

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/283272696>

Multiple Object Tracking dan Estimasi Posisi untuk Menunjang Sistem Keamanan Rumah

Conference Paper · October 2015

CITATION

1

READS

1,398

2 authors, including:



[Iping Supriana](#)

Bandung Institute of Technology

290 PUBLICATIONS 506 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Knowledge Model to support autonomous knowledge transfer between Knowledge-based Systems [View project](#)



NLP Tools (Indonesian Language) [View project](#)

Multiple Object Tracking dan Estimasi Posisi untuk Menunjang Sistem Keamanan Rumah

Muhammad Aulia Firmansyah

Sekolah Teknik Elektro Informatika, Institut Teknologi
Bandung
Bandung, Indonesia
muslimaf@gmail.com

Prof. Dr. Ir. Iping Supriana

Sekolah Teknik Elektro Informatika, Institut Teknologi
Bandung
Bandung, Indonesia
iping@stei.itb.ac.id

Abstrak— Salah satu sistem keamanan rumah yang sering digunakan oleh masyarakat adalah CCTV (*Closed Circuit Television*). Walaupun begitu, masih terdapat kekurangan pada sistem tersebut, seperti penggunaannya yang tidak praktis. Untuk mengetahui kejadian pada rekaman CCTV, rekaman harus diperiksa dari awal hingga akhir. Hal ini akan menjadi masalah apabila rekaman tersebut berdurasi sangat lama. Oleh sebab itu, diajukan sistem yang dapat secara otomatis melacak kejadian yang ada pada rekaman tersebut. Sistem yang diajukan pada makalah ini adalah sistem yang melakukan proses *multiple object tracking* dan estimasi posisi. Proses *multiple object tracking* adalah suatu proses melacak seluruh objek bergerak yang terekam dalam video. Pada sistem ini, proses *multiple object tracking* terbagi menjadi beberapa tahap. Tahap-tahap tersebut ialah tahap *preprocessing*, tahap *detection*, dan tahap *tracking*. Proses estimasi posisi adalah suatu proses melakukan estimasi terhadap posisi objek pada koordinat nyata berdasarkan koordinat objek pada video. Prototipe sistem dibuat dan kemudian diuji pada beberapa rekaman CCTV. Parameter pengujiannya adalah akurasi sistem dalam melacak suatu objek dan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk melacak satu buah objek. Dari pengujian tersebut, didapatkan rata-rata akurasi deteksi sebesar 76,38%, akurasi *tracking* sebesar 81,72%, dan akurasi estimasi posisi sebesar 87,95% dengan rata-rata waktu pelacakan per objek sebesar 0,003 detik.

Kata kunci— CCTV, video, *multiple object tracking*, estimasi posisi.

I. PENDAHULUAN

Keamanan merupakan salah satu kebutuhan primer masyarakat. Salah satu tempat yang membutuhkan keamanan yang baik adalah rumah. Terdapat banyak cara yang dapat dilakukan untuk menjaga keamanan rumah. Salah satu contohnya adalah CCTV (*Closed Circuit Television*). CCTV merupakan suatu kamera yang mengirimkan gambaran visual dan rekaman suara kepada pihak yang berwenang melalui koneksi internet. Dalam penggunaannya, biasanya seorang satpam bertugas melihat video dari CCTV yang ditampilkan dan bertindak apabila ada sesuatu yang mencurigakan terlihat.

Walaupun begitu, suatu sistem keamanan rumah tidak cukup hanya mengandalkan rekaman CCTV saja. Hal ini disebabkan CCTV hanya memberikan informasi berupa video rekaman dari CCTV tersebut secara keseluruhan. Padahal, informasi yang dibutuhkan dari video tersebut kemungkinan besar tidak seluruhnya dipakai. Misalnya, pada rekaman CCTV berdurasi satu jam, mungkin kejadian menarik hanya terjadi selama lima menit. Oleh sebab itu, dibutuhkan program tambahan yang melakukan *post-processing* pada rekaman CCTV. Program tersebut berfungsi memberikan informasi yang lebih ringkas dan terfokus pada kejadian menarik yang terjadi, bukan pada seluruh rentang waktu rekaman tersebut.

Salah satu *post-processing* yang dapat dilakukan adalah *multiple object tracking* dan estimasi posisi. *Multiple object tracking* berfungsi melacak seluruh objek yang bergerak dalam video CCTV. Sedangkan, estimasi posisi berfungsi untuk mengetahui secara umum lokasi objek yang telah dilacak pada proses sebelumnya. Dengan menggabungkan kedua fungsi tersebut, suatu sistem CCTV dapat memberikan informasi baru, seperti lokasi objek dan pergerakan objek.

II. MULTIPLE OBJECT TRACKING

Multiple Object Tracking adalah sebuah proses melacak pergerakan satu atau lebih objek di dalam suatu *scene* video (Yilmaz, A., Javed, O., & Shah, M., 2006). Objek yang dilacak bermacam-macam menurut konteks sistem. Di antaranya wajah manusia, bola berwarna, orang, dan kendaraan mobil.

Suatu sistem multiple object tracking dapat digolongkan berdasarkan beberapa hal. Pertama adalah sistem *online* dan *offline*, yaitu berdasarkan ketersediaan data pembandingnya yang telah dibuat sebelum sistem dijalankan. Kedua adalah sistem dengan kamera statis dan dengan kamera dinamis, yaitu berdasarkan apakah kamera bergerak atau tidak.

Multiple object tracking memiliki beberapa tahapan dalam prosesnya. Untuk setiap metode *multiple object tracking* yang berbeda, tahapan yang dilakukan pun bisa berbeda. Walaupun begitu, secara umum, tahapan dari proses yang dilakukan adalah sebagai berikut:

A. Tahap Preprocessing

Pada tahap ini, *frame* dari video yang akan dilacak diubah dulu sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan akurasi sistem *multiple object tracking*. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menjalankan tahap ini.

Salah satunya adalah *background subtraction*, yaitu suatu proses untuk memisahkan antara objek dari *background* dalam suatu gambar (Tamersoy, B., 2009). Objek tersebut dipisahkan dari *background* untuk kemudian diproses pada tahap selanjutnya. Pada *object tracking*, *background subtraction* biasa digunakan sebagai proses awal untuk mendapatkan objek – objek yang akan dilacak. Pada kebanyakan kasus, objek yang merupakan *foreground* adalah objek yang bergerak.

Dalam proses *object tracking*, bayangan dapat membuat hasil *object tracking* menjadi salah karena bayangan bergerak bersama objek. (Sanin, A., Sanderson, C., & Lovell, B.C., 2012). Hal ini mengakibatkan bayangan yang seharusnya bagian dari *background* terkadang dideteksi sebagai objek (*false positive*). Oleh sebab itu, sebelum proses *object tracking*, diperlukan proses *shadow detection*, yaitu mendeteksi bayangan pada citra, kemudian menghapusnya sedemikian rupa, sehingga objek yang telah dipisahkan dari *background* tidak memiliki bayangan. Dengan demikian, kemungkinan terjadinya *false positive* dapat berkurang.

B. Tahap Detection

Tahap *detection* dilakukan untuk menemukan objek di dalam *frame* video. Objek yang dicari

tergantung pada jenis objek tersebut. Apabila objek yang dicari sudah diketahui, digunakan metode perbandingan antara kandidat objek dengan objek. Apabila objek yang dicari tidak diketahui, objek akan dipilih berdasarkan kriteria tertentu

C. Tahap Tracking

Pada tahap ini, setiap objek dalam kumpulan objek terdeteksi dilacak keberadaannya secara terus menerus pada *frame* video selanjutnya. Pada tahap ini juga dilakukan manajemen objek, yaitu objek yang sudah dilacak diperiksa, apakah masih ada di dalam video, sudah menghilang, atau terhalang oleh objek lain.

Terdapat beberapa metode yang termasuk ke dalam tahap ini. Di antaranya adalah *Optical Flow*, *Meanshift*, *Particle Filter*, dan *Hybrid tracking*.

Optical flow adalah suatu perpindahan yang terjadi pada suatu objek dalam *frame* video. Hal ini disebabkan oleh pergerakan objek tersebut secara relatif dari kamera. *Optical flow* memiliki bentuk suatu vektor yang menunjukkan pergerakan objek tersebut dari satu *frame* ke *frame* selanjutnya dari sebuah video.

Meanshift adalah suatu fungsi yang digunakan untuk mencari *maxima* dari suatu fungsi densitas. Fungsi ini pertama kali dikenalkan oleh Fukunaga dan Hosteler (Fukunaga, K. & Hostetler, L., 1975). Fungsi ini bekerja secara iteratif dari suatu posisi awal. Fungsi ini mencari lokasi di sekitarnya yang memiliki densitas maksimum dan bergerak menuju lokasi tersebut berdasarkan *centroid* pada posisi tersebut.

Particle filter atau metode *Sequential Monte Carlo* (SMC) adalah suatu metode yang digunakan untuk melakukan estimasi dari suatu fungsi densitas (Liu, J.S. & Chen, R., 1998). Estimasi tersebut dilakukan menggunakan beberapa partikel yang dipasang pada berbagai lokasi di fungsi densitas tersebut. Setiap partikel tersebut merupakan hipotesis dalam menentukan area terbaik. Dari partikel tersebut, dicari area yang memiliki densitas yang lebih tinggi. Kemudian partikel yang ada disebar kembali (*resampling*) pada fungsi dengan mengutamakan densitas yang lebih tinggi. Proses tersebut dilakukan secara terus-menerus hingga partikel menghasilkan area yang memiliki densitas yang tinggi.

Hybrid tracking adalah metode tracking yang menggabungkan beberapa metode tracking lainnya. Hal ini dilakukan sebab setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan. Pada metode ini dilakukan beberapa teknik tracking. Kemudian, hasilnya dibandingkan untuk mendapatkan nilai terbaik. Salah satu metode yang dapat digabungkan adalah *meanshift* dan *optical flow*.

III. ESTIMASI POSISI

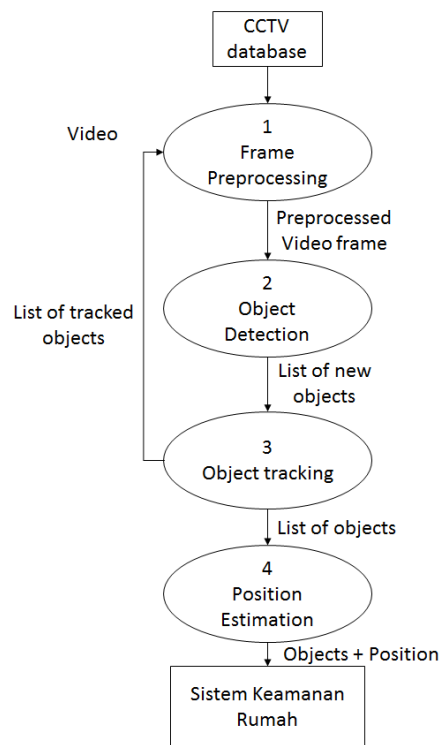
Setelah objek dalam suatu video berhasil dilacak, proses selanjutnya adalah proses estimasi posisi. Estimasi posisi merupakan suatu proses estimasi dari posisi objek di dalam dunia nyata berdasarkan posisi objek tersebut di dalam CCTV. Estimasi posisi dilakukan agar informasi mengenai pergerakan objek dapat dimengerti oleh manusia karena menggunakan koordinat dunia nyata.

Pada aplikasinya, terdapat satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan estimasi posisi, yaitu *perspective transformation*. Metode ini digunakan untuk memetakan suatu bidang datar kepada bidang lain dalam koordinat tiga dimensi. Metode ini menggunakan suatu matriks *homography* yang didapat dari persamaan titik pada kedua bidang tersebut. Dari hasil persamaan tersebut, matriks *homography* dapat digunakan untuk memetakan koordinat lainnya pada bidang tersebut.

IV. ARSITEKTUR SISTEM

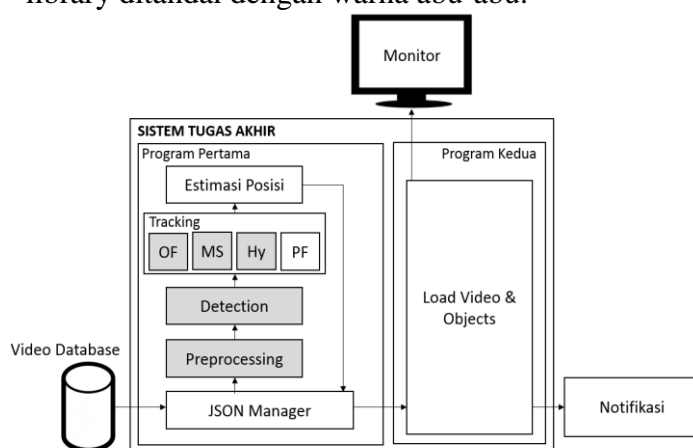
Secara umum, sistem yang diajukan pada makalah ini adalah sebuah sistem yang menggunakan dua proses untuk menunjang sistem keamanan rumah. Proses pertama adalah proses *multiple object tracking*. Proses kedua adalah estimasi posisi objek yang sudah dilacak. Sistem akan menerima masukan dari CCTV berupa video. Kemudian, sistem akan memberikan hasil berupa kumpulan objek yang terdeteksi dalam *frame* tersebut beserta perkiraan posisinya. Proses-proses tersebut dapat terlihat pada gambar 1. Berdasarkan jenis sistemnya, sistem yang diajukan pada makalah ini merupakan sistem online dan menggunakan kamera statis. Untuk membuktikan sistem yang diajukan, dibuatlah suatu prototipe yang terdiri dari dua program. Program pertama berfungsi melakukan *multiple object tracking* dan estimasi

posisi pada masukan video dan menyimpannya dalam suatu file tertentu. Program kedua berfungsi menampilkan seluruh objek yang terdeteksi pada video berdasarkan data tersebut.



Gambar. 1 DFD level 1 sistem

Gambaran arsitektur sistem yang diimplementasikan pada prototipe tersebut terlihat pada gambar 2. Terdapat sebagian fungsi yang didapatkan dari library seperti OpenCV dan sebagian fungsi lain yang dibuat sendiri. Pada gambar tersebut, fungsi yang dibuat menggunakan library ditandai dengan warna abu-abu.

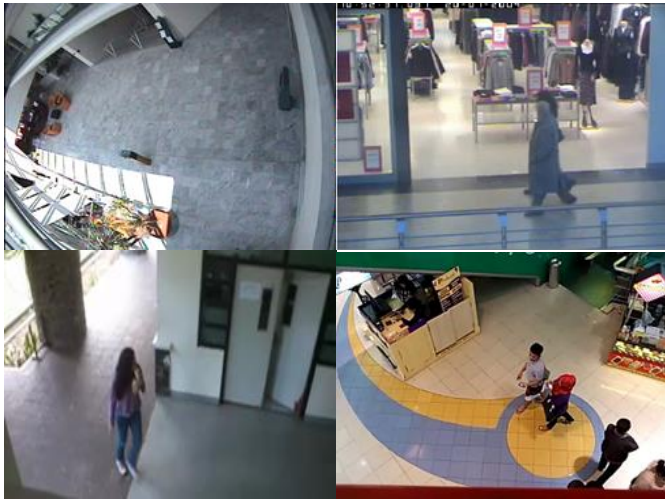


Gambar. 2 Arsitektur sistem

V. ANALISIS HASIL

Prototipe yang dibuat diuji pada beberapa video dan dianalisis. Analisis tersebut dilakukan untuk mengetahui bagaimana kinerja sistem terhadap video rekaman CCTV.

Sistem diuji menggunakan sepuluh video hasil rekaman CCTV. Rekaman tersebut diambil dari lokasi yang berbeda. Pada semua video tersebut, terdapat objek yang bergerak. Sistem akan bertugas melacak objek tersebut dan memberitahukan koordinat posisi objek tersebut. Pengujian dilakukan menggunakan komputer dengan prosesor Intel Core i5-4460 @ 3,20 GHz.



Gambar. 3 Screenshot dari beberapa video uji sistem

Pada pengujian yang dilakukan, terdapat empat parameter yang diuji. Pengujian pertama yang dilakukan adalah pengujian terhadap metode deteksi yang digunakan pada prototipe.

TABEL I
HASIL PENGUJIAN DETEKSI

No.	Video	Deteksi			
		Ob	Ofp	Ofn	AD (%)
1	Lobi Lab	2	0	1	66,67
2	Koridor Mall	4	1	0	80,00
3	Koridor ITB	6	0	0	100,00
4	Rumah	1	0	1	50,00
5	BEC 1	6	1	0	85,71
6	BEC 2	7	4	0	63,64
7	IBCC	6	4	0	60,60
8	Jalan Kampus	7	2	0	77,78
9	Jalan Raya	16	0	4	80,00
10	Halaman	2	0	0	100,00
RATA-RATA		Akurasi Deteksi			76,38

Dari hasil pengujian tersebut, sistem memberikan rata-rata akurasi deteksi sebesar 76,38%. Sistem dapat melakukan pendeteksian objek dengan akurasi yang tinggi apabila pada awal video, frame

yang didapat berada dalam kondisi tidak ada objek di dalamnya. Selain itu, sistem dapat bekerja dengan baik apabila objek di dalam video memiliki kemunculan yang cukup lama (lebih dari sepuluh frame) dan ukuran yang cukup besar (lebih besar dari 100 pixels).

Pengujian selanjutnya yang dilakukan adalah pengujian terhadap metode tracking yang digunakan pada prototipe. Pada pengujian tersebut, terdapat dua parameter yang akan dibandingkan. Parameter pertama adalah persentase ketepatan, yaitu berapa persen dari seluruh video rentang waktu di mana daerah yang menunjukkan objek tepat. Parameter kedua adalah total waktu yang dibutuhkan untuk menjalankan setiap metode secara keseluruhan. Berikut merupakan tabel hasil pengujian metode tracking dari prototipe sistem tersebut.

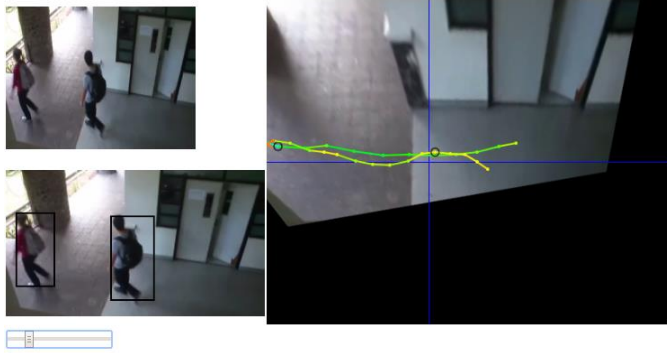
TABEL II
HASIL PENGUJIAN TRACKING

No.	Meanshift		Optical Flow		Hybrid		Particle filter	
	AT (%)	TW (s)	AT (%)	TW (s)	AT (%)	TW (s)	AT (%)	TW (s)
1	68,07	0,72	67,53	0,87	69,46	5,19	64,30	4,46
2	88,76	1,57	84,30	13,17	91,39	13,12	81,97	21,78
3	89,43	4,04	78,18	4,07	92,69	5,12	82,00	12,55
4	92,61	9,48	94,13	8,56	98,29	10,44	64,61	61,29
5	73,96	7,13	77,46	5,44	89,28	12,40	60,83	58,91
6	72,30	11,53	71,75	8,45	76,12	14,06	63,26	30,88
7	74,00	8,16	60,00	6,63	83,88	10,87	63,13	31,67
8	82,14	2,41	64,46	1,30	82,35	11,22	81,53	32,56
9	82,57	9,498	83,89	9,89	83,96	11,31	67,91	23,27
10	94,36	4,80	52,95	2,88	97,76	5,10	62,99	6,09
RATA		5,93	73,47	6,13	86,52	9,88	69,25	28,35

Berdasarkan hasil pengujian yang terlihat pada tabel tersebut, terlihat bahwa metode *hybrid* memiliki rata-rata akurasi yang paling tinggi, yaitu sebesar 86,52%, diikuti dengan metode *meanshift* (81,82%), *optical flow* (71,62%), dan *particle filter* (69,25%). Sedangkan dari sisi waktu operasi, metode *optical flow* memiliki waktu yang paling singkat, unggul tipis dari metode *meanshift* dan metode *hybrid*. Sedangkan, metode *particle filter* memiliki waktu operasi yang cukup lama bila dibandingkan dengan metode lainnya.

Setelah tracking terhadap objek dilakukan pada program pertama, ditampilkan histori pergerakan semua objek yang terdeteksi pada video tersebut pada program kedua dan dilakukan pengujian akurasi hasil estimasi posisi. Pengujian tersebut dilakukan dengan cara mengambil beberapa sampel

frame yang sudah memiliki tanda posisi objek dari setiap video.



Gambar. 4 Tampilan program kedua dengan input video ketiga

Frame tersebut kemudian akan diperiksa untuk mengukur akurasi estimasi posisi berdasarkan posisi objek yang terdeteksi pada sistem dibandingkan dengan posisi objek yang terlihat secara kasat mata. Tabel hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah.

TABEL III
HASIL PENGUJIAN ESTIMASI POSISI

Video	FPB	FPS	TotFS	AEP (%)
Lobi Lab	36	2	38	94,74
Koridor Mall	71	17	88	80,68
Koridor ITB	65	4	69	94,20
Rumah	184	16	200	92,00
BEC 1	30	3	33	90,91
BEC 2	26	17	43	60,47
IBCC	57	2	59	96,61
Jalan Kampus	118	8	126	93,65
Jalan Raya	72	10	82	87,80
Halaman	46	6	52	88,46
RATA-RATA	Akurasi Estimasi Posisi			87,95

Dari tabel pengujian tersebut, didapatkan akurasi estimasi posisi pada sistem tersebut sebesar 87,95%. Adanya kesalahan yang muncul pada hasil estimasi posisi pada pengujian tersebut paling banyak disebabkan penandaan objek yang tidak mencakup objek secara sempurna.

Secara umum, proses estimasi posisi akan menghasilkan akurasi yang baik apabila *background* pada sistem memiliki kompleksitas yang tidak terlalu tinggi. *Background* yang terlalu kompleks seperti *background* yang bergerak dan *background* yang muncul bayangan di dalamnya dapat menurunkan akurasi estimasi posisi objek.

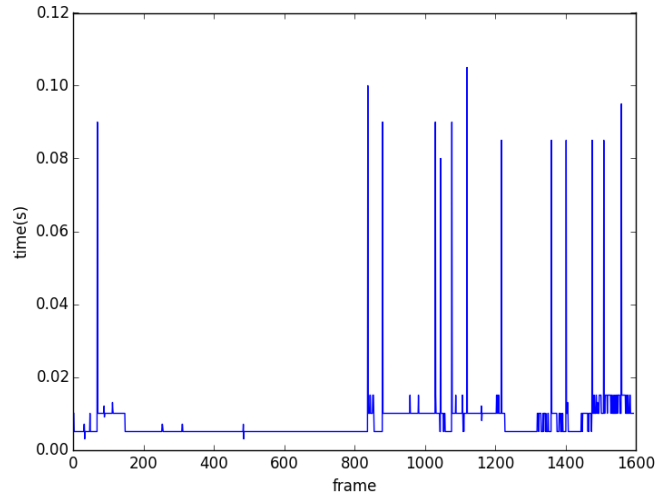
Pengujian terakhir yang dilakukan adalah pengujian terhadap waktu yang digunakan pada prototipe. Pada pengujian tersebut, parameter yang diuji adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk menjalankan seluruh operasi sistem pada satu buah

objek. Parameter tersebut digunakan untuk mengetahui rata-rata kecepatan sistem dalam mengolah satu objek. Parameter tersebut dapat diperkirakan dari total waktu operasi sistem dibagi dengan total objek yang terdeteksi dan terlacak. Tabel hasil pengujian waktu operasi per objek dari prototipe sistem tersebut dapat dilihat di bawah ini.

TABEL IV
HASIL PENGUJIAN TRACKING

No.	Video	Waktu			
		Wmx	TW (s)	TO	w/o (s)
1	Lobi Lab	0,100	5,185	1544	0,003
2	Koridor Mall	0,103	13,120	4294	0,003
3	Koridor ITB	0,060	5,123	3833	0,001
4	Rumah	0,065	10,442	2225	0,004
5	BEC 1	0,095	12,398	3339	0,003
6	BEC 2	0,105	14,055	4792	0,003
7	IBCC	0,085	10,865	4168	0,003
8	Jalan Kampus	0,130	11,223	2944	0,004
9	Jalan Raya	0,080	11,309	11783	0,001
10	Halaman	0,075	5,099	708	0,007
RATA-RATA					0,003

Selain tabel, terdapat grafik waktu pemrosesan dari sistem pada salah satu video uji. Pada grafik tersebut, terlihat bahwa waktu yang dibutuhkan sistem menjadi lebih lambat ketika objek baru terdeteksi. Hal ini terjadi sebab proses membutuhkan waktu untuk inisiasi objek untuk melakukan *tracking*.



Gambar. 5 Grafik waktu pemrosesan sistem pada video pertama

Proses membutuhkan waktu yang lebih lama ketika memproses objek yang lebih banyak jumlahnya. Apabila rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memproses satu objek adalah 0,003 detik dan target kecepatan yang ingin dicapai adalah 10 *frame* per detik, sistem dapat melakukan

multiple object tracking hingga tiga puluh objek secara bersamaan.

VI. KESIMPULAN

Prototipe sistem yang dibuat mampu mendeteksi objek dengan rata-rata akurasi deteksi sebesar 76,38% menggunakan metode *contour detection*. Sistem menghasilkan akurasi deteksi paling tinggi ketika tidak ada objek yang muncul pada frame pertama video. Selain itu, sistem dapat bekerja dengan baik mendeteksi objek dengan kemunculan lebih dari sepuluh *frame* dan ukuran lebih dari seratus *pixels*.

Pada proses tracking, sistem melakukan implementasi terhadap empat metode tracking dan didapatkan metode *hybrid tracking* menghasilkan akurasi terbaik sebesar 86,52%. Secara umum, akurasi terbaik didapatkan apabila objek memiliki warna yang kontras dengan *background*.

Prototipe sistem berhasil melakukan estimasi posisi dengan akurasi sebesar 87,95%. Proses tersebut dilakukan menggunakan metode *perspective transformation*. Berdasarkan analisis yang dilakukan pada hasil pengujian, didapatkan hasil bahwa proses tersebut dapat menghasilkan akurasi terbaik apabila *background* tidak memiliki kompleksitas yang terlalu tinggi.

Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan *tracking* terhadap satu objek adalah 0,003 detik pada komputer dengan prosesor Intel Core i5-4460 @ 3,20 GHz, sehingga sistem dapat menangani hingga tiga puluh objek secara bersamaan dalam satu frame video dengan minimal 10 *frame* per detik.

REFERENSI

- [1] Black, J., et al. (2003). A Novel Method for Video Tracking Performance Evaluation. Nice France: Joint IEEE Int'l Workshop on Visual Surveillance and Performance Evaluation of Tracking and Surveillance (VS-PETS), p125-132.
- [2] Caron, F., et al. (2014). Feynman-Kac measures and Interacting Particle systems: Selected applications on Filtering, Systems, & Advanced Signal Processing. <http://web.maths.unsw.edu.au/~peterdelmoral/simu-filtering.html>. Diakses 2014.
- [3] Criminisi, A., Reid, I., & Zisserman, A. (2013). Perspective Transform Estimation. <http://alummi.media.mit.edu/~cwren/interpolator/>. Diakses 2014.
- [4] Developerinabox (2014). iSpy: Open Source Camera Security Software. <http://www.ispyconnect.com>. Diakses 2014.
- [5] Fukunaga, K. & Hostetler, L. (1975). The Estimation of the Gradient of a Density Function, with Applications in Pattern Recognition. In: IEEE IT, pp. 32-40
- [6] INRIA Labs (2004). CAVIAR Test Case Scenarios. <http://groups.inf.ed.ac.uk/vision/CAVIAR/CAVIARDATA1>. Diakses 2014.

- [7] Kalman, R.E. (1960). A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems. Baltimore: Research Institute for Advanced Study.
- [8] Liu, J.S. & Chen, R. (1998). Sequential Monte Carlo methods for dynamic systems. Journal of the American Statistical Association (Taylor & Francis Group) 93 (443): 1032-1044.
- [9] Lucas, B.D. & Kanade, T. (1981). An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision. Pittsburgh, Pennsylvania: Computer Science, Department Carnegie-Mellon University, 15213
- [10] OpenCV (2014). OpenCV documentation. <http://docs.opencv.org/>. Diakses 2014.
- [11] Python (2014). Python Software Foundation. <https://www.python.org/>. Diakses 2014.
- [12] Rahman, A. (2013). Histograms - 4. Backprojection. <http://opencvpython.blogspot.com/2013/03/histograms-4-backprojection.html>. Diakses 2013.
- [13] Sanin, A., Sanderson, C., & Lovell, B.C. (2012). Shadow Detection: A Survey and Comparative Evaluation of Recent Methods. QLD: NICTA, PO Box 6020, St Lucia, 4067. Australia
- [14] See, J. & Lee, S. (2007). An Integrated Vision-based Architecture for Home Security System. Malaysia: Faculty of Information Technology, Multimedia University.
- [15] Shih, F.Y., et al. (2007). An Intelligent Sensor Network for Object Detection, Classification and Recognition. Newark, New Jersey: Computer Vision Laboratory, College of Computing Sciences New Jersey Institute of Technology, 07102, U.S.A.
- [16] Sochman, J. & Matas, J. (2004). AdaBoost with Totally Corrective Updates for Fast Face Detection. Prague: Centre for Machine Perception, Dept. of Cybernetics, Faculty of Elec. Eng. Czech Technical University, Czech Rep.
- [17] Stauffer, C. & Grimson, W.E.L. (1998). Adaptive background mixture models for real-time tracking. Cambridge, MA: The Artificial Intelligence Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, 02139
- [18] Swain, M.J. & Ballard, D.H. (1998). Indexing Via Color Histograms. Rochester, NY: Department of Computer Science, University of Rochester, 14627, USA
- [19] Tamersoy, B., (2009). Background Subtraction Lecture Note. Austin : University of Texas
- [20] Viola, P. & Jones, M. (2001). Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features. Cambridge, MA: Mitsubishi Electric Research Labs, 201 Broadway, 8th FL One Cambridge Center, 02139.
- [21] Yilmaz, A., Javed, O., & Shah, M. (2006). Object Tracking: A Survey. Ohio: Ohio State University.