



MOBILE MANIPULATOR ROBOT PADA KASUS PEMINDAH BARANG

Faradila Irianti¹, Ely Firman¹, Muhammad Iqbal Nugraha¹, Yudhi¹
¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
Corresponding Author: faradilair@gmail.com

ABSTRAK

Dunia industri sangat mengaharapkan peningkatan kinerja dengan pemanfaatan dan kreasi dari teknologi terbaru. Robot lengan merupakan salah satu jenis robot yang sering digunakan untuk melakukan beragam tugas untuk menggantikan manusia di dunia industri. Dengan mengkolaborasikan fungsi lengan dan roda, maka akan dihasilkan kemampuan untuk memindahkan barang yang lebih efektif dan efisien. Dengan sistem line tracing atau pendeteksi garis, mobile manipulator robot akan bergerak menelusuri garis yang telah ada untuk menuju ke tempat pengambilan benda, lalu lengan robot akan berfungsi untuk mengambil dan meletakkan kembali benda ke tempat tujuan. Hasil keluaran dari penelitian kali ini berupa mobile manipulator robot yang memiliki jangkauan maksimal 237mm pada sumbu X, 237mm pada sumbu Y, dan 224mm pada sumbu Z dan keberhasilan menuju lokasi benda kerja dengan menggunakan sistem pengikut garis sedangkan bagian manipulator dengan 3 DOF dapat menjangkau sudut servo maksimal 120 derajat pada bagian waist, 180 derajat pada bagian lengan atas dan lengan bawah, serta dapat mencapit benda kerja dengan sudut putar hingga 360 derajat.

Kata Kunci: kinematika, mobile robot, manipulator robot

ABSTRACT

The industrial world really expects an increase in performance by utilizing and creating the latest technology. Robot arm is one type of robot that is often used to perform various tasks to replace humans in the industrial world. By collaborating the function of the arm and wheel, it will produce the ability to move goods more effectively and efficiently. With a line tracing system or line detection, the mobile manipulator robot will move along the existing line to get to the place where the object is picked up, then the robot arm will function to pick up and put the object back to its destination. The output of this research is a mobile manipulator robot which has a maximum range of 237mm on the X-axis, 237mm on the Y-axis, and 224mm on the Z-axis and success in getting to the workpiece location using a line follower system while the manipulator with 3 DOF can reach the servo angle. a maximum of 120 degrees on the waist, 180 degrees on the upper and lower arms, and can clamp the workpiece with a rotating angle of up to 360 degrees.

Keywords: kinematics, mobile robot, manipulator robot

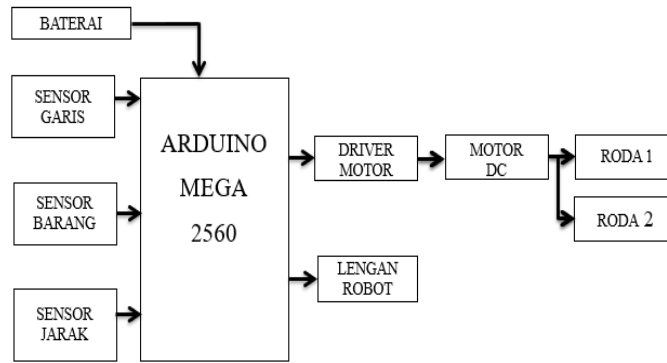
1. PENDAHULUAN

Dengan berkembangnya teknologi dan inovasi di bidang robotika ini, banyak sekali macam robot yang dibuat untuk memenuhi dan menggantikan peran manusia dalam mengoperasikan suatu pekerjaan. Proses pemindahan barang di industri masih banyak yang menggunakan cara konvensional dengan memanfaatkan tenaga manusia. Proses pemindahan barang di industri ini menjadi satu dari beragam sektor yang banyak menggunakan robot, dimana robot ini dimanfaatkan untuk melakukan tugas-tugas yang apabila dilakukan manusia akan lambat ataupun sangat berbahaya. Dalam bekerja manusia mempunyai tingkat kejenuhan serta tingkat kelelahan, hal ini menyebabkan meningkatnya *human error* yang dihasilkan, dan akan berimbas pada tingkat produktifitas suatu industri (Dzulkarnain, Dewantara and Besari, 2011). Oleh karena itu dibuatlah penelitian dengan judul *Mobile Manipulator Robot Pada Kasus Pemindahan Barang*.

Istilah *mobile manipulator* robot pada saat ini mengacu pada sebuah sistem robot yang terdiri dari manipulator robot yang terpasang pada *mobile* robot. Robot jenis *mobile manipulator* ini menawarkan dua kelebihan yaitu efektifitas mobilitas yang diberikan *mobile* robot dan efisiensi kerja dan ketangkasan yang dimiliki oleh manipulator robot (Gustiana, Indrawaty and Febriandi, 2019). Penyatuan dua buah jenis robot ini selain memiliki kelebihan yang sangat diminati, juga memiliki kelemahan. Seperti yang di kemukakan oleh (Yamamoto, 1994) jenis robot ini memiliki interaksi dinamis yang berbeda antara platform *mobile* dan manipulator. Pada penelitian ini proses mobilisasi atau transportasi pemindahan barang menggunakan *mobile* robot dipilih dengan menerapkan sistem pengikut garis dengan pertimbangan cara pengoperasian yang cukup mudah dan stabil. Sementara robot lengan yang dirancang memiliki 3 *Degree Of Freedom* dengan satu buah *end effector* berupa gripper. Penelitian ini bertujuan untuk merancang strategi dan algoritma kendali agar robot dapat memindahkan barang dari lokasi yang satu ke lokasi yang dituju sesuai dengan jalur yang telah ditentukan.

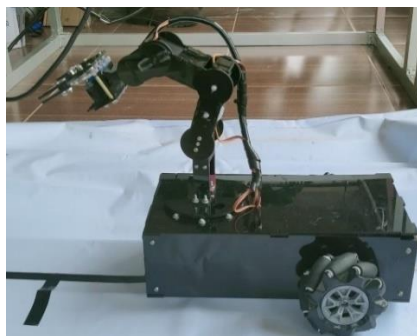
2. METODE

Adapun metodologi penelitian ini dimulai dari pemahaman literatur, perakitan mekanik robot, pembuatan algoritma kendali, dan diakhiri dengan proses uji coba. Mekanik robot dibuat dari bahan akrilik setebal 3mm, penggunaan akrilik dipilih karena memiliki bobot yang ringan dan kuat. Setelah melakukan pemahaman literatur, dirumuskan sistem robot yang terdiri dari bagian mekanik lengan, mekanik *mobile*, dan beberapa sensor yang kemudian digambarkan secara umum dalam blok diagram pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

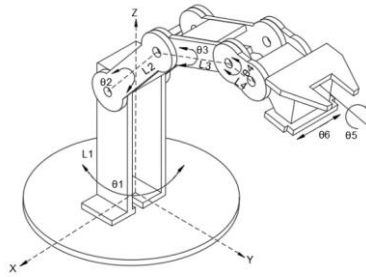
Dari blok diagram *input* dan *output* yang digunakan yaitu *microcontroller* Arduino Mega 2560 sebagai sistem kendali semua perangkat, baik *input* maupun *output* yang ada pada sistem. Adapun masukannya adalah sensor ultrasonic, sensor garis dan sensor photodiode. Sensor ultrasonic berfungsi untuk mendeteksi jarak terhadap *obstacle*, sensor garis berfungsi untuk mendeteksi garis lintasan, sensor photodiode berfungsi untuk mendeteksi barang yang akan diambil oleh lengan. Untuk *output*-nya terdapat sebuah LCD 16x2, servo, dan *driver* motor L298N. LCD 16x2 berfungsi untuk sebagai display pada sistem, servo motor merupakan penggerak utama untuk lengan robot dan *driver* motor berfungsi untuk mengatur pergerakan motor DC pada *mobile* robot. Gambar 2. menunjukkan gambar keseluruhan dari *mobile manipulator* robot pada penelitian ini.



Gambar 2. *Mobile manipulator* robot

2.1. Manipulator Robot

Manipulator robot ini berupa robot lengan dengan 3 buah lengan (L1,L2,L3) dan 6 buah motor servo (J1,J2,J3,J4,J5,J6). J1 diberikan identitas sebagai *waist*, J2 sebagai *shoulder*, J3 sebagai *elbow*, J4 sebagai *pitch*, J5 sebagai *roll*, dan J6 sebagai servo *gripper*. Motor servo *waist* dan *gripper* akan bergerak secara horizontal, sedangkan motor servo lainnya akan bergerak secara vertikal. Untuk ukuran lengan L1 memiliki ukuran 775mm, L2 sepanjang 70mm, dan L3 sepanjang 70mm Adapun Gambar 3. merupakan *interface* dari robot lengan yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 3. Mekanik Robot Lengan

Permodelan kinematika dari robot lengan dibutuhkan untuk mendapatkan posisi dari *end effector*. Kinematika maju dipilih untuk mendapatkan posisi (x,y,z) dari *end effector*. Adapun metode yang digunakan adalah metode analisa *Denevit-Hartenberg* (DH). DH parameter ini menggunakan matriks *homogeneous transformation* 4 x 4 untuk menyatakan hubungan spasial antara dua *link* yang berhubungan (Craig, 2006). Berdasarkan gambar dapat diambil parameter seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Tabel DH Parameter

i	α_i	a_i	D_i	Θ_i
1	90	0	L1	Θ_1
2	0	L2	0	Θ_2
3	0	L3	0	Θ_3

Dari parameter yang didapatkan, maka akan diperoleh matriks T dari setiap *joint* yang kemudian dirumuskan menjadi persamaan 1-3.

$${}^0T_3 = {}^0T_1 \cdot {}^1T_2 \cdot {}^2T_3 \quad (1)$$

$${}^0T_3 = \begin{bmatrix} C1 & 0 & S1 & 0 \\ S1 & 0 & -C1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & L1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} C2 & -S2 & 0 & L2 \cdot C2 \\ S2 & C2 & 0 & L2 \cdot S2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} C3 & -S3 & 0 & L3 \cdot C3 \\ S3 & C3 & 0 & L3 \cdot S3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

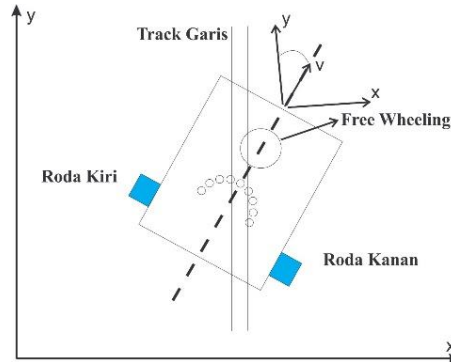
$${}^0T_3 = \begin{bmatrix} C1 \cdot C23 & -C1 \cdot S23 & S1 & C1(L2 \cdot C2 + L3 \cdot C23) \\ S1 \cdot C23 & -S1 \cdot S23 & -C1 & S1(L2 \cdot C2 + L3 \cdot C23) \\ S23 & C23 & 0 & L1 + L2S2 + L3S23 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Matriks T dari persamaan 3 dapat memberikan posisi dari *end-effector* yang kemudian dapat kita hitung dengan memberikan masukkan nilai sudut di tiap-tiap motor servo. Adapun persamaan (Px,Py,Pz) yang dapat digunakan adalah persamaan 7.

$$\begin{pmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C1(70 \cdot C2 + 70 \cdot C23) \\ S1(L2 \cdot C2 + 70 \cdot C23) \\ 70 + 70 \cdot S2 + 70 \cdot S23 \end{pmatrix} \quad (4)$$

2.2. Mobile Robot

Mobile robot yang digunakan adalah jenis robot beroda *nonholonomic* yang bergerak bergantung pada jalur yang diraihnya. Penelitian ini menggunakan robot beroda dengan teknologi *differential drive* yang merupakan suatu teknik pergerakan robot dengan memanfaatkan perbedaan kecepatan dua roda (Julyus, Manullang and Dewi, 2020) dengan penambahan satu buah roda *freewheeling* sebagai penyeimbang pada bagian depan. Gambar 4 menunjukkan mekanik dari *mobile robot* dengan sistem *differential drive*.



Gambar 4. Mekanik *Mobile Robot*

Sehingga secara matematis didapatkan persamaan kecepatan linier dan dan kecepatan angular dari *mobile robot* ini sebagai persamaan 5.

$$\begin{bmatrix} V(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{L} & -\frac{1}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_R(t) \\ V_L(t) \end{bmatrix} \quad (5)$$

Persamaan 8 menunjukkan keterkaitan antara kecepatan angular robot dengan kecepatan linier yang kemudian dapat di rumuskan menuju penggunaan kinematika *mobile robot*. Sehingga dapat diperoleh persamaan 6 yang menunjukkan kinematika balik dari *mobile robot* ini.

$$\begin{bmatrix} V_R(t) \\ V_L(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \frac{L}{2} \\ 1 & -\frac{L}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix} \quad (6)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini disajikan hasil dari pengujian beberapa indikator sistem robot yang telah dibuat. Sebelum menuju ke pencarian titik *end effector* dengan menggunakan metode kinematika maju, perlu dilakukan kalibrasi dari motor servo masing-masing lengan robot.

Tabel 2 menunjukkan sudut normal yang akan digunakan beserta jangkauan PWM yang akan menjadi sinyal masukkan pada pergerakan manipulator robot.

Tabel 2. Hasil Kalibrasi Motor Servo

Servo Ke-	Minimum PWM (us)	Maksimum PWM (us)	Sudut Minimum	Sudut Maksimum	Arah pergerakan lengan robot posisi minimum	Arah pergerakan lengan robot maksimum
1	100	600	0	120	Kiri	Kanan
2	100	450	0	180	Bawah	Atas
3	470	95	0	180	Bawah	Atas
4	120	480	0	180	Bawah	Atas
5	100	480	0	180	Bawah	Atas
6	220	500	0	360	Kiri	Kanan

Tabel 3 menyajikan hasil analisis posisi dari masukkan sudut yang telah di tetapkan dengan menggunakan persamaan kinematika maju dari robot lengan. Dengan variasi pada sumbu x, sumbu y, dan sumbu z dan memperhatikan arah orientasi *end effector*. *Mobile* robot yang menggunakan 8 buah sensor garis dapat bekerja dengan baik dibuktikan dengan dilakukan pengujian sistem keseluruhan.

Tabel 3. Hasil *Forward* Kinematik

No.	Sudut <i>Joint</i> (dalam derajat)						Posisi Robot (dalam mm)								
	Θ_1	Θ_2	Θ_3	Θ_4	Θ_5	Θ_6	Pengukuran			Perhitungan			error (mm)		
							P_x	P_y	P_z	P_x	P_y	P_z	P_x	P_y	P_z
1	90	180	90	90	0	0	18	-77	0	0	-70	7	18	7	7
2	90	180	90	90	0	180	26	-77	3	0	-70	7	26	7	4
3	90	90	45	45	0	0	35	-53	167	0	-49	196	35	4	29
4	0	45	45	45	0	0	53	11	133	49	0	196	4	11	63
5	120	45	45	45	180	0	-32	55	130	-25	43	196	7	12	66
6	0	0	90	0	180	180	76	12	142	70	0	147	6	12	5
7	25	0	90	90	0	180	61	21	11	63	30	0	2	9	11

Pada Tabel 4 menunjukkan pengujian sistem keseluruhan terhadap waktu yang diperlukan untuk menuju kondisi yang diinginkan.

Tabel 4. Pengujian Waktu Pencapaian Terhadap Titik Koordinat

Motion	Koordinat Dari Θ_1 sampai Θ_6	Rata-rata waktu
Posisi <i>Stand Bye</i>	90,90,135,45,0,180	2000 ms
Posisi Mengambil benda	45,120,90,135,0,180	4300 ms
Posisi Membawa benda	90,90,135,45,0,45	3200 ms
Posisi menaruh benda	45,120,90,135,0,180	4200 ms

4. KESIMPULAN

Pada *Mobile manipulator robot* dengan sistem robot lengan 3 DOF dan pembaca garis yang di telah di uji coba menggunakan sistem kinematika yang tertera pada bagian sebelumnya, dapat disimpulkan menjadi :

1. Bagian manipulator dengan 3 DOF dapat menjangkau sudut servo maksimal 120° pada bagian *waist*, 180° derajat pada bagian lengan atas dan lengan bawah, serta dapat mencapit benda kerja dengan sudut putar hingga 360° derajat.
2. Hasil percobaan menunjukkan jangkauan robot lengan terjauh akan berada pada titik 237mm pada sumbu X, 237mm sumbu Y, dan 224mm pada sumbu Z.
3. Pergerakan *mobile* robot didapatkan dari hasil pembacaan sensor garis yang kemudian mengatur kecepatan gerak dari *mobile* robot sesuai dengan logika yang telah diberikan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, serta semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan artikel penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Craig, J. J. (2006) *Book Review: Introduction to Robotics: Mechanics and Control*. doi: 10.7227/ijeee.41.4.11.
- Dzulkarnain, A. D., Dewantara, B. S. B. and Besari, A. . A. (2011) ‘Pengendalian Robot Lengan Beroda Dengan Kamera Untuk’, *ITS Surabaya*, (1).
- Gustiana, M., Indrawaty, Y. and Febriandi, A. (2019) ‘Perancangan Mobile Manipulator Robot Secara Simulasi Menggunakan Microsoft Robotics Developer Studio’, *MIND Journal*, 3(1), pp. 15–23. doi: 10.26760/mindjournal.v3i1.15-23.
- Julyus, M., Manullang, C. and Dewi, M. K. (2020) ‘Kendali Robot Beroda Otonom dengan Invers Kinematics Autonomous Wheeled Robot Control with Inverse Kinematics’, 7, pp. 62–73.
- Yamamoto, Y. (1994) ‘Coordinated Control of A Mobile Manipulator’, *Robotica*, 16(March), pp. 607–613. Available at: http://repository.upenn.edu/cis_reports/240/.