

Sistem Deteksi Api Berbasis Spatial-Temporal Dengan Metode Ekstraksi Kontur dan *Area Movement Analysis*

Fire Detection System Based Spatial-Temporal Using Contour Extraction and Movement Analysis Area Method

Brilian Aringga Prabowo^[1], Tjokorda Agung Budi W^[2], Febryanti Sthevanie^[3]

Fakultas Informatika, Telkom University, Bandung, Indonesia

Email : [1] brilianaringga@gmail.com, [2] cokagung2001@gmail.com [3] febryantisthevanie@gmail.com

Abstrak

Ekstraksi kontur dan *area movement analysis* merupakan kunci untuk mendeteksi keberadaan api pada citra sekuensial sehingga waktu dan lokasi api dapat dideteksi.. Untuk mengekstrak kontur pada frame dilakukan binerisasi dengan menggunakan *adaptive threshold*. Kemudian dengan memanfaatkan cita biner yang didapatkan dilakukan pendeteksian berdasarkan nilai rata-rata keabuan setiap objek serta nilai piksel pada tepi objek. Pada *area movement analysis* dilakukan analisis berdasarkan *area overlapping* dan *area growing* pada objek api di dua frame yang berbeda. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa dengan memanfaatkan ekstraksi kontur dan *area movement analysis* sistem mampu mendeteksi waktu kemunculan serta lokasi api dengan baik.

Kata Kunci : ekstraksi kontur, *area movement analysis*, *adaptive threshold*, *area overlapping*, *area growing*.

Abstract

Contour extraction and movement analysis is a key area to detect the presence of fire in sequential images so the time and location of the fire can be detected .. In order to extract the contour of the frame is done binerisasi by using adaptive threshold. Then, by utilizing the binary ideals obtained detection performed based on your average gray value of each object and the value of the pixels on the edges of objects. In the area of movement analysis, an analysis based on overlapping areas and growing area on the object of fire in two different frames. Based on the results of the research showed that by using the contour extraction and movement area analysis system capable of detecting the appearance time and location with a good fire.

Keywords: contour extraction, movement area analysis, adaptive threshold, overlapping areas, growing area.

1. Pendahuluan

Kebakaran merupakan bencana yang paling sering terjadi dikalangan masyarakat saat ini. Hal ini bisa terjadi akibat alam ataupun kesalahan dari manusia itu sendiri. Untuk mengatasi hal ini mulai banyak dibuat berbagai alat untuk mendeteksi api sehingga dapat mencegah kebakaran tersebut.

Seiring berkembangnya zaman, mulai banyak diciptakan alat pendeteksi api dengan menggunakan sensor berdasarkan suhu, cahaya, asap, dan yang lainnya [4]. Namun biaya pemasangan yang rumit dan cukup mahal membuat orang-orang tidak menggunakannya di rumah-rumah. Dengan melihat kebiasaan masyarakat yang lebih banyak menggunakan kamera CCTV di rumah, maka mulai bermunculan ide untuk mengembangkan sistem pendeteksi api berdasarkan citra.

Kamera CCTV menghasilkan citra sekuensial dari suatu lingkungan sehingga dapat menunjukkan perubahan-perubahan yang terjadi pada lingkungan tersebut. Dengan melihat karakteristik api yang memiliki warna serta pergerakan yang unik, citra sekuensial yang dihasilkan kamera CCTV dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan api. Dengan menganalisis warna api pada suatu frame kemudian membandingkan perubahan yang terjadi pada frame yang berbeda atau disebut dengan analisis spatial-temporal pada citra sekuensial yang dihasilkan kamera CCTV, keberadaan api dapat dideteksi. Pada tahap analisis spatial dilakukan

pengambilan nilai-nilai penting yang terdapat pada *frame*, sedangkan pada tahap analisis temporal dilakukan pencarian perubahan-perubahan nilai yang terjadi pada data spasial .

Dalam beberapa paper, dikemukakan bahwa *contour extraction* merupakan tahap yang penting dikarenakan akan mempengaruhi kinerja sistem kedepannya terutama pada tahap deteksi tepi [17]. Banyak algoritma deteksi tepi seperti *Robert Cross*, *Prewitt* dan *Sobel Operators*, namun pada algoritma-algoritma tepi tersebut masih menghasilkan *noise* dan kontur yang tidak selalu tersambung sehingga dapat mempengaruhi proses selanjutnya seperti tahap pengenalan api berdasarkan warna dan wilayah [12,17]. Oleh karena itu untuk mendapatkan kontur yang sesuai citra biner yang didapatkan dengan menggunakan *adaptive threshold* akan diolah berdasarkan nilai rgb dan keabuan objek untuk menentukan objek mana yang akan diproses selanjutnya. Penggunaan Ekstraksi Kontur pada tahap spasial bertujuan untuk mempermudah pengenalan api berdasarkan informasi dari nilai piksel api. Dari proses ekstraksi kontur akan didapatkan objek yang dicurigai sebagai api pada *frame* dan menghilangkan objek lain yang tidak memenuhi syarat sebagai api.

Pada tahap analisis temporal akan dilakukan pendeteksian api dengan menggunakan sifat penyebaran yang dimiliki oleh api. Dengan menggunakan *area movement analysis*, perubahan yang terjadi pada objek api di *frame* yang berbeda akan di analisis untuk melihat apakah benar objek tersebut merupakan api atau bukan.

2. Landasan Teori

A. Adaptive Threshold

Metode Otsu dipublikasikan oleh Nobuyuki Otsu pada tahun 1979. Metode ini menentukan nilai ambang dengan cara membedakan dua kelompok, yaitu objek dan latar belakang, yang memiliki bagian saling bertumpukan berdasarkan histogram seperti pada gambar. Metode Otsu termasuk kedalam pengembangan dengan menggunakan seluruh nilai piksel yang terdapat pada citra, sehingga perubahan salah satu atau beberapa piksel pada citra dapat mempengaruhi hasil yang didapat.

Prinsip metode Otsu adalah dengan melakukan analisis diskriminan yaitu menentukan suatu variabel yang dapat membedakan antara dua atau lebih kelompok yang muncul secara alami.

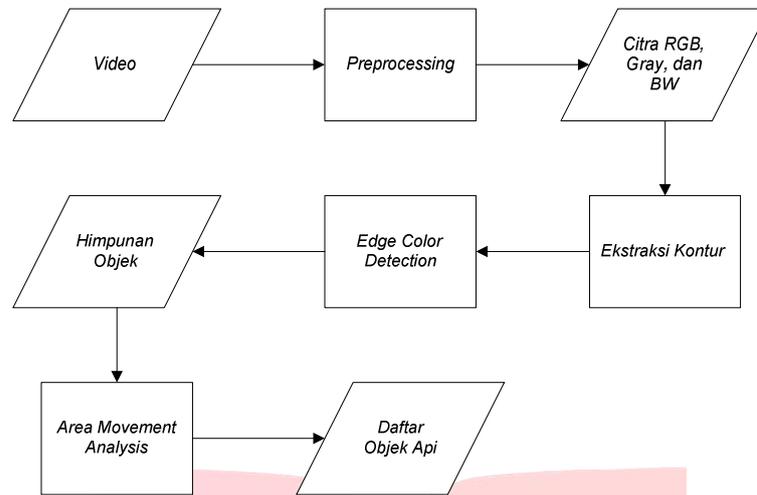
B. Deteksi Tepi Menggunakan Asas Ketetangaan

Deteksi tepi merupakan metode yang digunakan untuk mengekstrak piksel yang berada pada kontur internal atau biasa disebut sebagai tepi objek. Deteksi tepi dengan menggunakan asas ketetangaan merupakan metode yang digunakan untuk mengekstraksi piksel yang berada pada kontur internal atau biasa disebut sebagai tepi objek dengan menggunakan asas ketetangaan delapan arah. Algoritma yang biasa digunakan adalah algoritma yang dikemukakan oleh Davis (1990), yaitu dengan menggunakan 8-ketetangaan [10]. Citra yang biasa digunakan pada deteksi tepi ini adalah citra biner. Pada awalnya citra akan diperiksa piksel-pikselya satu persatu dari kiri ke arah kanan terus menerus sampai dengan piksel terakhir yang berada di kanan bawah. Setelah menemukan piksel dengan nilai 1, kemudian lakukan pencarian nilai tepi dengan menggunakan konsep 8-ketetangaan. Hasil dari chain code merupakan kumpulan lokasi dari piksel-piksel tepi yang berhubungan.

3. Pembahasan

A. Gambaran Umum Sistem

Secara umum sistem dibagi menjadi 2 bagian, yaitu analisis spasial dan analisis temporal. Pada tahap analisis spasial dilakukan analisis pada objek-objek didalam frame. Objek –objek tersebut kemudian diolah dan dianalisa dengan memanfaatkan ekstraksi kontur dan warna tepi piksel. Pada tahap analisis temporal dilakukan analisis berdasarkan perubahan yang terjadi pada setiap objek berdasarkan hasil analisis spasial. Objek – objek tersebut dilihat nilai perubahannya berdasarkan *area overlapping* dan *area growing*. Sistem yang dilakukan digambarkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1

B. Ekstraksi Kontur

Pada tahap ekstraksi kontur dilakukan analisis objek-objek dengan menggunakan rata-rata nilai keabuan objek dan warna pada tepi objek. Menurut Wang api memiliki panjang gelombang sinar inframerah api berada pada rentang 950nm~2000nm [17]. Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa rentang tersebut berada pada rentang nilai keabuan 169 sampai dengan 244. Setelah objek pada citra biner didapatkan, nilai rata-rata keabuan objek-objek tersebut dilihat untuk menentukan objek tersebut adalah api atau bukan. Kemudian objek-objek yang berhasil didapatkan melalui eliminasi berdasarkan nilai rata-rata keabuan, objek-objek tersebut dilihat nilai piksel tepinya. Lokasi piksel tepi setiap objek didapatkan dengan menggunakan metode asas ketetanggaan pada citra biner. Lokasi piksel tepi inilah yang kemudian akan digunakan untuk melakukan analisis pada warna tepi objek.

Piksel-piksel pada tepi objek yang berada pada citra RGB kemudian akan diperiksa berdasarkan hasil yang didapatkan melalui ekstraksi kontur. Kemudian objek-objek yang tidak memiliki nilai piksel api sama sekali akan dihapus karena objek tersebut diasumsikan bukanlah objek api. Analisis pada tepi objek dilakukan karena api memiliki ciri yang khas pada bagian tepinya, yaitu warna yang sangat merah. Sedangkan semakin kedalam warna objek api akan semakin memutih. Oleh karena itu pendeteksian hanya difokuskan pada tepi objek. berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa tepi objek api harus memenuhi syarat $R > G > B$. selain itu nilai RGB piksel tepi api berada pada rentang tertentu. Terdapat dua aturan yang digunakan untuk nilai piksel api, yaitu aturan untuk api gelap dan api terang. Pengecekan nilai piksel dilakukan pertama kali dengan menggunakan aturan untuk api gelap, apabila tidak terdapat nilai piksel api gelap pada objek maka dilakukan pengecekan nilai piksel dengan menggunakan aturan untuk api terang. Nilai piksel api yang didapatkan adalah sebagai berikut.

$$\text{Piksel Api Gelap} \begin{cases} 179 < R \\ 70 < G < 159 \\ B < 119 \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{Piksel Api Terang} \begin{cases} 210 < R \\ 123 < G \\ B < 176 \end{cases} \quad (2)$$

Secara umum proses pada ekstraksi kontur adalah seperti berikut

- 1) Lakukan binerisasi dengan menggunakan *adaptive threshold*.
- 2) Ambil objek-objek pada citra biner dengan menggunakan rata-rata nilai keabuan setiap objek.

- 3) Ambil lokasi tepi objek dengan menggunakan asas ketetanggaan.
- 4) Lakukan analisis pada nilai RGB dengan menggunakan lokasi yang telah didapatkan dari setiap objek.

C. Area Movement Analysis

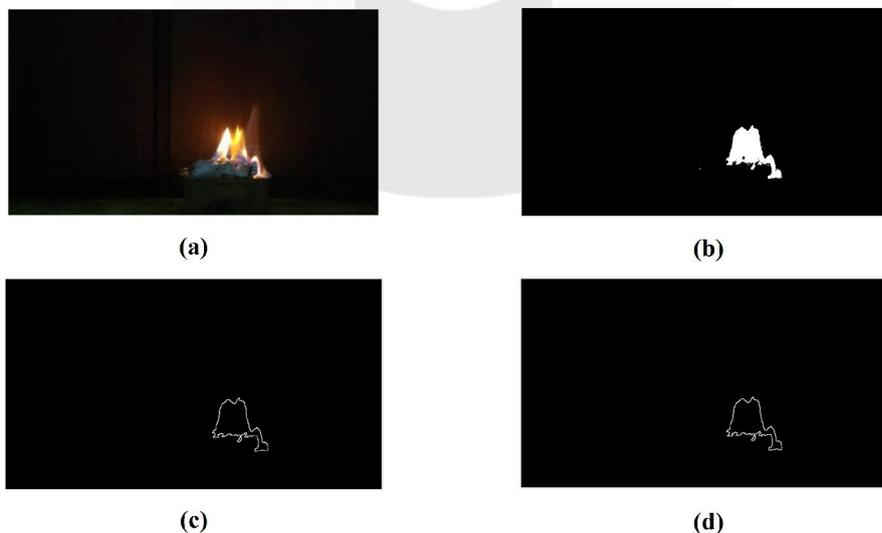
Selain memiliki warna yang khas pada tepinya, api memiliki keunikan yang lain yaitu pada sifat perpindahan luasnya. Objek api tidak pernah berpindah secara tiba-tiba dari suatu tempat ke tempat yang lainnya, namun objek api juga tidak pernah diam disatu tempat. Oleh karena itu pergerakan api bersifat semi-dinamis. Pada tahap *area movement analysis* pergerakan objek api dapat dideteksi dengan menganalisis nilai *area overlapping* yang dimiliki oleh objek api. Pendeteksian dilakukan dengan membandingkan objek api pada frame ke n dengan frame ke $(n+t)$. Nilai *area overlapping* bisa didapatkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Area Overlapping} = \frac{\sum_{(x,y) \in A_1} a(x,y) \cap b(x,y)}{\sum_{(x,y) \in A_2} b(x,y)} \quad (3)$$

Pada persamaan 3, $a(x,y)$ merupakan daftar lokasi piksel objek yang dicurigai sebagai api pada frame ke- n , sedangkan $b(x,y)$ merupakan lokasi piksel pada objek yang sama pada frame ke- $(n+t)$. Berdasarkan hasil analisis objek api berada pada rentang nilai *area overlapping* 0.64 sampai dengan 1. Nilai-nilai yang didapatkan menunjukkan bahwa hampir sebagian wilayah dari objek api selalu bergerak. Sedangkan pada saat objek api bernilai satu menunjukkan tidak ada bagian objek api yang berpindah. Hal ini dikarenakan terjadinya perbesaran luas objek api sehingga wilayah api pada frame sebelumnya tertutupi oleh wilayah pada frame selanjutnya. Objek – objek yang memiliki nilai *area overlapping* dibawah 0.64 menunjukkan bahwa objek tersebut berpindah sangat cepat.

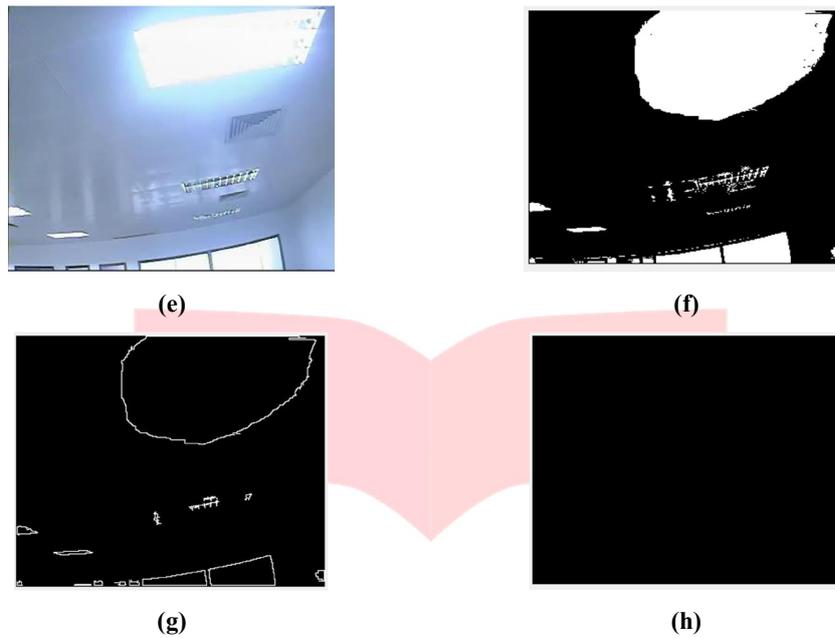
Setelah didapatkan objek-objek yang memiliki pergerakan menyerupai api, selanjutnya dilakukan pendeteksian perubahan luas objek api. Objek api memiliki perubahan luas yang unik dimana dia selalu membesar dan mengecil secara bertahap, tidak bisa membesar dan mengecil secara tiba-tiba kecuali pada kondisi tertentu. Oleh karena itu perbandingan perubahan luas objek perlu dilakukan untuk memisahkan antara objek api dengan objek lain yang tidak bergerak dan objek-objek lain yang berubah akibat perubahan kondisi cahaya. Berdasarkan hasil percobaan didapatkan bahwa objek api memiliki perbandingan perubahan luas antara 0.5 sampai dengan 1.5 kali lipat dibandingkan luas wilayah sebelumnya. Namun untuk memisahkan objek api dengan objek diam yang memiliki perubahan luas akibat berubahnya jarak antara kamera dengan objek maka dilakukan pembatasan nilai mendekati satu. Dengan begitu didapatkan bahwa nilai perbandingan perubahan luas objek api berada pada rentang 0,5 sampai dengan 0,9 atau 1,1 sampai dengan 1,5 kali lipat dari frame sebelumnya. Apabila terdapat objek yang memiliki sifat perubahan sesuai seperti yang telah ditentukan maka objek tersebut dianggap sebagai api.

4. Hasil Percobaan



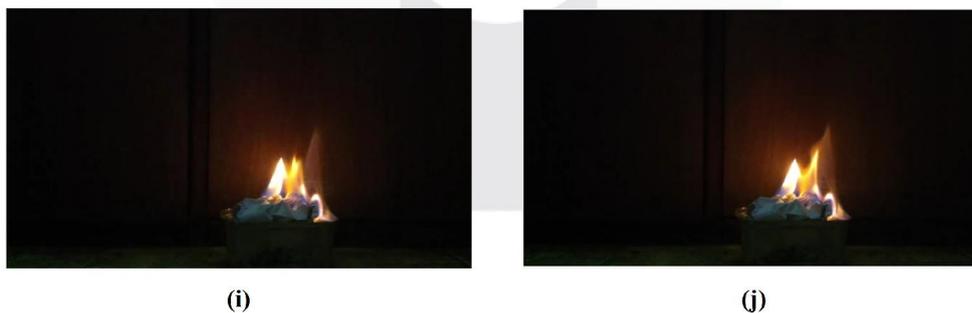
Gambar 2 Proses Ekstraksi Kontur Pada Objek Api

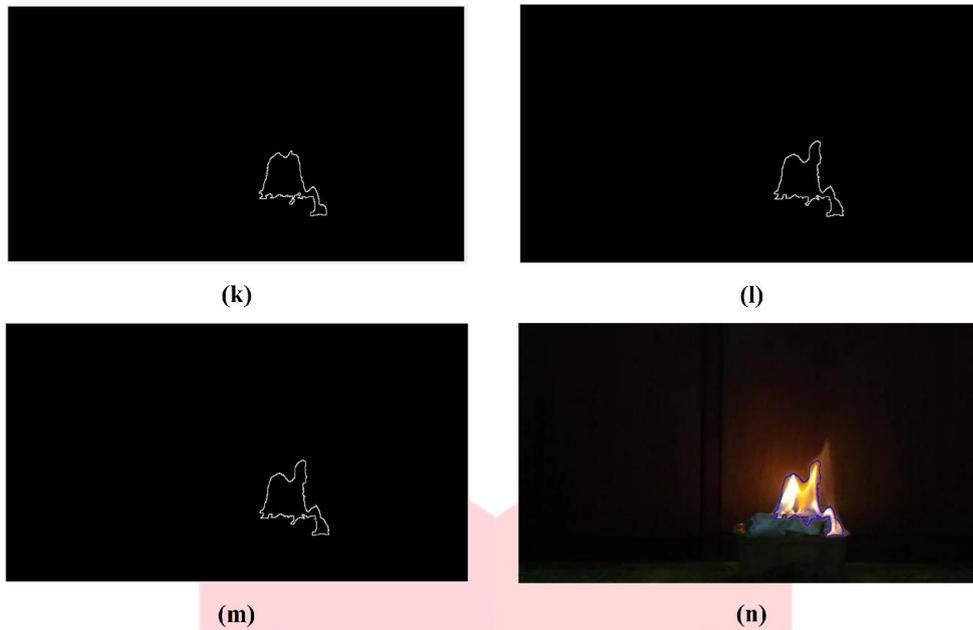
Pada Gambar 2a merupakan citra dengan objek api didalamnya. Gambar 2b merupakan hasil binerisasi dengan menggunakan *adaptive threshold*. Gambar 2c merupakan hasil eliminasi dengan menggunakan *gray mean level*. Pada Gambar 2c dapat dilihat objek api masih terdeteksi didalam sistem. Gambar 4-1d merupakan hasil pendeteksian nilai piksel pada tepi objek. Terlihat objek api dapat dideteksi dengan baik dengan menggunakan ekstraksi kontur sistem.



Gambar 3 Proses Ekstraksi Kontur Pada Objek Bukan Api

Pada Gambar 4-2 dapat dilihat proses ekstraksi kontur pada objek lampu. Pada Gambar 4-2e terdapat objek-objek yang memancarkan cahaya seperti lampu, serta terdapat objek lain yang berwarna cerah seperti jendela. Pada Gambar 4-2f merupakan hasil binerisasi citra Gambar 4-2e. Pada Gambar 4-2g dapat dilihat beberapa objek terdeteksi memiliki *gray mean value* yang sama dengan objek api, namun pada Gambar 4-2h merupakan hasil deteksi warna piksel api pada tepi objek. Pada hasil yang didapatkan terlihat tidak terdapat objek yang memiliki warna piksel api.





Gambar4 Proses Area Movement Pada Objek Api

Pada proses yang terjadi pada Gambar 4 terdapat proses analisis pada dua frame pada waktu yang berbeda. Gambar 4i merupakan citra yang memiliki objek api pada frame ke- n dan Gambar 4j merupakan citra yang memiliki objek api pada frame ke- $(n+t)$. Pada Gambar 4k dan Gambar 4l merupakan hasil ekstraksi kontur dari kedua frame. Gambar 4n merupakan hasil yang didapatkan dari *area movement analysis*.



(o)



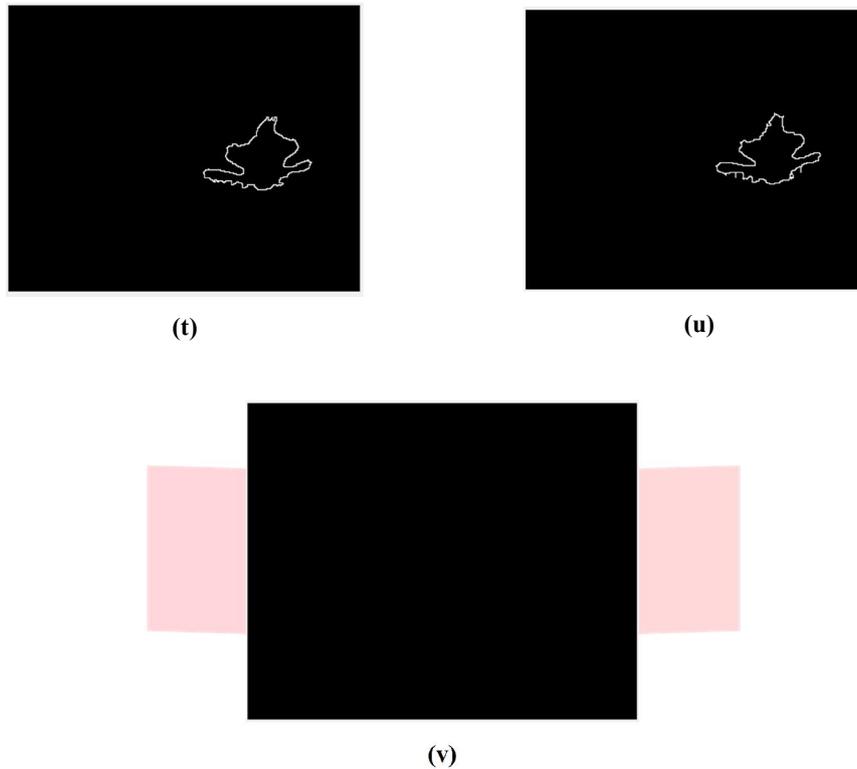
(p)



(q)



(s)



Gambar 5 Proses Movement Analysis Pada Objek Bukan Api

Pada Gambar 5 menunjukkan proses analisis pada objek manusia. Gambar 5o merupakan citra pada frame ke $-n$ dan Gambar 5p merupakan citra pada frame ke $-(n+t)$. Gambar 5q dan Gambar 5r merupakan citra biner dari kedua frame. Dapat dilihat pada Gambar 5s dan Gambar 5t pada kedua frame terdeteksi adanya objek yang menyerupai api. Namun pada Gambar 5v dapat dilihat bahwa dengan menggunakan *area movement analysis* tidak terdeteksi adanya objek api.

Berdasarkan hasil percobaan pada 50 video api dan 14 video non-api didapatkan hasil seperti berikut.

Tabel 1 Hasil Percobaan

Nama	Jumlah Frame	Jumlah Frame Api	Jumlah Api Terdeteksi	Nilai Akurasi (%)	Keterangan
Video 1	250	250	220	88	Kerta terbakar dalam ruangan
Video 2	302	302	209	69.2	Api di garasi
Video 3	247	247	141	57.1	Api di taman
Video 4	103	103	73	70.9	Api didepan latar kompleks

Dari Tabel 2 kita dapat melihat nilai akurasi sistem pada beberapa video api. Pada Video 1 terlihat memiliki nilai akurasi paling baik dikarenakan api berada pada kondisi gelap sehingga objek api lebih mudah dideteksi berdasarkan warnanya. Namun pada beberapa video sistem memiliki nilai akurasi yang kecil dikarenakan pengaruh dari latar selain objek. Nilai *false negative* pada sistem banyak terjadi pada objek api dengan luas yang sangat kecil dan juga api dengan biasan yang sangat luas pada video. *False positif* banyak terjadi pada objek bergerak yang terkena cahaya lampu yang menyerupai api serta orang yang bergerak pada jarak yang dekat dengan kamera.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa sistem mampu mendeteksi lokasi dan waktu kemunculan api dengan baik dengan nilai akurasi yang baik. Selain itu nilai *miss rate* dari sistem sangat kecil sehingga memungkinkan untuk digunakan sebagai sistem detektor api. Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan tambahan parameter untuk mendeteksi api dengan menggunakan bagian api yang lainnya sehingga nilai akurasi sistem dapat menjadi lebih baik.

Daftar Pustaka

- [1] *wiki.gis.com*. (2014, February 20). Retrieved 11 2, 2014, from [wiki.gis.com: http://wiki.gis.com/wiki/index.php/Temporal_GIS](http://wiki.gis.com/wiki/index.php/Temporal_GIS)
- [2] B. J. (2002). *Digital Image Proxessing*. Berlin; Heidelberg; New York: Springer.
- [3] Bo-Ho Cho, Jong-Wook Bae, & Sung-Hwan Jung. (2008). Image Processing-Based Fire Detection System Using Statistic Color Model. *ALPIT* (pp. 245 - 250). Dalian Liaoning: IEEE.
- [4] Briess, K., Jahn, H., Lorenz, E., Oertel, D., Skrbek, W., & Zhukov, B. (2003, 2 20). Fire Recognition potential of the bi-spectral Infrared Detection (BIRD) satellite [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 24(4), 865-870.
- [5] Budi W, T. A., & Suwardi, I. S. (2011, July 17-19). Fire alarm system based-on video processing. *Electrical Engineering and Informatics (ICEEI)* (pp. 1-7). Bandung: IEEE.
- [6] Celik, T., Ozkaramanli, H., & Demirel, H. (2007). Fire Pixel Classification using Fuzzy Logic and Statistical Color Model. *ICASSP* (pp. I-1205 - I-1208). Honolulu: IEEE.
- [7] CELIKT, DEMIRELH, OZKARAMANLIH, & etc. (2007). Fire Detection using statistical color model in video sequences. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, (pp. 176-185).
- [8] *esri*. (n.d.). Retrieved 11 2, 2014, from [www.esri.com: http://support.esri.com/en/knowledgebase/GISDictionary/term/spatial%20analysis](http://support.esri.com/en/knowledgebase/GISDictionary/term/spatial%20analysis)
- [9] Habiboglu, Y. H., Gunay, O., & Cetin, A. E. (2011, May 22-27). FLAME DETECTION METHOD IN VIDEO USING COVARIANCE DESCRIPTORS. *Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)* (pp. 1817 - 1820). Prague: IEEE.
- [10] Huang, F., & Wu, H. (2012). Video Flame Detection Based on Color and Contour Extraction. *Control Conference (CCC), 2012 31st Chinese* (pp. 3668 - 3671). Hefei: IEEE.
- [11] Kadir, A., & Susanto, A. (2013). *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- [12] Kiranyaz, S., Ferreira, M., & Gabbouj, M. (2006). Automatic Object Extraction Over Multiscale Edge Field for Multimedia Retrieval. *Image Processing*, 15, pp. 3759 - 3772. Paris: IEEE.
- [13] Koerich Borges, P. V., & Izquierdo, E. (2010). A Probabilistic Approach for Vision-Based Fire Detection in Videos. *Circuits and Systems for Video Technology* (pp. 721 - 731). IEEE.
- [14] Ping-He Huang, Jing-Yong Su, Zhe-Ming Lu, & Jeng-Shyang Pan. (2006, December). A Fire-Alarming Method Based on Video Processing. *Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IIH-MSP)* (pp. 359 - 364). Pasadena: IEEE.
- [15] Priyadharshini, R. R., & Beulah, V. R. (2010). Flame Monitoring using Auto-adaptive Edge Detection. *International Journal of Advanced Engineering Applications (IJAEA)*, 3(4), 34-48.
- [16] Rasool, S., & Pandarinath, P. (2013, December). An Autoadaptive Edge-Detection Algorithm for Flame and Fire Image Processing. *International Journal of Computer & Organization Trends (IJCOT)*. 3, pp. 537-542. India: ISSN: 2249-2593.
- [17] Wenhao, W., & Zhou, H. (2012, May 25-27). Fire Detection Based on Flame Color and Area. *Computer Science and Automation Engineering (CSAE)*. 3, pp. 222-226. Zhangjiajie: IEEE.