

PERANCANGAN PENDETEKSIAN TARGET BERDASARKAN WARNA PAKAIAN PADA SISTEM ROBOT PENGIKUT MANUSIA

M. Latif

Jurusan Mekatronika Fakultas Teknik
Universitas Trunojoyo Madura
Jl. Raya Telang PO.BOX 2 Kamal Bangkalan Jawa Timur 69162
email : t1ffo@yahoo.co.id, latif@trunojoyo.ac.id

Abstrak

Permasalahan pendeteksian target merupakan salah satu bagian yang sangat penting dan merupakan titik tolak kerja pada sistem robot pengikut manusia. Jika pendeteksian target tidak berhasil maka sistem kerja robot juga tidak akan berjalan dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang pendeteksian target pada sistem robot pengikut manusia. Pendeteksian target dilakukan berdasarkan warna pakaian target. Warna pakaian yang digunakan adalah warna merah. Dalam melakukan pendeteksian target, dilakukan beberapa proses, misalnya normalisasi citra, thresholding dan menandai objek. Nilai ambang yang digunakan dalam sistem ini adalah hasil normalisasi citra RGB yaitu $r=0,5$ hingga $0,65$ dan $g=0,14$ hingga $0,2$. Berdasarkan pengujian, sistem pendeteksian yang dilakukan dapat mengenali target dan mampu membedakan target dengan latar belakang citra.

Kata kunci :

Deteksi target, Robot pengikut manusia, Citra digital

1. Pendahuluan

Penggunaan *mobile robot* dalam lingkungan penelitian dan lingkungan aplikasi menekankan pentingnya *intelligent autonomous behavior* dan teknik pengendalian gerakan[2]. Hal tersebut sangat penting bagi robot untuk memahami maksud manusia, serta untuk berinteraksi dengan manusia dan lingkungan sekitarnya. Salah satu topik penelitian tentang *mobile robot R* adalah permasalahan robot pengikut manusia yaitu suatu kemampuan yang dimiliki robot untuk mengikuti pergerakan manusia *P* dari titik awal q_{init} hingga titik akhir q_{final} . Permasalahan dalam topik robot pengikut manusia sangatlah kompleks. Permasalahan tersebut meliputi *human detection*, *tracking*, trayektori, navigasi, pengendalian pergerakan, pengendalian posisi, pengendalian transien, estimasi jarak dan yang lainnya[13]. Selain permasalahan tersebut, *R* memerlukan kemampuan memproses data dari sensor secara *real-time* untuk merespon perubahan posisi dari orang yang diikutinya.

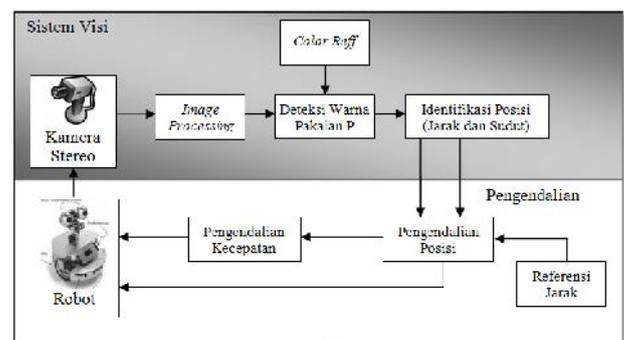
Permasalahan pendeteksian target merupakan salah satu bagian yang sangat penting dan merupakan titik tolak kerja sistem. Jika pendeteksian tidak berhasil dengan baik maka sistem kerja robot pengikut manusia juga tidak berjalan dengan baik. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang pendeteksian target pada sistem robot pengikut manusia. Pendeteksian target berdasarkan warna pakaian. Warna pakaian yang digunakan adalah warna merah.

2. Tinjauan Pustaka

a. Robot Pengikut Manusia

Robot pengikut manusia adalah sebuah robot yang memiliki kemampuan untuk mengikuti pergerakan orang atau target yang diikutinya. Dalam melakukan tugas tersebut dibutuhkan beberapa proses agar dapat mengikuti target. Proses tersebut meliputi mengenali target, identifikasi posisi, dan pengendalian untuk mengikuti target. Terdapat berbagai cara dalam mengenali dan mengidentifikasi posisi orang yang akan diikuti, seperti menggunakan sensor laser, kamera dan yang lainnya.

Sistem robot pengikut manusia yang dibangun dilengkapi dengan sensor kamera dengan model *stereo vision*. Hasil tangkapan dari kamera akan diolah menjadi *input* dalam sistem. Secara umum sistem robot pengikut manusia ditunjukkan dalam diagram blok pada Gambar 1. Secara spesifik dalam penelitian ini adalah pendeteksian target berdasarkan warna pakainnya.



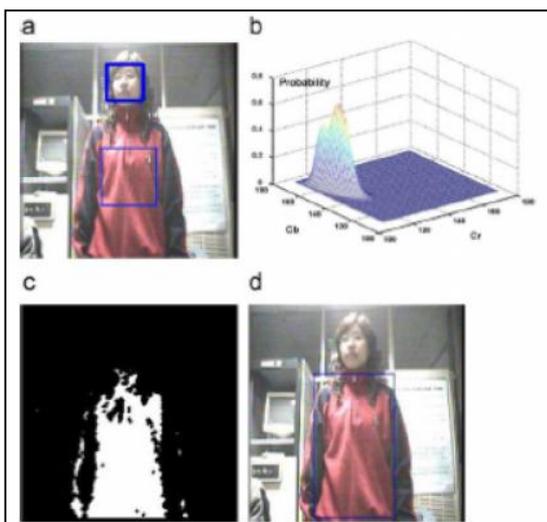
Gambar 1. Sistem Robot Pengikut Manusia

b. Deteksi Target

Deteksi target atau pengenalan orang yang akan diikuti sangat dibutuhkan dalam sistem robot pengikut manusia. Pengenalan yang dilakukan adalah pengenalan terhadap warna pakaian target Untuk melakukan proses tersebut dibutuhkan algoritma pemrosesan citra digital seperti mengekstrak dan pengenalan target secara spesifik, melakukan *registering* warna dan *texture* pakaiannya serta membedakan target dengan latar belakang lainnya[2].

Pendeteksian yang dilakukan oleh Hyukseong [3] menggunakan algoritma yang berbasis histogram warna pakain objek. Dengan menggunakan histogram warna pada komponen R dan G dalam sistem RGB, sistem pendeteksian akan melakukan *learning* terhadap distribusi warna bagian tubuh objek ketika *initial input* citra diberikan. Kemudian sistem *blob segment* bagian tubuh dalam *input* citra menggunakan pembelajaran distribusi warna dan menghitung pusat massa. Pusat massa dianggap sebagai posisi orang dalam citra.

Deteksi berbasis warna menggunakan warna pakaian bagian atas tubuh seseorang juga digunakan dalam [1][4][5] dan merupakan langkah awal dalam tahap pelacakan. Seperti ditunjukkan dalam Gambar 2, setelah orang itu ditemukan, suatu daerah dipotong untuk model pelatihan sesuai dengan struktur geometris normal manusia. Ruang warna yang dipilih menggunakan ruang warna YCbCr. Inisialisasi dari model warna dilakukan setelah berhasil mendeteksi wajah orang. Kemudian, model warna awal dibuat dan citra *input* dapat diklasifikasikan dalam piksel tubuh dan non-tubuh. Ketika *mobile robot* menjumpai berbagai kondisi pencahayaan saat pelacakan, model warna tubuh disesuaikan dengan perubahan penampilan visual tubuh.



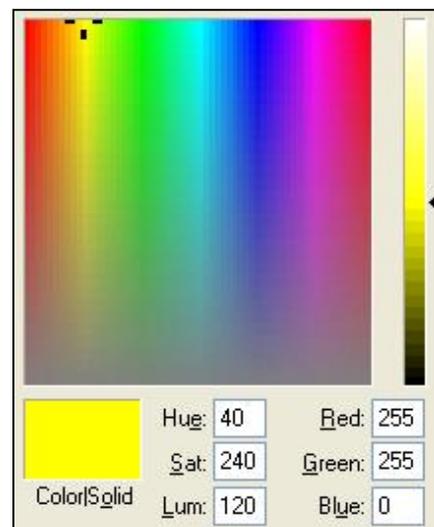
Gambar 2. Segmentasi citra

(a). Original Image (b). Fungsi campuran model *Gaussian*
(c). *Binary image* warna pakaian (d). Hasil deteksi [4]

c. Citra RGB

Model warna RGB terdiri dari warna *Red*, *Green* dan *Blue* yang apabila digabungkan akan menghasilkan suatu warna lain. Warna RGB merupakan salah satu ruang warna yang paling sering digunakan. *Red*, *Green* dan *Blue*, memiliki batasan sebesar 8 bit. Sehingga masing-masing komponen *R*, *G* dan *B* mempunyai variasi dari 0 sampai 255 dengan total 256 warna.

Jumlah warna yang dihasilkan dengan format RGB adalah $256 \times 256 \times 256$ atau 16.777.216 jenis warna. Untuk merepresentasikan ruang warna RGB membutuhkan 24 bit, dengan rincian masing-masing komponen RGB membutuhkan 8 bit. Warna-warna yang dihasilkan oleh campuran warna RGB ditunjukkan pada Gambar 3 sebagai contoh untuk menghasilkan warna kuning maka campuran nilai RGB adalah $R=255$, $G=255$ dan $B=0$;



Gambar 3. Warna-warna hasil campuran nilai RGB

d. Normalisasi Warna

Normalisasi warna adalah sebuah topik dalam *computer vision* berkaitan dengan *artificial color vision* dan pengenalan objek. Normalisasi bertujuan untuk memperkuat jenis warna dari pengaruh pencahayaan yang berubah atau berbeda. Secara umum, distribusi nilai warna dalam citra tergantung pada kondisi pencahayaan yang berbeda atau kamera yang berbeda. Normalisasi warna dapat diimplementasikan pada teknik pengenalan obyek berdasarkan warna.

Secara alamiah manusia dapat mengetahui ketetapan sebuah warna pada obyek yang berada disekitarnya secara konstan tanpa terpengaruh kondisi pencahayaan. Misalnya, manusia melihat objek sekitar sebagai warna yang sama pada siang hari ketika matahari cerah serta selama siang hari ketika langit sedang mendung atau bahkan pada malam hari.

Normalisasi warna dapat digunakan untuk pengenalan obyek pada citra berwarna di bidang Robotika, Bioinformatika dan Kecerdasan Buatan. Normalisasi

dapat menghapus semua nilai intensitas dari citra sambil melestarikan nilai-nilai warna. Dengan normalisasi, perubahan dalam spektrum pencahayaan dapat dimodelkan oleh tiga faktor konstan yang diterapkan pada ruang warna merah, hijau dan biru. Perubahan warna terang dapat dimodelkan sebagai r , g dan b di saluran warna R, G dan B. Solusi ketetapan dapat dicapai dengan membagi masing-masing ruang warna dengan nilai rata-rata seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 1.

$$r = \frac{R}{R + G + B}$$

$$g = \frac{G}{R + G + B}$$

$$b = \frac{B}{R + G + B} \quad \text{Pers. (1)}$$

d. Citra Biner

Citra biner adalah model citra dengan nilai setiap pixelnya hanya berwarna dua jenis yaitu hitam atau putih. Citra Biner hanya memerlukan satu bit per piksel (0 dan 1) atau apabila dalam 8 bit (0 dan 255), sehingga sangat efisien dalam penyimpanan.

Meskipun perkembangan kecepatan prosesor komputer saat ini cukup tinggi, sistem citra biner masih berguna dalam pemrosesan citra, karena lebih cepat dan lebih murah daripada pemrosesan citra *grayscale* atau citra berwarna. Dengan demikian kebutuhan akan memori dan pemrosesan citra biner menjadi lebih kecil. Hal tersebut disebabkan karena citra biner hanya terdiri dari 1 bit sedangkan citra *grayscale* terdiri dari 8 bit.

Fungsi dari citra biner ditunjukkan pada Persamaan 2. dimana $I_{BW}(x, y)$ = nilai piksel citra grayscale atau RGB pada posisi (x, y) , $I_{Bin}(x, y)$ = nilai piksel citra biner pada posisi (x, y) , sedangkan T adalah nilai *threshold*.

$$I_{Bin}(x, y) = \begin{cases} 0 & I_{BW}(x, y) < T \\ 255 & I_{BW}(x, y) \geq T \end{cases}$$

Pers. (2)

3. Metode Penelitian

a. Kamera

Sensor yang digunakan adalah dua buah kamera yang disusun secara *stereo*. Kamera yang digunakan dalam sistem ini adalah dua buah kamera jenis *webcam*. *Focal length* dari kedua kamera tersebut 2,8 mm, dan memiliki *view angle* sebesar 50 derajat. Kamera disusun secara horizontal dengan jarak antara kedua kamera (*baseline*) sebesar 85 mm. Bentuk fisik model penyusunan kamera ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Fisik kamera *stereo*

b. Normalisasi

Untuk mengenali target, robot menggunakan warna pakaian sebagai acuan dalam mengikuti target. Dalam melakukan pendeteksian target, dilakukan beberapa proses, misalnya normalisasi warna, *thresholding* dan menandai objek. Secara detail, ilustrasi proses tersebut ditunjukkan dalam diagram alir pada Gambar 5.

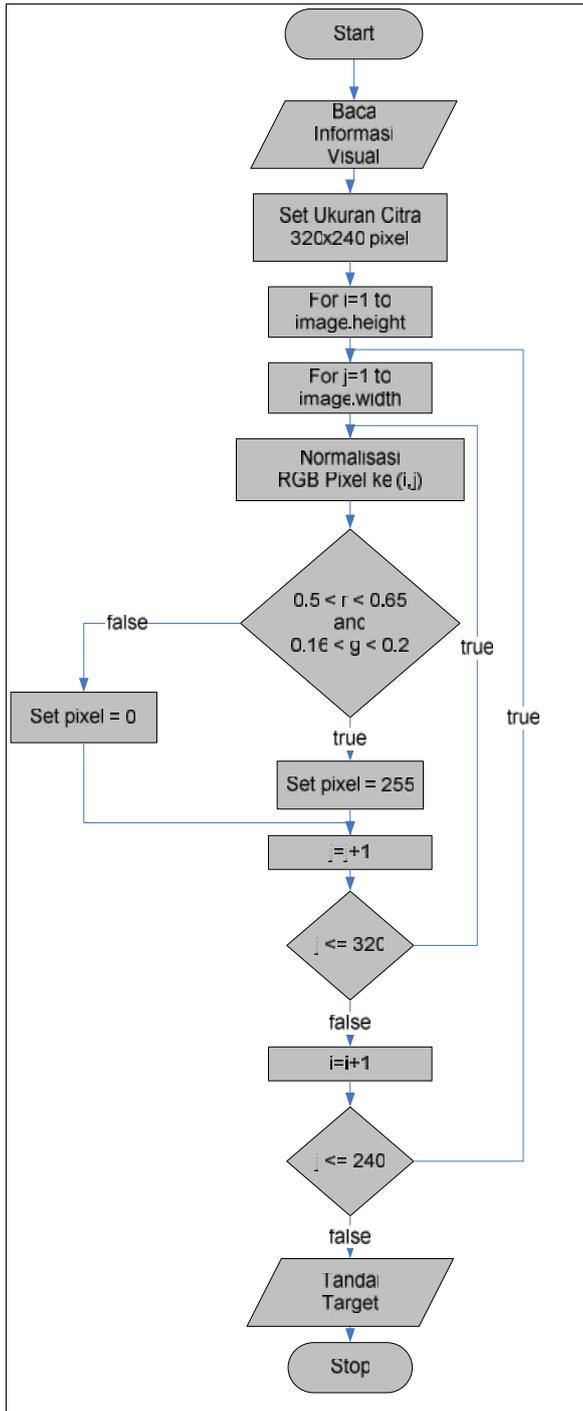
Langkah awal yang dilakukan dalam pendeteksian target adalah melakukan normalisasi terhadap masing-masing warna RGB menggunakan persamaan 2.6. Referensi warna untuk pendeteksian target menggunakan warna merah berdasarkan Gambar 6 bagian (a).

Untuk mendapatkan nilai ambang warna merah yang dimaksud, maka dilakukan pengambilan *sample*, kemudian dilakukan normalisasi. Hasil normalisasi warna merah ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan pengambilan *sample* tersebut, maka diputuskan untuk menggunakan nilai rentang $r=0.5$ hingga 0.65, $g=0.14$ hingga 0,2.

c. Operasi *Thresholding*

Thresholding adalah proses pengubahan nilai pixel pada citra yang memenuhi syarat nilai ambang atau berada dalam rentang nilai yang diinginkan, menjadi nilai tertentu yang dikehendaki. Nilai ambang yang digunakan dalam sistem ini adalah hasil normalisasi citra RGB yaitu $r=0,5$ hingga 0.65 dan $g=0.14$ hingga 0.2. Untuk mempercepat proses komputasi, dalam penelitian ini cukup menggunakan nilai r dan g saja. Karena dengan menggunakan citra keduanya sudah dapat digunakan untuk mencari warna merah yang telah ditentukan.

Proses pengubahan pixel dilakukan ke dalam dua nilai yaitu 0 dan 255 atau binerisasi. Proses ini akan merubah nilai pixel yang berada dalam batas ambang menjadi 255 selain itu dijadikan 0, sehingga citra hanya berisi dua warna hitam (0) dan putih (255). Gambar hasil binerisasi ditunjukkan pada Gambar 6 bagian (b).



Gambar 5. Proses pendeteksian objek

c. Menandai Target

Setelah proses binerisasi selesai, maka citra hanya terdiri dari dua macam warna yaitu hitam dan putih. Warna putih mewakili target sedangkan warna hitam adalah latar belakang citra. Langkah berikutnya adalah menandai dan mencari titik pusat target. Dalam menandai target, dilakukan berdasarkan besar area warna putih pada citra biner. Penanda target berbentuk persegi dan berwarna biru. Contoh Penanda target ditunjukkan

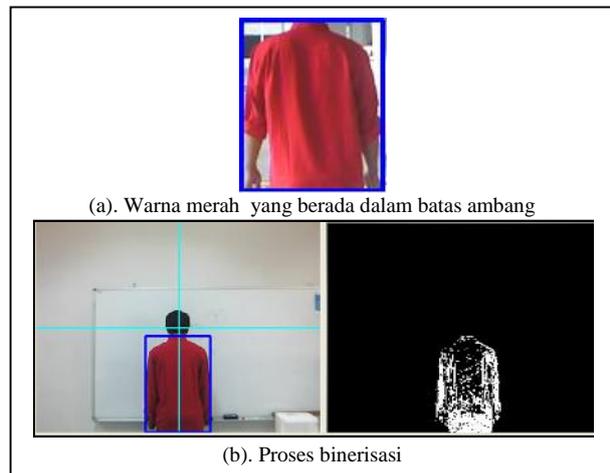
pada Gambar 6. Sedangkan titik pusat target dapat dicari dengan Persamaan 3.

$$\begin{aligned}
 \text{Center } x &= \text{posLeftPixTar} \\
 &+ \left(\frac{\text{posRigthPixTar} - \text{posLeftPixTar}}{2} \right) \\
 \text{Center } y &= \text{posTopPixTar} \\
 &+ \left(\frac{\text{posBottomPixTar} - \text{posTopPixTar}}{2} \right)
 \end{aligned}$$

Pers. (3)

Table 1. Hasil normalisasi RGB

No	Citra Asli			Hasil Normalisasi		
	R	G	B	r	G	B
1	184	47	63	0.625	0.159	0.214
2	187	48	53	0.649	0.166	0.184
3	189	54	58	0.627	0.179	0.192
4	182	47	61	0.627	0.162	0.210
5	215	52	69	0.639	0.154	0.205
6	127	35	41	0.625	0.172	0.201
7	190	45	63	0.637	0.151	0.211
8	207	54	69	0.627	0.163	0.209
9	130	48	61	0.543	0.200	0.255
10	194	44	57	0.657	0.149	0.193
11	211	58	71	0.620	0.170	0.208
12	192	44	61	0.646	0.148	0.205
13	172	41	54	0.644	0.153	0.202
14	129	37	48	0.602	0.172	0.224

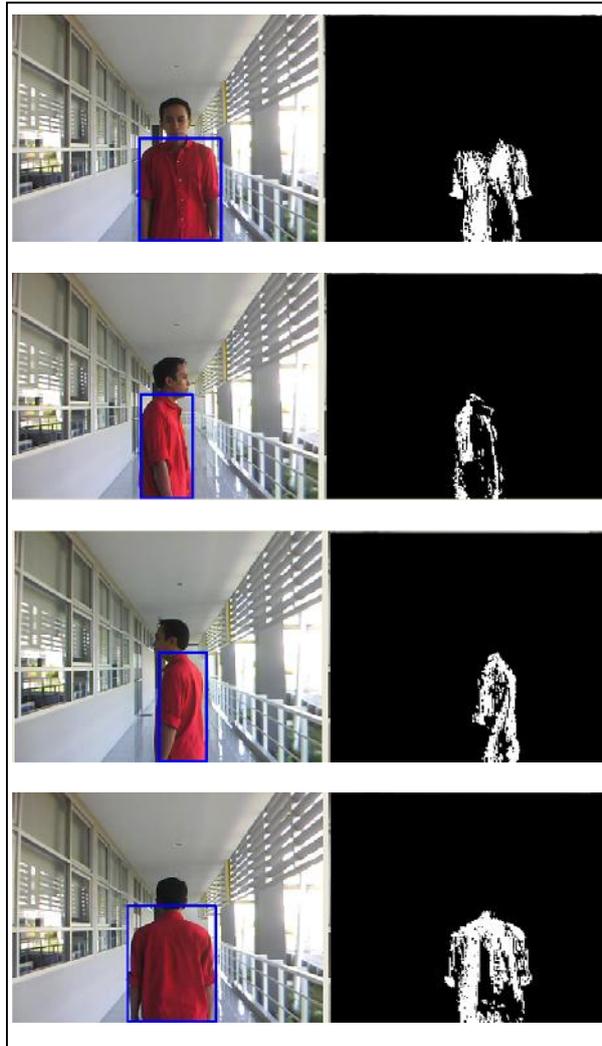


Gambar 6. Deteksi warna pakaian target

4. Hasil dan Pembahasan

Pengujian pendeteksian target dilakukan dalam berbagai pose, untuk mengetahui sejauh mana robot dapat mengenali target. Seperti dijelaskan sebelumnya, bahwa pengenalan target berdasarkan pakaian warna merah dengan nilai normalisasi warna berada pada rentang

$r=0.5$ hingga 0.65 , $g=0.14$ hingga 0.2 . Setelah target dikenali kemudian diberi tanda segi empat dengan warna biru. Pengujian dilakukan dari jarak dua meter dengan empat pose seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 7. Pengujian dilakukan dalam lingkungan *indoor* dan diatur dalam kondisi tidak ada warna merah, sehingga *error* pendeteksian target dapat berkurang. Cahaya matahari dapat masuk ke lingkungan pengujian, sehingga selama pengujian kamera memiliki dua kondisi terhadap sumber cahaya matahari. Kondisi tersebut adalah berhadapan dan membelakangi arah sumber cahaya matahari.



Gambar 7. Hasil Pengujian deteksi target

Kondisi kamera membelakangi arah sumber cahaya menunjukkan hasil yang baik. Sedangkan kondisi kamera berhadapan dengan arah sumber cahaya matahari hasilnya kurang baik, seperti ditunjukkan pada Table 2. Berdasarkan pengujian *pose* target tidak terlalu pengaruh, artinya pendeteksian cukup baik dilakukan. Hal yang paling berpengaruh adalah posisi kamera terhadap arah sumber cahaya matahari. Jika terdapat warna merah selain target maka pendeteksian dan penentuan titik pusat target akan gagal. Hal tersebut

karena posisi kanan, kiri, atas dan bawah hasil deteksi target merupakan milik dua objek yang berbeda .

Table 2. Hasil Pengujian berdasarkan posisi kamera terhadap arah sumber matahari

Data	Posisi Kamera	
	Berhadapan	Membelakangi
1	Gagal	OK
2	OK	OK
3	OK	OK
4	Gagal	Gagal
5	OK	OK
6	OK	OK
7	Gagal	OK
8	OK	OK
9	Gagal	Gagal
10	Gagal	OK

Untuk menguji seberapa kuat pendeteksian target terhadap perubahan intensitas cahaya, pengujian dilakukan dalam tiga waktu berbeda. Tiga waktu tersebut adalah pagi, siang dan sore, karena dalam ketiga waktu tersebut perubahan intensitas cahaya matahari dianggap berbeda. Berdasarkan pengujian, sistem pendeteksian target relatif cukup baik dan kuat terhadap perubahan cahaya. Hasil pengujian pada ketiga waktu tersebut ditunjukkan pada Table 3.

Table 3. Hasil Pengujian berdasarkan perubahan intensitas cahaya

Data	Waktu		
	Pagi (08:00 – 09:00)	Siang (12:00 – 13:00)	Sore (15:00 – 16:00)
1	OK	OK	OK
2	OK	OK	OK
3	OK	OK	Gagal
4	Gagal	Gagal	OK
5	OK	OK	OK
6	OK	OK	Gagal
7	Gagal	OK	OK
8	OK	OK	OK
9	OK	Gagal	OK
10	OK	OK	OK

5. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan pengujian, sistem pendeteksian yang dilakukan dapat mengenali target dan mampu membedakan target dengan latar belakang citra. Hasil pendeteksian dengan teknik normalisasi warna RGB cenderung lebih kuat terhadap perubahan intensitas cahaya.

Dalam pendeteksian target pada penelitian sistem robot pengikut manusia lebih lanjut, disarankan menggunakan teknik pengenalan bentuk badan (*body*) dari target sehingga menghasilkan pendeteksian yang lebih bagus.

Daftar Pustaka

- [1]. Roberto Calvo, Jose M. Canas, Lia Garcia-Perez, Person Following Behavior Generated With JDE Schema Hierarchy, ICINCO 2nd International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics, 2005.
- [2]. Takafumi Sonoura, Takashi Yoshimi, Manabu Nishiyama, Hideichi Nakamoto, Seiji Tokura and Nobuto Matsuhira, Person Following Robot with Vision-based and Sensor Fusion Tracking Algorithm, 2008.
- [3]. Hyukseong Kwon, Youngrock Yoon, Jae Byung Park and Avinash C. Kak, Person Tracking with a Mobile Robot using Two Uncalibrated Independently Moving Cameras, Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2005.
- [4]. Chunhua Hu, Xu dong Ma, Xian zhong Dai, Kun Qian, Reliable people tracking approach for mobile robot in indoor environments, ScienceDirect, 2009.
- [5]. Fritsch J, Kleinhagenbrock M, Lang S, Fink GA, Sagerer G. Audiovisual person tracking with a mobile robot. In: Groen F, editor. Proceedings of the international conference on intelligent autonomous systems. Amsterdam: IOS Press; 2004.
- [6]. Althaus P, Ishiguro H, Kanda K, Miyashita T, Christensen H I. Navigation for human-robot interaction tasks. Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation, New Orleans, LA, USA, 2004, 1894–1900.

Biodata Penulis

M. Latif, memperoleh gelar Sarjana Komputer (S.Kom), Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Trunojoyo, lulus tahun 2006. Tahun 2012 memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.) dari Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.. Saat ini sebagai Staf Pengajar Jurusan Mekatronika Fakultas Teknik Universitas Trunojoyo Madura.