

UJI EKSPERIMENTAL *TRAJECTORY TRACKING* PADA ROBOT PENJINAK BOM

Randis

Teknik Mesin Alat Berat, Politeknik Negeri Balikpapan
E-mail: randis@poltekba.ac.id

Abstract

The problem of terrorism is engulfing the world has implications for the war against global terrorism. The creation of the bomb disposal robot that was able to defuse the bomb intended to create a reliable basis in all areas of security and service to humanity. The aim of this research is calculate of error trajectory tracking bomb disposal robot. This bomb disposal robot uses a caterpillar wheel using two motors with an independent control system. In addition, the robot is tested by using wireless control and navigation with line follower system. Testing is done by making two tracks on the floor surface and then test the navigation system with manual control involving two operators, then the authors implement the program control system bomb squad robot using the line sensor. The conclusion that can be decided from this research is control system by using wireless and line follower system can be used interchangeably where the value of the error for line follower system is much smaller compared with the system direct control (Bluetooth).

Keywords: Bomb disposal robot, Trajectory tracking, Control System.

Abstrak

Masalah terorisme yang melanda dunia berimplikasi pada peperangan terhadap terorisme secara global. Penciptaan robot penjinak bom yang mampu menjinakkan bom secara handal dimaksudkan untuk menciptakan keamanan pada seluruh bidang serta pelayanan terhadap umat manusia. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung *error trajectory tracking* pada robot penjinak bom. Robot penjinak bom ini menggunakan roda caterpillar dengan menggunakan dua motor dengan sistem kendali independen. Selain itu robot diuji cobakan dengan menggunakan kendali wireless dan navigasi dengan *Line follower sistem*. Pengujian dilakukan dengan membuat dua buah track lintasan pada permukaan lantai selanjutnya menguji sistem navigasi dengan kontrol manual melibatkan dua operator, kemudian penulis mengimplementasikan program sistem kendali robot penjinak bom menggunakan sensor garis. Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sistem kontrol dengan menggunakan *wireless* dan *line follower* dapat digunakan secara bergantian dimana nilai *error* untuk *line follower* sistem jauh lebih kecil dibanding dengan menggunakan sistem kontrol langsung (*bluetooth*).

Kata Kunci: Robot penjinak bom, Trajectory tracking, Sistem kontrol

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin pesat khususnya dalam bidang perkembangan robot yang menjadikan kualitas kehidupan manusia semakin tinggi. Robot dikembangkan tidak lain untuk mempermudah pekerjaan manusia. Dalam dunia robot terdapat kategori mobile robot. Mobile robot adalah robot yang dapat bergerak atau berpindah tempat dan dapat dikendalikan secara otomatis atau manual (Suradana & Sudiarsa, 2013)

Salah satu tujuan dari mobile robot adalah pengembangan perangkat yang bisa mobile pada lingkungan yang padat penduduk dan menawarkan berbagai pelayanan kepada manusia (Schulz,

Burgard, Fox, & Cremers, 2001). Minat terhadap kontrol pelacakan mobile robot telah meningkat dengan berbagai kontribusi teoretis dan praktis yang dibuat. Khususnya, umpan balik linearisasi yang telah menarik banyak minat penelitian dalam teori kontrol nonlinier terbaru, dan beberapa teknik telah digunakan dalam kontrol robot bergerak (Sun, 2005). Sementara penelitian menyebutkan bahwa menstabilkan mobile robot dengan menggunakan umpan balik yang tetap pada umumnya cukup sulit, maka beberapa penelitian menggunakan teknik kontrol otomatis yang banyak digunakan pada industri pertambangan, eksplorasi ruang angkasa, pengawasan militer dan sistem keamanan. (Lee, Lin,

Lim, & Lee, 2009; Leana & Saju, 2016; Matraji, Al-Durra, Haryono, Al-Wahedi, & Abou-Khousa, 2018)

Beberapa maksud dan tujuan dilakukannya pengujian error *trajectory tracking* pada robot diantaranya untuk misi dan tugas yang krusial, dibutuhkan robot dengan tingkat *error* lintasan yang kecil agar dapat mencapai tujuan dengan waktu yang efektif dan efisien serta menjamin misi dapat diselesaikan dengan baik (Randis & Akbar, 2017; Syam, Mappaitta, & Hidayat, 2015). Untuk mengetahui kemampuan kontrol secara manual dengan menggunakan operator maka test ini diperlukan untuk memastikan bahwa eror yang terjadi tidak terlampaui besar dan untuk membandingkan tingkat kemahiran operator dengan dengan eror yang dihasilkan (Syam & Ohoiwutun, 2013).

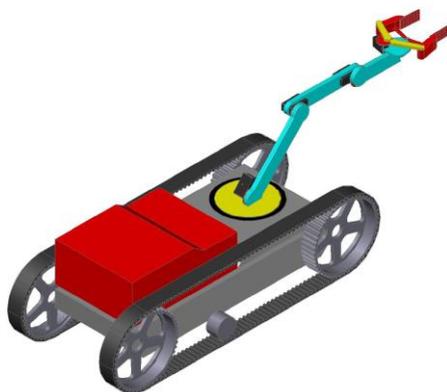
Penelitian yang dilakukan yaitu menguji robot penjajak bom yang merupakan kombinasi mobile robot dan robot manipulator untuk menjejaki dua buah lintasan dengan menggunakan dua operator yang dikontrol dengan kontrol manual, selanjutnya robot juga diuji dengan sistem kontrol otomatis menggunakan sensor garis, untuk membandingkan besarnya error yang terjadi untuk kedua sistem yang diterapkan pada robot penjajak bom.

METODE PENELITIAN

a. Objek Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan robot penjajak bom yang ditunjukkan pada gambar 1. Adapun spesifikasi sebagai dari robot adalah:

Panjang robot	: 45 cm
Lebar robot	: 25 cm
Panjang antara poros roda	: 27 cm
Panjang Aktuator	: 40 cm
Berat Robot	: 8 kg
Diameter roda	: 12 cm
Power Motor penggerak	: 12 volt
Power mikrokontroller	: 9volt

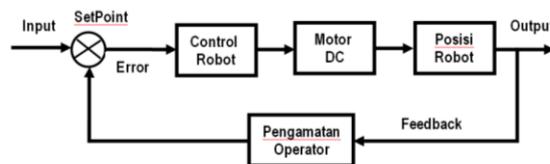


Gambar 1. Robot Penjajak Bom Sebagai Objek Penelitian

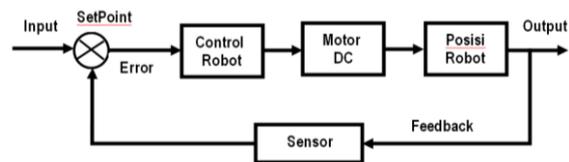
b. Diagram Blok

Diagram blok yang digunakan pada penelitian ini merupakan diagram blok *close loop* dan ditunjukkan

pada gambar 2 dan 3. Diagram blok dengan sistem control manual mengandalkan pengamatan operator untuk memberikan umpan balik untuk memberikan input ke sistem agar posisi actual robot dapat berada pada setpoint yang telah ditentukan sehingga nilai error yang diperoleh juga bisa bernilai kecil. Sedangkan untuk robot dengan sistem otomatis menggunakan sensor garis, pembacaan sensor akan memberikan feedback kesistem sehingga controller yang telah deprogram akan selalu menggerakkan motor untuk mendapatkan posisi robot sesuai dengan set point yang telah ditentukan



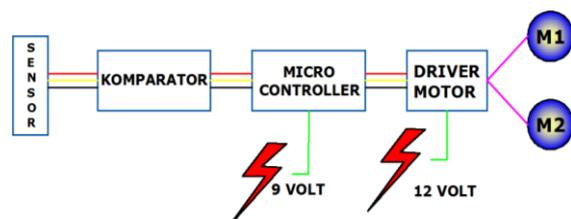
Gambar 2. Diagram Blok Control Manual



Gambar 3. Diagram Blok Control Otomatis

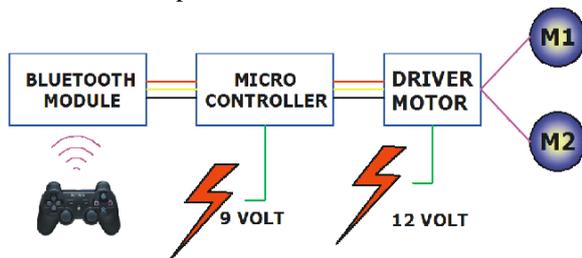
c. Perancangan Penelitian

Perancangan sistem elektronik yang mengatur dan mengendalikan robot secara manual dan otomatis dengan menggunakan sensor garis diperlihatkan pada gambar 3 dan 4. Prinsip kerja robot penjajak bom dengan menggunakan sistem *line follower* memanfaatkan sensor *photodiode* berserta LED *superbright* diteruskan pada rangkaian pengkondisi sinyal (komparator). Rangkaian komparator digunakan untuk membandingkan nilai yang dibaca sensor *photodiode* dengan nilai referensi komparator. Hasil dari komparator selanjutnya menjadi data masukan bagi mikrokontroller. Setelah kondisi logika diproses oleh mikrokontroller maka output akan diteruskan ke rangkaian driver selanjutnya driver akan menggerakkan motor pada robot.



Gambar 4. Perancangan sistem Otomatis

Sementara perancangan sistem pada robot penjinak bom dengan sistem manual menggunakan *remote control* dengan *joystick* sebagai transmitter yang terhubung dengan module bluetooth sebagai receiver yang terpasang terkoneksi dengan *controller* dan *driver motor* untuk mengatur pergerakan motor dc untuk menggerakkan robot maju, mundur ataupun berbelok.

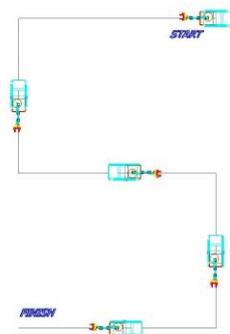


Gambar 5. Perancangan sistem Manual

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini menggunakan 2 buah lintasan. Lintasan pertama, dilakukan percobaan error trajectory tracking dengan dua operator yang berbeda. Adapun bentuk lintasannya sebagai berikut:

a. Lintasan 1



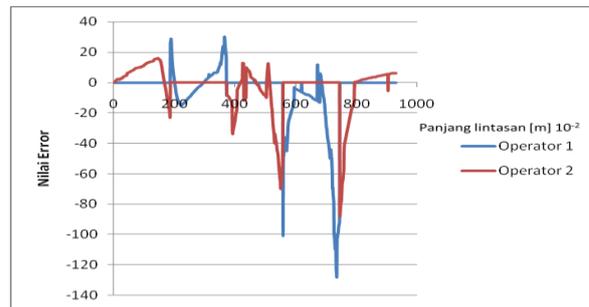
Gambar 36 : Lintasan Persegi
Sumber : Dokumen Pribadi (2013).

Gambar 6. Track Lintasan 1

Pada lintasan Pertama, mobile manipulator robot memulai pada lintasan start. Mobile robot bergerak mendatar sejauh 374 cm kemudian berbelok ke arah kiri sebesar 90 derajat lalu bergerak mendatar sejauh 374 cm kemudian berbelok lagi ke arah kiri sebesar 90 derajat lalu bergerak pada lintasan yang mendatar sejauh 374 cm kemudian berbelok ke arah kanan sebesar 90 derajat lalu bergerak mendatar sejauh 374 cm, dan yang terakhir berbelok ke arah kanan sebesar 90 derajat lalu bergerak mendatar sejauh 374 cm sampai mencapai garis finish.

Hasil *trajectory tracking* pada mobile robot penjinak bom diperlihatkan pada gambar 7. Pada grafik terlihat bahwa error terbesar pada operator pertama dan kedua terjadi pada belokan kanan yang terakhir dengan sudut 90°. Hal tersebut disebabkan karena pada saat robot berbelok, robot melakukan

transformasi (perubahan posisi) dari vertical ke horizontal membentuk sudut 90 yang menjauhi dari garis lintasan sehingga mengakibatkan nilai error yang besar.



Gambar 7. Grafik Error Pada Lintasan 1

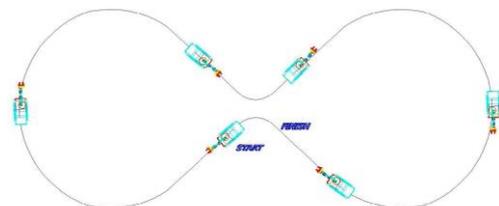
Pada grafik diatas terlihat pula lintasan error untuk lintasan pertama. diimana error terbesar untuk operator pertama yaitu pada nilai -130 cm dan error terbesar untuk operator ke-dua ada pada nilai -92 cm. Nilai error yang besar untuk kedua operator masing-masing terjadi pada belokan kanan yang terakhir sedangkan untuk nilai error yang terkecil terjadi pada saat robot melewati track yang lurus pada lintasan.

Rata-rata *error* pada lintasan 1 oleh operator 1 dan 2 yaitu:

$$e_{tot} = \sqrt{\frac{(\sum_0^n ex)^2 + (\sum_0^n ey)^2}{n}}$$

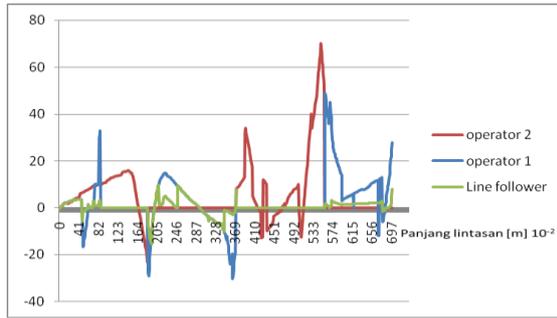
$$e_{tot} = 22.83 \text{ cm}$$

b. Lintasan 2



Gambar 8. Track Lintasan 2

Pada lintasan kedua, robot mobile manipulator memulai pada lintasan start. Mobile robot bergerak memutar melingkar sampai mencapai garis finish. Pada track lintasan yang kedua ini, terdapat 2 variasi belokan dengan radius yang berbeda sehingga membutuhkan operator yang handal untuk mendapatkan nilai error yang kecil.



Gambar 9. Grafik Error pada Lintasan 2

Pada grafik diatas terlihat bahwa nilai error terbesar baik untuk operator 1 maupun operator 2, yaitu pada saat melewati tikungan dengan radius besar menuju ke tikungan dengan radius kecil. Hal tersebut disebabkan karena robot sangat sulit berbelok dengan radius belokan yang kecil sehingga robot keluar dari garis yang telah di buat, dengan demikian nilai error yang terjadi juga akan bernilai besar pula. Sedangkan untuk line follower, terlihat bahwa nilai error terbesar terjadi pada saat tikungan dengan radius kecil.

Pada grafik diatas terlihat pula lintasan error untuk lintasan pertama. diimana error terbesar untuk operator pertama yaitu pada nilai 70 cm dan error terbesar untuk operator ke-dua ada pada nilai 49 cm, sedangkan untuk line follower nilai error terbesar bernilai 9,8 cm. Nilai error yang besar untuk kedua operator masing-masing terjadi pada belokan kanan yang terakhir sedangkan untuk nilai error yang terkecil terjadi pada saat robot melewati track yang lurus pada lintasan, sedangkan untuk line follower, terjadi pada saat melewati tikungan dengan radius kecil.

Rata-rata *error* pada lintasan 2 oleh operator 1 dan 2 yaitu:

$$e_{tot} = \sqrt{\frac{(\sum_0^n ex)^2 + (\sum_0^n ey)^2}{n}}$$

$$e_{tot} = 20.25 \text{ cm}$$

Rata-rata *error* pada lintasan 2 dengan line follower yaitu:

$$e_{tot} = \sqrt{\frac{(\sum_0^n ex)^2 + (\sum_0^n ey)^2}{n}}$$

$$e_{tot} = 3.55 \text{ cm}$$

SIMPULAN

1. Pada lintasan 1, nilai *error* terbesar yaitu $x_1 = -130$ cm, yang terjadi pada belokan kanan yang terakhir dilakukan oleh operator pertama.

2. Pada lintasan 2, nilai *error* terbesar yaitu $x_1 = 70$ cm yang terjadi pada tikungan dengan radius besar menuju ke tikungan dengan radius kecil. Semuanya dilakukan oleh operator pertama.
3. Rata-rata *error* pada lintasan 1 oleh operator 1 dan 2 yaitu 22,83 cm dan lintasan 2 yaitu 20,25 cm. Sedangkan *error* pada lintasan 2 dengan line follower yaitu 3,55 cm.
4. Nilai *error* untuk sistem control otomatis (*line follower*) sistem jauh lebih kecil dibanding dengan menggunakan sistem kontrol langsung (*bluetooth*).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Leena, N., & Saju, K. K. (2016). Modelling and trajectory tracking of wheeled mobile robots. *Procedia technology*, 24, 538-545
- [2] Lee, J. H., Lin, C., Lim, H., & Lee, J. M. (2009). Sliding mode control for trajectory tracking of mobile robot in the RFID sensor space. *International Journal of Control, Automation and Systems*, 7(3), 429-435.
- [3] Matraji, I., Al-Durra, A., Haryono, A., Al-Wahedi, K., & Abou-Khousa, M. (2018). Trajectory tracking control of Skid-Steered Mobile Robot based on adaptive Second Order Sliding Mode Control. *Control Engineering Practice*, 72, 167-176.
- [4] Randis, R., & Akbar, S. (2017). Uji eksperimetal trajectory tracking pada quadcopter. *Dinamika–Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 9(1).
- [5] Schulz, D., Burgard, W., Fox, D., & Cremers, A. B. (2001). Tracking multiple moving targets with a mobile robot using particle filters and statistical data association. In *Robotics and Automation, 2001. Proceedings 2001 ICRA. IEEE International Conference on* (Vol. 2, pp. 1665-1670). IEEE.
- [6] Sun, S. (2005). Designing approach on trajectory-tracking control of mobile robot. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 21(1), 81-85.
- [7] Suradana, I. M., & Sudiarsa, I. W. (2013). Pengendalian Mobile Robot Menggunakan Personal Computer Dengan Koneksi Bluetooth. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, 2(1), 95-109
- [8] Syam R, Mappaita A, et al. (2017) " Simple Design of VTOL Hexacopter for Simple Navigation." *International Journal on Smart Material and Mechatronics. IJSMM*.
- [9] Syam, R., Ohoiwutun, J. (2013). Uji Eksperimen untuk Trajectory Tracking Mesin Pemotong Rumput Tenaga Surya. "*Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XII (SNTTM XII)*". SNTTM.