

MODEL KEPUTUSAN ARAH GERAKAN ROBOT BERODA BERDASARKAN BLOK WARNA OBJEK MENGGUNAKAN PIXY CMUCAM5 DAN ARDUINO DIECIMILA

Hugo Aprilianto¹⁾, Panca Anitasari W. Handayani²⁾, Ratna Fitriani³⁾, Budi Rahmani⁴⁾

^{1), 2), 3), 4)} Program Studi Teknik Informatika, STMIK Banjarbaru

Jl. Jend. Ahmad Yani Km.33,5 Loktabat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan

Telp : (0511) 4782881, 3251836, 3306839

E-mail : hugo.aprilianto@gmail.com¹⁾, panca.anitawh@gmail.com²⁾, ratnafitriani@gmail.com³⁾, budirahmani@gmail.com⁴⁾

Abstrak

Paper ini menyajikan sebuah model pengambilan keputusan arah gerakan robot berdasarkan hasil estimasi jarak benda berdasarkan ukuran blok warna. Ujicoba dilakukan pada sebuah robot beroda empat. Proses dimulai dengan merekam sejumlah blok warna yang mewakili arah gerakan seperti lurus, belok kanan, belok kiri, dan berhenti. Masing-masing blok warna berbentuk lingkaran dengan ukuran diameter 6 cm yang dicetak pada kertas putih. Berdasarkan ukuran blok masing-masing warna yang dideteksi oleh kamera kemudian diukur jaraknya terhadap robot. Jika jarak antara robot dan blok warna tertentu sudah mencapai 10 cm, maka robot kemudian akan memutuskan akan bergerak ke arah tertentu. Berdasarkan percobaan yang dilakukan, robot telah mampu menentukan arah gerakan berdasarkan warna dan jarak yang terukur oleh robot dengan menggunakan sebuah kamera pixy CMUCam5.

Kata kunci: robot beroda, keputusan arah gerakan, color-block, Pixy CMUCam5, Arduino

1. Pendahuluan

Navigasi pada robot beroda didefinisikan sebagai kemampuan bergerak di lingkungan tertentu [1]. Proses navigasi dapat terdiri atas tiga pertanyaan, yaitu: "Where am I", "Where am I going", dan "How do I get there". Untuk pertanyaan pertama dan kedua bisa dijawab dengan melengkapi robot yang sesuai dengan sensor, sedangkan pertanyaan ketiga bisa dilakukan dengan navigasi sistem perencanaan jalur yang efektif. Penggunaan sensor pada sistem navigasi robot akan selalu disesuaikan dengan tujuan robot yang dibangun dan lingkungan dimana robot akan dioperasikan [2]. Navigasi berbasis *vision* mengalami kemajuan yang luar biasa dengan dibangunnya berbagai robot otonom, baik yang dioperasikan di darat, di laut, dan di udara. Sistem navigasi yang menggunakan sensor kamera dapat dibagi menjadi dua kategori umum yaitu: sistem yang memerlukan pengetahuan sebelumnya tentang lingkungan dimana robot dioperasikan (dalam hal ini sistem membutuhkan peta) dan sistem yang secara *real-time* melihat kondisi lingkungan tempat bernavigasinya [1].

Proses navigasi berbasis computer vision meliputi beberapa hal penting diantaranya: pengolahan citra yang berasal dari kamera (proses mendeteksi keberadaan *obstacle*), penentuan jalur yang akan ditempuh, serta pengontrolan pergerakan robot (kecepatan dan atau arah gerakan). Sensor penunjang navigasi yang umum digunakan diantaranya yaitu: sensor ultrasonik, GPS, Laser Range Finder (LRF) dan sensor vision yang dalam hal ini adalah kamera, baik kamera tunggal maupun stereo [3]. Pengolahan citra sebagai salah satu fokus penelitian ini adalah proses penentuan jarak objek dengan kamera. Penelitian [4] menggunakan kamera stereo untuk penentuan jarak kamera terhadap objek pada suatu citra stereo. Hasilnya menunjukkan bahwa masih terdapat perbedaan sebesar 10% antara hasil perhitungan berdasarkan citra yang diperoleh, dengan jarak yang sesungguhnya. Penelitian dalam rangka pengukuran jarak objek terhadap kamera juga dilakukan oleh [5]. Sensor yang digunakan adalah kamera tunggal (single camera) dari smartphone. Model yang diusulkan menggunakan SURF (Speeded Up Robust Features) yang ada pada library aplikasi opencv pada citra berukuran 640x480 piksel dari citra 32 bit (Red Green Blue Alpha) menjadi citra 8 bit (grayscale). Pada model yang diusulkan di penelitian ini, citra diambil oleh kamera adalah sebanyak dua kali, dan seolah olah didapati sepasang citra yang berasal dari kamera stereo. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak baseline yang merupakan jarak kamera atau dalam penelitian ini jarak antara kamera pada pengambilan citra pertama dengan pengambilan citra kedua mempengaruhi nilai akurasi dari proses pengukuran jarak objek terhadap kamera, semakin besar jaraknya, maka semakin akurat pula hasil pengukuran jarak objek terhadap kamera dengan dua buah objek yang diukur, masing-masing mesin pembuat kopi (indoor) dan juga mobil yang diparkir di halaman (outdoor) [5].

Berikutnya pada penelitian [6] disampaikan bagaimana mengukur tinggi dan lebar dari objek meja, kursi, dan objek lainnya di atas meja dengan menggunakan kamera stereo yang digunakan. Model yang dibangun untuk keperluan pengukuran jarak serta ukuran (*distance and size*) objek yang digunakan meliputi diantaranya: *stereo image capture, image*

processing (downscaling, grayscaling, median filtering, noise removal), object detection and segmentation, object distance and size measurement, and object identification. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model yang diusulkan telah mampu menentukan jarak dan ukuran (*distance and size*) dari objek meja, kursi, kotak pensil, dan kotak lainnya dalam waktu sekitar 65 ms dengan proses downscaling atas citra objek yang digunakan. Pada proses pengukuran jarak objek, didapati perbedaan sebesar maksimal 0,22 cm antara hasil pengukuran sistem dan jarak sesungguhnya. Sedangkan untuk ukuran objek, pada pengukuran tinggi objek didapati perbedaan maksimal sebesar 1,955 cm. Terakhir pada pengukuran lebar benda didapati perbedaan maksimal sebesar 2,5 cm [6].

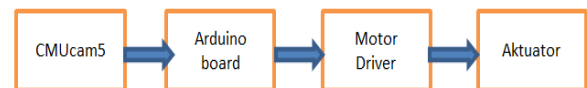
Mendeteksi keberadaan *obstacle*, salah satu metode yang digunakan yaitu block matching algorithm. Metode ini digunakan untuk mendeteksi keberadaan *obstacle* di depan kamera. Dari metode tersebut didapati bahwa berdasarkan *disparity map*, semakin gelap piksel citra, maka semakin jauh jarak objek dari tersebut dari kamera/robot. Reaksi yang diprogramkan ke robot masih sama seperti penelitian sebelumnya yaitu robot akan diperintahkan bergerak mundur jika menemukan *obstacle* di depannya yang berjarak kurang dari 50 cm sebelum kemudian mengarahkannya ke kanan atau ke kiri sebesar 90° [7][8][9]. Metode berikutnya yang dikembangkan untuk mendeteksi keberadaan *obstacle* adalah Q-Learning [10]. Pada metode ini robot dilatih dengan serangkaian citra lingkungan dan juga *obstacle* yang cukup banyak. Dengan begitu diperoleh model pengetahuan yang memungkinkan robot dapat mengenali arena dari lingkungan yang tidak terdapat *obstacle*. Dengan metode ini pula, keberadaan *obstacle* yang bergerak dapat dideteksi, untuk berikutnya dapat ditentukan jalur yang akan dilewati berdasarkan informasi arah pergerakan dari *obstacle* tersebut.

Permasalahan yang muncul adalah bagaimana jika proses pengenalan warna, pengukuran jarak objek tidak dilakukan oleh robot tanpa melibatkan komputer/laptop yang memiliki resource besar, namun dilakukan oleh mikrokontroler (arduino) dengan kamera pixy CMUcam5. Paper ini menyajikan hasil percobaan pada robot beroda untuk menentukan arah gerakannya berdasarkan kondisi dari blok warna yang dideteksi menggunakan kamera pixy CMUcam5.

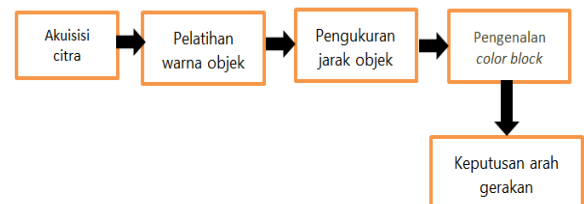
1. Model Pengambilan Keputusan Arah Gerakan Berdasarkan Color-Block

Pada Gambar 1 ditunjukkan blok diagram dari sistem yang digunakan yang terdiri dari sebuah kamera, arduino board dual motor driver, ATMega168 yang terintegrasi dengan dan aktuator berupa dua pasang motor (kiri dan kanan). Kemudian pada Gambar 2 ditunjukkan juga tahapan dari sistem atau model yang diusulkan. Tahapan tersebut diantaranya adalah akuisisi

citra menggunakan kamera. Berikutnya adalah pelatihan warna (beberapa warna yang dilatihkan dan disimpan) yang diagram alirnya ditunjukkan pada Gambar 3. Kemudian dilanjutkan dengan proses pengukuran jarak objek yang di dalamnya terdapat proses deteksi seperti ditunjukkan pada Gambar 4. color-block Color-block yang terdeteksi kemudian dikenali, apakah berwarna sesuai dengan salah satu yang dilatihkan sebelumnya. Data hasil deteksi kemudian dikirim melalui port serial ke mikrokontroler (arduino) untuk proses selanjutnya seperti ditunjukkan pada Gambar 5.

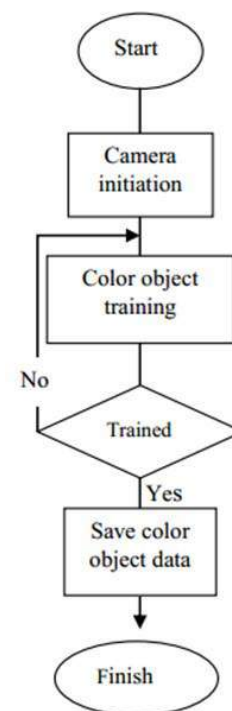


Gambar 1. Blok diagram sistem [9]

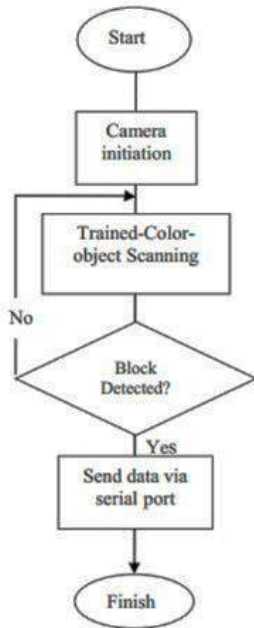


Gambar 2. Tahapan pada model yang diusulkan

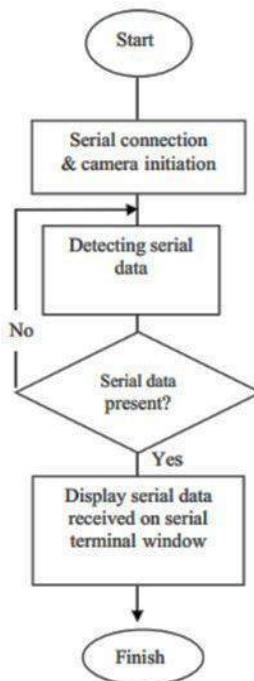
Bentuk objek penanda guna mengarahkan pergerakan robot beroda adalah berbentuk lingkaran dengan diameter 6 cm dan ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 3. Tahapan pelatihan *color-block* pertama [11]



Gambar 4. Tahapan deteksi color-block [11]



Gambar 5. Proses pembacaan data serial dari kamera melalui port serial [3]

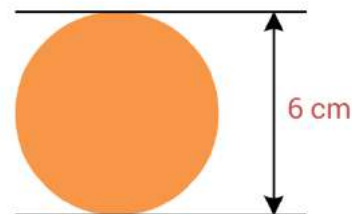
Tabel 1. Daftar warna dan aksi arah pergerakan robot [11]

No.	Warna	Ket. Warna	Aksi robot yang diharapkan
1		Orange	Jalan lurus
2		Biru	Belok kanan
3		Hijau	Belok kiri
4		Hitam	Posisi berhenti (Stop)

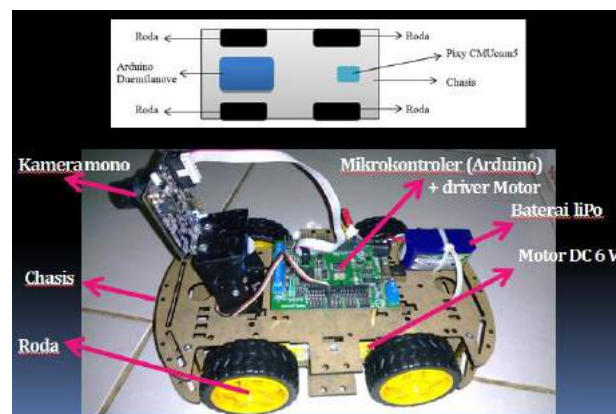
Ukuran lingkungan adalah 2 x 2 m, dengan tinggi dinding sebesar 30cm dari lantai. Ketebalan dinding adalah antara 6-10 mm dan dicat berwarna putih. Penanda dengan berbagai warna dibuat dari kertas stiker yang dapat dipasang dan dilepas untuk ditempatkan di lokasi berbeda. Ilustrasi model robot beroda yang digunakan diperlihatkan pada . Sedangkan Gambar 7 diagram alir model pengambilan keputusan arah gerakan ditunjukkan pada . Diagram alir ini menyesuaikan dengan rancangan yang telah ditentukan pada Tabel 1 Tabel 2 dan . Tabel 1 Tabel 2

Tabel 2. Daftar warna dan aksi arah pergerakan robot

Roda Kanan	Roda Kiri	Keterangan kondisi robot
CW	CCW	Robot Maju
CCW	CCW	Robot Belok Kanan
CW	CW	Robot Belok Kiri
Off	Off	Robot Berhenti



Gambar 6. Bentuk penanda pengarah pergerakan robot



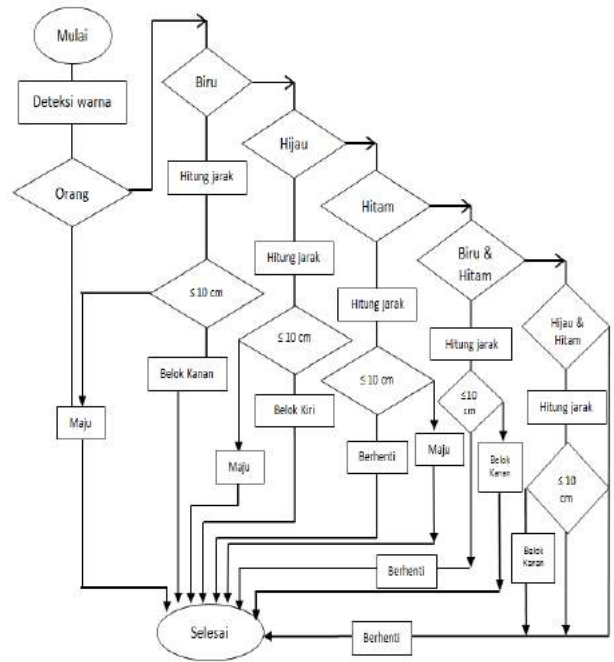
Gambar 7. Robot beroda empat yang digunakan

2. Hasil dan pembahasan

Pada Tabel 3 ditunjukkan hasil pengukuran jarak berdasarkan dengan jarak terjauh color-block pengukuran adalah sebesar 210 cm dan jarak terdekat adalah sekitar 6 cm. Kemudian pada Tabel 4 ditunjukkan hasil percobaan pendeteksian warna, pengukuran jarak berdasarkan warna color block tertentu dan sekaligus keputusan arah gerakan yang diambil oleh robot yang mengacu pada diagram alir pada Gambar 8. Berdasarkan hasil percobaan didapati bahwa keputusan yang diambil oleh robot telah sesuai dengan aturan yang dibuat dan diprogramkan ke robot. Hanya saja kadang masih didapati pengaruh dari warna sekitar yang dapat mengurangi akurasi robot dalam mengukur jarak secara Namun secara umum model pengambilan keputusan arah gerakan yang telah real-time. dirancang telah berfungsi dengan baik sesuai dengan yang seharusnya.

Tabel 3. Hasil pengukuran jarak berdasarkan color-block [12]

Informasi Jarak	Tinggi (pixel)	Lebar (pixel)	Color circle block size (pixel)	Real-time robot-color circle distance (centimeter)
Jarak terjauh	15	16	240	210
	18	19	342	190
	21	20	420	170
	23	23	529	150
	24	26	624	145
	28	29	812	140
	29	29	841	135
	30	30	900	130
	31	30	930	126
	31	31	961	76
	32	31	992	51
	33	32	1056	27
Jarak terdekat	34	33	1122	6



Gambar 8. Diagram alir model pengambilan keputusan arah gerakan [11]

Tabel 4. Hasil percobaan proses pengambilan keputusan untuk tiap pengukuran jarak berdasarkan color-block di tiap warna [11]

Warna	Tinggi (pixel)	Lebar (pixel)	Color circle block size (pixel)	Jarak real-time robot-color circle (centimeter)	Keadaan Robot		Keterangan kondisi robot	Keterangan hasil
	(pixel)				Roda Kanan	Roda Kiri		
Orange	31	31	961	76	CW	CCW	Robot Maju	Sesuai
Orange	32	31	992	51	CW	CCW	Robot Maju	Sesuai
Orange	33	32	1056	27	CW	CCW	Robot Maju	Sesuai
Orange	34	33	1122	6	CW	CCW	Robot Maju	Sesuai
Blue	31	31	961	76	CW	CCW	Robot Maju	Sesuai
Blue	32	31	992	51	CW	CCW	Robot Maju	Sesuai
Blue	33	32	1056	27	CW	CCW	Robot Maju	Sesuai
Blue	34	33	1122	6	CCW	CCW	Robot Belok Kanan	Sesuai
Green	31	31	961	76	CW	CCW	Robot Maju	Sesuai
Green	32	31	992	51	CW	CCW	Robot Maju	Sesuai
Green	33	32	1056	27	CW	CCW	Robot Maju	Sesuai
Green	34	33	1122	6	CW	CW	Robot Belok Kiri	Sesuai

31	31	961	76	Sesuai kondisi sebelum mnya	Sesuai kondisi sebelum mnya	Sesuai kondisi sebelum mnya	Sesuai
32	31	992	51	Sesuai kondisi sebelum mnya	Sesuai kondisi sebelum mnya	Sesuai kondisi sebelum mnya	Sesuai
33	32	1056	27	Sesuai kondisi sebelum mnya	Sesuai kondisi sebelum mnya	Sesuai kondisi sebelum mnya	Sesuai
34	33	1122	6	Off	Off	Robot Berhenti	Sesuai

3. Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan, proses pengukuran jarak dan pengambilan keputusan arah gerakan robot beroda yang telah diuji menunjukkan hasil yang cukup baik. Namun demikian pada praktiknya masih didapati kendala noise atau derau warna dari lingkungan sekitar kamera. Perlu dicari metode atau algoritma yang dapat meminimalkan derau warna yang dapat mempengaruhi proses pengukuran jarak dan pengambilan keputusan arah gerakan robot berbasis color-block

Daftar Pustaka

- [1] B. Rahmani *et al.*, "Review of Vision-Based Robot Navigation Method," *IAES Int. J. Robot. Autom.*, vol. 4, no. 4, pp. 254–261, 2015.
- [2] N. Nirmal Singh, A. Chatterjee, A. Chatterjee, and A. Rakshit, "A two-layered subgoal based mobile robot navigation algorithm with vision system and IR sensors," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 44, no. 4, pp. 620–641, 2011.
- [3] B. Rahmani, A. Harjoko, T. K. . Priyambodo, and H. Aprilianto, "Research of Smart Real-time Robot Navigation System," in *AIP The 7th SEAMS-UGM Conference 2015*, 2015, vol. 1707, pp. 1–8.
- [4] G. Takahashi and R. Matsuoka, "Accuracy of measurement using a pair of stereo images acquired by Finepix Real 3D W1 without controls," *ISPRS Comm. V Mid-Term Symp. 'Close Range Image Meas. Tech.*, vol. XXXVIII, no. D, pp. 565–570, 2010.
- [5] C. Holzmann and M. Hochgatterer, "Measuring distance with mobile phones using single-camera stereo vision," *Proc. - 32nd IEEE Int. Conf. Distrib. Comput. Syst. Work. ICDCSW 2012*, pp. 88–93, 2012.
- [6] Y. M. Mustafah, R. Noor, H. Hasbi, and A. W. Azma, "Stereo Vision Images Processing for Real-time Object Distance and Size Measurements," in *2012 International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE)*, 2012, pp. 659–663.
- [7] R. A. Hamzah, M. S. Hamid, H. N. Rosly, and N. M. Z. Hashim, "A distance and pixel intensity relation for disparity mapping in region of interest," in *2011 IEEE 3rd International Conference on Communication Software and Networks, ICCSN 2011*, 2011, pp. 15–19.
- [8] B. Rahmani *et al.*, "Grid-edge-depth map building employing sad with sobel edge detector," *Int. J. Smart Sens. Intell. Syst.*, vol. 10, no. 3, pp. 551–566, 2017.
- [9] B. Rahmani, H. Aprilianto, P. Studi, T. Informatika, and K. Selatan, "Model Kalibrasi Kamera Untuk Pengukuran Jarak Objek dan Navigasi Robot," in *Seminar Nasional Riset Terapan Poliban 2016*, 2016, vol. 1, pp. B33–B41.
- [10] Y. Zhang, C. W. de Silva, D. Su, and Y. Xue, "Autonomous Robot Navigation with Self-learning for Collision Avoidance with Randomly Moving Obstacles," in *The 9th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE 2014)*, 2014, pp. 117–122.
- [11] H. Aprilianto, P. A. W. Handayani, R. Fitriani, and B. Rahmani, "Estimasi Jarak dan Pengambilan Keputusan Arah Gerakan Robot Beroda berbasis Color-Block Menggunakan Kamera Tunggal," in *Prosiding Soliter 2017*, 2017, pp. 1–6.
- [12] B. Rahmani, H. Aprilianto, H. Ismanto, and H. Hamdani, "Distance Estimation based on Color-Block: A Simple Big-O Analysis," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 7, no. 4, pp. 2169–2175, 2017.