

EKSTRAKSI FITUR CITRA API BERBASIS EKSTRAKSI WARNA PADA RUANG WARNA HSV dan RGB

Denny Hardiyanto¹, Dyah Anggun Sartika²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, IST AKPRIND Yogyakarta

Email: denny.hardiyanto@akprind.ac.id¹, dyah_anggun@akprind.ac.id²

Abstract

The potential for fires increased at this time. Many factors cause fire, both small scale and large scale, such as forest fires. Early detection of fire is one of the right solutions. The Research about detection fire use any methods, you can use UAVs (Unmanned Aerial Vehicle), Android devices, and other technologies that are mostly based on image processing. This is one of the research based on image processing with fire objects. Fire image will be processed in the features extraction with the source of the fire coming from the candle. The candle is used as a detection object because the color characteristics of the fire in the candle as same as a larger scale fire. The method used is feature extraction based on colour extraction in HSV color space (Hue Saturation Value) and RGB color space (Red Green Blue). The result of this research are parameters of each color space for fire detection, there are HSV color space get $0,2 \geq \text{Hue} \geq 0,1$; $0,85 \geq \text{Saturation} \geq 0,5$; and $1 \geq \text{Value} \geq 0,9$, and also for RGB color space get $255 \geq \text{Red} \geq 230$; $250 \geq \text{Green} \geq 100$; and $130 \geq \text{Blue}$.

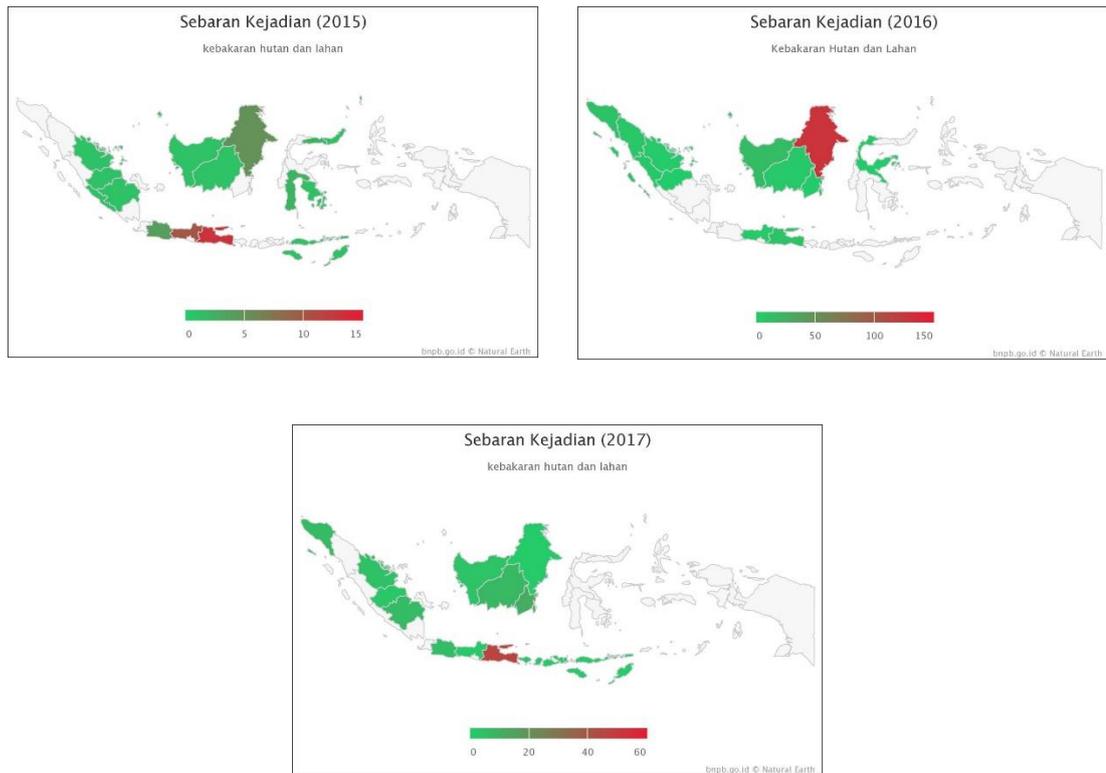
Keyword: Fire Detection, HSV, RGB, Colour Filtering, Feature Extraction

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kebakaran menjadi salah satu bencana yang sering terjadi di Indonesia. Dari website resmi BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana) tercatat bahwa kasus kebakaran mengalami jumlah yang tidak sedikit disetiap tahunnya. Selama 3 tahun terakhir tercatat bahwa kasus terbanyak ada di tahun 2016. Pada tahun 2015 tercatat 48 kasus, 2016 tercatat 178 kasus dan 2017 tercatat ada 96 kasus kebakaran, baik kebakaran yang terjadi di rumah warga, lingkungan masyarakat, maupun kebakaran hutan dan kebakaran lahan. Gambar 1 menunjukkan data sebaran kejadian kebakaran selama tahun 2015-2017.[1]

Menurut data BNPB, jumlah *hot spot* dari pantauan satelit NOAA menurun 32,6 persen selama 2017 dibandingkan 2016. Pada 2016 jumlah titik api sebanyak 3.563, sedangkan selama 2017 ada 2.400 titik. Sementara satelit Terra-Aqua menunjukkan, kebakaran hutan dan lahan terjadi penurunan 46,9 persen. Selama 2016 terdapat 3.628 hot spot, sedangkan 2017 menurun hingga 1.927 titik untuk tingkat kepercayaan di atas 80 persen. Berdasarkan analisis citra satelit yang dilakukan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK), luas kebakaran hutan dan lahan juga berkurang. Selama tahun 2017 terdapat 124.983 hektare hutan dan lahan yang terbakar. Angka ini jauh lebih kecil dibandingkan pada 2016 seluas 438.360 hektare dan tahun 2015 seluas 2,61 juta hektare. Walaupun terjadi penurunan, namun tak terhitung jumlah kerusakan dan kerugian yang dialami, baik kerugian materiil, kerusakan fasilitas umum, kerusakan lahan dan hutan, serta banyak kerugian lain akibat kebakaran.



Gambar 1 Peta sebaran kejadian kebakaran [1]

Sebagai solusi atas banyaknya serta dampak kerugian akibat kebakaran, beberapa penelitian terkait penanggulangan atau pencegahan telah dilakukan. Untuk mencegah terjadinya bencana, beberapa penelitian menggunakan pengolahan citra sebagai pendeteksi adanya api. Metode yang dilakukan juga beragam, seperti penggunaan Multicolour features, Thresholding Rerata RGB, penggunaan citra resolusi menengah MODIS, komposisi warna citra digital, serta metode lain. Bahkan adapula yang mengimplementasikan pengolahan citra secara real Time dengan bantuan perangkat teknologi seperti webcam ataupun pesawat tanpa awak (UAV).

Penelitian ini merupakan salah satu langkah awal dalam melakukan deteksi api. Melalui ekstraksi fitur dengan objek berupa citra api, akan didapat parameter pada ruang RGB dan HSV. Parameter ini akan digunakan sebagai parameter untuk mendeteksi api pada penelitian berikutnya.

Tinjauan Pustaka

Sebagian besar penelitian yang sudah dilakukan terkait dengan deteksi kebakaran, menggunakan pengolahan citra sebagai implementasinya. Feriadi,dkk (2012) dalam penelitiannya yang berjudul Deteksi Lokasi Titik Api pada kebakaran Hutan Menggunakan Colour Image Processing, telah berhasil mendeteksi lokasi titik api menggunakan pendekatan pengolahan warna gambar yang dapat memberikan lokasi titik api dengan harapan analisis dan tindakan dapat dilakukan dengan cepat dan akurat. [2] Metode yang dipakai adalah konsep transformasi *watershed*, suatu metode yang menganggap sebuah gambar merupakan bentuk tiga dimensi yaitu posisi x dan y dengan tingkat warna pixel yang dimilikinya. Posisi x dan y merupakan bidang dasar dan tingkat warna pixel, yang dalam hal ini adalah gray level merupakan ketinggian dengan anggapan nilai yang makin mendekati warna putih mempunyai ketinggian yang semakin tinggi.

Hal yang serupa dilakukan juga oleh Hanifah,dkk (2016) yang melakukan deteksi menggunakan data penginderaan jauh seperti citra resolusi sedang MODIS. Perbedaannya terletak pada objek penelitian dimana Hanifah,dkk memilih untuk mendeteksi area bekas kebakaran. Hasil penelitian diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan oleh pemerintah setempat dan instansi terkait lainnya dalam membuat kebijakan pengendalian kebakaran hutan dan lahan di Provinsi Kalimantan Barat. [3]

Untuk mendapatkan citra yang diinginkan, beberapa penelitian menggunakan perangkat tambahan yang berfungsi sebagai pengambil gambar. Permana, dkk (2008) menggunakan bantuan webcam agar mendapatkan citra api yang kemudian dideteksi. Webcam ini hanya berfungsi sebagai inputan, untuk selanjutnya data diolah oleh sistem melalui pengolahan citra. Sistem ini akan mendeteksi nilai RGB api, pergerakannya, serta luas pixel api pada citra yang tertangkap oleh webcam. Sistem deteksi kebakaran ini dirancang dengan menggunakan webcam sebagai input data, outputnya berupa informasi tulisan “Ada Api” yang disertai suara alarm. Oleh karena itu sistem deteksi ini akan sangat bermanfaat untuk dipasang di dalam suatu ruko (rumah toko) atau mini market yang biasanya sudah memiliki sebuah PC sebagai alat kelengkapan toko. [4]

Selain Permana,dkk, deteksi api yang menggunakan webcam juga dilakukan oleh Firdausy,dkk yang pengambilan citra api secara real-time menggunakan webcam. Data yang didapat akan diolah menggunakan thresholding, sehingga diperoleh citra yang hanya mempunyai dua nilai derajat keabuan, dan selanjutnya dicari nilai rerata RGB untuk dibandingkan dengan nilai range acuan yang ada di database untuk menentukan apakah citra yang ditangkap webcam berupa api atau bukan.[5]

Pesawat tanpa awak (UAV) sebagai salah satu perangkat yang sedang ramai digunakan dalam penelitian [6], bisa digunakan sebagai salah satu media dalam pendeteksian api. sebuah Quadcopter yang dapat terbang secara otomatis diimplementasikan algoritma pendeteksi api berdasar komposisi warnanya. Dalam prosesnya menggunakan kamera webcam dan sebuah mikrokomputer tambahan, khusus untuk memproses pendeteksian api yang dapat terintegrasi dengan flight controller. [7] [8]

Metode pengolahan citra juga beragam. Ada yang menggunakan Multi colour feature seperti RGB, HSV,YCbCr dan Background Subtraction serta morphology untuk pendeteksian pergerakan api seperti yang dilakukan Shidik,dkk (2013). Zarkasi,dkk (2015) merancang dan mengimplementasikan metode komputer vision metode thresholding, yang digunakan untuk pengolahan data citra kamera yang akan mendeteksi api pada kebakaran lahan.[7] [9]

Pengolahan Citra

Citra adalah gambar dua dimensi yang dihasilkan dari gambar analog dua dimensi yang kontinu menjadi gambar diskrit melalui proses sampling. Citra digital dapat didefinisikan sebagai fungsi dua variabel $f(x,y)$, dimana x dan y adalah koordinat spasial sedangkan nilai $f(x,y)$ adalah intensitas citra pada koordinat tersebut. Gambar analog dibagi menjadi N baris dan M kolom sehingga menjadi gambar diskrit. Persilangan antara baris dan kolom tertentu disebut dengan piksel. Contohnya adalah gambar/titik diskrit pada baris n dan kolom m disebut dengan piksel $[n,m]$. [10]

Pengolahan citra adalah salah satu cabang dari ilmu informatika. Pengolahan citra berkuat pada usaha untuk melakukan transformasi suatu citra/gambar menjadi citra lain dengan menggunakan teknik tertentu [11]

Ekstraksi Fitur

Citra input pada proses ekstraksi fitur merupakan citra objek kandidat wajah yang terdeteksi pada tahapan sebelumnya. Ekstraksi fitur dimaksudkan untuk mendapatkan nilai fitur suatu objek berdasarkan hubungan nilai intensitas piksel suatu citra. Pada penelitian ini, digunakan ekstraksi fitur statistika warna yang memiliki 12 atribut fitur. Fitur statistika warna ini dipilih karena melihat citra terdeteksi merupakan citra kandidat selain wajah yang dapat dibedakan berdasarkan warnanya. [12][13]

Segmentasi Warna

Segmentasi Warna (*Color filtering*) dapat diartikan suatu teknik pengolahan citra yang digunakan untuk memanipulasi suatu citra berdasarkan warna spesifik. Segmentasi akan bekerja dengan membandingkan komponen warna setiap pixel citra dengan warna yang spesifik. Hasil perbandingannya, apabila warnanya sesuai dengan warna spesifik, maka komponen warna pixel akan dibiarkan saja, namun apabila ternyata warnanya tidak sesuai dengan warna spesifik, maka komponen warna pixel tersebut diubah menjadi warna background, biasanya menjadi warna hitam. Warna yang digunakan dalam segmentasi warna (*color filtering*) dapat direpresentasikan dalam berbagai ruang warna. Ada beberapa ruang warna yang dikenal, antara lain RGB (Red, Green, Blue), HSV (*Hue, Saturation, Value*), YCbCr, dsb. Dalam penelitian ini lebih dikhususkan menggunakan ruang warna HSV dan RGB.[14]

RGB (*Red, Green, Blue*)

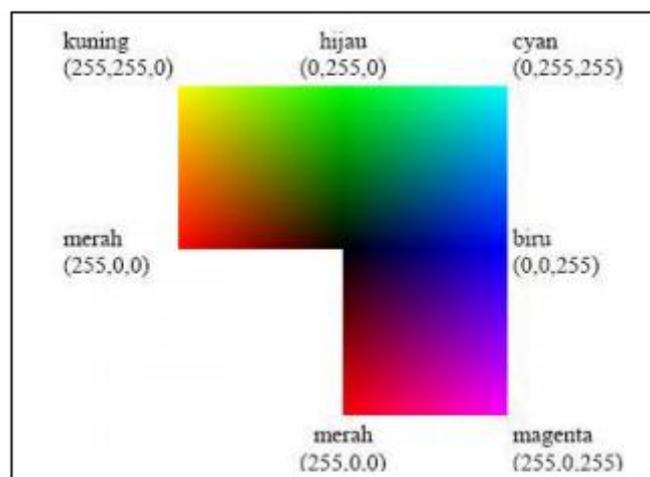
Ruang warna red, green, blue yang sering disebut dengan RGB merupakan konsep pewarnaan dengan menggunakan tiga warna primer yaitu merah, hijau dan biru, yang menyusun terbentuknya warna yang lain. Ruang warna RGB sering digunakan dalam penelitian di bidang komputer grafik. RGB direpresentasikan dalam diagram Cartesian 3 dimensi, dimana perpaduan nilai antara ketiganya akan membentuk warna yang berbeda seperti ditunjukkan pada Tabel 1. [15]

Tabel 1 Tabel Komposisi Warna RGB [15]

Warna	Putih	Kuning	Cyan	Hijau	Magenta	Merah	Biru	Hitam
R(0-255)	255	255	0	0	255	255	0	0
G(0-255)	255	255	255	255	0	0	0	0
B(0-255)	255	0	255	0	255	0	255	0

Dalam RGB masing-masing warna memiliki nilai antara 0 hingga 255 sesuai dengan urutan sehingga masing-masing komponen memiliki 256 tingkat. Pilihan skala 256 ini didasarkan pada cara mengungkap 8 digit bilangan biner yang digunakan oleh mesin komputer. Dengan cara ini, akan diperoleh warna campuran sebanyak $256 \times 256 \times 256 = 1677726$ jenis warna. Warna RGB kerap kali direpresentasikan dengan Hex Triplet atau kombinasi 2 pasang bilangan heksadesimal, seperti #FF5D25 yang artinya Red = FF atau $15 \times 16 + 15 = 255$, Green = 5D atau $5 \times 16 + 13 = 93$ dan Blue = 25 atau $2 \times 16 + 5 = 37$. Jadi RGB (255,93,37). [10]

Sebuah jenis warna dapat dibayangkan sebagai sebuah vektor di ruang dimensi 3 yang biasanya dipakai dalam matematika, koordinatnya dinyatakan dalam bentuk tiga bilangan, yaitu komponen-x, komponen-y dan komponen-z. Misalkan sebuah vektor dituliskan sebagai $r = (x,y,z)$. Jadi, sebuah jenis warna dapat dituliskan sebagai berikut: warna = RGB (30, 75, 255). Putih = RGB (255,255,255), sedangkan untuk hitam = RGB (0,0,0). Seperti yang terlihat pada Gambar 2 berikut ini:



Gambar 2. Representasi warna RGB [10]

Untuk mendapatkan informasi warna merah dalam sebuah citra digunakan ruang warna RGB, karena warna dari sebuah api umumnya mendekati warna merah. Dalam nilai-nilai warna RGB, fakta ini berkorespondensi pada relasi antara kanal warna merah, hijau, dan biru: $R > G > B$. R harus lebih besar daripada yang kanal yang lain karena kanal warna R mendominasi pada sebuah gambar api. Imple fadhil, imple Ahmad

HSV (*Hue, Saturation, Value*)

HSV merupakan ruang warna yang sangat cocok untuk mengidentifikasi warna-warna dasar, di mana warna dasar ini digunakan dalam penelitian sebagai warna identifikasi robot. Selain itu, HSV memiliki toleransi terhadap perubahan intensitas cahaya. Inilah yang menjadi keunggulan HSV dibandingkan dengan ruang warna lainnya. [11]

Penjelasan mengenai ketiga nilai tersebut sebagai berikut:

- *Hue (H)* diartikan sebagai komposisi panjang gelombang spektra dari warna yang menghasilkan warna yang kita lihat atau dengan kata lain jenis-jenis pada warna (misalnya merah, hijau, atau kuning). Hue dapat direpresentasikan juga sebagai tingkat sudut yang nilainya berkisar dari 0° sampai 360° (meskipun untuk beberapa aplikasi dinormalisasi dari 0% sampai 100%)
- *Saturation (S)* merupakan kejernihan relatif dari warna pada skala dari abu-abu sampai pada nada yang paling bergetar dari warna yang umum. Dapat pula direpresentasikan

sebagai jarak dari sumbu cahaya hitam-putih dengan nilai berkisar dari 0% sampai 100%.

- *Value (V)* dapat direpresentasikan sebagai tinggi pada poros hitam putih atau terang gelapnya suatu warna. Kemungkinan jarak nilai berkisar dari 0% sampai 100%. Nilai 0 selalu hitam. Berdasarkan pada *saturation*, 100 bisa menjadi putih atau tingkat *saturation* yang lebih bahkan kurang. Rancang seprant) (segmentasi hsv)(identfks Rama)

Suatu warna dengan nilai value 100% akan tampak secerah mungkin dan suatu warna dengan nilai value 0 akan tampak segelap mungkin. Sebagai contoh jika hue adalah merah dan value bernilai tinggi maka warna kelihatan cerah tetapi ketika nilai value rendah maka warna tersebut akan kelihatan gelap.

HSV merepresentasikan ruang warna yang lain dari RGB. Ruang warna HSV berbasis pada cylindrical coordinates. Ruang warna HSV lebih baik dibandingkan RGB dalam merepresentasikan pandangan manusia dan mendiskripsikan sensasi warna. Ruang warna HSV memiliki rentang warna 0 sampai dengan 1 yang dapat diperoleh dari transformasi RGB dengan menggunakan rumus transformasi nonlinier seperti ditunjukkan pada persamaan (1) sampai (4) [15]

$$H = \begin{cases} \theta & \text{jika } b \leq g \\ 360^\circ & \text{jika } b > g \end{cases} \dots\dots\dots(1)$$

dengan,

$$\theta = \cos^{-1} \frac{\frac{1}{2}(r-g)+(r-b)}{[(r-g)^2+(r-b)(g-b)]^{1/2}} \dots\dots\dots(2)$$

$$v = \max(r, g, b) \dots\dots\dots(3)$$

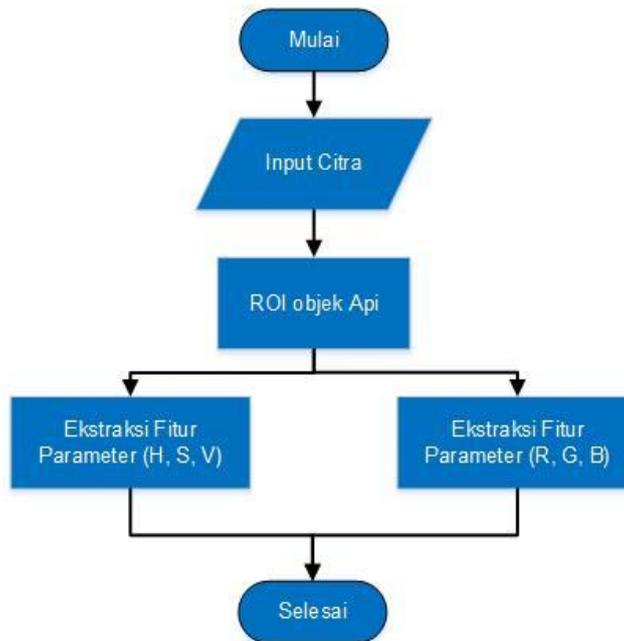
$$s = \frac{v - \min(r, g, b)}{v} \dots\dots\dots(4)$$

Dataset dan Metodologi

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini merupakan sekumpulan dataset citra api yang diperoleh baik secara langsung (motret objek langsung) maupun secara tidak langsung (citra diambil dari internet. Hal ini dikarenakan, tidak berpengaruhnya secara signifikan warna dari api dalam citra digital sehingga dengan mencari di dalam internet akan memperkaya dataset untuk pelatihan. Jumlah dataset yang digunakan dalam penelitian berjumlah 30 citra api. Warna api yang digunakan oleh peneliti adalah warna api kuning dan bukan warna api biru.

Komponen *hardware* yang digunakan dalam pengolahan ekstraksi ciri menggunakan laptop yang memiliki spesifikasi Intel Core i5-4210U dengan CPU berkekuatan @1.7 GHz dengan RAM sebesar 8 *Gigabyte* yang beroperasi pada windows 7 64 bit. *Software* yang digunakan adalah Matlab 2014a. Tidak ada ketentuan khusus untuk resolusi citra yang digunakan, dikarenakan peneliti hanya mengambil sampel rerata warna titik api pada citra.

Metodologi yang digunakan oleh peneliti adalah ekstraksi fitur berbasis ekstraksi warna pada ruang warna HSV (*Hue Saturation Value*) dan ruang warna RGB (*Red Green Blue*) sehingga diperoleh parameter nilai H, nilai S, nilai V, nilai R, nilai G, nilai B. Adapun tahapan perancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram alir perancangan sistem

Ekstraksi fitur yang digunakan berbasis ekstraksi warna yang mana objek api lebih dominan dengan warna yang khas dibandingkan dengan bentuk yang tidak berubah-ubah. Warna api yang digunakan dalam penelitian ini adalah warna api kuning. Proses ROI (*Region of Interest*) digunakan untuk menandai/*crop* spesifik objek dalam hal ini objek api yang akan diekstrak fiturnya.

PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini dihasilkan parameter warna yang identik untuk mendeteksi adanya api pada citra digital dengan ruang warna HSV dan RGB. Berikut sampel-sampel citra api yang akan dilakukan ekstraksi fitur warna.

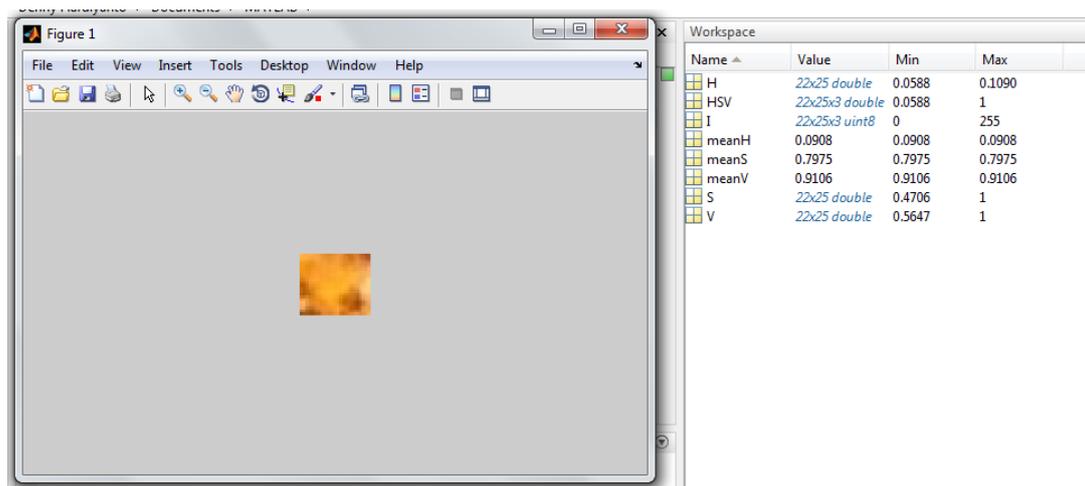


Gambar 4 Sampel utuh citra api lilin



Gambar 5 ROI sampel

ROI sampel warna api pada Gambar 5 akan dilanjutkan pada proses ekstraksi fitur warna. Gambar 6 menunjukkan contoh proses ekstraksi fitur sehingga diperoleh rerata H, S, V dari citra sampel.



Gambar 6 Contoh proses ekstraksi fitur HSV

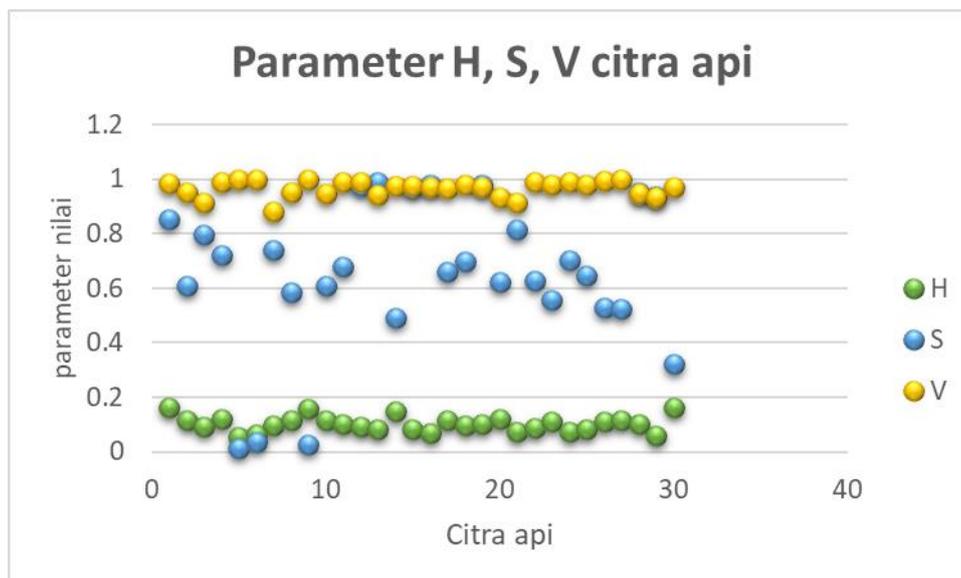
Kemudian dilakukan ekstraksi fitur pada ruang warna HSV dan RGB untuk 30 dataset yang telah ter-ROI. Adapun data parameter hasil ekstraksi fitur disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Parameter nilai pada ekstraksi fitur citra api

Citra	Ruang Warna HSV			Ruang Warna RGB		
	H	S	V	R	G	B
1	0.161	0.851	0.982	250.29	243.4	37.36
2	0.115	0.61	0.952	242.71	197.93	95.06
3	0.091	0.798	0.912	232.19	149.09	47.87
4	0.12	0.721	0.99	252.57	202.07	70.63
5	0.057	0.014	0.999	254.86	254.62	251.3
6	0.064	0.035	0.999	254.65	253.29	245.89
7	0.095	0.739	0.882	224.81	154.95	58.53
8	0.117	0.587	0.952	242.72	201.62	100.58
9	0.16	0.026	0.999	254.71	254.04	248.35
10	0.116	0.61	0.946	241.15	197.85	94.55
11	0.102	0.68	0.988	251.97	182.28	81.24

12	0.093	0.973	0.987	251.65	143.91	6.97
13	0.083	0.988	0.94	239.78	123.25	2.89
14	0.148	0.489	0.974	247.65	228.99	128.12
15	0.081	0.969	0.973	248.18	124.3	7.62
16	0.07	0.979	0.971	247.52	107.26	5.35
17	0.114	0.662	0.963	244.98	171.48	84.78
18	0.097	0.696	0.977	249.18	169.51	76.07
19	0.102	0.977	0.971	247.53	154.4	5.78
20	0.12	0.621	0.931	237.38	182.97	94.2
21	0.075	0.813	0.915	233.52	128.97	44.95
22	0.087	0.628	0.988	252.1	175.51	93.73
23	0.109	0.555	0.979	249.58	198.7	111.41
24	0.073	0.704	0.988	252.03	151.07	74.78
25	0.081	0.648	0.979	249.59	164.39	88.62
26	0.112	0.529	0.994	253.44	205.78	119.27
27	0.114	0.525	0.996	253.9	209.27	120.54
28	0.103	0.952	0.947	241.41	153.78	12.12
29	0.058	0.937	0.934	238.23	92.62	14.92
30	0.164	0.323	0.969	247.08	237.18	167.18

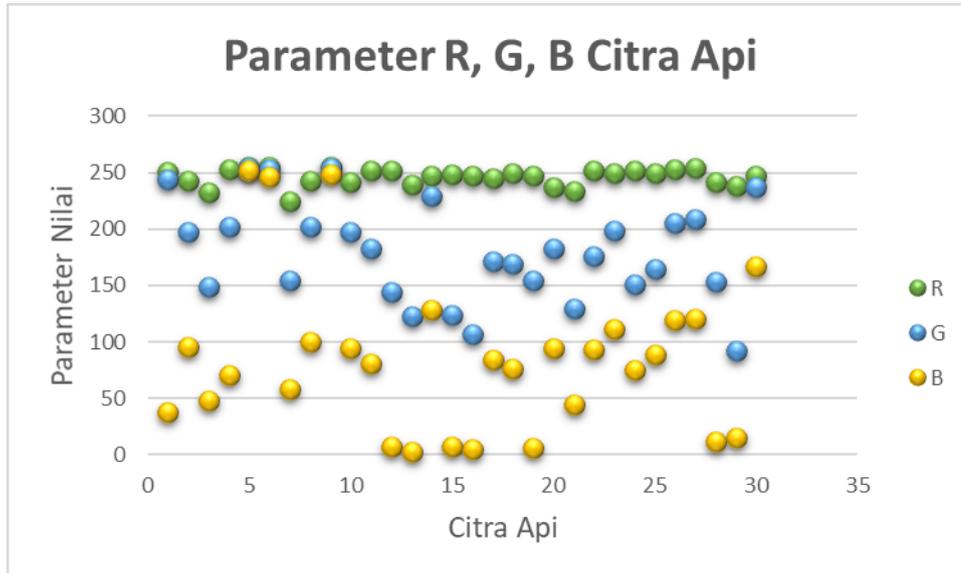
Tabel 2. Menunjukkan distribusi hasil ekstraksi fitur warna pada citra api pada ruang warna HSV dan RGB sehingga diperoleh parameter-parameter spesifik untuk mengidentifikasi objek api pada sebuah citra. Distribusi dari parameter-parameter tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Diagram parameter nilai H, S, V dari citra api

Berdasarkan diagram yang ditunjukkan pada Gambar 7 diperoleh nilai parameter-parameter untuk mendeteksi adanya api pada sebuah citra dengan ekstraksi fitur ruang warna HSV dengan parameter $0,2 \geq Hue \geq 0,1$ parameter $0,85 \geq Saturation \geq 0,5$

dan parameter $1 \geq Value \geq 0,9$. Tetapi ada beberapa sampel citra yang mempunyai nilai di luar range kepresisiannya, ditunjukkan oleh nilai *Saturation* pada citra 5, 6, dan 9. Hal ini disebabkan karena ada sampel citra api yang digunakan mempunyai warna lebih putih/berbeda karena dipengaruhi oleh pencahayaan lingkungan sekitar.



Gambar 8 Diagram parameter nilai R, G, B dari citra api

Berdasarkan diagram yang ditunjukkan pada Gambar 8 diperoleh nilai parameter-parameter untuk mendeteksi adanya api pada sebuah citra dengan ekstraksi fitur ruang warna RGB dengan parameter $255 \geq Red \geq 230$, parameter $250 \geq Green \geq 100$, dan parameter $130 \geq Blue$. Terdapat beberapa sampel citra yang mempunyai nilai di luar range kepresisiannya, ditunjukkan oleh nilai *Blue* pada citra 5, 6, dan 9. Hal ini disebabkan karena ada sampel citra api yang digunakan mempunyai warna sedikit lebih putih/berbeda karena dipengaruhi oleh pencahayaan lingkungan sekitar.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan:

- Dengan menggunakan ekstraksi fitur pada ruang warna HSV, diperoleh parameter untuk mendeteksi adanya api memiliki nilai parameter $0,2 \geq Hue \geq 0,1$ parameter $0,85 \geq Saturation \geq 0,5$ dan parameter $1 \geq Value \geq 0,9$
- Dengan menggunakan ekstraksi fitur pada ruang warna RGB, diperoleh parameter untuk mendeteksi adanya api memiliki nilai parameter $255 \geq Red \geq 230$, parameter $250 \geq Green \geq 100$, dan parameter $130 \geq Blue$.

SARAN

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah:

- Dataset yang dipergunakan lebih divariasikan dan ditambah sehingga akan memperkaya referensi penelitian
- Menambahkan perbandingan hasil ekstraksi fitur warna yang lain, misalnya pada ruang warna YCbCr, Histogram, maupun berdasarkan statistika warna
- Penelitian ini dapat dikembangkan dan dilanjutkan untuk penelitian yang berkaitan dengan deteksi titik api

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BNPB, “Data Informasi Bencana Indonesia,” 2018. [Online]. Available: <http://bnpb.cloud/dibi/laporan4>. [Accessed: 02-Aug-2018].
- [2] S. Widyarto, “Deteksi lokasi titik api pada kebakaran hutan menggunakan colour image processing,” vol. 2012, no. semnasIF, pp. 37–41, 2012.
- [3] M. Hanifah, L. Syaufina, and I. Prasasti, “DETEKSI AREA BEKAS KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN MENGGUNAKAN DATA CITRA RESOLUSI MENENGAH MODIS The detection of burnt area using medium resolution satellite imagery of MODIS based on fire,” vol. 6, no. 1, pp. 77–85, 2016.
- [4] A. S. Permana, K. Usman, and M. A. Murti, “Deteksi kebakaran berbasis webcam secara realtime dengan pengolahan citra digital,” pp. 294–300, 2009.
- [5] K. Firdausy, Y. Saudi, T. Sutikno, P. Studi, T. Elektro, F. T. Industri, and U. A. Dahlan, “Deteksi api,” pp. 127–132.
- [6] D. A. Sartika and D. Hardiyanto, “Kendali Formasi Multi-UAV menggunakan Line of Sight (LOS) Guidance Law,” *SETRUM*, vol. 6, no. 1, pp. 68–79, 2017.
- [7] M. F.; Abdullah, I.; Wijayanto, and A. Rusdinar, “IMPLEMENTASI ALGORITMA PENDETEKSI API BERDASAR KOMPOSISI WARNA CITRA DIGITAL PADA QUADCOPTER YANG BERGERAK OTOMATIS,” vol. 3, no. 2, pp. 1978–1985, 2016.
- [8] Setiawardhana, N. Ramadijanti, R. Y. Hakkun, and A. S. Arifianto, “Pendeteksian halangan pada robot cerdas pemadam api menggunakan kamera dengan integral proyeksi,” pp. 1–8, 2008.
- [9] A. Zarkasi and H. Ubaya, “IMPLEMENTASI METODE KOMPUTER VISION SEBAGAI PENGOLAHAN CITRA API PADA KEBAKARAN LAHAN,” pp. 39–44.
- [10] M. Dahlan, T. Musa, and D. Farhamsa, “ALARM KEBAKARAN BERBASIS CITRA,” vol. 14, no. 1, pp. 90–96, 2015.
- [11] R. D. D. Kusuma, Harianto, and M. C. Wibowo, “RANCANG BANGUN ROBOT PEMADAM API MENGGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA DAN FLAME SENSOR,” *J. Control Netw. Syst.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2013.
- [12] D. Hardiyanto and D. A. Sartika, “Identifikasi Konten Negatif pada Citra Digital Berbasis Tanda Vital Tubuh Menggunakan Ekstraksi Fitur GLCM dan Warna YCbCr,” vol. 6, no. 1, pp. 120–131, 2017.
- [13] D. Hardiyanto and D. A. Sartika, “Optimalisasi Metode Deteksi Wajah berbasis

Pengolahan Citra untuk Aplikasi Identifikasi Wajah pada Presensi Digital,” *SETRUM*, vol. 7, no. 1, pp. 107–116, 2018.

- [14] B. Yoga, B. Putranto, W. Hapsari, K. Wijana, F. Teknik, P. Studi, T. Informatika, U. Kristen, and D. Wacana, “Segmentasi warna citra dengan deteksi warna hsv untuk mendeteksi objek.”
- [15] G. F. Shidik, F. N. Adnan, R. A. Premunendar, C. Supriyanto, and P. N. Andono, “Deteksi Api dengan MultiColorFeature s , Background Subtraction dan Morphology,” vol. 2013, no. November, pp. 134–140, 2013.