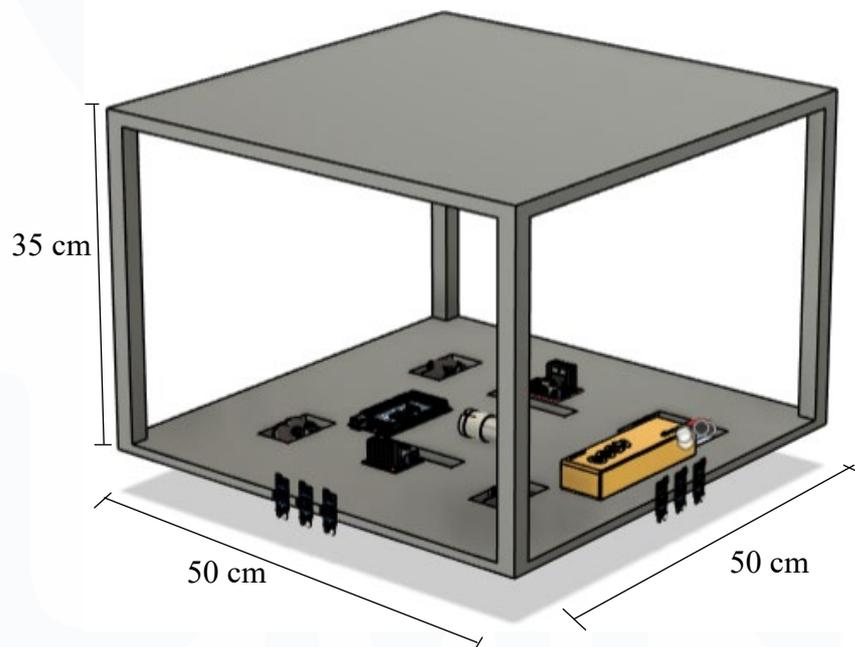


BAB III

PELAKSANAAN PROYEK

3.1 Desain Robot

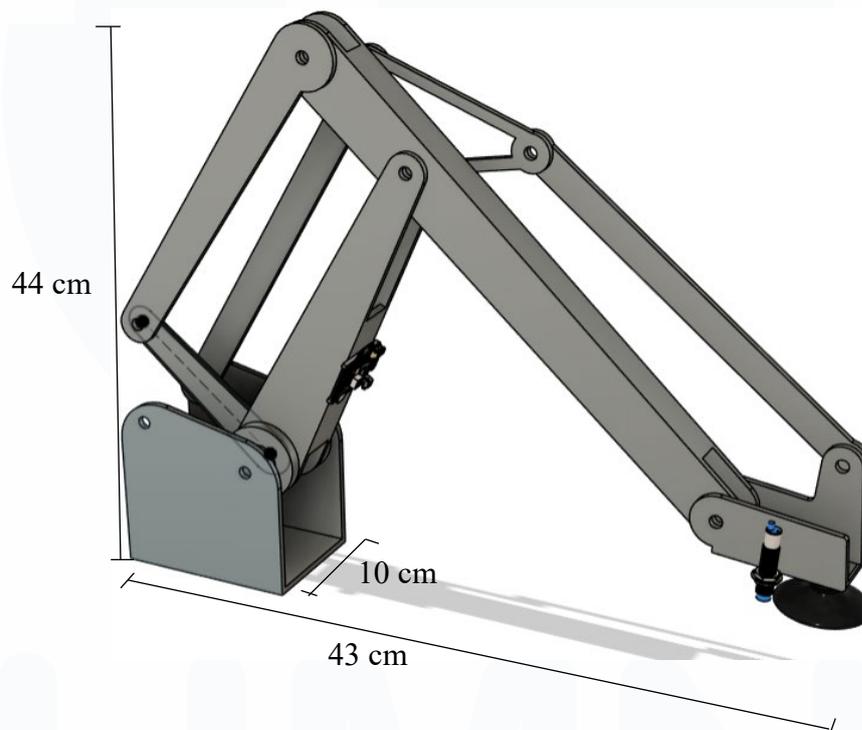
Robot didesain menggunakan aplikasi Fusion 360. Robot yang didesain merupakan sebuah lengan robot yang bernama Phobos. Phobos terdiri dari 2 bagian yaitu bagian *base* dan bagian lengan. Bagian *base* digunakan sebagai tempat komponen – komponen elektrikal dan roda serta tumpuan dari bagian lengan, sedangkan bagian lengan digunakan untuk mengambil dan meletakkan sampah.



Gambar 3.1 Bagian base dengan komponen

Bagian *base* berbentuk balok dengan dimensi 50cm x 50cm x 35cm seperti pada gambar 3.1. Bagian dalam dari *base* akan diisi oleh komponen elektrik baterai sebagai sumber listrik yang memberikan daya ke Phobos, arduino mega yang akan menjadi otak dari Phobos, dc – dc stepdown yang digunakan untuk menyesuaikan tegangan yang mengalir ke Phobos motor driver untuk mengatur

motor dc, pompa untuk mengambil dan memindahkan sampah, motor untuk menggerakkan Phobos menggunakan roda plastik, encoder untuk menentukan posisi dari Phobos, dan sensor IR untuk memastikan Phobos selalu mengikuti jalur yang diberikan. Komponen – komponen ini akan diletakkan pada bagian bawah dari *base*.



Gambar 3.2 bagian lengan dan komponen

Bagian lengan memiliki dimensi 43 cm x 10 cm x 44 cm dalam posisi *standby* seperti pada gambar 3.2, dan bila lengan diluruskan maka panjangnya dapat mencapai 64 cm. Komponen yang terdapat pada bagian lengan yaitu servo yang menjadi penggerak utama dari lengan, kamera untuk mengidentifikasi sampah, dan *suction cup* yang berfungsi untuk memegang sampah.

3.2 Pemilihan Material dan Komponen Penggerak

Phobos didesain untuk dapat mencapai jarak minimal 60 cm dari pangkalnya. Untuk mencapai jarak tersebut, diperlukan material yang kokoh supaya tidak bengkok oleh beban pada ujung lengan. Maka dipilih aluminium

sebagai material utama dari Phobos karena sifatnya yang kokoh namun masih memiliki bobot yang cukup ringan. Berdasarkan estimasi, diperkirakan bobot yang akan dimiliki oleh Phobos bila menggunakan material aluminium sekitar 7 kg. Bobot untuk bagian *base* sekitar 4.3 kg dan bagian lengan sekitar 2.7 kg. Bila robot sudah terisi oleh komponen diperkirakan bebannya akan sekitar 10 kg.

$$W = m * g \quad (1)$$

$$W = 10kg * 9.81m/s^2 \quad (2)$$

$$W = 98.1 N \quad (3)$$

Robot akan menggunakan 4 roda plastik yang memiliki diameter 6cm dan bergerak pada permukaan keramik.

$$N = \frac{1}{4} W \quad (4)$$

$$N = \frac{1}{4} (98.1N) \quad (5)$$

$$N = 24.53N \quad (6)$$

Bila diasumsikan koefisien gesek antara plastik dan keramik sekitar 0.35, dapat dihitung torsi motor yang diperlukan untuk menggerakkan robot,

$$F_s = \mu_s * N \quad (7)$$

$$F_s = 0.35 * 24.53N \quad (8)$$

$$F_s = 8.59N \quad (9)$$

$$\tau = F_s * d \quad (10)$$

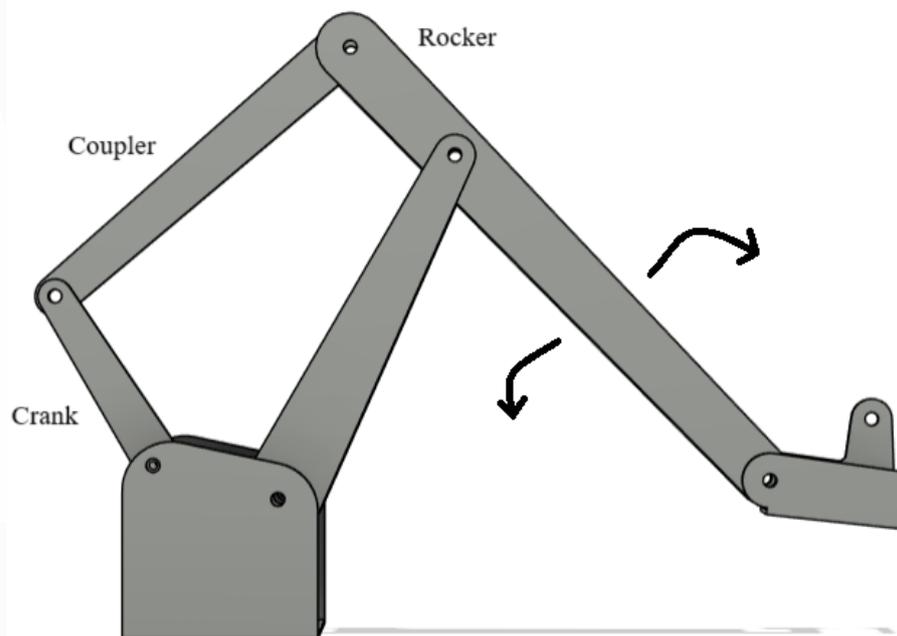
$$\tau = 8.59N * 0.06 \quad (11)$$

$$\tau = 0.52Nm = 5.3kg.cm \quad (12)$$

Motor yang diperlukan untuk menggerakkan robot minimal memiliki torsi sekitar 5.3 kg.cm.

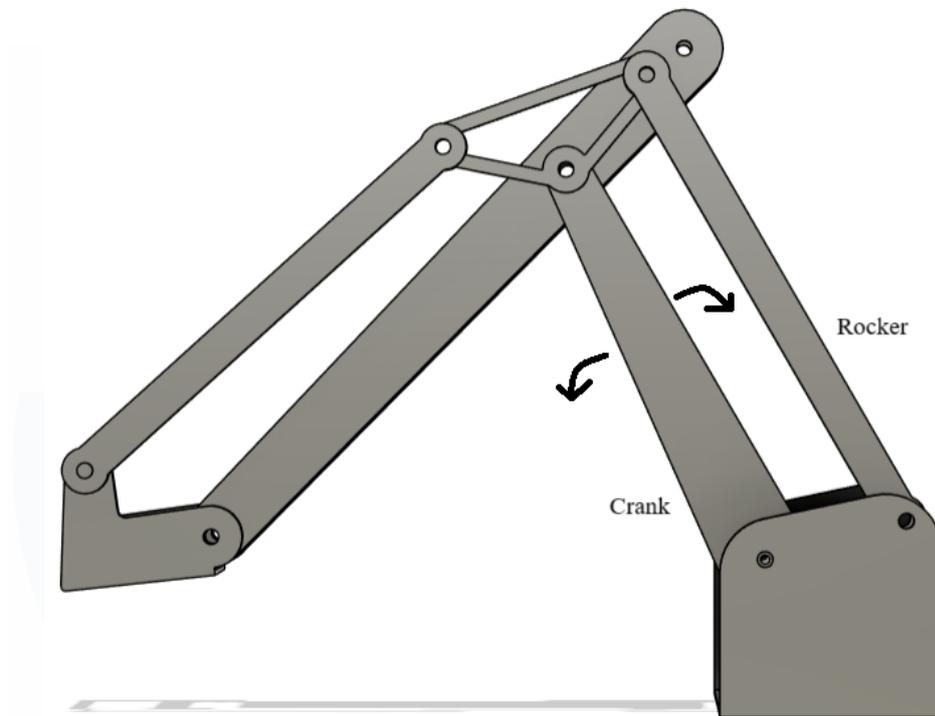
3.3 Mekanisme Pergerakan Bagian Lengan

Bagian lengan dari Phobos didesain untuk bergerak menggunakan mekanisme *four bar linkage*. *Four bar linkage* adalah sebuah mekanisme pergerakan mekanik yang terdiri dari 4 buah batang yaitu *crank*, *coupler*, *rocker*, dan *ground* yang saling terhubung, membuat sebuah *loop* tertutup [5]. Mekanisme *four bar linkage* digunakan supaya servo dapat diletakkan pada pangkal lengan dekat dengan bagian *base* sehingga berat tidak condong ke ujung lengan. Lengan memiliki 3 buah *four bar linkage* dimana 2 buah merupakan mekanisme *crank rocker* dan 1 buah merupakan *double rocker*.



Gambar 3.3 Four bar linkage crank rocker 1

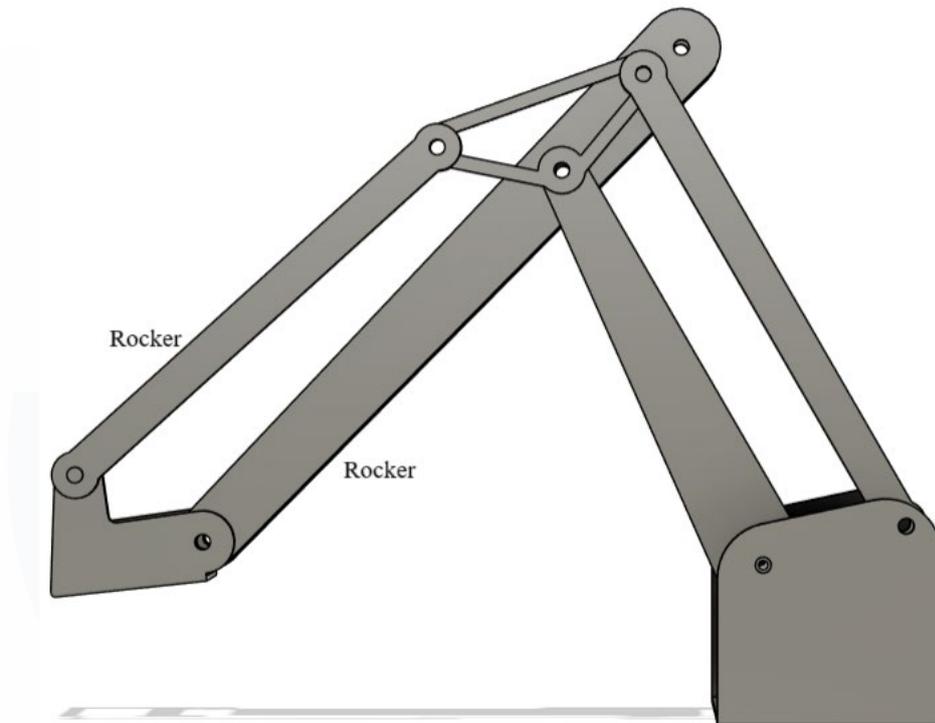
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA



Gambar 3.4 Four bar linkage crank rocker 2

Four bar linkage crank rocker digunakan untuk menggerakkan lengan seperti pada gambar 3.3 dan gambar 3.4. Bagian *crank* pada gambar 3.3 terhubung langsung pada servo, pergerakan pada bagian *crank* akan menggerakkan bagian *rocker* melalui *coupler*. Hal ini akan membuat lengan tengah bergerak naik dan turun untuk meraih sampah dan meletakkannya di tempat sampah. Bagian *crank* pada gambar 3.4 terhubung juga langsung ke servo untuk menggerakkan lengan bagian pangkal, pergerakan ini akan menggerakkan *rocker* yang terhubung dengan *coupler*. *Four bar linkage* pada gambar 3.4 dibuat untuk memastikan bagian ujung lengan tetap horizontal dengan bantuan *four bar linkage double rocker* pada gambar 3.5.

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

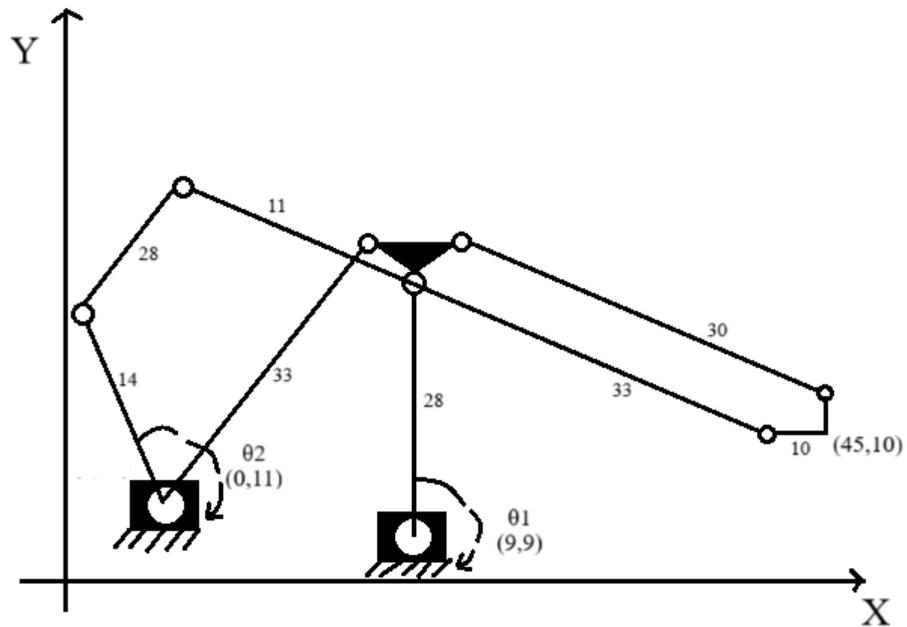


Gambar 3.5 Four bar linkage double rocker

Four bar linkage double rocker digunakan untuk memastikan ujung lengan tetap horizontal dimanapun posisinya seperti pada gambar 3.4. Panjang dari *rocker* yang akan memastikan ujung lengan selalu horizontal, dibantu oleh *four bar linkage* pada gambar 3.5 yang menahan *rocker*. Penghubung kedua *four bar linkage* dibuat berbentuk segitiga supaya 2 titik digunakan untuk menghubungkan ujung lengan dengan pangkal lengan dan 1 titik lainnya sebagai titik putar.

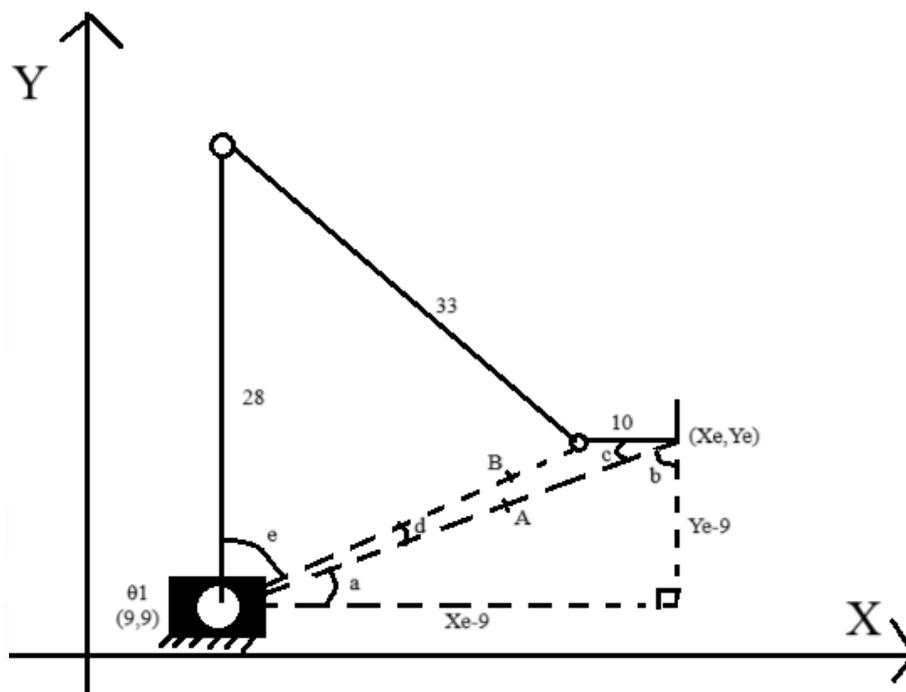
3.4 Kinematik dan Dinamik Bagian Lengan

Berdasarkan konsep desain yang sudah dibuat, dapat dibuat *inverse kinematic* (IK) untuk menggerakkan lengan Phobos. IK adalah sebuah proses matematis yang digunakan untuk memprediksi sudut – sudut *joint* robot berdasarkan posisi paling ujung dari robot. Penggunaan IK akan mempermudah pengaturan pergerakan robot, karena hanya perlu memasukkan posisi ujung lengan, maka robot akan mengubah sudut *joint* secara otomatis berdasarkan rumus matematis yang didapatkan.



Gambar 3.6 link dan joint lengan Phobos

Bila posisi ujung lengan berada di (45,10) seperti pada gambar 3.6, dapat ditemukan rumus matematis untuk servo - servo penggerak.



Gambar 3.7 sketsa inverse kinematic servo 1

$$A = \sqrt{(Xe - 9)^2 + (Ye - 9)^2} \quad (13)$$

$$a = \cos^{-1} \frac{Xe - 9}{A} \quad (14)$$

$$b = \cos^{-1} \frac{Ye - 9}{A} \quad (15)$$

$$c = 90 - b \quad (16)$$

$$B = \sqrt{A^2 + 10 - 2 \times A \times 10 \times \cos c} \quad (17)$$

$$d = \cos^{-1} \frac{A + B - 10}{2 \times A \times B} \quad (18)$$

$$e = \cos^{-1} \frac{B + 28 - 33}{2 \times B \times 28} \quad (19)$$

$$\theta_1 = a + d + e \quad (20)$$

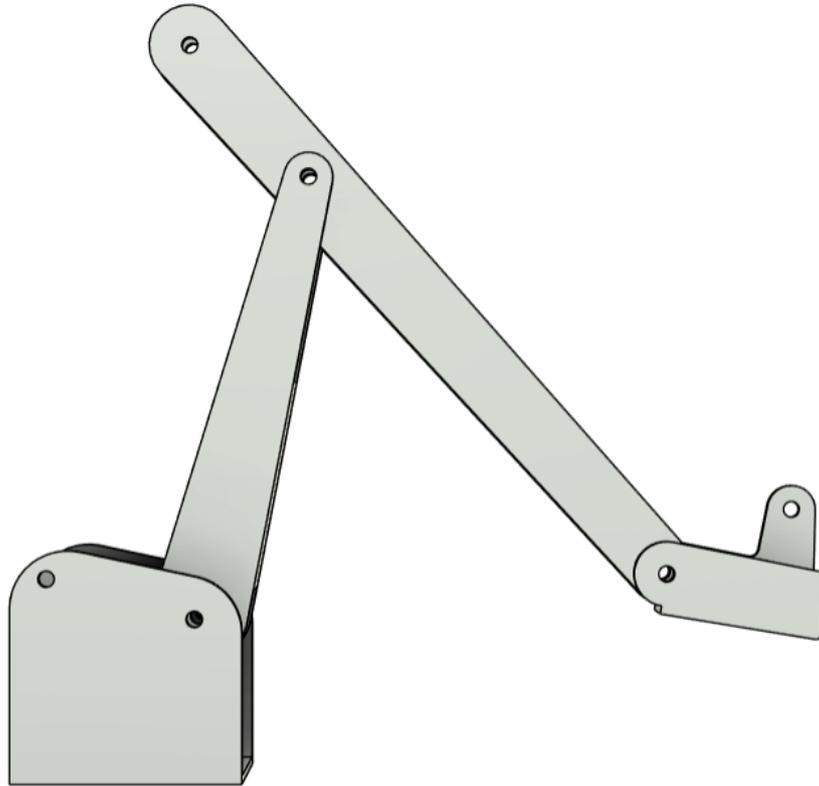
Persamaan matematis *inverse kinematic* untuk servo 1 (θ_1) ditemukan melalui perhitungan 13 hingga 20 dan diabtu oleh gambar 3.7. Nilai X_e dan Y_e dapat diubah menjadi posisi ujung lengan yang diinginkan. Persamaan untuk servo 2 (θ_2) dapat ditemukan dengan cara yang sama.

Dari desain juga dapat dilakukan perhitungan dinamik untuk menemukan besar torsi yang diperlukan untuk menggerakkan lengan.

$$\sum \tau_0 = I \times \alpha \quad (21)$$

$$\frac{1}{2} \times W_1 \times l_1 \times \cos \theta_1 - \tau \times \omega_1 = I \times \alpha_1 \quad (22)$$

$$\frac{1}{2} \times m_1 \times g \times l_1 \times \cos \theta_1 - \tau \times \omega_1 = I \times \alpha_1 \quad (23)$$



Gambar 3.8 Tiga link utama lengan Phobos

Torsi yang akan dihitung merupakan torsi yang diperlukan untuk menggerakkan 3 *link* utama pada lengan Phobos seperti pada gambar 3.8. Massa dari *link* utama dari pangkal ke ujung secara berurutan sekitar 0.16 kg, 0.77 kg, dan 0.48 kg. Maka dapat dihitung inersia dari *link* utama.

$$I = \sum mr^2 \quad (24)$$

$$I = \frac{1}{3}(0.16) \times (0.28)^2 + \frac{4}{9}(0.77) \times (0.44)^2 \quad (25)$$

$$+ \frac{1}{3}(0.48) \times (0.1)^2$$

$$I = 0.07 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (26)$$

Diamsusikan $\omega_1 = 1 \text{ rad/s}$, $\alpha_1 = 1 \text{ rad/s}^2$, serta $\cos \theta_1 = 60^\circ$. Maka dapat ditemukan besar torsi yang diperlukan untuk menggerakkan *link* utama.

$$\frac{1}{2} \times 1.41 \times 9.81 \times 0.71 \times \cos 60 - \tau \times 1 = 0.07 \times 1 \quad (27)$$

$$\tau = 2.38N.m = 24.26kg.cm \quad (28)$$

Torsi minimal yang perlu dimiliki oleh servo untuk menggerakkan *link* utama sekitar 24.26 kg.cm. Besar torsi untuk menggerakkan semua *link* dapat ditemukan menggunakan metode yang sama.

Konsep desain yang dibuat dapat digunakan sebagai acuan untuk realisasi bentuk fisik dari robot Phobos. Komponen yang dipilih, disarankan untuk memiliki spesifikasi yang lebih dari yang disarankan dikarenakan perhitungan yang dilakukan dibuat dengan asumsi kondisi ideal.

