

Aplikasi *Linear Trajectory Planning* Pada Simulasi Pergerakan Robot SCARA

3 DOF Dalam Menulis Huruf

Rendyansyah

Laboratorium Otomasi Industri, Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Sriwijaya
Palembang, Indonesia
rendyansyah@ilkom.unsri.ac.id

Rossi Passarella¹, Kemahyanto Exaudi²

Laboratorium Otomasi Industri, Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Sriwijaya
Palembang, Indonesia
¹passarella.rossi@ilkom.unsri.ac.id,
²kemahyanto@ilkom.unsri.ac.id

Abstract—Robot manipulator sering digunakan dalam area industri, seperti robot pemotong, robot las, dan lain sebagainya. Robot manipulator juga disebut lengan robot yang dapat dikendalikan secara otomatis dengan menerapkan sistem perencanaan jalur untuk bergerak dari koordinat titik awal menuju titik akhir. Dalam penelitian ini digunakan simulasi robot SCARA (*Selective Compliance Articulated Robot Arm*) dengan tiga derajat kebebasan untuk menuliskan huruf pada koordinat kartesian. Algoritma perencanaan jalur menggunakan *linear trajectory planning* agar dapat mengikuti jalur dari titik ke titik pola huruf yang diberikan dalam area kartesian tersebut. Hasil percobaan dalam simulasi program visual menunjukkan bahwa robot SCARA dapat menuliskan pola huruf “R” dan “Y” dengan baik.

Kata Kunci— *Linear Trajectory*, Menulis Huruf, Robot SCARA,

I. PENDAHULUAN

Teknologi robotika telah berkembang pesat, dimana aplikasi robotika hampir tidak dapat dipisahkan dalam lingkungan industri. Robot industri disebut sebagai robot manipulator, robot yang berbentuk lengan yang dapat meringankan dan menyelesaikan tugas yang rumit, seperti tugas pengelasan, pemotongan, dan lain sebagainya. Oleh karena itu penggunaan aplikasi robotika tersebut (robot manipulator) agar memudahkan pekerjaan, pergerakannya dapat dikendalikan dan respon waktunya cepat [1][2][3].

Robot manipulator umumnya terdapat beberapa konfigurasi yang berbeda-beda, hal ini disesuaikan dengan pekerjaan robot tersebut [4][5]. Salah satu bentuk robot manipulator yang digunakan dalam aplikasi industri yaitu robot SCARA. Robot SCARA berbentuk manipulator planar dengan konfigurasi semua *joint* dirancang untuk bergerak secara horizontal, kecuali bagian *end-effector* yang bisa bergerak naik dan turun [5].

Penggunaan robot manipulator dalam melakukan suatu pekerjaan diperlukan rancangan pergerakannya, hal ini dikarenakan agar robot tersebut melakukan tugas sesuai yang diinginkan. Persoalan tersebut memerlukan analisa *forward* dan *invers kinematic*, sehingga didapatkan solusi pergerakan

robot yang efektif dalam mengikuti jalur yang ditentukan [6]. Pergerakan robot manipulator dalam mengikuti suatu jalur/lintasan yang ditentukan dikenal istilah trajektori. Dalam perancangan trajektori terdapat beberapa algoritma *trajectory planning*, salah satunya *linear trajectory* [7].

Dalam penelitian ini telah disimulasikan pergerakan robot SCARA dengan tiga derajat kebebasan (3 DOF) menggunakan *linear trajectory* untuk menuliskan huruf tertentu. Pada simulasi robot SCARA ini dijalankan di dalam program visual agar dapat mengetahui respon pergerakan robot tersebut.

II. METODOLOGY

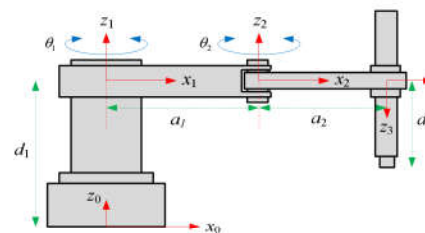
A. Pemodelan Robot SCARA 3 DOF

Perancangan simulasi robot SCARA 3 DOF memiliki konfigurasi panjang *link* 1 (d_1) 4 cm, *link* 2 (a_1) 7.5 cm, *link* 3 (a_2) 7.5 cm dan *link planar* (d_3) pada *end-effector* yaitu 4 cm. Sehingga radius area kerja kartesian yang dapat dijangkau oleh robot yaitu 15 cm. Adapun bentuk simulasi robot SCARA 3 DOF ditunjukkan pada Gambar 1. Dari struktur *link-link* lengan robot tersebut diperoleh persamaan *forward* dan *invers kinematic*. Untuk mencari persamaan *forward kinematic* dalam menentukan posisi $P(x,y,z)$ dengan bantuan trigonometri yang hasilnya pada (1), (2) dan (3).

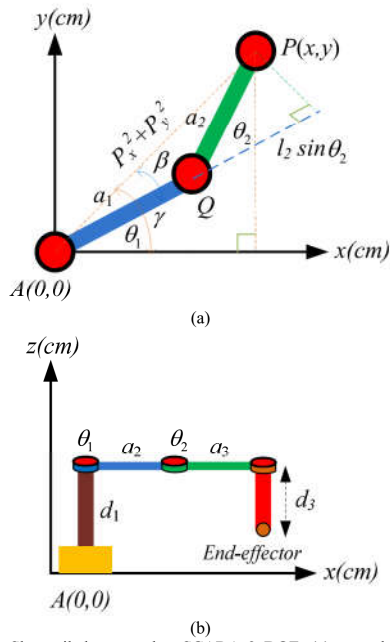
$$P_x = a_1 \cos \theta_1 + a_2 \cos (\theta_1 + \theta_2) \quad (1)$$

$$P_y = a_1 \sin \theta_1 + a_2 \sin (\theta_1 + \theta_2) \quad (2)$$

$$P_z = d_1 - d_3 = z_3 \quad (3)$$



Gambar1. Simulasi bentuk robot SCARA 3 DOF.



Gambar 2. Skematik lengan robot SCARA 3 DOF, (a) tampak depan, dan (b) tampak samping.

Peralatan yang terdapat pada bagian *end-effector* robot umumnya digunakan untuk tujuan aplikasi yang diinginkan [8]. Seperti pada percobaan ini diaplikasikan sebagai simulasi robot menulis. Selanjutnya untuk mencari persamaan *invers kinematic* dengan bantuan skematik lengan robot seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2(a), akan lebih mudah mencari nilai θ_1 dan θ_2 , dengan menerapkan aturan cosinus maka diperoleh sudut *joint* θ_2 seperti pada (4),

$$P_x^2 + P_y^2 = a_1^2 + a_2^2 - 2a_1a_2 \cos(\pi - \theta_2) \quad (4)$$

dengan aturan $\cos(\pi - \theta_2) = -\cos \theta_2$, sehingga didapatkan nilai *joint* θ_2 pada (5).

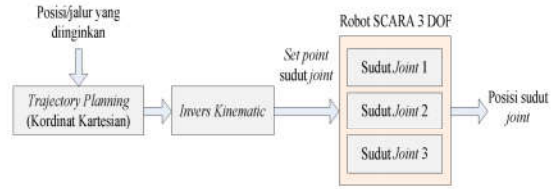
$$\theta_2 = \cos^{-1} \left(\frac{P_x^2 + P_y^2 - a_1^2 - a_2^2}{2a_1a_2} \right) \quad (5)$$

Sedangkan untuk mencari sudut *joint* θ_1 diperoleh dari sudut γ dikurangkan dengan sudut β , seperti pada (6).

$$\theta_1 = \text{atan2}(P_y, P_x) - \text{atan2}(a_2 \sin \theta_2, a_1 + a_2 \cos \theta_2) \quad (6)$$

B. Linear Trajectory Planning

Setelah didapatkan perumusan *invers kinematic* akan dihubungkan dengan algoritma *linear trajectory planning*, hal



Gambar 3. Hubungan antara *invers kinematic* dengan *trajectory planning*

ini dikenal dengan istilah pendekatan berbasis *work space* [6][7]. Gambar 3 memperlihatkan hubungan antara *invers kinematic* dengan *trajectory planning*. Algoritma *linear trajectory planning* pada dasarnya merupakan perumusan polinomial orde pertama seperti pada (7).

$$q(t) = a_0 + a_1 t \quad (7)$$

Persamaan (7) akan diturunkan ke dalam persamaan lintasan/jalur yang berupa garis lurus. Untuk jalur garis lurus diinisialisasi pada koordinat awal $P_1(x,y,z)$ dengan t_0 s menuju koordinat akhir $P_2(x,y,z)$ di t_f s, sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned} t = 0 &\rightarrow q(0) = a_0 + a_1 \cdot 0 = a_0 \\ t = t_f &\rightarrow q(t_f) = a_0 + a_1 t_f \end{aligned} \quad (8)$$

dengan ketentuan bahwa waktu di posisi awal ($t = 0$ s) dan di posisi akhir ($t = t_f$ s), kemudian menjadi :

$$\begin{aligned} t = 0 &\rightarrow q(0) = q_s \\ t = t_f &\rightarrow q(t_f) = q_f \end{aligned} \quad (9)$$

Dari Persamaan (8) dan (9) diperoleh hasil seperti pada (10).

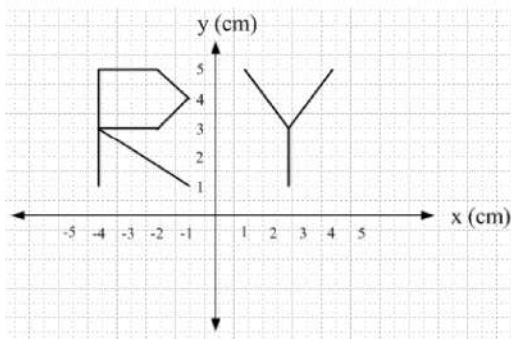
$$q(t) = q_s + \frac{q_f - q_s}{t_f} t \quad (10)$$

Persamaan (10) merupakan persamaan *linear trajectory planning* yang digunakan dalam perencanaan jalur pada robot SCARA 3 DOF. Karena robot tersebut bergerak pada kartesian $q(x,y,z)$ maka perhitungannya dilakukan seperti (11), (12) dan (13).

$$\text{sumbu } x : q_x(t) = q_{xs} + \frac{q_{xf} - q_{xs}}{t_{xf}} t \quad (11)$$

$$\text{sumbu } y : q_y(t) = q_{ys} + \frac{q_{yf} - q_{ys}}{t_{yf}} t \quad (12)$$

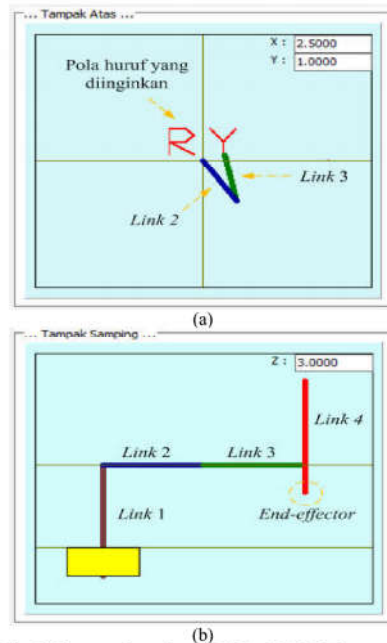
$$\text{sumbu } z : q_z(t) = q_{zs} + \frac{q_{zf} - q_{zs}}{t_{zf}} t \quad (13)$$



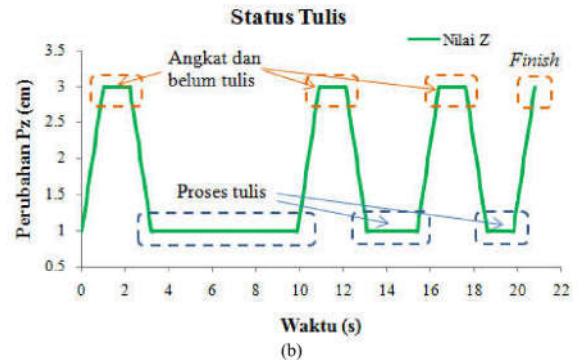
Gambar 4. Koordinat kartesian untuk pola huruf "R" dan "Y".

III. HASIL SIMULASI DAN PEMBAHASAN

Posisi origin robot SCARA 3 DOF terletak pada koordinat titik $P_{origin}(15,0,3)$, dengan kata lain posisi sudut joint θ_1 dan θ_2 masing-masing di sudut 0° . Pengujian simulasi pergerakan robot scara 3 DOF yaitu dengan memberikan referensi koordinat kartesian $q(x,y,z)$ yang membentuk pola huruf "R" dan "Y". Adapun koordinat kartesian untuk trajektori pola huruf "R" dan "Y" ditunjukkan pada Gambar 4. Pola huruf tersebut terbentuk dari beberapa garis lurus yang berasal dari $q_1(x,y,z)$ menuju $q_2(x,y,z)$. Pergerakan dari q_1 menuju q_2 diperlukan waktu sebesar 1 s dengan interval 0.1 s supaya robot terlihat bergerak berdasarkan perubahan waktu tersebut. Pergerakan robot tersebut terus berjalan sampai membentuk pola huruf.



Gambar 5. Simulasi pergerakan robot SCARA 3 DOF dalam menuliskan pola huruf R dan Y, (a) tampilan tampak atas, dan (b) tampak samping.



Gambar 6. Perubahan joint dan status tulis selama proses penulisan huruf, (a) perubahan sudut joint, dan (b) status tulis.

Adapun hasil simulasi pergerakan robot dalam menuliskan pola huruf "R" dan "Y" dengan mengimplementasikan metode *linear trajectory planning* ditunjukkan pada gambar 5. Berdasarkan gambar 5, bahwa metode *linear trajectory planning* yang diaplikasikan pada simulasi robot SCARA ini dapat mengikuti jalur/lintasan huruf yang ditentukan. Hal ini dikarenakan pergerakan sudut joint-nya selalu menyesuaikan posisi dari *end-effector* yang diinginkan dalam koordinat kartesian. Gambar 6 menunjukkan perubahan joint dan status tulis selama proses penulisan huruf. Dari Gambar 6, terlihat bahwa lamanya waktu yang diperlukan dalam menuliskan huruf "R" dan "Y" selama 21 s.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dari simulasi yang telah dilakukan bahwa robot SCARA 3 DOF dapat menuliskan pola huruf "R" dan "Y" pada koordinat kartesian. Perubahan posisi pada *end-effector* diperbarui setiap 0.1 s, sehingga lama waktu dalam penulisan huruf yaitu 21 s. Penentuan titik koordinat huruf pada area kartesian $q(x,y,z)$ tidak melebihi dari radius 15 cm. Metode *linear trajectory planning* yang diimplementasikan pada simulasi robot SCARA dapat bekerja dengan baik, sehingga dapat diterapkan pada proses yang sebenarnya. Oleh karena itu pengembangan penelitian selanjutnya lengan robot akan diintegrasikan dengan *machine vision* untuk melakukan tugas pada area yang sebenarnya.

REFERENSI

- [1] S. Li, C. Weng, Y. Chen, C. Lo, M. Yang, Y. Lin, M. Hsieh, and C. Wong, "Servo Motor Controller Design for Robotic Manipulator," IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication System (ISPACS), pp. 254-257, 2012.
- [2] V. Ramya, B. Palaniappan, and T. Akilan, "Embedded System for Robotic Arm Movement Control Using Web Server and Zigbee Communication," International Conference on Research Trends in Computer Technologies, ICRTCT, pp. 30-34, 2013.
- [3] V.J. Gohil, S.D. Bhagwat, A.P. Raut, and P.R. Nirmal, "Robotics Arm Control Haptic Technology," International Journal of Latest Research in Science and Technology, vol. 2, issue 2, pp. 98-102, 2013.
- [4] E. Pitowarno, Robotika; Disain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan, Buku Teks, Penerbit Andi Offset, Yogyakarta, 2006.
- [5] S.G. Tzafestas, Introduction to Mobile Robot Control, School of Electrical and Computer Engineering national Technical University of Athens, London, 2014.
- [6] M.F. Faris, A. Triwiyatno dan I. Setiawan, "Perancangan Arm Manipulator 4 DOF Dengan Menggunakan Pengendalian *Cartesian Space-Trajectory Panning*," Transient, vol 1. No. 4, hal 151-158, 2012.
- [7] L. Biagiotti dan C. Melchiorri, Trajectory Planning for Automatic machines and Robots, Springer, Germany, 2008.
- [8] M. Rivai, Rendyansyah dan D. Purwanto, "Implementation of Fuzzy Logic Control in Robot Arm for Searching Location of Gas Leak," International Seminar on Intelligent System and Its Applications (ISITIA), 2015.