta3**: Dihitung dengan hukum cosinus, di-clamp agar tetap dalam domain [-1, 1] untuk menghindari error.
* **θ3**: Sudut antara link kedua dan ketiga, hasil dari acos(cos\_theta3) lalu disesuaikan orientasinya.
* **θ4**: Sudut elevasi ke target (atan2(r2, r1)).
* **cos\_theta2\_1**: Hukum cosinus untuk sudut antara link kedua dan garis ke target, juga di-clamp.
* **θ2\_1**: Sudut antara link kedua dan garis ke target.
* **θ2**: Penjumlahan θ4 dan θ2\_1.
* **Output**: θ1, θ2, θ3 (radian).

2. forward\_kinematics\_3dof(theta1, theta2, theta3, l1, l2, l3)

Fungsi ini menghitung posisi setiap sendi dan end effector berdasarkan sudut dan panjang link.

* **Base**: (0, 0, 0)
* **Joint 1**: (0, 0, l1)
* **Joint 2**:
  + x2 = l2 \* cos(θ2) \* cos(θ1)
  + y2 = l2 \* cos(θ2) \* sin(θ1)
  + z2 = l1 + l2 \* sin(θ2)
* **End Effector**:
  + x3 = x2 + l3 \* cos(θ2 + θ3) \* cos(θ1)
  + y3 = y2 + l3 \* cos(θ2 + θ3) \* sin(θ1)
  + z3 = z2 + l3 \* sin(θ2 + θ3)
* **Output**: List tuple posisi [(x0, y0, z0), ..., (x3, y3, z3)].

3. plot\_robot(joints)

Fungsi ini menampilkan visualisasi statis lengan robot berdasarkan posisi sendi.

* Ekstrak koordinat X, Y, Z dari list joints.
* Membuat plot 3D dan menggambar garis antar sendi dengan marker.
* Menandai end effector dengan warna merah.
* Menambahkan label sumbu, judul, legend, dan aspek rasio proporsional.
* Menampilkan plot.

4. interactive\_robot(l1, l2, l3, start\_x, start\_y, start\_z)

Fungsi ini menyediakan antarmuka interaktif untuk mengatur posisi end effector dan melihat hasilnya secara real-time.

* Membuat figure dengan dua subplot: 3D plot dan tabel parameter.
* Menampilkan info penulis di bawah plot.
* Mengatur label, batas, dan aspek plot 3D.
* Membuat objek garis dan marker end effector untuk update dinamis.
* Membuat tabel untuk menampilkan X, Y, Z, θ1, θ2, θ3.
* Membuat slider untuk X, Y, Z, elevasi, dan azimuth view.
* Membuat textbox untuk input X, Y, Z secara manual.
* **Fungsi update:**
  + Membaca nilai slider.
  + Hitung inverse kinematics → dapatkan sudut.
  + Hitung forward kinematics → dapatkan posisi sendi.
  + Update posisi garis dan marker di plot.
  + Update tampilan tabel dengan nilai terbaru.
  + Sinkronisasi nilai textbox dengan slider.
  + Redraw canvas.
* **Fungsi submit\_x/y/z:**
  + Mengubah nilai slider jika textbox diubah.
* Menghubungkan slider dan textbox ke fungsi update/submit.
* Memanggil update() pertama kali, lalu menampilkan plot.

Setiap fungsi saling terhubung untuk membentuk simulasi robot 3 DOF yang interaktif dan informatif.