

Multiple Object Tracking dan Estimasi Posisi untuk Menunjang Sistem Keamanan Rumah

Muhammad Aulia Firmansyah
Sekolah Teknik Elektro Informatika,
Institut Teknologi Bandung
muslimaf@gmail.com

Prof. Dr. Iping Supriana
Sekolah Teknik Elektro Informatika
Institut Teknologi Bandung
iping@stei.itb.ac.id

ABSTRAK

Salah satu sistem keamanan rumah yang sering digunakan oleh masyarakat adalah CCTV. Sistem ini dapat berjalan dengan baik. Walaupun begitu, pada sistem CCTV, masih terdapat kekurangan, terutama apabila digunakan secara realtime. Oleh sebab itu, dilakukan proses multiple object tracking dan estimasi posisi. Pada makalah ini, dibuat implementasi sistem tersebut menggunakan metode-metode yang sudah ada dan menguji hasilnya pada rekaman CCTV.

Kata Kunci

multiple object tracking, estimasi posisi, CCTV.

1. PENDAHULUAN

Keamanan merupakan salah satu kebutuhan primer masyarakat. Setiap orang perlu untuk merasa aman dalam seluruh kegiatan yang dilakukannya sepanjang hari. Walaupun begitu, saat ini, keamanan semakin sulit didapat. Dengan semakin banyaknya tingkat kriminal dengan berbagai cara, diperlukan usaha lebih untuk mendapatkan keamanan.

Salah satu tempat yang membutuhkan keamanan yang baik adalah rumah. Rumah adalah tempat di mana orang tinggal untuk berlindung dan bernaung dari lingkungan di sekitarnya. Rumah juga merupakan tempat untuk beristirahat dan memenuhi kebutuhan sehari-hari. Orang-orang yang tinggal di dalam rumah akan merasa tenteram dan damai. Mereka dapat melakukan kegiatan pribadi tanpa terpengaruh dari luar rumahnya. Oleh sebab itu, keamanan menjadi hal yang penting bagi sebuah rumah.

Beberapa solusi telah dilakukan untuk menjaga keamanan rumah. Salah satu solusi yang paling sederhana adalah dengan menyewa satpam (satuan pengamanan) rumah. Satpam rumah dapat bertindak apabila terjadi hal yang tidak terduga di rumah.

Selain itu, beberapa solusi telah menerapkan berbagai teknologi informasi. Salah satunya adalah menggunakan CCTV (Closed Circuit Television). CCTV merupakan suatu kamera yang mengirimkan gambar dan/atau suara ke suatu tempat tertentu. Dalam konteks keamanan, CCTV digunakan untuk mengawasi dan mengetahui kondisi suatu tempat atau ruangan tertentu. CCTV tersebut kemudian mengirimkan data kondisi ruangan tersebut dalam berbagai bentuk. Beberapa di antaranya ialah gambaran visual, gambaran infra merah, gambaran jarak, dan rekaman suara. Data tersebut dikirim kepada pihak yang berwenang melalui koneksi internet.

Dalam penggunaannya, biasanya CCTV akan dipasang pada lokasi tertentu di suatu rumah. Data berupa video yang didapat dari rumah tersebut ditampilkan pada suatu layar. Seorang satpam bertugas melihat video yang ditampilkan dan bertindak apabila ada sesuatu yang mencurigakan terlihat. Cara ini akan lebih efektif dibanding mengelilingi seluruh tempat dalam rumah. Apabila terdapat lebih

dari satu CCTV terpasang dalam rumah, seluruh kondisi ruangan yang dipasangi CCTV dapat diamati secara bersamaan.

Walaupun begitu, masih terdapat kelemahan yang ada pada sistem CCTV. CCTV hanya memberikan data berupa video secara realtime. Data tersebut hanya akan bermanfaat secara realtime apabila satpam tersebut terus melihat video tanpa berhenti. Pada kenyataannya, seorang satpam tidak bisa secara terus-menerus melihat video dari CCTV. Hal ini disebabkan faktor kesalahan yang dilakukan oleh manusia, terutama menghadapi sistem yang realtime. Oleh sebab itu, dibutuhkan suatu sistem yang lebih responsif dan informatif. Maksud dari responsif adalah sistem dapat memberikan informasi pada waktu yang tepat. Contohnya adalah mengingatkan (notifikasi) satpam apabila terdapat seorang yang masuk ruangan tertentu. Maksud dari informatif, adalah menampilkan informasi yang lebih ringkas dan mudah dimengerti oleh pengguna.

Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah melakukan post-processing pada video yang didapat dari CCTV. Dengan melakukan post-processing, data video dari CCTV diubah menjadi data lain yang lebih mudah dimengerti. Di antaranya ialah objek apa saja yang terekam pada video, di mana saja objek tersebut berada pada suatu waktu tertentu. Dalam makalah ini, dikaji salah satu metode post-processing pada video, yaitu multiple object tracking dan estimasi posisi.

2. MULTIPLE OBJECT TRACKING

Multiple Object Tracking adalah sebuah proses melacak satu atau lebih objek di dalam video. Objek yang dilacak bermacam-macam menurut konteks sistem. Di antaranya adalah objek wajah manusia, bola berwarna, orang secara keseluruhan, kendaraan mobil, dan suatu gambar tertentu.

Suatu sistem multiple object tracking dapat digolongkan berdasarkan beberapa hal.

1. Sistem online dan offline. Sistem online merupakan sistem yang berjalan secara realtime menggunakan informasi yang ada pada saat itu juga. Sistem offline merupakan sistem yang menggunakan suatu data yang telah disiapkan sebelumnya.
2. Sistem dengan kamera statis dan dengan kamera dinamis. Sistem dengan kamera statis menggunakan kamera yang diam dan tidak bergerak, sehingga background yang terekam pada kamera cenderung statis. Sistem dengan kamera dinamis menggunakan kamera yang bergerak. Kamera tersebut tidak harus bergerak secara translasi, tetapi dapat juga bergerak berputar dan memperbesar atau memperkecil gambar.

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 training, preprocessing, detection, dan tracking.

2.1 Tahap Training

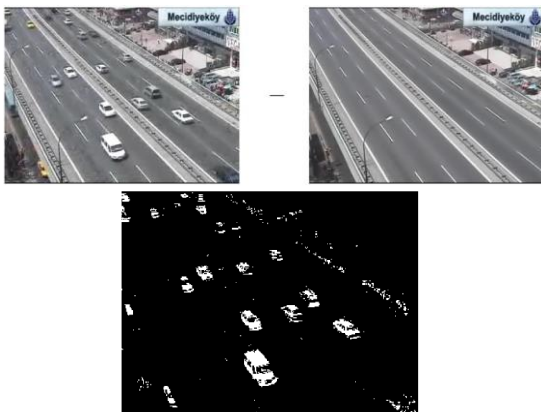
Pada tahap ini, ditentukan kriteria dari objek apa yang akan dilacak. Kemudian, sistem, dilatih menggunakan data objek yang sudah ada tersebut untuk membuat sistem. Tidak semua sistem multiple object tracking melakukan tahap ini. Tahap ini dilakukan apabila objek yang akan dilacak memiliki karakteristik tertentu. Contohnya adalah face tracking, pedestrian tracking, dan hand tracking. Dalam beberapa jenis sistem multiple object tracking, tidak ditentukan karakteristik khusus dari objek.

2.2 Tahap Preprocessing

Pada tahap ini, frame dari video yang akan dilacak diubah dulu sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan akurasi sistem multiple object tracking. Contoh proses yang dilakukan pada tahap ini adalah menghilangkan noise pada frame video dan mengubah colorspace dari video ke dalam bentuk lain, seperti dari colorspace RGB ke HSV, YUV, dan sebagainya. Terdapat beberapa metode yang berkaitan dengan tahap ini:

1. Background Subtraction

Background subtraction adalah suatu proses untuk memisahkan antara objek dari background dalam suatu gambar. 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.



Gambar 1. Contoh background subtraction

2. Shadow Detection

Bayangan adalah suatu daerah yang tercipta, karena suatu objek menghalangi cahaya menyinari daerah tersebut. Dalam proses object tracking, bayangan dapat membuat hasil object tracking menjadi salah, karena bayangan biasanya bergerak bersama objek, sehingga terkadang bayangan yang seharusnya bagian dari background dideteksi sebagai objek (false positive). Oleh karena 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.

2.3 Tahap Detection

Tahap ini merupakan tahap yang cukup penting dalam sistem multiple object tracking. Pada tahap ini, objek dicari pada video menggunakan berbagai metode tergantung jenis objek apa yang akan dicari. Apabila suatu kandidat memenuhi kriteria objek, maka kandidat tersebut dapat dianggap sebagai objek. Objek yang telah didapat kemudian disimpan dalam kumpulan objek terdeteksi. Berikut adalah beberapa metode yang masuk dalam tahap detection:

1. Feature Detection

Feature Detection adalah suatu metode yang digunakan untuk menemukan suatu feature dalam suatu gambar. Feature adalah bagian yang mencolok dari sebuah gambar. Feature biasanya berupa titik, tetapi dapat juga berupa garis, ataupun suatu area.

2. Contour Detection

Contour Detection adalah suatu metode yang digunakan untuk mendeteksi kontur dari suatu objek. Contour detection bekerja dengan membagi gambar menjadi area dan kemudian mencari bentuk area berdasarkan garis pinggir dari area tersebut.

2.4 Tahap Tracking

Pada tahap ini, setiap objek dalam kumpulan objek terdeteksi dilacak keberadaannya secara terus menerus pada frame video selanjutnya. Tahap ini merupakan tahap yang penting dalam sistem. 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. Berikut adalah beberapa metode yang termasuk ke dalam tahap ini:

1. Optical Flow

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.

$$f_x = \frac{\partial f}{\partial x}; f_y = \frac{\partial f}{\partial y}$$
$$u = \frac{dx}{dt}; v = \frac{dy}{dt}$$

Optical flow bekerja dengan asumsi mengenai objek. Pertama, objek cenderung tidak berubah selama bergerak. Hal ini disebabkan optical flow mencari objek dengan mencocokkan ciri-ciri objek dari frame pertama kepada frame selanjutnya. Kedua, pixel di sekitar objek memiliki gerakan yang relatif mirip. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam melakukan optical flow adalah metode Lucas Kanade.

2. Meanshift

Meanshift adalah suatu fungsi yang digunakan untuk mencari maxima dari suatu fungsi densitas. 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.

$$m(x) = \frac{\sum_{x_i \in N(x)} K(x_i - x)x_i}{\sum_{x_i \in N(x)} K(x_i - x)}$$

3. Kalman Filter

Kalman Filter adalah suatu metode yang dapat digunakan untuk melakukan prediksi suatu nilai pada waktu yang akan datang berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan sebelumnya. Pengukuran tersebut mengandung noise dan ketidakakuratan lainnya. Secara terus-menerus dalam satuan waktu, Kalman filter akan melakukan prediksi terhadap nilai tersebut dan melakukan perbaikan terhadap prediksi tersebut. Berikut merupakan gambar yang dapat menjelaskan secara umum Kalman filter.

4. Particle Filter

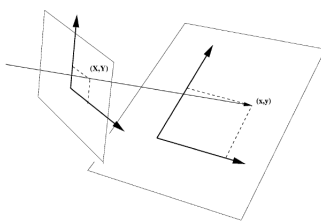
Particle filter atau metode Sequential Monte Carlo (SMC) adalah suatu metode yang digunakan untuk melakukan estimasi dari suatu fungsi densitas. Estimasi tersebut dilakukan menggunakan beberapa partikel yang dipasang pada berbagai lokasi di fungsi densitas tersebut. Setiap partikel tersebut merupakan 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.

5. Hybrid tracking

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.

3. 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.

$$X = \frac{ax + by + c}{gx + hy + 1}$$
$$Y = \frac{dx + ey + f}{gx + hy + 1}$$


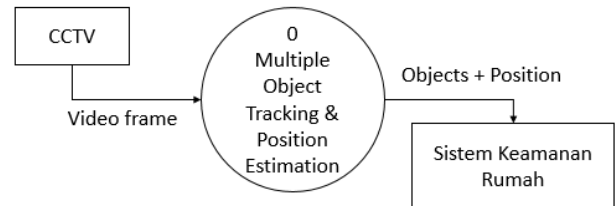
Gambar 2. Rumus dan ilustrasi perspective transformation

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.

4. RANCANGAN 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 frame secara realtime. Kemudian, sistem akan memberikan hasil berupa kumpulan objek yang terdeteksi dalam frame tersebut beserta perkiraan posisinya.

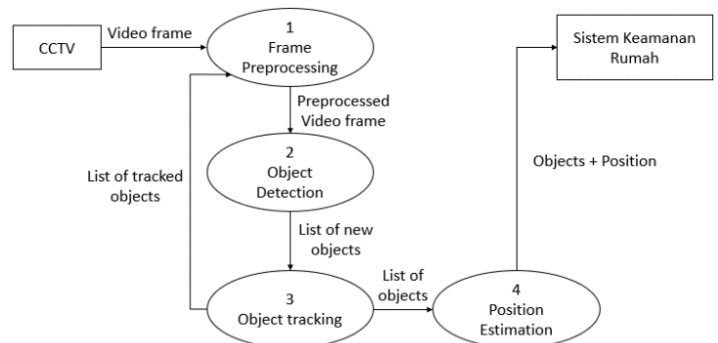


Gambar 3. DFD level 0 sistem

Hasil dari sistem tersebut berupa kumpulan objek terdeteksi tersebut nantinya dapat dimanfaatkan untuk berbagai hal. Salah satunya adalah untuk mengetahui objek apa saja yang bergerak dalam suatu ruangan selama beberapa waktu. Dengan diketahuinya posisi objek yang bergerak beserta waktunya, dapat dibuat suatu grafik pergerakan objek dalam suatu kurun waktu tertentu. Hal ini akan lebih efektif dibandingkan dengan harus melihat seluruh video secara satu-satu.

Sistem ini merupakan sistem online, sebab pada sistem ini tidak dilakukan training. Pada sistem ini, objek yang dideteksi tidak memiliki suatu karakteristik tertentu. Hal ini disebabkan objek yang dideteksi dapat berupa apa saja. Objek dapat berupa manusia, binatang dalam rumah, maupun objek lain. Hal ini tidak memungkinkan digunakannya suatu data latihan khusus. Selain itu, sistem ini merupakan sistem yang menggunakan kamera statis. Hal ini disebabkan kamera yang digunakan dalam sistem merupakan CCTV yang tidak bergerak. Hal ini akan menjadi keuntungan bagi sistem yang akan dibangun. Terdapat metode yang hanya dapat dilakukan apabila background bersifat statis. Di antaranya adalah background subtraction.

Proses utama sistem, yaitu multiple object tracking dan estimasi posisi, dapat diturunkan menjadi beberapa proses yang lebih sederhana. Proses-proses tersebut dapat terlihat pada gambar di atas.



Gambar 4. DFD level 1 sistem

Berikut adalah penjelasan singkat dari proses-proses tersebut:

1. Proses frame preprocessing.

Sistem yang dibuat pada makalah ini menggunakan suatu kamera CCTV yang statis atau tidak bergerak. Hal ini dapat memberikan keuntungan bagi sistem. Keuntungan tersebut adalah sistem dapat berasumsi bahwa background dari video yang didapat tidak akan berubah. Jika ada, perubahan pada background tidak akan terjadi secara drastis. Dengan asumsi tersebut, objek dapat didefinisikan sebagai semua objek yang bukan merupakan background. Objek tersebut didefinisikan sebagai foreground.

Dengan adanya keuntungan tersebut, terdapat metode-metode yang dapat digunakan. Metode pertama adalah background subtraction. Metode ini digunakan untuk memisahkan antara foreground dan background. Metode kedua adalah shadow removal. Metode ini merupakan metode yang dilakukan untuk memperbaiki hasil dari metode background subtraction. Metode ini bertujuan mengurangi terjadinya false positive, yaitu bayangan yang seharusnya dianggap sebagai background dan bukan sebagai objek. Hal ini disebabkan bayangan tersebut biasanya berwarna berbeda dengan background walaupun sebenarnya adalah background.

Selain kedua metode tersebut, terdapat suatu proses tambahan yang terjadi dalam proses preprocessing. Proses tersebut adalah menandai bahwa suatu foreground adalah objek yang sudah dilacak sebelumnya atau tidak. Proses ini bertujuan menghindari objek yang sudah terdeteksi. Proses ini mengambil masukan berupa kumpulan objek yang sudah terdeteksi dari proses tracking.

2. Proses object detection.

Pada proses ini, objek dicari pada video. Apabila suatu kandidat objek memenuhi kriteria objek, maka kandidat tersebut dapat dianggap sebagai objek. Objek yang telah didapat kemudian dimasukkan sebagai objek yang baru. Proses ini menerima frame video yang sudah diproses pada proses preprocessing. Kemudian, proses ini akan menghasilkan kumpulan objek baru yang terdeteksi.

Proses ini mendapatkan masukan dari proses sebelumnya berupa frame yang telah dipisahkan antara foreground dan background. Untuk proses ini, data yang digunakan adalah foreground dari frame video. Dari data foreground tersebut, dilakukan proses ekstraksi kandidat objek baru yang akan dilacak pada proses selanjutnya. Metode yang digunakan pada tahap ini adalah contour detection. Metode ini digunakan untuk mendapatkan kumpulan kandidat objek dari foreground.

Kandidat objek yang didapat kemudian diseleksi berdasarkan jumlah kemunculan. Jika suatu kandidat objek muncul melebihi batas yang telah ditentukan oleh sistem, kandidat tersebut dapat dianggap sebagai objek yang baru. Objek tersebut kemudian akan diproses pada proses selanjutnya, yaitu proses tracking.

3. Proses object tracking.

Pada proses ini, setiap objek yang telah terdeteksi dilacak keberadaannya secara terus menerus. Di dalam proses ini, juga dilakukan manajemen terhadap objek yang telah terdeteksi. Proses ini mencari apakah suatu objek masih ada di dalam video, atau sudah menghilang dari video tersebut. Proses ini menerima kumpulan objek baru yang terdeteksi dari proses

object detection. Kemudian, proses ini akan menghasilkan kumpulan objek yang sudah dilacak.

Terdapat banyak metode yang dapat diimplementasikan, sehingga dipilih beberapa metode yang dianggap paling relevan dengan multiple object tracking pada sistem ini. Metode tersebut adalah sebagai berikut:

1. Meanshift tracking
2. Optical flow tracking
3. Hybrid tracking (Optical flow + Meanshift)
4. Particle filter tracking

Metode tersebut kemudian akan diuji menggunakan suatu video uji untuk memilih metode yang paling baik. Pemilihan tersebut didasarkan pada kecepatan, akurasi, dan tingkat kesulitan implementasi dari metode tersebut.

4. Proses position estimation.

Pada proses ini, objek yang sudah dilacak diperkirakan posisinya pada koordinat nyata berdasarkan koordinat objek dalam video. Proses ini bertujuan memberikan informasi yang lebih mudah digunakan sistem keamanan rumah. Proses ini menerima masukan berupa kumpulan objek yang sudah dilacak dan kemudi menghasilkan posisi objek tersebut dalam koordinat nyata. Hal ini dilakukan dengan menggunakan fungsi yang dapat mengubah koordinat kamera menjadi koordinat nyata.

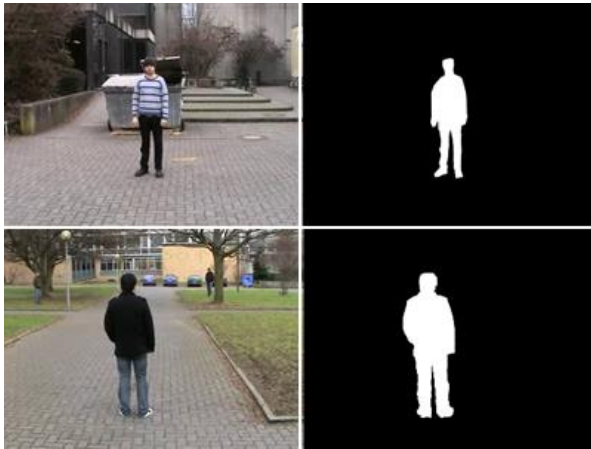
Salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode perspective transformation. Metode ini cukup baik, tetapi masih terdapat kekurangan, yaitu tidak dapat menentukan secara tepat bagian objek yang menjadi acuan pada koordinat nyata. Sistem akan berasumsi bahwa bagian bawah dari objeklah yang akan menjadi acuan dalam menentukan posisinya koordinat nyata. Cara ini tidak selalu akurat, terutama untuk objek yang berukuran relatif besar. Walaupun begitu, kesalahan yang akan dihasilkan tidak terlalu besar.

5. PENGUJIAN METODE MULTIPLE OBJECT TRACKING

Terdapat beberapa alternatif metode yang dapat digunakan dalam tahap tracking. Oleh sebab itu, dibuat suatu pengujian terhadap metode-metode yang relevan. Metode-metode tersebut adalah sebagai berikut:

1. Meanshift tracking
2. Optical flow tracking
3. Hybrid tracking (Optical flow + Meanshift)
4. Particle filter tracking

Metode yang akan digunakan dalam sistem yang dibangun diimplementasikan terlebih dahulu. Hal ini dilakukan untuk mempelajari cara kerja metode secara langsung. Hasil implementasi yang dilakukan kemudian akan diuji pada suatu video. Video yang akan digunakan adalah beberapa video di mana suatu objek yang harus dilacak hingga akhir video.



Gambar 5. Objek (kiri) dan mask (kanan) pada kedua video (atas dan bawah) uji metode object tracking

Dari kedua video tersebut, semua metode akan dijalankan pada objek yang telah ditandai pada frame pertama dari video tersebut. Ketika video dijalankan, akan diperiksa apabila terjadi kesalahan tracking pada metode yang dijalankan. Selain itu, akan dilihat waktu yang dibutuhkan metode untuk melakukan tracking. Berikut merupakan hasil pengujian dari metode-metode tersebut:



Gambar 6. Hasil uji metode meanshift (kiri atas), optical Low (kanan atas), particle Low (kanan bawah), dan hybrid (kiri bawah) pada video kedua

Dari keempat metode yang diuji menggunakan kedua video tersebut, terlihat bahwa metode optical flow menghasilkan objek yang salah, terutama pada video kedua. Ketiga metode yang lain menghasilkan hasil yang cenderung benar. Hal ini disebabkan metode optical flow hanya melakukan tracking terhadap titik. Apabila titik tersebut menghilang, misalnya karena terhalang, optical flow tidak akan bekerja dengan baik.

Selain hasilnya, kecepatan metode yang telah diimplementasikan dihitung. Dari hasil pengukuran, terlihat bahwa metode particle filter membutuhkan waktu komputasi yang jauh lebih banyak dibanding tiga metode lainnya (0.03 detik). Hal ini memang wajar, sebab metode ini menggunakan banyak hipotesis untuk mendapatkan objek yang baru. Tiga metode lain menghasilkan kecepatan yang mirip (0.01 detik). Dari hasil uji keempat metode tersebut, dipilihlah metode hybrid tracking.

6. ANALISIS IMPLEMENTASI SISTEM

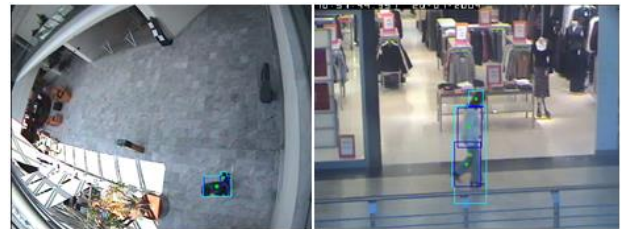
Setelah metode tracking ditentukan, prototipe sistem kemudian dibangun. Prototipe yang dibuat kemudian diuji menggunakan rekaman CCTV dari beberapa lokasi. Hal ini dilakukan untuk menganalisis kinerja sistem secara umum.

Sistem akan diuji menggunakan dua video hasil rekaman CCTV. Rekaman tersebut diambil dari lokasi yang berbeda. Pada kedua video tersebut, terdapat objek yang bergerak. Sistem akan bertugas melacak objek tersebut dan memberitahukan koordinat posisi objek tersebut.



Gambar 7. Salah satu frame dari kedua video uji sistem (atas dan bawah)

Berikut merupakan hasil pengujian dari prototipe sistem tersebut.



Gambar 8. Objek yang terdeteksi pada kedua video

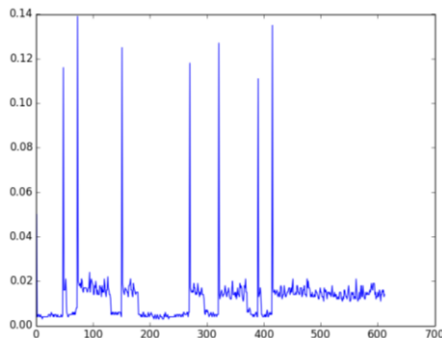


Gambar 9. Hasil pemetaan video pada koordinat nyata. Garis biru pada gambar kanan merupakan sumbu 0.

Dari hasil pengujian tersebut, terlihat bahwa sistem bekerja dengan cukup baik. Masih terdapat beberapa kesalahan yang terjadi. Kesalahan yang terjadi dari hasil pengujian tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pada video pertama, orang yang berjalan ke kiri atas terlacak dengan cukup baik. Akan tetapi, ketika orang tersebut menghilang dari pantauan kamera, tanaman yang ada di sebelahnya sempat dianggap sebagai orang tersebut sebelum objek menghilang. Hal ini merupakan suatu hal yang wajar. Hal ini terjadi karena histogram warna dari orang tersebut cukup mirip dengan histogram tanaman. Hal ini juga terjadi pada video kedua.
2. Pada video pertama, beberapa orang yang berada di pojok kanan bawah tidak terdeteksi sebagai objek. Hal ini disebabkan orang tersebut mengenakan pakaian berwarna putih di bawah sinar matahari yang mengakibatkan area background sekitarnya berwarna putih. Hal ini mengakibatkan objek terlalu mirip dengan background, sehingga dianggap sebagai background. Selain itu, objek tidak banyak bergerak dan cenderung hanya diam di tempat.

Walaupun masih terdapat kesalahan pada prototipe sistem, kesalahan yang terjadi tidak terlalu fatal dan sistem dianggap dapat bekerja dengan cukup baik.



Gambar 10. Grafik kecepatan hasil uji video pertama

Selain itu, dari hasil uji kecepatan sistem, terlihat bahwa waktu yang dibutuhkan sistem menjadi lebih lambat ketika objek baru terdeteksi. Hal ini terjadi sebab proses membutuhkan waktu untuk menyiapkan objek untuk melakukan tracking. Selain itu, proses membutuhkan waktu yang lebih lama ketika memproses objek yang lebih banyak jumlahnya. Hal ini adalah sesuatu yang wajar. Selain dari hal tersebut, terlihat bahwa sistem bekerja dengan cukup baik, terutama jika digunakan dalam rumah. Hal ini disebabkan jumlah objek yang berkeliraran di dalam video tidak terlalu banyak dibanding tempat lainnya.



Gambar 11. Histori pergerakan salah satu objek pada video pertama

Setelah tracking terhadap objek dilakukan, ditampilkan histori dari pergerakan objek tersebut. Selain itu ditampilkan juga informasi mengenai kecepatan gerakan objek menggunakan garis dan titik berwarna. Semakin cepat pergerakan objek, warna garis yang ditampilkan semakin cepat.

7. SIMPULAN

Terdapat beberapa kesalahan yang terjadi pada hasil implementasi sistem. Walaupun begitu, kesalahan yang terjadi tidak terlalu signifikan dan tidak menjadikan sistem gagal. Akan tetapi, kesalahan yang ada dapat menjadi peluang untuk memperbaiki sistem yang akan datang.

Untuk pengembangan selanjutnya dari sistem ini, saran yang dapat diberikan adalah saran untuk terus melakukan perbaikan dari sisi metode dan implementasi. Terdapat banyak metode yang terus dikembangkan untuk membangun sistem ini. Dengan adanya metode yang baru, diharapkan kinerja dari implementasi pada sistem yang akan datang menjadi lebih efektif dan efisien.

8. REFERENSI

- A.D. Jepson, D.J. Fleety, T.F. El-Maraghi (2001). Robust Online Appearance Models for Visual Tracking. Toronto: Department of Computer Science, University of Toronto, M5S 1A4
- A. Sanin, C. Sanderson, B.C. Lovell (2012). Shadow Detection: A Survey and Comparative Evaluation of Recent Methods. Queensland: The University of Queensland, School of ITEE, QLD 4072, Australia
- C. Stauffer, W.E.L. Grimson (1999). Adaptive background mixture models for real-time tracking. Cambridge : The Artificial Intelligence Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA 02139
- M.J. Swain, D.H. Ballard (1998). Indexing Via Color Algorithm. Rochester: Department of Computer Science, University of Rochester, NY 14627, USA
- M. Piccardi (2004) Background Substraction Technique : A Review. Sydney: Computer Vision Group, Faculty of Information Technology, University of Technology, Australia
- S. Surkutlawar, R.K. Kulkarni (2013). Shadow Suppression using RGB and HSV Color Space in Moving Object Detection. Mumbai: Vivekananda education society of information technology, India
- A. Rahman. (2013). Histograms – 4. Backprojection. <http://opencvpython.blogspot.com/2013/03/histograms-4-back-projection.html>. Diakses 2013
- M.J. Baker (2012). Projection of a vector onto a plane. <http://www.euclideanspace.com>. Diakses 2013.
- opencv.org (2013). OpenCV API Reference and documentation. <http://docs.opencv.org/modules/refman.html>. Diakses 2013,
- Wikimedia Project (2013). Wikipedia, the Free Encyclopedia. <http://en.wikipedia.org>. Diakses 2013.