

BAB II

LANDASAN TEORI

II.1 Penginderaan Jauh Untuk Kelautan

Penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, luasan, atau tentang fenomena melalui analisis data yang diperoleh dari sensor. Dalam hal ini, sensor tidak berhubungan langsung dengan objek atau benda yang menjadi target. Objek penginderaan jauh dapat berupa benda (air, tanah, bangunan, vegetasi) atau fenomena di atmosfer maupun dipermukaan bumi (suhu, udara, kecepatan angin, erosi). Keluaran subsistem perolehan data didalam sistem penginderaan jauh ialah data penginderaan jauh. Sesuai dengan cara perekamannya maka data penginderaan jauh dapat berupa data digital maupun data analog (visual, gambar) (Sutanto, 1995; Agoes dkk., 2018).

Teknologi penginderaan jauh merupakan teknologi yang mengumpulkan informasi tentang objek dan lingkungan di permukaan bumi dari jarak jauh tanpa kontak fisik (Ningsih dan Setyadi, 2003). Penginderaan jauh memiliki tujuan yaitu untuk mengekstrak data dan informasi dari citra fotografis dan non fotografis dari berbagai objek di permukaan bumi, dan citra tersebut direkam atau dideskripsikan dengan alat penginderaan buatan yaitu sensor. Landasan dasar interpretasi penginderaan jauh adalah pengetahuan dasar yang harus dikuasai sebelum mempelajari dan menginterpretasikan foto dan non foto di bidang apapun (Darmawan, 2018). Komponen-komponen dalam penginderaan jauh yaitu menyusun sistem energi elektromagnetik, atmosfer, objek permukaan dan sensor (Curran, 1985).

Kemajuan teknologi penginderaan jauh yaitu sistem satelit dapat menyajikan citra penginderaan jauh dengan resolusi spasial yang cukup tinggi dalam ukuran piksel yaitu resolusi spektral dan resolusi waktu. Hal ini sangat membantu penerapan aplikasi citra penginderaan jauh dalam hal pengukuran, pemetaan, pemantauan dan pemodelan lebih efektif daripada pemetaan konvensional. Peran resolusi dalam sebuah citra sangat menentukan tingkat detail suatu objek, karakteristik spektralnya, dan periode kembali pemantauan dan tampilan data.

Resolusi dalam penginderaan jauh terdiri dari resolusi spektral, resolusi spasial, resolusi waktu dan resolusi radiasi (Hartono, 2010).

Menurut Jaya (2010), penginderaan jarak jauh khususnya *satellite remote sensing* dengan citra landsat merupakan sarana yang banyak digunakan untuk kegiatan pemetaan di bidang kelautan dan pesisir di Indonesia. Penerapan teknologi penginderaan jauh di bidang kelautan Indonesia saat ini sangat banyak dilakukan, salah satunya adalah metode pendeteksian karakteristik atau habitat dasar perairan dangkal. Penggunaan dengan metode konvensional menyebabkan pemetaan dasar perairan dangkal memerlukan waktu yang lama, dan biaya yang relatif mahal. Kemajuan teknologi di bidang penginderaan jauh kelautan juga dirasakan dalam bidang pemetaan di Indonesia. Teknologi pemetaan saat ini sudah menggunakan jasa satelit, sehingga sangat memudahkan masyarakat untuk untuk mendapatkan data Citra satelit (Lubis dkk., 2017).

Adapun upaya untuk memperoleh informasi tentang potensi sumberdaya wilayah pesisir dan lautan dalam rangka untuk mengoptimalkan pengelolaan wilayah pesisir dan lautan adalah penggunaan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG). Informasi mengenai obyek yang terdapat pada suatu lokasi di permukaan bumi diambil dengan menggunakan sensor satelit, kemudian sesuai dengan tujuan kegiatan yang akan dilakukan, informasi mengenai obyek tersebut diolah, dianalisa, diinterpretasikan dan disajikan dalam bentuk informasi spasial dan peta tematik tata ruang dengan menggunakan SIG. Pemanfaatan data penginderaan jauh dan SIG telah banyak dilakukan dalam kaitannya dengan wilayah pesisir dan lautan khususnya sektor perikanan dan pengelolaan wilayah pesisir dan lautan, seperti aplikasi penginderaan jauh untuk memberikan informasi Zona Potensi Penangkapan Ikan (ZPPI), kesesuaian lahan perairan untuk usaha budidaya laut dan pariwisata bahari, identifikasi potensi wilayah pesisir (seperti hutan *mangrove*, terumbu karang, padang lamun dan pasir), zonasi kawasan konservasi laut, analisa potensi ekonomi wilayah pesisir, pulau-pulau kecil, pengamatan perubahan garis pantai, analisa pencemaran lingkungan perairan dan lain sebagainya (Syah, 2010).

II.2 Suhu Permukaan Laut

Suhu Permukaan Laut (SPL) merupakan salah satu parameter oseanografi yang menandai massa air di lautan serta berhubungan dengan kondisi susunan air laut yang ada dibawahnya, sehingga bisa digunakan dalam menganalisis fenomena-fenomena yang terjalin dilautan seperti arus, *upwelling* dan *front* (Juhadi dkk., 2015). Suhu air laut terutama di lapisan permukaan sangat tergantung pada jumlah panas yang diterima dari sinar matahari. Daerah yang paling banyak menerima sinar matahari adalah daerah-daerah yang terletak pada lintang 10° LU - 10° LS. Oleh karena itu, suhu air laut yang tertinggi akan ditemukan di daerah ekuator (Raissa, 2013).

Suhu air merupakan faktor yang banyak mendapatkan perhatian dalam pengkajian ilmu kelautan. Suhu air permukaan di perairan Nusantara kita umumnya berkisar antara 28°C - 30°C . Di lokasi dimana penaikan air (*upwelling*) terjadi, misalkan di Laut Banda, suhu air permukaan bisa turun sampai sekitar 25°C . Ini disebabkan karena air yang dingin dari lapisan bawah terangkat ke atas. Suhu air di dekat pantai biasanya sedikit lebih tinggi daripada yang di lepas pantai (Raissa, 2013; Jufri dkk., 2014) .

Perubahan suhu dapat memberi pengaruh besar kepada sifat-sifat air laut lainnya dan kepada biota laut. Daerah dengan penurunan suhu cepat ke bawah ini disebut termoklin (*thermocline*). Lapisan di atasnya sering dinamakan lapisan campuran (*mixed layer*), karena pada lapisan inilah suhu berubah-ubah menurut waktu dan ruang. Termoklin mempunyai pengaruh besar terhadap banyak gejala laut, seperti sirkulasi air, sebaran biota, daur kimia dan sebaran sifat-sifat fisik terkait (Romimohtarto dan Juwana, 2001).

Faktor-faktor yang mempengaruhi suhu permukaan laut adalah penguapan, arus permukaan, keadaan awan, radiasi matahari, gelombang, pergerakan konveks, *upwelling*, *divergens*, konvergensi, dan muara sungai terutama pada daerah estuari dan sepanjang garis pantai. Berdasarkan hasil penelitian (Lubis dkk., 2017) didapatkan deskripsi secara umum bahwa karakteristik SPL daerah potensial penangkapan ikan cakalang di Teluk Bone selama periode Januari-Juni yaitu pada kisaran antara $29,75^{\circ}\text{C}$ dan $30,25^{\circ}\text{C}$.

Umumnya suhu digunakan sebagai indikator untuk menentukan perubahan ekologi. Fluktuasi suhu dan perubahan geografis dapat bertindak sebagai faktor penting yang merangsang serta pengelompokkan ikan. Suhu dan perubahannya dapat dijadikan faktor penting untuk menentukan dan menilai kualitas area penangkapan ikan dimana banyak organisme termasuk ikan akan melakukan migrasi karena terdapat ketidaksesuaian lingkungan suhu optimal untuk metabolisme (Gunarso, 1985)

SPL perairan di Indonesia memperlihatkan terdapatnya gerakan matahari yang melintasi ekuator mempunyai pengaruh terhadap alterasi musiman. SPL merupakan aspek berarti untuk organisme di laut, yang bisa memengaruhi kegiatan metabolisme ataupun perkembangbiakannya (Juhadi dkk., 2015).

Suhu permukaan laut berperan dalam proses metabolisme bermacam ekosistem laut. Ikan memiliki keahlian mengidentifikasi pergantian SPL tertentu sebab setiap masing-masing spesies ikan memiliki toleransi suhunya masing-masing. Peningkatan SPL untuk organisme laut khususnya ikan plagis ialah rangsangan alamiah yang mencirikan persiapan melaksanakan ruaya. Perubahan suhu sebanyak $0,5^{\circ}\text{C}$ adalah pergantian yang signifikan untuk ikan. Pertemuan arus maupun thermal front akibat pertemuan dua massa air dengan SPL yang berbeda akan berpotensi menciptakan karakter SPL yang kondusif dan sangat mendukung pertumbuhan fitoplankton sebagai makanan ikan (Nurwahidin dan Setianto, 2018).

II.3 Klorofil-a

Klorofil-a merupakan salah satu parameter yang sangat menentukan produktivitas primer di laut. Sebaran dan tinggi rendahnya konsentrasi klorofil-a sangat terkait dengan kondisi oseanografis suatu perairan. Kandungan klorofil-a dapat digunakan sebagai ukuran banyaknya fitoplankton pada suatu perairan tertentu dan dapat digunakan sebagai petunjuk produktivitas perairan. Sebaran klorofil-a di laut bervariasi secara geografis maupun berdasarkan kedalaman perairan. Variasi tersebut diakibatkan oleh perbedaan intensitas cahaya matahari, dan konsentrasi nutrisi yang terdapat di dalam suatu perairan. Di laut, sebaran klorofil-a lebih tinggi konsentrasinya pada perairan pantai dan pesisir, serta rendah di perairan lepas pantai. Tingginya sebaran konsentrasi klorofil-a di perairan pantai

dan pesisir disebabkan karena adanya suplai nutrisi dalam jumlah besar melalui run-off dari daratan, sedangkan rendahnya konsentrasi klorofil-a di perairan lepas pantai karena tidak adanya suplai nutrisi dari daratan secara langsung. Namun, pada daerah tertentu di perairan lepas pantai dijumpai konsentrasi klorofil-a dalam jumlah yang cukup tinggi. Keadaan ini disebabkan oleh tingginya konsentrasi nutrisi yang dihasilkan melalui proses fisik massa air, dimana massa air dalam mengangkat nutrisi dari lapisan dalam ke lapisan permukaan (Jufri dkk., 2014).

Distribusi dan konsentrasi klorofil-a berkaitan erat dengan kondisi perairan. Konsentrasi klorofil-a digunakan sebagai indikator tingkat kesuburan air (Juhadi dkk., 2015). Menurut Penelitian menyatakan bahwa keberadaan klorofil-a adalah pigmen fitoplankton yang disertai dengan zooplankton menjadi sumber makanan bagi ikan kecil dan ikan pelagis di perairan (Buditama dkk., 2017). Sebaran konsentrasi klorofil-a di laut memiliki variasi menurut letak geografis dan kedalaman perairan. Variasi ini disebabkan oleh perbedaan intensitas cahaya matahari dan konsentrasi nutrisi yang terkandung di dalam perairan tersebut (Juhadi dkk., 2015).

II.4 Ekosistem *Blue carbon*

Blue carbon atau Karbon Biru adalah karbon yang tersimpan di dalam ekosistem pesisir dan laut. Pada perkembangannya, ada tiga ekosistem yang menjadi fokus utama *blue carbon* yaitu hutan bakau (*mangrove*), padang lamun (*seagrass meadow*) dan rawa asin (*salt marsh*). Keutamaan dari ketiga ekosistem tersebut adalah memiliki daya serap dan simpan karbon yang besar. Seperti halnya gambut, penyimpanan *blue carbon* terbesar terdapat di dalam tanah, dimana komponen ini tidak masuk dalam perhitungan yang dilaporkan dalam inventarisasi gas rumah kaca (GRK) sektor hutan/*land use, land use change and forestry* (LULUCF). Akibatnya, sektor LULUCF kehilangan peluang besar untuk mendukung Indonesia mencapai target penurunan emisi GRK sebesar 26% dengan kemampuan sendiri (41% dengan dukungan internasional) dari *Business As Usual* (BAU) pada tahun 2020 atau 29% pada tahun 2030. Hutan *mangrove* berpotensi menjadi aset penting dalam penurunan emisi GRK karena Indonesia merupakan negara dengan luas hutan *mangrove* terbesar di dunia. Selain memberikan peluang

untuk mengisi gap dalam program penurunan emisi, upaya ini menunjukkan dukungan aktif Indonesia pada sektor kelautan sebagai salah satu fokus utama mitigasi dan adaptasi perubahan iklim (Sidik dan Krisnawati, 2017).

Blue carbon merupakan kemampuan biota pesisir dan laut untuk menyimpan karbon dalam biomassa dan sedimen melalui mekanisme fotosintesis yang membutuhkan karbondioksida (CO₂). Mekanisme penyimpanan fotosintesis untuk ekosistem pesisir berperan paling besar adalah ekosistem *mangrove*, terumbu karang dan lamun. Oleh karena itu keberadaan ekosistem pesisir akan berperan dalam perubahan mitigasi perubahan iklim sebagai pengurang CO₂ di atmosfer. (Rustam dkk., 2015).

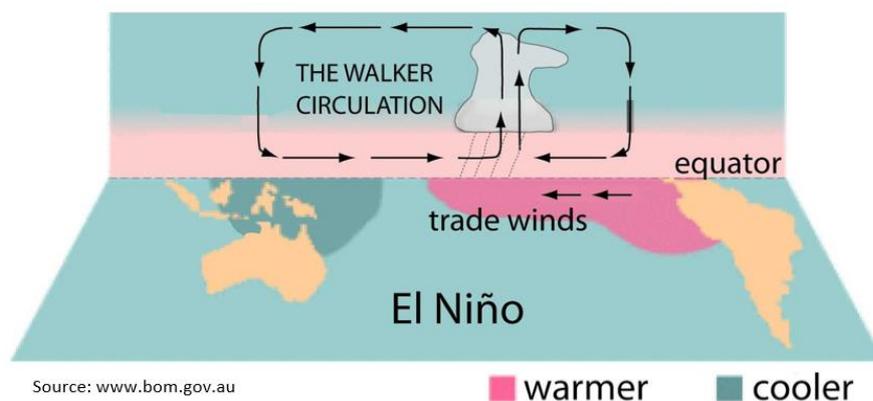
Ekosistem karbon biru di pesisir merupakan salah satu ekosistem yang paling terancam di muka bumi, menurut data ekosistem karbon biru pesisir sekitar 340.000 hingga 980.000 hektar lahan rusak setiap tahun. Diperkirakan total tutupan global *mangrove*, rawa pasang surut dan padang lamun masing-masing setinggi 67% dan setidaknya 35%. Jika situasi ini terus terjadi dengan kecepatan yang sama, 30-40% rawa pasang surut dan padang lamun serta hampir semua bakau yang tidak dilindungi akan hilang dalam 100 tahun ke depan. Ketika ekosistem ini rusak atau hilang, itu akan menjadi sumber penting karbon dioksida gas rumah kaca (Sifleet dkk., 2011).

II.6 Fenomena El Nino

Iklim yang terjadi di suatu wilayah sangat berpengaruh pada wilayah yang lain seperti halnya *El Niño-Southern Oscillation (ENSO)* atau yang sering disebut El Niño dan La Niña (Irwandi dkk., 2017). El-Nino berasal dari bahasa Spanyol yang berarti “anak lelaki (Yesus), karena munculnya El Nino di sekitar hari natal. Kemudian para ahli juga mengemukakan bahwa selain fenomena menghangatnya suhu permukaan laut, terjadi pula fenomena sebaliknya yaitu mendinginnya suhu permukaan laut akibat menguatnya *upwelling* (Safitri, 2015).

Pada kondisi El Niño, suhu muka laut di Pasifik Ekuator Timur menjadi lebih panas dari pada kondisi normalnya. Fenomena tersebut terjadi sebagai akibat dari sistem sirkulasi angin, pergerakan atmosfer di atas lautan dan tekanan permukaan di atas laut sepanjang lautan di zona ekuator (Qian dkk., 2010).

Pada bulan Desember, posisi matahari berada di titik balik selatan bumi, sehingga daerah lintang selatan mengalami musim panas. Di Peru mengalami musim panas dan arus laut dingin Humboldt tergantikan oleh arus laut panas. Karena kuatnya penyinaran oleh sinar matahari perairan di Pasifik tengah dan timur, menyebabkan meningkatnya suhu dan kelembaban udara pada atmosfer. Sehingga tekanan udara di Pasifik tengah dan timur rendah, yang kemudian diikuti awan-awan konvektif (awan yang terbentuk oleh penyinaran matahari yang kuat). Sedangkan di bagian pasifik barat tekanan udaranya tinggi yaitu di Indonesia (yang pada dasarnya dipengaruhi oleh angin muson, angin pasat dan angin lokal. Akan tetapi pengaruh angin muson yang lebih kuat dari daratan Asia), menyebabkan sulit terbentuknya awan. Karena sifat dari udara yang bergerak dari tekanan udara tinggi ke tekanan udara rendah. Menyebabkan udara dari pasifik barat bergerak ke pasifik tengah dan timur. Hal ini juga yang menyebabkan awan konvektif di atas Indonesia bergeser ke pasifik tengah dan timur (Irawan, 2016). Proses terjadinya fenomena El Nino dapat dilihat pada gambar II.1.



Gambar II. 1 Proses *thermocline* saat terjadi El Nino

Sumber: (Bureau Of Meteorology, 2021)

El Nino merupakan salah satu bentuk penyimpangan iklim Samudera Pasifik yang ditandai dengan kenaikan SPL di daerah khatulistiwa bagian tengah dan timur. Sebagai indikator untuk memantau kejadian El Nino, digunakan data pengukuran SPL zona Nino 3.4 ($170^{\circ}\text{BB} - 120^{\circ}\text{BB}$ dan $5^{\circ}\text{LS} - 5^{\circ}\text{LU}$), dimana anomali positif mengindikasikan terjadi El Nino. Kenaikkan anomali SPL Nino 3.4 diikuti dengan melemahnya angin pasat yang mengakibatkan 3 pergeseran daerah

konveksi pembentuk awan-awan hujan. Pada kondisi normal, daerah konveksi berada di daerah barat Samudera Pasifik. Namun, pada saat kondisi El Nino, Zona konveksi bergeser ke tengah Samudera Pasifik. Kondisi ini biasanya terjadi menjelang akhir tahun (Susanto dkk., 2006; Irawan, 2016).

Masing-masing kejadian El Nino dalam hal dampak kekuatannya sebagaimana pada pola turunnya hujan maupun panjang durasinya. Berdasarkan intensitasnya, El Nino dikategorikan sebagai berikut (Jamili, 2017):

1. El Nino lemah (*Weak El Nino*), jika penyimpangan SPL di Pasifik ekuator $+0,5^{\circ}\text{C}$ s/d $+1,0^{\circ}\text{C}$ dan berlangsung minimal selama 3 bulan berturut-turut.
2. El Nino sedang (*Moderate El Nino*), jika penyimpangan SPL di Pasifik ekuator $+1,1^{\circ}\text{C}$ s/d $1,5^{\circ}\text{C}$ dan berlangsung minimal selama 3 bulan berturut-turut.
3. El Nino kuat (*Strong El Nino*), jika penyimpangan SPL di Pasifik ekuator $> 1,5^{\circ}\text{C}$ dan berlangsung minimal selama 3 bulan berturut-turut.

El Nino terjadi pada 2-7 tahun dan bertahan hingga 12-15 bulan. Terjadinya El Niño menyebabkan musim penghujan datang lebih akhir serta menurunkan total curah hujan, angin yang menuju Indonesia hanya membawa sedikit uap air, sehingga terjadi musim kemarau yang panjang (Qian dkk., 2010; Safitri, 2015). Fenomena El Nino berpengaruh kuat terhadap iklim di Indonesia. Berkurangnya curah hujan dan terjadinya kemarau panjang adalah dampak langsung yang bisa memicu masalah lain pada sektor pertanian seperti gagal panen dan melemahnya ketahanan pangan (Safitri, 2015; Ryadi dkk., 2019).

II.5 Fenomena La Nina

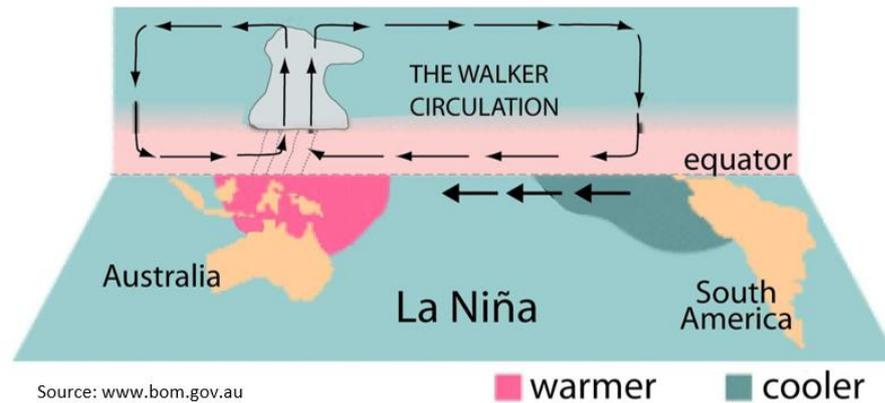
La Nina merupakan peristiwa penyimpangan suhu yang terjadi sebagai dampak dari pemanasan global dan terganggunya keseimbangan iklim (Irawan, 2016). La Nina merupakan dinamika atmosfer dan laut yang mempengaruhi cuaca di sekitar laut Pasifik (Safitri, 2015; Ryadi dkk., 2019). Fenomena mendinginnya suhu permukaan laut akibat menguatnya *upwelling* disebut La Nina (bahasa Spanyol) yang berarti “anak perempuan” (Safitri, 2015). Beberapa faktor penyebab terjadinya La Nina diantaranya anomali suhu yang mencolok di perairan samudera

pasifik, melemahnya angin pasat (*trade winds*) di selatan pasifik yang menyebabkan pergerakan angin jauh dari normal, kenaikan daya tampung lapisan atmosfer yang disebabkan oleh pemanasan dari perairan panas dibawahnya (Irawan, 2016).

Fenomena La Nina ditandai dengan menurunnya suhu permukaan laut pada bujur 170°BB - 120°BB dan pada lintang 5°LS - 5°LU mendinginnya suhu muka laut kurang dari rata-ratanya dimana anomali negatif 4 – 10° C, sehingga sering juga disebut sebagai fase dingin. La Nina merupakan bagian atau fase dingin setelah siklus El Nino. Fenomena ini ditandai dengan anomali SPL negatif di daerah pasifik tengah sekitar ekuator (Irawan, 2016). Fenomena La Nina dikelompokkan berdasarkan nilai anomali SPL adalah sebagai berikut (Jamili, 2017):

1. La Nina lemah, yang ditetapkan jika SPL bernilai $< -0,5$ dan berlangsung minimal selama 3 bulan berturut-turut.
2. La Nina sedang, yang ditetapkan jika SPL bernilai antara $-0,5$ s/d -1 dan berlangsung minimal selama 3 bulan berturut-turut.
3. La Nina kuat, yang ditetapkan jika SPL bernilai > -1 dan berlangsung minimal selama 3 bulan berturut turut.

Peristiwa La Nina dimulai ketika El Nino mulai melemah, dan air laut yang panas di daerah pasifik tengah sekitar ekuator kembali bergerak ke arah barat, mengakibatkan adanya pusat tekanan tinggi di atas Pasifik tengah sekitar ekuator, dengan konsekuensi pergeseran sel sirkulasi zona dimana pada pusat tekanan tinggi subsidensi dan udara bergerak ke arah bawah, sedangkan di bagian lain untuk mengimbangi gerak subsidensi ini terjadi konveksi (udara bergerak ke arah atas). Dengan kata lain La Nina adalah kondisi cuaca yang normal kembali setelah terjadinya El Nino (Safitri, 2015; Irawan, 2016). Turunnya tekanan udara di pasifik tengah dan timur saat La Nina, menjadi hambatan terbentuknya awan di daerah ini, sehingga mengalami kekeringan. Sedangkan sebaliknya, di daerah pasifik barat curah hujan sangat tinggi (Safitri, 2015). Proses terjadi fenomena La Nina dapat dilihat pada gambar II.2.



Gambar II. 2 Proses *thermocline* saat terjadi La Nina

Sumber: (Bureau Of Meteorology, 2021)

Saat proses terjadinya La Nina, perjalanan air laut yang panas ke arah barat tersebut akhirnya akan sampai ke wilayah Indonesia. Akibatnya wilayah Indonesia akan berubah menjadi daerah bertekanan rendah (minimum) dan semua angin di sekitar Pasifik Selatan dan Sumadera Hindia akan bergerak menuju Indonesia. Angin tersebut banyak membawa uap air, kondisi ini akan mengakibatkan aktifitas awan konvektif yang mengakibatkan meningkatnya jumlah curah hujan di Indonesia akan sering terjadi hujan lebat (Safitri, 2015; Irawan, 2016).

II.7 Produk Data MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)

MODIS adalah sensor dengan pemindaian lintas jalur. *Ocean Color* adalah salah satu website yang dikelola oleh *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) untuk produksi hasil laut melalui penginderaan jauh. Tim *Biological Processing Group* (OBGP) NASA membantu mengumpulkan, memproses, melakukan kalibrasi, menyimpan, dan mendistribusikan produk terkait kelautan. NASA menyiapkan data penginderaan jauh untuk pengelolaan tema laut (Iswari, 2017).

Data dari *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) pertama yaitu pada Platform NASATerra yang digunakan untuk menyediakan produk data daratan terbaru oleh *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) untuk mendukung *Earth Science Enterprise*, penelitian perubahan global,

dan pengelolaan sumber daya alam. Produk MODIS mencakup kumpulan data global dengan resolusi spasial 250 m hingga 1 km. *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) adalah instrumen utama pada satelit EOS Terra, yang berhasil diluncurkan pada bulan Desember 1999, dan dilengkapi dengan MODIS lain pada satelit EOS Aqua yang diluncurkan pada 2002. Terra dan Aqua MODIS melihat permukaan bumi setiap 1 hingga 2 hari untuk memperoleh data selama 36 pita spektral atau kelompok panjang gelombang (Morisette dkk., 2002).

Data MODIS Ocean Color Produk level 3 mencakup data warna laut dan biologi laut satelit yang dihasilkan atau dikumpulkan di bawah *Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS)*. Dataset ini dapat digunakan untuk mempelajari biologi dan hidrologi zona pesisir, perubahan keanekaragaman dan distribusi geografis dari habitat laut pesisir, fluks biogeokimia dan pengaruhnya di lautan dan iklim bumi dari waktu ke waktu, dan akhirnya dampak variabilitas iklim dan lingkungan dan perubahan ekosistem laut dan keanekaragaman hayati yang didukungnya. Dataset ini mempunyai resolusi spasial 500m, dan memiliki data dari rentang tahun 2002-2021. Salah satu produk data yang dihasilkan adalah klorofil-a dan suhu permukaan laut (Feldman, 2021).

II.8 Google Earth Engine

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. Pengarsipan data penginderaan jauh yang berskala petabyte telah tersedia secara gratis dari berbagai lembaga Pemerintah AS termasuk NASA, Survei Geologi AS, dan NOAA, serta Badan Antariksa Eropa, dan berbagai macam alat yang telah dikembangkan untuk memfasilitasi pemrosesan data geospasial berskala besar, termasuk TerraLib, Hadoop, GeoSpark, dan GeoMesa. Pengguna dapat mendaftar untuk mendapatkan akses di beranda *Earth Engine* pada <https://earthengine.google.com>, dimana dapat

untuk mengakses antarmuka pengguna, serta panduan pengguna, tutorial, contoh, video pelatihan, referensi fungsi, dan kurikulum pendidikan (Gorelick dkk., 2017).