

BAB II

LANDASAN TEORI

II.1 Penginderaan Jauh

Penginderaan jarak jauh adalah ilmu dalam penerimaan/perolehan informasi mengenai permukaan bumi tanpa melakukan kontak secara langsung dengan obyek. Berdasarkan Thomas M. Lillesand dan Ralph W. Kiefer penginderaan jarak jauh merupakan ilmu dan seni dalam memperoleh informasi yang berguna mengenai suatu obyek, area atau fenomena, dengan menganalisa data yang diperoleh melalui suatu perangkat yang tidak melakukan kontak langsung dengan obyek, area atau fenomena tersebut selama investigasi (Setiawan, 2012).

Teknik penginderaan jauh tidak hanya dapat memperoleh informasi pada bidang permukaan objek, daerah, atau fenomena yang tampak langsung diatas permukaan bumi, melainkan hingga pada kedalaman tertentu juga dapat dideteksi. Objek, daerah, atau fenomena tersebut termasuk yang terdapat diluar bumi seperti bulan dan planet lain maupun yang diluar atmosfer (Muhsoni, 2015).

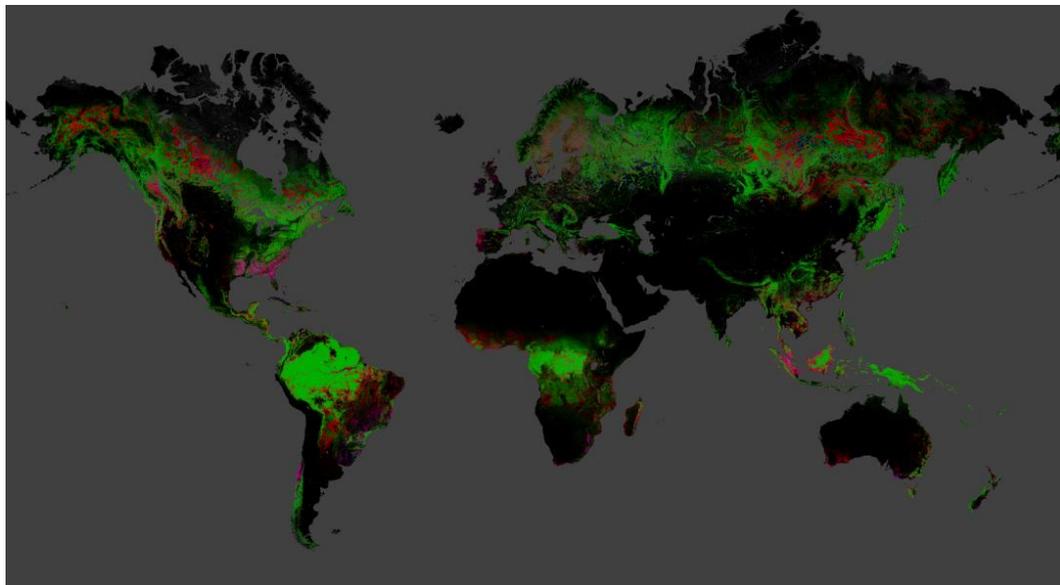
II.2 Deforestasi dan Kebakaran Hutan

Deforestasi adalah perubahan secara permanen dari areal berhutan menjadi tidak berhutan (KLHK, 2018). Beberapa kegiatan yang ditengarai sebagai penyebab terjadinya deforestasi adalah konversi kawasan hutan untuk tujuan pembangunan sektor lain misalnya untuk perkebunan dan transmigrasi, pencurian kayu atau penebangan liar (*illegal logging*), aktivitas pemanfaatan hutan, penggunaan kawasan hutan, perubahan peruntukan kawasan hutan dan areal penggunaan lain secara legal, pertambangan, perambahan dan okupasi lahan (*illegal land*), kebakaran hutan, serta bencana alam (KLHK, 2020)

Salah satu penyebab deforestasi yakni kebakaran hutan, berdasarkan Peraturan MenLHK. (2016) Kebakaran Hutan dan Lahan yang selanjutnya disebut Karhutla adalah suatu peristiwa terbakarnya hutan dan/atau lahan, baik secara alami maupun oleh perbuatan manusia, sehingga mengakibatkan kerusakan lingkungan yang menimbulkan kerugian ekologi, ekonomi, sosial budaya dan politik.

II.3 Produk Data *Global Forest Change* (GFC)

Global Forest Change (GFC) merupakan produk data global yang menyediakan data tutupan hutan (*forest cover*) tahun 2000 dimana pohon didefinisikan sebagai vegetasi dengan tinggi lebih dari 5m, produk data kehilangan tutupan hutan (*forest loss*) didefinisikan sebagai gangguan penggantian tegakan, atau perubahan dari keadaan hutan menjadi *non*-hutan selama periode 2001-2019, dan produk data penambahan tutupan hutan (*forest gain*) didefinisikan sebagai kebalikan dari kehilangan, atau perubahan *non*-hutan menjadi hutan dalam periode 2000-2012 (Hansen, 2013). Visualisasi dari data *Global Forest Change* dapat dilihat pada Gambar II.1.



Gambar II. 1 *Global Forest Change* (Hansen, 2013)

II.4 Produk Data MCD64A1

MCD64A1 merupakan produk data area terbakar bulanan global dengan resolusi spasial 500m. Produk data MCD64A1 tersedia dari tahun 2000 hingga tahun 2020. Pendekatan pemetaan area terbakar MCD64A1 menggunakan citra *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) 500 m ditambah dengan observasi kebakaran aktif MODIS 1 km. Algoritma ini menggunakan Indeks Vegetasi (VI) yang sensitif terhadap area terbakar untuk membuat ambang dinamis yang diterapkan pada data komposit. VI berasal dari gelombang pendek

inframerah gelombang pendek yang dikoreksi atmosfer band reflektansi permukaan 5 dan 7 dengan rumus VI sebagai berikut.

$$VI = \frac{\rho_5 - \rho_7}{\rho_5 + \rho_7} \dots \dots \dots \text{II.1}$$

Keterangan:

ρ_5 : Reflektansi saluran NIR citra MODIS, *band 5* (Panjang Gelombang 1230-1250 nm).

ρ_7 : Reflektansi saluran SWIR citra MODIS, *band 7* (Panjang Gelombang 2105-2155 nm).

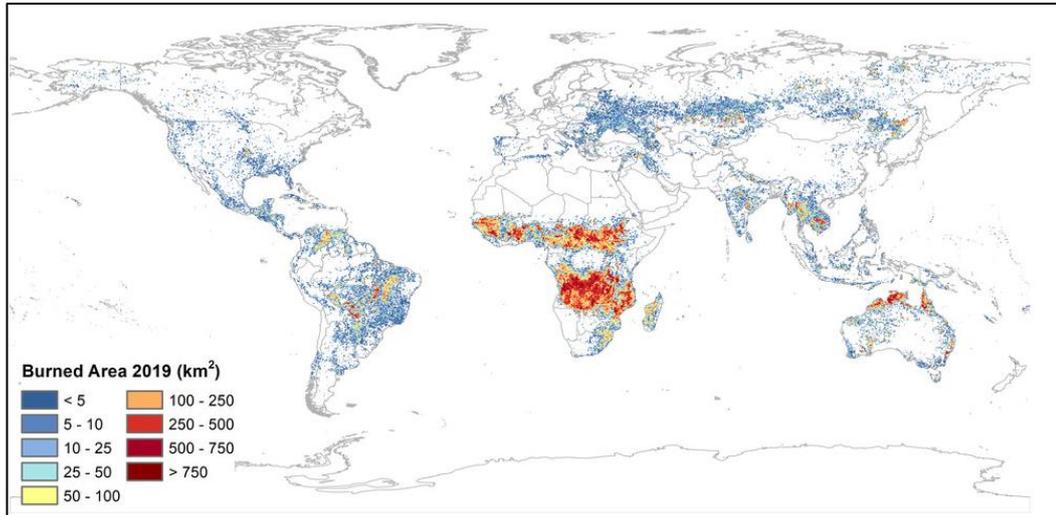
Algoritma mengidentifikasi tanggal pembakaran untuk sel grid 500 m. Tanggal dikodekan dalam satu lapisan data sebagai hari ordinal dalam tahun kalender dimana kebakaran terjadi (1-366) dengan nilai 0 yang ditetapkan ke piksel tanah yang tidak terbakar, data yang hilang dan air. Lapisan data yang disediakan dalam produk data MCD64A1 mencakup tanggal pembakaran, ketidakpastian data pembakaran, jaminan kualitas, bersama dengan hari pertama dan hari terakhir untuk deteksi perubahan (Giglio dkk., 2016).

II.5 Produk Data FireCCI51

Produk piksel area terbakar MODIS versi 5.1 (FireCCI51) adalah kumpulan data resolusi spasial 250 m bulanan global yang berisi informasi tentang area yang terbakar serta data tambahan. Ini didasarkan pada reflektansi permukaan pada pita *Near Infrared* (NIR) dari instrumen MODIS yang terpasang di satelit Terra, serta informasi kebakaran aktif dari sensor yang sama dari satelit Terra dan Aqua. Algoritma area terbakar menggunakan pendekatan *hybrid* dua fase (Pettinari dkk, 2020). Algoritma hybrid menggabungkan perubahan termal dan reflektansi untuk membedakan area yang terbakar. Hybrid mendekati saluran termal dan reflektansi campuran untuk membuat indeks spektral yang lebih sensitif terhadap area yang terbakar, termasuk saluran inframerah dekat dan komponen reflektansi dari saluran inframerah tengah (Lizundia-Loiola dkk., 2020).

Dataset FireCCI51 mencakup setiap piksel perkiraan hari deteksi pertama kebakaran, tingkat kepercayaan deteksi tersebut, dan tutupan lahan yang telah terbakar (diekstraksi dari dataset Penutupan Lahan ESA CCI v2.0.7). Selain itu, bendera observasi disediakan untuk mengidentifikasi piksel yang tidak diproses

karena kurangnya observasi yang valid atau karena piksel tersebut termasuk dalam tutupan lahan yang tidak dapat terbakar. FireCCI51 dikembangkan sebagai bagian dari Program ESA *Climate Change Initiative* (CCI) dan juga bagian dari *Copernicus Climate Change Service* (Pettinari dkk., 2020). Produk data FireCCI51 dapat dilihat pada Gambar II.2



Gambar II. 2 Area Terbakar Tahun 2019 (Pettinari dkk., 2020)

II.6 Normalized Burn Ratio (NBR)

Normalized Burned Ratio (NBR) adalah indeks yang dirancang untuk mengamati area terbakar di zona kebakaran besar. Nilai NBR yang tinggi menunjukkan vegetasi yang sehat, sedangkan nilai yang rendah menunjukkan lahan kosong dan areal yang baru terbakar (Anonim, 2014) sesuai dengan rumus dibawah ini,

$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \dots\dots\dots II.2$$

Keterangan:

NIR : Reflektansi saluran NIR (*band 5* citra Landsat).

SWIR : Reflektansi saluran SWIR (*band 6* citra Landsat).

Perbedaan antara NBR pra-kebakaran dan pasca-kebakaran yang diperoleh dari citra digunakan untuk menghitung delta NBR (dNBR atau ΔNBR), yang

kemudian dapat digunakan untuk memperkirakan tingkat keparahan kebakaran, dengan rumus dibawah ini,

$$dNBR \text{ atau } \Delta NBR = PrefireNBR - PostfireNBR \dots\dots\dots II.3$$

Tingkat keparahan kebakaran berdasarkan usulan USGS dibagi menjadi 7 tingkat yaitu, peningkatan pertumbuhan tinggi pasca-kebakaran (*enhanced regrowth high post-fire*), peningkatan pertumbuhan rendah pasca-kebakaran (*enhanced regrowth low post-fire*), tidak terbakar (*unburned*), tingkat keparahan rendah (*low severity*), tingkat keparahan sedang rendah (*moderate-low severity*), tingkat keparahan sedang tinggi (*miderate-high severity*), dan tingkat keparahan tinggi (*high severity*) (Anonim, 2021) yang dapat dilihat pada Tabel II.1

Tabel II. 1 Tingkat Keparahahan Kebakaran

Tingkat Keparahahan	Rentang dNBR	Rentang dNBR (skala 10 ³)
Peningkatan pertumbuhan tinggi (pasca-kebakaran)	(-0.500) – (-0.251)	(-500) – (-251)
Peningkatan pertumbuhan rendah (pasca-kebakaran)	(-0.250) – (-0.101)	(-250) – (-101)
Tidak terbakar	(-0.100) – (+0.99)	(-100) – (+99)
Tingkat keparahan rendah	(+0.100) – (+0.269)	(+100) – (+269)
Tingkat keparahan sedang rendah	(+0.270) – (+0.439)	(+270) – (+439)
Tingkat keparahan sedang tinggi	(+0.440) – (+0.659)	(+440) – (+659)
Tingkat keparahan tinggi	(+0.660) – (+1.300)	(+660) – (+1300)

II.7 Emerging Hotspot Analysis

Analisis *hotspot* digunakan untuk mengidentifikasi tren dalam pengelompokan kepadatan titik (jumlah) atau nilai dalam kubus ruang-waktu pada area kebakaran hutan. Dalam penelitian ini, menggunakan analisis *hotspot* spasial (lokasi kejadian) dan temporal (waktu kejadian) dikumpulkan bersama ke dalam bin disebut sebagai *emerging hotspot analysis* (Esri, 2016).

Analisis *Hotspot* dihitung berdasarkan statistik Getis-Ord G_i^* untuk setiap bin, setelah analisis *hotspot* selesai, setiap bin memiliki *Z-score*, *P-value*, untuk nilai *Z-score* positif, semakin besar *Z-score* positif maka akan semakin intens pengelompokkan yang membentuk *hotspot*, sedangkan untuk nilai *Z-score* negatif, semakin kecil *Z-score* negatif maka akan semakin intens pengelompokkan yang membentuk *coldspot* (Kurniawan dan Sadali, 2020).

Rumus statistik Getis-Ord G_i^* sebagai berikut.

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j}x_j - \bar{x} \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - \left(\sum_{j=1}^n w_{i,j}\right)^2}{n-1}}} \dots\dots\dots \text{II.4}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} \dots\dots\dots \text{II.5}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{x})^2} \dots\dots\dots \text{II.6}$$

Keterangan:

G_i^* = Nilai Getis Ord G_i^*

X_j = Nilai/Atribut Fitur j

W_{ij} = Bobot Spasial antara Fitur i dan j

\bar{x} = Nilai Rata-Rata

S = Standar Deviasi

N = Jumlah Fitur

Selanjutnya, tren *hotspot* (klaster nilai tinggi) dan *coldspot* (klaster nilai rendah) dievaluasi menggunakan uji tren Mann-Kendall sehingga menghasilkan kategori *hotspot* dan *coldspot* sebagai berikut (Aryadi dkk, 2017),

1. *New* : Merupakan lokasi *hotspot/coldspot* signifikan secara statistik hanya untuk tahun 2018 dan/atau 2019, yaitu langkah waktu terakhir dari deret waktu.
2. *Consecutive* : Merupakan lokasi dengan satu jalur *hotspot/coldspot* yang signifikan secara statistik tanpa gangguan dalam interval langkah waktu terakhir.

3. *Intensifying* : Merupakan lokasi yang secara statistik signifikan selama 10 tahun. Selain itu, intensitas pengelompokan jumlah tinggi di setiap langkah waktu meningkat.
4. *Persistent* : Merupakan lokasi yang telah menjadi *hotspot/coldspot* yang signifikan secara statistik selama 9 dari 10 tahun (90%), tanpa tren yang terlihat yang menunjukkan peningkatan atau penurunan intensitas pengelompokan dari waktu ke waktu
5. *Diminishing* : Merupakan lokasi yang jumlah kejadian semakin berangsur menurun.
6. *Sporadic* : Merupakan lokasi kebakaran yang terjadi secara acak (tidak merata) frekuensinya dari tahun ke tahun. Kurang dari 9 dari 10 tahun (<90%) telah menjadi *hotspot/coldspot* yang signifikan secara statistik.
7. *Oscillating* : Merupakan lokasi yang telah menjadi *hotspot/coldspot* yang signifikan secara statistik selama kurang dari 9 dari 10 tahun (<90%) dengan kejadian kebakaran yang tinggi (clustered).
8. *Historical* : Lokasi yang dahulunya pernah terjadi, akan tetapi di waktu-waktu terakhir tidak terjadi lagi

II.8 LandTrendr

LandTrendr (*Landsat-based detection of trends in disturbance and recovery*) adalah sekumpulan algoritma segmentasi spektral-temporal yang berguna untuk deteksi perubahan dalam rangkaian waktu citra satelit resolusi sedang terutama Landsat. Pendekatan LandTrendr, menggunakan normalisasi radiometrik relatif dan aturan penyaringan awan sederhana untuk membuat mosaik seketika dari beberapa gambar per tahun, dan mengekstrak lintasan temporal data spektral pada piksel demi piksel. Kemudian menerapkan strategi segmentasi temporal dengan penyesuaian berbasis regresi dan *point-to-point* indeks spektral sebagai fungsi waktu, memungkinkan penangkapan proses yang berkembang perlahan, seperti pertumbuhan kembali, dan kejadian mendadak, seperti penebangan hutan. Kontrol parameter dan pemfilteran berbasis ambang digunakan untuk mengurangi kesalahan deteksi (Kennedy dkk, 2010).

II.9 Google Earth Engine (GEE)

Google Earth Engine (GEE) merupakan platform berbasis *online* yang dapat digunakan untuk melakukan analisis geospasial dengan skala besar yang menghadirkan kemampuan komputasi besar-besaran dalam google untuk menghadapi berbagai masalah sosial yang berdampak tinggi seperti penggundulan hutan, kekeringan, bencana, penyakit, ketahanan pangan, pengelolaan air, pemantauan iklim, dan perlindungan lingkungan. *Earth Engine* terdiri dari katalog data siap analisis *multi-petabyte* yang dapat diakses dan dikendalikan melalui antarmuka pemrograman aplikasi yang dapat diakses internet (API) dan lingkungan pengembangan teraktif (IDE) berbasis web terkait yang memungkinkan pembuatan prototipe dan visualisasi hasil (Gorelick dkk, 2017).

Katalog data menampung repositori besar yang tersedia untuk umum meliputi dataset geospasial, termasuk pengamatan dari berbagai satelit dan sistem pencitraan udara optik dan non-optik, variabel lingkungan, prakiraan cuaca dan iklim, dan hindcasts, tutupan lahan, topografi dan dataset sosio-ekonomi. Pengguna dapat mendaftar untuk mendapatkan akses di beranda *Earth Engine*, <https://earthengine.google.com> dan mengakses antarmuka pengguna, serta panduan pengguna, tutorial, contoh, video pelatihan, referensi fungsi, dan kurikulum pendidikan (Gorelick dkk, 2017).