

## DESAIN PROTOTIPE SISTEM PENDORONG JENIS MEA SEBAGAI AKTUATOR PADA SISTEM SORTIR MENGGUNAKAN MIKROKONTROLLER

F. Burlian<sup>1\*</sup>, I. yani<sup>2</sup> dan I. Thamrin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya

*Corresponding author:* firmansyahburlian@unsri.ac.id

**ABSTRAK:** Saat ini perkembangan teknologi robotika telah mampu meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi berbagai industri dan salah satu cara untuk menambah tingkat kecerdasan sebuah alat, ialah dengan menambahkan sensor pada alat tersebut. Contohnya di industri dan bidang daur ulang sampah telah banyak menggunakan sistem penyortiran untuk memisahkan benda berdasarkan jenis, kualitas, dan ukuran benda. Saat ini banyak dikembangkan otomatisasi pada sistem penyortiran dan di bagian sistem sortir harus memiliki lengan robot atau mekanik untuk memudahkan pada saat penyortiran, Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang dan menganalisa kinerja lengan mekanik saat melakukan proses penyortiran secara realtime. Pengujian dilakukan pada prototype belt conveyor dengan webcam yang dipasang dalam kondisi statis pada conveyor tersebut. Webcam digunakan sebagai sensor pendeteksi warna dan sisi. Proses pengujian lengan mekanik dilakukan dengan cara memisahkan buah berdasarkan tingkat kematangannya dan ukuran secara berulang. Pengujian dilakukan sebanyak 110 kali. Setiap benda diuji sebanyak 11 kali dengan menggunakan 3 jenis botol plastik. dari 110 kali pengujian yang telah dilakukan, didapatkan 98 kali keberhasilan dengan persentase 87.27%. Hal ini menyatakan bahwa lengan mekanik pada alat sistem sortir dapat bekerja dengan hasil yang cukup baik.

**Kata Kunci:** Mikrokontroler, Arduino Uno R3, Denavit Hartenberg (D-H)

*ABSTRACT:* Currently the development of robotics technology has been able to increase the quality and quantity of production in various industries and one way to increase the intelligence level of a tool is by adding sensors to the tool. For example, in industry and the waste recycling sector, many sorting systems have been used to separate objects based on the type, quality and size of the object. Currently, many automations is developed in sorting systems and the sorting system must have a robotic or mechanical arm to make it easier during sorting. The purpose of this study is to design and analyze the performance of a mechanical arm during the real-time sorting process. The test is carried out on the conveyor belt prototype with a webcam installed in static conditions on the conveyor. A webcam is used as a color and side detection sensor. The process of testing the mechanical arm is done by repeatedly separating the fruit based on its maturity level and size. The test was carried out 110 times. Each object was tested 11 times using 3 types of plastic bottles. From 110 tests that have been done, it was found 98 times the success with a percentage of 87.27%. This suggests that the mechanical arm of the sorting system can perform reasonably well.

*Keywords:* Microcontroller, Arduino Uno R3, Denavit Hartenberg (D-H)

### PENDAHULUAN

Teknologi mengalami suatu kemajuan yang sangat pesat pada masa sekarang ini. Teknologi yang canggih telah menggantikan peralatan-peralatan manual yang membutuhkan banyak tenaga manusia untuk dioperasikan, salah satunya yaitu penggunaan robot. Lengan mekanik yang dibuat ini merupakan bagian dari robot untuk memindahkan benda berdasarkan jenisnya,

yang dapat menggantikan ataupun meringankan kerja manusia secara langsung. Perkembangan teknologi robotika telah membuat kualitas kehidupan manusia semakin tinggi.

Saat ini perkembangan teknologi robotika telah mampu meningkatkan kualitas maupun kuantitas produksi berbagai industri. Teknologi robotika juga telah menjangkau sisi hiburan dan pendidikan bagi manusia. Salah satu cara menambah tingkat kecerdasan

sebuah alat adalah dengan menambah sensor pada alat tersebut (Firmansyah, dkk, 2014). Di industri dan bidang pertanian telah banyak menggunakan sistem sortir untuk memisahkan benda berdasarkan jenis, kualitas, dan ukuran benda. Saat ini banyak dikembangkan otomatisasi pada sistem pensortiran. Bagian sistem sortir harus memiliki alat lengan robot atau mekanik untuk memudahkan pada saat pensortiran.

Dalam pembuatan lengan mekanik ini memerlukan beberapa motor servo sebagai penggerak lengan, untuk menggerakkan motor servo tersebut diperlukan suatu modul servo *controller* untuk mengatur pergerakan lengan mekanik agar dapat mengikuti gerak diinginkan (Hamidah, dkk, 2012).

Alat yang akan dirancang adalah lengan mekanik pemisah pada alat sortir. Lengan mekanik tersebut dirancang agar dapat memisahkan tanaman hortikultur pada sistem alat sortir (*end effector*), serta mampu bergerak secara seimbang dengan menggerakkan motor. Lengan ini dikedalikan dengan menggunakan suatu pengendali yang disebut mikrokontroler.

Dalam perencanaan suatu lengan mekanik untuk aplikasi tertentu, perlu pertimbangan berbagai macam alternatif yang akan digunakan. Mulai pemilihan jenis penggerak, konfigurasi robot, jenis joint dan lainnya. Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini dirancang sebuah lengan mekanik sortir yang dilengkapi cara perhitungan kinematika maju dan kinematika balik dengan metode geometri. Selain itu dalam penelitian ini juga dirancang sistem penggerak dengan menggunakan program matlab, yang merupakan pemrograman dengan kemampuan tinggi dalam bidang komputasi, visualisasi, dan pemrograman. Program ini sangat penting dalam pergerakan sistem lengan mekanis yang akan dirancang.

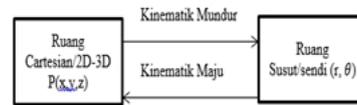
METODE PENELITIAN

Kinematika dapat didefinisikan sebagai studi pergerakan robot (*motion*) tanpa memperhatikan gaya/force atau faktor lainnya yang memengaruhi pergerakan tersebut. Pada sebuah analisa kinematik, posisi, kecepatan, dan akselerasi dari seluruh link dihitung tanpa memperhatikan gaya yang menyebabkan pergerakan. Kinematika robot, secara umum terbagi menjadi dua, yaitu kinematika maju (kinematika *forward*) dan kinematika mundur (kinematika *invers*).

Kinematika maju juga dikenal sebagai kinematika direct, dimana panjang dari tiap link dan sudut dari tiap joint diebrikan dan dihitung posisi robot. Pada kinematika mundur, panjang tiap link dan posisi diberikan, lalu kita hitung sudut dari tiap *join*. Kinematika robot dapat

dibagi lagi menjadi serial manipulator kinematics, *parallel manipulator kinematics*, *mobile robot kinematics* dan *humanoid kinematics*.

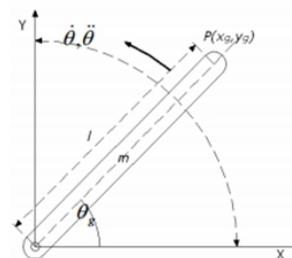
kinematik maju adalah analisa kinematik untuk mendapatkan koordinat posisi (x,y,z) jika diketahui sudut dari tiap joint. Sebagai contoh jika mempunyai robot n-DOF fan diketahui sudut dari tiap joint, maka kita dapat menggunakan analisa *forward kinematic* (kinematik maju) untuk mendapatkan koordinat posisi dari robot. Sedangkan kinematik mundur adalah analisa kinematik untuk mendapatkan besar sudut dari masing-masing joint jika kita mempunyai data koordinat posisi (x,y,z). Relasi kinematik maju dan mundur ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Relasi kinematik maju dan mundur (Budiharto, 2014)

Model matematik dari pergerakan robot secara umum dibedakan menjadi 2, yaitu gerak holonomic dan gerak non-holonomic. Dalam robotika, gerak holonomic misalnya, robot manipulator dua DOF dengan konfigurasi planar. Ujung robot tangan ini dapat menjangkau daerah kerja dalam koordinat cartesian dari satu titik koordinat ke titik koordinat yang lain secara langsung tanpa mengubah arah hadap dari badan robot itu sendiri. Gerak non-holonomic seperti gerak mobile-robot, dimana dalam geraknya ke segala arah maka robot itu harus selalu mengubah arah hadap robot tersebut. (Budiharto, 2014).

Salah satu cara paling mudah untuk menyelesaikan analisis kinematik robot adalah menggunakan persamaan trigometri, misalnya analisa kinematik robot lengan 1DOF (Gambar 2) (Saputra, 2010).



Gambar 2 Robot lengan 1 DOF (Budiharto, 2014)

Menggunakan kinematik maju maka kita bisa mendapatkan koordinat P (x,y):

$$x = l \cos\theta \tag{1}$$

$$y = l \sin\theta \tag{2}$$

Menggunakan kinematik mundur, maka kita bisa mendapatkan  $\theta$  :

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{y}{x} \right) \quad (3)$$

Analisa D-H digunakan untuk menentukan koordinat suatu titik seperti pada forward kinematic dan untuk menentukan hubungan dari setiap joint pada robot manipulator.

Prinsip dasar representasi D-H adalah suatu matriks (4x4) yang berupa sistem koordinat dari suatu link dengan link yang terhubung pada pangkalnya (link sebelumnya). Dalam konfigurasi serial, koordinat (ujung) link-1 dihitung berdasarkan sendi-0 atau sendi pada tubuh robot. sistem koordinat pada link-2 dihitung berdasarkan posisi sendi-1 yang berada diujung link-1 dengan mengasumsikan link-1 adalah basis gerak link-2. Demikian seterusnya, link-3 dihitung berdasarkan link-2, hitung link-ke(n) dihitung berdasarkan link-ke(n-1). D-H menggunakan 4 buah parameter yaitu  $\theta, \alpha, d, a$ . Untuk robot dengan n-DOF maka keempat parameter itu ditentukan hingga yang ke-n (Sharon, 1987) (Tabel 1).

Tabel 1. Parameter DH untuk n-link robot manipulator (Andik Yulianto, 2014)

Link	Joint	$\alpha_n$	$a_n$	$d_n$	$\theta_n$
1	0 - 1	$\alpha_1$	$a_1$	$d_1$	$\theta_1$
2	1 - 2	$\alpha_2$	$a_2$	$d_2$	$\theta_2$
3	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...
I	(n-1) ->	$\alpha_n$	$a_n$	$d_n$	$\theta_n$

Dimana :

$\theta_n$  adalah sudut putaran pada sumbu  $z_{(n-1)}$

$\alpha_n$  adalah sudut putaran pada sumbu  $x_n$

$d_n$  adalah translasi pada sumbu  $z_{(n-1)}$

$a_n$  adalah translasi pada sumbu  $x_n$

Dari Tabel Denavit Hatenberg diatas dapat diubah menjadi persamaan Matriks sebagai berikut:

$$A_n = \begin{bmatrix} \cos\theta_n - \cos\alpha_n \sin\theta_n & \sin\alpha_n \sin\theta_n & a_n \cos\theta_n \\ \sin\theta_n & \cos\alpha_n \cos\theta_n - \cos\alpha_n \cos\theta_n a_n \sin\theta_n & \\ 0 & \sin\alpha_n & \cos\alpha_n & d_n \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Mendapatkan link matrik tranformasi  $A_n$  (matrik A). Pada aturan DH, tiap matrik transformasi homogen  $A_n$  ditunjukkan sebagai sebuah hasil perkalian empat matrik transformasi dasar seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (5)

$$A_n = Rot_{z,\theta_n} Trans_{z,d_n} Trans_{z,a_n} Rot_{x,a_n} \quad (5)$$

Motor DC sering disebut “motor servo”. Dalam realitanya, berbeda dengan motor DC. Motor servo merupakan motor DC yang mempunyai kualitas tinggi. Motor ini sudah dilengkapi dengan sistem kontrol. Pada aplikasinya, motor servo sering digunakan sebagai kontrol loop tertutup, sehingga dapat menangani perubahan posisi secara tetap dan akurat begitu juga dengan pengaturan kecepatan dan percepatan. Bentuk fisik motor servo dapat dilihat pada gambar 3. Sistem pengkabelan motor servo terdiri dari 3 bagian, yaitu Vcc, Gnd dan Kontrol (PWM). Penggunaan PWM pada motor servo berbeda dengan penggunaan PWM pada motor DC.



Gambar 3 Motor Servo TowerPro

Pada motor servo, pemberian nilai PWM akan membuat motor servo bergerak pada posisi tertentu lalu berhenti (kontrol posisi). Pengaturan dapat menggunakan delay pada setiap perpindahan dari posisi awal menuju posisi akhir. Secara umum motor servo terdiri atas 2 jenis yaitu motor servo standard dan motor servo continuous. Motor servo continuous dapat bergerak sampai satu putaran penuh sebesar 360 derajat, sedangkan motor servo standard hanya dapat bergerak sampai setengah putaran yaitu 180 derajat. (Budiharto 2014).

Penggunaan mikrokontroler pada pembuatan lengan robot ini memiliki peran yang sangat penting karena digunakan sebagai komponen utama seperti halnya otak sebagai pusat perintah untuk kerja-kerja semua organ pada manusia. Pemrograman mikrokontroler merupakan dasar dari prinsip pengontrolan kerja robot (Sharon, 1987).

Arduino dikatakan sebagai sebuah platform dari physical computing yang bersifat open source. Pertama-tama perlu dipahami bahwa kata “platform” di sini adalah sebuah pilihan kata yang tepat. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan Integrated Development Environment (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-compile menjadi kode biner dan meng-upload ke dalam memory microcontroller. Ada banyak projek dan alat-alat dikembangkan oleh akademisi dan profesional dengan

menggunakan Arduino, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak lain untuk bisa disambungkan dengan Arduino. Arduino berevolusi menjadi sebuah platform karena ia menjadi pilihan dan acuan bagi banyak praktisi. (Feri Djuandi, 2011)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Gaya lengan mekanik bertujuan untuk mengetahui gaya dorong yang dihasilkan lengan mekanik dengan menggunakan motor servo TowerPro MG996R dengan torsi 1.0787 Nm. Gaya dorong yang dihasilkan pada lengan mekanik harus lebih besar dibandingkan dengan objek buah yang akan didorong. Karena apabila hasil dari perhitungan gaya lengan yang didapat kurang atau lebih kecil dari berat massa objek buah. Maka lengan mekanik tidak dapat mendorong benda kerja tersebut. Lengan mekanik ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Lengan mekanik

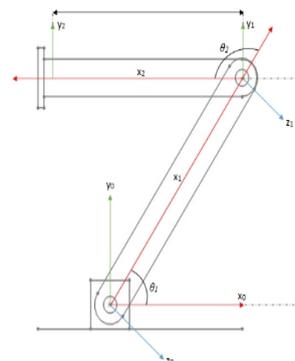
Dari hasil perhitungan analisa setiap batang pada lengan mekanik didapat gaya yang dihasilkan lengan mekanik dengan menggunakan motor servo TowerPro MG996R adalah sebesar 432.05 gram. Dimana hasil dari analisa gaya ini akan dibandingkan dengan berat massa objek buah yang akan digunakan. dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Hasil analisa gaya dorong

No	Benda Kerja	Massa (gram)	Gaya (gram)	Keterangan
1	Botol 1	60 – 200	432.05	Aman
2	Botol 2	40 – 140	432.05	Aman
3	Botol 3	110 – 220	432.05	Aman
4	Botol 4	317 – 350	432.05	Aman
5	Botol 5	190 – 230	432.05	Aman
6	Botol 6	160 – 200	432.05	Aman

Pada tabel 2 dapat dilihat dimana hasil gaya dorong lengan mekanik lebih besar dibandingkan berat massa sehingga lengan mekanik yang dirancang dapat menyortir atau mendorong buah tersebut.

Perhitungan kinematik maju dengan menggunakan metode DH dilakukan untuk mengetahui koordinat (x,y,z) pada lengan mekanik. metode D-H menggunakan 4 buah parameter yaitu  $\alpha$ ,  $d$  dan  $a$ . Untuk robot n-DOF. Gambar 5 menunjukkan lengan mekanik posisi pertama sedangkan tabel 3 menunjukkan D-H parameter lengan mekanik posisi pertama.



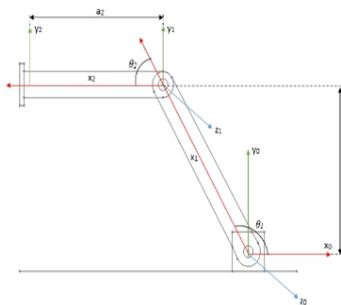
Gambar 5 Lengan mekanik posisi pertama

Tabel 3 D-H parameter lengan mekanik posisi pertama

I	a (mm)	A	d	$\theta$
1	400	0	0	80°
2	325	0	0	100°

Dari perhitungan kinematik dengan parameter D-H diatas, didapat kinematik gerak lengan mekanik posisi pertama yaitu dimana Px sebesar -255.262mm dan Py sebesar 393.707mm.

Lengan mekanik posisi kedua ditunjukkan pada gambar 6, sedangkan D-H parameter lengan mekanik posisi kedua dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 6 Lengan mekanik posisi kedua

Tabel 4 D-H Parameter Lengan Mekanik Posisi Kedua

I	a (mm)	A	d	$\theta$
1	400	0	0	110°
2	325	0	0	70°

Dari perhitungan kinematik dengan parameter D-H diatas, didapat kinematik gerak lengan mekanik posisi kedua yaitu dimana  $P_x$  sebesar -461.593mm dan  $P_y$  sebesar 375.805mm.

Pengujian analisa gerak lengan mekanik perhitungan dan pengamatan. Gerakan lengan mekanik secara langsung berfungsi untuk mengetahui nilai *error* pada pergerakan lengan mekanik. Pada penelitian ini dilakukan 5 (lima) kali percobaan dengan perhitungan manual menggunakan pengaris busur derajat dapat dilihat pada Tabel 5. Presentasi error masing-masing sumbu koordinat dan nilai sudut tiap lengan dapat dihitung menggunakan persamaan 6 sebagai berikut:

$$Err = \left(\frac{\Delta L}{L}\right) \times 100\% \tag{6}$$

Keterangan:

Err = Persentase *error* koordinat (%)

$\Delta L$  = jarak perbedaan nilai koordinat antara robot lengan sebenarnya dan perhitungan

L = panjang pergerakan robot lengan pada perhitungan

Tabel 5 Data hasil pengujian untuk sudut tiap lengan

No	Sudut Yang di Set		Sudut Hasil Gerak Lengan Mekanik dari 5 kali Percobaan	
	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_1$	$\theta_2$
1	80	100	1. 81°	1. 99°
			2. 81°	2. 99°
			3. 82°	3. 98°
			4. 81°	4. 99°
			5. 82°	5. 98°
	Rata-rata		81.4°	98.5°
2	110	70	1. 108°	1. 72°
			2. 108°	2. 72°
			3. 109°	3. 71°
			4. 109°	4. 71°
			5. 109°	5. 71°
	Rata-rata		108.6°	71.4°

Berdasarkan persamaan Err maka didapat nilai presentase *error* untuk koordinat *end effectort* dengan menggunakan persamaan 7 berikut:

$$\frac{\text{Jumlah keberhasilan}}{\text{Jumlah keseluruhan pengujian}} \times 100 = \dots\dots\% \tag{7}$$

$$\frac{96 \text{ buah}}{110 \text{ buah}} \times 100 = 87.27\%$$

Dari 110 pengujian yang dilakukan didapatkan jumlah keberhasilan bernilai 98 setelah dihitung persentase keberhasilan mencapai 87.27%. Hal ini menyatakan bahwa lengan mekanik sebagai alat siste sortir tanaman hortikultura dapat bekerja dengan hasil yang cukup baik.

Sehingga pada perancangan lengan mekanik ini diketahui bahwa lengan mekanik yang dirancang untuk penyortiran secara *realtime* mempunya tingkat keberhasilan 87.27% yang menggunakan motor *servo PowerPro MG996R*. serta mempunyai *error* koordinat posisi sebesar  $ErrX = 2.86\%$  dan  $ErrY = 0.66\%$  dengan kemampuan mendorong objek sebesar 432.05 gram.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

Lengan mekanik yang dirancang menggunakan bahan alumunium dan motor penggerak servo TowerPro MG996R mempunyai gaya dorong dengan kemampuan mendorong objek sebesar 432.05 gram.

Perbandingan koorniat dan sudut antara analisa perhitungan menggunakan metode D-H pada lengan mekanik dengan pengamatan gerak lengan mekanik secara langsung didapat hasil gerak lengan mekanik mempunyai *error* koordinat posisi sebesar  $ErrX = 2.86\%$  dan  $ErrY = 0.66\%$  serta *error* sudut.

DAFTAR PUSTAKA

Budiharto, W. (2014). Robotika Modern Teori dan Implementasi (Edisi Revisi), Andi Offset, Yogyakarta.

Djuandi, F. (2011). Pengenalan Arduino, E-book. www.tobuku.

Firmansyah, Away, Y., Munadi, R. (2014). Perancangan Lengan Robot 5 Derajat Kebebasan dengan Pendekatan Kinematika. Jurnal Rekayasa Elektrika Vol. 11, No. 2.

Hamidah, S., Panjaitan, D., Triyanto, D. (2012). Sistem Pengendali Robot Lengan Menggunakan Pemrograman Visul Basic. Universitas Tanjungpura.

Saputra, H.M. (2010). Rancang Bangun Sistem Kendali Motor Stepper Printer Canon BJC-S200SPx untuk Prototipe Lengan Robot 5-DOF (Majabot).

- Sharon, D. (1987). *Robotics and Automated Manufacturing*, 1st edition, Pitman Publishing, London.
- Yulianto, A., Ramadan, E. (2014). Sistem Kendali Robot Manipulator Pemindah Barang Dengan Umpan Balik Visual. *Jurnal Ilmiah Mikrotek* Vol. 1, No.2.