

WALKING PATTERN GENERATION ROBOT HUMANOID MENGGUNAKAN LINEAR INVERTED PENDULUM

*Dio Akmal Prayoga¹, Toni Prahasto², Achmad Widodo³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: dioa.prayoga@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini membahas tentang pengembangan robot humanoid untuk mampu berjalan dan berpartisipasi dalam permainan sepak bola. Metode linear *inverted* pendulum model 3D (LIPM-3D) digunakan untuk menghasilkan pola berjalan yang sesuai. Model URDF dibuat untuk merepresentasikan kinematika dan dinamika robot menggunakan CAD dan DH Parameter. Hasil simulasi menunjukkan bahwa robot dapat berjalan dengan seimbang tanpa terjatuh.

Kata kunci: pola berjalan; robot humanoid; simulasi berjalan

Abstract

This research focuses on the development of a humanoid robot capable of walking and participating in soccer games. The linear inverted pendulum model 3D (LIPM-3D) method is used to generate appropriate walking patterns. The URDF model is created to represent the kinematics and dynamics of the robot using CAD and DH Parameters. Simulation results show that the robot can walk steadily without falling.

Keywords: humanoid robot; walking pattern; walking simulation

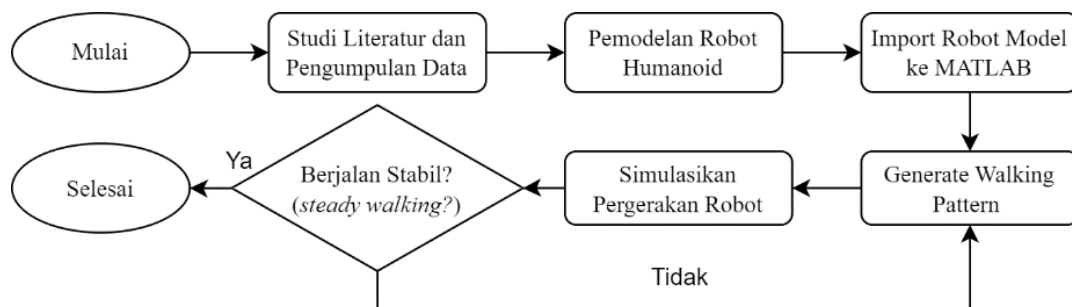
1. Pendahuluan

Robot humanoid adalah jenis robot yang memiliki tampilan yang mirip dengan tubuh manusia [1]. Dengan memperoleh bentuk yang menyerupai manusia, robot humanoid mampu menirukan aktivitas manusia seperti berdiri, berjalan, serta bergerak dari posisi duduk atau tidur [2].

Untuk memungkinkan robot humanoid dapat berjalan, diperlukan suatu metode yang dapat menghasilkan pola berjalan yang sesuai. Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam *walking pattern generation* [3]–[5]. Pada penelitian kali ini metode yang digunakan adalah linear *inverted* pendulum model 3D (LIPM-3D) [5], [6].

2. Metode Penelitian

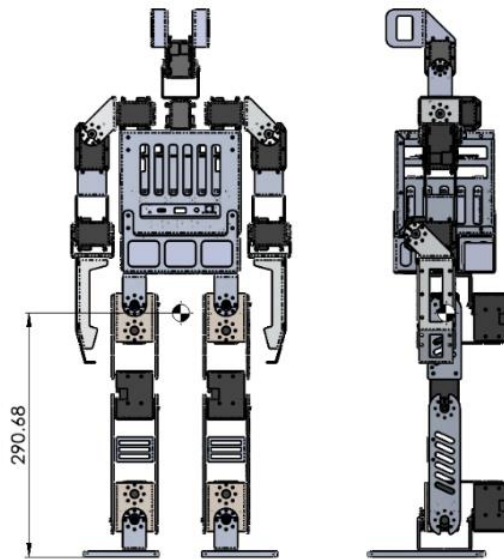
Gambar 1. menunjukkan alur penelitian yang dilakukan dalam studi ini. Tahap awal melibatkan pengumpulan data yang melibatkan pencarian momen inersia untuk setiap bagian robot guna mendapatkan pemodelan yang lebih akurat. , pemodelan robot humanoid dilakukan menggunakan SolidWorks dengan mengikuti prinsip perakitan yang menggabungkan *joint* dan *link*. Pendekatan ini memastikan bahwa setiap *link* hanya memiliki satu *joint*, yang akan mempermudah proses pemrograman karena dapat menggunakan algoritma yang serupa untuk setiap *link* [1].



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Setelah dilakukan *assembly*, didapatkan massa total model sebesar 5853 gram dengan posisi pusat massa berada di 290.68 mm di atas koordinat dunia seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Model CAD dikonversi menjadi sebuah *file*

Universal Robot Description Format (URDF) menggunakan sebuah add ons Solidworks to URDF converter (SW2URDF).



Gambar 2. Tinggi Pusat Massa Robot

Setelah itu, file URDF tersebut dapat diimpor ke dalam MATLAB Simulink untuk menghasilkan rangkaian Simulink Multibody yang sesuai dengan model perakitan. Pemilihan MATLAB dilakukan karena memiliki kemampuan konektivitas dengan ROS, sehingga memungkinkan penambahan fitur lanjutan pada robot humanoid tersebut[7].

inverse kinematics adalah metode yang digunakan untuk menghitung nilai variabel sendi dengan menggunakan informasi posisi dan orientasi yang diketahui. Solusi *closed-form* menghasilkan solusi analitis secara langsung berdasarkan persamaan matematika yang telah ditentukan. [8] solusi *Inverse Kinematics* untuk kaki robot menggunakan algoritma *closed-form inverse kinematics for humanoid robot* [9].

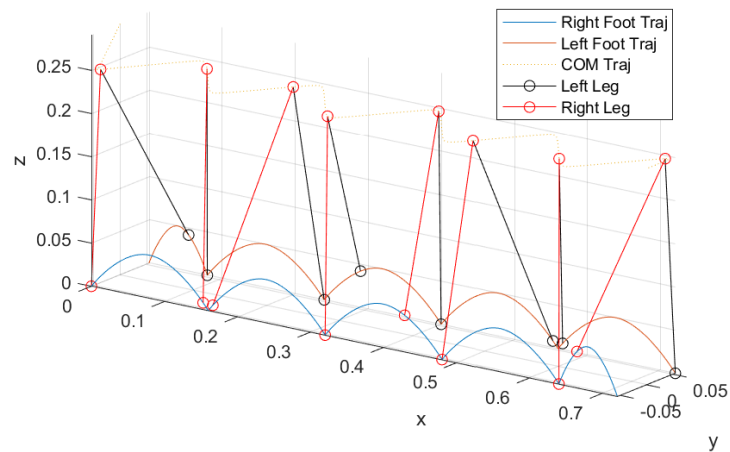
Metode penggunaan DH Parameter ini mengadopsi aturan yang dijelaskan dalam jurnal *ASME Journal of Applied Mechanics* [10]. Tabel 1 berisi DH Parameter untuk kaki kanan pada robot humanoid saat ini. Untuk kaki kiri, hanya perlu mengubah nilai tanda d_0 menjadi positif (+). Parameter ini digunakan untuk perhitungan solusi *inverse kinematics*.

Tabel 1. DH Parameter Kaki Kanan

Joint i	a_i (m)	α_i	d_i (m)	θ_i
0	-0.0545	0	-0.0098	180
1	0	90	0	θ_1
2	0	-90	0	$\theta_2 - 90$
3	0.1235	0	0	θ_3
4	0.1330	0	0	θ_4
5	0	90	0	θ_5
6	0.044	0	0	θ_6

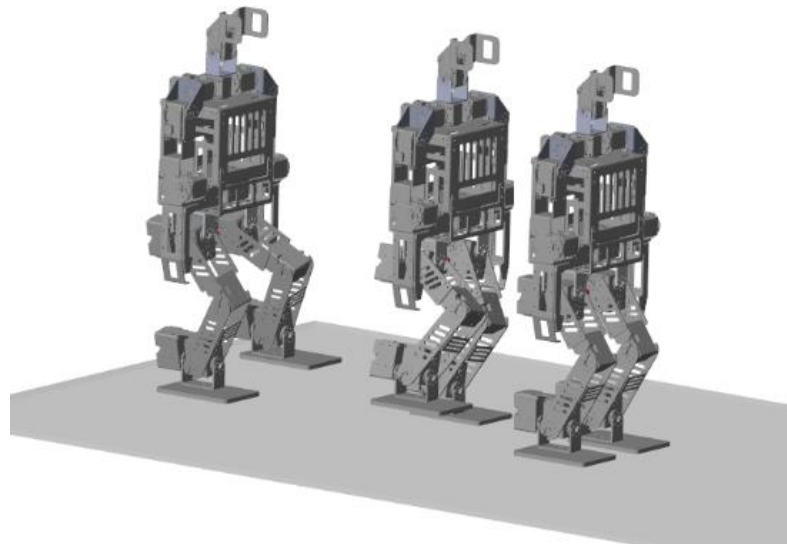
3. Hasil dan Pembahasan

Minimal dibutuhkan tiga tahap dalam menciptakan pola berjalan, dimulai dengan tahap pertama yaitu menghasilkan gerakan *Center of Mass* (COM) menggunakan metode LIPM-3D [5]. Tahap kedua melibatkan transformasi titik-titik absolut yang sebelumnya terpisah dari posisi COM agar berada pada posisi COM. Tahap terakhir adalah melakukan perhitungan kinematika balik[9]. Pola berjalan yang dihasilkan, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3, kemudian diubah menjadi pola berjalan yang relatif terhadap posisi COM.



Gambar 3. Pola Berjalan Robot

Setelah data posisi kaki pada setiap saat diperoleh melalui hasil *generate walking pattern*, langkah selanjutnya adalah memasukkan data tersebut ke dalam Simulink untuk melakukan simulasi pergerakan berjalan. Gambar 4 menampilkan hasil dari simulasi pergerakan robot berjalan, dengan kondisi robot pada 1 detik, 5 detik, dan 9 detik.



Gambar 4. Robot berjalan pada 1 s, 5 s, dan 9 s

4. Kesimpulan

Penelitian ini mengkaji simulasi robot berjalan menggunakan model URDF, algoritma *walking pattern generation*, dan analisis torsi pada *joint*. Model URDF dibuat berdasarkan model CAD dan DH Parameter untuk merepresentasikan kinematika dan dinamika robot. Algoritma *walking pattern generation* didasarkan pada 3D *Linear Inverted Pendulum* untuk menghitung CoM dan merencanakan lintasan robot.

5. Daftar Pustaka

- [1] S. Kajita, H. Hirukawa, K. Harada, dan K. Yokoi, *Introduction to Humanoid Robotics*, vol. 101. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2014. doi: 10.1007/978-3-642-54536-8.
- [2] B. Siciliano dan O. Khatib, "Humanoid Robots: Historical Perspective, Overview, and Scope," *Humanoid Robotics: A Reference*, hlm. 1–8, Jan 2018, doi: 10.1007/978-94-007-6046-2_64/COVER.
- [3] X. Bajrami, P. Kopacek, A. Shala, dan R. Likaj, "Modeling and control of a humanoid robot," *Elektrotechnik und Informationstechnik*, vol. 130, no. 2, hlm. 61–66, Mar 2013, doi: 10.1007/S00502-013-0133-5/METRICS.
- [4] S. Kajita *dkk.*, "Biped walking pattern generation by using preview control of zero-moment point," dalam *2003 IEEE International Conference on Robotics and Automation (Cat. No.03CH37422)*, IEEE, 2003, hlm. 1620–1626. doi: 10.1109/ROBOT.2003.1241826.

- [5] S. Kajita, F. Kanehiro, K. Kaneko, K. Yokoi, dan H. Hirukawa, “The 3D linear inverted pendulum mode: a simple modeling for a biped walking pattern generation,” dalam *Proceedings 2001 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. Expanding the Societal Role of Robotics in the the Next Millennium (Cat. No.01CH37180)*, IEEE, 2001, hlm. 239–246. doi: 10.1109/IROS.2001.973365.
- [6] S. Kajita, F. Kanehiro, K. Kaneko, K. Fujiwara, K. Yokoi, dan H. Hirukawa, “A realtime pattern generator for biped walking,” *Proc IEEE Int Conf Robot Autom*, vol. 1, hlm. 31–37, 2002, doi: 10.1109/ROBOT.2002.1013335.
- [7] D. N. Nenchev, A. Konno, dan T. Tsujita, “Chapter 8 - Simulation,” dalam *Humanoid Robots*, D. N. Nenchev, A. Konno, dan T. Tsujita, Ed., Butterworth-Heinemann, 2019, hlm. 421–471. doi: 10.1016/B978-0-12-804560-2.00015-8.
- [8] J. Craig, *Introduction to Robotics: Mechanics and Control*, Third Edition. Pearson, 2013.
- [9] M. A. Ali, H. A. Park, dan C. S. G. Lee, “Closed-form inverse kinematic joint solution for humanoid robots,” dalam *2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, IEEE, Okt 2010, hlm. 704–709. doi: 10.1109/IROS.2010.5649842.
- [10] S. B. Niku, *Introduction to Robotics: Analysis, Control, Applications*. John Wiley & Sons, 2020.