

Geomedia

Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian

Geomedia Vol. 16 No. 2 Tahun 2018 | 97 – 107

<https://journal.uny.ac.id/index.php/geomedia/index>

Aplikasi teknologi satelit multitemporal untuk penyusunan model spasial sebaran potensi kebakaran hutan di lereng selatan Gunung Merbabu

Maulana Azkaa S^{a, 1*}, Maya Eka S.^a, Aminna Rahmawati^a, Dyah Respati Suryo Sumunar^b

^a Mahasiswa Jurusan Pendidikan Geografi FIS UNY

^b Staff Pengajar Jurusan Pendidikan Geografi

¹ maulana.azkaa@student.uny.ac.id*

*korespondensi penulis

Informasi artikel	ABSTRAK
<p><i>Sejarah artikel</i></p> <p>Diterima : Revisi : Dipublikasikan :</p> <hr/> <p>Kata kunci: Teknologi Geospasial Kebakaran Hutan Konservasi Merbabu</p>	<p>Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui kemampuan teknologi geospasial untuk mengidentifikasi parameter biofisik potensi kebakaran hutan, (2) mengetahui pola distribusi spasial potensi kebakaran hutan berdasarkan parameter interelasi spasial biofisik hasil interpretasi teknologi geospasial, dan (3) menyusun model spasial untuk menentukan distribusi potensi kebakaran hutan di lereng selatan Gunung Merbabu. Populasi penelitian adalah seluruh medan di lereng selatan Gunung Merbabu. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara purposif sampling pada setiap satuan medan. Hasil penelitian menunjukkan data-data teknologi geospasial berupa citra satelit LANDSAT 8 multispektral, digital elevation model (DEM), dan penggunaan sistem informasi geografis mampu mengidentifikasi variabel-variabel yang saling berpengaruh terhadap potensi kebakaran hutan, yaitu geomorfologis, klimatologis, dan biogeografis. Model spasial potensi rawan kebakaran melalui SIG dapat diklasifikasikan dalam 5 kelas, yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Data variabel tersebut dianalisis scoring dan overlay sehingga menghasilkan model spasial potensi kebakaran hutan yang divisualisasikan dalam bentuk peta dan diidentifikasi pola persebarannya.</p>
<p>Keywords: Geospatial Technology Forest Fire Conservation Merbabu</p>	<p>ABSTRACT</p> <p>This aims of the study are to (1) determine the ability of geospatial technology for identifying biophysical parameters of potential forest landfires, (2) identifying spatial distribution patterns of potential forest landfire based on spatial interrelations between biophysical parameters as a result of geospatial technology interpretation, and (3) spatial modeling of potential forest landfires distribution on the southern flank of Mount Merbabu. The population of this study is all terrain on the southern slope of Mount Merbabu. The sample was taken by purposive sampling on each terrain unit. The results showed that geospatial data derived from LANDSAT 8 multispectral satellite imagery, digital elevation model (DEM), and the application of geographic information systems were able to identify inter-related variables that influence the potential of forest landfires namely geomorphologic, climatologic and biogeographic. The scoring and overlay GIS technique processes generate a spatial model that able to visualize a pattern of the potential forest landfire on the southern flank of Mount Merbabu by 5 classes: very low, low, medium, high, and very high.</p>

Pendahuluan

Perubahan iklim merupakan isu global yang banyak mendapat perhatian dalam dekade terakhir. Dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 31 Tahun 2009 tentang Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, pasal 1, yang dimaksud perubahan iklim adalah berubahnya iklim yang diakibatkan, langsung atau tidak langsung, oleh aktivitas manusia yang menyebabkan perubahan komposisi atmosfer secara global serta perubahan variabilitas iklim alamiah yang teramati pada kurun waktu yang dapat dibandingkan. Salah satu penyebab dari perubahan iklim adalah proses pemanasan global yang berdampak pada timbulnya efek rumah kaca yang mempengaruhi dinamika atmosferik di beberapa belahan bumi.

Houghton dan Woodwell (1989) mendeskripsikan kondisi iklim saat ini yaitu bahwa dunia sedang mengalami pemanasan, zona-zona iklim sedang bergeser. Lebih lanjut Intergovernmental Panel on Climate Change menyatakan bahwa pemanasan global merubah pola temperatur dan presipitasi di seluruh dunia (Solomon dkk, 2007). Perubahan tersebut secara signifikan meningkatkan frekuensi potensi terjadinya kebakaran pada suatu lahan (Kalabolidis dkk, 2015). Akibat kebakaran lahan pada masa mendatang dapat bencana alam lanjutan, kerugian di bidang ekonomi serta industri, dan mempengaruhi kehidupan manusia (Stephens dkk, 2009). Sementara itu North dkk (2009) menjelaskan bahwa dampak kebakaran memiliki sifat yang berlanjut (*Loop Effect*), yaitu meningkatkan kejadian kebakaran hutan selanjutnya dari segi kuantitas dan intensitasnya melalui emisi karbon yang terbang ke atmosfer yang merubah iklim mikro suatu ruang.

Kebakaran hutan merupakan salah satu permasalahan yang terjadi di Taman Nasional Gunung Merbabu hampir setiap tahun, terutama pada bulan-bulan kering. Tercatat selama lima tahun terakhir yaitu antara bulan September 2011 hingga bulan Agustus 2015, terjadi 3 kali kebakaran. Tahun 2011 kebakaran merusak seluas

623,88 hektar hutan pegunungan (Balai Taman Nasional Gunung Merbabu, 2013), kemudian pada tahun 2014 mencapai 151,98 hektar (Yustiningsih, 2014; Sulistyawati, 2015; Gustaman, 2015), dan terakhir pada tahun 2014 mencapai 150 hektar (Wicaksono, 2015). Wilayah vegetasi zona pegunungan pada kerucut gunung merbabu merupakan bagian yang rentan terhadap kebakaran hutan (Masruri dan Ashari, 2015). Permasalahan lainnya terkait kebakaran hutan adalah tidak semua jenis vegetasi di lereng selatan Gunung Merbabu dapat segera mengalami suksesi setelah kebakaran hutan (Ashari dan Nuraini, 2014). Disisi lain wilayah ini banyak ditempati oleh penduduk serta memiliki keanekaragaman tumbuhan yang tinggi sehingga kebakaran hutan yang sering terjadi menjadi ancaman bagi masyarakat dan lingkungannya.

Permasalahan diatas menunjukkan kebakaran hutan dapat mengganggu ekosistem serta kehidupan dan penghidupan masyarakat, yang sebenarnya telah menghadapi bencana lain dari Gunung Merbabu (Nurhadi dkk, 2015). Sebagai upaya mengurangi permasalahan tersebut perlu dilakukan pengembangan manajemen kebakaran lahan. Salah satu bentuk langkah awal yang dapat dilakukan dalam kegiatan ini adalah melakukan identifikasi dan monitoring potensi terjadinya kebakaran. Identifikasi tersebut dapat dilakukan dengan integrasi teknologi pengindraan jauh, sistem informasi geografis (SIG), dan pengumpulan data digital yang selanjutnya disebut sebagai teknologi geospasial. Pengindraan jauh telah menjadi pilihan dan solusi dari berbagai permasalahan di berbagai sektor kehidupan, mulai dari inventarisasi dan pengelolaan sumberdaya, pengawasan dan rehabilitasi lingkungan, hingga mitigasi bencana (Sumunar, 2014). Perkembangan teknologi memungkinkan untuk meydap data karakteristik lingkungan berupa parameter biofisik yang mempengaruhi kebakaran hutan.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif-eksploratif. Metode deskriptif digunakan untuk menjelaskan gejala-gejala yang dijumpai secara terperinci mengenai kondisi fisik di lapangan. Sedangkan metode eksploratif digunakan untuk mencari sebab-akibat yang mempengaruhi terjadinya fenomena tertentu berkaitan dengan terjadinya kebakaran. Variabel dalam penelitian ini adalah kondisi medan yang mempengaruhi tingkat potensi kebakaran hutan yaitu kemiringan lereng, kerapatan vegetasi, dan variasi suhu udara.

Bahan yang dikumpulkan meliputi data primer dan data sekunder. Data primer berupa hasil pengukuran dan pengamatan lapangan mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat bahaya kecelakaan. Data sekunder berupa peta geologi, peta rupabumi indonesia, citra satelit pengindraan jauh serta data dari penelitian terdahulu yang relevan. Hubungan antara variabel data, teknik pengumpulan data, dan instrumen alat pengukuran data ditunjukkan oleh Tabel 1.

Data yang telah diperoleh selanjutnya dianalisis dengan analisis SIG teknik *scoring* dan *overlay* menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.3. Masing-masing variabel diberikan bobot penilaian berdasarkan pengaruhnya, yaitu suhu udara (15), kerapatan vegetasi (10), kemiringan lereng (8). Hasil analisis pengharkatan didukung analisis deskriptif dengan pendekatan geografi yaitu pendekatan keruangan. Pendekatan keruangan berupa analisis struktur spasial digunakan untuk menjelaskan fenomena-fenomena yang terjadi di lapangan dan akibat yang ditimbulkannya dalam terjadinya kebakaran. Pendekatan keruangan dibantu dengan visualisasi data citra satelit. Konsep geografi yang terdapat dalam penelitian ini adalah konsep lokasi yaitu menjelaskan lokasi penelitian, konsep keterkaitan menjelaskan hubungan antara bentuklahan dengan potensi terjadinya kebakaran.

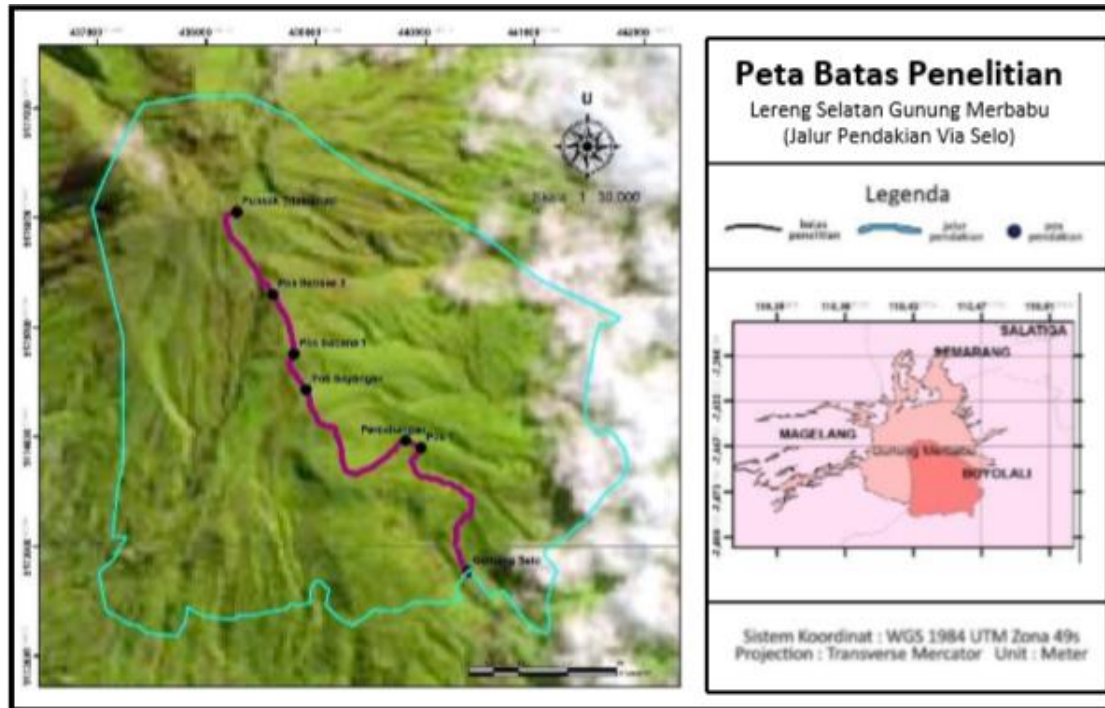
Tabel 1. Tabel daftar variabel data, teknik pengumpulan data, dan instrumen alat pengukuran data.

Variabel	Teknik pengumpulan data	Sumber data/instrumen penelitian
Geomorfologi	Observasi	GPS, abney level, kompas geologi, lembar pengamatan
	Interpretasi citra penginderaan jauh	Citra landsat 8 Citra ASTER GDEM
Unit relief	Observasi	lembar pengamatan
Hadap Lereng	Observasi	Kompas Lembar observasi kamera
		Observasi
Klimatologis	Interpretasi citra penginderaan jauh	Citra LANDSAT Thermal 8 Spektrum 6
	Observasi	Lembar pengamatan
Biogeografis	Interpretasi citra penginderaan jauh	Citra Landsat 8 <i>Multispectral</i> Spektrum 2, Spektrum 3, Spektrum 4, dan Spektrum 5

Hasil dan Pembahasan

Deskripsi Daerah Penelitian

Kawasan Taman Nasional Gunung Merbabu (TNGMb) ditetapkan berdasarkan Keputusan Menteri Kehutanan Nomor: SK 135/Menhut-II/2004 tanggal 4 Mei 2004 dengan luas \pm 5.725 ha yang merupakan Perubahan Fungsi Kawasan Hutan Lindung dan Taman Wisata Alam. Kawasan Hutan Gunung Merbabu terbagi ke dalam wilayah administratif 3 (tiga) kabupaten, yaitu Kabupaten Semarang (\pm 1.268,3 ha), Kabupaten Magelang (\pm 2.326,4 ha) dan Kabupaten Boyolali (\pm 2.414,4 ha). Batas Penelitian di tunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Batas Wilayah Penelitian

Kawasan hutan Gunung Merbabu sebagian besar merupakan hutan lindung seluas $\pm 6.009,1$ ha dan Taman Wisata Alam seluas $\pm 6,5$ ha. Kawasan Gunung Merbabu terletak pada ketinggian 1.000 – 3.142 m di atas permukaan laut sebagian besar merupakan daerah pegunungan dengan dengan topografi berbukit-bukit sampai bergunung-gunung dan terdapat jurang dan tebing yang curam dengan derajat kemiringan mulai 30° hingga 80° .

Pada bagian selanjutnya akan dijelaskan hasil penelitian ini yaitu berupa monitoring kebakaran hutan di Lereng Selatan Gunung Merbabu berbantuan teknologi geospasial multi temporal. Aplikasi teknologi penginderaan jauh dengan kemutakhiran kemampuan sensor dengan panjang gelombang radiasi yang bervariasi dapat digunakan untuk menyadap data tentang faktor-faktor karakteristik lingkungan biosfer yang berpengaruh terhadap distribusi situs zona potensi kebakaran hutan, diantaranya karakteristik iklim, suhu permukaan tanah, dan kondisi biologis (Lo, 1996). Kombinasi diantara studi karakteristik tersebut dan data-data digital seperti digital elevation model (DEM) sebagai parameter biofisikal akan menjadi data input dalam proses

analisis sistem informasi geografis dan studi spasial yang menguji interelasi spasial dan mengaplikasikan hubungan matematis antara kondisi aktual di lapangan pada peta sehingga dapat digunakan untuk mendeteksi tingkat kerawanan kebakaran secara visual, dan memungkinkan untuk melakukan pemantauan fenomena alam di permukaan bumi melalui pemodelan spasial.

Melalui aplikasi teknologi geospasial dapat diperkirakan pola penyebaran potensi kebakaran di daerah pegunungan serta dapat dilakukan perkiraan untuk terjadinya kebakaran yang akan datang dengan memperhatikan kondisi geografis lokal spesifik di suatu ruang, sehingga dapat mendukung jbaran visi pembangunan berkelanjutan Indonesia 2020 ke-15. Yaitu meningkatkan kapasitas masyarakat agar menghasilkan manfaat bagi aksi nyata pembangunan jangka panjang untuk mengurangi kerusakan lingkungan dan memberikan manfaat bagi manusia dan segala biodiversitas yang bertempat tinggal di dalamnya.

Variabel Biogeografis Lereng Selatan Gunung Merbabu

Parameter biogeografis adalah kondisi kerapatan vegetasi yang dapat diamati di lapangan. Parameter biogeografis dalam model diperoleh dari data primer survey lapangan dan interpretasi citra Landsat 8 multispektral, yaitu spektrum 2, 3, 4, dan 5 dengan analisis Normalized Different Vegetation Index atau NDVI. Secara praktis, indeks vegetasi ini merupakan suatu transformasi matematis yang melibatkan beberapa saluran sekaligus, dan menghasilkan citra baru yang lebih representatif dalam menyajikan fenomena vegetasi (Arnanto, 2013).

Selain itu menurut Guettouche, dkk (2011) kondisi vegetasi yang diamati dalam analisis NDVI juga berkaitan dengan jenis vegetasi yang dapat menjadi bahan bakar saat terjadinya kebakaran. Untuk mendapatkan data indeks kerapatan vegetasi NDVI diperoleh melalui persamaan:

$$NDVI = \frac{\text{Saluran Inframerah Dekat} - \text{Saluran Merah}}{\text{Saluran Inframerah Dekat} + \text{Saluran Merah}}$$

Hasil interpretasi menunjukkan hubungan antara tingkat kerapatan yang tinggi berkorelasi dengan tipe vegetasi yang besar dan cenderung basah dan sulit untuk terbakar api, sedangkan tingkat kerapatan yang teridentifikasi melalui satelit penginderaan jauh dengan karakter klorofil rendah berkorelasi dengan kondisi vegetasi berupa rerumputan atau tanaman semak yang akan menjadi bahan bakar api ketika terjadi kebakaran. Proses pembobotan pada parameter biogeografis dengan NDVI di sajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pembobotan Parameter Biogeografis

Nilai Indeks Vegetasi	Tingkat Kerapatan	Skor
0,01563 - 0,17960	Sangat rendah	10
0,17960 - 0,29346	Rendah	8
0,29346 - 0,38455	Sedang	6
0,38455 - 0,45971	Tinggi	4
0,45971 - 0,59634	Sangat Tinggi	2

Indeks vegetasi merupakan suatu algoritma yang diterapkan terhadap citra digital, dimaksudkan untuk menonjolkan aspek-aspek vegetasi seperti aspek kerapatan. Citra hasil transformasi digunakan sebagai acuan dalam penentuan tingkat kerapatan vegetasi, Nilai indeks vegetasi yang paling tinggi dalam citra diwakili oleh warna hijau dan makin rendah berwarna merah yang mewakili nilai piksel terendah. Dari parameter jenis vegetasi pada bulan Mei didapatkan hasil bahwa pinus mempunyai nilai indeks vegetasi paling tinggi yaitu 0,59634 dan nilai terendah terdapat pada lahan yang tak bervegetasi dengan nilai indeks vegetasi 0,01563. Sedangkan pada bulan kering pada bulan Juli nilai indeks vegetasi paling tinggi yaitu 0,58183 dan nilai terendah terdapat pada lahan yang tak bervegetasi dengan nilai indeks vegetasi 0,03130.

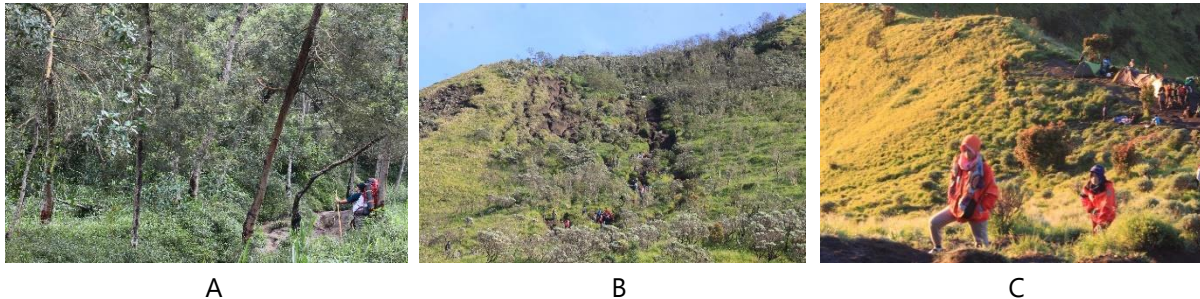
Kondisi biogeografis menunjukkan pola secara teratur terjadi pengurangan nilai indeks terkait dengan elevasi. Kerapatan vegetasi tinggi dijumpai sepanjang wilayah gerbang, track sepanjang menuju pos 1, pos 2, dan sebagian antara pos 2 dan 3. Kerapatan mulai berkurang pada titik pos 3, dan seterusnya semakin rendah hingga ke puncak. Hubungan antara ketinggian dan kondisi vegetasi ditunjukkan pada Gambar 2. Hasil proses NDVI bulan basah dan kering pada citra landsat 8 multispektral dan visualisasi dalam bentuk model spasial ditunjukkan pada Gambar 3. Perubahan kondisi vegetasi dapat diidentifikasi melalui analisis spasial pada kurun waktu yang dapat dibandingkan yaitu pada bulan basah Mei 2017 dan bulan kering pada Juli 2017. Hasil analisis dengan penginderaan jauh dan sistem informasi geografis menghasilkan kenampakan kondisi vegetasi sebagai sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.

Variabel Geomorfologis Lereng Selatan Gunung Merbabu

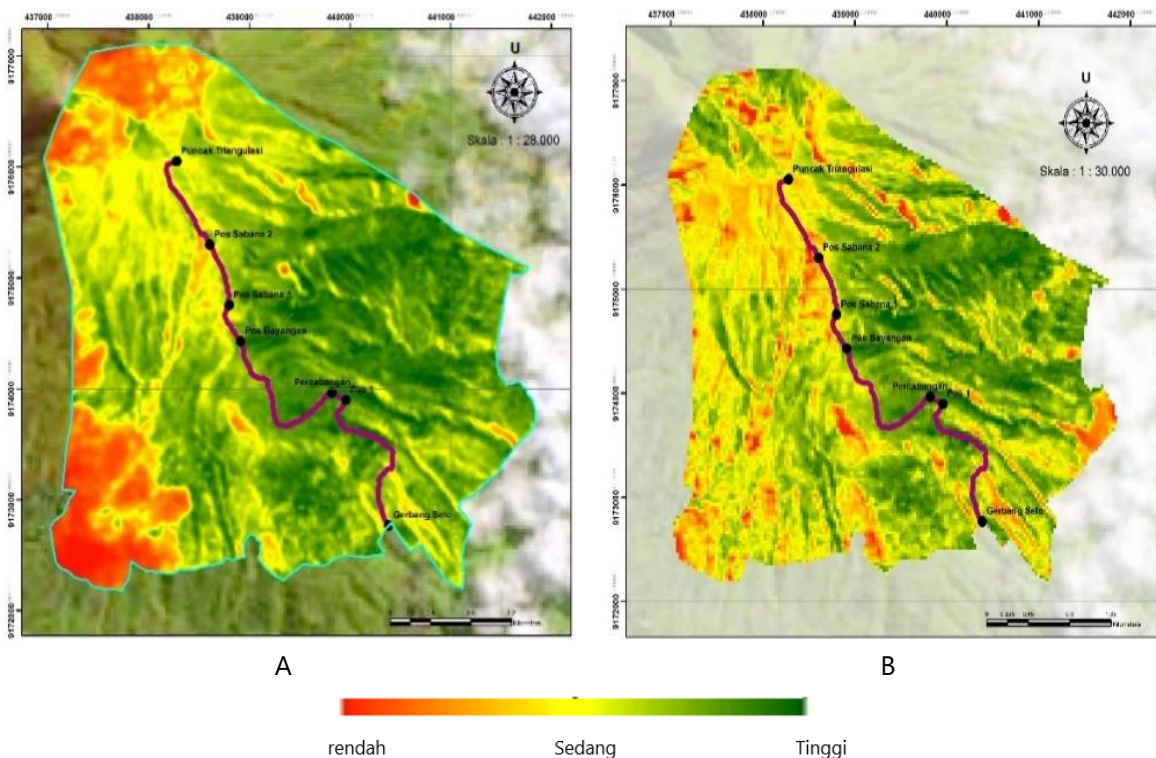
Pembahasan kondisi geomorfologis tidak terlepas dari aspek kajian geomorfologi yang meliputi bentuklahan, proses geomorfologi,

genesis, dan lingkungan. Selanjutnya, untuk melakukan berbagai kajian dalam geomorfologi dapat berpegang pada beberapa konsep dasar geomorfologi (Prmono dan Ashari, 2014). Mengenai kondisi geomorfologis Lereng Selatan Gunung Merbabu, Ashari dan Nuraini (2014) menjelaskan bahwa Gunung Merbabu sebagai vulkan strato terdiri dari bentuklahan kerucut gunungapi, lereng gunungapi, kaki gunungapi, dan dataran kaki gunungapi. Sementara itu

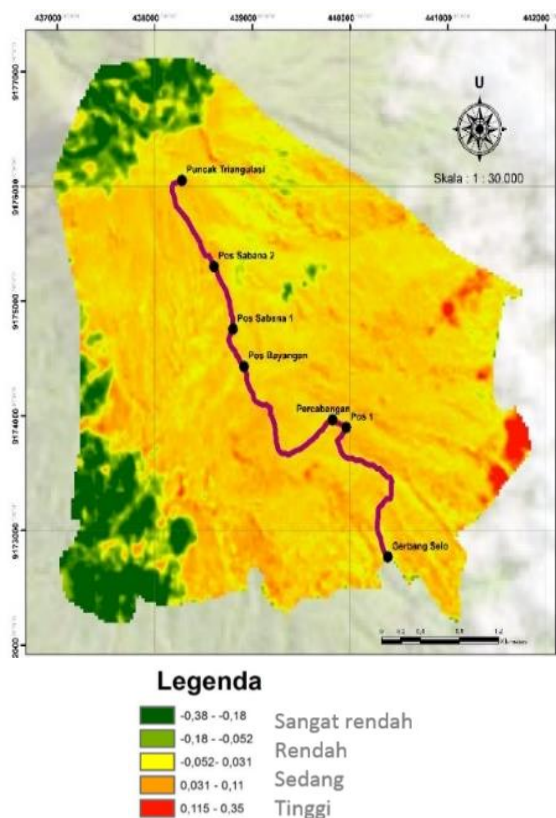
Masuri dan Ashari (2015) menjelaskan bahwa satuan bentuklahan kerucut gunungapi memiliki relief bergunung dengan kemiringan terjal hingga sangat terjal; satuan lereng gunungapi memiliki relief berbukit hingga bergunung dengan kemiringan lereng terjal; satuan kaki gunungapi memiliki variasi relief berombak, bergelombang, hingga berbukit; sedangkan satuan dataran kaki gunungapi memiliki kemiringan lereng yang landai.



Gambar 2. Dinamika kondisi kerapatan vegetasi sepanjang track pendakian Lereng Selatan Gunung Merbabu. (A) kerapatan tinggi, (B) kerapatan sedang, (C) kerapatan rendah. Sumber: Data Lapangan (2017).



Gambar 3. Persebaran Kerapatan vegetasi lereng selatan Gunung Merbabu. (A) Kondisi kerapatan vegetasi pada bulan basah, (B) Kondisi kerapatan vegetasi pada bulan kering. Sumber: Hasil Analisis Data (2017)



Gambar 4. Tingkat perubahan kondisi biogeografis lereng selatan gunung merbabu

Bentuklahan kepundan gunungapi terletak pada bagian paling atas dari morfologi kerucut stratovulkano, dengan ciri-ciri berupa depresi pada puncak kerucut vulkan. Bentuklahan kepundan gunungapi dalam pembagian fasies gunungapi termasuk dalam fasies sentral yang tersusun oleh hasil pengendapan material lava dan piroklastik. Berdasarkan genesisnya kepundan gunungapi terbentuk oleh proses erupsi. Proses geomorfologi yang berlangsung saat ini selain aktivitas vulkanik pada kawah, adalah gerakan massa berupa longsoran batuan pada sisi bagian dalam kepundan. Sehingga Fasies gunungapi akan berdampak pada bentuk relief atau kondisi geomorfologis.

Bentuklahan kerucut dan kepundan gunungapi dengan ciri bentuk kubah dengan lereng paling curam. Berdasarkan klasifikasi fasies gunungapi bentuklahan ini termasuk dalam fasies piroksimal. Bentuklahan kerucut gunungapi pada lereng selatan gunungapi Merbabu tersusun oleh material lava dan piroklastik. Verstappen (2013) menjelaskan bahwa kerucut gunungapi terbentuk

oleh proses pengendapan abu atau abu klastik yang berasal dari hancuran sumbat lava, jatuhnya atau longsor di bawah pengaruh gravitasi. Pada saat ini material yang diendapkan pada kerucut gunungapi mulai mengalami perombakan oleh limpasan permukaan. Selain itu juga terdapat proses geomorfologi berupa pelapukan batuan.

Faktor geomorfologis atau data-data terkait dengan topografis merupakan faktor fisiografis yang penting terkait dengan identifikasi kerawanan kebakaran hutan. Parameter geomorfologis secara langsung terhadap kecepatan perambatan api ke daerah sekitarnya (Guettouche, 2011). Perolehan data geomorfologis berupa kemiringan lereng, arah hadap lereng, dan tingkat keterlereng dapat diperoleh dengan pengambilan data primer dan bantuan dari citra ASTER 30 m Digital Elevation Model yang sudah dipotong sesuai dengan batas lokasi penelitian.

Penentuan bobot pengharkatan pada parameter geomorfologis berdasarkan pada kelas kemiringan lereng yang berpengaruh terhadap perambatan api menurut Guettouche, dkk (2011) di sajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pembobotan Parameter Geomorfologis

Kelas Lereng	Tingkat Kemiringan	Skor
≤ 15 %	Datar, pengaruh kecil terhadap penyebaran api	2
15 – 30 %	Sedang, menyebabkan persebaran api tingkat menengah	4
30 – 60 %	Curam, berpengaruh terhadap perambatan api secara signifikan	6
> 60 %	Sangat Curam, memiliki risiko tinggi terhadap turbulensi, pelompatan api, dan menyebabkan kebakaran besar	8

Variabel klimatologis Lereng Selatan Gunung Merbabu

Secara umum parameter klimatologis berkaitan dengan beberapa penyebab terjadinya api seperti angin, temperatur, dan curah hujan.

Data didapatkan dari citra LANDSAT Thermal pada spektrum 6. Kemudian data diolah dalam formula sebagai berikut:

$$L = ((LMAX_1 - LMIN_1) / (QCALMAX - QCALMIN)) \times (QCAL - QCALMIN) + LMIN_1$$

Dimana L = data radiasi spektral pada aperture sensor, LMAX = radiasi spektral tertinggi, LMIN = radiasi spektral terendah, QCALMAX = angka maksimum nilai pixel terkalibrasi QCALMIN = angka minimum nilai pixel terkalibrasi. Langkah selanjutnya setelah data nilai radiasi spektral pada aperture sensor didapatkan yaitu melakukan konversi nilai radiasi menjadi satuan Celcius, yaitu sebagai berikut:

$$T = \frac{K2}{\ln \left(\frac{K1}{L} \right) + 1} - 273.15$$

Dimana T = satelit temperatur (dalam Kelvin), K2 = Kalibrasi konstanta 2 (1282.71), K1 = Kalibrasi konstanta 1 (666,09), L = Radiasi spektral dalam bentuk watt. Hasil dari proses pembobotan pada parameter klimatologis pada Gunung Merbabu disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pembobotan Parameter Klimatologis

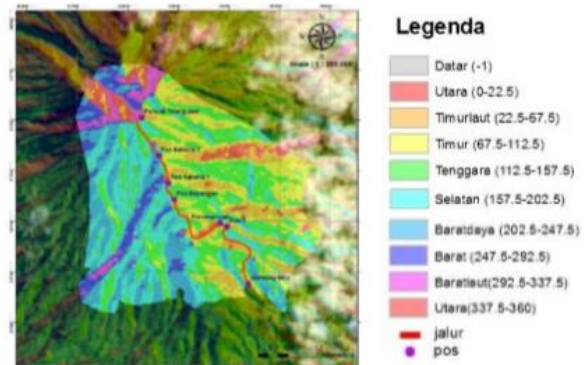
Tingkat	Kelas Lereng	Tingkat Suhu	Skor
1	20 – 23°C	Hangat	3
2	17 - 20°C	Sedikit Sejuk	6
3	14 – 17°C	Sejuk	9
4	10 – 14°C	Dingin	12
5	0 – 10°C	Mendekati Beku	15

Kondisi klimatologis menunjukkan daerah pegunungan selalu tidak terdistribusi secara merata. Namun banyak dipengaruhi oleh arah hadap lereng (geomorfologis) dan kondisi vegetasi (Gambar 5).

Penyusunan Model Spasial

Setelah melalui tahapan pengharkatan yang menghasilkan skor dan klasifikasi dari masing-masing variabel terhadap potensi kebakaran

hutsn, langkah terakhir adalah analisis sistem informasi geografis *overlay* atau tumpang susun peta untuk mendapatkan peta baru.



Gambar 5. Peta arah hadap lereng Lereng Selatan Gunung Merbabu

Analisa pengharkatan lanjutan yang berkaitan untuk proses tumpang susun ditunjukkan pada Tabel 5. Skor tertinggi dan skor terendah didapatkan berdasarkan hasil perhitungan bobot skor-skor antarvariabel yang paling berpengaruh terhadap terjadinya kebakaran, yaitu geomorfologis, klimatologis, dan biogeografis. Sedangkan jumlah kelas kerawanan ditunjukkan oleh Tabel 6.

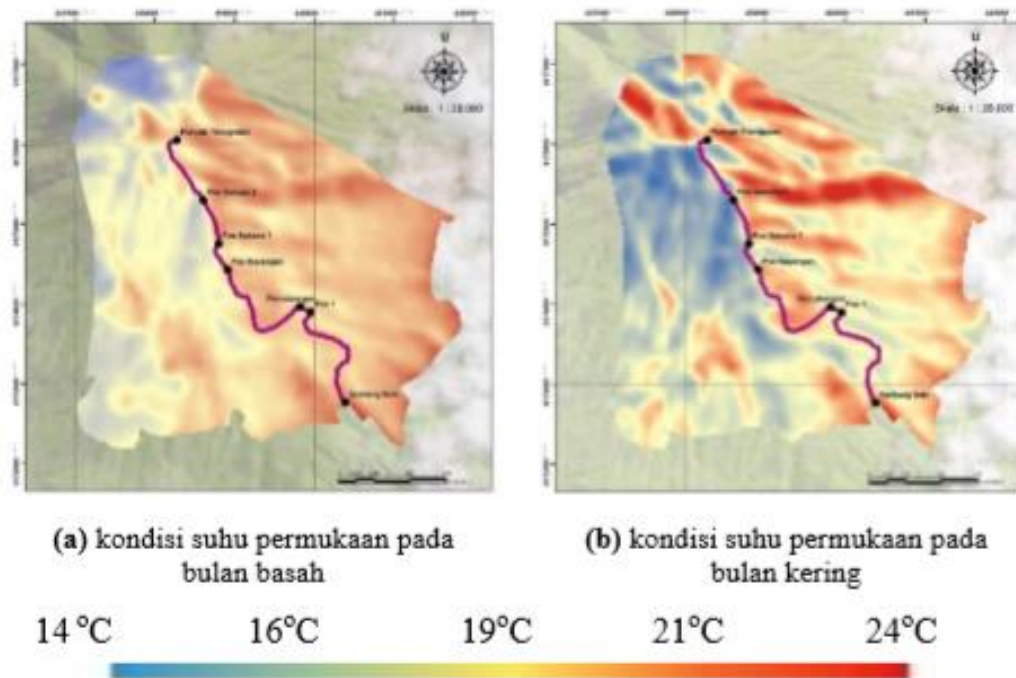
Tabel 5. Pembobotan skor total

Variabel	Skor Tertinggi	Skor Terendah	Jumlah Kelas
Geomorfologis	8	2	4
Klimatologis	15	3	5
Biogeografis	10	2	5
Total	33	7	14

Tabel 6. Klasifikasi Skor

Tingkat	Skor	Tingkat Kerapatan
1	7 – 12,2	Sanngat Rendah
2	12,3 – 17,4	Rendah
3	17,5 – 22,6	Sedang
4	22,7 – 27,8	Tinggi
5	27,8 - 33	Sangat Tinggi

Visualisasi hasil proses tumpang susun terhadap variable dilakukan pada perangkat lunak ArcGIS 10.3, dengan proses penggabungan jumlah skor dan mengklasifikasi. Hasil visualisasi skoring dan overlay memberikan informasi pola potensi kebakaran yang beragam (Gambar 6).



Gambar 6. Persebaran suhu lereng selatan Gunung Merbabu

Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan Sistem Informasi Geografis (GIS) dan data informasi citra penginderaan jauh sebagai metodologi terpadu dalam aplikasi teknologi geospasial untuk memonitoring potensi kebakaran hutan secara baik mampu mengkoversikan nilai-nilai kualitatif berupa nilai menjadi data-data yang dapat dibaca secara visual dan berisi nilai-nilai kualitatif.

Lebih lanjut, melalui aplikasi teknologi geospasial dapat memberikan gambaran untuk memberikan estimasi dan perhitungan secara keruangan wilayah-wilayah yang memiliki potensi kebakaran berkaitan dengan variabilitas geomorfologis, klimatologis, dan biogeografis. Berdasarkan peta model spasial yang sudah dibuat, dapat diketahui bahwa terdapat korelasi kuat antara ketiga variabel tersebut untuk membentuk kesatuan meda yang memiliki kerawanan yang tinggi. Masing-masing variabel memberikan hubungan keterkaitan yang tinggi dan saling mempengaruhi satu sama lain.

Pola kerawanan kebakaran dan hubungannya dengan variabel yang digunakan dalam penelitian ini dapat digambarkan bahwa semakin tinggi elevasi, maka kerawanan yang

disebabkan oleh faktor biogeografis dan geomorfologis akan semakin kuat. Hal ini disebabkan pada daerah pegunungan Jawa termasuk diantaranya pada Gunung Merbabu menurut Van Steenis (2010) memiliki tipe 3 tipe vegetasi pegunungan.

Pada wilayah yang memiliki kerawanan tinggi, khususnya yang dapat diamati pada satuan kerucut dan kepundan gunungapi diidentifikasi sebagai tanaman-tanaman pionir dan berupa semak berukuran pendek dan akan berubah menjadi bahan bakar yang berjumlah sangat besar pada musim-musim kering. Kemudian faktor geomorfologis yang menyebabkan kerawanan semakin tinggi pada wilayah ini adalah karena efek yang ditimbulkannya berupa efek penyebaran dan peloncatan titik api ke daerah di sekitarnya dan dapat memberikan efek merusak yang lebih besar.

Simpulan

Berdasarkan hasil pembahasan diperoleh kesimpulan bahwa (1) Teknologi geospasial yang merupakan gabungan dari aplikasi satelit penginderaan jauh, sistem informasi geografis, dan data-data bereferensi geografis mampu untuk mendeteksi karakter lingkungan yang menjadi

variabel dalam penentuan potensi kebakaran hutan. Kemudian secara jelas potensi kebakaran hutan dapat ditentukan berdasarkan variabel yang paling berpengaruh terhadap pemunculan dan perambatan api yaitu geomorfologis, klimatologis, dan biogeografis. (2) Pola persebaran titik potensi rawan dalam SIG dapat diklasifikasikan dalam 5 kelas yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Pola distribusi spasial daerah rawan kebakaran secara umum saling berkait secara kuat antar variabel yaitu kondisi elevasi dan geomorfologis terhadap kondisi biogeografis kemudian variabel klimatologis. Sehingga ditemukan adanya potensi tertinggi pada daerah dengan elevasi tinggi. (3) Penggunaan teknologi geospasial sebagai metodologi terpadu dalam aplikasi teknologi geospasial untuk memonitoring potensi kebakaran hutan secara baik mampu mengoversikan nilai-nilai kualitatif berupa nilai menjadi data-data yang dapat dibaca secara visual dan berisi nilai-nilai kualitatif berupa model spasial yang disajikan dalam bentuk peta sehingga dapat digunakan dalam berbagai keperluan.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah berperan dalam proses penelitian ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bidang Kemahasiswaan UNY yang telah membiayai penelitian ini melalui program hibah Penelitian Mahasiswa Student Union Grant Tahun 2017. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada mahasiswa Jurusan Pendidikan Geografi yang telah membantu dalam proses pengamatan lapangan di Gunung Merbabu. Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada kepada Ibu Dr. Dyah Respati Suryo Sumunar selaku dosen pembimbing dan Bapak Arif Ashari, M.Sc. yang memberikan pengarahan dalam pengukuran lapangan.

Referensi

Arnanto, Ardi (2013). Pemanfaatan Transformasi Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Citra Landsat TM untuk Zonasi

Vegetasi di Lereng Merapi Bagian Selatan. *Geomedia* 11 (2): 155-170.

Ashari, A. dan Nuraini, F (2014). Pengembangan Model Konservasi Lingkungan dengan Metode Introdusir Vegetasi Asli Pengunungan Jawa pada Lereng Baratdaya Gunungapi Merbabu: Tinjauan Biogeografi. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XVII Ikatan Geograf Indonesia*. Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Yogyakarta 15-17 November 2014.

Guettouche, M.S., Derias, A., Boutiba, M., Bounif, M.A., Guendouz, M., Boudella, A. (2011). A Fire Risk Modelling and Spatialization by GIS: Application on the Forest of Bouzareah Clump, Algiers (Algeria). *Journal of Geographic Information System* Vol. 3: 247-258

Gustaman, Y. (2015). Total Kebakaran Hutan Gunung Merbabu Mencapai 90 Hektar Sudah Dipadamkan. url : <http://www.tribunnews.com/regional/2015/08/23/total-kebakaran-hutan-gunung-merbabu-mencapai-90-hektar-sudah-dipadamkan> . Diakses pada 11 Maret 2017, pukul 17.09 WIB

Houghton, Richard A. dan Woodwell, George M. (1989). Global Climate Change. *Scientific American* 260 (4) : 36-47.

Kalabokidis, Kostas., Palaiologou, Palaiologos., Gerasopoulos, Evangelos., Giannakopoulos, Christos., Kostopoulou, Effie., Zerefos, Christos. (2015). Effect of Climate Change Projections on Forest Fire Behavior and Values at-Risk in Southwestern Greece. *Forest Open Acces Journal* Vol. 6: 2214 - 2240.

Lo, C.P. (1996). *Pengindraan Jauh Terapan*. Jakarta: UI Press

Masruri, M.S. dan Ashari, A. (2015). Penyusunan Informasi Geomorfologis dengan Metode Survei Geomorfologikal Analitikal untuk Mendukung Pengelolaan Kebencanaan dan Lingkungan di Lereng Baratdaya Gunungapi Merbabu. *Prosiding Seminar Nasional*

- Pemantapan Profesionalisme Pendidik Geografi di Era MEA*. Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang 6 Juni 2015.
- North, M.; Hurteau, M.; Innes, J. (2009). Fire Suppression and Fuels Treatment Effects on Mixed Conifer Carbon Stocks and Emissions. *Ecol. Appl.* 2009, 19 (6): 1385–1396.
- Nurhadi., Ashari, A., Suparmini. (2015). Kajian Bahaya Erupsi dan Longsor pada Lembah Antar Gunungapi Merapi-Merbabu Jawa Tengah. *Jurnal Penelitian Saintek* 20 (1): 74–88
- Pramono, H. dan Ashari, A. (2014). *Geomorfologi Dasar*. Yogyakarta: UNY Press.
- Balai Taman Nasional Gunung Merbabu. (2013). *Laporan Tahunan: Tahun 2012*. Boyolali: BTNGMb (Balai Taman Nasional Gunung Merbabu).
- Solomon, S. Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L., Eds. (2007). *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. In Contribution of Working Group II to the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press: Cambridge, UK New York, USA.
- Stephens, S.L.; Moghaddas, J.J.; Hartsouogh, B.R.; Moghaddas, E. (2009). Fuel Treatment Effects on Stand Level Carbon Pools, Treatment Related Emissions, and Fire Risk in a Sierra Nevada Mixed Conifer Forest. *Can. J. For. Res.* Vol. 39: 1538–1547.
- Sulistiyawati, Anik. (2015). BNPB: 90 Hektare Hutan Gunung Merbabu Terbakar . url : <http://www.solopos.com/2015/08/23/kebakaran-merbabu-bnpb-90-hektare-hutan-gunung-merbabu-terbakar-635475>. Diakses pada 11 Maret 2017, pukul 17.00 WIB
- Sumunar, Dyah Respati Suryo. (2015). Pemanfaatan Citra *Quickbird* untuk Penyusunan Model Spasial Ekologi Kewaspadaan Dini Kejadian Luar Biasa Penyakit Demam Berdarah Dengue (*Dengue Hemorrhagic Fever*) Kasus di Permukiman Kota Yogyakarta. *Disertasi Program Studi Geografi. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 31 Tahun 2009 tentang Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, LNRI Tahun 2009 Nomor 139, TLNRI Nomor 5058.
- Van Steenis, C.G.G.J. (2010.) *Flora Pegunungan Jawa*. Bogor: LIPI Press.
- Verstappen, H. Th. (2013). *Garis Besar Geomorfologi Indonesia*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Wicaksono, Bayu Adi. (2015). Kebakaran Hutan Gunung Merbabu Berhasil Dipadamkan. url : <http://nasional.news.viva.co.id/news/read/664361-kebakaran-hutan-gunung-merbabu-berhasil-dipadamkan>. Diakses pada 11 Maret 2017, pukul 17.40 WIB
- Yustiningsih, Rini. (2015). BNPB: 90 Hektare Hutan Gunung Merbabu Terbakar. url : <http://www.solopos.com/2014/10/17/kebakaran-merbabu-2-pekan-luas-hutan-terbakar-15198-hektare-544951>. Diakses pada 11 Maret 2017, pukul 17.03 WIB.