

Desain dan Implementasi Visual Object Tracking Menggunakan Pan and Tilt Vision System

Riky Tri Yunardi ^{1*)}, Ajeng W. Mardhiyah ²⁾, M. Hafiz Yahya ³⁾ dan Franky Chandra Satria Arisgraha ⁴⁾

^{1,2,3)} Departemen Teknik, Fakultas Vokasi, Universitas Airlangga, Indonesia

⁴⁾ Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Indonesia

Corresponding Email: ^{*)} rikytriyunardi@vokasi.unair.ac.id

Abstract – Object tracking is a technique for detecting and following the moving object. It can be used to help security officers to monitor the room that has a large monitoring working area. The aim of research is to design the visual system of object tracking by using pan and tilt vision system. The orientation of camera can move in vertically and horizontally path. Visualization program for this project consists of motion detection, edge detection and center of mass. The detected object position can be used for controlling the pan and tilt at mechanical system which is mounted on the camera to track the moving object. The results of research show the design of object tracking can detect and follow walking human with an ideal distance of 6 meters and directional angular shift is 5 degrees on the visual resolution of 360 × 240 pixels.

Key words: Object tracking, camera, pan and tilt

I. PENDAHULUAN

Saat ini jumlah kamera keamanan yang terpasang telah meningkat dari tahun ke tahun. Kamera pengawas telah banyak diterapkan dalam aplikasi sistem keamanan sebagai langkah untuk meningkatkan keselamatan dan mencegah kejahatan. Secara khusus, kamera keamanan diperlukan untuk memantau area yang luas. Semakin luas area pengawasan semakin sulit untuk memantaunya jika menggunakan kamera statis. Pemasangan perangkat kamera pada berbagai posisi sudut pandang merupakan salah satu solusi terbaik yang dapat diterapkan dan diaplikasikan untuk memantau lingkungan dari dengan luas area yang besar, seperti perusahaan dan area publik [1]. Dengan kamera diharapkan petugas keamanan dapat terbantu dalam memantau suatu lokasi secara terus menerus dengan menggunakan visualisasi layar komputer tanpa harus menuju lokasi tersebut. Alasan lain dalam pemasangan kamera pemantau yaitu dapat meningkatkan kewaspadaan terhadap pergerakan posisi seseorang [2]. Dengan mengikuti gerakan sebuah objek berupa manusia, maka *object tracking* dapat diterapkan dalam sistem keamanan tersebut.

Object tracking adalah salah satu metode pengolahan citra digital yang penting dalam bidang visi komputer [3]. Dalam perkembangan teknologi perangkat kamera dan semakin meningkatnya minat dan kebutuhan sistem analisa video otomatis dengan banyaknya menghasilkan algoritma *object tracking*. Penggunaan sistem *object tracking* sering dimanfaatkan untuk tugas-tugas yang

berkaitan dengan, sistem keamanan, *surveillance*, pemantau lalu lintas, sistem navigasi dan interaksi manusia-komputer [4-8]. Untuk mendukung sistem keamanan yang membutuhkan pengawasan secara *real time*. Dari subjek pengawasan umumnya mengarah pada penjejakan dan analisa aktivitas manusia di lingkungan luar maupun sudut pandang di dalam ruang. Ada tiga langkah dalam membangun sebuah sistem pengawasan, yaitu mendeteksi objek yang ditentukan, menjejaki posisi objek setiap *frame*, dan menganalisa lintasan objek untuk mengenali prilakunya [9].

Pada kamera pengawas umumnya menggunakan kamera statis yang tidak dapat bergerak untuk memantau ruangan dengan ukuran kecil. Untuk ruangan dengan ukuran besar maka dapat menggunakan kamera memiliki kemampuan bergerak dengan sistem mekanik *pan and tilt* [10]. *Pan-tilt camera* ini dapat bergerak rotasi secara horisontal dan vertikal. Dalam aplikasinya, untuk memantau ruangan atau objek, kamera dapat digerakkan secara manual oleh petugas keamanan. Dengan bantuan visualisasi di layar monitor, objek dapat diikuti pergerakannya dengan menggunakan pengendali jarak jauh tanpa harus ke lokasi.

Pada penelitian yang telah dibuat oleh Hu [11], merancang sistem pendeteksi gerakan menggunakan teknik pengolahan citra digital, namun pada perancangan tersebut hanya dapat mendeteksi keberadaan suatu benda yang bersifat spesifik, ini kurang efisien jika digunakan untuk pemantauan ruangan sebagai sistem pengawasan terhadap pergerakan objek. Pada implementasinya penggunaan perangkat kamera statis kurang efisien sebagai alat pemantauan karena tidak didukung dengan sistem otomatis untuk mengikuti pergerakan. Adapun implementasi lain dari Yunardi [12] yang merancang pengendalian kamera *webcam* untuk aplikasi sistem robotika untuk mendeteksi objek dengan warna permukaan objek yang spesifik.

Bhowmik [13] membahas sistem *object tracking* dengan menggunakan kamera yang diaplikasikan pada *virtual reality*. Sistem yang telah dibuat dilengkapi dengan dengan *joystick* untuk menggerakkan arah hadap pandangan kamera untuk memilih target yang akan dipantau. Dari hasil yang dilakukan terbatas pada mengikuti posisi obyek tersebut dengan menggunakan kendali yang diperintah oleh *user*.

Pada sebuah sistem robot penyelamat, Setyawan [14] menggunakan kamera untuk menemukan korban di tempat terjadi bencana. Namun algoritma yang digunakan

menggunakan algoritma Viola-Jones untuk deteksi muka yang memiliki keterbatasan pada posisi objek berupa manusia dalam keadaan duduk atau berdiri dengan arah hadap lurus pada kamera. Pada sebuah sistem keamanan berbasis android, Dharmawan [15] menggunakan kamera menggunakan *smartphone* dengan beberapa fitur untuk mengatur posisi kamera yang dikendalikan oleh *user*. Namun perangkat yang digunakan menggunakan teknologi *smartphone* yang memiliki parameter *bandwidth* dan jumlah *client* relatif sangat terbatas pada kebutuhan penyimpanan data. Oleh Saleh [16], kamera juga digunakan untuk memantau kondisi lalu lintas melalui layar monitor dari jarak jauh untuk memudahkan bagi petugas lalu lintas yang rawan kemacetan melalui jaringan *wireless LAN*.

Berdasarkan permasalahan itulah maka pada penelitian ini didesain dan dibangun sistem *visual object tracking* dengan menggunakan *pan and tilt vision* berbasis kamera yang dapat melakukan *tracking* posisi dan mengontrol arah hadap kamera tetap di jangkauan kerja pandangan kamera. Dalam makalah ini menyajikan pelacak objek berupa manusia berbasis fitur yang menggunakan kamera yang dilengkapi dengan mekanik *pan* dan *tilt* untuk melacak target. Tingkat kemampuan sistem ditinjau dari keandalannya dalam menjaga posisi gambar objek tetap berada di tengah layar visual pada monitor. Saat kamera mendeteksi objek bergerak, posisi objek diproses melalui algoritma pengolahan citra digital, antara lain konversi warna, *motion detection*, *edge detection* dan *center of mass*. Posisi gambar diproses oleh pengontrol untuk mengendalikan sistem mekanik *pan and tilt* agar gerakan kamera sesuai dengan posisi perpindahan objek.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Sistem *visual object tracking* ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu proses pendeteksian objek menggunakan kamera melalui pemrosesan citra digital pada perangkat komputer. Dan mengendalikan perintah pada mekanik *pan* dan *tilt* dengan motor servo untuk menggerakkan arah hadap kamera agar mengikuti posisi gerakan objek.

A. Perancangan Program Tracking Object

Pada perancangan program visualisasi menggunakan aplikasi pemrograman yaitu Delphi7. Dengan memanfaatkan fitur komponen TVideoCap yang berfungsi sebagai menangkap (*capture*) dan antara perangkat kamera dengan program aplikasi visual.

Pada proses konversi warna, di penelitian ini menggunakan *grayscale*. Metode yang dilakukan dengan cara perhitungan rata-rata nilai derajat RGB setiap piksel menjadi sebuah nilai warna rentang keabu-abuan. Citra digital *grayscale* setiap pikselnya mempunyai warna gradasi mulai dari putih sampai hitam. Konversi warna *grayscale* merupakan hasil rata-rata dari *color image RGB* dengan menggunakan persamaan yang ditunjukkan pada Persamaan (1).

$$Gray_{(x,y)} = \frac{Red_{(x,y)} + Green_{(x,y)} + Blue_{(x,y)}}{3} \quad (1)$$

Motion detection atau deteksi gerakan pada citra dapat dilakukan dengan menggunakan dua frame citra yang telah dikonversi menjadi *grayscale* yang berurutan pada hasil pencitraan menggunakan kamera kemudian dihitung dari selisih nilai masing-masing pikselnya yang diambil secara kontinyu. Pada dua *frame* memiliki gambar indentik dan sama maka pada operasi perhitungan selisih akan menghasilkan nilai nol yang merepresentasikan tidak ada bagian yang bergerak dalam citra tersebut. Objek bergerak yang akan dideteksi memiliki ukuran luasan piksel, maka perlu ditentukan banyaknya piksel yang bergerak dalam setiap *frame* menggunakan ambang batas. Ambang merupakan nilai pergerakan dengan satuan piksel, semakin kecil nilai ambang maka akan semakin sensitif terhadap pergerakan. Operasi pencacah digunakan untuk menghitung nilai piksel yang dianggap sebuah gerakan.

Edge detection digunakan untuk menentukan tepian suatu objek dalam citra pada luasan piksel yang diidentifikasi dengan garis batas. Batas tepi dapat ditinjau dari perubahan intensitas derajat keabuan yang besar. Dari proses ini akan didapatkan koordinat titik teratas, titik terkiri, terkanan, terbawah dari luasan piksel sehingga bisa didapatkan tinggi dan lebar objek yang terdeteksi.

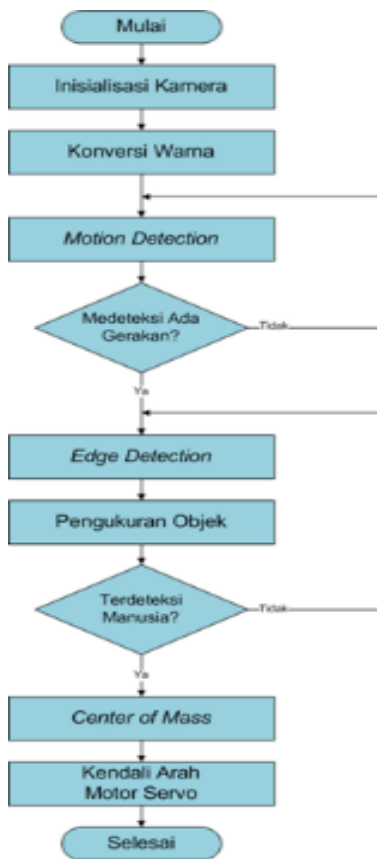
$$HA = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (2)$$

Untuk menyatakan terdapat obyek yang dideteksi adalah objek manusia, maka dilakukan batasan ukuran piksel objek yang diasumsikan manusia berdiri dengan tujuan membatasi gangguan dari objek yang bergerak selain manusia, dengan batasan hanya satu objek saja yang bergerak.dengan menggunakan dua titik koordinat tepi terluar kiri dan kanan yaitu (x_1, y_1) dan (x_2, y_2) . Melalui *horizontal access* dapat dihitung jarak antara kedua koordinat tersebut seperti yang ditunjukkan dalam Persamaan (2).

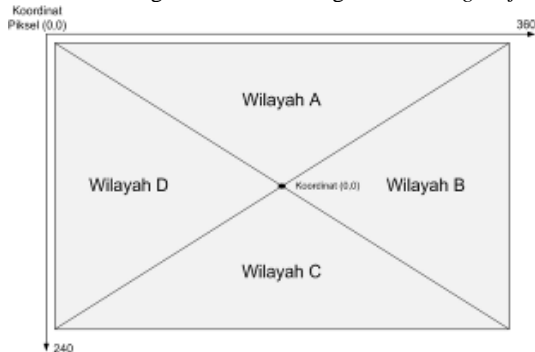
Dan *center of mass*, dapat di tentukan dari titik tengah dari kedua koordinat titik tepi yang sudah ditentukan. Data posisi titik tengah digunakan untuk data masukkan dari kendali arah hadap kamera. Berikut merupakan diagram alir dari program *tracking object* yang ditunjukkan pada Gambar 1.

B. Perancangan Program Kontrol Motor Servo Pan and Tilt

Perancangan program kontrol motor servo *pan and tilt* berdasarkan *set point* posisinya adalah koordinat (0,0) yaitu terletak pada tengah visualisasi di layar monitor. Dalam sistem koordinat pada visualisasi, untuk posisi berdasarkan wilayah dibagi menjadi empat. Empat luasan visualisasi tersebut dibagi secara diagonal terbagi menjadi empat wilayah seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 1. Diagram Alir Dari Program Tracking Object



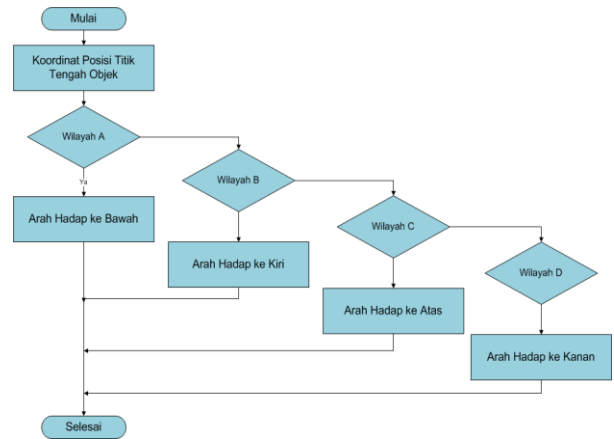
Gambar 2. Ilustrasi Pembagian Empat Wilayah Visualisasi

Objek yang terdeteksi dari koordinat posisinya titik tengah objek akan dihitung berapa nilai *error* terhadap titik tengah *frame*. Arah hadap kamera bisa vertikal (atas - bawah) dan horizontal (kiri - kanan) Selanjutnya, nilai *error* digunakan untuk mengendalikan motor servo *pan* dan *tilt* pergerakan kamera sampai mencapai *set point* untuk menghadap ke arah objek. Berikut merupakan diagram alir dari program kontrol motor servo *pan and tilt* yang ditunjukkan pada Gambar 3.

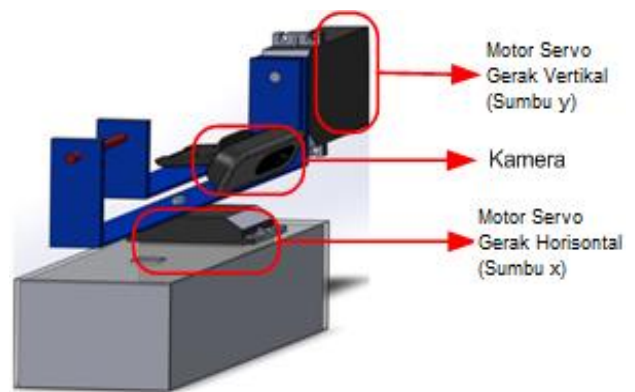
C. Perancangan Mekanik Motor Servo Pan and Tilt

Perancangan dan pembuatan mekanik sistem *pan dan tilt* terdiri dari dua buah motor servo. Pada bagian motor servo pertama digunakan sebagai penggerak kamera untuk arah hadap ke atas dan ke bawah dan bagian kedua motor servo sebagai penggerak kamera ke kiri dan ke kanan. Perangkat kamera menggunakan *webcam* dengan

menggunakan komunikasi USB. Sebagai pengendali gerakan kedua motor servo menggunakan mikrokontroler. Rancangan sistem kontroler menggunakan rangkaian *minimum system* berbasis ATmega8. Perancangan mekanik motor servo *pan* dan *tilt* sistem *object tracking* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Diagram Alir Dari Program Kontrol Motor Servo Pan and Tilt



Gambar 4. Desain Mekanik Motor Servo Pan and Tilt

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

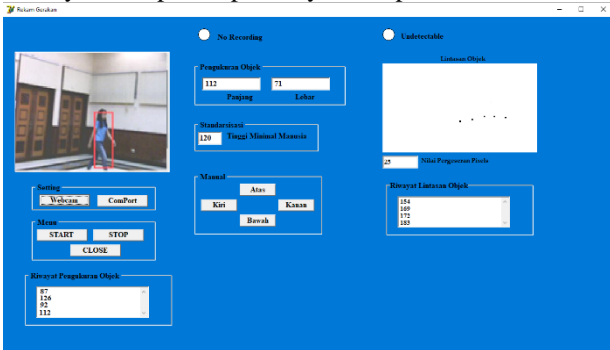
A. Program Sistem Visual Object Tracking

Program visualisasi pada penelitian ini menggunakan aplikasi pemrograman Delphi7. Dengan algoritma pengolahan citra digital, antara lain konversi warna, *motion detection*, *edge detection* dan *center of mass*, program sistem *visual object tracking* yang telah dibuat ditunjukkan pada Gambar 5.

B. Skenario Proses Pengambilan Data

Pengambilan data pada sistem *visual object tracking* bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem yang dibuat untuk mendeteksi suatu gerakan yang tertangkap oleh kamera pemantau kemudian dari objek yang terdeteksi dijejaki melalui gerakan arah hadap kamera sampai gerakan tidak terdeteksi lagi. Pengambilan data dilakukan pada Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga dan Aula Student Center UNAIR dengan kondisi ruang menggunakan

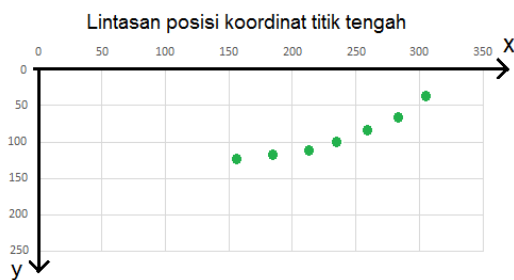
sumber cahaya dari lampu ruang. Objek yang dideteksi adalah seorang manusia yang bergerak dengan kecepatan tetap tanpa ada gangguan dari objek lain. Data diproses dengan menggunakan perangkat komputer sebagai pengelola citra digital hasil tangkapan dari kamera dan hasilnya ditampilkan pada layar komputer.



Gambar 5. Desain Program Aplikasi Visual Object Tracking

C. Pengujian Inisialisasi Pandangan Kamera

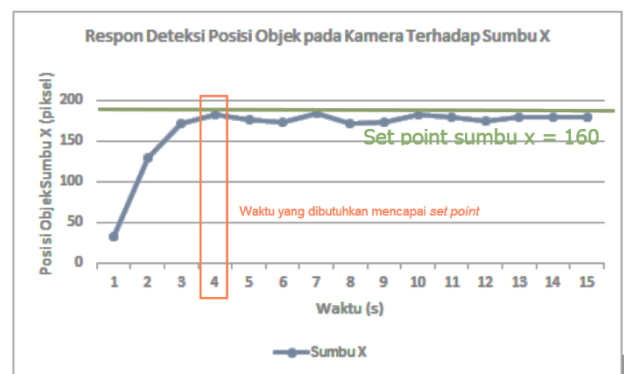
Untuk mengetahui kamera mampu melacak posisi objek, inisialisasi pandangan kamera dilakukan dengan memberikan data posisi objek berdasarkan lokasi objek yang ditangkap kamera. Pada pengujian ini dilakukan dengan keadaan motor servo sistem *pan* dan *tilt* tidak aktif atau kamera tidak bergerak guna mengetahui perpindahan posisi titik tengah objek yang bergerak melalui nilai piksel (x, y) pada ukuran *frame* 320 × 240 piksel. Untuk pelacakan gerakan objek dilakukan dengan memberikan sinyal posisi objek yang bergerak secara berkala. Posisi jarak kamera dengan objek diatur pada jarak sejauh 5 meter dan posisi objek ke kanan arah pandangan kamera. Sebelum pengujian dimulai, posisi titik objek yang terdeteksi diposisikan pada tengah *frame* pada koordinat piksel 160 × 120. Data posisi koordinat diambil selama objek bergerak ke arah kanan dengan sedikit gerak menjauhi posisi kamera. Dari proses pengujian akan membentuk lintasan yang akan ditampilkan dalam bentuk grafik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Dari hasil pengujian dapat dilihat bahwa jarak pergerakan objek antar waktu sangat dipengaruhi oleh kecepatan gerakan objek. Sehingga untuk mengendalikan gerakan kamera, ukuran dan kecepatan *frame* disesuaikan untuk menghasilkan kinerja yang optimal.



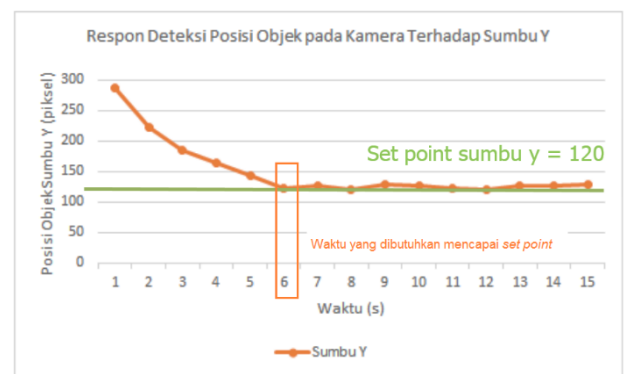
Gambar 6. Posisi Koordinat Titik Tengah Objek Bergerak

D. Pengujian Respon Deteksi Posisi Objek pada Kamera

Pada pengujian respon deteksi posisi objek dilakukan dengan dengan cara menggerakkan objek pada posisi yang berbeda, kemudian dilakukan analisis data dengan mengamati perubahan pergerakan obyek terhadap titik referensi (*set point*). Grafik respon deteksi posisi objek pada kamera dengan pengujian yang dilakukan dengan cara melacak objek bergerak terhadap sumbu piksel ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8. Terlihat bahwa pergerakan objek yang dideteksi kamera dapat bergerak menuju *set point* yaitu pada koordinat x dan y adalah (160,120). Dalam pelacakan objek, kamera hanya bergerak satu kali per siklus pada kecepatan 10 sampai 30 *frame per seconds*.



Gambar 7. Pengujian Respon Deteksi Posisi Objek pada Kamera Terhadap Sumbu X



Gambar 8. Pengujian Respon Deteksi Posisi Objek pada Kamera Terhadap Sumbu Y

Hasil pengujiannya yang ditunjukkan dapat dianalisis bahwa semakin jauh jarak antara titik koordinat obyek dengan *set point*, maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *set point*. Jika data luasan objek kecil, maka pergerakan kamera tidak terpengaruh, tetapi kecepatan untuk melacak objek berkurang, sehingga objek dapat hilang dari bidang penglihatan kamera jika objek bergerak cepat. Di sisi lain, jika data luasan objek besar, objek dapat dilacak dengan cepat, tetapi jika luasan yang terbaca terlalu besar, maka kamera akan menghasilkan gerakan yang tidak sesuai.

Pada pengujian mendeteksi posisi objek pada kamera terhadap sumbu x dengan posisi awal berada pada titik 33



piksel sampai menuju titik referensi sumbu x yaitu 160 piksel, membutuhkan waktu 4 detik dengan nilai kesalahan rata-rata yang didapat sebesar 4 piksel. Sedangkan pada pengujian mendeteksi posisi objek pada kamera terhadap sumbu y dengan posisi awal di titik 287 piksel menuju titik 120 membutuhkan waktu 6 detik dengan selisih nilai kesalahan (*error*) rata-rata posisi titik koordinat piksel sebenarnya dengan piksel *set point* sebesar 5 piksel.








E. Pengujian Jarak Jangkauan Pandangan Kamera

Pada pengujian ini bertujuan untuk mencari jarak ideal pandangan kamera terhadap objek yang dapat terdeteksi. Dengan menentukan jarak optimal tersebut maka dapat diketahui berapa jarak terdekat dan terjauh agar objek dapat dijejaki. Untuk melakukan pengambilan data jarak jangkauan pandangan kamera dengan objek, dilakukan pengujian pada ruang yang memiliki kondisi hanya mendeteksi sebuah objek bergerak saja. Objek berupa gerakan seorang manusia berjalan di dalam kondisi ruang yang tidak dipengaruhi oleh objek lain yang bergerak.

Peletakan kamera setinggi 1.35 meter dengan ukuran tinggi ruangan 8 meter, menggunakan kamera dengan ukuran piksel 360 × 240 piksel. Parameter tinggi manusia ditentukan minimal sebesar 75 piksel dari hasil kalibrasi dengan asumsi ketinggian manusia yang dideteksi memiliki tinggi 160 cm. Ketika terdeteksi gerakan yang dianggap manusia maka dari proses *edge detection* objek akan diberikan tanda berupa kotak berwarna merah pada seluruh luasan objek yang bergerak. Data yang dihasilkan pada pengujian jarak jangkauan pandangan kamera ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Jarak Jangkauan Pandangan Kamera


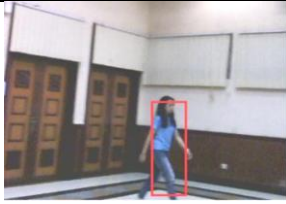
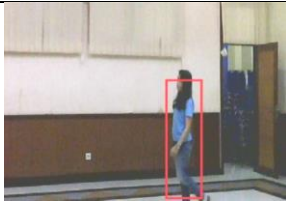

Jarak Kamera dengan Objek (meter)	Deteksi Manusia	Tinggi Objek (piksel)	Lebar Objek (piksel)
1		121	102
2		133	56

3		140	49
4		130	53
5		110	47
6		102	48
7		n/a	n/a
8		n/a	n/a
9		n/a	n/a

10		n/a	n/a
----	---	-----	-----

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, berdasarkan Tabel 1 maka dapat disimpulkan bahwa jarak kamera dengan objek agar dapat dijejaki (*tracking*) adalah 1 meter untuk jarak minimal dan jarak maksimal adalah 5 meter karena pada jarak tersebut kamera dapat melakukan *tracking* dengan jarak optimal yang dapat dilakukan oleh sistem dengan nilai tinggi dan lebar objek terbesar adalah 212 x 102 piksel dengan dan nilai tinggi dan lebar objek terkecil 110 x 47 piksel.

Tabel 2. Pengujian *Tracking Object*

Pengujian ke-	Arah Gerak Objek	Deteksi Manusia	Tinggi Objek (piksel)	Lebar Objek (piksel)
1	Ke kanan dan mendekati ke kamera		123	57
			112	71
2	Ke kiri dan menjauh dari kamera		145	81
			134	92

F. Pengujian Tracking Object Menggunakan Pan and Tilt Vision System

Pengujian *tracking object* dilakukan untuk mengetahui respon pergerakan kamera ketika melakukan *tracking* menggunakan *pan and tilt vision system*. Pengujian ini dilakukan dengan cara memposisikan objek berupa manusia berada di sudut 45 derajat dengan kamera dengan jarak sejauh 5 meter seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Kemudian objek melakukan gerakan dengan dua arah gerakan yang berbeda yaitu ke kiri dan ke kanan. Objek bergerak dengan kecepatan stabil sampai posisi arah hadap kamera mengarah tepat ke *set point* piksel yaitu pada koordinat (160,120) yang dapat dilihat melalui program visual. Pada saat pengujian, gangguan yang dilakukan dengan mengurangi pencahayaan atau redupkan sumber cahaya menghasilkan bayangan objek yang ikut terdeteksi sebagai objek. Gangguan lain yang dilakukan dengan memberikan dua objek yang bergerak, pada sistem ini tidak mampu membedakan objek yang bukan manusia meskipun objek tersebut berukuran sama seperti manusia. Karena pada sistem ini tidak menggunakan metode pengenalan bentuk manusia berdasarkan ciri khusus pada manusia.

Dari Tabel 2 dapat dilihat cara pengujian ketika objek berpindah pada waktu tertentu dalam satu *frame* program visual. Pengujian pertama dilakukan dengan objek bergerak yaitu manusia berjalan ke kanan dengan arah mendekati ke kamera dengan kondisi tidak ada benda atau objek lain yang bergerak. Dan pengujian kedua dilakukan dengan objek bergerak yaitu dengan gerakan manusia berjalan ke arah kiri dengan arah menjauhi dari kamera. Selanjtnya terdapat selisih nilai (*error*) posisi titik koordinat piksel sebenarnya dengan piksel *set point* pada posisi x atau y. Dari nilai *error* tersebut digunakan sebagai kontrol motor servo *pan and tilt* dapat bergerak secara vertikal dan horisontal untuk mengarah pada objek sesuai dengan *set point* (160,120). Dari hasil pengujian didapatkan bahwa *pan and tilt vision system* mampu mendekteki objek bergerak kearah kiri maupun kanan dengan kamera pada jarak sejauh 5 meter dengan tinggi objek antara 112 piksel sampai 145 piksel dan lebar objek 57 piksel sampai 92 piksel.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam makalah ini telah didesain sebuah sistem visual *object tracking* dengan menggunakan *pan and tilt vision system* berbasis kamera. Dengan menggunakan *pan and tilt vision system* dapat meningkatkan kinerja kamera dalam pemantauan area kerja yang luas. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa desain *object tracking* dapat mendeteksi posisi objek pada kamera terhadap sumbu x dengan posisi awal berada pada titik 33 piksel sampai menuju titik referensi sumbu x yaitu 160 piksel, membutuhkan waktu 4 detik dengan nilai kesalahan rata-rata yang didapat sebesar 4 piksel. Sedangkan pada pengujian mendeteksi posisi objek pada kamera terhadap sumbu y dengan pasisi awal di titik 287 piksel menuju titik 120 membutuhkan waktu 6 detik dengan selisih nilai piksel *set point* sebesar 5 piksel. Jarak

1 sampai 6 meter merupakan jarak optimal yang dapat dilakukan oleh sistem dengan nilai tinggi antara 212 sampai 110 piksel dan lebar objek antara 102 sampai 47 piksel. *Pan and tilt vision system* mampu mendekteki sebuah objek bergerak kearah kiri maupun kanan dengan kamera pada jarak optimal sejauh 5 meter.

Metode *object tracking* dengan *motion detection*, *edge detection* dan *center of mass* berjalan baik dalam mendeteksi objek bergerak. Namun diperlukan pengaturan parameter yang mengandung permasalahan umum seperti objek bergerak yang lebih dari satu dan perubahan pencahayaan, bayangan dan objek bergerak. Dalam penelitian selanjutnya disarankan untuk ditambahkan metode *threshold* adaptif dan *image filtering* yang tepat dalam menghasilkan deteksi yang akurat. Sedangkan pada sistem mekaniknya menggunakan sistem kendali PID untuk mendapatkan hasil yang lebih baik untuk mempercepat respon sistem terhadap pergerakan objek.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ojha, S., & Sakhare, S. Image processing techniques for object tracking in video surveillance-A survey. In 2015 International Conference on Pervasive Computing (ICPC) (pp. 1-6). IEEE. 2015.
- [2] Ogawa, T., Hiraoka, D., Ito, S.I., Ito, M. and Fukumi, M., Improvement in detection of abandoned object by pan-tilt camera. In 2016 8th International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST) (pp. 152-157). IEEE, 2016.
- [3] Kale, G.V. and Patil, V.H., A study of vision based human motion recognition and analysis. *International Journal of Ambient Computing and Intelligence (IJACI)*, 7(2), pp.75-92. 2016.
- [4] Melita, R. A., Bhaskoro, S. B., & Subekti, R. Pengendalian Kamera berdasarkan Deteksi Posisi Manusia Bergerak Jatuh berbasis Multi Sensor Accelerometer dan Gyroscope. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 6(2), 259. 2018.
- [5] Kumar, K.K., Natraj, H. and Jacob, T.P., April. Motion activated security camera using Raspberry Pi. In 2017 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP) (pp. 1598-1601). IEEE. 2017.
- [6] Micusik, B. and Pajdla, T., Simultaneous surveillance camera calibration and foot-head homology estimation from human detections. In 2010 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (pp. 1562-1569). IEEE. 2010.
- [7] Nagaraj, U., Rathod, J., Patil, P., Thakur, S. and Sharma, U., Traffic jam detection using image processing. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 3(2), pp.1087-1091. 2013.
- [8] Biswas, J. and Veloso, M., Depth camera based indoor mobile robot localization and navigation. In 2012 IEEE International Conference on Robotics and Automation (pp. 1697-1702). IEEE. 2012.
- [9] Ölmez, H. *Design And Implementation Of A Head Tracking Controlled Pan And Tilt Vision System*

(Doctoral dissertation, Middle East Technical University). 2013.

- [10] Setyawan, S. B., & Purwanto, D. Penjejakan Objek Visual berbasis Algoritma Mean Shift dengan menggunakan kamera Pan-Tilt. In *Prosiding Seminar Nasional ReTII*. 2015.
- [11] Hu, W. C., Chen, C. H., Chen, T. Y., Huang, D. Y., & Wu, Z. C. Moving object detection and tracking from video captured by moving camera. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 30, 164-180, 2015.
- [12] Yunardi, R. T., & Mardiyanto, R. Perancangan Sistem Kendali pada Lengan Assistive Social Robot menggunakan Kamera. *JURNAL NASIONAL TEKNIK ELEKTRO*, 6(2), 117-122. 2017.
- [13] Bhowmik, S. & Halder, A. A Review on Automatic Traffic Monitoring System. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 3, issue 05, May 2016.
- [14] Setyawan, D.E., Sistem Robot Penyelamat Menggunakan Metode Deteksi Viola-Jones untuk Membantu Tim Penyelamat Menemukan Korban Bencana. *ELKHA*, 11(1), pp.27-32. 2019.
- [15] Surya, E., & Ningsih, Y. K. (2019). Smart Monitoring System Using Raspberry-Pi and Smartphone. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 7(1), 72.
- [16] Saleh, M. & Zul H., Prototipe Pemantau Dan Pengendali Lampu Lalu Lintas Berbasis CAT89S52. *ELKHA*, 3(1), pp.29-34. 2011.