

**Penerapan Analisa *Spatial-Temporal* dengan Metode
Wavelet Energy untuk Mendeteksi Api pada Video**

Tugas Akhir

Diajukan untuk memenuhi sebagian dari syarat

Untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer

Fakultas Informatika

Universitas Telkom

Ahmad Ulil Azmi

1103120013



**Program Studi Sarjana Teknik Informatika
Fakultas Informatika
Universitas Telkom
Bandung
2015**

Lembar Pernyataan

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Penerapan Analisa *Spatial-temporal* dengan metode *wavelet energy* untuk mendeteksi api pada video” beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini, atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 14 Desember 2015
Yang membuat pernyataan,

(Ahmad Ulil Azmi)

Lembar Pengesahan

Penerapan Analisa *Spatial-Temporal* dengan Metode *Wavelet Energy* untuk Mendeteksi Api pada Video

Application of Spatial-Temporal Analysis using Wavelet Energy for Detecting Fire on Video

Ahmad Ulil Azmi

NIM: 1103120013

Tugas Akhir ini telah diterima dan disahkan
untuk memenuhi sebagian dari syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
Fakultas Informatika
Universitas Telkom

Bandung, 18 Desember 2015
Menyetujui

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Tjokorda Agung Budi Wirayuda, ST., MT
NIP: 06830333-1

Febryanti Sthevanie, S.T., MT
NIP: 14881300-1

Ketua Program Studi
Sarjana Teknik Informatika

Moch. Arif Bijaksana, Ph.D.
NIP. 03650312-4

Abstrak

Kebakaran merupakan sebuah bencana alam yang mempunyai dampak yang sangat merugikan bagi manusia, salah satu cara untuk mengurangi kerugian yang lebih besar adalah dengan deteksi dini bahaya awal dari sebuah kebakaran pada sebuah video. Permasalahan yang terjadi pada sistem deteksi api adalah analisis untuk membedakan objek yang bukan merupakan api yang mempunyai ciri yang mirip dengan api.

Saat ini banyak terdapat alat untuk mendeteksi api salah satu contohnya adalah *Heat detector* atau pendeteksi kenaikan panas sistem ini bekerja berdasarkan kenaikan suhu temperatur secara cepat di suatu ruangan, sistem tersebut mempunyai kekurangan yaitu api yang terdeteksi adalah api yang sudah menjadi besar, contoh lain adalah *smoke detector* sistem ini bekerja berdasarkan asap yang ada pada sebuah ruangan, sistem tersebut mempunyai kekurangan jika sebuah api hanya menimbulkan asap yang begitu sedikit yang dipengaruhi oleh bahan yang terbakar. Karena alasan tersebut alat yang sering digunakan saat ini adalah *CCTV* yang mempunyai kelebihan dalam hal ketepatan, kecepatan dan biayanya yang rendah, cara kerja alat tersebut berdasar pada gambar yang ditangkap sehingga dapat memungkinkan untuk mendeteksi sebuah api lebih awal.

Pada tugas akhir ini penulis membangun sebuah sistem pendeteksi api dengan menggunakan metode *wavelet energy analysis* yang mempunyai keunggulan dalam hal membedakan objek benda yang mempunyai ciri sama dengan api, dengan menggunakan metode tersebut diharapkan sistem mampu mendeteksi objek api pada sebuah video.

Kata Kunci : Kebakaran, Bencana alam, *CCTV*, *Heat Detector*, *Smoke Detector*, *Wavelet Analysis*.

Abstract

Fire is a natural disaster that has adverse impacts for humans, one way to reduce losses greater is the danger of early detection of the start of a fire in a video. The problems that occurred in the fire detection system is the analysis to distinguish an object that is not a fire that has characteristics similar to the fire.

Currently there are many tools to detect fire one example is Heat detector or detecting heat rise this system works is based on the temperature rise the temperature quickly in a room, the system has the disadvantage that a fire is detected is a fire that has become a big, another example is the smoke detector system is working based on existing smoke in a room, the system has only a shortage if a fire causes smoke so little influenced by the burning material. For this reason a tool that is often used today is CCTV which have advantages in terms of accuracy, speed and low cost, the workings of the device based on the image captured so as to allow for early detection of a fire.

In this thesis the author builds a fire detection system using energy wavelet analysis method which has advantages in terms of objects to distinguish objects that have the same characteristics with fire, using these methods is expected the system is able to detect objects in a video fire.

Keywords : Fire, Natural disasters, CCTV, Heat Detector, Smoke Detector, Wavelet analysis

Lembar Persembahan

Alhamdulillah rabbil 'alamin, segala puja dan puji syukur penulis panjatkan pada Allah SWT. atas segala berkah dan rahmat-Nya, karena atas kuasaNya-lah penulis mampu menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini. Shalawat serta Salam penulis junjungkan pada Baginda Nabi Muhammad SAW., beserta keluarga dan para sahabat. Dan penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada orang yang selalu memberikan semangat kepada penulis sehingga penulis terpacu untuk menyelesaikan tugas akhir ini, buku ini penulis persembahkan untuk :

1. Kedua Orang Tua, Ibu Uripah, Bapak Kasirun, yang senantiasa memberikan semangat dan mendo'akan penulis sehingga dapat terselesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Tjokorda Agung Budi Wirayuda selaku pembimbing 1 yang memberikan solusi-solusi dan masukan mengenai tugas akhir ini.
3. Ibu Febryanti Sthevanie selaku pembimbing 2 yang selalu mengingatkan penulis untuk bimbingan, sehingga penulis semakin terpacu untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Teman teman Asisten Lab Informatika 2014/2015 dan juga para penghuni ruang asprak yang selalu memberikan semangat untuk mengerjakan tugas akhir ini.
5. Teman-teman yakuza yang selalu menghibur dan mengajak main ketika penulis mengalami kepenatan dalam mengerjakan tugas akhir ini.
6. Teman-teman seperjuangan kelas IF-36-01 yang menyenangkan, yang belum lulus semoga cepat nyusul.
7. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Kata Pengantar

Bismillahirrahmanirrahiim,

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Penerapan Analisa Spatio-temporal dengan metode wavelet energy untuk mendeteksi api pada video ” sebagai syarat untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas Telkom.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari kesempurnaan yang disebabkan keterbatasan penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini. Oleh karena itu penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran pembaca guna memperbaiki kekurangan untuk penelitian mendatang.

Dengan segala kerendahan hati, penulis berharap tugas akhir ini dapat dikembangkan lebih lanjut kearah yang lebih baik.

Bandung, 14 Desember 2015

(Ahmad Ulil Azmi)

Daftar Isi

Lembar Pernyataan.....	ii
Lembar Pengesahan.....	iii
Abstrak	iv
Abstract	v
Lembar Persembahan	vi
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi.....	viii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel.....	xi
1. Pendahuluan	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Perumusan masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Metodologi Penyelesaian Masalah	2
1.6 Sistematika penulisan	3
2. Tinjauan Pustaka	4
2.1 Kebakaran.....	4
2.2 Sistem Deteksi Api.....	4
2.3 Deteksi Kandidat Blok Api	4
2.4 Citra Digital	4
2.5 Video Digital	5
2.6 <i>Wavelet</i>	5
2.7 <i>Spatial Wavelet Analysis</i>	6
2.8 <i>Spatio Temporal Analysis</i>	7
2.9 <i>Temporal Analysis</i>	8
2.10 Akurasi Sistem	9
3. Perancangan dan Implementasi.....	12
3.1 Gambaran Umum Sistem	12
3.2 Analisis Kebutuhan Fungsionalitas Sistem	12
3.3 Deskripsi Sistem dan Tahapan Proses	12
3.3.1 Deteksi Kandidat Blok Api	13
3.3.2 <i>Spatial Wavelet Analysis</i>	14

3.3.3	<i>Spatio Temporal Analysis</i>	15
3.3.4	<i>Temporal Analysis</i>	15
3.4	Perancangan Data	17
4.	Pengujian Dan Analisis	18
4.1	Pengujian Sistem	18
4.2	Tujuan Pengujian	18
4.3	Dataset	18
4.4	Skenario Pengujian	19
4.4.1	Pengujian <i>Threshold</i> pada proses <i>moving detection</i>	19
4.4.1.1	Pengujian bagian satu pada video objek bergerak	20
4.4.1.2	Pengujian bagian dua pada video tidak terdapat objek bergerak	21
4.4.2	Pengujian <i>Threshold</i> pada proses deteksi warna api	22
4.4.3	Pengujian pada proses spatial wavelet analysis	24
4.4.4	Pengujian pada proses spatio-temporal analysis	25
4.4.5	Pengujian pada proses Temporal analysis	27
4.4.6	Pengujian Keseluruhan sistem	28
5.	Kesimpulan dan Saran	30
5.1	Kesimpulan	30
5.2	Saran	30
	Daftar Pustaka	31
	LAMPIRAN	32

Daftar Gambar

Gambar 2.1 Matriks Citra[6]	5
Gambar 2.2 (a) image contain fire, (b) HL frekuensi, (c) LH frekuensi (d) HH frekuensi.....	7
Gambar 2.3 (a) image contain fire, (b) energy wavelet from image contain fire frekuensi, (c) image contain objek contain fire colorur (d) energy form iomage contain objek contain coloured fire	7
Gambar 2.4 (a) image contain fire, (b) spatial temporal energy (c)image contain fire coloured (d)spatial-temporal energy from image contain fire coloured image.....	8
Gambar 2.5 (a) image contain fire, (b)temporal-energy from fire, (c) image contain fire coloured (d) temporal energy from image	9
Gambar 2.6 Konfussion matrix	10
Gambar 3.1 Flow Chart Sistem.....	12
Gambar 3.2 Diagram Alir Deteksi Kandidat Blok Api.....	13
Gambar 3.3 Pemisahan Background [9].	14
Gambar 3.4 Frame dibagi menjadi 16x16 [10].	14
Gambar 3.5 Kandidat Blok Api [1].	14
Gambar 3.6 Wavelet Decomposition [11]......	15
Gambar 3.7 spatio-temporal wavelet [1].	15
Gambar 3.8 Flickering fire [12].	16
Gambar 4.1 (a) frame asli, (b) frame marker, (c) hasil proses moving detection.	20
Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian Deteksi Gerak Video Api	21
Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian Deteksi Gerak Video Non Api	22
Gambar 4.4 (a) frame asli, (b) frame marker, (c) hasil proses colour detection...	23
Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengujian Deteksi Warna Api	23
Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian Video Api	24
Gambar 4.7 Grafik Hasil Pengujian Video Non Api	25
Gambar 4.8 Grafik Hasil Pengujian Video Api	26
Gambar 4.9 Grafik Hasil Pengujian Video Non Api	26
Gambar 4.10 Grafik Hasil Pengujian Video Api	27
Gambar 4.11 Grafik Hasil Pengujian Video Non Api	28
Gambar 4.12 Sistem Deteksi.....	28

Daftar Tabel

Tabel 3.1 Rancangan Data	17
Tabel 4.1 Deskripsi Video	18
Tabel 4.2 Akurasi Sistem Keseluruhan	29
Tabel 6.1 Hasil Pengujian Deteksi Gerak Video Api	32
Tabel 6.2 Hasil Deteksi Gerak Video Non Api	33
Tabel 6.3 Hasil Pengujian Deteksi Warna Api	33
Tabel 6.4 Hasil Pengujian Video Api	34
Tabel 6.5 Hasil Pengujian Video Non Api	34
Tabel 6.6 Hasil Pengujian Video Api	35
Tabel 6.7 Hasil Pengujian Video Non Api	35
Tabel 6.8 Hasil Pengujian Video Api	36
Tabel 6.9 Hasil Pengujian Video Non Api	36

1. Pendahuluan

1.1 Latar belakang

Kebakaran adalah salah satu reaksi oksidasi eksotermis yang berlangsung dengan cepat dari suatu bahan bakar yang disertai dengan timbulnya api yang dapat merugikan jiwa maupun materi [1].

Selain melakukan langkah pencegahan timbulnya api, peringatan dini dan reaksi yang tepat dan cepat adalah salah satu cara untuk menghindari kerugian yang lebih besar, salah satu caranya yaitu dengan sistem deteksi api yang bertujuan untuk mengenali api sedini mungkin sehingga dapat meminimalisasi kerugian sejak awal. Saat ini terdapat banyak alat guna mendeteksi api salah satu contohnya adalah *Heat detector* atau pendeteksi kenaikan panas sistem ini bekerja berdasarkan kenaikan suhu temperatur secara cepat di suatu ruangan, umumnya pada titik 55-63 derajat selsius [2], sistem tersebut mempunyai kekurangan yaitu api yang terdeteksi adalah api yang sudah menjadi besar yang memungkinkan dapat menaikkan suhu ruangan hingga 55-63 derajat selsius, contoh lain adalah *smoke detector* sistem ini bekerja berdasarkan asap yang ada pada sebuah ruangan [2], sistem tersebut mempunyai kekurangan jika sebuah api hanya menimbulkan asap yang begitu sedikit yang dipengaruhi oleh bahan yang terbakar. Karena alasan tersebut alat yang sering digunakan saat ini adalah CCTV, cara kerja alat tersebut berdasar pada gambar yang ditangkap sehingga dapat memungkinkan untuk mendeteksi sebuah api lebih awal.

Sistem deteksi api berdasar pada video saat ini banyak diteliti dikarenakan ketepatan, kecepatan dan biayanya yang rendah [1]. Permasalahan utama dalam mendeteksi api terdapat pada pemodelan kompleksnya sifat alami dan ketidakaturan dari sebuah fenomena kemunculan api, untuk menyelesaikan permasalahan tersebut banyak penelitian yang menggunakan ciri-ciri pergerakan api dan juga distribusi spasial dari warna api ataupun menggabungkan keduanya *temporal* dan ciri khusus dari sebuah api sebagai dasar dalam mendeteksi sebuah api, tetapi banyak terdapat objek alam yang mempunyai tingkah laku yang sama dengan api contohnya adalah matahari, beragam macam cahaya atau pantulan cahaya pada berbagai macam permukaan, partikel debu dan lain sebagainya yang mana bisa salah dideteksi sebagai kemunculan api, adapun kualitas video yang buruk bisa juga mempengaruhi keandalan algoritma dalam mendeteksi kemunculan api pada video, yang mana akan meningkatkan kesalahan dari deteksi sebuah api pada video [3].

Pada tugas akhir ini, sistem yang akan dibuat menggunakan algoritma *wavelet energy analysis* untuk mendeteksi sebuah api dimana pada algoritma tersebut mempunyai kelebihan dalam hal membedakan objek api dan bukan api yang mempunyai ciri khas hampir sama dengan cara menghitung spasial *wavelet energy* dari setiap *frame* yang mengandung api, hal tersebut dapat membedakan objek bukan api dengan energi yang didapatkan, objek api lebih cenderung mempunyai energi yang jauh lebih kuat dengan objek bukan api.

1.2 Perumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah didaparkan sebelumnya maka masalah yang dapat diambil antara lain:

1. Bagaimana menentukan nilai *wavelet energy* pada sebuah frame yang digunakan untuk mendeteksi api dalam sebuah video?
2. Bagaimana performasi dan akurasi metode *wavelet energy analysis* dalam ditinjau dari keberhasilan dalam mendeteksi api pada sebuah video?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah penulis pada Tugas Akhir ini adalah :

1. Data Set yang akan digunakan adalah sebuah video dengan resolusi 320x240 dengan *frame rate* 30fps.
2. Kamera yang digunakan adalah kamera yang tidak bergerak(*fixed camera*).
3. Warna Api yang akan dideteksi adalah antara warna kuning sampai merah.

1.4 Tujuan

Berdasarkan perumusan masalah yang ada, maka tujuan penulis pada tugas akhir ini adalah :

1. Menentukan nilai *wavelet energy* setiap *frame* yang digunakan untuk mendeteksi sebuah video,
2. Mengukur Performasi dan keakuratan sistem dengan menggunakan metode *energy wavelet* ditinjau dari keberhasilan pendeteksian api pada sebuah video.

1.5 Metodologi Penyelesaian Masalah

1. Studi Literatur

Pada tahap ini, akan dilakukan pencarian terhadap materi-materi yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan. Topik-topik yang dipelajari adalah api, ciri khusus api, cara kerja api dan materi materi yang berhubungan dengan metode yang digunakan yaitu *wavelet* dan *energy analysis*. Sumber materi berupa *e-book*, buku, jurnal, paper dan sumber dari internet lainnya.

2. Perancangan Sistem

Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem yang akan dibuat berdasarkan analisis terhadap video yang digunakan dan metode yang digunakan yaitu analisis *wavelet* dan energi untuk menentukan sistem yang akan digunakan seperti perangkat lunak dan perangkat keras yang akan digunakan.

3. Pembangunan dan Implementasi

Pada tahap ini sistem akan menerapkan rancangan yang ada dan mulai membangun sistem dengan implementasi metode *wavelet* dan *energy analysis*.

4. Pengujian dan Analisis.
Pada tahap ini akan dilakukan pengujian terhadap data-set yang ada serta analisis terhadap hasil yang telah didapat.
5. Pembuatan Laporan
Pada tahap ini akan dilakukan dokumentasi terkait hasil dari pengujian serta analisis yang ada dan menyertakan kesimpulan terhadap sistem yang telah dibangun.

1.6 Sistematika penulisan

Sistematika dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bab 1 Pendahuluan
Berisi tentang masalah yang melatarbelakangi adanya penelitian Tugas Akhir ini, beserta tujuan pembahasan, metodologi penyelesaian masalah dan sistematika penulisan
2. Bab 2 Dasar Teori
Berisi teori-teori yang digunakan untuk menunjang bagaimana system yang dibuat untuk menyelesaikan masalah yang telah dipaparkan pada bab1.
3. Bab 3 Perancangan dan Implementasi Sistem
Berisi tentang perancangan system yang dibuat, beserta penjelasan langkah-langkah penyelesaian masalah.
4. Bab 4 Pengujian dan Analisis
Hasil pengujian dan analisis terhadap system yang telah dibangun untuk menilai apakah system yang dibangun sudah memenuhi tujuan penelitian.
5. Bab 5 Kesimpulan dan Saran
Berisi kesimpulan yang didapat setelah analisi dan hasil pengujian beserta saran untuk pengembangan selanjutnya.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Kebakaran

Kebakaran adalah suatu nyala api, baik kecil atau besar pada tempat, situasi dan waktu yang tidak kita kehendaki, merugikan dan pada umumnya sukar dikendalikan . Jadi api yang menyala di tempat-tempat yang dikehendaki seperti kompor, di perindustrian dan tempat atau peralatan lain tidak termasuk dalam kategori kebakaran. Adapun definisi kebakaran menurut Departemen Tenaga Kerja adalah “Suatu reaksi oksidasi eksotermis (terjadi karena pemanasan) yang berlangsung dengan cepat dari suatu bahan bakar yang disertai dengan timbulnya api atau penyalan”. Sedangkan definisi kebakaran menurut Asuransi secara umum adalah “Sesuatu yang benar-benar terbakar yang seharusnya tidak terbakar yang dibuktikan dengan adanya nyala api secara nyata, terjadi secara tidak sengaja, tiba-tiba serta menimbulkan kecelakaan atau kerugian” citasi.

2.2 Sistem Deteksi Api

Sistem deteksi api adalah sebuah sistem yang berfungsi mendeteksi secara dini kebakaran, agar kebakaran yang terjadi tidak berkembang menjadi lebih besar. Dengan terdeteksinya kebakaran, maka upaya untuk mematikan api dapat segera dilakukan, sehingga dapat meminimalkan kerugian yang lebih besar [8].

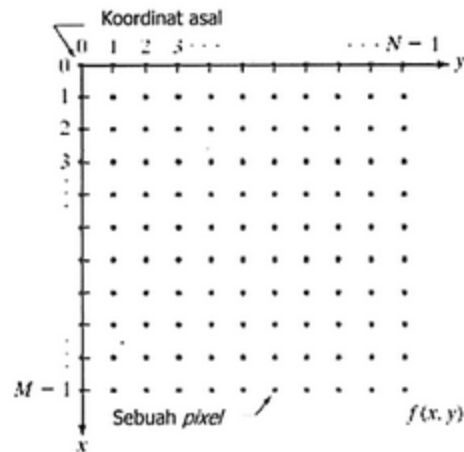
2.3 Deteksi Kandidat Blok Api

Pada proses ini bertujuan untuk memisahkan objek yang tidak mengandung warna api dengan inputnya adalah sebuah *frame* dan hasilnya adalah blok *frame* yang mengandung warna api, setiap *frame* akan dibagi menjadi 16 blok proses selanjutnya memisahkan latar belakang dan objek dan hanya benda yang mengandung warna api yang akan terpilih sebagai kandidat blok [1].

2.4 Citra Digital

Secara umum, pengolahan citra digital menunjuk pada pemrosesan gambar dua dimensi menggunakan komputer. Dalam konteks yang lebih luas,

Suatu citra dapat didefinisikan sebagai fungsi $f(x,y)$ berukuran M baris dan N kolom, dengan x dan y adalah kordinat spasial, dan amplitudo f di titik kordinat (x,y) dinamakan intensitas atau tingkat keabuan dari citra pada titik tersebut. Apabila nilai x,y , dan nilai *amplitudo* f secara keseluruhan berhingga (*finite*) dan bernilai diskrit maka dapat dikatakan bahwa citra tersebut adalah citra digital



Gambar 2.1 Matriks Citra[6]

Citra digital dapat ditulis dalam bentuk matriks sebagai berikut.

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Nilai pada suatu irisan antara baris dan kolom (pada posisi x,y) disebut dengan *picture elements*, *image elements*, *pels*, atau *pixels*. Istilah terakhir (*pixel*) paling sering digunakan pada citra digital [6].

2.5 Video Digital

Video digital dapat disebut *array* tiga dimensi dari piksel berwarna. Dua dimensi mewakili arah spasial dari gambar bergerak (horizontal dan vertikal) dan satu dimensi lain akan merepresentasikan domain waktu.

Video digital sebenarnya terdiri atas serangkaian gambar digital (citra) yang ditampilkan dengan cepat pada kecepatan konstan. Dalam konteks video, gambar ini disebut *frame*. Satuan ukuran untuk menghitung *frame* rata-rata yang ditampilkan disebut *frame per second* (fps). Setiap *frame* merupakan gambar digital yang terdiri dari raster piksel. Gambar digital akan mempunyai lebar sebanyak W piksel dan tinggi sebanyak H piksel. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa *frame size* adalah $W \times H$ [7].

2.6 Wavelet

Kata *Wavelet* dikemukakan oleh Morlet dan Grossmann pada awal tahun 1980, dalam bahasa Prancis *Ondelette*, yang berarti gelombang kecil. Dan setelah itu dalam bahasa Inggris kata *Onde* diganti menjadi *wave* sehingga menjadi *Wavelet*. Transformasi *wavelet* merupakan suatu transformasi linier yang hampir mirip dengan satu perbedaan penting : transformasi *wavelet* memperbolehkan penempatan waktu dalam komponen-komponen frekuensi

yang berbeda dari sinyal yang diberikan [1]. Dimana wavelet tranform mempunyai rumus sebagai berikut :

$$\psi(x) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} (-1)^k a_{N-1-k} \psi(2x - k) \quad (2.2)$$

Dimana :

N = Bilangan bulat genap

K = Keofisien sampling

2.7 Spatial Wavelet Analysis

Area pada sebuah gambar yang mengandung api yang sebenarnya mempunyai variasi *spatial* yang lebih tinggi dibandingkan dengan benda yang hanya mengandung warna api. Untuk menghitung nilai variasi tersebut digunakan algoritma 2-D *wavelet analysis* dan diaplikasikan untuk warna merah, energi *spatial wavelet* ditentukan dengan menghitung perubahan frekuensi warna dari tinggi-rendah, rendah-tinggi dan tinggi-tinggi dengan rumus sebagai berikut [1]:

$$E(i, j) = HL(i, j)^2 + LH(i, j)^2 + HH(i, j)^2 \quad (2.3)$$

Dimana :

HL = Nilai dekomposisi *wavelet* frekuensi *high to low*.

LH = Nilai dekomposisi *wavelet* frekuensi *low to high*.

HH = Nilai dekomposisi *wavelet* frekuensi *high to high*.

Energi *spatial-wavelet* setiap kandidat blok ditentukan dengan rata-rata energi dari setiap piksel pada blok tersebut [1].

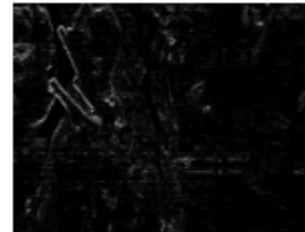
$$E_{blok} = \frac{1}{N} \sum_{i,j} E(i, j) \quad (2.4)$$

Dimana :

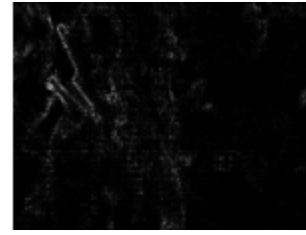
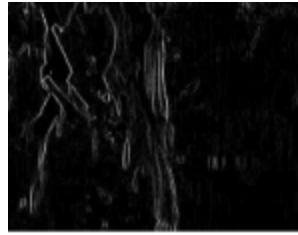
N = jumlah piksel pada sebuah blok api.



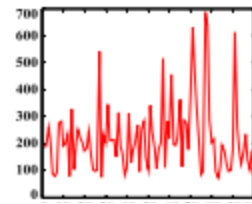
(a)



(b)

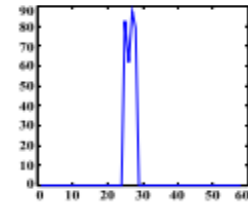


(c) (d)
Gambar 2.2 (a) image contain fire, (b) HL frekuensi, (c) LH frekuensi (d) HH frekuensi



(a)

(b)



(c)

(d)

Gambar 2.3 (a) image contain fire, (b) energy wavelet from image contain fire frekuensi, (c) image contain objek contain fire colorur (d) energy form iomage contain objek contain coloured fire

2.8 Spatio Temporal Analysis

Bentuk dari sebuah api berubah secara tak teratur mengikuti aliran udara disekitar api dan jenis bahan yang terbakar. Sebuah api yang sesungguhnya mempunyai *spatial* variasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan benda yang mengandung warna api pada selang waktu tertentu. Pada proses sebelumnya hanya menghitung energi *spatial* hanya pada satu *frame*, proses ini bertujuan untuk menghitung variasi *spatio-temporal* pada blok api pada urutan frame dengan selang waktu tertentu [1].

Perubahan energi *spatio-temporal* dihitung dengan rumus [1] :

$$V(i, j) = \frac{1}{T} \sum_{t=0}^{T-1} (Et(i, j) - \bar{E}(i, j))^2 \quad (2.5)$$

Dimana :

Et = *Spatial energy* pada setiap piksel pada satu waktu di selang waktu tertentu

\bar{E} = adalah rata-rata *spatial energi* pada selang waktu

$V(i, j)$ = adalah spatial energy pada piksel i, j
Kemudian dihitung spatial energi untuk setiap blok pada selang waktu tertentu dengan rumus [1] :

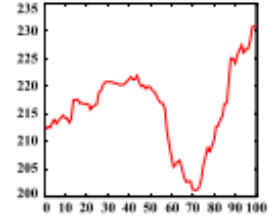
$$V_{blok} = \frac{1}{N} \sum_{i,j} V(i, j) \quad (2.6)$$

Dimana :

N = Jumlah piksel pada blok.



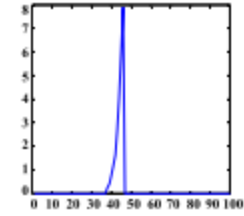
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 2.4 (a) image contain fire, (b) spatial temporal energy
(c) image contain fire coloured (d) spatial-temporal energy from
image contain fire coloured image

2.9 Temporal Analysis

Temporal Analysis digunakan untuk mendeteksi efek percikan api. Percikan api merupakan ciri utama dari sebuah api yang muncul secara *random* dan berkelanjutan. Percikan api dihitung dengan mengestimasi pergerakan $c(i, j)$ yaitu dari kandidat satu api dengan pergerakan warna api pada piksel ke kandidat status bukan api [1].

Kemudian untuk menghitung energi percikan dari sebuah piksel menggunakan rumus [1] :

$$F(i, j) = 2^{c(i, j)} - 1 \quad (2.7)$$

Dimana :

$F(i, j)$ = energi percikan api untuk setiap piksel.

$C(i, j)$ = nilai transisi untuk setiap piksel.

Percikan api untuk setiap blok dihitung dengan rumus [1]:

$$F_{blok} = \frac{1}{N} \sum_{i,j} F(i, j) \quad (2.8)$$

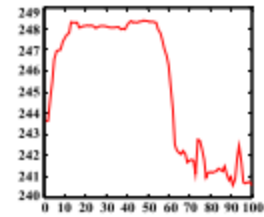
Dimana :

F_{blok} = Energi percikan untuk setiap blok

N = Jumlah piksel dalam blok



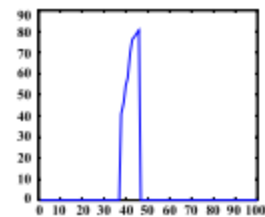
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 2.5 (a) image contain fire, (b)temporal-energy from fire, (c) image contain fire coloured (d) temporal energy from image

2.10 Akurasi Sistem

Akurasi sistem yang akan dipakai adalah berdasarkan konfussion matrix, dimana konfussion matrix sendiri adalah sebuaha matrix tabel yang merepresentasikan tabel klasifikasi sistem, dimana setiap baris merupakan kelas prediksi yang dihasilkan oleh sistem sementara kolom merupakan kelas sebenarnya.

	p' (Predicted)	n' (Predicted)
P (Actual)	True Positive	False Negative
n (Actual)	False Positive	True Negative

Gambar 2.6 Konfussion matrix

1. *True Positive Rate*

True Positive Rate adalah akurasi ketepatan dalam mendeteksi api, ditentukan dengan menghitung perbandingan antara Jumlah frame api yang terdeteksi dengan benar dan jumlah seluruh frame yang mengandung api [1].

$$TPR = \frac{Tp}{P} \quad (2.9)$$

Dimana :

TPR = Akurasi ketepatan dalam mendeteksi api

Tp= Jumlah frame api yang terdeteksi dengan benar

P = Jumlah seluruh frame api pada video.

2. *False Positive Rate*

False Positive Rate adalah akurasi yang menghitung kesalahan dalam mendeteksi api, ditentukan dengan perbandingan antara jumlah *frame* bukan api yang terdeteksi sebagai api dan jumlah seluruh *frame* yang tidak mengandung api [1].

$$FPR = \frac{Fp}{N} \quad (2.10)$$

Dimana :

FPR = Akurasi kesalahan dalam mendeteksi api

Fp = Jumlah *frame* bukan api nyang terdeteksi sebagai api

N = Jumlah seluruh *frame* bukan api.

3. *True Negative Rate*

True Negative Rate adalah akurasi yang menghitung ketepatan sistem dalam hal mendeteksi objek bukan api, dittenukan dengan

perbandingan antara jumlah frame bukan api yang terdeteksi dengan benar dengan jumlah seluruh frame yang tidak mengandung api

$$TNR = \frac{Tn}{N} \quad (2.11)$$

Dimana :

TNR = Akurasi kebenaran dalam mendeteksi objek bukan api

Tn = Jumlah *frame* bukan api yang terdeteksi dengan benar.

N = Jumlah seluruh *frame* bukan api.

4. *False Negative Rate*

False Negative Rate adalah akurasi yang menghitung kesalahan sistem dalam mendeteksi api, ditentukan dengan perbandingan antara jumlah frame api yang tidak terdeteksi dengan benar dengan jumlah seluruh frame yang mengandung api

$$FNR = \frac{Fn}{P} \quad (2.12)$$

Dimana :

FNR = Akurasi kesalahan sistem mendeteksi objek api.

Fn = Jumlah *frame* api yang yang terdeteksi menjadi api.

P = Jumlah seluruh *frame* api.

3. Perancangan dan Implementasi

3.1 Gambaran Umum Sistem

Gambaran umum sistem yang telah dibangun dalam Tugas Akhir adalah sebuah sistem pendeteksi api dengan metode *wavelet* pada ekstraksi cirinya dan menggunakan metode *median filter* untuk mendeteksi gerak yang selanjutnya yaitu menentukan warna api dengan menggunakan fungsi *probabilitas gaussian*.

3.2 Analisis Kebutuhan Fungsionalitas Sistem

Spesifikasi perangkat lunak yang digunakan untuk membangun sistem adalah:

- Sistem Operasi : Windows 8.1
- Bahasa Pemrograman : Matlab

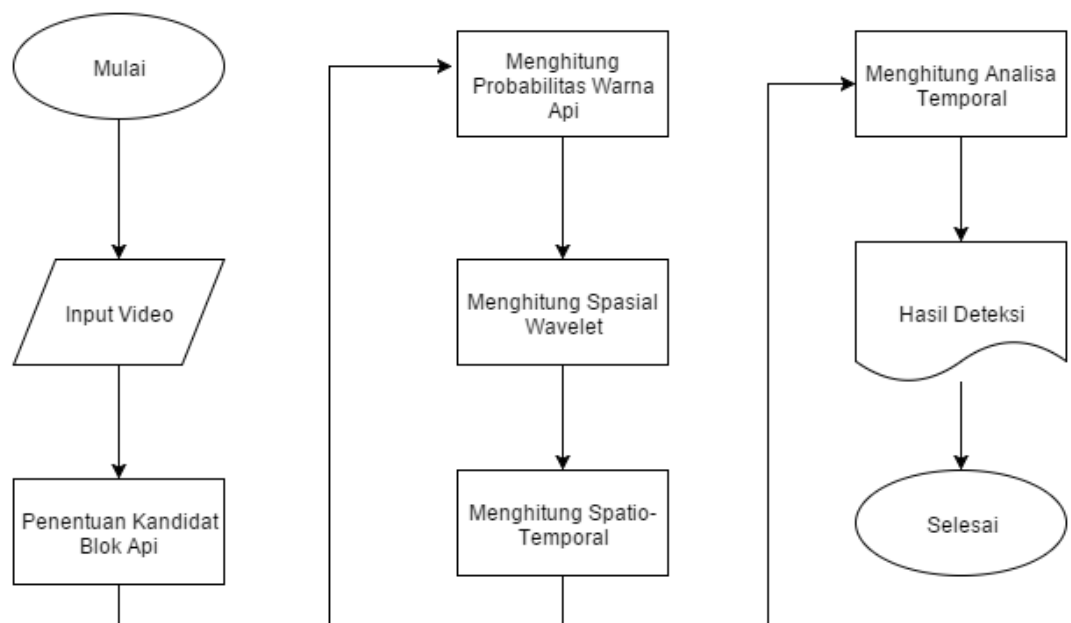
Spesifikasi Perangkat keras yang digunakan untuk membangun sistem adalah :

- Processor : Intel(R) Core(TM) i5-2450M CPU@2.50Ghz
- Ram : 4 Gb
- Harddisk : 640 Gb

3.3 Deskripsi Sistem dan Tahapan Proses

Pada Tugas Akhir akan dilakukan pemodelan system pendeteksi sebuah api dengan menggunakan metode *spatial-temporal energy*.

Deskripsi umum dan tahapan proses untuk sistem deteksi api dengan menggunakan metode *spatial-temporal energy* sebagai berikut:



Gambar 3.1 Flow Chart Sistem

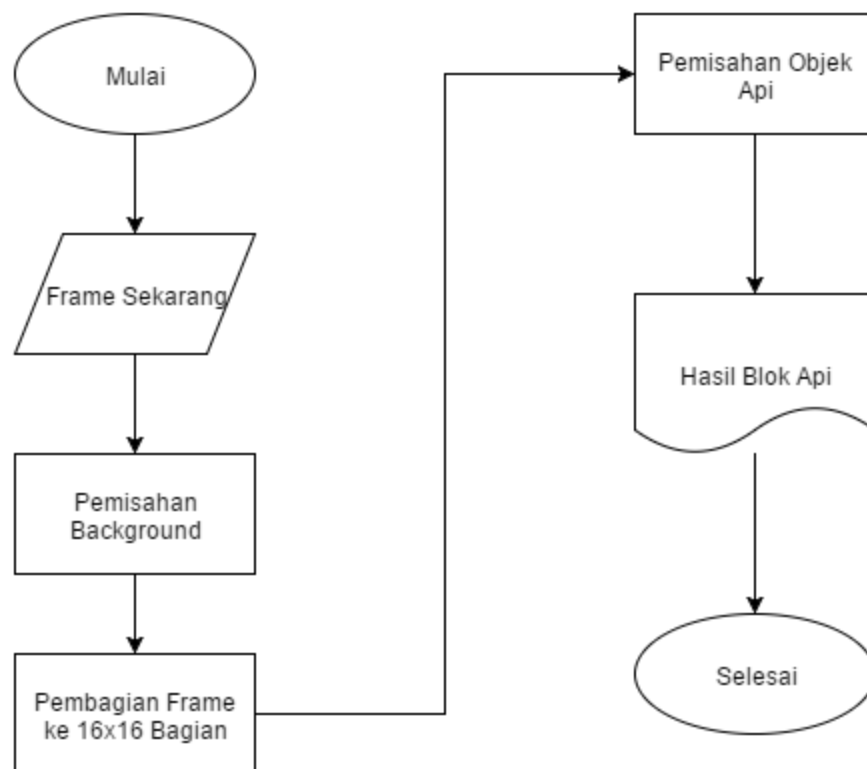
Dari bagan di atas, didapatlah alur perancangan sistem yang akan dibangun adalah sebagai berikut:

1. Input video,
2. Penentuan kandidat blok api yang akan digunakan pada proses sebelumnya,
3. Penentuan probabilitas warna api untuk setiap kandidat blok,
4. Analisis *spatial wavelet* yang akan menghasilkan *energy* perubahan warna *pixel* yang akan digunakan untuk proses selanjutnya,
5. Analisis *spatio-temporal* dengan menghitung perubahan warna *energy wavelet* untuk selang waktu tertentu,
6. *Temporal* Analisis dengan menghitung *energy* dari perubahan percikan pada sebuah api,
7. Output hasil yang didasarkan pada hasil nilai-nilai yang telah didapat pada proses sebelumnya.

Penjelasan Proses akan dijelaskan pada sub-bab selanjutnya.

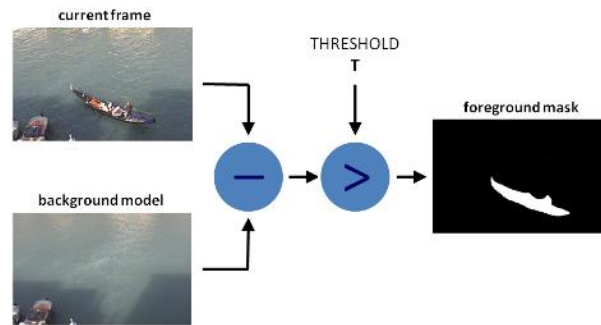
3.3.1 Deteksi Kandidat Blok Api

Pada proses akan ditentukan blok-blok api yang akan menjadi inputan pada proses selanjutnya dengan alur proses sebagai berikut:



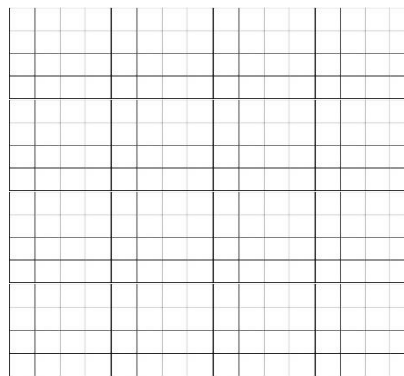
Gambar 3.2 Diagram Alir Deteksi Kandidat Blok Api

Pada proses ini inputan yang akan digunakan adalah sebuah *frame* dari inputan video setelah itu akan dilakukan proses pemisahan *background* dan *foreground* ilustrasi pemisahan *background* terdapat pada gambar berikut:



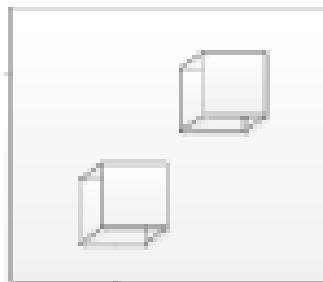
Gambar 3.3 Pemisahan Background [9].

Setelah pemisahan *background* akan dilakukan pembagian *frame* menjadi 16x16 dengan ilustrasi gambar sebagai berikut:



Gambar 3.4 Frame dibagi menjadi 16x16 [10].

Setelah itu akan ditentukan blok-blok mana yang mempunyai warna api dengan ilustrasi sebagai berikut:

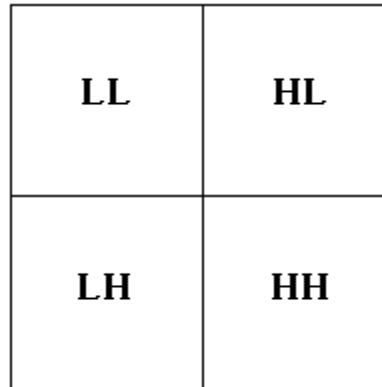


Gambar 3.5 Kandidat Blok Api [1].

Kandidat blok tersebut yang akan menjadi outputan dan akan menjadi inputan pada proses selanjutnya.

3.3.2 *Spatial Wavelet Analysis*

Pada proses ini akan dihitung *wavelet energy* dengan cara menghitung perubahan frekuensi warna dari tinggi-rendah, rendah-tinggi dan tinggi-tinggi



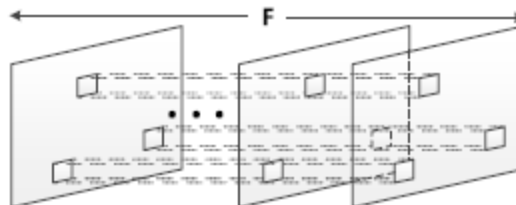
Gambar 3.6 Wavelet Decomposition [11].

Pada gambar diatas menggambarkan sebuah dekomposisi *wavelet* level 1, dengan dibedakan menjadi 4 kategori yaitu frekuensi LL sebagai frekuensi *low to low*, HL sebagai frekuensi *high to low*, LH sebagai frekuensi *low to high* dan HH sebagai frekuensi *high to high*. Setelah didapatkan kategori tersebut maka akan dihitung perubahan nilai frekuensi tersebut yang rumusnya tertera pada [Bab 2.7 Spatial Wavelet Analysis](#). Hasil perhitungan pada proses ini digunakan untuk membedakan objek bukan api dan objek api berdasarkan warna.

3.3.3 Spatio Temporal Analysis

Pada proses ini akan dihitung nilai *spatio-temporal energy* dengan cara perbandingan *energy wavelet* untuk selang waktu tertentu.

Ilustrasi perhitungan *spatio-temporal energy*:



Gambar 3.7 spatio-temporal wavelet [1].

Pada gambar di atas menggambarkan sekumpulan *frame* yang akan dibandingkan nilai *energy wavelet* yang telah didapatkan pada proses *spatial-wavelet analysis* dalam selang waktu tertentu sehingga akan didapatkan nilai perbandingan *energy wavelet* pada selang waktu tersebut. Hasil dari proses ini yang merupakan nilai perbandingan *energy spatio-temporal* akan digunakan untuk membedakan objek bukan api dan objek api berdasarkan warna dan pergerakan objek pada *frame*.

3.3.4 Temporal Analysis

Pada proses ini akan dihitung nilai *energy* dari perubahan nilai percikan api, dimana pergerakan percikan api sangat acak yang dipengaruhi oleh alur angin dalam frame yang diambil,



Gambar 3.8 Flickering fire [12].

Pada gambar diatas terlihat perubahan percikan sebuah api yang sangat acak atau tidak beraturan, pada proses ini dihitung perubahan percikan api dengan rumus yang telah dipaparkan pada Bab 2.9

Temporal Analysis, yaitu dihitungnya perubahan bentuk percikan dari api pada selang waktu tertentu.

3.4 Perancangan Data

Data yang akan digunakan adalah video dengan spesifikasi rasio 320x240 dengan frame rate 30fps

Tabel 3.1 Rancangan Data

No	Jenis Data Latih dan Data Uji
1	Video yang tidak mengandung api
2	Video yang tidak mengandung api, mengandung objek dengan warna sama dengan api
3	Video yang mengandung api

4. Pengujian Dan Analisis

4.1 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah sistem yang telah dibuat mampu berjalan sebagaimana mestinya,

4.2 Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian dari penelitian ini adalah :

- Menguji dan menganalisa nilai parameter dari *threshold* yang paling optimal pada proses *moving detection* (deteksi gerak),
- Mendapatkan konfigurasi terbaik yaitu *threshold* paling optimal pada proses deteksi warna api,
- Menguji dan menganalisa nilai *threshold* paling optimal pada proses *Spatial Wavelet Analysis*,
- Menguji dan menganalisa nilai *threshold* paling optimal pada proses *Spatio-Temporal Analysis*,
- Menguji dan menganalisa nilai *threshold* paling optimal pada proses *Temporal Analysis*,
- Mengukur besar akurasi yang didapatkan oleh sistem keseluruhan.

4.3 Dataset

Dataset yang digunakan adalah berupa video dengan jumlah sebanyak 13 video. Jenis video dikategorikan menjadi tiga, yaitu video yang mengandung objek api, video yang tidak mengandung objek bukan api dan video yang mengandung objek yang mempunyai ciri seperti api. Berikut deskripsi video yang digunakan pada pengujian

Tabel 4.1 Deskripsi Video

Nama Video	Deskripsi
Fire1	Video api dalam ruangan yang mempunyai cahaya redup sehingga memantulkan cahaya api melalui tembok
Fire2	Video api di dalam ruangan
Fire3	Video api di ruangan terbuka pada malam hari pada kondisi gelap
Fire4	Video api di dalam ruangan dengan pintu terbuka dan cahaya matahari masuk
Outdoorbf3	Video pada di luar ruangan dengan cahaya terang dan juga terdapat objek non api yang mempunyai ciri seperti api
Outdoorbf1	Video pada di luar ruangan dengan cahaya terang dan juga terdapat objek non api yang mempunyai ciri seperti api
Outdoorbf2	Video di dalam ruangan dengan cahaya redup dan terdapat objek non api yang mempunyai ciri seperti api
Nonfire1	Video yang didalamnya tidak terdapat objek api
Nonfire2	Video yang didalamnya tidak terdapat objek api

Nonfire3	Video yang didalamnya tidak terdapat objek api
Ciri1	Video yang didalamnya terdapat objek yang mempunyai ciri api
Ciri2	Video yang didalamnya terdapat objek yang mempunyai ciri api
Ciri3	Video yang didalamnya terdapat objek yang mempunyai ciri api

4.4 Skenario Pengujian

Skenario pengujian sistem pada penelitian ini terbagi menjadi enam bagian, yaitu :

- Skenario 1, pengujian pada proses *moving detection* menggunakan delapan video yang di dalamnya terdapat objek bergerak, dan objek tidak bergerak. Parameter yang akan diuji adalah *threshold subtraction* yang berarti jumlah minimal perbedaan *pixel*,
- Skenario 2, pengujian pada proses deteksi warna api, dengan menggunakan data uji yaitu sekumpulan gambar yang mengandung objek api yang sebelumnya telah di beri label untuk piksel mana saja yang merupakan api, parameter yang diuji adalah *threshold* yang digunakan,
- Skenario 3, pengujian pada proses *Spatial wavelet Analysis* menggunakan tiga video yang di dalamnya terdapat objek api, parameter yang akan diuji adalah *threshold* minimal yang digunakan,
- Skenario 4, pengujian pada proses *Spatio-temporal Analysis* menggunakan video yang sama pada proses sebelumnya yaitu tiga video api dan tiga video non api. Parameter yang akan diuji pada proses ini adalah *threshold* minimal yang akan digunakan sehingga dapat menghasilkan akurasi yang optimal,
- Skenario 5, pengujian pada proses *Temporal-Analysis* menggunakan video yang sama pada proses-prose sebelumnya. Pada pengujian kali ini parameter yang akan diuji adalah *threshold* minimal yang akan digunakan,
- Skenario terakhir, pengujian sistem keseluruhan yang telah dibangun menggunakan parameter-parameter pada sub-sub proses yang telah di pilih pada skenario pengujian sebelumnya.

4.4.1 Pengujian *Threshold* pada proses *moving detection*

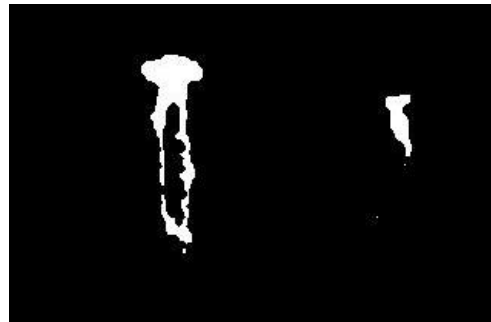
Pengujian dilakukan dengan membandingkan *frame* hasil proses *moving detection* dengan *frame marker* objek bergerak yang telah di lakukan secara manual dengan melihat objek mana saja yang bergerak pada frame tersebut. Berikut merupakan contoh hasil dari proses *moving detection* :



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.1 (a) frame asli, (b) frame marker, (c) hasil proses moving detection

Pada gambar di atas terlihat bahwa hasil dari proses moving detection masih terdapat beberapa piksel yang masih tidak terdeteksi,

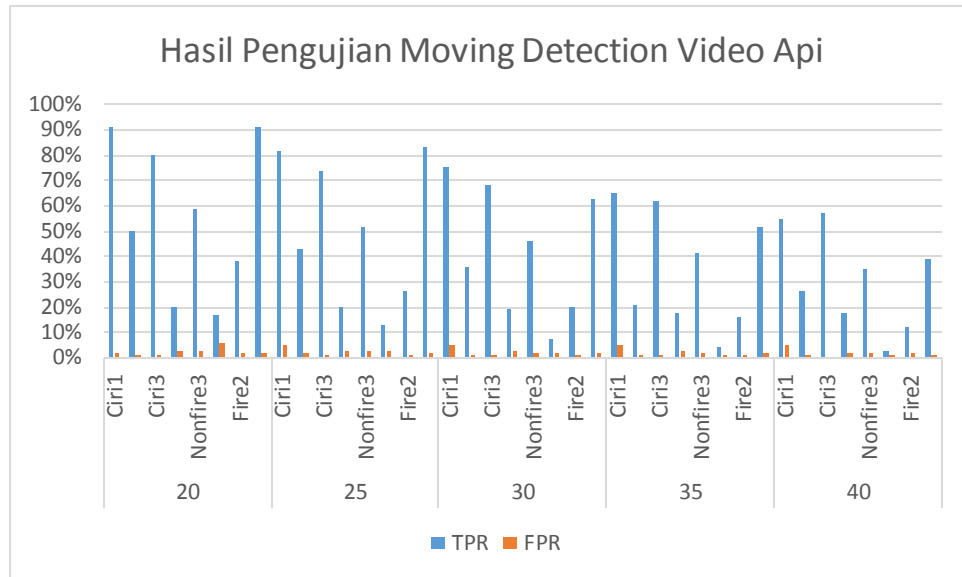
Kemudian untuk setiap hasil *frame* pada proses *moving detection* akan di bandingkan dengan *frame marker* kemudian akan dihitung akurasi :

1. *True Positive Rate* yaitu jumlah piksel bergerak yang terdeteksi dengan benar dibagi dengan jumlah semua piksel yang bergerak,
2. *False Positive Rate* yaitu jumlah piksel tidak bergerak yang terdeteksi menjadi piksel bergerak dibagi dengan jumlah semua piksel yang tidak bergerak,
3. *False Negative Rate* jumlah piksel bergerak yang tidak terdeteksi dengan benar dibagi dengan jumlah semua piksel bergerak,
4. *True Negative Rate* jumlah piksel tidak bergerak yang terdeteksi dengan benar dibagi dengan jumlah semua piksel tidak bergerak.

Pengujian yang dilakukan dibagi menjadi dua, yaitu pengujian untuk video yang mengandung objek bergerak dan pengujian untuk video yang tidak mengandung objek bergerak.

4.4.1.1 Pengujian bagian satu pada video objek bergerak

Pada pengujian video dengan objek bergerak akan diambil threshold yang menghasilkan perbandingan TPR dan FPR yang paling optimal.



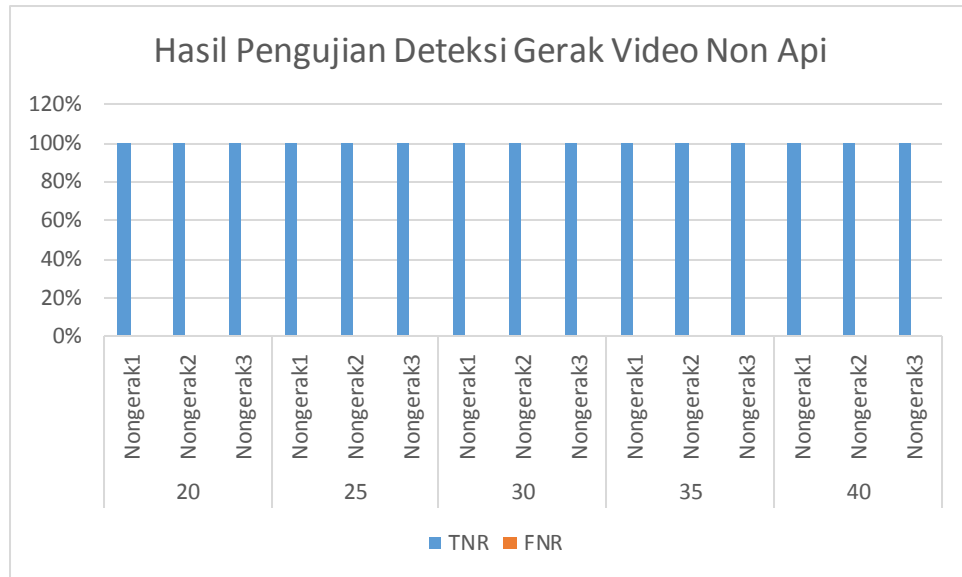
Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian Deteksi Gerak Video Api

Pada Grafik diatas menunjukan bahwa pada nilai threshold 20 mempunyai nilai TPR (Akurasi pada kondisi benar) yang paling besar yaitu 91% pada video ciri 1, dan FPR (Akurasi salah deteksi) yang paling kecil adalah 0% pada nilai threshold 35 pada video ciri 3 nilai akurasi tersebut menandakan tidak adanya piksel yang tidak bergerak yang terdeteksi menjadi piksel bergerak, artinya tidak ada noise yang dihasilkan pada thresold tersebut,

Pada proses pengujian *moving detection* untuk objek yang bergerak nilai akurasi yang akan lebih di tekankan pada nilai akurasi TPR (Akurasi kondisi benar), untuk itu threshold yang akan di ambil adalah 20 dengan hasil akurasi TPR 91% dan FPR 2%.

4.4.1.2 Pengujian bagian dua pada video tidak terdapat objek bergerak

Pada Pengujian video dengan tidak ada objek yang bergerak akan diambil threshold yang menghasilkan perbandingan TNR dan FNR paling optimal.



Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian Deteksi Gerak Video Non Api

Pada pengujian untuk video yang tidak bergerak menggunakan 3 video, dan menghasilkan akurasi TNR (Akurasi ketepatan deteksi tidak bergerak) 100% untuk semua video dan semua threshold yang digunakan.

4.4.2 Pengujian Threshold pada proses deteksi warna api

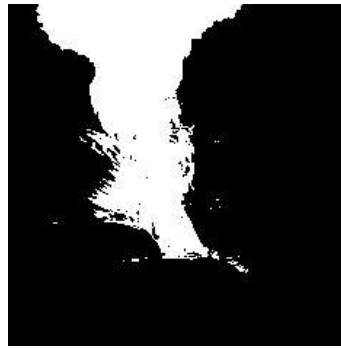
Pengujian yang akan dilakukan pada proses deteksi warna api dengan cara mebandingkan gambar hasil proses deteksi warna api dengan gambar marker yang merupakan hasil penandaan piksel api mana saja yang mengandung api,



(a)



(b)

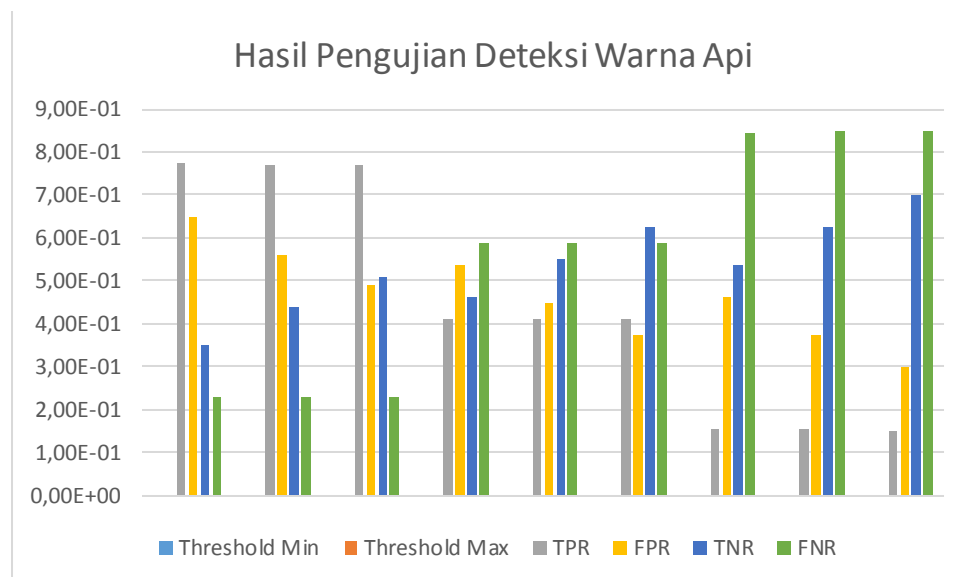


(c)

Gambar 4.4 (a) frame asli, (b) frame marker, (c) hasil proses colour detection

Pada gambar 4.2 (c) adalah hasil deteksi warna api pada gambar 4.2 (a), pada hasil diatas menunjukan warna api telah terdeteksi dengan baik tetapi masih terdapat *noise* yaitu masih terdapat salah deteksi yang harusnya bukan warna api tetapi masih terdeteksi sebagai warna api.

Berikut hasil pengujian Deteksi warna api dengan data pengujian sekumpulan gambar api yang telah di kumpulkan oleh penulis sebelumnya.



Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengujian Deteksi Warna Api

Pada Grafik diatas akurasi TPR (Akurasi pada Kondisi benar terdeteksi) menghasilkan nilai akurasi paling besar yaitu 77% pada Threshold minimal $2.22E-08$ dan threshold max $3.78E-08$ dan menghasilkan FPR (Akurasi pada kondisi salah deteksi) paling kecil adalah 30 % yaitu pada threshold minmal $2.68E-08$ dan threshold maksimal $3.78E-08$.

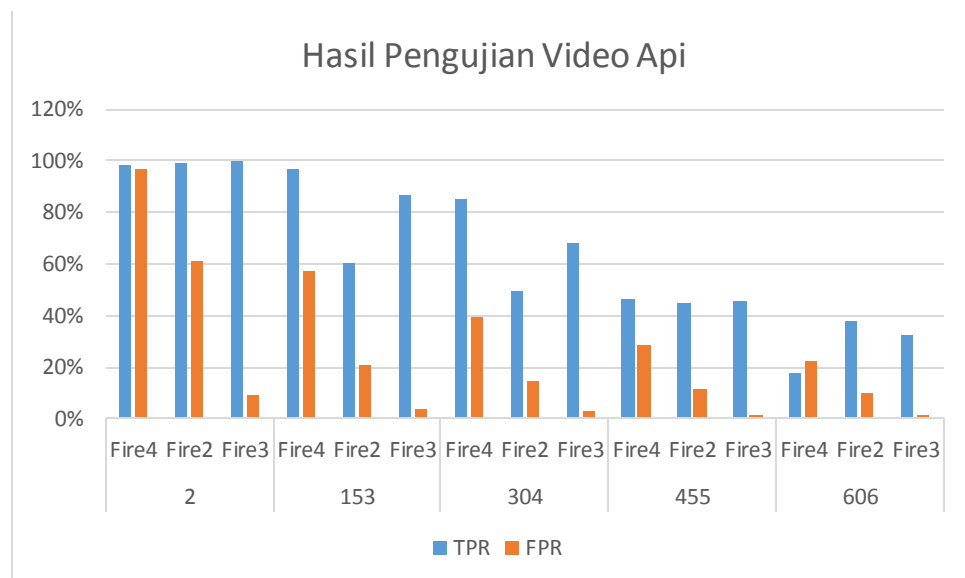
4.4.3 Pengujian pada proses spatial wavelet analysis

Parameter yang akan diujikan adalah besarnya threshold yang akan digunakan, yang nantinya akan mempengaruhi blok mana saja yang akan dianggap sebagai api.

Berbeda dengan pengujian sebelumnya, jika pengujian sebelumnya representasi label dalam bentuk piksel dan hasil juga dalam bentuk piksel, pada pengujian kali ini satu frame akan dibagi menjadi 16 blok (bagian), pada frame marker jika satu blok tertentu mempunyai warna api lebih dari 12,5 % (seperdelapan jumlah piksel dalam satu blok) maka frame marker pada blok tersebut akan menjadi blok api.

Pengujian dilakukan dalam dua bagian yaitu pengujian untuk video api dan pengujian untuk video bukan api

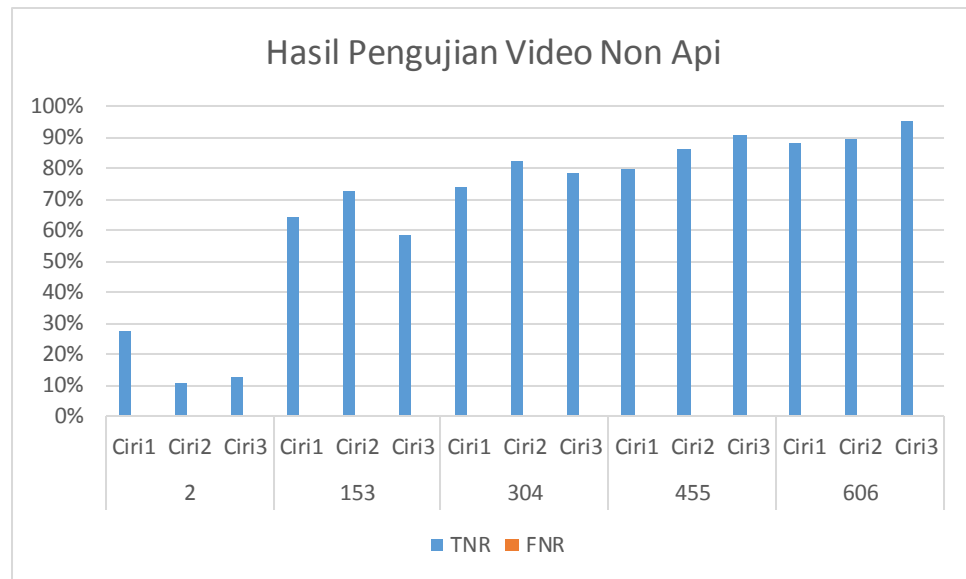
Berikut hasil pengujian untuk video api.



Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian Video Api

Pada Grafik diatas terlihat hasil akurasi TPR (Akurasi pada kondisi benar) paling besar adalah 99% tetapi pada TPR tersebut masih menghasilkan FPR (Akurasi kondisi salah deteksi) yang tinggi yaitu 61%, akurasi FPR tersebut menandakan masih banyaknya jumlah blok bukan api yang masih terdeteksi sebagai api. Untuk itu dalam pengambilan threshold yang optimal harus mengambil antara TPR dan FPR yang seimbang artinya TPR semakin tinggi dan FPR semakin kecil.

Hasil pengujian untuk video non api



Gambar 4.7 Grafik Hasil Pengujian Video Non Api

Pada Grafik diatas menunjukan akurasi TNR paling tinggi adalah 95% pada threshold 606 yaitu pada video Ciri3, tetapi pada threshold tersebut untuk video api menghasilkan akurasi TPR yang sangat kecil,

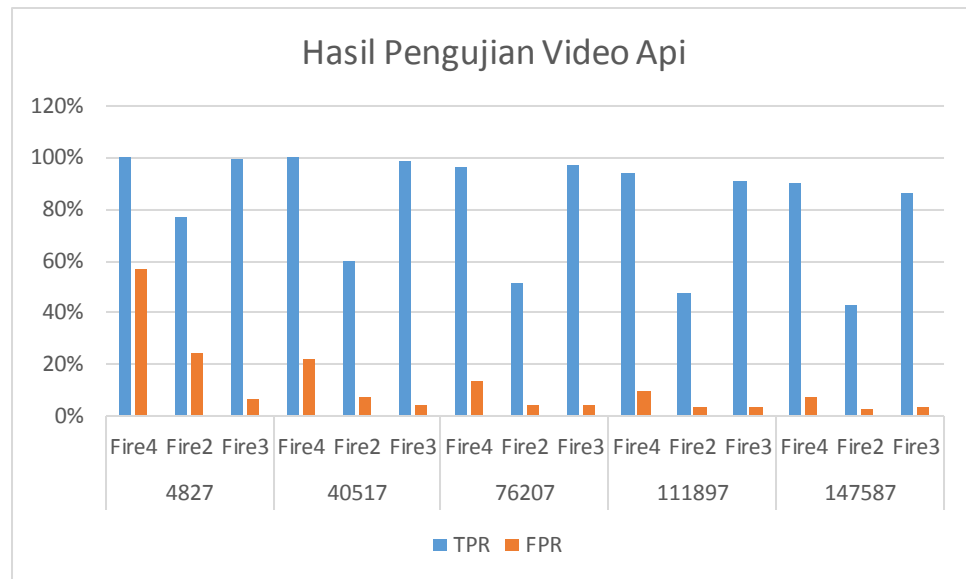
4.4.4 Pengujian pada proses spatio-temporal analysis

Parameter yang akan diujikan adalah besarnya threshold yang akan digunakan, yang nantinya akan mempengaruhi blok mana saja yang akan dianggap sebagai api.

Pada pengujian proses ini hampir sama dengan proses sebelumnya pada proses spatial wavelet analysis yaitu satu frame akan dibagi menjadi 16 blok (bagian), dimana hasil dari proses ini akan dibandingkan dengan frame marker yang telah dibuat sebelumnya.

Pengujian dilakukan dalam dua bagian yaitu pengujian untuk video api dan pengujian untuk video bukan api

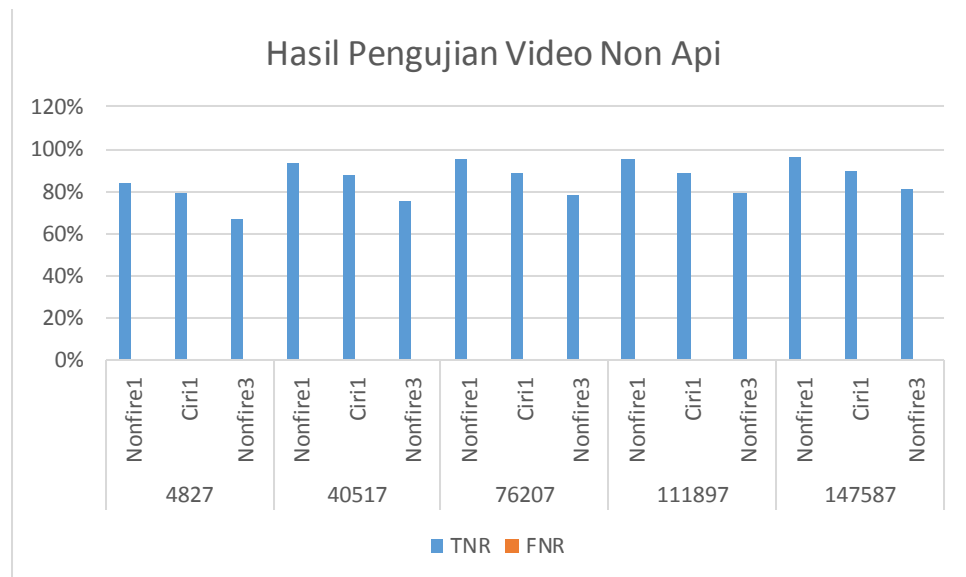
Berikut hasil pengujian untuk video api



Gambar 4.8 Grafik Hasil Pengujian Video Api

Pada Grafik diatas menunjukan hasil akurasi TPR (Akurasi Kondisi Benar) adalah 100% yaitu pada video Fire 3 yaitu pada *threshold* 4827 dan 40517 tetapi pada *threshold* 40517 menghasilkan FPR (Akurasi Kondisi salah deteksi) yaitu 7% pada video fire 3 dan fire 4,

Berikut hasil pengujian untuk video non api



Gambar 4.9 Grafik Hasil Pengujian Video Non Api

Pada Grafik diatas menghasilkan akurasi TNR (Akurasi Deteksi dengan benar untuk video non api) paling tinggi adalah 96% pada *threshold* 147587.

Untuk itu pada proses ini threshold yang akan diambil adalah threshold ke-5 dengan hasil TPR dan TNR paling optimal.

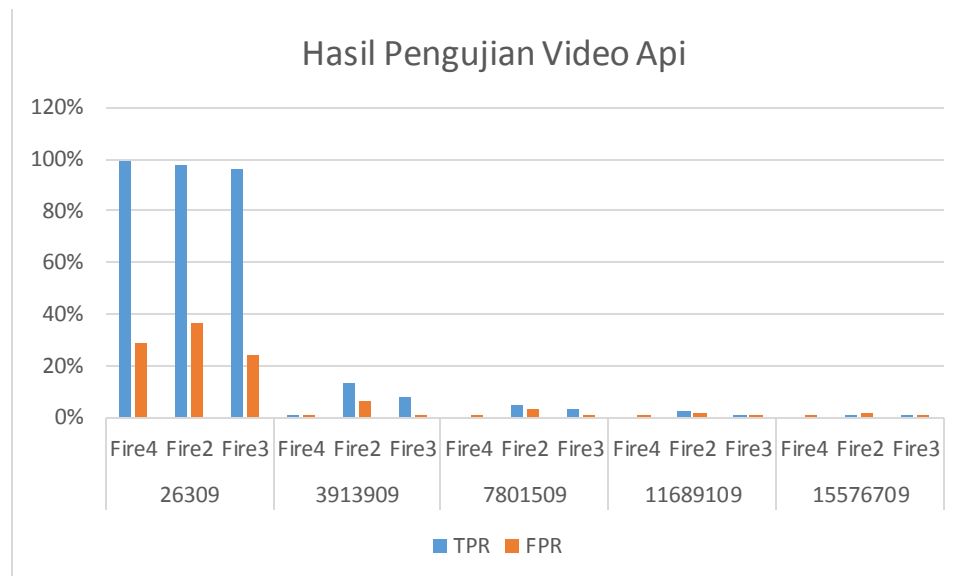
4.4.5 Pengujian pada proses Temporal analysis

Parameter yang akan diujikan adalah besarnya threshold yang akan digunakan, yang nantinya akan mempengaruhi blok mana saja yang akan dianggap sebagai api.

Pada pengujian proses kali ini sama dengan proses sebelumnya yaitu pembagian frame menjadi 16 blok (bagian).

Pengujian pada proses ini dibagi menjadi dua bagian yaitu pada video api dan pada video non api

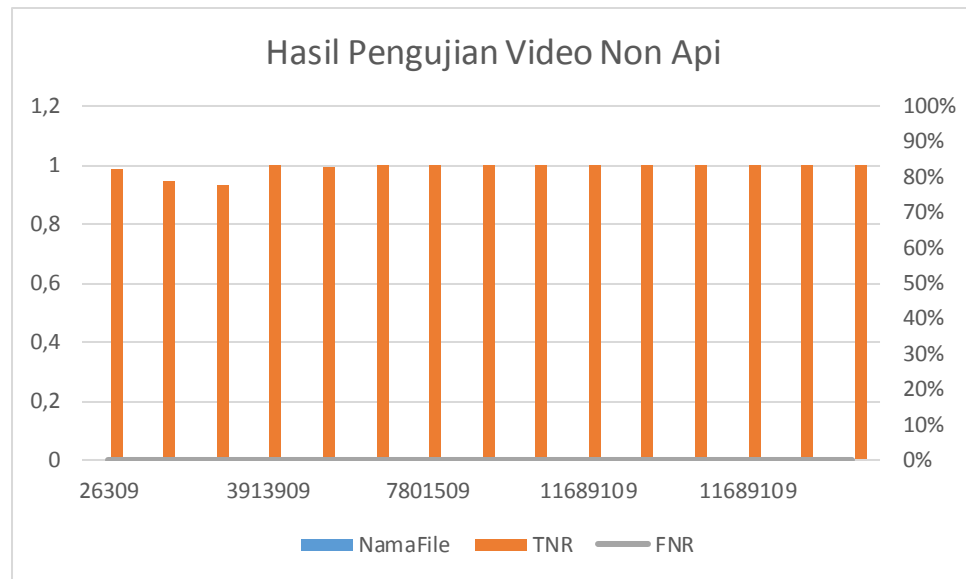
Hasil pengujian untuk video api



Gambar 4.10 Grafik Hasil Pengujian Video Api

Pada Grafik diatas menunjukan pada threshold 26309 menghasilkan akurasi TPR (Akurasi dengan Nilai benar) paling tinggi yaitu 99% tetapi masih mempunyai FPR (Akurasi dengan terdeteksi dengan salah).

Hasil Pengujian untuk video non api



Gambar 4.11 Grafik Hasil Pengujian Video Non Api

Pada Grafik diatas menunjukan bahwa untuk pengujian proses *temporal analysis* untuk video non api menghasilkan akurasi yang cukup tinggi yaitu hingga 100% tetapi pada threshold tersebut ketika di uji pada video api menghasilkan nilai akurasi yang rendah, untuk itu pengambilan threshold yang optimal pada proses ini adalah pada threshold yang kedua yang menghasilkan nilai akurasi maksimal 99% pada video api serta menghasilkan akurasi maksimal 99% pada video non api.

4.4.6 Pengujian Keseluruhan sistem

Pada pengujian kali ini akan menggunakan nilai-nilai threshold optimal yang telah didapatkan pada pengujian sebelumnya untuk mengetahui performansi akurasi sistem secara utuh dalam artian keseluruhan proses yang telah diujikan pada pengujian sebelumnya. Pada pengujian kali ini akan menggunakan dataset dengan kondisi yang berbeda pada sebelumnya.



Gambar 4.12 Sistem Deteksi

Tabel 4.2 Akurasi Sistem Keseluruhan

Nama	Jumlah Frame	TP	FN	FP	TN	TPR	TNR	Akurasi
Indoor2	120	60	0	0	0	100%	-	100%
Indoor6	120	10	110	0	0	8%	-	8%
Indoor1	148	87	61	0	0	58%	-	58%
Indoor4	120	96	24	0	0	80%	-	80%
Outdoorbf3	120	120	0	0	0	100%	-	100%
Indoor6	120	20	100	0	0	16%	-	16%
Ciri3	60	0	27	0	33	-	55%	55%
Ciri2	60	0	0	0	60	-	100%	100%
Ciribf1	120	0	0	0	120	-	100%	100%

Pada video yang megandung api nilai rerata akurasi sistem adalah 77 % sedangkan pada video non api yang mempunyai ciri hampir sama dengan api akurasi rerata mencapai 85%, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pada video yang didalamnya masih terdapat objek yang mempunyai ciri seperti api masih dapat terdeteksi menjadi api dikarenakan pergerakannya yang cepat sehingga sistem dapat salah mendeteksi hal tersebut sebagai api.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian-pengujian yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil adalah :

1. Sistem dapat dapat mendeteksi dengan baik dengan adanya proses deteksi warna api akan tetapi masih terdapat warna api yang masih belum bisa terdeteksi,
2. Sistem dapat mendeteksi api dengan baik pada untuk video api dengan rerata akurasi mencapai 77% dengan akurasi terbaiknya mencapai 100% pada video indoor2.
3. Pada proses deteksi warna api warna api yang dapat terdeteksi adalah warna api yang mempunyai gradasi warna dari orange hingga warna kuning.

5.2 Saran

Berikut saran yang diharapkan dapat membantu dalam pengembangan untuk kedepannya adalah untuk menambahkan variansi warna api pada model dan testing dalam pengambilan threshold, yang diharapkan dapat mendeteksi ragam warna api yang berbeda,

Daftar Pustaka

- [1] P. a. N. Komar D, "Spatio-Temporal Flame Modeling and Dynamic Texture Analysis for Automatic Video-Based Fire Detection," 2015.
- [2] Fahtia, "Bromindo Mekar Mitra," [Online]. Available: <http://www.bromindo.com/heat-detector/>. [Diakses 20 Maret 2015].
- [3] F. a. N. Komar D, "Flame Detection For Video-Based Early Fire Warning System and 3D Visualisation of Fire Propagation," 2012.
- [4] P.-H. W. a. Y.-C. C. Thou-Ho(Chao-Ho) Chen, "An Early Fire-Detection Method Based on Image Processing," 2004.
- [5] Y. D. U. G. B. Ugur Tpreyin, "Computer vision based method for real-time fire and flame detection," *Pattern Recognition Letters*, 2004.
- [6] D. Putra, *Pengolahan Citra digital*, Yogyakarta: ANDI, 2010.
- [7] I. Binanto, *Multimedia Digital - Dasar Teori dan Pengembangannya*, Yogyakarta: ANDI, 2010.
- [8] "Media Proyek," [Online]. Available: <http://www.mediaprojek.com/2013/11/jenis-jenis-detektor-pemadam-kebakaran.html>. [Diakses 20 Maret 2015].
- [9] "How to use Background Subtraction Method," [Online]. Available: http://docs.opencv.org/trunk/doc/tutorials/video/background_subtraction/background_subtraction.html. [Diakses 20 Maret 2015].
- [10] "Wikipedia," 5 Januari 2015. [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Inter_frame. [Diakses 20 Maret 2015].
- [11] S. Kamar, "Classifying image data," 2003. [Online]. Available: <http://www.debugmode.com/imagecmp/classify.htm>. [Diakses 20 Maret 2015].
- [12] "Shutterstock," [Online]. Available: <http://ak.picdn.net/shutterstock/videos/2747858/preview/stock-footage-endless-hd-fire-on-black-background.jpg>. [Diakses 20 Maret 2015].

LAMPIRAN

Hasil Pengujian Deteksi Gerak

Tabel 0.1 Hasil Pengujian Deteksi Gerak Video Api

Threshold	Nama File	TPR	FPR
20	Ciri1	91%	2%
	Ciri2	50%	1%
	Ciri3	80%	1%
	Nonfire2	20%	3%
	Nonfire3	59%	3%
	Fire1	17%	6%
	Fire2	38%	2%
	Fire3	91%	2%
25	Ciri1	82%	5%
	Ciri2	43%	2%
	Ciri3	74%	1%
	Nonfire2	20%	3%
	Nonfire3	52%	3%
	Fire1	13%	3%
	Fire2	26%	1%
	Fire3	83%	2%
30	Ciri1	75%	5%
	Ciri2	36%	1%
	Ciri3	68%	1%
	Nonfire2	19%	3%
	Nonfire3	46%	2%
	Fire1	7%	2%
	Fire2	20%	1%
	Fire3	63%	2%
35	Ciri1	65%	5%
	Ciri2	21%	1%
	Ciri3	62%	1%
	Nonfire2	18%	3%
	Nonfire3	41%	2%
	Fire1	4%	1%
	Fire2	16%	1%
	Fire3	52%	2%
40	Ciri1	55%	5%
	Ciri2	26%	1%
	Ciri3	57%	0%
	Nonfire2	18%	2%
	Nonfire3	35%	2%
	Fire1	3%	1%
	Fire2	12%	2%
	Fire3	39%	1%

Tabel 0.2 Hasil Deteksi Gerak Video Non Api

Threshold	Nama File	TNR	FNR
20	Nongerak1	100%	0%
	Nongerak2	100%	0%
	Nongerak3	100%	0%
25	Nongerak1	100%	0%
	Nongerak2	100%	0%
	Nongerak3	100%	0%
30	Nongerak1	100%	0%
	Nongerak2	100%	0%
	Nongerak3	100%	0%
35	Nongerak1	100%	0%
	Nongerak2	100%	0%
	Nongerak3	100%	0%
40	Nongerak1	100%	0%
	Nongerak2	100%	0%
	Nongerak3	100%	0%

Hasil Pengujian Deteksi Warna Api

Tabel 0.3 Hasil Pengujian Deteksi Warna Api

Threshold		TPR	FPR	TNR	FNR
Min	Max				
2,22E-08	4,24E-08	77%	65%	35%	23%
2,22E-08	4,01E-08	77%	56%	44%	23%
2,22E-08	3,78E-08	77%	49%	51%	23%
2,45E-08	4,24E-08	41%	54%	46%	59%
2,45E-08	4,01E-08	41%	45%	55%	59%
2,45E-08	3,78E-08	41%	38%	62%	59%
2,68E-08	4,24E-08	15%	46%	54%	85%
2,68E-08	4,01E-08	15%	37%	63%	85%
2,68E-08	3,78E-08	15%	30%	70%	85%

Hasil Pengujian Spasial Wavelet

Tabel 0.4 Hasil Pengujian Video Api

Threshold	NamaFile	TPR	FPR
2	Fire4	98%	97%
	Fire2	99%	61%
	Fire3	100%	9%
153	Fire4	97%	57%
	Fire2	60%	21%
	Fire3	87%	4%
304	Fire4	85%	40%
	Fire2	50%	14%
	Fire3	68%	3%
455	Fire4	46%	29%
	Fire2	45%	12%
	Fire3	46%	2%
606	Fire4	18%	23%
	Fire2	38%	10%
	Fire3	32%	1%

Tabel 0.5 Hasil Pengujian Video Non Api

Threshold	NamaFile	TNR	FNR
2	Ciri1	27%	0%
	Ciri2	11%	0%
	Ciri3	13%	0%
153	Ciri1	64%	0%
	Ciri2	73%	0%
	Ciri3	59%	0%
304	Ciri1	74%	0%
	Ciri2	82%	0%
	Ciri3	78%	0%
455	Ciri1	80%	0%
	Ciri2	86%	0%
	Ciri3	91%	0%
606	Ciri1	88%	0%
	Ciri2	89%	0%
	Ciri3	95%	0%

Hasil Pengujian Spatio-Temporal Analysis

Tabel 0.6 Hasil Pengujian Video Api

Threshold	NamaFile	TPR	FPR
4827	Fire4	100%	57%
	Fire2	77%	24%
	Fire3	100%	6%
40517	Fire4	100%	22%
	Fire2	60%	7%
	Fire3	99%	4%
76207	Fire4	97%	14%
	Fire2	52%	4%
	Fire3	97%	4%
111897	Fire4	94%	10%
	Fire2	47%	3%
	Fire3	91%	3%
147587	Fire4	90%	7%
	Fire2	43%	3%
	Fire3	87%	3%

Tabel 0.7 Hasil Pengujian Video Non Api

Threshold	NamaFile	TNR	FNR
4827	Nonfire1	84%	0%
	Ciri1	79%	0%
	Nonfire3	67%	0%
40517	Nonfire1	94%	0%
	Ciri1	87%	0%
	Nonfire3	76%	0%
76207	Nonfire1	95%	0%
	Ciri1	88%	0%
	Nonfire3	78%	0%
111897	Nonfire1	96%	0%
	Ciri1	89%	0%
	Nonfire3	80%	0%
147587	Nonfire1	96%	0%
	Ciri1	90%	0%
	Nonfire3	81%	0%

Hasil Pengujian Temporal Analysis

Tabel 0.8 Hasil Pengujian Video Api

Threshold	NamaFile	TPR	FPR
26309	Fire4	99%	29%
	Fire2	97%	37%
	Fire3	96%	24%
3887600	Fire4	1%	1%
	Fire2	13%	6%
	Fire3	8%	1%
3913909	Fire4	0%	0%
	Fire2	5%	3%
	Fire3	3%	0%
7801509	Fire4	0%	0%
	Fire2	2%	2%
	Fire3	1%	0%
11689109	Fire4	0%	0%
	Fire2	1%	1%
	Fire3	1%	0%

Tabel 0.9 Hasil Pengujian Video Non Api

Threshold	NamaFile	TNR	FNR
26309	Nonfire1	99%	0%
	Ciri1	94%	0%
	Ciri2	93%	0%
3887600	Nonfire1	100%	0%
	Ciri1	100%	0%
	Ciri2	100%	0%
3913909	Nonfire1	100%	0%
	Ciri1	100%	0%
	Ciri2	100%	0%
7801509	Nonfire1	100%	0%
	Ciri1	100%	0%
	Ciri2	100%	0%
11689109	Nonfire1	100%	0%
	Ciri1	100%	0%
	Ciri2	100%	0%