

# Pendeteksian dan Pelacakan Objek Bergerak pada UAV berbasis Metode SUED

Muhammad Khaerul Naim Mursalim<sup>1</sup>

**Abstract**— An unmanned aerial vehicle (UAV), commonly known as a drone, could be utilized to detect a moving object in real-time. However, there are some issues in detection process of moving object in UAV, called constraint uncertainty factor (UCF), such as environment, type of object, illumination, camera of UAV, and motion. One of practical problems that become concern of researcher in the past few years is motion analysis. Motion of an object in each frame carries a lot of information about the pixels of moving objects which has an important role as the image descriptor. In this paper, segmentation using edge-based dilation (SUED) algorithm is used to detect moving objects. The concept of the SUED algorithm is combining frame difference and segmentation process to obtain optimal results. The simulation results show the performance improvement of SUED algorithm using combination of wavelet and Sobel operator on edge detection: the number of frames for a true positive increased by 41 frames, then the false alarm rate decreased to 7% from 24% when only using Sobel operator. The combination of these two methods can also minimize noise region that affect detection and tracking process. The simulation results for tracking moving objects by Kalman filter show that there is decreasing of error between detection and tracking process.

**Intisari**— UAV atau drone biasa digunakan untuk mendeteksi sebuah objek yang bergerak secara *real-time*. Namun, ada beberapa masalah yang terdapat dalam proses deteksi objek bergerak pada UAV yang disebut *uncertainty constraint factor* (UCF), yaitu lingkungan, jenis objek, pencahayaan, kamera UAV, dan gerakan (*motion*). Salah satu masalah praktis yang menjadi perhatian beberapa tahun ini adalah analisis gerakan (*motion analysis*). Gerakan dari sebuah objek pada setiap *frame* membawa banyak informasi tentang piksel dari objek bergerak yang memainkan peranan penting sebagai *image descriptor*. Pada makalah ini digunakan algoritme *segmentation using edge based dilation* (SUED) untuk mendeteksi objek bergerak. Inti dari algoritme SUED adalah mengombinasikan *frame difference* dan proses segmentasi secara bersama untuk mendapatkan hasil yang optimal. Hasil simulasi menunjukkan peningkatan unjuk kerja algoritme SUED dengan menggunakan kombinasi *wavelet* dan *sobel operator* pada deteksi tepinya, yaitu jumlah *frame* untuk *true positive* meningkat sebesar 41 *frame*, kemudian *false alarm rate* yang didapatkan menurun menjadi 7% dari 24%. Kombinasi kedua metode tersebut juga dapat meminimalkan *noise region* yang mengakibatkan kesalahan dalam proses deteksi dan pelacakan. Hasil simulasi pelacakan objek bergerak dengan metode filter Kalman pada beberapa sampel yang diuji menunjukkan adanya penurunan kesalahan (*error centroid*) antara hasil deteksi dan hasil pelacakan objek bergerak.

**Kata Kunci**— Deteksi objek bergerak, filter Kalman, Operator Sobel, SUED (*Segmentation Using Edge Detection*), UAV, Wavelet

<sup>1</sup>Dosen pada program studi Teknik Telekomunikasi, Universitas Universal, Kompleks Maha Vihara Duta Maitreya, Bukit Beruntung, Sungai Panas, Batam 29456, Indonesia (tlp: +62-778473399; e-mail: muh.khaerul.naim@uvers.ac.id)

## I. PENDAHULUAN

Pesawat tanpa awak (*Unmanned Aerial Vehicle/UAV*) atau biasa juga disebut *drone*, adalah sebuah mesin terbang yang berfungsi dengan kendali jarak jauh tanpa pilot atau mampu mengendalikan dirinya sendiri menggunakan hukum aerodinamika untuk mengangkat dirinya. Penggunaan terbesar pesawat tanpa awak ini adalah di bidang militer [1]. Dalam mendeteksi sebuah objek yang bergerak secara *real-time* oleh sebuah UAV, terdapat proses pengolahan sinyal yang kompleks dibandingkan apabila objeknya dalam keadaan diam (tidak bergerak). Ada beberapa masalah yang terdapat dalam proses deteksi objek bergerak pada UAV, atau disebut *uncertainty constraint factor* (UCF), yaitu lingkungan, jenis objek, pencahayaan, kamera UAV, dan pergerakan (*motion*) objek [2]. Salah satu masalah praktis yang menjadi perhatian beberapa tahun ini adalah analisis pergerakan (*motion analysis*) objek bergerak khususnya pada skenario pada lingkungan yang terdapat objek lebih dari satu (*crowded*). Pergerakan sebuah objek pada setiap *frame* membawa banyak informasi tentang piksel dari objek bergerak yang memainkan peranan penting sebagai *image descriptor*.

Pendeteksian objek yang bergerak menggunakan UAV akan mencakup proses analisis gerakan objek. Beberapa penelitian menggunakan metode yang melibatkan analisis gerakan (*motion analysis*), seperti metode Bayesian yang bergantung pada batasan bahwa sebuah objek harus memiliki bentuk yang tetap dan tidak melebihi batasan *aspect ratio* yang telah ditetapkan [3]. Beberapa penelitian menunjukkan penggunaan metode *image registration* tidak cocok karena peningkatan jumlah *motion block* mengakibatkan tingkat deteksi semakin menurun, sehingga pada penelitian tersebut tidak cocok untuk digunakan pada objek yang bergerak [4], [5]. Penggunaan metode *Scalar Invariant Feature Transform* (SIFT) memanfaatkan ciri sebuah objek, tetapi metode tersebut tidak cocok pada lingkungan yang terdapat *noise* di dalamnya [6]. Metode analisis gerak yang lain, seperti metode *Cascade Classifier* mengharuskan masukannya berupa citra *grayscale*, sehingga metode ini tentunya tidak realistis apabila digunakan secara *real-time* [7], [8]. Penelitian-Penelitian selanjutnya seperti metode *Background Subtraction* dan metode *Histogram Oriented Gradients (HOG)* tidak menghasilkan hasil optimal dalam pendeteksian objek bergerak [9], [10].

Metode lain untuk mendeteksi objek bergerak adalah menggunakan algoritme *segmentation using edge based dilation* (SUED) [11]. Inti dari algoritme SUED ini adalah mengombinasikan *frame difference* dan proses segmentasi secara bersama untuk mendapatkan hasil yang optimal. Pada proses analisis gerakannya digunakan metode *frame difference*

yang mampu menangkap informasi pergerakan objek dengan memanfaatkan perbedaan dari dua *frame* secara berurutan. Proses segmentasi membantu mendapatkan bentuk objek mendekati bentuk utuhnya, tetapi proses segmentasi ini tidak mempunyai kemampuan membedakan *moving region* dari *static background*, sehingga algoritme SUED masih menghasilkan *noisy region* [11].

Pada makalah ini, proses segmentasi yang digunakan pada algoritme SUED adalah kombinasi dari transformasi *wavelet* dan operator Sobel untuk mendeteksi tepi dari objek yang bergerak. Penggunaan kombinasi kedua metode ini dapat meminimalkan terjadinya *noisy region* akibat dari latar belakang objek yang bergerak [12], [13]. Selain itu, makalah ini juga menyimulasikan proses pelacakan objek bergerak dengan menggunakan metode filter Kalman. Algoritme estimasi filter Kalman ini menyerupai algoritme prediksi-koreksi untuk menyelesaikan masalah numerik [14].

## II. METODOLOGI

### A. Diagram Blok Simulasi

Diagram blok simulasi ditunjukkan pada Gbr. 1. Proses simulasi dimulai dengan menggunakan *data set* video UAV yang didapatkan dari *Center for Research in Computer Vision* (CRCV) di University of Central Florida. Setelah itu, dilakukan tahap praproses dengan mengekstrak *frame* dari video. Jumlah *frame* yang digunakan sebesar 395 *frame* atau 1 *frame*/detik. Tahap praproses selanjutnya adalah mendapatkan  $I_B(m,n,t)$ , yaitu citra hasil dekomposisi dari *original frame*.  $I(x,y,t)$  adalah *original frame* pada *frame ke- t* dalam sebuah urutan video, dengan  $(x,y)$  menandakan posisi dari sebuah piksel pada *original frame*. Proses selanjutnya adalah proses yang disebut dengan algoritme SUED, yang terdiri atas proses *motion estimation* dengan menggunakan metode *frame difference* dan proses segmentasi yang berupa deteksi tepi dengan menggunakan kombinasi antara metode *wavelet* dengan operator Sobel. Tahap selanjutnya adalah proses dilatasi dan terakhir adalah proses evaluasi unjuk kerja dengan menggunakan dua metrik, yaitu *detection rate* dan *false alarm rate*. Selanjutnya, makalah ini dikembangkan setelah proses identifikasi dan deteksi objek bergerak, dilakukan proses pelacakan (*tracking*) objek bergerak. Metode *tracking* yang digunakan adalah filter Kalman.

### B. Algoritme SUED

Adapun langkah-langkah dalam melakukan algoritme SUED adalah sebagai berikut:

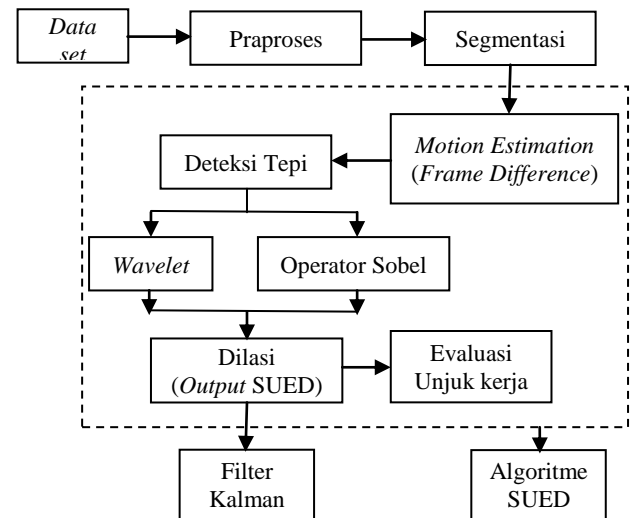
1. *Start*
2.  $FD_r(m,n,t) \leftarrow$  *Decomposed image between 2 frames,  $I_B(m,n,t) - I_B(m,n,t-1)$  at  $t$  and  $t-1$  time.*
3.  $FD_f(m,n,t) \leftarrow FD_r(m,n,t)$
4.  $FD_b(m,n,t) \leftarrow FD_f(m,n,t)$
5.  $FD_e(m,n,t) \leftarrow FD_b(m,n,t)$
6.  $FD_d(m,n,t) \leftarrow FD_e(m,n,t)$
7. *End*

Langkah-langkah dimulai dengan mengasumsikan  $I(x,y,t)$  adalah *original frame* pada *frame t* dalam sebuah urutan video, dengan  $(x,y)$  menandakan sebuah posisi dari sebuah piksel

pada *original frame* dan diasumsikan  $I_B(m,n,t)$  adalah citra hasil dekomposisi dari *original frame*, dengan  $(m,n)$  menandakan posisi blok area dengan kepadatan piksel yang tinggi serta area ini *robust* terhadap *noise* tetapi sensitif terhadap pergerakan objek.  $I_B(m,n,t)$  didefinisikan pada (1) [11].

$$I_B(m,n,t) = \text{mean}(m,n,t) + \frac{\alpha}{\beta^2} (N_1(m,n,t) - N_{-1}(m,n,t)) \quad (1)$$

dengan  $(m,n)$  adalah *featured densed block*,  $\alpha$  adalah konstanta yang lebih kecil dari satu,  $\text{mean}(m,n,t)$  adalah nilai rata-rata dari level abu-abu dari semua piksel dalam blok  $(m,n)$  pada *frame ke-t*,  $N_1(m,n,t)$  adalah jumlah piksel dengan level abu-abu yang lebih besar dibanding  $\text{mean}(m,n,t)$ ,  $N_{-1}(m,n,t)$  adalah jumlah piksel dengan level abu-abu yang lebih kecil dari  $\text{mean}(m,n,t)$ . Hasil representasi dari (1) diperlihatkan pada Gbr. 2.



Gbr. 1 Diagram blok simulasi peningkatan unjuk kerja SUED menggunakan *wavelet* dan proses pelacakan objek menggunakan filter Kalman.

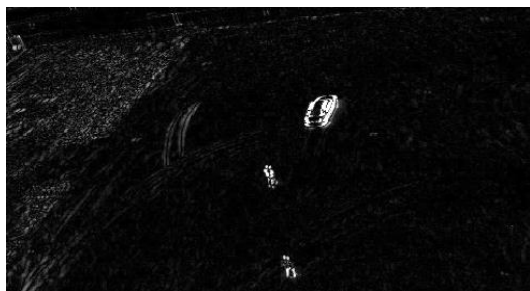


Gbr. 2 Representasi citra penerapan dari (1).

Dari (1) didapatkan persamaan *frame difference* dari dua citra yang tersusun dari gerakan blok secara berturut-turut [11].

$$FD_r(m,n,t) = \left( \frac{|I_B(m,n,t) - I_B(m,n,t-1)|}{\frac{FD_{max}(t)}{256}} \right) \quad (2)$$

dengan  $FD(m,n,t)$  adalah citra hasil kuantisasi setelah operasi pembulatan,  $FD_{max}$  adalah nilai maksimum dari  $FD(m,n,t)$ . Hasil representasi dari (2) diperlihatkan pada Gbr. 3.



Gbr. 3 Representasi citra penerapan dari (2).

Tahap selanjutnya,  $FD_r(m, n, t)$  difilter menggunakan filter median dengan ukuran  $3 \times 3$ , seperti pada Gbr. 4. Persamaan filter dilambangkan dengan  $FD_f(m, n, t)$ , diperoleh dengan (3) [11].

$$FD_f(m, n, t) = \begin{cases} 1, & FD(m, n, t) \geq T(t) \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (3)$$

dengan  $T(t)$  = rata-rata dari semua blok pada  $FD_r(m, n, t)$  pada waktu ke- $t$  + Konstanta Positif\*(Puncak yang terluas dari histogram dari  $FD_f(m, n, t)$  - Puncak terluas dari histogram  $FD_r(m, n, t)$ ).

Gbr. 4  $FD_r(m, n, t)$  difilter dengan menggunakan filter median dengan ukuran  $3 \times 3$ .

Kemudian didapatkan citra biner/binary image,  $FD_b(m, n, t)$ , seperti pada Gbr. 5, yang diperoleh dengan persamaan sebagai berikut [11].

$$\begin{aligned} & \text{jika } FD_f(m, n, t) = 1 \\ & \text{maka } FD_b(m, n, t) \leftarrow FD_f(m, n, t) \\ & \text{untuk yang lain, } FD_f(m, n, t) = 0 \end{aligned} \quad (4)$$



Gbr. 5 Citra hasil citra biner.

Hasil keluaran dari  $FD_b(m, n, t)$  memiliki batas-batas yang terputus dan akan terdapat lubang-lubang. Untuk memastikan  $FD_b(m, n, t)$  terdapat objek yang bergerak dilakukan *edge based morphological dilation*. Hal inilah yang disebut SUED.

Objek dengan *edge image* dilambangkan  $FD_e(m, n, t)$ . *Edge image* ini dapat diperoleh menggunakan *gradient operator* seperti operator Sobel, seperti ditunjukkan pada Gbr. 6. Selanjutnya adalah proses dilasi  $FD_d(m, n, t)$ , diperoleh dengan menggunakan (5) [11].

$$FD_d(m, n, t) = FD_e(m, n, t) \cup \{x | x = i + j; i \in FD_e(m, n, t); j \in L; Edge(X) \neq 0\} \quad (5)$$

dengan L adalah elemen struktur yang berisi elemen  $i, j$ . Persamaan (5) ini adalah *edge based dilation* yang diekspektasikan untuk menghindari region yang tidak diinginkan untuk bercampur dengan keluaran hasil SUED. Hasil citra keluaran proses dari dilatasi dapat dilihat pada Gbr. 7.



Gbr. 6 Deteksi tepi menggunakan operator Sobel.



Gbr. 7 Citra hasil proses dilatasi berdasarkan penerapan (5).

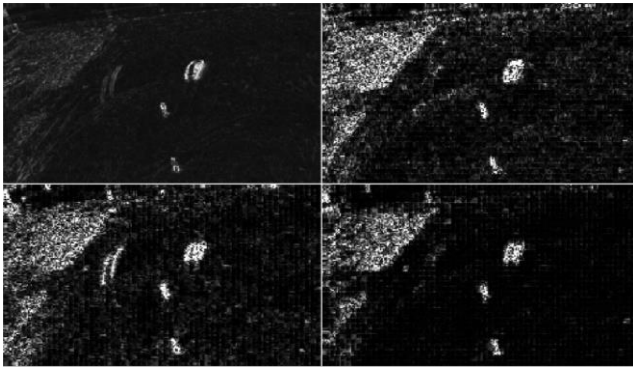
### C. Peningkatan Unjuk Kerja Algoritme SUED dengan Menggunakan Wavelet

Pada tahap ini, metode *wavelet* digunakan setelah proses *frame difference* menggantikan filter median dan sebagai deteksi tepi, sehingga tahapannya adalah sebagai berikut.

1. Start
2.  $FD_r(m, n, t) \leftarrow$  Decomposed image between 2 frames,  $I_B(m, n, t) - I_B(m, n, t - 1)$  at  $t$  and  $t-1$  time.
3. Wavelet
4.  $FD_e(m, n, t) \leftarrow$  Wavelet
5.  $FD_d(m, n, t) \leftarrow$   $FD_e(m, n, t)$
6. End

Proses deteksi tepi menggunakan *wavelet* dimulai dengan proses dekomposisi (*Wavelet Transform*) suatu citra. Suatu citra dapat dianggap sebagai suatu matriks dua dimensi, lalu dilakukan transformasi terhadap baris-baris pada citra dan dilanjutkan dengan transformasi terhadap kolom-kolom pada

citra. Sebagai contoh, Gbr. 8 adalah hasil dekomposisi terhadap sebuah citra bergambar dengan menggunakan *wavelet* Haar.



Gbr. 8 Citra hasil proses dekomposisi menggunakan *wavelet* Haar.

Dekomposisi hanya dilakukan dua level ( $a^0$  sampai  $a^2$ ). Dekomposisi dilakukan menggunakan fasilitas *Wavelet Toolbox* pada MATLAB 2014. Pada MATLAB 2014 diperlihatkan hasil dekomposisi *wavelet* dengan keterangan sebagai berikut: Pada notasi Matlab, bagian LL disebut bagian aproksimasi (A), bagian LH disebut detail vertikal (V), bagian HL disebut detail horizontal (H), dan bagian HH disebut detail diagonal (D).

Tahap selanjutnya setelah proses dekomposisi adalah proses memodifikasi salah satu dari empat bagian yang telah disebutkan di atas. Khusus untuk proses deteksi tepi bagian, yang dimodifikasi adalah bagian LL atau disebut juga bagian *aproksimasi* (A). Bagian (A) ini dimodifikasi dengan mengenkalkan level intensitasnya, sehingga bagian ini menjadi citra yang hitam. Gambar hasil bagian (A) yang dinolkan ditunjukkan pada Gbr. 9.

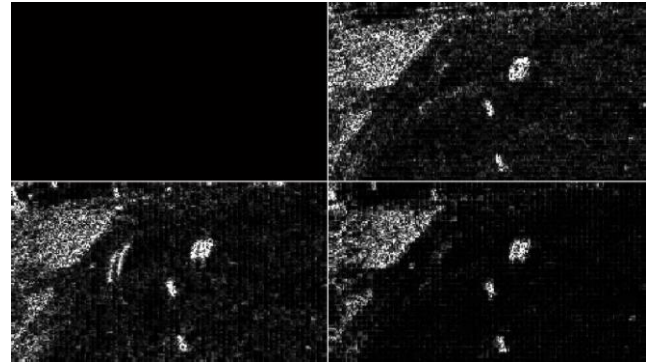
Setelah didapatkan hasil modifikasi proses dekomposisi seperti Gbr. 9, selanjutnya dilakukan proses sintesis (*Inverse Wavelet Transform*) dari keempat bagian citra tersebut dan kemudian diambil nilai absolutnya. Hasil citra sintesis ditunjukkan pada Gbr. 10.

Hasil sintesis diproses menggunakan *gradient operator* seperti operator Sobel. Tahap terkahir adalah dengan menggunakan metode dilatasi berdasarkan (5).

#### D. Mitigasi/Pelacakan Objek Bergerak dengan Metode Filter Kalman

Filter Kalman mengestimasi satu proses melalui mekanisme kontrol umpan-balik: Filter mengestimasi *state* dari proses kemudian mendapat umpan balik berupa nilai hasil pengukuran yang bercampur *noise*. Persamaan untuk filter Kalman dikelompokkan dalam dua bagian: persamaan *update* waktu dan persamaan *update* pengukuran. Persamaan *update* waktu bertugas untuk mendapatkan nilai praestimasi untuk waktu step selanjutnya. Persamaan *update* pengukuran bertugas untuk keperluan umpan balik, seperti memadukan hasil pengukuran terbaru dengan nilai praestimasi untuk mendapatkan nilai pascaestimasi yang lebih baik. Persamaan *update* waktu disebut juga persamaan prediksi, sedangkan

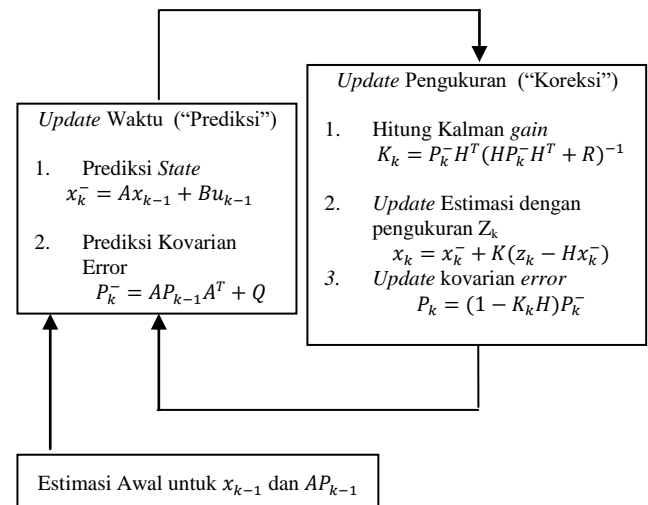
persamaan *update* pengukuran disebut persamaan koreksi. Algoritme estimasi filter Kalman menyerupai algoritme prediksi-koreksi untuk menyelesaikan masalah numerik sebagaimana pada Gbr. 11.



Gbr. 9 Citra hasil modifikasi bagian aproksimasi (A).



Gbr. 10 Citra hasil sintesis (*Inverse Wavelet Transform*).



Gbr. 11 Siklus kerja filter Kalman diskrit.

### III. HASIL SIMULASI DAN ANALISIS

Dalam menyimulasikan algoritme SUED, digunakan beberapa *data set* video UAV (actions1.mpg dan actions2.mpg) yang didapatkan dari CRVC. Hasil keluaran dari algoritme SUED dengan dan tanpa transformasi *wavelet* diperlihatkan pada Gbr. 12. Masing-masing region pada gambar tersebut mengindikasikan koherensi antara intensitas piksel dan gerakan dari objek yang bergerak. Dengan

menggunakan algoritme SUED yang mengombinasikan *frame difference* dan proses segmentasi yang berupa deteksi tepi, objek bergerak dapat dibedakan dengan latar belakangnya.

Proses evaluasi algoritme SUED menggunakan dua parameter, yaitu *detection rate* dan *false alarm rate*. Metrik-metrik ini didapatkan berdasarkan parameter-parameter sebagai berikut [11].

1. *True Positive (TP)*: region terdeteksi yang terdapat objek bergerak.
2. *False Positive (FP)*: region terdeteksi yang tidak terdapat objek bergerak.
3. *False Negative (FN)*: objek bergerak tidak terdeteksi.
4. *Detection rate* atau *Precision rate*:

$$(DR) = (TP/(TP+FN)) \times 100\%. \quad (6)$$

5. *False alarm rate*:

$$(FAR) = (FP/(TP+FP)) \times 100\%. \quad (7)$$

Selanjutnya, hasil evaluasi dari keseluruhan *frame* dari kedua metode yang digunakan disajikan pada Tabel I.

TABEL I  
HASIL EVALUASI ALGORITME SUED

Metode	FP	TP	FN	DR	FAR
SUED	85	259	51	83%	24%
SUED + Wavelet	28	300	67	81%	7%

Proses selanjutnya adalah menggunakan keluaran dari kedua metode tersebut untuk dilakukan proses pelacakan. Metode *tracking* yang digunakan adalah filter Kalman. Keluaran dari proses algoritme SUED yang telah dilatasi atau proses *morphological* untuk memperbaiki hasil deteksi objek bergerak yang masih memiliki *holes* dan *discontinuity border*. Hal ini berguna untuk mempermudah proses komputasi dan penentuan nilai *centroid* objek.

Pada hasil perbandingan yang ditunjukkan pada Gbr. 12, penggunaan kombinasi metode *wavelet* dan operator Sobel pada algoritme SUED dapat meminimalkan terjadinya *noise region* yang disebabkan adanya area yang mengandung titik-titik putih. Area ini disebabkan pergerakan dari kamera UAV yang mengakibatkan latar belakang yang seharusnya diam terlihat bergerak. Penggunaan kombinasi metode *wavelet* dan operator Sobel menunjukkan adanya peningkatan unjuk kerja, seperti ditunjukkan pada Tabel I.

Kemudian, dari hasil evaluasi algoritme SUED dengan kombinasi metode *wavelet* dan operator Sobel didapatkan jumlah *frame* untuk *TP* sebanyak 300 *frame*, kemudian untuk *FP* sebanyak 28 *frame*, dan *FN* sebanyak 67 *frame*. Sementara itu, diperoleh *DR* sebesar 81% dan *FAR* sebesar 7%. Jadi, dengan menggunakan kombinasi *wavelet* dan operator Sobel pada deteksi tepinya, didapatkan peningkatan jumlah *frame* untuk *TP* sebesar 41 *frame*, kemudian *FAR* yang didapatkan juga ikut menurun menjadi 7% dari 24%. Walaupun *DR* turun 2%, dari 83% menjadi 81%, tetapi hal ini tetap mengindikasikan bahwa metode kombinasi *wavelet* dan operator Sobel dapat menangani analisis gerakan dari objek bergerak dengan sangat baik.



(a)



(b)

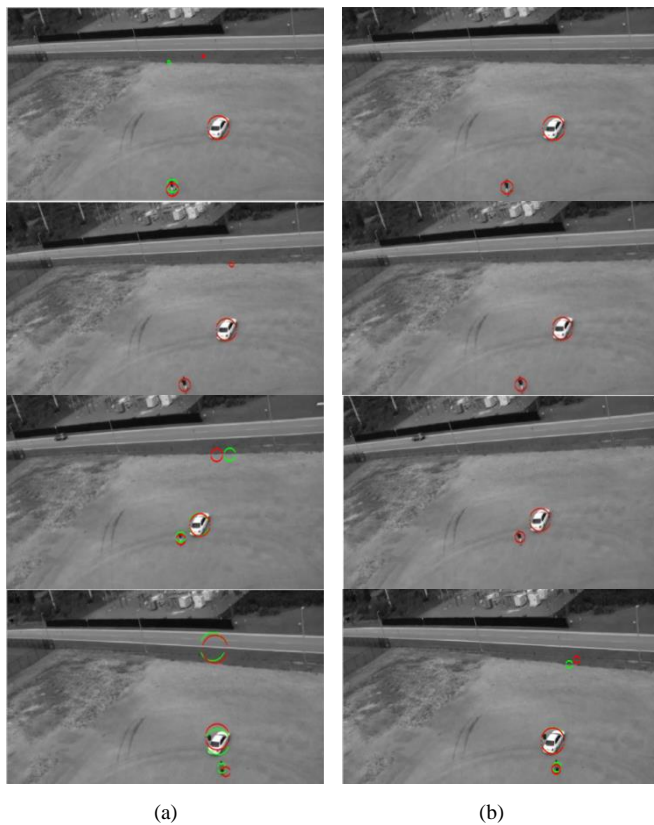
Gbr. 12 Hasil perbandingan keluaran dari algoritme SUED pada *frame* ke-57, (a) Dengan operator Sobel, (b) Dengan kombinasi transformasi *wavelet* dan operator Sobel.

Proses penerapan filter Kalman pada simulasi menggunakan MATLAB meliputi beberapa rangkaian proses. Proses pertama adalah praproses keluaran hasil dilatasi dari algoritme SUED, kedua menentukan *Region of interest (ROI)* dari objek yang bergerak. Penentuan ROI ini didasarkan pada intensitas area piksel, karena area yang mengandung intensitas piksel yang tinggi mengindikasikan posisi dari objek yang bergerak. Ketiga adalah proses menentukan jumlah intensitas piksel pada setiap area yang dideteksi dari ROI, karena seperti yang disebutkan sebelumnya, gerakan dari objek yang bergerak memiliki informasi piksel, dalam hal ini adalah jumlah intensitas pikselnya. Kemudian, yang terakhir adalah proses penentuan posisi *centroid* dari area tersebut. *Centroid* memiliki dua komponen, yaitu posisi pada bidang vertikal, ( $C_y$ ), dan bidang horizontal ( $C_x$ ).

Tabel II dan Tabel III menunjukkan posisi *centroid* atau titik tengah dari objek yang terdeteksi. *Centroid*, ( $x_1, y_1$ ), menunjukkan posisi nilai tengah objek yang memiliki nilai intensitas piksel yang terbesar. *Centroid* ( $x_2, y_2$ ) menunjukkan posisi nilai tengah objek yang memiliki nilai intensitas piksel yang terbesar ke-2 dan *centroid* ( $x_3, y_3$ ) menunjukkan posisi nilai tengah objek yang memiliki nilai intensitas piksel yang terbesar ke-3. Nilai nol berarti tidak terdapat *centroid* yang terdeteksi. Penentuan *centroid* berdasarkan jumlah intensitas piksel ditandai dengan besarnya lingkaran yang mengitari objek yang dilacak dan dideteksi. Kemudian, adanya *blob* yang terdeteksi diakibatkan intensitas pikselnya lebih besar dibanding intensitas piksel objek yang bergerak.

Hasil perbandingan simulasi proses pelacakan objek bergerak dengan menggunakan kedua metode tersebut diperlihatkan pada Gbr. 13





Gbr. 13 Hasil pelacakan dari algoritme SUED pada *frame* ke-42, ke-57, ke-192, dan ke-393, berurutan dari atas ke bawah, (a) Dengan operator Sobel, (b) Dengan kombinasi transformasi *wavelet* dan operator Sobel.

TABEL II  
HASIL PERHITUNGAN DAN HASIL PREDIKSI POSISI *CENTROID* UNTUK ALGORITME SUED

<i>Centroid</i>	<i>Frame</i>			
	42	57	192	393
$x_1$	319,9269	333,4466	298,4372	311,656
$y_1$	168,2583	177,6712	171,9756	78,9324
$x_2$	249,94	270,7447	268,1294	326,1136
$y_2$	250,116	254,5787	76,244	209,5813
$x_3$	244,3846	341,8276	268,1294	326,1136
$y_3$	76,6154	86,8966	195,5941	245,9848
<b>Prediksi <i>Centroid</i></b>				
$x_1$	319,6972	333,6884	298,9552	315,4781
$y_1$	168,3247	177,6973	171,9011	82,03968
$x_2$	249,8061	270,8231	314,0123	318,7443
$y_2$	255,3762	254,6342	78,84494	202,8788
$x_3$	296,9508	341,5238	273,8713	331,994
$y_3$	67,9992	87,09781	187,5089	250,7471

Lingkaran hijau menandakan proses deteksi objek bergerak, sedangkan lingkaran merah menandakan hasil pelacakan objek. Hasil didapatkan menggunakan sampel dari empat *frame*. Kemudian, hasil perhitungan dan hasil pelacakan untuk posisi *centroid* dari Gbr. 13(a), yaitu dengan algoritme SUED, disajikan dalam Tabel II.

Hasil perhitungan dan hasil pelacakan untuk posisi *centroid* dari Gbr. 13(b), yaitu algoritme SUED dengan transformasi

*wavelet* disajikan dalam Tabel III dan untuk perbandingan *error* dari posisi *centroid* kedua metode disajikan dalam Tabel IV.

TABEL III  
HASIL PERHITUNGAN DAN HASIL PREDIKSI POSISI *CENTROID* UNTUK ALGORITME SUED DENGAN TRANSFORMASI WAVELET

<i>Centroid</i>	<i>Frame</i>			
	42	57	192	393
$x_1$	319,9269	333,4466	298,4372	319,7002
$y_1$	168,2583	177,6712	171,9756	209,5813
$x_2$	249,94	270,7447	268,1294	326,1136
$y_2$	250,116	254,5787	195,5941	245,9848
$x_3$	0	0	0	344,6267
$y_3$	0	0	0	104,9067
<b>Prediksi <i>Centroid</i></b>				
$x_1$	319,70291	333,68844	298,95873	319,47481
$y_1$	168,32470	177,69734	171,90165	209,96192
$x_2$	249,56992	270,8231	268,55889	324,78123
$y_2$	250,24991	254,63418	195,45602	248,97406
$x_3$	0	0	0	355,94825
$y_3$	0	0	0	98,57391

TABEL IV  
PERBANDINGAN NILAI *ERROR* DARI KEDUA METODE

<i>Centroid</i>	<i>Frame</i>			
	42	57	192	393
$x_1$	0,229697	0,241839	0,51801	3,822107
$y_1$	0,066439	0,026145	0,074506	3,107281
$x_2$	0,133923	0,078401	15,1767	1,955888
$y_2$	5,260214	0,055478	2,600944	6,702454
$x_3$	52,56622	0,303774	5,741902	5,880442
$y_3$	8,6162	0,201215	8,085215	4,762268
<b>Dengan kombinasi <i>wavelet</i> dan operator Sobel</b>				
$x_1$	0,223981	0,241864	0,521547	0,225397
$y_1$	0,066453	0,026112	0,073982	0,380625
$x_2$	0,370076	0,07842	0,429478	1,332407
$y_2$	0,133911	0,055455	0,138098	2,989211
$x_3$	0	0	0	11,32158
$y_3$	0	0	0	6,332757

Dari Tabel II yang ditunjukkan, tampak untuk *centroid* ( $x_3, y_3$ ), khususnya pada *frame* ke-42, *frame* ke-57, dan *frame* ke-192, memiliki nilai nol. Artinya, *noise region* yang sebelumnya ikut diproses sudah tidak terdeteksi dan terlacak lagi. Hal ini disebabkan penggunaan kombinasi metode *wavelet* dan operator Sobel pada deteksi tepi meminimalkan adanya *noise region* yang terdapat pada ROI. Namun, untuk *frame* ke-393, *noise region* masih terdeteksi dan terlacak. Hal ini disebabkan besarnya area intensitas piksel dari *noise region* yang terdeteksi dan ini dapat dikatakan menjadi kekurangan dari kombinasi dua metode ini

Penggunaan kombinasi metode *wavelet* dan operator Sobel juga menunjukkan adanya penurunan nilai *error* antara hasil prediksi dan hasil pelacakan objek bergerak. Nilai *error* berarti terdapat pergeseran antara hasil perhitungan dan hasil prediksi. Penurunan nilai *error* dapat dilihat pada *frame* ke-192 untuk  $x_2$ , dari 15,1767 menjadi 0,429478 pada Tabel IV.

Kemudian, untuk *frame* ke-393, khususnya pada nilai  $x_2 = 1,955888$  dan  $y_2 = 6,702454$  menjadi  $x_2 = 1,332407$  dan  $y_2 = 2,989211$  pada Tabel IV. Dapat dikatakan bahwa kombinasi kedua metode ini menyebabkan penurunan terjadinya *error* antara hasil prediksi dan hasil pelacakan objek bergerak.

#### IV. KESIMPULAN

Hasil simulasi algoritme SUED menunjukkan bahwa objek bergerak dapat dideteksi berdasarkan gerakan yang membawa informasi piksel dari objek bergerak tersebut. Penggunaan kombinasi metode *wavelet* dan operator Sobel menunjukkan adanya peningkatan unjuk kerja untuk algoritme SUED dan adanya penurunan nilai *error* antara hasil prediksi dan hasil pelacakan objek bergerak. Kelemahan dari penggunaan kombinasi metode *wavelet* dan operator Sobel pada algoritme SUED adalah tidak dapat mengatasi *noise region* yang memiliki area intensitas piksel yang besar yang mengakibatkan terjadinya kesalahan deteksi dan pelacakan objek bergerak, sehingga ini dapat menjadi bahan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih sebesar-besarnya diucapkan kepada LPPM UVERS yang mendukung pembiayaan penelitian ini hingga akhirnya bisa dipublikasikan.

#### REFERENSI

- [1] Ma'sum, M.A, Arrofi, M.K., Jati, G., Arifin, F., Kurniawan, M.N., Mursanto, P., Jatmiko, W., "Simulation of Intelligent Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Military Surveillance," *2013 International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACSIS)*, 2013, hal. 161 – 166.
- [2] A. F. M. S. Saif, A. Prabuwo, Z. Mahayuddin, "A Review of Machine Vision Based on Moving Objects: Object Detection from UAV bAerial Images," *International Journal of Advanced Computer Technology*, Vol. 5, No. 15, hal. 57-72, 2013.
- [3] H.-Y. Cheng, C.-C. Weng, Y.-Y. Chen, "Vehicle Detection in Aerial Surveillance Using Dynamic Bayesian Networks," *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 21, No. 4, hal. 2152–2159, 2012.
- [4] Z. Jiang, W. Ding, H. Li, "Aerial Video Image Object Detection and Tracing Based on Motion Vector Compensation and Statistic Analysis," *Proceedings of the 1st Asia Pacific Conference on Postgraduate Research in Microelectronics and Electronics (PrimeAsia '09)*, 2009, hal. 302–305.
- [5] Jae-Neung Lee, Keun-Chang Kwak, "A Trends Analysis of Image Processing in Unmanned Aerial Vehicle", *International Journal of Computer, Information, Systems and Control Engineering*, Vol. 8, No. 2, hal. 22-28, 2014.
- [6] T. Moranduzzo, F. Melgani, "A SIFT-SVM Method for Detecting Cars in UAV Images," *Proceedings of the IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS'12)*, 2012, hal. 6868–6871.
- [7] C. Long, J. Zhiguo, Y. Junli, M. Yibing, "A Coarse-to-Fine approach for Vehicles Detection from Aerial Images," *Proceedings of the International Conference on Computer Vision in Remote Sensing (CVRS '12)*, 2012, hal. 221-225.
- [8] A. Gaszczak, T.P. Breckon, J.W. Han, "Real-time People and Vehicle Detection from UAV Imagery", *Proc. SPIE Conference Intelligent Robots and Computer Vision XXVIII: Algorithms and Techniques*, 2011, vol.7878.
- [9] H. Bhaskar, "Integrated Human Target Detection, Identification and Tracking for Surveillance Applications," *Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Intelligent Systems (IS '12)*, 2012, hal. 467-475.
- [10] J. Gleason, A. V. Nefian, X. Bouysounousse, T. Fong, G. Bebis, "Vehicle Detection from Aerial Imagery," *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA '11)*, 2011, hal. 2065-2070.
- [11] A. F. M. S. Saif, A. S. Prabuwo, Z. R. Mahayuddin, "Moving Object Detection Using Dynamic Motion Modelling from UAV Aerial Images," *The Scientific World Journal*, Vol. 2014, hal.232-244, 2014.
- [12] Maini, Raman, and Aggarwal, Himanshu,"Study and Comparison of Various Image Edge Detection Techniques", *International Journal of Image Processing (IJIP)*, Vol. 3, Issue 1, hal. 1-12, 2009.
- [13] L. Xue and J. Pan., "Edge Detection Combining Wavelet Transform and Canny Operator Based on Fusion Rules", *Proc. of the 2009 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition*, 2009, hal. 324.
- [14] Welch, G., Bishop, G., "An Introduction to the Kalman Filter", *International Annual Conference Comput. Graph Interact. Technology*, 2001.