

Aplikasi Pengolahan Citra Sebagai Pendeteksi Dini Kebakaran Menggunakan *Colour Image Processing*

Atthariq¹, Muhammad Nasir², Azhar³, Hendrawaty⁴

Jurusan Teknologi Informasi dan Komputer Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

atthariq@pnl.ac.id

Abstrak— Kebakaran merupakan kejadian timbulnya api secara tiba-tiba baik disengaja maupun tidak yang tidak terkendali sehingga dapat membahayakan jiwa maupun harta benda. Kebakaran sulit untuk diprediksi kapan dan dimana terjadinya. Misalnya kebakaran pada perumahan atau bangunan, kebakaran hutan yang bisa terjadi pada siang maupun malam hari. Untuk itu, sistem yang efektif untuk mendeteksi kebakaran dini diperlukan. Dari sudut pandang fungsi utama, webcam atau CCTV adalah alat yang tepat digunakan untuk mendeteksi api. Bentuk yang sederhana dapat dipasang di mana-mana dengan mudah. Kamera CCTV atau webcam yang dapat memantau lokasi selama 24 jam sangat efektif untuk mencegah terjadinya kebakaran. Dalam penelitian ini, akan dibangun sistem yang dapat mendeteksi kebakaran pada video berbasis pengolahan citra dengan dukungan CIP (*Colour Image Processing*). Sistem memproses data video dengan menerapkan hasil segmentasi warna api untuk mendeteksi kebakaran. Sistem menggunakan pengolahan citra pada CIP untuk metode yang memerlukan komputasi tinggi agar bisa tercapai sistem deteksi kebakaran secara real time.

Abstract— *The Fire is an event of sudden fire incident whether intentional or not uncontrollable so that it can endanger the soul and property. Fires are difficult to predict when and where they occur. For example fire on housing or buildings, forest fires that can occur during the day and night. For that, an effective system for detecting early fires is needed. From the point of view of the main function, webcam or CCTV is the right tool used to detect fire. Simple forms can be installed everywhere with ease. CCTV or webcam cameras that can monitor the location for 24 hours is very effective to prevent the occurrence of fire. In this research, a system that can detect fires on video-based image processing with the support of CIP (Color Image Processing). The system processes video data by applying flame color segmentation results to detect fires. The system uses image processing in CIP for methods that require high computation in order to achieve fire detection system in real time.*

Keywords— *CIP (Color Image Processing), Image Processing, Color Segmentation.*

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini perkembangan teknologi komputer semakin berkembang sehingga menyebabkan citra digital yang dihasilkan, disimpan, dan diakses menjadi semakin banyak dan rumit. Citra digital saat ini digunakan di berbagai bidang, seperti bidang keamanan, perdagangan, dan masih banyak lagi pemanfaatan informasi dalam bentuk citra di bidang yang lainnya.

Kebakaran adalah kejadian yang menimbulkan terjadinya api yang tidak terkendali yang dapat membahayakan jiwa maupun harta benda. Kebakaran dapat terjadi di hutan, bangunan di perkotaan, perumahan, tempat umum dan lain-lain baik siang maupun malam hari.

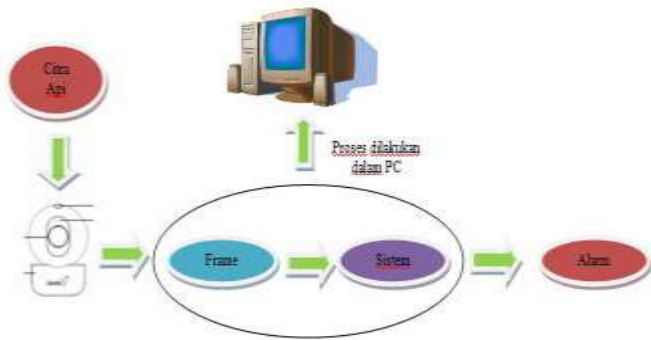
Pada umumnya setiap rumah memiliki potensi untuk mengalami kebakaran. Oleh karena itu, mungkin dibutuhkan suatu alat deteksi kebakaran sebagai alat bantu untuk penanggulangan kebakaran yang lebih dini dan efektif. Dalam hal ini maka fungsi dari Webcam dapat dikembangkan menjadi suatu alat deteksi awal kebakaran dalam rumah. Sistem deteksi kebakaran ini dirancang untuk dapat mendeteksi api dari mencari nilai RGB api, mendeteksi adanya pergerakan api, dan luas *pixel* api dari video yang ditangkap oleh webcam sebagai input data. Sistem deteksi ini diharapkan dapat digunakan untuk mendeteksi kebakaran di dalam sebuah rumah toko yang pada umumnya sudah memiliki webcam dan PC sebagai peralatan.

Pada penelitian sebelumnya (2012) peneliti telah melakukan Simulasi robot bergerak mencari jalur terdekat untuk memadamkan api yang diletakkan secara acak pada 4 buah ruangan dengan metode algoritma genetik. Selanjutnya (2013) peneliti melakukan penelitian Rancang Bagun Robot Pencari Korban Bencana Alam dengan Kontrol Wireless Modulasi FM (Frequency Modulation) - FSK (Frequency Shift Keying).

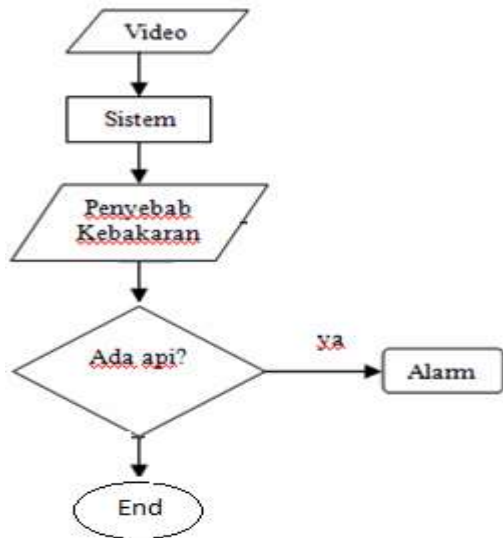
Pada penelitian ini akan dibangun sistem yang dapat mendeteksi kebakaran pada video berbasis pengolahan citra dengan dukungan CIP (*Colour Image Processing*). Sistem memproses data video dengan menerapkan hasil segmentasi warna api untuk mendeteksi kebakaran. Sistem menggunakan pengolahan citra pada CIP untuk metode yang memerlukan komputasi tinggi agar bisa tercapai sistem deteksi kebakaran secara real time.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Secara umum, penelitian ini melalui beberapa tahapan proses, Metode perancangan aplikasi pengolahan citra sebagai pendeteksi dini kebakaran menggunakan *colour image processing*, yaitu metode untuk mendeteksi pola citra api berdasarkan gerakan dan segmentasi citra warna RGB dengan *CIP (Colour Image Processing)* seperti ditunjukkan dalam gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1 Blok Sistem Pendeteksi Kebakaran



Gambar 2.2. Diagram Alir Aplikasi Pendeteksi Kebakaran

2.1 Input Data

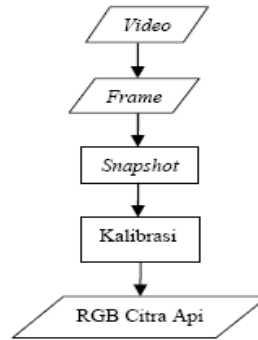
Data inputan yang dipakai oleh sistem terbagi menjadi 2 jenis. Input untuk mode *real time* adalah citra langsung yang ditangkap oleh webcam secara *real time* sedangkan input untuk mode *non real time* adalah rekaman yang ditangkap oleh Webcam (dalam format .avi) yang kemudian dianalisa oleh sistem. Sistem deteksi ini kemudian diharapkan bisa mengenali api dari nilai RGB dan pergerakannya. Rekaman video untuk input mode *non real time* direkam menggunakan software bawaan dari webcam yaitu look 316.

2.2 Proses Pengenalan Api

Proses pengenalan api terbagi menjadi tiga langkah yaitu kalibrasi, segmentasi, dan pendeteksian gerakan. Berikut akan dijelaskan masing-masing proses tersebut.

2.3 Penentuan RGB Api

Langkah awal pendeteksian api ini adalah mencari nilai RGB api. Proses untuk mencari nilai spesifikasi RGB api ini disebut kalibrasi. Adapun skema proses kalibrasi api tersebut adalah sebagai berikut:

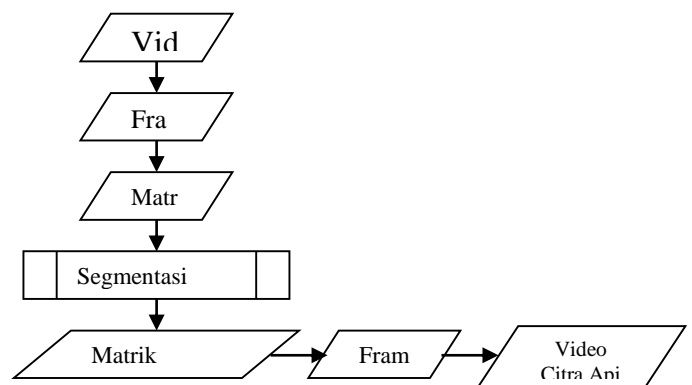


Gambar 2.3 Skema Penentuan Nilai RGB Api

Api memiliki spesifikasi nilai RGB yang fix. Yang menjadi masalah adalah bagaimana sistem deteksi ini dapat membedakan api dari objek sekitarnya yang kira-kira ada kemungkinan memiliki nilai RGB yang mendekati atau mungkin sama dengan nilai RGB api tersebut. Untuk mengatasi masalah tersebut dibutuhkan riset untuk mengetahui nilai RGB api secara akurat. Citra api terdiri dari 3 komponen layer yaitu: layer *Red*, layer *Green*, dan layer *Blue*. Masing-masing layer memiliki nilai yang spesifik untuk merepresentasikan citra api. Walaupun secara kasat mata ada banyak objek lain yang memiliki warna yang sekilas sama dengan warna api, setelah dilakukan riset terhadap beberapa sampel api dan objek lain tersebut ternyata masing-masing objek tersebut tidak memiliki nilai RGB yang sama persis dengan nilai RGB api.

2.4 Segmentasi RGB

Setelah nilai RGB api diketahui, langkah selanjutnya adalah menentukan segmentasi pada sistem. segmentasi ini digunakan untuk memisahkan citra api secara khusus dari objek yang ada di sekitarnya. Dengan adanya segmentasi ini maka system akan dapat mengenali api dan hanya menampilkan citra api saja pada setiap *fram*nya. Dan apabila pada *frame* tersebut tidak terdapat api maka sistem tidak akan menampilkan apa-apa sebab secara tidak langsung segmentasi ini berfungsi sebagai filter untuk memisahkan citra api dari objek lain yang bukan api. Skema penentuan batas segmentasi RGB adalah sebagai berikut:



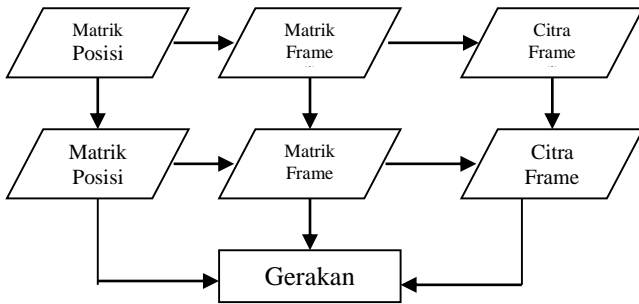
Gambar 2.4 Skema Penentuan Fungsi Segmentasi RGB

Setiap frame dari video (input data) terbaca dalam bentuk matriks oleh Matlab. Setiap frame ini merupakan gabungan dari representasi 3 layer matriks, yaitu: layer matriks *Red*, layer matriks *Green*, dan layer matriks *Blue*. Dengan telah diketahuinya nilai spesifik RGB api dari proses

sebelumnya kita dapat menentukan segmentasi (filter) supaya hanya citra api saja yang kita tampilkan. Nilai range *Red* citra api kita jadikan threshold pada layer matriks *Red*, nilai range *Green* citra api menjadi segmentasi untuk layer matriks *Green*, dan nilai range *Blue* citra api menjadi *threshold* untuk layer matriks *blue*. Dari proses ini akan diperoleh hasil berupa matriks posisi yang merupakan representasi dari citra api yang telah dipisahkan. Matriks posisi ini isinya bernilai 0 dan 1. Kemudian matriks posisi tersebut kita kalikan dengan matriks awal dari frame sebelum di segmentasi, sehingga hasilnya hanya citra api saja yang akan muncul pada *frame* tersebut.

2.5 Pendeteksian Gerakan

Untuk bisa mendeteksi api tidak cukup hanya sebatas mengetahui nilai RGB api saja. Dibutuhkan spesifikasi lain untuk menambah keakuratan sistem dalam mengenali api. Spesifikasi tersebut adalah dengan mendeteksi pergerakan dari api tersebut. Setelah matriks tiap layer berubah menjadi matriks posisi (didapat dari proses segmentasi) maka dengan cara membandingkan matriks posisi dari satu *frame* dengan *frame* berikutnya akan terdeteksi adanya pergerakan. Adapun skema pendeteksian gerakan adalah sebagai berikut:



Gambar 2.5 Skema Penentuan Gerakan

4.5 Perancangan dan Pembuatan Software

Tahap awal perencanaan adalah merancang dan membuat form utama untuk proses pendeteksi dini kebakaran menggunakan *Colour Image Prossessing* (CIP). Gambar hasil form utama ini ditunjukkan oleh gambar 2.6 berikut :



Gambar 2.6 Form Utama

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tampilan Form Pengujian Nilai

Perancangan *form* pengujian nilai digunakan untuk menguji nilai dari masing-masing rangkaian warna, yaitu nilai R G B dan nilai H S V. *Form* data *training* dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Tampilan *Form* Data Training Hasil pengujian nilai R G B dan H S V dari beberapa jenis api dapat dilihat pada table 3.1.

Tabel 3.1 Hasil Pengujian

	Api Lilin	Api Busa	Api Plastik	Api Kertas
Red	221	226	218	233
Green	216	220	201	226
Blue	109	205	107	211

3.2 Tampilan Form Pendeteksi

Form menu pendeteksi digunakan untuk melakukan pengujian sistem dalam mendeteksi objek pada video. Hasil deteksi keberadaan api akan di save menjadi format jpeg. Dalam submenu ini dapat dilihat tingkat keberhasilan dan keakuratan dari sistem yang dimaksud. *Form* Pendeteksi dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2 Tampilan *Form* Pendeteksi

3.4 FormProfile

Pada menu profile berisi informasi tentang aplikasi. *Form* profile dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 3.3 Tampilan Form Profile

3.5 Pengujian Sistem

Dalam proses pengujian system digunakan software MatLab 2010. Langkah awal dalam pengujian system adalah dengan mendeteksi perangkat kamera yang digunakan. Hasil eksekusi program seperti pada gambar 3.4.

```
>> imaqhwinfo

ans =

    InstalledAdaptors: {'winvideo'}
    MATLABVersion: '7.11 (R2010b)'
    ToolboxName: 'Image Acquisition Toolbox'
    ToolboxVersion: '4.0 (R2010b)'

>> dev = imaqhwinfo('winvideo')

dev =

    AdaptorDllName: [1x81 char]
    AdaptorDllVersion: '4.0 (R2010b)'
    AdaptorName: 'winvideo'
    DeviceIDs: {[1]}
    DeviceInfo: [1x1 struct]

>> dev.DeviceInfo

ans =

    DefaultFormat: 'RGB24_40x480'
    DeviceFileSupported: 0
    DeviceName: 'Logitech HD Webcam C270'
    DeviceID: 1
    ObjectConstructor: 'videoinput('winvideo', 1)'
    SupportedFormats: [1x38 cell]
```

Gambar 3.4 Hasil eksekusi Program Untuk Jenis dan Format Kamera

Dari hasil eksekusi program dapat diketahui jenis dan format kamera yang digunakan. Jenis dan format kamera diperlukan untuk mengetahui tingkat performa kamera.

3.5.1 Hasil pengujian kecepatan sistem deteksi kebakaran

Pengujian ini dilakukan untuk menguji performa metode yang menggunakan GPU dibandingkan dengan CPU. Kecepatan diukur dalam milidetik dan jumlah frame yang dieksekusi per detik (fps). Pada setiap kategori resolusi digunakan 3 video dengan fps 30 berdurasi rata-rata 10 detik untuk diukur kecepatan eksekusi metodenya selama 5 kali percobaan. Tabel 5.2 menunjukkan perbandingan kecepatan rata-rata eksekusi metode yang menggunakan CPU dan GPU pada sampel video dengan variasi resolusi video. Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa pemrosesan metode deteksi kebakaran pada video pada GPU lebih cepat daripada CPU. Pada resolusi 800x600 pemrosesan video pada GPU masih mendekati fps video aslinya sedangkan pada CPU pemrosesan video sudah jauh lebih lambat dari fps video aslinya. Peningkatan kecepatan pemrosesan sistem dengan GPU sekitar 1,5 kali dari CPU. Pada metode deteksi gerakan dengan GPU peningkatan kecepatan sekitar 3 kali dari CPU sedangkan untuk segmentasi warna api menggunakan CUDA peningkatan kecepatan sekitar 1,7 kali dari CPU. Metode yang membutuhkan pemrosesan setiap piksel pada frame lebih cepat apabila diproses pada GPU yang mendukung komputasi paralel. Semakin besar resolusi video maka semakin banyak piksel yang harus diproses untuk itu komputasi paralel sangat efektif. Dengan menggunakan GPU, sistem menjadi lebih fleksibel dan dapat memenuhi performa untuk deteksi secara real time.

Tabel 3.2 . Kecepatan eksekusi metode dengan CPU dan GPU

Metode	Resolusi Video	Kecepatan Rata-rata		Fps rata-rata		Peningkatan Kecepatan GPU dan CPU
		CPU	GPU	CPU	GPU	
Deteksi Gerakan	320 x 240	5.33	1.48	190.43	752.99	3.95
	640 x 480	13.83	3.90	78.25	258.74	3.30
	800 x 480	34.52	6.63	40.67	152.30	3.74
	800 x 600	3.65	1.98	274.22	536.26	1.95
Segmentasi Warna Api	320 x 240	10.47	5.73	103.75	176.68	1.70
	640 x 480	25.81	7.54	54.91	133.45	2.43
	800 x 600	13.43	8.66	75.94	118.61	1.56
Total Metode	320 x 240	13.43	8.66	75.94	118.61	1.56
Deteksi Kebakaran	640 x 480	36.23	21.32	29.85	47.46	1.59
	800 x 600	83.67	29.21	16.17	35.46	2.19

3.5.2 Hasil pengujian akurasi sistem deteksi kebakaran

Pengujian ini dilakukan untuk menguji akurasi dan kesalahan sistem dalam mendeteksi kebakaran. Sampel video yang diujikan beresolusi 640x480 dengan 3 kelompok berdasarkan jumlah video kebakaran. Tabel 5.3 menunjukkan hasil perhitungan akurasi dan kesalahan deteksi kebakaran

pada siang hari sedangkan Tabel 5.4 menunjukkan hasil perhitungan akurasi dan kesalahan deteksi kebakaran pada malam hari. Berdasarkan Tabel 5.3, akurasi rata-rata yang didapatkan dari deteksi kebakaran pada siang hari yaitu 97,96% dengan kesalahan 0,25%. Kesalahan terutama disebabkan karena pantulan cahaya api pada dinding atau obyek yang lain yang terdeteksi sebagai kebakaran. Perubahan cahaya mendadak karena kebakaran yang membesar juga menyebabkan terjadinya kesalahan deteksi. Berdasarkan Tabel 5.4, akurasi deteksi kebakaran pada malam hari meningkat menjadi 98,65% karena warna api yang dominan dari sekitarnya. Akan tetapi kesalahan deteksi juga semakin besar menjadi 0,85% dengan adanya sumber cahaya dari kebakaran menyebabkan lingkungan sekitarnya akan memantulkan cahaya tersebut. Cahaya lampu tidak terdeteksi sebagai kebakaran karena relatif statis. Karena perubahan cahaya yang mendadak dari sumber kebakaran di sekelilingnya, tanda lokasi kebakaran menjadi lebih besar. Masalah seperti ini juga tidak bisa dihindari oleh sistem karena deteksi gerakan dan warna api menganggap dinding pada saat itu sebagai piksel kebakaran. Deteksi gerakan mendeteksi gerakan dari perubahan cahaya yang mendadak karena kebakaran sedangkan segmentasi warna api mendeteksi pengaruh warna kebakaran yang memantul pada permukaan mengkilap disekelilingnya.

Tabel 3.3 Hasil Deteksi Kebakaran Pada Siang Hari

Nama video	Total frame	Frame kebakaran	Frame terdeteksi	False positif	Akurasi (%)	Kesalahan (%)
Kebakaran Video 1	265	265	262	0	98,86	0,00
Kebakaran Video 2	611	611	564	0	92,30	0,00
Kebakaran Video 3	178	178	176	0	98,87	0,00
Kebakaran Video 4	247	247	247	0	100,00	0,00
Kebakaran Video 5	220	220	220	0	100,00	0,00
Kebakaran Video 6	542	542	542	0	100,00	0,00
Kebakaran Video 7	227	227	222	0	97,79	0,00
Kebakaran Video 8	511	511	494	3	96,67	0,58
Kebakaran Video 9	369	369	357	0	96,74	0,00
Kebakaran Video 10	203	203	197	4	97,04	1,97
Kebakaran Video 11	222	222	217	0	97,74	0,00
Kebakaran Video 12	417	417	417	0	100,00	0,00
Kebakaran Video 13	327	327	327	0	100,00	0,00
Kebakaran Video 14	302	302	301	4	99,66	1,32
Kebakaran Video 15	304	304	285	0	93,75	0,00
Rata-rata					97,96	0,25

Tabel 3.4 Hasil Pengujian Kebakaran Pada Malam Hari

Nama video	Total frame	Frame kebakaran	Frame terdeteksi	False positif	Akurasi (%)	Kesalahan (%)
Kebakaran Video 1	866	866	866	0	100,00	0,00
Kebakaran Video 2	236	236	235	0	99,57	0,00
Kebakaran Video 3	403	403	403	0	100,00	0,00
Kebakaran Video 4	328	328	328	0	100,00	0,00
Kebakaran	620	620	617	0	99,51	0,00

Video 5						
Kebakaran Video 6	302	302	301	10	99,66	3,31
Kebakaran Video 7	297	297	270	9	90,91	3,03
Kebakaran Video 8	937	937	937	0	100,00	0,00
Kebakaran Video 9	164	164	159	0	96,95	0,00
Kebakaran Video 10	762	762	755	0	99,08	0,00
Kebakaran Video 11	257	257	247	0	96,10	0,00
Kebakaran Video 12	306	306	305	0	99,67	0,00
Kebakaran Video 13	341	341	336	22	98,53	6,45
Kebakaran Video 14	365	365	364	0	99,72	0,00
Kebakaran Video 15	386	386	386	0	100,00	0,00
Rata-rata					98,65	0,85

IV. KESIMPULAN

Dari analisa permasalahan yang telah dilakukan, beberapa kesimpulan yang dapat diambil antara lain : Setelah melakukan penelitian dan pembahasan mengenai sistem pendeteksi dini kebakaran menggunakan *Colour Image Processing* (CIP), maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil rata-rata akurasi sistem deteksi kebakaran pada siang hari yaitu 97,96% dengan kesalahan rata-rata sebesar 0,25% dari 15 sampel video.
2. Hasil rata-rata akurasi sistem deteksi kebakaran pada malam hari yaitu 98,65% dengan kesalahan rata-rata sebesar 0,85% dari 15 sampel video.
3. Kesalahan deteksi terutama disebabkan oleh pantulan cahaya kebakaran pada permukaan yang mengkilap misalnya pada sampel kebakaran ruang tamu yang dindingnya memantulkan cahaya dari kebakaran.
4. Sistem mampu mendeteksi kebakaran secara real time yaitu dengan rata-rata fps sebesar 118,61 pada resolusi 320x240, 47,46 pada resolusi 640x480, dan 35,46 pada resolusi video 800x600.
5. Peningkatan kecepatan sistem deteksi kebakaran dengan GPU sekitar 1,5 kali dari CPU.

REFERENSI

- [1] Athhariq, 2012. "Simulasi robot bergerak mencari jalur terdekat untuk memadamkan api yang diletakkan secara acak pada 4 buah ruangan dengan metode algoritma genetik" Jurnal LITEKS No. 2 Volume 2 Oktober 2012.
- [2] Athhariq, 2013. "Rancang Bagun Robot Pencari Korban Bencana Alam dengan Kontrol Wireless Modulasi FM (Frequency Modulation) - FSK (Frequency Shift Keying)". Jurnal LITEKS No. 1 Volume 2 Oktober 2013.
- [3] Detection in Video Sequence, *14th European Signal Processing Conference (EUSIPCO)*, Florence, Italy, 4-8 September 2006.
- [4] Gunawan, Ketut, Deni, I. 2013 (Januari). "Klasifikasi Citra Buah Jeruk Kintamani Berdasarkan Fitur Warna dan Ukuran Menggunakan Pendekatan Euclidean

- Distance,”hal.265.(online)<http://pti.undiksha.ac.id/karmapati/vol2no1/22.pdf>. diakses 28 September 2017..
- [5] Ingrid, H, Maria. Dan Herry Santoso.2014.”Ekstraksi Antooksidan dan Senyawa Aktif,”hal.4. (online)<http://journal.unpar.ac.id/index.php/rekayasa/article/viewFile/1253/1232>. diakses 25 September 2017.
- [6] Juhari, Imam.2014. “Perancangan Aplikasi Pengurangan Noise pada Objek Citra Digital Menggunakan Metode Filter Gaussian,”hal.82. (online). https://www.google.co.id/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwif_feh2qrJAhUBjo4KHxf0B.diakses 10 November 2017.
- [7] Kadir, Abdul dan Adhi Susanto, 2012. Pengolahan Citra. Yogyakarta : Andi.
- [8] Kusumanto, RD dan Alan Novi Tompunu. 2011. “Pengolahan Citra Digital Untuk Mendeteksi Objek Menggunakan Pengolahan Warna Model Normalisasi Rgb,”hal.2.(online)publikasi.dinus.ac.id/index.php/semanik/article/download/153/116.diakses 20 juni 2017.
- [9] Munir, Rinaldi. Pengolahan Citra Digital, 2004. Cet.ke-1. Bandung : Informatika.
- [10] Nasir, Muhammad, 2013. “ Deteksi Usia Tanaman Padi Berdasarkan Indeks Warna”. Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi (SNASTIKOM 2013), Medan, hal. 3-145.
- [11] Nasir, Muhammad, 2015. “ Identifikasi Kebutuhan Pupuk Pada Tanaman Padi Menggunakan Gray-Level Co-Occurrence Matrix dan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation”. Jurnal LITEKS No. 2 Volume 4 Oktober 2015.
- [12] Permana, A. S., Usman, K., dan Murti, M. A., 2009, Deteksi Kebakaran Berbasis Webcam Secara Real Time dengan Pengolahan Citra Digital, *Konferensi Nasional Sistem dan Informatika*, Bali, Indonesia, 14 November 2015.
- [13] Prahara, Adhi., 2015, Deteksi Kebakaran pada Video Berbasis Pengolahan Citra dengan Dukungan GPU, *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATi) 2015 Yogyakarta, 6 Juni 2015*
- [14] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, 2002. *Digital Image Processing*. Adison-Wesley Publishing.
- [15] Wulansari, Dewi. (2014). “Pengelompokan gambar berdasarkan fitur warna dan tekstur Dengan fgka clustering (fast genetics k-means algorithm) untuk pencocokan gambar” (online diakses 10 Juni 2017)
- [16] Zivkovic, Z., 2004, Improved Adaptive Gaussian Mixture Model for Background Subtraction, *Proceedings International Conference in Pattern Recognition (ICPR)*, UK, Agustus 2004.