Perancangan dan Analisis Statik Model Robot Lengan Pemetik Buah Kelapa 5 Derajat Kebebasan

Markus Mere Bengu, Ir. Encu Saefudin, M.T., Eka Taufiq Firmasnjah S.T., M.T.

Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung
Email : Musmere5@gmail.com
Received DD MM YYYY | Revised DD MM YYYY | Accepted DD MM YYYY

ABSTRAK

Penelitian ini merupakan perancangan dan analisis statik model robot lengan pemetik buah kelapa 5 derajat kebebasan. Berdasarkan hasil perancangan dan analisis diperoleh sudut yang dihasilkan motor servo pada setiap link lengan robot yang akan menentukan pergerakannya berupa sudut θ_1= 15,94^0, θ_2= 28,61^0, θ_3= 32,46^0, θ_4= 21,67^0, θ_5= 50,46^0.
Dimensi link 2 P x L x T (70 x 26 x 20) mm, link tiga (120 x 59 x 20) mm, link empat (120 x 26 x 20) mm, link lima (120 x 59 x 20) mm, link enam (70 x 24 x 20) mm, dan end effector(120 x 26 x 20) mm. Torsi maksimum yang dihasilkan pada perancangan model robot lengan pemetik buah kelapa sebesar 12,21 kg.cm yang terjadi pada link dua. Safety factor minimum terjadi pada link empat sebesar 1,252. Total daya motor servo yang digunakan adalah 28,5 watt.

Kata kunci : *robot lengan, perancangan, torsi motor servo, end effector.*

ABSTRACT

This research is a design and static analysis of the robotic model of a coconut picking arm with 5 degrees of freedom. Based on the results of the design and analysis, the angle generated by the servo motor on each link of the robot arm will determine its movement in the form of an angle θ_1= 15,94^0, θ_2= 28,61^0, θ_3= 32,46^0, θ_4= 21,67^0, θ_5= 50,46^0. Dimensions of link 2 L x W x H (70 x 26 x 20) mm, link three (120 x 59 x 20)
mm, link four (120 x 26 x 20) mm, link five (120 x 59 x 20) mm, link six (70 x 24 x20) mm, and end effector (120 x 26 x 20) mm. The maximum torque generated in the design of the coconut picking arm robot model is 12.21 kg.cm which occurs on link two. The minimum safety factor occurs on link four of 1,252. The total power of the servomotor used is 28.5 watts.

Keywords: *arm robot, design, servo motor torque, end effector.*

1. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan teknologi industri robot menjadi suatu peran yang penting dalam membantu pekerjaan manusia. Robot sering digunakan untuk menangani berbagai tugas baik di sektor industri kimia, industri robotik, pertanian, dan lain-lain. Aplikasi robot yang yang dapat digunakan dalam sektor pertanian adalah dalam bidang perkebunan, salah satunya adalah perkebunan kelapa. Dalam kontrubusi perkebunan kelapa Indonesia menjadi salah satu penghasil kelapa terbesar di dunia dengan rata-rata produksi 18,04 juta ton kelapa butir. Capain produksi kelapa Indonesia tersebut berokntribusi sebesar 29,69 persen terhadap total produksi kelapa di dunia. Sebagai salah satu perhatian terhadap sektor pertanian khususnya dalam proses pemetikan buah kelapa yang dilakukan oleh petani lokal penulis ingin membuat aplikasi robot lengan sebagai pemetik buah kelapa untuk memudahkan para petani kelapa dalam pengerjaannya dan mengurangi risiko kecelakaan kerja. Oleh karena itu, dirancangkan model robot lengan yang akan digunakan sebagai pemetik buah kelapa. Robot lengan ini menggunakan 5 buah motor servo sebagai aktuator robot lengan, dan gripper sebagai penjepit, pencekam atau pemotong buah kelapa, sensor dan sistem kontrol. Robot lengan bekerja secara otomatis yang disesuaikan dengan intruksi terprogram. Robot pemetik buah kelapa dirancangan untuk dipasangkan pada robot pemanjat buah kelapa yang berbasis roda mecanum. Roda mecanum memiliki gerakan yang terdiri dari roda pusat untuk bergerak maju atau mundur, putaran roller untuk bergerak secara diagonal dan slip rotasi pada sumbu vertikal untuk berputar. Adapun cara yang digunakan untuk memetik buah kelapa yang dilakukan adalah :

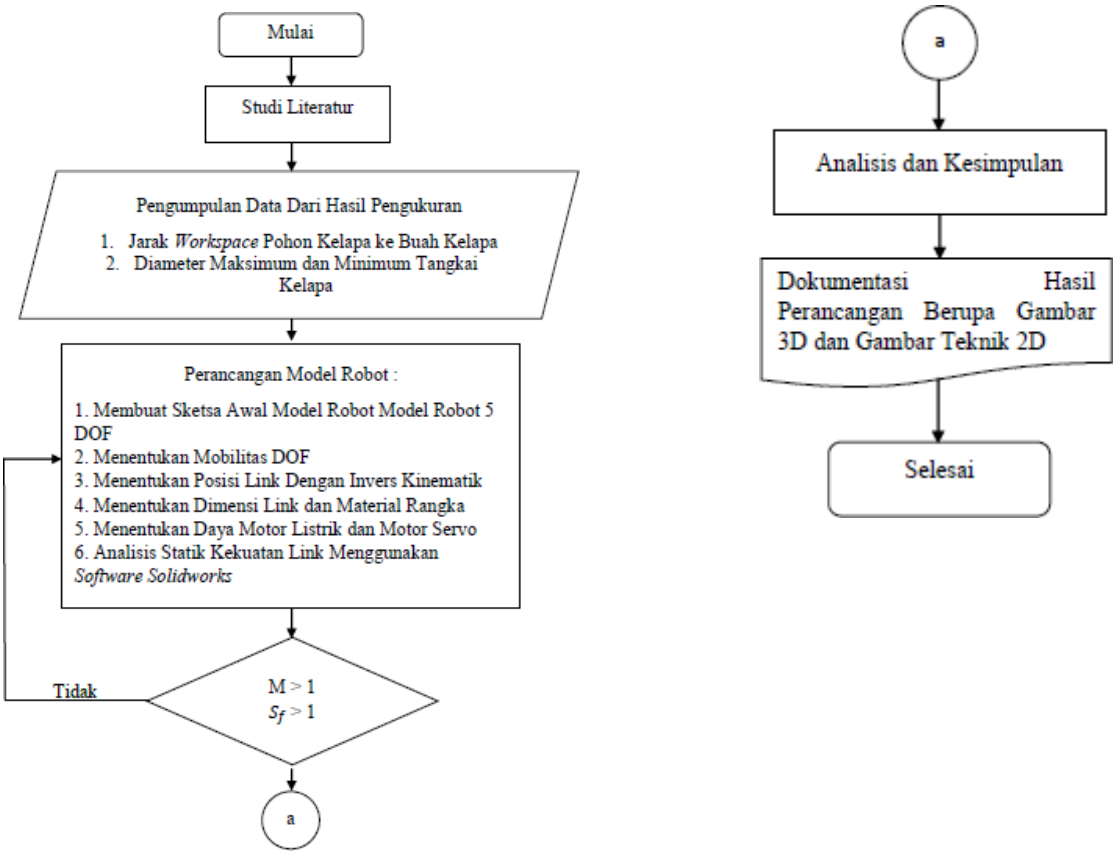
a. Petani kelapa lokal melakukan proses pemetikan buah kelapa yang dilakukan secara konvensional yang dilakukan dengan cara memanjat pohon kelapa hingga ke puncak dari pohon kelapa lalu memetik buah kelapa dengan menggunakan alat bantu potong menggunakan parah. Dalam proses pemetikan buah kelapa secara konvensional memeilki risiko kecelakaan kerja yang sangat tinggi.
b. Petani kelapa lokal juga melakukan proses pemetikan dengan menggunakan alat bantu pemotong buah kelapa yang berupa jolokan untuk memetik buah kelapa.
c. Dengan perkembangan teknologi proses pemetikan buah kelapa juga dilakukan dengan menggunakan alat bantu mesin eksavator untuk memetik, namun dalam penggunaan alat bantu mesin eksavator ini memerlukan space area yang cukup besar.

Dalam penelitian ini bertujuan untuk merancang dan analisis static model robot lengan pemetik buah kelapa 5 derajat kebebasan yang dapat bergerak secara translasi (memanjang atau memendek) dan rotasi berupa gambar teknik 2D dan desain 3D.

Gambar 1. Gambar Desain Model Robot Lengan Menggunakan Solidworks

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Diagram Alir



Gambar 2. Dagram Alir

2.2 Penjelasan Diagram Alir

Dibawah ini merupakan penjelasan secara umum mengenai langkah-langkah yang dilakukan agar tujuan dari penelitian ini dapat tercapai :

- Studi Literatur

  Studi literatur bertujuan untuk mempelajari konsep dan teori yang variatf pada perancangan dan analisis statik model robot lengan pemetik buah kelapa 5 derajat kebebasan dengan pedoman pada sumber jurnal dan referensi buku lainnya.
- Pengumpulan Data

  Pengumpulan data dilakukan untuk mengetahui terlebih dahulu informasi atau kumpulan fakta, angka ataupun grafik dalam menunjang proses pengerjaan perancangan dan analisis statik model robot lengan pemetik buah kelapa 5 derajat kebebasan. Adapaun kegiatan yang dilakukan antara lain menentukan beban yang akan diterima oleh robot, dimensi rangka dan objek buah kelapa serta workspace robot lengan terhadap buah kelapa.
- Perancangan Model Robot

  Konsep perancangan model robot diawali dengan membuat skestsa pada model robot lengan, menentukan material yang akan digunakan untuk mendapatkan nilai tegangan yang diijinkan, jenis komponen, sistem kontrol yang digunakan serta membuat desain model robot lengan pemetik buah kelapa 5 derajat kebebasan menggunakan solidworks.
- Menentukan Mobilitas DOF pada Model Robot Lengan

  Menentukan sudut kebebasan pada robot lengan saat robot melakukan kerja untuk

memetik buah kelapa dengan arah gerak translasi maupun rotasi yang terjadi pada setiap link atau joint.

- Analisis Kekuatan Statik pada Robot Lengan Menggunakan Software Solidworks

  Model robot yang sudah dibuatkan gambar 3D akan dilakukan simulasi dan analisis statik menggunakan software solidworks.
- Safety Factor

  Safety factor adalah faktor yang digunakan untuk mengevaluasi dalam analisis rancangan struktur dan sistem secara keseluruhan terjamin keamanannya.
- Analisis dan Kesimpulan

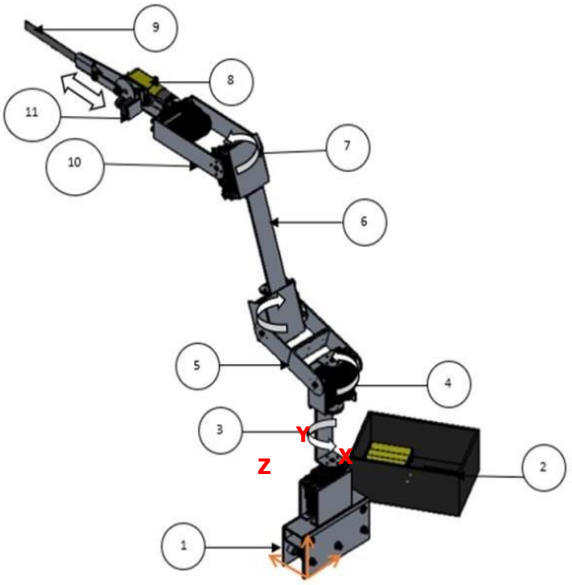
  Melakukan analisis data perancangan model robot yang telah diperoleh untuk mengetahui keberhasilan dari perancangan, dan menyimpulkan hasil perancangan.
- Dokumentasi Hasil Perancangan

  Pada tahap ini dilakukan dokumentasi dari hasil perancangan model robot lengan pemetik buah kelapa 5 derajat kebebasan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Skema Perancangan Model Robot

Skema tiga dimensi 3D perancangan alat :



Gambar 3. Skema Perancangan Model Robot

Keterangan :

1. Base (bagian dasar)
2. Box sistem kontrol
3. Link 2
4. Motor servo
5. Link 3
6. Link 4
7. Dudukan motor servo
8. Motor DC
9. End effector
10. Link 5
11. Link 6

3.2 Prinsip Kerja Lengan Robot

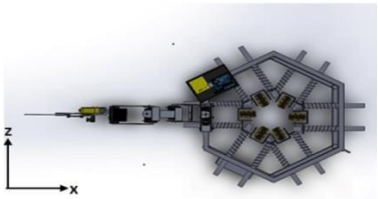
Tabel 1. Prinsip Kerja

Link	Nama Komponen	Sumbu X	Sumbu Y	Sumbu Z
1	Base	Tidak bergerak	Tidak bergerak	Tidak Bergerak
2	Link 2	Tidak bergerak	Bergerak	Tidak bergerak
3	Link 3	Tidak bergerak	Tidak bergerak	Bergerak
4	Link 4	Tidak bergerak	Tidak bergerak	Bergerak
5	Link 5	Tidak bergerak	Tidak bergerak	Bergerak
6	Link 6	Tidak bergerak	Tidak bergerak	Bergerak

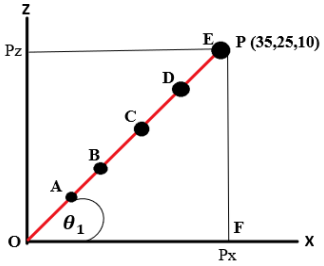
3.3 Mobilitas Gerak Lengan Robot

Derajat kebebasan yang dimiliki lengan robot ini denga menggunakan persamaan grubbler :
n = 6
f1 = 5
f2 = 0
M = (3n – 3) – 2f1 – f2
M = (3.6 – 3) – 2 . 5 – 0
M = 5 DOF (> 1 : Mekanisme)

3.4 Menentukan Sudut dan Panjang Lengan Robot pada Satu Posisi



Gambar 4. Prototype Lengan Robot Tampak Atas

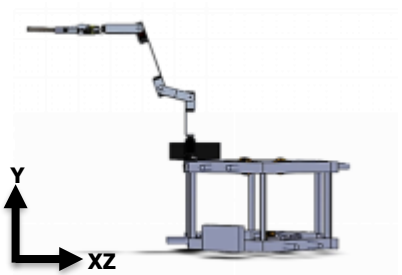


Gambar 5. Penyederahanaan Prototype Lengan Robot dengan Analisa Geometri Untuk Mencari θ_1 Tampak Atas (X,Z)

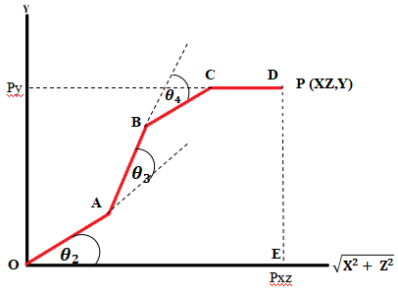
OA = Link 2
AB = Link 3
BC = Link 4
CD = Link 5
DE = Link 6 dan End effector
Dengan aturan segitiga siku-siku menggunakan trigonometri, sebagai berikut :
PX = OF = 350 mm
PZ = EF = 100 mm $\theta_1 =$
$tan^{-1}\left(\frac{P_z}{P_x}\right)$ $\theta_1 =$
$tan^{-1}\left(\frac{100}{350}\right) = 15{,}94^0$

Mencari

panjang pada segitiga miring OE : C = $\sqrt{100^2 + 350^2}$ = 364,0 mm Dari hasil perhitungan maka diperoleh sudut θ_1 pada koordinat sumbu X dan sumbu Z sebesar $15{,}94^0$, sehingga pada bagian link 2 pada prototype lengan robot akan berputar ke posisi sudut sudut θ_1 sebesar $15{,}94^0$ dan panjang OF sebesar 364,0 mm.

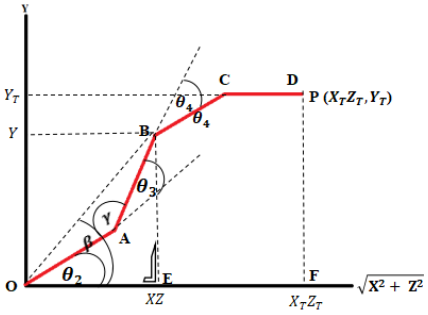


Gambar 6. Prototype Lengan Robot Pemetik Buah Kelapa Tampak dari Samping pada Sumbu XZ dan Y



Gambar 7. Penyederhanaan Prototype Lengan Robot Tampak Samping Untuk Analisa Geometri

OA = Link 3 = 120 mm
AB = Link 4 = 120 mm
BC = Link 5 = 120 mm
CD = Link 6 = 70 mm
P (XZ,Y) = Posisi end effector ketika mencapai pada object atau koordinat posisi.



Gambar 8. Analisa Geometri Untuk Mencari Sudut $\theta 2$ dan $\theta 3$

Berdasarkan pada posisi end effector di koordinat P (X_TZ_T, Y_T) yaitu P (364,0 , 300). Untuk mencari sudut θ_2, θ_3, θ_4 diperlukan analisis inverse kinematic dengan metode geometri. Solusi pertama yang digunakan adalah menggunakan analisa konfigurasi robot lengan dua sendi. Solusi kedua yang dilakukan adalah dengan cara menentukan posisi end effector pada lengan link 3 yaitu pada koordinat P (XZ,Y).

<u>Solusi Pertama</u>

P (XZ,Y) = (170 mm, 170 mm)
OE = 170 mm
BE = 170 mm
Persamaan yang digunakan untuk mencari θ_3, adalah :

$$\theta_3 = cos^{-1}\left(\frac{xz^2 + y^2 - l_3^2 - l_4^2}{}\right)$$

$$\theta_3 = cos^{-1}\left(\frac{170^2 + 170^2 - 125{,}2^2 - 125{,}2^2}{2.\ 125{,}2\ .125{,}2}\right)$$

$\theta_3 = 32{,}46^0$

Jadi, besarnya sudut θ_3 yang terletak pada joint antara link 3 dan link 4 adalah sebesar $32{,}46^0$. Sehingga motor servo bagian link di elbow akan bergerak ke posisi sudut θ_3.

Berikut untuk mencari sudut θ_2 menggunakan persamaan sebagai berikut :

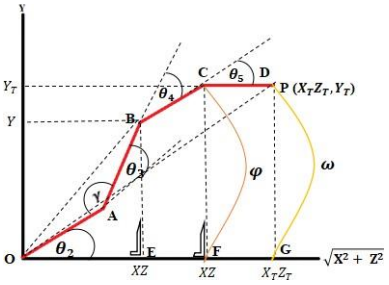
$$\beta = tan^{-1}\left(\frac{y(l_3 + l_4\ .\cos\theta_3) - xz.l_4\ .\sin\theta_3}{xz(l_3 + l_4\ .\cos\theta_3) + y.l_4\ .\sin\theta_3}\right)$$

$$\beta = tan^{-1}\left(\frac{170\ (125{,}2 + 125{,}2\ .\cos 32{,}46^0) - 170\ .125{,}2\ .\sin 32{,}46^0}{170\ (125{,}2 + 125{,}2\ .\cos 32{,}46^0) + 170\ .125{,}2\ .\sin 32{,}46^0}\right)$$

$$\beta = tan^{-1}\left(\frac{278{,}13}{278{,}13}\right) = 45^0$$

$$\theta_2 = tan^{-1}\left(\frac{60}{110}\right) = 28{,}61^0$$

Jadi besarnya sudut θ_2 yang terletak pada joint antara link 2 dan link 3 adalah sebesar $28{,}61^0$. Sehingga motor servo pada bagian link di elbow akan bergerak ke posisi sudut θ_2.



Gambar 9. Analisa Geometri Untuk Mencari Sudut θ_4 dan θ_5

XZ = OF = 280 mm

$Y_T = CF = 230\ mm$

Besarnya sudut φ dapat dicari menggunakan persamaan :

$$\varphi = tan^{-1}\left(\frac{Y_T}{X_Z}\right)$$

$$\varphi = tan^{-1}\left(\frac{230}{280}\right) = 39{,}40^0$$

Besarnya sudut θ_4 adalah :

$\varphi = \theta_2 + \theta_3 + \theta_4$

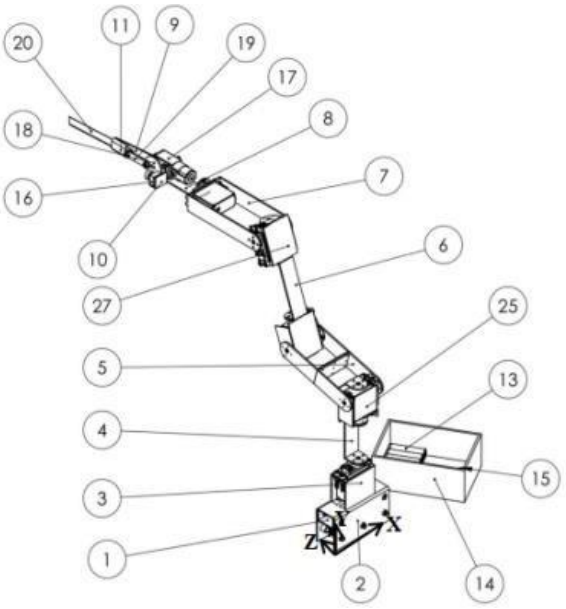
$\theta_4 = \theta_2 + \theta_3 - \varphi$

$\theta_4 = 28{,}61^0 + 32{,}46^0 - 39{,}40^0 = 21{,}67^0$

Besarnya sudut $\theta_5 = 50{,}46^0$

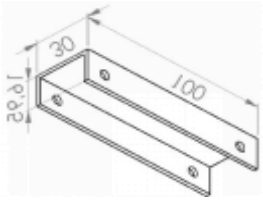
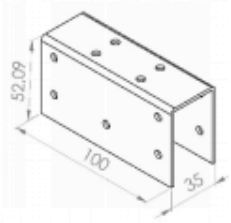
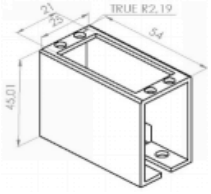
3.1 Menentukan Titik Pusat Massa

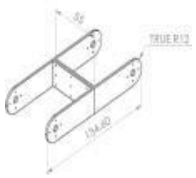
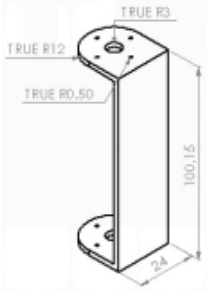
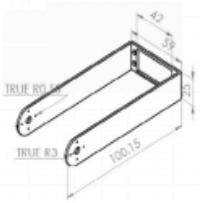
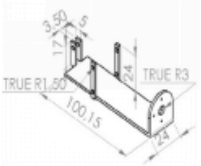
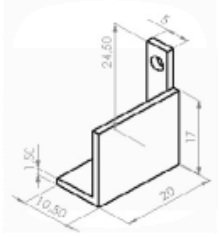
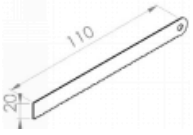
Penentuan titik pusat massa pada lengan robot pemetik buah kelapa berfungsi untuk mengatur semua letak komponen sehingga letak titik pusat massa diusahakan berada di tengah rangka robot.

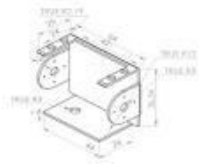
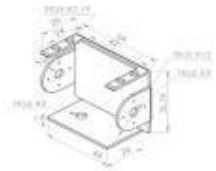
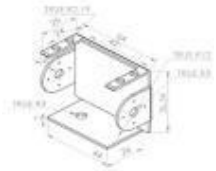


Gambar 10. Robot Lengan

Tabel 2. Titik Pusat Massa

No	Komponen	Massa(kg)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	Jumlah
1	Bawah base 	0,034	17	38,20	50	1
2	Base 	0,073	17	30,2	50	1
3	Dudukan motor servo 1 	0,038	16,76	71,6	49,91	1
4	Link 2	0,015	7.72	142	40,40	1

5	Link 3 	0,041	75,19	219,46	39,71	1
6	Link 4 	0,019	238,4	205,28	27,74	1
7	Link 5 	0,034	406,72	211,29	15,51	1
8	Link 6 	0,017	507,54	204,77	0,18	1
9	Cover saw	0,021	557,17	213,09	4,30	1
10	Dudukan kamera 	0,003	512,51	208,47	22,11	1
11	End effector 	0,013	632,55	213,46	4,54	1

12	Dudukan motor servo 2 	0,024	8,80	206,82	37,35	1
13	Dudukan motor servo 3 	0,024	148,77	211,12	29,67	1
14	Dudukan motor servo 4 	0,024	328,25	204,51	25,80	1
15	Kosentris end effector	0,003	532,50	214,52	12,02	1
16	Connector End effector	0,001	560,22	213,15	12,68	1
17	Motor sevo 1	0,058	16,76	84,50	50,08	1
18	Motor servo 2	0,058	15,58	210,94	47,98	1
19	Motor servo 3	0,058	145,49	217,45	40,85	1
20	Motor servo 4	0,058	332,08	210,54	14,59	1
21	Motor servo 5	0,058	457,78	212,39	12,59	1
22	Dinamo	0,058	513,64	212,65	3,84	1
23	Arduino Uno	0,025	41,80	29,56	71,49	1
24	Box Controller	0,002	51,20	42,50	46,85	1
25	Batrai litium polimer	0,39	47,97	61,47	12,01	1
26	Screw/bolt,Nut	0,427	-	-	-	69
27	Bread board	0,002	-	-	-	1
28	FPV A10 Camera	0,004	520,58	210,68	26,16	1
29	Bearing RC	0,113	-	-	-	3
30	Batrai JJRC 150 MAh	0,006	47,97	61,47	12,01	1
31	Modul WIFI	0,001	-	-	-	1
32	Total	1,701 kg				57

Bengu

Menghitung posisi titik berat gabungan :

$$X = \sum \frac{W_n . X_n}{W_n} = \frac{w_1.x_1 + w_2 .x_2 + \cdots + w_n .x_n}{w_1 + w_2 + \cdots + w_n}$$

$$\bar{X} = \frac{176{,}0633\ kg.mm}{1{,}159\ kg} = 151{,}90\ mm$$

$$Y = \sum \frac{W_n . Y_n}{W_n} = \frac{w_1.y_1 + w_2 .y_2 + \cdots + w_n .y_n}{w_1 + w_2 + \cdots + w_n}$$

$$\bar{Y} = \frac{148{,}2094\ kg.mm}{1{,}159\ kg} = 127{,}87\ mm$$

$$Z = \sum \frac{W_n . Z_n}{W_n} = \frac{w_1.z_1 + w_2 .z_2 + \cdots + w_n .z_n}{w_1 + w_2 + \cdots + w_n}$$

$$\bar{Z} = \frac{29{,}62771\ kg.mm}{1{,}159\ kg} = 25{,}56\ mm$$

Gambar 11. Posisi Titik Pusat Massa pada Sumbu Z dan Y Serta S umbu Z dan X

4. ANALISIS

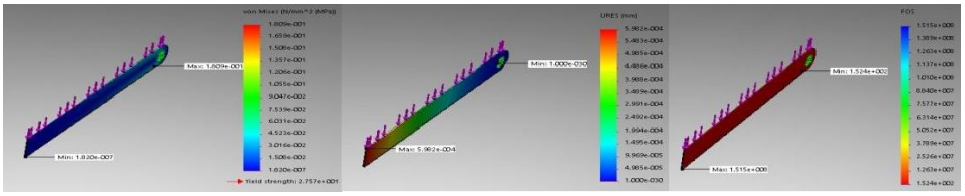
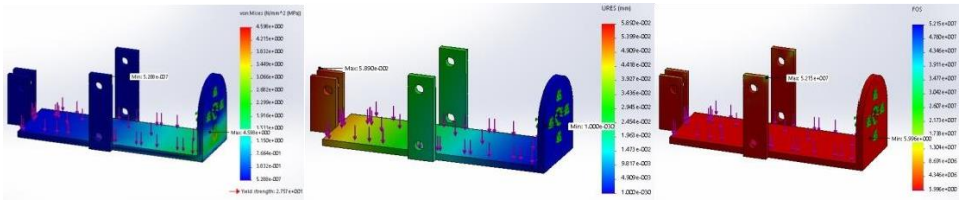
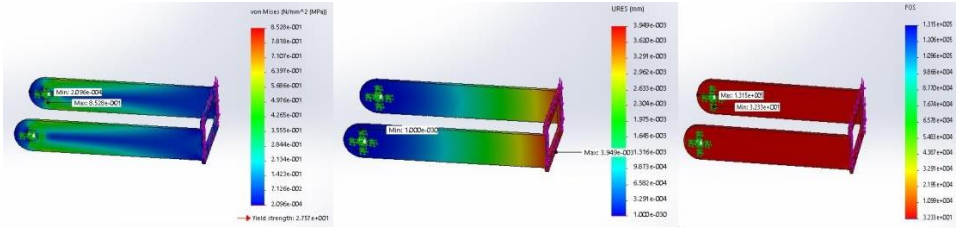
4.1 Posisi Titik Pusat Massa

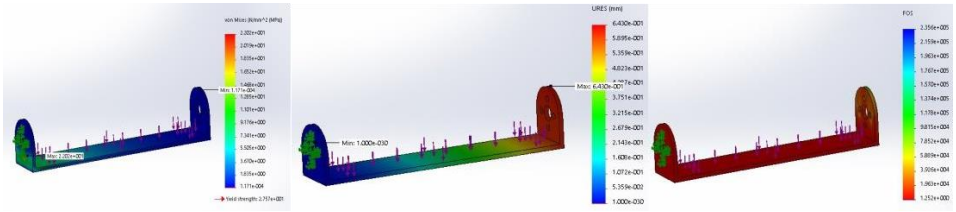
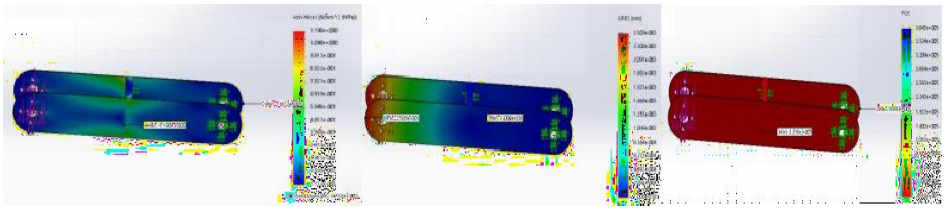
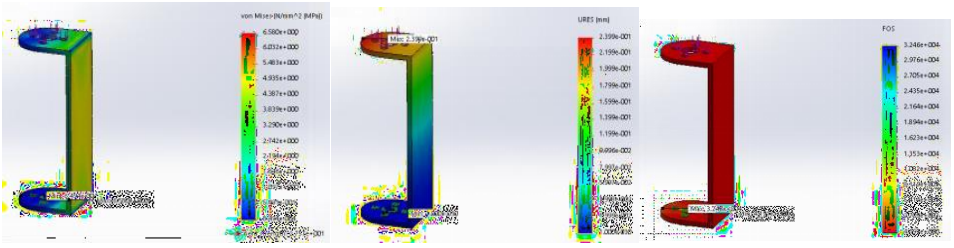
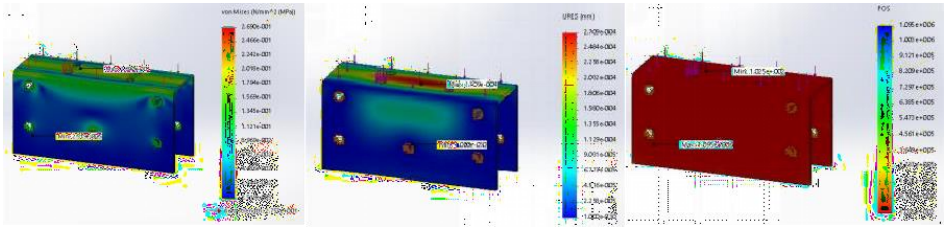
Tabel 3. Titik Pusat Massa

Titik Pusat Massa	X	Y	Z
Sistem	151,90 mm	127,87 mm	25,66 mm

4.2 Simulasi Tegangan, Defleksi dan Safety Factor

Tabel 4. Simulasi Solidworks

No	Komponen	Hasil Simulasi
1	End Effector 	σ_{Max} : 1,809 x 10^{-1} δ_{Max} : 5,982 x 10^{-4} Sf_{Min} : 15,25
2	Link 6 	σ_{Max} : 4,598 δ_{Max} : 5,890 x 10^{-2} Sf_{Min} : 5,996
3	Link 5 	σ_{Max} : 0,8528 δ_{Max} : 3,949 x 10^{-3} Sf_{Min} : 32,33

4	Link 4 	σ_{Max} : 2,202 δ_{Max} : 6,430 x 10^{-1} Sf_{Min} : 1,252
5	Link 3 	σ_{Max} : 1,190 δ_{Max} : 2,509 x 10^{-3} Sf_{Min} : 23,18
6	Link 2 	σ_{Max} : 6,580 δ_{Max} : 2,399 x 10^{-1} Sf_{Min} : 41,91
7	Base 	σ_{Max} : 2,690 x 10^{-1} δ_{Max} : 2,709 x 10^{-4} Sf_{Min}: 10,25

5. KESIMPULAN

1) Jenis robot yang dirancang adalah robot lengan, yaitu robot yang tersusun dari 6 link dan end effector dengan panjang link dua 70 mm, link tiga 120 mm, link empat 120 mm, link lima 120 mm, link enam 70 mm dan end effector 120 mm.
2) Berdasarkan analisis inverse kinematic didapatkan sudut yang dihasilkan oleh motor servo pada setiap link sebesar $\theta_1 = 15{,}94^0$, $\theta_2 = 28{,}61^0$, $\theta_3 = 32{,}46^0$, $\theta_4 = 21{,}67^0$, $\theta_5 = 50{,}46^0$.
3) Berdarakan perhitungan analisis mekanika didapatakan torsi sebesar 12,21 kg.cm yang terjadi pada link 2 dengan keadaan atau posisi model robot lengan yang tidak stabil.
4) Total daya motor servo yang diperlukan untuk menggerakan model robot lengan sebesar 25,8 watt.
5) Berdasarkan hasil analisis static menggunakan software solidworks didapatkan safety factor minimum yang terjadi pada link 4 dengan nilai sebesar 1,252.

DAFTAR PUSTAKA

Anggoro, Welly, 2008, Robot Penggambar Dua Dimensi, Skripsi Fakultas Ilmu Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Departemen Fisika Universitas Indonesia, Jakarta

Pitowarno, Endra, 2006, Robotika Desain, Kontrol dan Kecerdasan Buatan, Andi Offset, Yogyakarta.

Kadir, Abdul, 2013, Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler Dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino, Andi Offset, Yogyakarta.