

PENDETEKSI DOCKING STATION MENGGUNAKAN ROTATION INVARIANT LOCAL BINARY PATTERN PADA VISUAL BASED SERVICE ROBOT

Riza Agung Firmansyah¹⁾, Djoko Purwanto²⁾, Ronny Mardiyanto³⁾

^{1), 2), 3)} Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Email : riza.agung12@mhs.ee.its.ac.id¹⁾, djoko@ee.its.ac.id²⁾, ronny@elect-eng.its.ac.id³⁾

Abstrak

Pendeteksi docking station menggunakan rotation invariant local binary pattern (RLBP) adalah sebuah sistem dalam visual based service robot yang berfungsi untuk menemukan lokasi docking station berdasarkan pola-pola yang didapatkan dari pengolahan citra digital. Visual based service robot menggunakan baterai sebagai sumber energinya. Agar tetap bekerja dengan baik, robot memiliki sistem pengisian baterai otomatis. Pengisian baterai dilakukan pada docking station yang memiliki charger untuk mengisi baterai robot saat melakukan docking. Pada penelitian ini hanya difokuskan pada pendeteksian docking station dengan beberapa tingkat luminasi dan orientasi obyek.

RLBP digunakan dalam penelitian ini karena memiliki kemampuan yang baik terhadap perubahan luminasi. Pendeteksian dilakukan dengan cara menyusun pola-pola RLBP menjadi sebuah histogram. Dari histogram yang didapatkan kemudian dilakukan proses histogram matching untuk mencari nilai kesamaan histogram. Proses pencarian docking station dilakukan pada sebuah citra masukan. Citra masukan tersebut dibagi menjadi beberapa area kecil. Masing-masing area kecil dilakukan histogram matching. Nilai kesamaan histogram tertinggi pada sebuah area menunjukkan lokasi docking station.

Penerapan RLBP Histogram matching pada sistem pendeteksi docking station telah dapat dilakukan. Sistem mampu mengatasi perbedaan lumisasi cahaya dan perbedaan orientasi obyek. Dari percobaan yang dilakukan sistem memiliki akurasi sebesar 81.06 % dengan rata-rata waktu eksekusi 105 ms.

Kata kunci: *visual based service robot, docking station, rotation invariant local binary pattern, histogram matching.*

1. Pendahuluan

Visual based service robot merupakan mobile robot yang berfungsi untuk melakukan kegiatan seperti seorang pelayan, salah satunya adalah membersihkan ruangan [1]. Robot ini memiliki sumber energi berupa dua buah baterai 12 volt dan menggunakan kamera sebagai sensor navigasinya. Selama bekerja energi robot akan berkurang dan jika tidak di isi kembali maka robot akan

berhenti bekerja. Maka pada level baterai tertentu robot harus segera melakukan pengisian baterai.

Pengisian baterai dilakukan secara otomatis oleh robot di docking station. Docking station merupakan tempat asal robot saat tidak melakukan aktifitas. Docking station dilengkapi sebuah charger memiliki terminal yang bisa terhubung ke robot. Permasalahan dalam melakukan pengisian otomatis ini adalah cara mengetahui lokasi docking station dengan menggunakan kamera atau secara visual.

Penelitian tentang pendeteksi docking secara visual telah dikembangkan oleh beberapa peneliti. Untuk mengetahui lokasi docking station, [2] menggunakan artificial landmark untuk menandakan lokasi docking station. Artificial landmark diletakan diatas docking station sehingga lokasi artificial landmark dapat mewakili lokasi docking station. Artificial landmark yang digunakan berupa lingkaran berwarna. Pengukuran jarak antara robot dengan landmark ditentukan dengan mengukur diameter landmark ke arah vertikal. Diameter diperoleh dalam satuan jumlah piksel dan dikonversi hingga mendapat jarak robot hingga docking station. Posisi robot terhadap docking station bisa diketahui dari diameter landmark arah horizontal.

Keuntungan cara ini proses deteksi yang dilakukan cepat karena melakukan deteksi warna. Kelemahan cara ini adalah jika lingkungan sekitar robot memiliki obyek dengan warna yang sama maka pendeteksian landmark bisa terganggu. Selain itu perubahan luminasi cahaya akan berpengaruh terhadap kemampuan sistem menemukan landmark. Jika lingkaran yang dideteksi tidak utuh akibat perubahan luminasi akan berakibat kesalahan penentuan jarak dan posisi landmark.

Penggunaan artificial landmark juga digunakan oleh [3] mobile robotnya. Artificial landmark yang digunakan berupa penanda yang terbuat dari lampu halogen kecil. Lampu ini disusun pada arah yang sama dengan ketinggian yang berbeda. Prinsip ini mengacu pada prinsip yang digunakan range light. Range light biasanya digunakan untuk navigasi kapal agar dapat melewati jalur yang aman.

Keuntungan cara ini adalah akurasi yang tinggi dalam penentuan posisi docking station terhadap robot. Kelemahan cara ini adalah sulit untuk menentukan jarak

antara *docking station* dengan robot. Selain itu, pengaruh gangguan sumber cahaya lain dapat mempengaruhi proses penentuan posisi.

Sistem pendeteksi *docking station* harus tahan terhadap beberapa gangguan. Gangguan yang muncul antara lain perubahan luminasi, dan orientasi obyek. Perubahan luminasi bisa disebabkan oleh lingkungan kerja robot yang berada di dalam ruangan maupun di koridor yang menghubungkan antar ruangan. Luminasi cahaya di koridor cenderung berubah-ubah akibat adanya sumber cahaya selain lampu. Perbedaan orientasi disebabkan robot tidak selalu datang dari arah depan *docking station*. Saat robot berada di samping kanan, kiri, atau di depan *docking station* maka robot akan menangkap gambar yang berbeda.

Tujuan dari penelitian ini adalah mendesain pendeteksi *docking station* yang tahan terhadap perubahan luminasi cahaya dan orientasi obyek. Selain memiliki akurasi yang baik, proses komputasi juga harus cepat karena digunakan pada mobile robot. Dalam penelitian ini kecepatan proses komputasi ditargetkan maksimal sebesar 200 ms atau dengan *frame rate* 5 FPS.

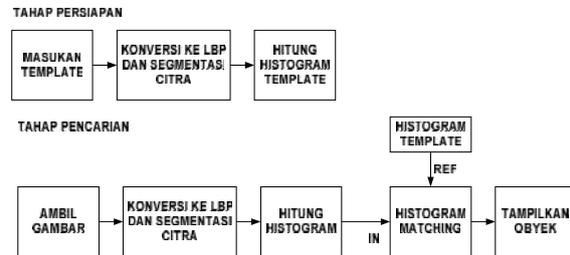
Beberapa cara deteksi obyek bisa diaplikasikan dalam sistem ini seperti *pixel based template matching*, *speeded up robust features* (SURF), dan *color histogram matching*. Pada makalah [4] disebutkan bahwa *pixel based template matching* memproses nilai piksel sehingga terpengaruh perubahan luminasi. Pengaruh yang sama juga terjadi pada *color histogram* tetapi *color histogram matching* lebih baik membedakan orientasi obyek dibandingkan dengan *template matching*. SURF memiliki akurasi tinggi terhadap perbedaan orientasi walaupun masalah luminasi cahaya masih belum teratasi. Selain itu proses komputasi SURF yang lama (hingga 5 detik) menurut makalah [5]. Sehingga untuk aplikasi mobile robot kurang tepat untuk direalisasikan.

Untuk mengatasi perubahan luminasi dan perbedaan orientasi maka dalam penelitian ini digunakan *rotation-invariant local binary pattern* (RLBP). RLBP menurut [6] mampu mengetahui pola suatu gambar pada perbedaan rotasi. Selain itu RLBP juga tahan terhadap perubahan luminasi cahaya karena menggunakan perbandingan nilai piksel [7]. Nilai RLBP kemudian disusun menjadi histogram yang selanjutnya dilakukan proses *histogram matching*. Atas dasar ketahanan RLBP terhadap perubahan luminasi cahaya dan ketahanan *histogram matching* terhadap perbedaan orientasi maka dalam penelitian ini digunakan RLBP Histogram sebagai pendeteksi *docking station*.

2. Pembahasan

Sistem pendeteksi *docking station* menggunakan RLBP terdiri dari dua tahap utama. Tahap pertama adalah tahap persiapan yang bertujuan untuk mempersiapkan template dan mencari pola-pola dominan yang muncul pada template. pola-pola tersebut kemudian disusun menjadi sebuah histogram template. Tahap kedua adalah tahap

pencarian *docking station* berdasarkan histogram template yang didapatkan. Pencarian dilakukan dengan segmentasi citra dan *histogram matching*. Lokasi *docking station* ditunjukkan pada area citra yang memiliki nilai kesamaan histogram yang tinggi. Sistem pendeteksi *docking station* ditunjukkan diagram blok pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Diagram blok sistem pendeteksi *docking station*

Local binary pattern (LBP) merupakan pola yang didapatkan dari perbandingan intensitas sebuah piksel dengan piksel lain yang saling berdekatan. Dari makalah [6], Pola LBP didapatkan dari konversi citra *grayscale* dengan persamaan berikut:

$$s(g_0, g_i) = \begin{cases} 0, & g_i < g_0 \\ 1, & g_i \geq g_0 \end{cases} \quad 0 \leq i \leq 7 \quad (1)$$

$$LBP(g_0) = \sum_{i=0}^7 s(g_0, g_i) \cdot 2^i \quad (2)$$

- Dimana: g_0 = intensitas piksel yang diproses
- g_i = intensitas piksel yang berdekatan
- i = nomor bit (0 s/d 7)
- s = nilai LBP 8-bit (biner)
- LBP = nilai LBP (desimal)

Dari nilai LBP yang didapatkan kemudian dikonversi menjadi RLBP. Untuk mencari nilai RLBP terlebih dahulu mencari dominan direction dengan intensitas tertinggi pada nilai LBP. *Dominan direction* dicari dengan persamaan (3) dan RLBP dengan persamaan (4).

$$D = \arg \max(g_0, g_i) \quad (3)$$

$$RLBP(g_0) = \sum_{i=0}^7 s(g_0, g_i) \cdot 2^{\text{mod}(i-D, 8)} \quad (4)$$

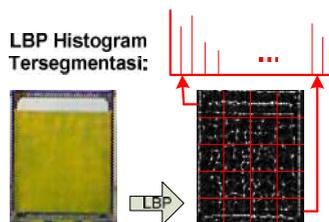
Proses konversi dari *grayscale* ke RLBP dilakukan pada kedua tahap. Pada tahap persiapan citra template dikonversi menjadi RLBP dan kemudian dilakukan segmentasi. Segmentasi citra ini bertujuan untuk membagi citra menjadi beberapa area kecil. Luas area yang dibentuk mengacu pada resolusi citra template berdasarkan persamaan (5) dan (6).

$$l = \frac{\text{template.width}}{n} \quad (5)$$

$$h = \frac{\text{template.height}}{n} \quad (6)$$

Dimana: l = lebar area (piksel)
 h = tinggi area (piksel)
 n = jumlah segmentasi

Jumlah segmentasi kita tentukan sendiri. Semakin besar nilai n maka area akan semakin sempit dan menyebabkan komputasi lebih lama dan sebaliknya. Setelah luas area ditentukan langkah berikutnya adalah melakukan proses segmentasi terhadap template. Ilustrasi proses segmentasi template ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Citra LBP template yang tersegmentasi

Pada area yang telah terbentuk dilakukan perhitungan histogram. Histogram yang didapat disusun pada sebuah variabel matrix mulai dari area pertama hingga terakhir. Namun, tidak semua bin histogram yang dimasukkan, tetapi hanya bin dengan nilai dominan. Jadi saat kita menggunakan 3 bin, maka hanya 3 bin dengan nilai terbesar yang dimasukkan ke variabel matrix.

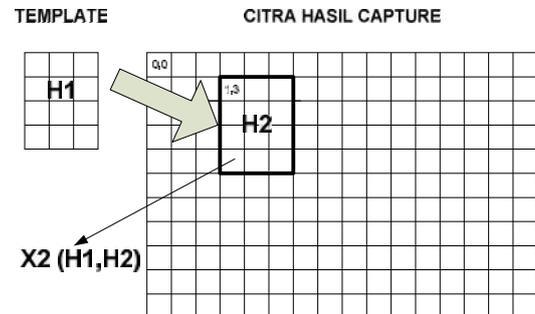
Setelah tahap persiapan selesai maka saat melakukan tahap pencarian. Tahap pencarian ini diawali dengan proses pengambilan gambar dan kemudian dilakukan konversi hingga didapatkan nilai RLBP. Segmentasi citra dilakukan dengan luas area yang sama dengan citra template. Masing-masing area kemudian dihitung histogramnya. Tetapi proses ini tidak menggunakan bin dominan tetapi menggunakan bin yang sama dengan template.

Untuk mengetahui kesesuaian antara dua histogram maka dilakukan proses histogram matching. Histogram yang diproses merupakan histogram pada citra master yang dibandingkan dengan template. Jumlah area yang diproses sama dengan luas template yang digunakan. Proses histogram maatching menggunakan persamaan chi-square histogram distance seperti yang ditunjukkan pada persamaan (7).

$$x2(H1, H2) = \frac{1}{2} \sum_i \frac{(H1_i - H2_i)^2}{(H1_i + H2_i)} \quad (7)$$

Dimana H1 merupakan LBP histogram dari template, H2 merupakan LBP histogram dari citra yang akan diolah, dan i adalah jumlah bins yang digunakan.

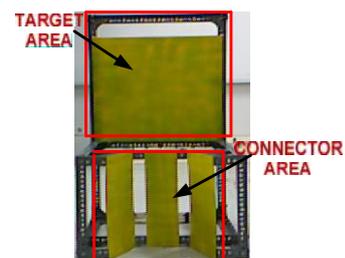
Sehingga jika H1 dan H2 memiliki kesesuaian yang besar, maka x2 akan bernilai mendekati nol. Untuk mengetahui lokasi obyek yang dicari, dilakukan proses scanning dengan cara yang ditunjukkan pada gambar 3. Area yang memiliki hasil kesamaan histogram tertinggi menunjukkan lokasi obyek.



Gambar 3. Proses scanning untuk mencari kesamaan histogram.

Setelah seluruh sistem dibuat, selanjutnya dilakukan pengujian. Seting pengujian dilakukan pada 9 tingkat luminasi cahaya dengan jarak 2 meter hingga 5 meter dari docking station. Tingkat luminasi paling rendah yang digunakan adalah 70-71 lux sedangkan luminasi tertinggi adalah 430-438 lux. Orientasi docking station di set pada sudut 30 derajat dan 45 derajat pada arah kiri dan kanan serta pada posisi lurus. Pada masing-masing percobaan menggunakan 150 sampel gambar sehingga keseluruhan pengujian menggunakan 27000 gambar. Kamera yang digunakan dalam pengujian ini adalah microsoft kinect xbox 360 dengan resolusi 640x480 piksel. Seluruh pengukuran luminasi dalam pengujian ini menggunakan alat ukur light meter dekkko ft-7932.

Dalam percobaan ini docking station yang digunakan ditunjukkan oleh gambar 4. Docking station pada percobaan ini memiliki dua buah bagian utama yaitu target area dan connector area. Target area merupakan bagian docking station yang dideteksi oleh robot. Area ini memiliki tinggi yang sama dengan ketinggian kamera pada robot. Jarak pendeteksian yang dilakukan dalam pengujian ini juga dihitung dari area ini. Sedangkan connector area adalah bagian docking station yang memiliki sebuah sambungan yang digunakan untuk mengisi baterai robot saat melakukan docking. Charger yang digunakan untuk mengisi baterai berada juga pada connector area.



Gambar 4. Docking station yang digunakan

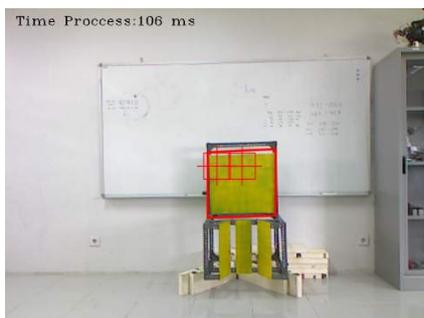
Tabel 1. Akurasi pendeteksian tiap perbedaan luminasi dan jarak

Tingkat Luminasi (lux)	Akurasi (%)				
	2m	3m	4m	5m	Rata - rata
70-71	47,6	44,4	51	51,8	48,7
112-114	96,2	98,2	89,2	81,2	91,2
196-198	100	97,6	86	74	89,4
215-220	99,2	92	89,4	79	89,9
280-290	96,4	91,2	83	85,8	89,1
311-314	85,8	90,6	85	85,6	86,75
346-351	83,2	87,8	86,8	84,4	85,55
383-389	82,8	87,6	71,4	62,8	76,15
430-438	78,6	74,4	78,8	59,4	72,8
Rata-rata	85,53	84,87	80,07	73,78	81,06

Tabel 2. Waktu komputasi tiap perbedaan luminasi dan jarak

Tingkat Luminasi (lux)	Waktu komputasi (ms)				
	2m	3m	4m	5m	Rata - rata
70-71	103,98	104,76	106,10	107,11	105,49
112-114	102,16	106,12	104,79	104,71	104,44
196-198	106,40	106,85	106,13	105,59	106,24
215-220	106,78	107,40	106,06	107,04	106,82
280-290	106,76	105,84	107,74	105,63	106,49
311-314	106,95	107,13	107,17	107,51	107,19
346-351	106,4	104,18	105,96	106,04	105,64
383-389	105,36	106,73	105,65	106,57	106,08
430-438	99,478	107,70	107,35	106,22	105,19
Rata-rata	104,92	106,30	106,33	106,27	105,95

Saat docking station terdeteksi maka program akan menampilkan lokasi docking station. Tampilan berupa segiempat yang menandai target area dari docking station. Gambar 5 menunjukkan tampilan program saat menemukan docking station. Waktu komputasi juga ditunjukkan pada gambar tersebut.



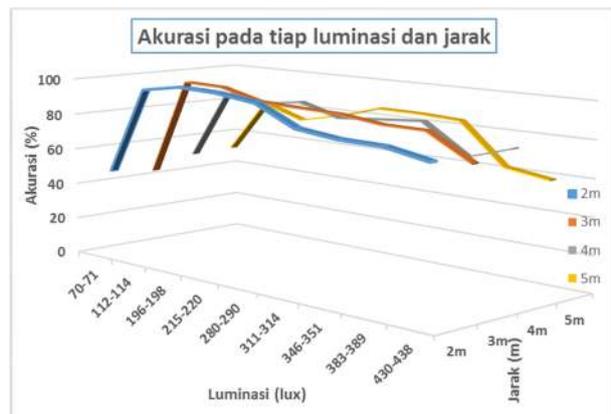
Gambar 5. Grafik akurasi terhadap luminasi dan jarak

Akurasi pendeteksian docking station dapat dilihat pada tabel 1. Pada tingkat luminasi 70-71 lux sistem memiliki tingkat akurasi 48,7 %. Waktu komputasi yang dibutuhkan untuk memproses tiap gambar adalah 105 ms. Dari tabel 1 dapat diamati bahwa pada luminasi 70-71 akurasi sistem berada pada tingkat terendah dari semua tingkat luminasi. Hasil pengujian menunjukkan

bahwa sistem tidak optimal pada luminasi 70-71 lux karena terlalu gelap.

Tingkat luminasi selanjutnya adalah pada 112-114 lux. Akurasi rata-rata pada seluruh jarak pengujian adalah 91,2 %. Saat luminasi bertambah sistem mampu bekerja lebih optimal. Hasil akurasi 98,2% didapatkan pada jarak 3 meter dari docking station. Waktu komputasi yang dibutuhkan mencapai 104 ms. Selanjutnya pada tingkat luminasi 196-198 lux sistem memiliki akurasi 89,4 %. Hal ini menunjukkan bahwa sistem masih optimal pada tingkat luminasi ini. Pada jarak pengukuran 2 meter sistem memiliki akurasi 100%. Pada jarak tersebut waktu komputasi yang dibutuhkan adalah 106 ms.

Pada luminasi 215-220 lux akurasi sistem pada seluruh jarak pengujian mencapai 89,9 %. Waktu komputasi yang dibutuhkan adalah 106 ms. Dari tabel 1 dapat diamati bahwa pada luminasi 112-114 lux hingga 215-220 lux memiliki akurasi diatas 89 %. Grafik tingkat akurasi terhadap perbedaan luminasi menunjukkan bahwa setelah melewati luminasi 290 lux akurasi mulai turun. Hingga pada luminasi 430-438 akurasi sistem turun pada tingkat 72,8 %. Grafik akurasi terhadap perbedaan luminasi ditunjukkan pada gambar 6.

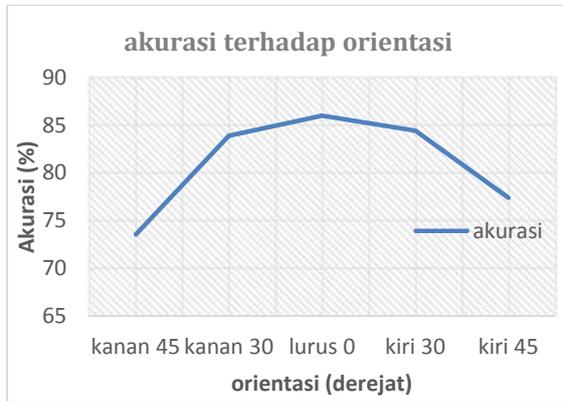


Gambar 6. Grafik akurasi terhadap luminasi dan jarak

Tingkat akurasi pendeteksian juga dipengaruhi oleh jarak pengukuran. Pada jarak 2 meter tingkat keberhasilan sistem mendeteksi docking station mencapai 85,53 %. Pada jarak ini sistem memiliki akurasi tertinggi. Akurasi tinggi disebabkan pada jarak 2 meter obyek akan terlihat semakin besar dan jelas. Semakin jauh jarak docking station maka akurasi semakin turun seperti yang ditunjukkan pada gambar 6. Pada jarak 5 meter akurasi sistem sebesar 73,78 %. Menurunnya akurasi disebabkan obyek terlihat semakin kecil seiring menjauhnya jarak pendeteksian.

Selain luminasi dan jarak deteksi, salah satu yang diamati adalah orientasi docking station. Saat docking station dideteksi pada arah yang berbeda maka akan menghasilkan akurasi yang berbeda. Pada kondisi lurus akurasi sistem mencapai nilai maksimal yaitu 86,02 %. Saat posisi docking station menghadap 30 derajat ke arah kanan dan kiri, akurasi yang didapatkan masing-masing

adalah 83,88 % dan 84,44 %. Saat *docking station* menghadap pada arah 45 derajat, akurasi sistem menurun hingga dibawah 80%. Saat menghadap arah kanan akurasi sistem sebesar 73,55 % dan pada arah kiri sebesar 77,38 %. Grafik akurasi terhadap perbedaan orientasi ditunjukkan pada gambar 7. Data selengkapnya mengenai pengaruh orientasi *docking station* terhadap tingkat akurasi dapat dilihat pada tabel 3.



Gambar 7. Grafik akurasi terhadap orientasi *docking station*

Tabel 3. Akurasi pendeteksian tiap perbedaan luminasi dan orientasi

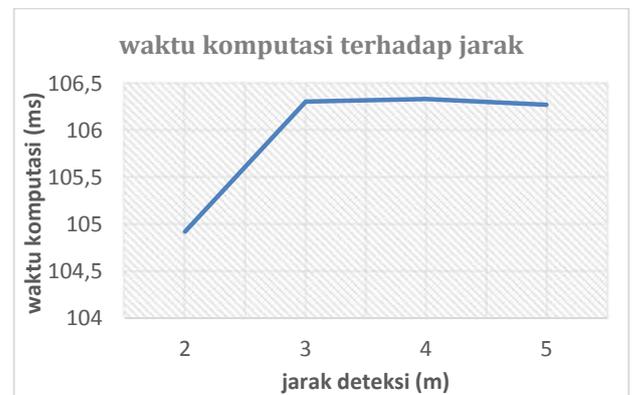
Tingkat Luminasi (lux)	Akurasi (%)				
	Kiri 45	Kiri 30	Lurus	Kanan 30	Kanan 45
70-71	63,75	41,5	54	32,2	52
112-114	89,75	96,25	98,75	90,7	80,5
196-198	94	98,75	98,25	84,5	71,5
215-220	81,5	93	98,75	95,5	80,75
280-290	75,25	90,5	92,25	92,75	94,75
311-314	83,75	88,25	88	90	83,75
346-351	82,75	85,5	88,5	94	77
383-389	64,5	85	84	88,5	58,75
430-438	61,25	81,25	71,75	86,75	63
Rata-rata	77,38	84,44	86,02	83,88	73,55

Tabel 4. Waktu komputasi tiap perbedaan luminasi dan orientasi

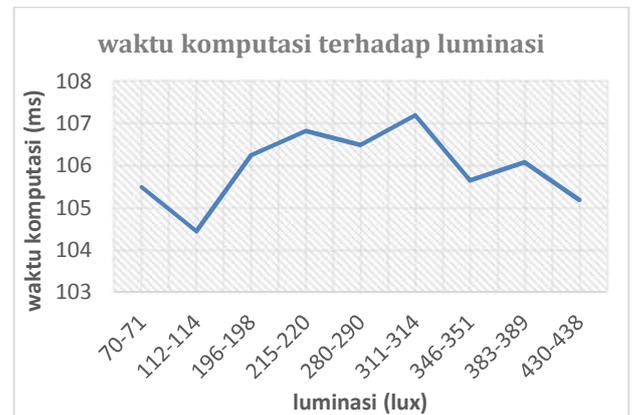
Tingkat Luminasi (lux)	Akurasi (%)				
	Kiri 45	Kiri 30	Lurus	Kanan 30	Kanan 45
70-71	106,33	106,29	103,77	106,29	104,75
112-114	105,79	103,75	101,99	103,25	107,45
196-198	106,96	108,10	104,01	105	107,15
215-220	106,37	107,69	105,66	107,25	107,15
280-290	104,01	108,29	105,54	107	107,63
311-314	107,53	107,30	106,60	107	107,53
346-351	105,52	108,60	102,34	106,25	105,52
383-389	106,33	106,99	106,48	104,25	106,33
430-438	103,15	107,11	106,52	106	103,15
Rata-rata	105,78	107,12	104,77	105,81	105,78

Dari data yang diperoleh kemudian dicari hubungan antara waktu komputasi dengan jarak pendeteksian. Grafik hubungan waktu komputasi dengan jarak ditunjukkan pada gambar 8. Grafik tersebut menunjukkan waktu komputasi pada jarak 2 meter hingga 5 meter berkisar antara 105 ms hingga 106 ms. Dari tabel 2 juga menunjukkan tidak adanya pengaruh jarak pendeteksian yang menyebabkan perbedaan waktu komputasi.

Perubahan luminasi juga tidak terlalu mempengaruhi waktu komputasi yang dibutuhkan pada tiap gambar. Pada luminasi 70-71 sistem membutuhkan waktu sebesar 105 ms. Pada tingkat luminasi yang lain waktu komputasi berkisar pada nilai 104 ms hingga 107 ms. Selisih 3 ms dan grafik yang fluktuatif menunjukkan tidak ada pengaruh luminasi terhadap kecepatan komputasi. Sehingga dalam pengujian ini luminasi cahaya hanya mempengaruhi tingkat akurasi.



Gambar 8. Grafik waktu komputasi terhadap jarak deteksi



Gambar 9. Grafik waktu komputasi terhadap luminasi

Orientasi *docking station* dalam pengujian ini juga tidak mempengaruhi kecepatan komputasi. proses komputasi tercepat adalah pada orientasi lurus yaitu 104 ms. Sedangkan proses komputasi terlama adalah saat *docking station* menghadap kiri sebesar 30 derajat yaitu dengan waktu 107 ms. Pada grafik hubungan waktu komputasi dan orientasi menunjukkan data yang fluktuatif



Gambar 10. Grafik waktu komputasi terhadap orientasi

3. Kesimpulan,

Pendeteksi docking station dengan RLBP telah diterapkan pada visual based service robot. Hasil dari penerapan RLBP menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi lokasi *docking station*. Tingkat akurasi yang didapatkan pada percobaan mencapai 81,06 % dari 27000 jumlah sample yang diujikan. Rata-rata waktu komputasi yang dibutuhkan adalah 105 ms. Dengan waktu komputasi 105 ms maka akan dihasilkan *frame rate* sebesar 9,5 fps.

Dari hasil tersebut didapatkan kesimpulan bahwa sistem mampu bekerja optimal pada tingkat luminasi 112 hingga 290 lux. Jarak pendeteksian yang paling optimal adalah 2 hingga 4 meter. Dengan orientasi *docking station* dibawah 30 derajat maka sistem akan bekerja lebih optimal.

Daftar Pustaka

- [1] Hendawan. Soebhakti . "Pengembangan Sistem Navigasi Mobile Robot Berdasarkan ekstraksi Ciri Lingkungan Koridor Gedung Menggunakan Sensor RGB-DEPTH ", Thesis program magister ITS Surabaya. 2012.
- [2] Ren C. Luo et al, "Automatic Docking and Recharging System for Autonomous Security Robot", Intelligent Robots and Systems. pp. 2953-2958. 2005.
- [3] R. Cassinis, F. Tampalini, P. Bartolini, R. Fedrigotti, "Docking And Charging System For Autonomous Mobile Robot", Department Of Electronics For Automation, University Of Brescia Repository, Brescia. 2005.
- [4] D. Nadir Nourain, S. Brahim Belhaouari, J. Josefina ,” Fast Template matching Method Based Optimized Sum of Absolute Difference Algorithm for Face Localization”, International journal of computer application, vol. 18, 30-34. 2011.
- [5] Hui. Dong, Yuan. Han Dian,” Research of Image Matching Algorithm Based on SURF Features “, 2012 International Conference on Computer Science and Information Processing (CSIP), 1140-1143. 2012.
- [6] Guoying. Zhao, Timo. Ahonen, Jiri. Matas, Matti. Pietikainen, “ Rotation-Invariant And Video Description With Local Binary Patterns Features “, IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCCESSING, Vol. 21 No.4, pp. 1465-1477, 2012.
- [7] H. Rami, M. Hamri, Lh. Masmoudi ,” Object tracking in image sequence using local binary pattern (LBP)”, International journal of computer application, vol. 63, 20-23. 2013.