

Tracking Moving Object Menggunakan Background Subtraction dan Template Matching

Lulu Mawaddah Wisudawati¹ dan Muhammad Subali²

¹Teknik Informatika, Teknologi Industri Universitas Gunadarma

²Teknik Informatika, Teknologi Industri Universitas Cendekia Abditama

¹Jalan Margonda Raya No. 100 Pondok Cina, Depok 16424, Jawa Barat

²Jalan Islamic Raya, Klp. Dua, Kec. Klp. Dua, Kabupaten Tangerang, Banten 15811

E-mail : lulu_mawadah@staff.gunadarma.ac.id, subali@uca.ac.id

Abstrak

Sistem *monitoring object* saat ini telah banyak diterapkan dan berkembang pesat seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan kemajuan teknologi. Sistem monitoring banyak diterapkan dengan tujuan meningkatkan keamanan. Salah satu penerapan sistem monitoring adalah mendeteksi objek yang bergerak. Sistem menangkap objek bergerak atau *object tracking* merupakan sebuah sistem yang digunakan untuk melakukan pendeteksian terhadap sebuah objek, sehingga pergerakan objek dapat dideteksi dengan tetap memperhatikan perubahan-perubahan yang terjadi disekitar objek tersebut. *Image sequence* adalah beberapa gambar yang saling berkaitan satu dengan yang lainnya dan biasanya berupa beberapa gambar yang diambil oleh sebuah kamera yang ditempatkan pada satu titik dengan *background* yang sama. Program *object tracking* sangat berguna untuk mempermudah pekerjaan manusia dalam mengidentifikasi objek pada *Image Sequence*. *Computer Vision* merupakan salah satu teknologi yang memungkinkan komputer untuk melihat dan mengenali objek yang ada di sekitarnya. Dalam perkembangan teknologi yang semakin pesat, *Computer Vision* menjadi salah satu teknologi baru yang dimanfaatkan dalam berbagai platform salah satunya adalah *tracking object*. Metode pendefinisian *tracking object* yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode *background subtraction* dan *template matching* menggunakan perangkat lunak MATLAB. Hasil yang didapatkan dari kedua metode tersebut yaitu metode *background subtraction* mampu mendeteksi objek dengan baik tetapi memerlukan waktu komputasi yang lebih lama sedangkan metode *template matching* juga dapat mendeteksi objek tetapi metode *template matching* sulit mendeteksi objek yang kecil, selain itu juga sulit mendeteksi objek yang bergerak cepat serta tidak mampu menyesuaikan dengan transformasi yang diterapkan pada gambar yang dipertimbangkan (rotasi, skala, dll)..

Kata kunci : *Object tracking, background subtraction, image sequence, template matching, MATLAB.*

Pendahuluan

Sistem *monitoring object* saat ini telah banyak diterapkan dan berkembang pesat seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan kemajuan teknologi. Sistem monitoring banyak diterapkan dengan tujuan meningkatkan keamanan. *Image processing* pada saat ini telah mengalami kemajuan yang sangat berarti. Banyak teknik-teknik *image processing* dapat dikembangkan untuk ilmu yang lebih luas, salah satunya yaitu untuk mengidentifikasi benda dengan *object tracking* pada *image sequence* [1].

Sistem tracking objek bergerak atau *object tracking* merupakan sebuah sistem yang digunakan untuk melakukan pendeteksian terhadap

sebuah objek, sehingga pergerakan objek dapat dideteksi dengan tetap memperhatikan perubahan-perubahan yang terjadi disekitar objek tersebut [2]. *Image sequence* adalah beberapa gambar yang saling berkaitan satu dengan yang lainnya, biasanya berupa beberapa gambar yang diambil oleh sebuah kamera yang ditempatkan pada satu titik dengan *background* yang sama. Dalam melakukan tracking objek dilakukan juga pengolahan citra digital. Citra digital adalah citra dua dimensi yang dapat dipresentasikan dalam fungsi intensitas cahaya dalam bentuk matriks. [3]

Program *object tracking* sangat berguna untuk mempermudah pekerjaan manusia untuk dapat mengidentifikasi objek pada *Image Se-*

quence. Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam melakukan *tracking object* salah satunya yaitu *Background subtraction*. *Background subtraction* adalah proses pengurangan citra (*background subtraction*) dengan cara melakukan pengurangan setiap pixel pada citra dengan objek dengan citra latar belakang. [4] [5]. Metode *Background subtraction* juga dilakukan oleh Peneliti Pham dkk [10], dalam penelitian ini dilakukan deteksi object pada video sequence dengan menggabungkan teknik *template matching* dan *background subtraction*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode tersebut berhasil dalam mendeteksi objek bergerak dan metode *template matching* cocok untuk memisahkan objek dari latar belakang. Metode *background subtraction* sangat baik digunakan dalam mendeteksi pergerakan objek dalam video. Metode tersebut digunakan juga dalam penelitian achmad solichin [13] untuk deteksi objek pejalan kaki pada lingkungan statis.

Peneliti Dede dkk [11] menjelaskan pendeteksian objek dapat diimplementasikan dengan menggunakan metode *background subtraction* dan morfologi opening untuk mendeteksi pergerakan objek didalam frame sebuah video. Hasil pengujian program memiliki tingkat keberhasilan 93,3% dari pengujian dengan pencahayaan terang dan 83,3% dari pengujian dengan pencahayaan redup.

Selain itu, peneliti Shahrizat Shaik Mohamed dkk [12] dalam penelitiannya digunakan metode *background subtraction* menggunakan model matematika pada background statis dan membandingkannya untuk setiap frame pada *video sequence*. *Background subtraction* tersebut menggunakan metode Mixture of Gaussian (MoG). Hasil yang didapatkan menunjukkan penggunaan variasi parameter dapat memberikan dampak yang signifikan dalam memberikan hasil yang optimal. Selain metode *background subtraction* juga terdapat metode *template matching* yang digunakan dalam pendeteksian objek. *Template matching* adalah salah satu teknik dalam pengolahan citra digital yang berfungsi untuk mencocokkan tiap-tiap bagian dari suatu citra dengan citra yang menjadi template (acuan). Teknik ini banyak digunakan dalam bidang industri sebagai bagian dari quality control [6].

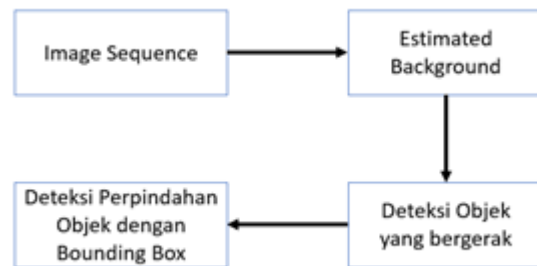
Peneliti Duc Thanh [14] dalam artikelnya dilakukan pengembangan metode dengan menggabungkan informasi spasial dan orientasi. Metode tersebut digunakan dalam mendeteksi objek seperti manusia, mobil dan daun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode tersebut dapat mendeteksi dengan cepat dengan *cluttered background*. Metode *Template matching* juga digunakan dalam otomatisasi rumah menggunakan algoritma SURF dan *squared difference error method* [7]. Dengan melihat kelemahan dan kelebihan dari penelitian sebelumnya maka dalam penelitian ini kami melakukan *tracking objek* menggunakan metode *background subtraction* dan *template matching*

serta mengimplementasikan metode tersebut pada image sequence menggunakan bahasa pemrograman MATLAB.

Metode Penelitian

Gambaran Umum Sistem

Gambaran umum sistem dalam penelitian ini terdapat beberapa tahapan yaitu melakukan pemisahan latar belakang, deteksi objek dan deteksi perpindahan objek.



Gambar 1: Gambaran Umum Sistem

Pada Gambar 1 menunjukkan tahapan dalam melakukan *tracking object* pada *image sequence*. Tahapan pertama yaitu image sequence grayscale ataupun RGB dilakukan pemisahan objek dan background. Setelah objek yang bergerak terdeteksi kemudian dilakukan deteksi perpindahan objek menggunakan bounding box.

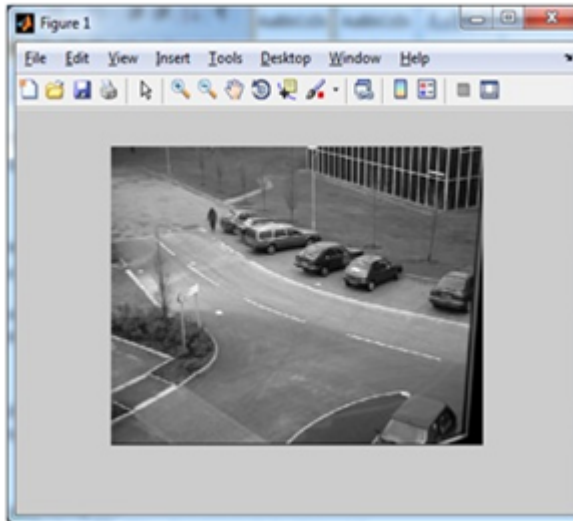
Background Subtraction

Background subtraction adalah proses memisahkan objek latar depan dari latar belakang dalam sequence video frame. Banyak metode yang ada untuk *background subtraction*, masing-masing mempunyai kekuatan dan kelemahan yang berbeda dalam hal kinerja dan perhitungan komputasi. Dalam penelitian ini, kami menggunakan metode morfologi matematika yaitu median. Misalkan, N gambar I_1, \dots, I_N . Jadi, untuk setiap lokasi piksel (x,y) memiliki satu set intensitas piksel $p = \{p_1, \dots, p_N\}$.

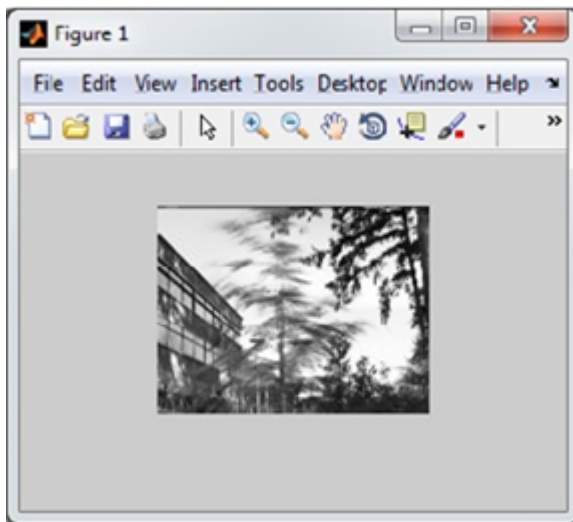
Asumsi bahwa:

1. Ada satu objek bergerak di tempat kejadian (atau beberapa objek bergerak)
2. Latar belakangnya statis

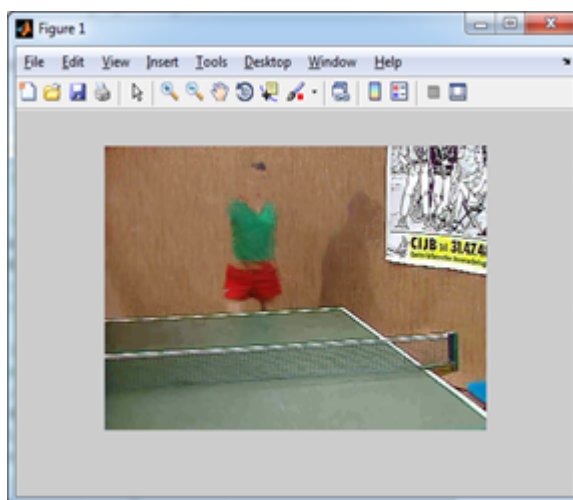
Kemudian, perpindahan hanya akan muncul dalam waktu singkat di setiap lokasi (x,y) . Ini berarti bahwa, nilai median p , memberikan pendekatan yang baik untuk latar belakang pada posisi tersebut. Gambar 2 Car Sequence (*Estimated Background*), Gambar 3 Outdoor Sequence (*Estimated Background*) dan Gambar 4 Tennis Sequence (*Estimated Background*) merupakan gambar sequence hasil *background subtraction* yang sederhana dan efektif.



Gambar 2: Car Sequence (Estimated Background)



Gambar 3: Outdoor Sequence (Estimated Background)



Gambar 4: Tennis Sequence (Estimated Background)

Pada Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4. menunjukkan bahwa metode median dari beberapa sequence memiliki hasil yang berbeda. Untuk sequence mobil (Gambar 2), latar belakang dapat terlihat dengan sempurna dan untuk Gambar 3 dan 4 (sequence Outdoor dan tenis) menunjukkan gambar latar belakang yang tidak dapat terlihat dengan jelas dan terlihat seperti kabur.

Dalam melakukan *tracking* mobil dalam sequence mobil tersebut, maka diperlukan deteksi posisi di frame pertama *sequence* atau memberikan lokasi tersebut secara manual. Jika memiliki model *Background* bagian statis dari *sequence*, maka objek bergerak dapat dideteksi pada gambar dengan melakukan pengurangan antara image dengan *background* (lihat kode program deteksi posisi objek).

Kode Program Deteksi Posisi Objek

1. $i = 1 : 1\% \text{NumImages}$
2. $I = \text{ImSeq}(:, :, i);$
3. $J = \text{uint8}(I - \text{BG});$

Kode program di atas merupakan kode program deteksi posisi object. Dalam program tersebut dilakukan pembacaan terhadap seluruh image sequence dan kemudian dilakukan deteksi posisi objek dengan mengambil perbedaan I (Image) dan BG (Background). Pada sequence tenis (Gambar 4), sebelum dilakukan deteksi posisi objek, harus mengubah urutan menjadi 4 dimensi dikarenakan gambar memiliki format RGB.

Kode Program Bounding Box

1. $\text{stats.area} = \text{regionprops}(J, 'Area');$
2. $\text{array_area} = \text{struct2array}(\text{stats.area});$
3. $[\text{maxvalue index}] = \text{max}(\text{array_area});$
%to get maximum area
4. $\text{stats.shape} = \text{regionprops}(L, 'BoundingBox');$
5. $\text{roi} = \text{stats.shape}(\text{index}).\text{BoundingBox};$
%to draw bounding box
6. $[x, y] = \text{find}(\text{roi});$
7. $\text{ROI_Center} = [\text{mean}(x) \text{mean}(y)];$
%subplot (2,2,4), imshow (I,[]),
title ('Moving Object with Bounding Box');
8. $\text{rectangle}('Position', \text{roi}, 'Linewidth', 2);$

Kode program di atas menunjukkan program *bounding box* objek. Langkah tersebut dilakukan dengan menemukan pusat Region of Interest (ROI) dan melakukan bounding box pada object. Pada tahapan ini dapat dilakukan dengan mengubah citra menjadi citra biner. Selanjutnya mendapatkan luas maksimum area. Setelah itu, membuat *bounding box* objek yang memiliki luas maksimum dengan menggunakan fungsi *regionprops* begitu juga dengan sequence lainnya.

Template Matching

Metode selanjutnya yang digunakan dalam melakukan *tracking object* yaitu metode *template matching*. Dengan mengetahui posisi awal objek

(mobil, outdoor, tennis sequence) maka dapat dilakukan tracking melalui sequence tersebut menggunakan pendekatan *template matching*.

Region of interest (ROI) yang diekstraksi dari langkah sebelumnya digunakan sebagai pola referensi Rref of size w x h. Tujuannya adalah untuk mengekstrak gambar baru I, region R dengan ukuran w x h yang paling cocok dengan Rref, Untuk memilih yang paling cocok, maka diperlukan ukuran kesamaan (*similarity measure*) dan pilihan yang berbeda dimungkinkan. Beberapa ukuran kesamaan (*similarity measure*) antara dua citra region Rref and R dengan ukuran yang sama adalah: SAD (Sum of Absolute Distance), SSD (Sum of Square Differences) dan NCC (Normalized Cross-Correlation). Tracking terdiri dari penggunaan salah satu ukuran kesamaan untuk mendeteksi target. Oleh Karena itu, dengan model target, lokasi baru target dalam current frame ditemukan untuk meminimalkan ukuran SAD atau SSD antara pola referensi Rref dan wilayah R di sekitar lokasi sebelumnya.

SAD (Sum of Absolute Distance). Algoritma SAD (Sum of Absolute Differences) (Panchal, 2014) adalah algoritma yang berdasarkan pixel dari sebuah objek untuk mencari perbedaan. SAD adalah algoritma untuk mengukur tingkat kesamaan blok antara dua citra. SAD bekerja dengan mengambil nilai *absolute difference* antara pixel citra referensi dan citra yang akan dijadikan objek perbandingan. Pada citra video, algoritma SAD bekerja pertama dengan menentukan citra referensi atau background. Kemudian melakukan proses operasi subtraction, dan terakhir adalah menentukan batas (threshold). Threshold merupakan penentu untuk pendeteksian gerak. Algoritma SAD dapat direpresentasikan melalui persamaan berikut:

$$SAD(i, j) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} |I(i+m, j+n) - T(m, n)| \quad (1)$$

SSD (Sum of Square Differences). Sum of squared differences (SSD) adalah pengukuran jarak yang sangat populer untuk banyak aplikasi. termasuk template matching, hal tersebut dikarenakan properties matematika yang baik dan komputasi yang sangat efisien. SSD sangat sensitive untuk noise dan perubahan iluminasi.

$$SSD(i, j) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} (I(i+m, j+n) - T(m, n))^2 \quad (2)$$

NCC (Normalized Cross-Correlation)

$$NCC(i, j) = \frac{\sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} (I(i+m, j+n) \cdot T(m, n))}{\sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} I(i+m, j+n)^2 \cdot \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} T(m, n)^2} \quad (3)$$

Berikut bagian dari kode untuk menemukan SAD, SSD dan NCC :

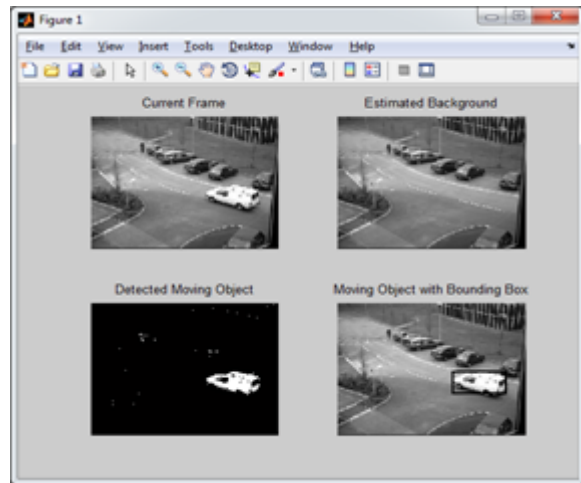
```
Kode Program SAD, SSD dan NCC :
SSD->cdist=sum((roi_curim-roi_temp).^2);
SAD->cdist=sum(abs(roi_curim-roi_temp));
NCC->cdist=sum((roi_curim)-mean(roi_curim)).
*(roi_temp-mean(roi_temp));
cdist = 1- cdist/(std(roi_curim))*
(std(roi_temp));
```

Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian terdapat dua metode yang digunakan untuk *tracking object* yaitu menggunakan *background subtraction* dan *template matching* pada 3 image sequence (sequence mobil, outdoor dan tennis).

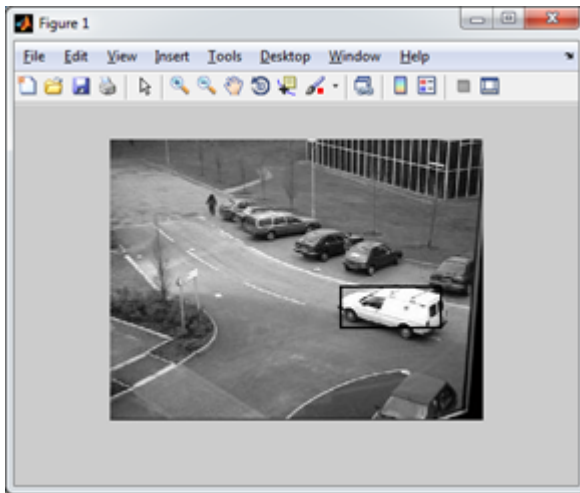
Hasil Background Subtraction

Gambar 5 menunjukkan gambar hasil *tracking object*, dimana dilakukan pemisahan background (estimated background) dan juga objek (detected moving object). Dalam penelitian tersebut tidak menggunakan algoritma morfologi untuk mencari region of interest.



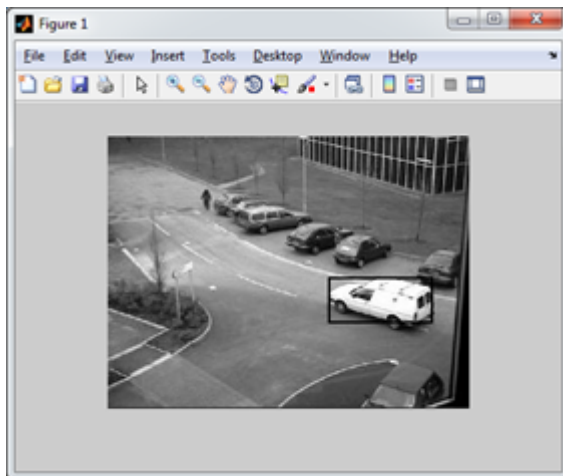
Gambar 5: *Background Subtraction* (Sequence Mobil)

Hasil *tracking object* pada Gambar 6 merupakan hasil tracking menggunakan algoritma morfologi dengan fungsi *imerode* dan *imclose* yaitu dilasi diikuti dengan erosi. Hasil metode tersebut tidak memberikan hasil yang baik karena hasil deteksi (*bounding box*) tidak dapat menutupi seluruh area mobil.



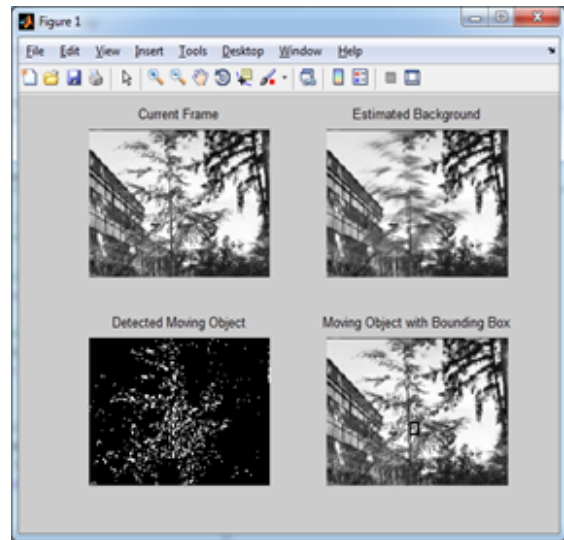
Gambar 6: Hasil Bounding Box menggunakan *Background Subtraction* (Morphological Algorithm)

Gambar 7 merupakan hasil dari *background subtraction* menggunakan maximum area dan hasil deteksi dapat terlihat juga masih terdapat area objek yang tidak terdeteksi (tidak menutupi seluruh area mobil).



Gambar 7: Hasil Bounding Box menggunakan *Background Subtraction* (Maximum Area)

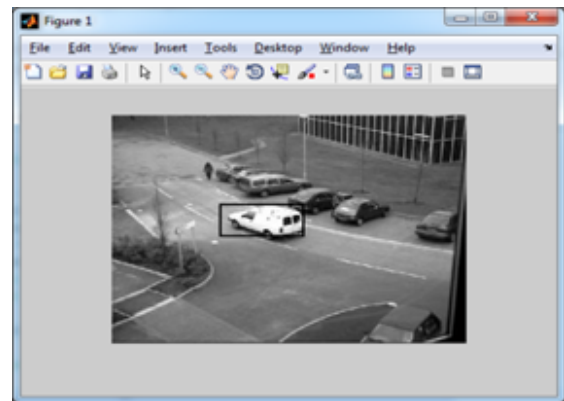
Gambar 8 menunjukkan teknik *background subtraction* pada *sequence outdoor*. Gambar hasil *Estimated background* menunjukkan hasil gambar yang tidak jelas dimana pohon sebagai gambar latar bergerak terlihat blur. Kemudian pria sebagai gambar latar depan muncul di tengah urutan. Hasil penelitian menunjukkan metode median tidak dapat mendeteksi objek (gambar depan/pria). Hal tersebut dikarenakan gambar background berubah. Selain itu, pengurangan background sulit untuk diukur dan mendeteksi perubahan yang tidak diinginkan. Hal tersebut yang menyebabkan hasil pada outdoor sequence memberikan hasil yang tidak bagus sequence mobil.



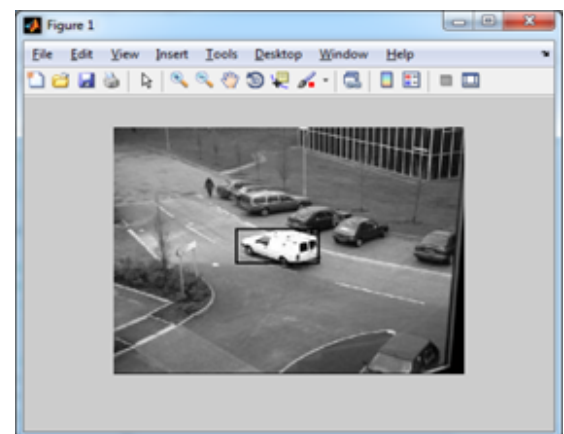
Gambar 8: *Background Subtraction* (Outdoor Sequence)

Hasil Template Matching

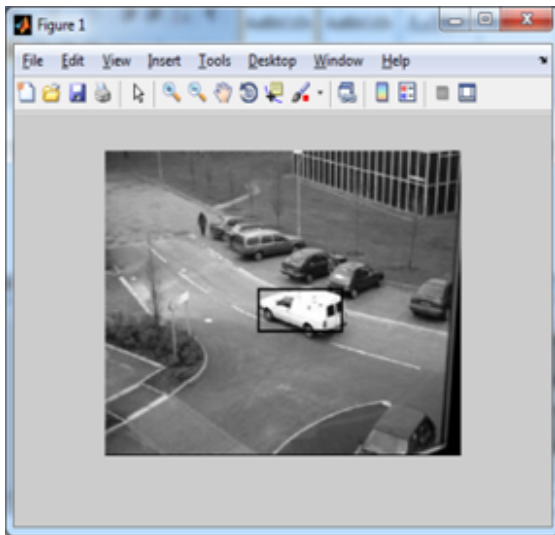
Pada Gambar 9, Gambar 10 dan Gambar 11 merupakan hasil deteksi objek menggunakan *template matching*.



Gambar 9: *Background Subtraction* (Outdoor Sequence)



Gambar 10: Similarity Measure SSD (Car Sequence)



Gambar 11: Similarity Measure NCC (Car Sequence)

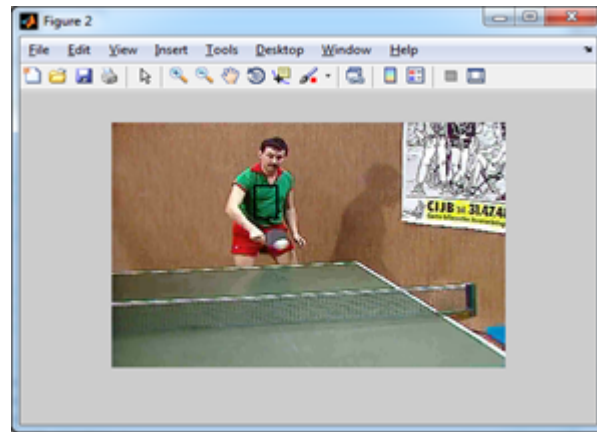
Hasil dari similarity measure yang memberikan hasil *template matching* terbaik adalah menggunakan SAD (Sum of Absolute Distance) (lihat gambar 10). Hal tersebut dikarenakan SAD memiliki kompleksitas yang kecil. SAD merupakan salah satu similarity measure paling sederhana yang dihitung dengan mengurangi piksel dengan sisi persegi tetangga persegi antara gambar referensi $[R_{ref}(i,j)]$ dan gambar target $[R(I,j)]$ diikuti dengan agregasi absolut perbedaan dalam jendela persegi. SSD (Gambar 9) juga memberikan hasil yang baik tetapi tidak sebagus SAD karena area yang bukan objek ikut terdeteksi. Selain itu hasil *template matching* menggunakan *normalized cross-correlation* (NCC) bukan pendekatan yang ideal untuk *template matching* dikarenakan membutuhkan waktu yang lama (lihat Gambar 11).

Saat mengimplementasikan algoritma tracking (pelacakan) pada sequence mobil, mobil sebagai objek memiliki ukuran yang bervariasi, untuk mengatasinya maka perbarui nilai jendela pencarian (*searching window*) dengan menggunakan beberapa skala dimana skala disesuaikan dengan pergerakan mobil dan skala yang paling sesuai dengan pergerakan mobil akan digunakan dalam algoritma ini.

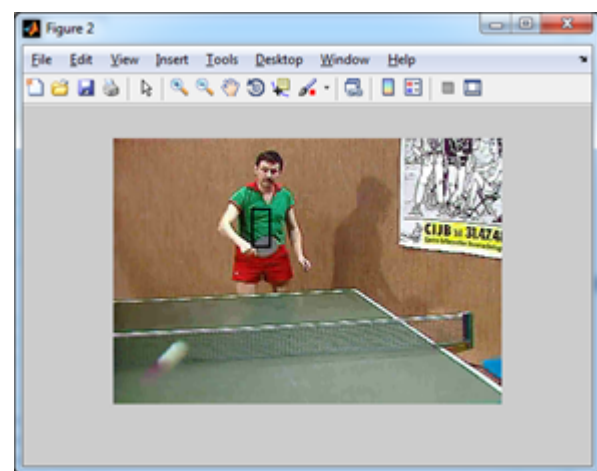
Metode *template matching* pada sequence tennis tidak berhasil terdeteksi dikarenakan gambar dalam format RGB. Oleh karena itu, Gambar harus dilakukan pemisahan dalam ruang gambar R, G dan B dan diimplementasikan dalam template matching. Hasilnya *template matching* menggunakan SAD similarity measure dapat dilihat pada Gambar 13, Gambar 14, Gambar 15.

Penutup

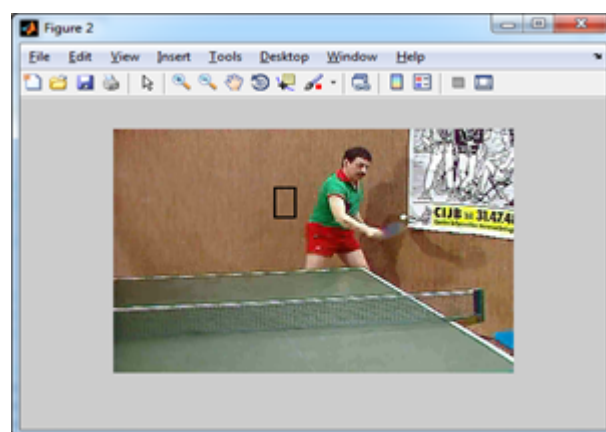
Ada banyak teknik *tracking object* yang dapat digunakan pada objek bergerak (*image sequence*). Hasil penelitian menunjukkan teknik atau metode yang sangat sederhana, cepat dan efektif dalam mende-



Gambar 12: First Frame Tennis Sequence (SAD Similarity Measure)



Gambar 13: Middle Frame (SAD Similarity Measure)



Gambar 14: Last Frame (SAD Similarity Measure)

teks objek sequence adalah *background subtraction*. Selain itu, hasil deteksi menggunakan metode *template matching* memberikan hasil yang tidak maksimal. Hal tersebut dikarenakan komputasi yang mahal, sulit dalam mendeteksi objek kecil, dan juga sulit dalam mendeteksi objek yang bergerak cepat

serta tidak menyesuaikan dengan transformasi yang diterapkan pada gambar yang dipertimbangkan (rotasi, skala, dll).

Daftar Pustaka

- [1] Tresya Anjali Dompeipen, Sherwin R.U.A. Sompie and Meicsy E.I Najoran, "Computer Vision Implementation for Detection and Counting the Number of Humans", *Jurnal Teknik Informatika* vol. 16 no. 1 Januari-Maret, hal. 65-76 p-ISSN : 2301-8364, e-ISSN : 2685-6131 , DOI: <https://doi.org/10.35793/jti.16.1.2021.31471>, 2021.
- [2] Al Kautsar, Havez dan Kusworo Adi, "Implementasi Object Tracking Untuk Mendeteksi Dan Menghitung Jumlah Kendaraan Secara Otomatis Menggunakan Metode Kalman Filter Dan Gaussian Mixture Model", *Youngster Physics Journal*, vol. 5, no. 1, Jan, pp. 13-20, 2016.
- [3] S. R. Balaji and S. Karthikeyan, "A survey on moving object tracking using image processing", *11th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO)*, Coimbatore, India, pp. 469-474, DOI: 10.1109/ISCO.2017.7856037, 2017.
- [4] Miranto, S. R. Sulistiyanti and F. X. Arinto Setyawan, "Adaptive Background Subtraction for Monitoring System", *International Conference Information Communication Technology*, pp. 153-156, DOI:10.1109/ICOIACT46704.2019.8938501, 2019.
- [5] N. Wahyudi, V. Suhartono dan R. A. Pramunendar, "Background Subtraction Berbasis Self Organizing Map Untuk Deteksi Objek Bergerak", *Syst. Informatics J.*, vol. 1, no. 1, pp. 42-51, doi: 10.29080/systemic.v1i1.283, 2015.
- [6] Han, Youngmo, "Reliable Template Matching for Image Detection in Vision Sensor Systems", *Sensors (Basel, Switzerland)* vol. 21,24 8176, doi:10.3390/s21248176, 7 Dec. 2021.
- [7] Edwin Kundukulam and Abraham Ponraj, "Implementing and Optimizing Template Matching Techniques for Home Automation", *Indian Journal of Science and Technology*, Volume: 8, Issue: 19, Pages: 1-6 DOI: 10.17485/ijst/2015/v8i19/76711, 2015.
- [8] Chirag S Panchal, "Depth Estimation Analysis Using Sum of Absolute Difference Algorithm", *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, Vol. 3, Issue 1. Page 6761-6767, 2014.
- [9] Y. Zhou and S. Maskell, "Moving object detection using background subtraction for a moving camera with pronounced parallax", *Sensor Data Fusion: Trends, Solutions, Applications (SDF)*, pp. 1-6, doi: 10.1109/SDF.2017.8126361, 2017.
- [10] Pham, Rudolf Jalovecky and Martin Polasek, "Combining Template Matching and Background Subtraction Techniques to Detect Objects in Infrared Video Sequences", *Advances in Military Technology*, Vol 11, DOI: 10.3849/aimt.01117, 2016.
- [11] Dede Saptoadi, Fauziah Kasyfi dan Nur Hayati, "Implementasi Metode Background Subtraction dan Morfologi untuk Mendeteksi Objek Bergerak Pada Video", *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)*, vol 5 no.2 hal: 222-228, DOI: 10.30998/string.v5i2.7743, 2020.
- [12]] S. S. Mohamed, N. M. Tahir and R. Adnan, "Background modelling and background subtraction performance for object detection", *6th International Colloquium on Signal Processing & its Applications*, Malacca, Malaysia, pp. 1-6, doi: 10.1109/CSPA.2010.5545291, 2010.
- [13] A. Solichin, "Metode Background Subtraction untuk Deteksi Obyek Pejalan Kaki pada Lingkungan Statis", *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*, 2013.
- [14] Duc Thanh Nguyen and Wanqing L and Philip Ogunbona, "An Improved Template Matching Method for Object Detection", *LNCS 5996*, pp: 193-202, DOI: 10.1007/978-3-642-12297-2_19, 2010.