

## **BAB II**

### **TEORI DASAR**

#### **II.1 Kebakaran Hutan dan Lahan**

Hutan adalah kawasan sumberdaya alam yang kaya akan keanekaragaman hayati untuk berbagai kepentingan (Pualilin dkk., 2019). Lahan adalah kawasan yang menjadi satu sistem struktural dan fungsional dari sumberdaya daratan yang ada (Notohadiprawiro, 2006). Kebakaran dapat dibedakan berdasarkan lokasi kejadian baik secara sengaja maupun tidak sengaja yaitu di kawasan hutan dan lahan (Hatta, 2008). Manusia sebagai faktor utama hampir 99% sebagai penyebab sering terjadinya kebakaran hutan dan lahan di Indonesia (Darwiati dan Tuheteru, 2010). Upaya yang dapat dilakukan adalah mobilisasi seluruh sumber daya yang ada di hutan dan lahan, pemberian insentif yang cukup untuk pengelolaan berkelanjutan dan diadakan konservasi dan penghutanan kembali (Alisjahbana dan Murniningtyas, 2018).

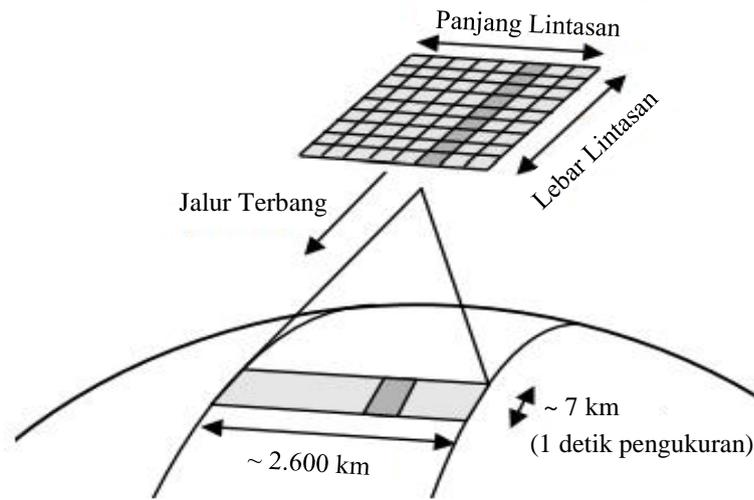
#### **II.2 Konsep Penginderaan Jauh**

Penginderaan jauh sebagai teknik dalam memberikan informasi hasil perekaman bumi menggunakan sensor radiasi elektromagnetik dari jarak jauh atau tanpa sentuhan fisik (Parsons A.J, 1985). Sensor sebagai alat yang berperan dalam mengumpulkan dan mencatat radiasi elektromagnetik, baik secara pasif dari sinar matahari atau energi bumi, maupun secara aktif dari energi sensor itu sendiri. Wahana yang digunakan dapat berupa satelit ataupun pesawat terbang dengan data yang berbentuk keruangan atau spasial (Soenarmo, S.H, 2009). Citra merupakan produk yang dihasilkan dari teknik penginderaan jauh berupa gambaran suatu objek. Objek tersebut meliputi bentuk dan unsur-unsur yang relatif mirip dengan keadaan di permukaan bumi dan memiliki cakupan yang luas. Nilai dan jenis pada spektrum atau radiasi elektromagnetik akan berbeda-beda pada setiap objek yang diamati.

#### **II.3 Satelit Sentinel-5P**

*European Space Agency* (ESA) melaksanakan suatu program dalam meluncurkan satelit baru sejak 13 Oktober 2017. Satelit Sentinel-5P dikhususkan

untuk memantau gas-gas di atmosfer dalam periode waktu antara tahun 2017 dan tahun 2023 (Veefkind, 2012). Sentinel-5P menggunakan teknik penginderaan jauh dengan sensor pasif dan mengukur di *Top Of Atmosphere* (TOA) atau bagian atmosfer paling atas menggunakan radiasi matahari yang dipantulkan dan dipancarkan dari bumi (ESA, 2017). Satelit Sentinel-5P memiliki orbit polar dan membawa instrumen *Tropospheric Monitoring Instrument* (TROPOMI). Prinsip pengukuran TROPOMI ditunjukkan oleh Gambar II.1



Gambar II.1 Prinsip Pengukuran TROPOMI

(Sumber: <https://sentinel.esa.int/documents/247904/2474726/Sentinel-5P-Level-2-Product-User-Manual-Carbon-Monoxide>)

Prinsip pengukuran TROPOMI beroperasi dalam konfigurasi *push-broom* (*non-scanning*) atau teknologi pengambilan citra permukaan bumi menggunakan spektroskopi. Satelit Sentinel-5P mengambil gambar strip bumi pada detektor dua dimensi setiap satu detik selama satelit bergerak dengan tutupan area yang memiliki panjang 2600 km dan lebar sekitar 7 km (Arnoud dkk., 2018). Detektor dua dimensi pada instrumen TROPOMI digunakan untuk mendeteksi piksel tanah yang berbeda di seluruh arah lintasan dan untuk panjang gelombang yang berbeda (Arnoud dkk., 2018). Spektrometer pencitraan satelit Sentinel-5P terbang dalam orbit *Sun-Synchronous* pada ketinggian 824 km (Arnoud dkk., 2018).

Instrumen TROPOMI terdiri dari panjang gelombang ultraviolet, gelombang tampak (*visible*), gelombang dekat (*near*) dan gelombang pendek (*Short Wavelength Infrared*) (ESA, 2017). Panjang gelombang tersebut untuk memodelkan konsentrasi yang direkam satelit Sentinel-5P di atmosfer, seperti

metana (CH<sub>4</sub>), nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), formaldehida (H<sub>2</sub>CO) dan ozon (O<sub>3</sub>). Produk data dari satelit Sentinel-5P dalam bentuk level 2 (L2) ditunjukkan oleh Tabel II.1

Tabel II.1 Produk Data Level 2 (L2) TROPOMI

Produk	Panjang Gelombang (nm)	Parameter Utama
Profil Ozon	270 - 330	Total dan profil troposfer
Sulfur dioksida (SO <sub>2</sub> )	308 - 325	Jumlah kolom
Ozon	325 - 337	Jumlah kolom
Formaldehida	337 - 360	Jumlah kolom
UV <i>Aerosol Index</i>	360 - 400	Indeks aerosol
Nitrogen dioksida (NO <sub>2</sub> )	405 - 500	Jumlah kolom
Awan	750 - 775	Fraksi, albedo, tekanan
Ketinggian lapisan aerosol	750 - 775	Tekanan lapisan menengah
Metana	1.590 - 1.675	Jumlah kolom
Karbon monoksida (CO)	2.305 - 2.385	Jumlah kolom

(Sumber: ESA, 2017)

Data asli satelit Sentinel-5P level 2 (L2) dikelompokkan berdasarkan waktu dan tidak berdasarkan pada garis lintang atau bujur, sehingga membentuk grid-grid yang tidak beraturan dan membuat kombinasi beberapa gambar lebih sulit. Oleh karena itu, dapat diatasi dengan pemrosesan data ke level 3 (L3). *Google Earth Engine* (GEE) memungkinkan penyerapan data Sentinel-5P level 2 (L2) menjadi level 3 (L3) dalam satu grid per orbit yang bertujuan agar tidak ada agregasi atau pengelompokan di seluruh produk yang dilakukan. TROPOMI CO memungkinkan cakupan harian global pada resolusi spasial sebesar  $7,2 \times 5,6 \text{ km}^2$ . Nilai kolom total CO diperoleh dari pengukuran pantulan radiasi inframerah gelombang pendek atau *Short Wavelength Infrared* (SWIR) dalam rentang spektral 2,3  $\mu\text{m}$  menggunakan algoritma *SWIR CO Retrieval* (SICOR). Algoritma SICOR memperhitungkan kondisi atmosfer berawan dan aerosol untuk pengamatan langit cerah di atas daratan (Arnoud dkk., 2018).

#### II.4 *Cloud Computing*

*Cloud computing* adalah teknologi masa kini yang memanfaatkan berbagai kombinasi jaringan internet dalam membentuk suatu basis data untuk menyimpan berbagai *file* atau dokumen (Giap dkk., 2020). Penggunaan *cloud computing* di Indonesia telah banyak digunakan karena dapat memangkas biaya, meningkatkan

kinerja dan meningkatkan skalabilitasnya (Giap dkk., 2020). *Google Earth Engine* (GEE) menjadi salah satu perangkat lunak yang banyak digunakan di seluruh dunia. *Google Earth Engine* (GEE) dalam bidang penginderaan jauh mampu menyediakan banyak jenis citra dan pengolahan citra untuk menghasilkan berbagai informasi dibandingkan dengan pengolahan citra secara konvensional. *Google Earth Engine* (GEE) dapat menghemat waktu pengunduhan data, kapasitas penyimpanan yang lebih kecil, namun membutuhkan internet yang stabil

## II.5 Hotspot (Titik Panas)

Peraturan Menteri Kehutanan Nomor:P.12/Menhut-II/2009 tentang pengendalian kebakaran hutan menyebutkan *hotspot* sebagai sebaran titik-titik panas di permukaan bumi. *Hotspot* tersebut memiliki suhu udara relatif lebih tinggi dibandingkan dengan suhu udara disekitarnya. Informasi sebaran *hotspot* dapat diidentifikasi melalui sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) (Kaufman, Y and Yustice, 1998). MODIS memiliki tipe orbit *sun-synchronous* dengan dua satelit yang memiliki lintasan berbeda yaitu satelit Terra dan satelit Aqua (Handayani dkk., 2014). Tiga kelas tingkat kepercayaan *hotspot* yang dibuat oleh *MODIS Active Fire Product User's Guide* ditunjukkan pada Tabel II.2

Tabel II.2 Tingkat Kepercayaan dalam Informasi Hotspot

Tingkat Kepercayaan (C)	Kelas	Tindakan
$0\% \leq C \leq 30\%$	Rendah	Perlu diperhatikan
$30\% \leq C \leq 80\%$	Nominal	Waspada
$80\% \leq C \leq 100\%$	Tinggi	Segera penanggulangan

Sumber: (Giglio dkk., 2015).

Kanal termal terdiri dari kanal 21,22 dan 23 pada sensor MODIS dengan panjang gelombang 4  $\mu\text{m}$  dan 11  $\mu\text{m}$  dapat digunakan untuk penentuan *hotspot* (Zubaidah dkk., 2014). Deteksi *hotspot* berada pada kisaran suhu sebesar 27°C – 32°C untuk satelit Terra dan 27°C – 34°C untuk satelit Aqua menggunakan kanal 31 (Handayani dkk., 2014). Salah satu sistem penyedia data *hotspot* di Indonesia untuk memantau kebakaran hutan dan lahan yaitu Sipongi. Sipongi dikembangkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK).

Informasi *hotspot* dari satelit Terra dan satelit Aqua (MODIS) ditunjukkan oleh Tabel II.3

Tabel II.3 Informasi *Hotspot* dari Satelit Terra dan Satelit Aqua

No	Satelit	Waktu Pemantauan	Kanal	Resolusi Spasial	Tingkat Kepercayaan Hotspot:Kode
1.	Terra (18 Des 1999)	9.00 – 12.00 (Siang) 21.00 – 24.00 (Malam)	Kanal 21 dan 22 (3929 – 3989 nm)	1000 meter	Rendah: 0 – 29 Medium: 30 – 79 Tinggi: 80 – 100
2.	Aqua (04 Mei 2002)	12.00 – 15.00 (Siang) 24.00 – 03.00 (Malam)	Kanal 21 dan 22 (3929 – 3989 nm)	1000 meter	Rendah: 0 – 29 Medium: 30 – 79 Tinggi: 80 – 100

(Sumber: LAPAN, 2020)

Kebakaran hutan dan lahan dalam konteks spasial dapat dilihat dari pola persebaran intensitas *hotspot* dalam radius tertentu menggunakan metode analisis *kernel density*. Metode tersebut menggunakan model perhitungan matematika dalam fungsi spasial (Kloog dkk., 2009). *Kernel density* mengestimasi kepadatan pada perangkat pengolahan GIS dengan formula statistik non-parametrik (Iwan Rudiarto, 2016)

## II.6 Land Surface Temperature (LST)

Keseimbangan energi permukaan dan sifat termal di media bawah permukaan tanah sebagai kendali suhu permukaan tanah atau *Land Surface Temperature* (LST) (Utomo dkk., 2017). Satelit Landsat-8 dapat mengidentifikasi suhu permukaan tanah menggunakan panjang gelombang inframerah *termal* pada metode *Single Window* dengan memanfaatkan kanal 10. Berikut algoritma suhu permukaan tanah (Weng, 2001) ditunjukkan oleh Rumus 2.1

$$T_s = \frac{T_b}{1 + \left(\frac{\lambda T_b}{\delta}\right) \ln \varepsilon} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan rumus:

$T_s$  = Suhu Permukaan tanah (°C)

$T_b$  = *Temperature Brightness* atau suhu kecerahan (°C)

$\lambda$  = Nilai tengah panjang gelombang pada kanal 10 sebesar 0.00115

$\delta = hc/\sigma = 1.438 \times 10^{-2} \text{ mK} = 14.380 \text{ }^\circ\text{K}$

- $h$  = Konstanta Planck ( $6.26 \times 10^{-34} \text{Jsec}$ )
- $c$  = Kecepatan Cahaya ( $2.998 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$ )
- $\sigma$  = Konstanta Stefan-Boltzman ( $1.38 \times 10^{-23} \text{JK}^{-1}$ )
- $\varepsilon$  = Emisivitas objek

Perhitungan yang dilakukan untuk interpretasi citra menggunakan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). NDVI digunakan untuk mengetahui tingkat kehijauan vegetasi dengan membandingkan data pada *near-infrared* atau *NIR* (Kanal 5) dan *Red* (Kanal 4). Algoritma yang digunakan untuk perhitungan NDVI (Carlson and Ripley, 1997) ditunjukkan oleh Rumus 2.2

$$NDVI = (NIR-Red) / (NIR + Red) \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan rumus:

*NIR* = Nilai spektral panjang gelombang inframerah dekat

*Red* = Nilai spektral panjang gelombang merah

Nilai NDVI diturunkan untuk mengestimasi besaran fraksi dari suatu area yang tertutup vegetasi atau (FVC). Algoritma yang digunakan untuk perhitungan FVC (Carlson dan Ripley, 1997) ditunjukkan oleh rumus 2.3

$$FVC = ((NDVI-NDVI_{min}) / (NDVI_{max}-NDVI_{min}))^2 \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan rumus:

*FVC* = *Fractional Vegetation Cover*

*NDVI* = Nilai NDVI yang diperoleh sebelumnya

*NDVI<sub>min</sub>* = Nilai NDVI untuk tanah (nilai terkecil NDVI)

*NDVI<sub>max</sub>* = Nilai NDVI untuk vegetasi (nilai terbesar NDVI)

Nilai FVC diturunkan untuk perhitungan nilai *Land Surface Emissivity* (LSE). Berikut adalah algoritma yang digunakan untuk perhitungan *Emissivity* (Suresh dkk., 2016) ditunjukkan oleh Rumus 2.4

$$e = 0.004 * FVC + 0.986 \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan rumus:

*e* = *Emissivity*

*FVC* = Proporsi vegetasi yang dihitung dengan menggunakan Nilai NDVI

## II.7 Angin

Angin dapat mempengaruhi arah perambatan api dan pergerakan asap yang berisi polutan (Anggoro dan Setyawan, 2017). Angin saat kebakaran hutan dan lahan dapat terindikasi adanya pola konvergensi akibat perbedaan tekanan udara. Wilayah yang mengalami kebakaran hutan dan lahan memiliki tekanan yang lebih rendah dibandingkan dengan wilayah yang ada di sekitarnya (Anggoro dan Setyawan, 2017). Kecepatan angin dimanfaatkan untuk seberapa jauh polutan menyebar dari sumbernya. Penyebaran polutan akan lebih cepat terjadi apabila kecepatan anginnya relatif tinggi, sehingga konsentrasi polutan tidak menumpuk di sekitar sumber emisi suatu tempat (Ramayana dkk., 2013).

Angin permukaan yang mengalami gaya gesek karena adanya kekasaran permukaan bumi sebagai salah satu penyebab kecepatan angin menjadi lemah (Ramayana dkk, 2013). Angin yang lemah di bawah ( $< 1$  m/s) disebabkan oleh perilaku isotropik angin di bawah angin tenang. (Lestari, P dan Mauliadi, Y.D, 2009). Intensitas kebakaran hutan dan lahan akan meningkat saat puncak musim kemarau, hal ini dipengaruhi oleh faktor angin yang berasal dari timur dan arah timur laut. Meskipun angin dominan bertiup dari arah timur, angin barat daya juga terjadi pada musim kemarau (Lestari,P dan Mauliadi, Y.D, 2009).