

# PEMODELAN DAN AKTUALISASI GERAK HARMONISASI PADA LAJU ROBOT BERKAKI

S.N.M.P. Simamora<sup>1)</sup>, F. Santosa<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Pusat Studi Telematika dan Kontrol (PUSITELL) Universitas BALE Bandung  
Jl. R.A.A Wiranatakusumah No.2 Baleendah 40258

<sup>2),3)</sup> Pusat Studi Elektronika Komputasi dan Kontrol (PUSELKOM), Politeknik TELKOM, Bandung  
Jl. Telekomunikasi No. 1 Ters. Buah Batu Bandung 40257  
Email : pusitell@gmail.com<sup>1)</sup>, puselkom@hotmail.com<sup>2)</sup>

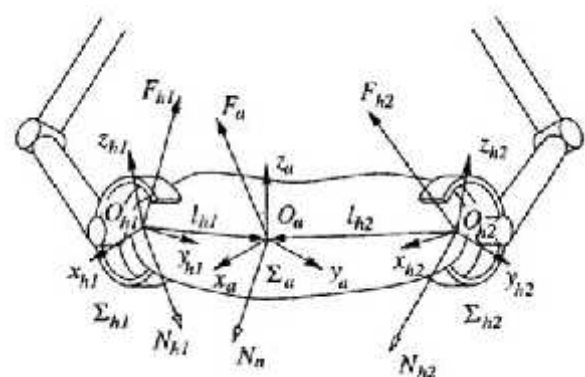
## Abstrak

Trend dan perkembangan robot berkaki semakin meningkat seiring dengan ketertarikan animo masyarakat di bidang mikrokontroler. Dibandingkan dengan robot beroda, robot berkaki merupakan dasar pengembangan kepada robot humanoid nantinya yang akan merepresentasikan manusia. Tantangan ke depan pada bidang robot berkaki terletak pada harmonisasi gerakan dan kesetimbangan langkah dalam memikul beban yang dimiliki. Oleh sebab itu di akhir penelitian ini disimpulkan bahwa pemilihan bahan dan material penyusun serta pembangun badan dan kaki robot beroda harus diperhitungkan dengan nilai tenaga yang diciptakan dari sumber daya yang dimiliki. Dengan demikian aspek harmonisasi dan kesetimbangan dapat tercapai. Penelitian ini juga telah selesai memodelkan serta mengatualisasikan dalam implementasi robot berkaki dalam harmonisasi gerakan maju, gerakan mundur, gerakan belok; dan kesetimbangan yang didapatkan saat gerakan dilakukan.

**Kata kunci:** robot berkaki, pemodelan, dimensi gerakan, kesetimbangan.

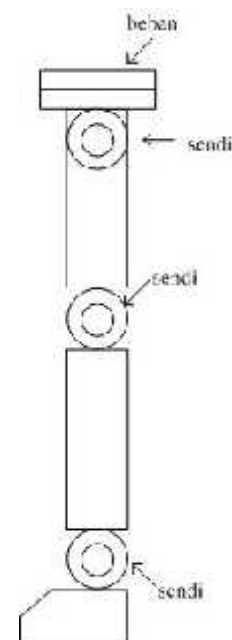
## 1. Pendahuluan

Perkembangan robot (robotika) saat ini semakin cepat seiring dengan kemajuan bidang Teknologi Informasi; seperti bagaimana dengan teknologi *Wireless Sensor Network*, sejumlah robot-mini dapat dikendalikan secara remote untuk mengerjakan sejumlah instruksi dan pekerjaan. Sistem kerja robot secara sederhana memfokuskan pada tiga aspek yaitu: harmonisasi gerakan, kestabilan beban yang dipikul, dan dimensi gerakan [1][2]. Tantangan pada robot berkaki terletak pada harmonisasi gerakan dan kestabilan beban yang dipikul [2], sehingga solusinya dengan robot beroda; namun tantangan robot beroda terletak pada dimensi gerakan yang dibangun, oleh sebab terbatas pada fleksibilitas arah dan gerak. Seperti ditunjukkan oleh [3][4] pada gambar 1, dimensi gerakan robot secara ideal harus memenuhi kriteria tersebut.

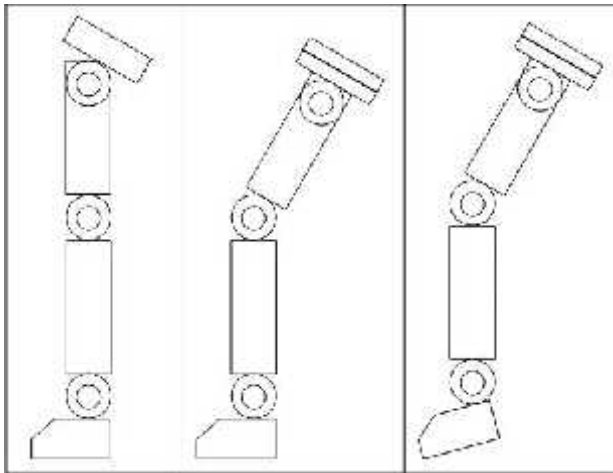


Gambar 1. Dimensi gerak robotika untuk lengan jamak

Pada bagian kaki sampai dengan telapak, secara umum memiliki tiga sendi, seperti ditunjukkan pada gambar 2. Untuk merepresentasikan sendi pada robotika, digunakan motor *servo* dengan gerakan terbatas yang dapat dikontrol [5].

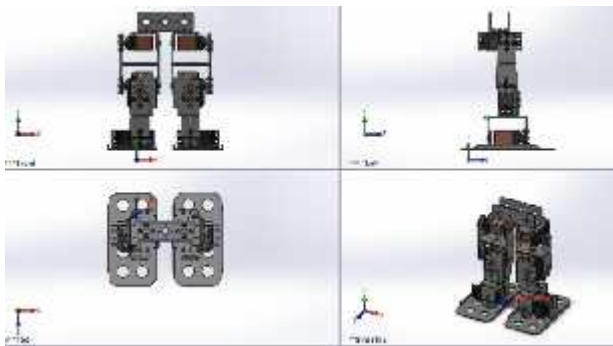


Gambar 2. Model sederhana robot berkaki secara umum



**Gambar 3.** Model dimensi gerak robot berkaki secara keseluruhan berdasar sendi

Pada penelitian ini telah dilakukan pembangunan suatu model sederhana robot berkaki dengan gerak harmonisasi untuk dimensi gerakan terbatas pada gerak maju, gerak belok kanan dan gerak belok kiri. Dengan serangkaian uji-coba yang diamati pada parameter waktu. Untuk aspek mekatronika, didukung oleh mikrokontroler, *remote-devices*, serta material-material penyusun kaki sampai dengan badan. Dalam menyederhanakan faktor kestabilan beban, maka pada penelitian ini robot berkaki yang dibangun hanya terbatas dari badan sampai dengan telapak kaki seperti ditunjukkan pada gambar 4.



**Gambar 4.** Model robot berkaki secara keseluruhan yang dikembangkan

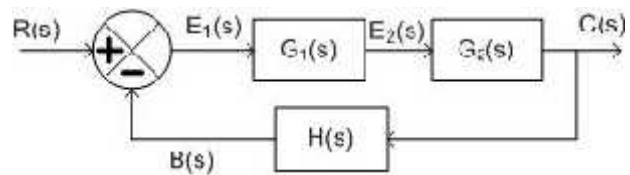
Berdasar [6][7], pada robot berkaki beban yang harus dipikul adalah berat badan, berat masing-masing kaki saat melangkah, kepala, dan berat masing-masing lengan tangan saat mengayunkan. Dalam penelitian ini, berdasar gambar 3 dan 4, robot berkaki yang dikembangkan mengambil setengah badan dengan tujuan sebagai observasi awal sebelum mengembangkan seluruh badan robot *nantinya*; sehingga dimungkinkan mendapatkan sebuah model dasar matematika sebagai berikut:

$$= \frac{\beta}{\delta} + \frac{\omega}{\rho} \dots \dots \dots (1)$$

dimana,  $\theta$  merupakan harmonisasi gerakan, menyatakan beban yang dipikul, menyatakan dimensi gerakan, menyatakan energi yang didapat, dan

merupakan konstanta gerak harmonisasi. Pada penelitian ini, variabel-variabel yang dimodelkan pada (1) direpresentasikan secara numerik yakni dalam satu satuan nilai numerik yang dilabelkan secara ‘trial-and-error’ saat pembangunan fisik dan alokasi serta pemilihan material penyusun anggota badan.

Pada robot berkaki dimensi gerakan yang dimiliki adalah: maju, mundur, jongkok, naik, turun, jalan di tempat, angkat kaki, turun kaki, belok kanan dan belok kiri; sedangkan untuk melompat, saat ini sendi yang digunakan bukan motor melainkan pegas atau hidrolik[8]. Umpan-balik yang diberikan saat robot berkaki dalam aktualisasi gerak dan langkah adalah rasion beban yang dipikul terhadap dimensi gerakan yang dimiliki.



**Gambar 5.** Model sistem kontrol loop tertutup untuk mendapatkan umpan-balik

Berdasar gambar 5,  $R(s)$  menyatakan sinyal masukan,  $E_i(s)$  menyatakan sinyal detektor kesalahan,  $C(s)$  menyatakan sinyal luaran,  $G_i(s)$  menyatakan fungsi alih/*plant*,  $H(s)$  menyatakan umpan-balik, dan  $B(s)$  menyatakan sinyal umpan-balik. Kestabilan yang diinginkan berdasar gambar 5 adalah *ratio* luaran terhadap masukan seperti ditunjukkan oleh (2) sebagai berikut:

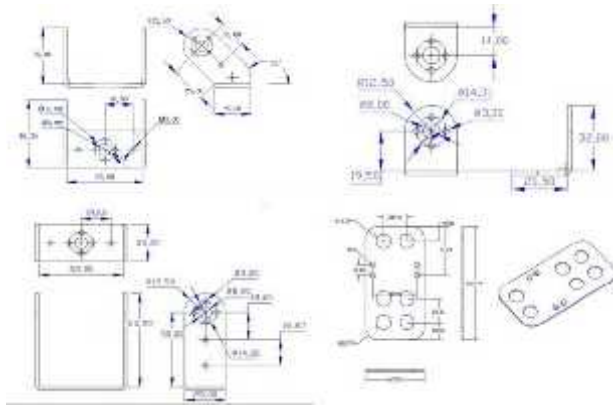
$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{[1 + H(s).G(s)]} \dots \dots \dots (2)$$

Dengan demikian sebuah kestabilan dapat direpresentasikan dalam sistem kendali tertutup pada domain waktu kontinyu yang konstan.

**2. Pembahasan**

Rancangan fisik pada sendi yang dikembangkan ditunjukkan pada gambar 6 berikut ini, dimana secara keseluruhan dimensi robot kaki yang dibangun adalah: 7.22 x 5.14 x 41.13 cm, dimana letak baterai dipasangkan pada posisi badan paling atas. Dalam kondisi ini, oleh sebab robot berkaki yang dirancang setengah badan, maka untuk gerakan badan ke belakang tidak dikenal atau diabaikan dengan alasan kesetimbangan.

Dimensi gerak yang diuji-cobakan adalah langkah maju sebanyak 10-*step*, langkah mundur sebanyak 10-*step*, langkah belok kanan, dan langkah belok kiri.



**Gambar 6.** Gambar teknik untuk sendi-sendi yang dirancang

Hasil rancangan robot berkaki yang telah diaktualisasi dalam berbagai dimensi gerak ditunjukkan pada gambar 7 sampai 9 berikut ini.



**Gambar 7.** Robot berkaki dengan posisi berdiri tampak depan-atas



**Gambar 8.** Robot berkaki dengan langkah maju



**Gambar 9.** Robot berkaki dengan langkah mundur

Dapat dianalisa bahwa robot berkaki yang dibangun saat melakukan gerak membelok adalah disiasati dengan cara salah satu kaki yang berlawanan untuk arah belok bertumpu pada gerak diam kaki; misalkan gerak belok kanan dilakukan dengan cara kaki kiri melangkah 1-step dengan bertumpu pada kaki kanan dalam keadaan diam/berhenti, lalu selanjutnya kaki kanan bergerak dilanjutkan dengan harmonisasi gerak langkah kiri-kanan.

Hasil parameter waktu yang dihitung saat pengamatan dilakukan pada setiap dimensi gerakan yang diuji-cobakan pada robot berkaki, ditunjukkan pada tabel 1 berikut ini.

**Tabel 1.** Hasil pengamatan robot berkaki pada setiap dimensi gerakan

Percobaan	Dimensi gerak	Lamanya (s)
1	Maju 10-step	32.51
	Maju 10-step	32.44
	Maju 10-step	32.50
	Rata-rata	32.48
2	Mundur 10-step	31.99
	Mundur 10-step	32.39
	Mundur 10-step	32.42
	Rata-rata	32.27
3	Belok kanan	5.12
	Belok kanan	5.2
	Belok kanan	5.16
	Rata-rata	5.16
4	Belok kiri	5.11
	Belok kiri	4.99
	Belok kiri	5.14
	Rata-rata	5.08

Hampir terlihat pada gerak sendi pada kaki kanan dan kaki kiri telah relatif sama, walaupun dimungkinkan

perbedaan muncul dari hambatan pada gerak motor *servo* yang dipasangkan pada setiap sendi; dengan asumsi berat material bagian robot berkaki sebelah kanan dan kiri telah sama. Oleh sebab itu, disarankan untuk melakukan pelumasan setiap perputaran roda motor *servo* dengan tujuan hambatan yang muncul dari aspek kekakuan gesekan material logam dapat diminimalisir.

Berdasarkan hasil pengamatan secara langsung menunjukkan bahwa langkah-langkah yang dibuat oleh robot berkaki memiliki jarak *step* yang relatif sama, sehingga kondisi ini mendukung kesetimbangan badan saat melewati setiap dimensi gerakan yang dibuat.

### 3. Kesimpulan

Lamanya gerak langkah pada robot berkaki tergantung dari kualitas motor *servo* yang dipasangkan pada setiap posisi sendi, sehingga untuk mendapatkan kelincihan gerak langkah yang harmonis diupayakan pada kondisi perputaran motor *servo* yang baik.

Robot berkaki yang telah dibangun berjalan dengan baik untuk dimensi gerakan: gerak maju, gerak mundur, dan belok; serta telah melewati aspek kesetimbangan yang baik juga. Hal ini diamati saat robot berkaki melewati uji-coba pada setiap dimensi gerakan yang ditetapkan berdasar hasil pengujian.

Hasil uji-coba pada pengamatan dan pengukuran memperlihatkan pada setiap *step* langkah yang dibuat adalah relatif sama untuk masing-masing *step* tersebut.

### Daftar Pustaka

- [1] J. Wen, J. Wang, W. Chen, J. Zhang. "A gait planning approach for locomotion stability of four-legged robots". 7th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), 2012. hal.324-329.
- [2] F. Patane, V. Mattoli, C. Laschi, B. Mazzolai, P. Dario, H. Ishii, A. Takanishi. "Biomechatronic design and development of a legged rat robot". IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, 2007. ROBIO 2007. hal.847-852.
- [3] P. Chiacchio, S. Chiaverini. Complex Robotic Systems (Lecture Notes in Control and Information Sciences). Springer. 1998.
- [4] S.N.M.P. Simamora, A. Pratama. "Sistem Pemodelan Aktuator Lengan Tunggal untuk Gerak Bidang Horisontal". Seminar Nasional Inovasi dan Teknologi (SNIT) 2013. hal.187-191.
- [5] S.A.A. Moosavian, A. Mozdbaran. "Dynamics and Motion Planning of a Wheel-Legged Mobile Robot". IEEE International Conference on Control Applications, 2007. CCA 2007. hal.581-586.
- [6] Z. Guangtao, Z. Haojun, J. Wang, L. Tiemin. "Petri-net-based coordination motion control for legged robot". IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2003. Volume: 1. hal.581-586.
- [7] N.A. Patel, S.N. Pradhan, K.D. Shah. "Two legged robot design , simulation and realization". 4th International Conference on Autonomous Robots and Agents, 2009. ICARA 2009. hal.426-429.
- [8] K.S. Lian. "Legged robot". IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 1995. Intelligent Systems for the 21st Century, Volume: 2. hal.1297-1302.

### Biodata Penulis

**S.N.M.P. Simamora, S.T.,M.T.**, menempuh pendidikan terakhir di Departemen Elektroteknik, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung (ITB) dan saat ini sedang menempuh program Doktorat di Sekolah Teknik Elektro dan Informatika (STEI) ITB. Aktivitas saat sebagai pengajar di beberapa perguruan tinggi seperti: Universitas BALE Bandung, Universitas Widyatama, Institut Teknologi Harapan Bangsa, Universitas Advent Indonesia; disamping itu sebagai peneliti utama di Pusat Studi Telematika dan Kontrol (PUSITELL), Fak. Teknologi Informasi, Universitas BALE Bandung, serta di Pusat Studi Elektronika Komputasi dan Kontrol (PUSELKOM), Politeknik TELKOM, Bandung.

**F. Santosa, A.Md.**, menempuh pendidikan terakhir pada peminatan *Embedded-Systems* Politeknik TELKOM Bandung, dan saat ini sedang menempuh studi pada program D-IV di PENS Surabaya untuk bidang studi Robotika dan Mikrokontroler; anggota peneliti di Pusat Studi Elektronika Komputasi dan Kontrol (PUSELKOM), Politeknik TELKOM, Bandung.