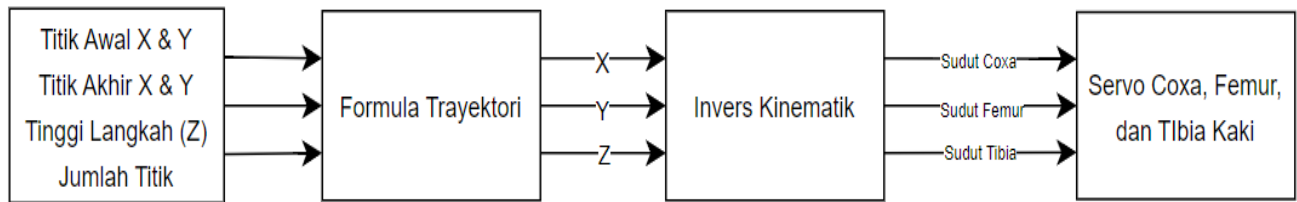


Tahapan Kaki Robot Dapat Berjalan



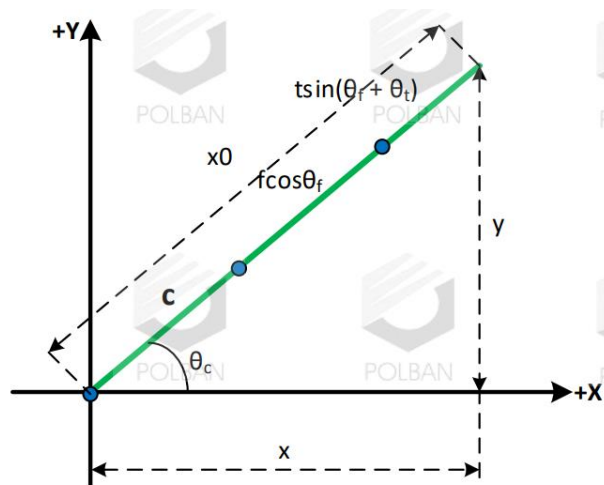
A. Analisa Invers Kinematik Kaki Robot dengan Pendekatan Geometri

Inverse Kinematic digunakan untuk mencari besar sudut coxa, femur, dan tibia pada kaki robot agar posisi ujung kaki dapat mencapai posisi end-point yang diinginkan. Posisi tersebut diwakili dengan titik titik x, y, dan z pada koordinat kartesian 3D. Oleh karena itu, agar robot dapat berjalan maka hanya perlu menentukan dimana titik awal dan titik akhir dari setiap ujung kaki robot

- ❖ Input Invers Kinematik = Posisi/Titik x, y, dan z yang diinginkan
- ❖ Output Invers Kinematik = Sudut Coxa, Femur, dan Tibia agar ujung kaki dapat mencapai posisi/titik yang diinputkan.

a. Analisa Bidang Sumbu X dan Y (Perspektif Horizontal)

Mencari Sudut Coxa (θ_c) :



Berdasarkan Segitiga c - x - y :

$$\tan \theta_c = \frac{y}{x}$$
$$\theta_c = \tan^{-1} \left(\frac{y}{x} \right)$$

b. Analisa Bidang Sumbu X dan Z (Perspektif Vertikal)

- ❖ Mencari Sudut Femur (θ_f)

Analisa Segitiga Siku Siku f - a - t :

$$a^2 = f^2 + t^2 - 2.f.t.\cos(90^\circ + \theta_t)$$

$$\cos(90^\circ + \theta_t) = \frac{f^2 + t^2 - a^2}{2.f.t}$$

$$\theta_t = \cos^{-1}\left(\frac{f^2 + t^2 - a^2}{2.f.t}\right) - 90^\circ \dots\dots\dots$$

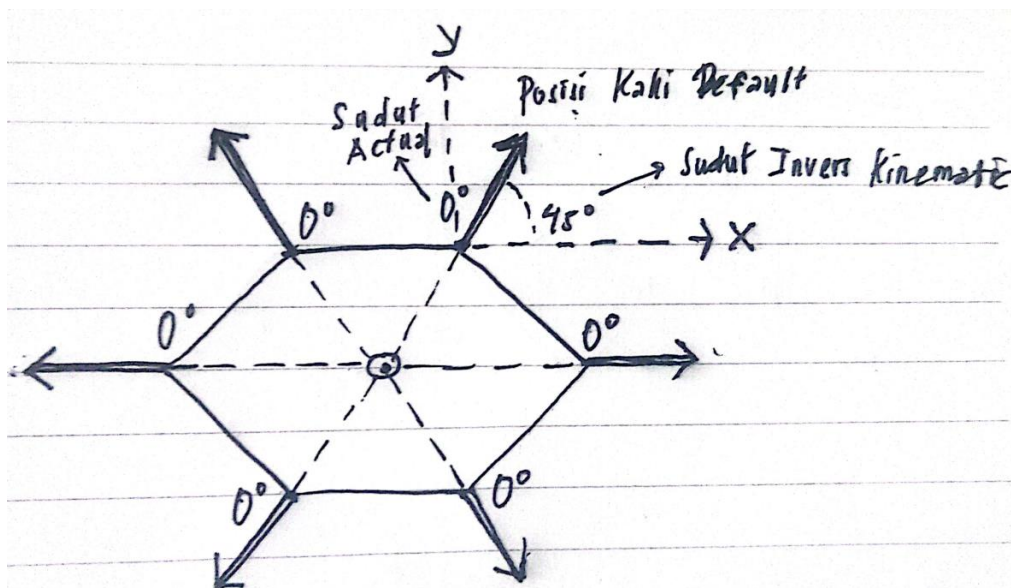
(syarat $a \leq f+t$)

B. Normalisasi Sudut Coxa, Femur, dan Tibia Output Invers Kinematic (Kaki 6)

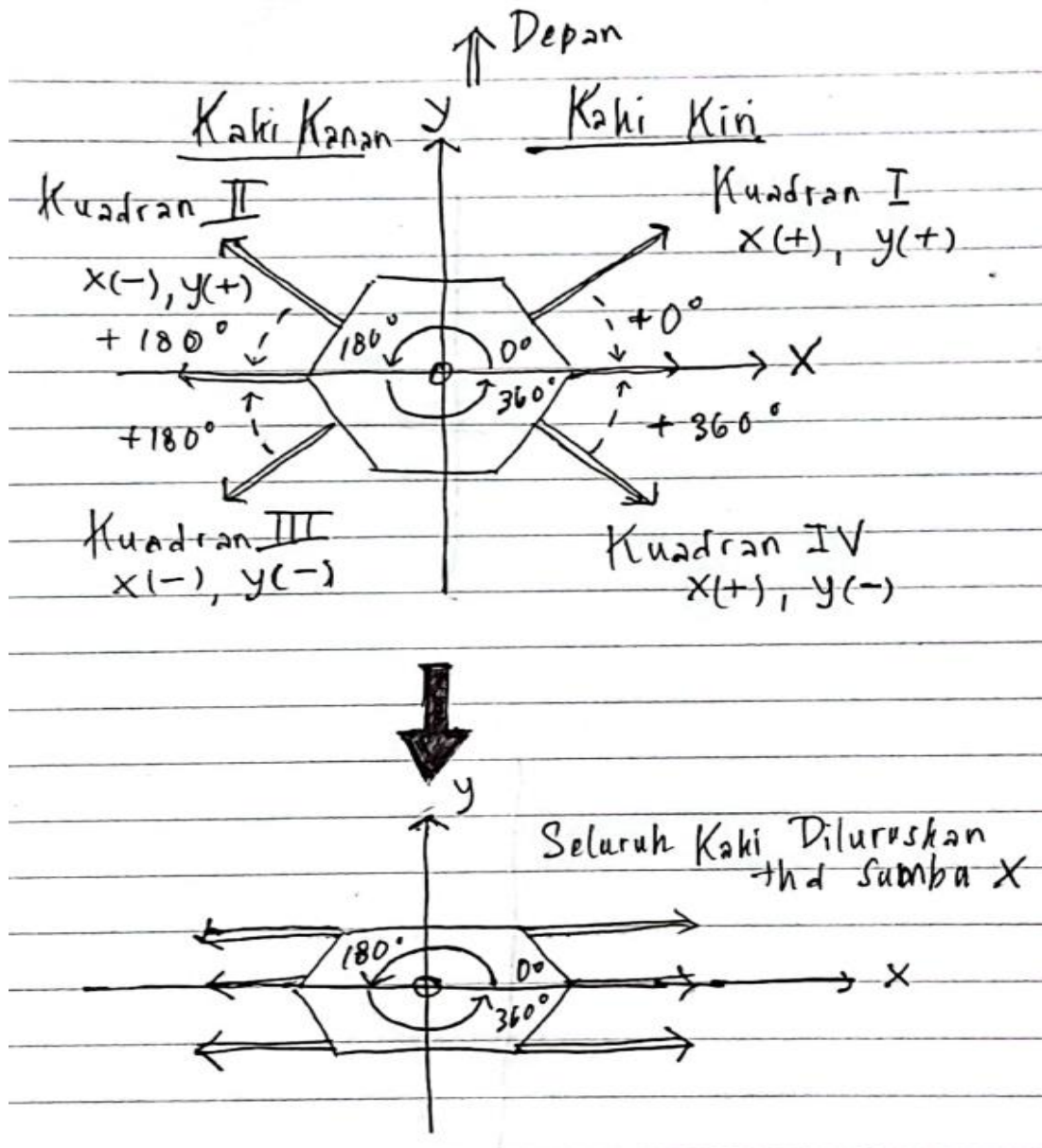
Analisa Invers Kinematic sebelumnya dilakukan hanya pada kaki yang ada di Kuadran I. Normalisasi diperlukan agar analisa invers kinematic di Kuadran I tersebut, juga dapat berlaku di kaki lainnya (walaupun berbeda Kuadran dan arah orientasi). Dan juga agar output sudut dari invers kinematic dapat disesuaikan dengan posisi sudut actual servo.

a. Normalisasi Sudut Coxa

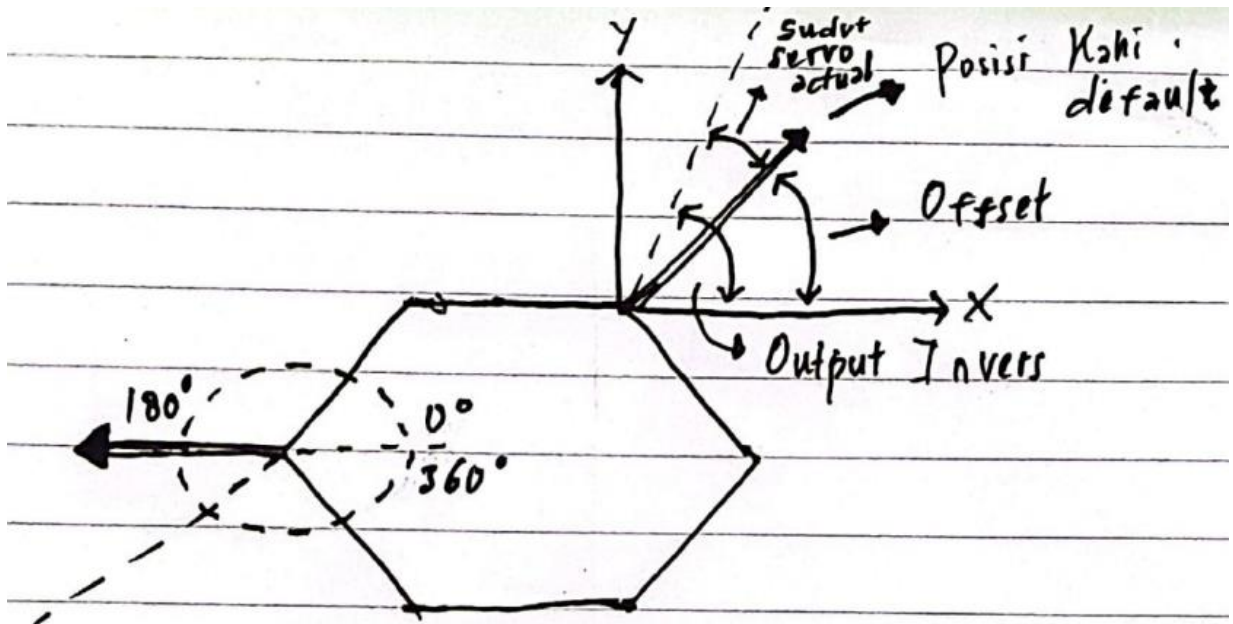
Tujuan Normalisasi Sudut Coxa adalah membuat posisi awal/default dari setiap kaki menjadi 0°



- Normalisasi Sudut Terhadap Sumbu X Horizontal

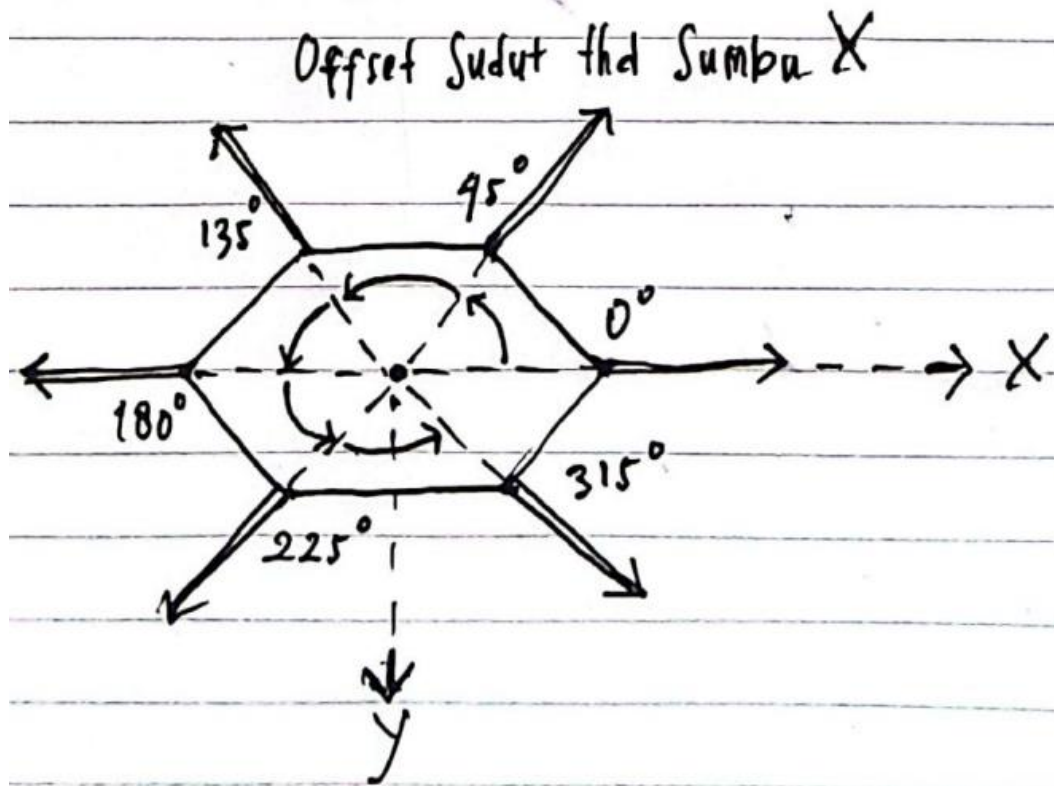


- Normalisasi Sudut Terhadap Sumbu Y Vertikal (Offset/Selisih Sudut terhadap Sumbu X)



$$\text{Sudut Servo Coxa Actual} = \text{Sudut Coxa Output Invers} - \text{Sudut Offset}$$

- Besar Sudut Offset Setiap Kaki :



b. Normalisasi Sudut Femur

- Kaki Kanan :
Sudut Femur Actual = $300^\circ - (90^\circ + \text{Sudut Femur Invers Kinematic})$
- Kaki Kiri :
Sudut Femur Actual = $90^\circ + \text{Sudut Femur Invers Kinematic}$

c. Normalisasi Sudut Tibia

- Kaki Kanan :
Sudut Tibia Actual = $300^\circ - (90^\circ - \text{Sudut Tibia Invers Kinematic})$
- Kaki Kiri :
Sudut Tibia Actual = $90^\circ - \text{Sudut Tibia Invers Kinematic}$

C. Trayektori Ujung Kaki Berbentuk Parabola (Setengah Gelombang Sinusoidal)

Trayektori bertujuan untuk membuat lintasan ujung kaki berbentuk setengah gelombang sinusoidal, sehingga langkah robot ketika berjalan menjadi lebih halus (*smooth*). Lintasan tersebut diwakili oleh kumpulan titik yang menghubungkan antara titik awal dengan titik akhir yang membentuk pola setengah gelombang sinusoidal. Nantinya setiap titik titik tersebut akan menjadi input formula invers kinematic dari masing masing kaki robot.

- Input Trayektori = Titik awal dan titik akhir dari koordinat x dan y, tinggi langkah, serta jumlah titik.
- Output Trayektori = Kumpulan titik-titik yang membentuk lintasan setengah gelombang sinusoidal yang menghubungkan antara titik awal dan titik akhir.

a. Formula Trayektori

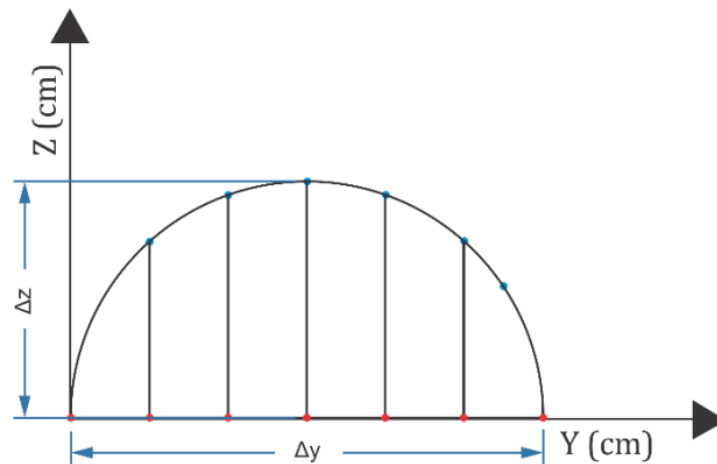
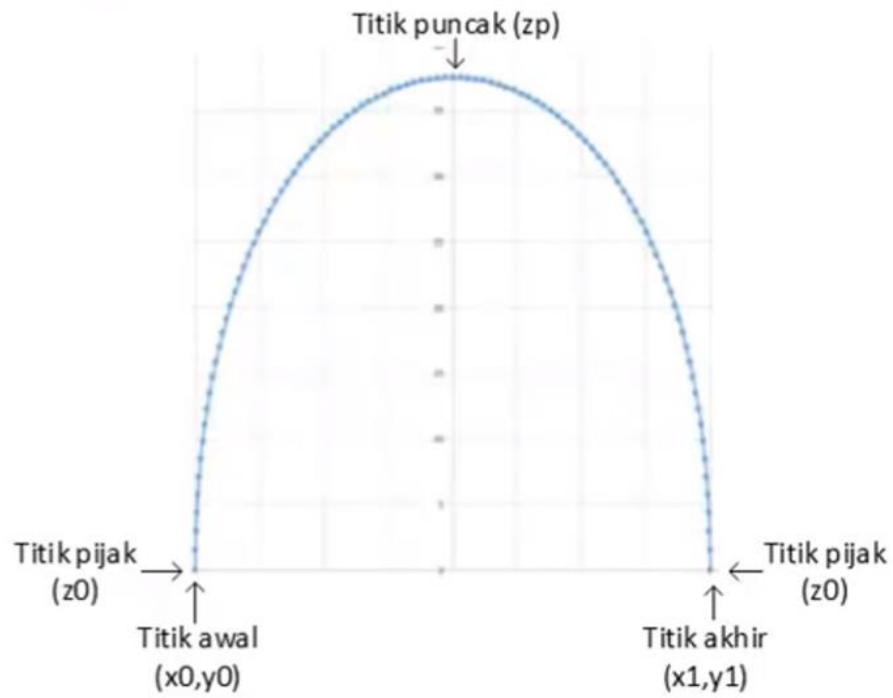
Bentuk lintasan setengah gelombang sinusoidal memiliki range sudut 0° hingga 180°

```
sudutAwal = 0;
sudutAkhir = 180;
Increment = jumlahTitik / 180;
actual_x = ((xAkhir - xAwal) / 10) * 2;
actual_y = ((yAkhir - yAwal) / 10) * 2;
while (sudutAwal <= sudutAkhir) {
    koordinat_X = xAwal + (((actual_x * theta) / 360)) * 10;
    koordinat_Y = yAwal + (((actual_y * theta) / 360)) * 10;
    koordinat_Z = zPuncak * sin(theta * (M_PI / 180));
    sudutAwal += Increment;
}
```

Keterangan :

- jumlahTitik = Banyak nya titik lintasan
- xAkhir & xAwal = Titik koodinat X awal dan akhir
- yAkhir & yAwal = Titik koodinat Y awal dan akhir
- zPuncak = Tinggi lintasan yang menentukan tinggi langkah kaki

b. Ilustrasi output formula trayektori :



NOTE :

Posisi Koordinat/Kuadran Setiap Kaki pada Robot Kaki 6 (Hexapod)

