

BAB II

LANDASAN TEORI

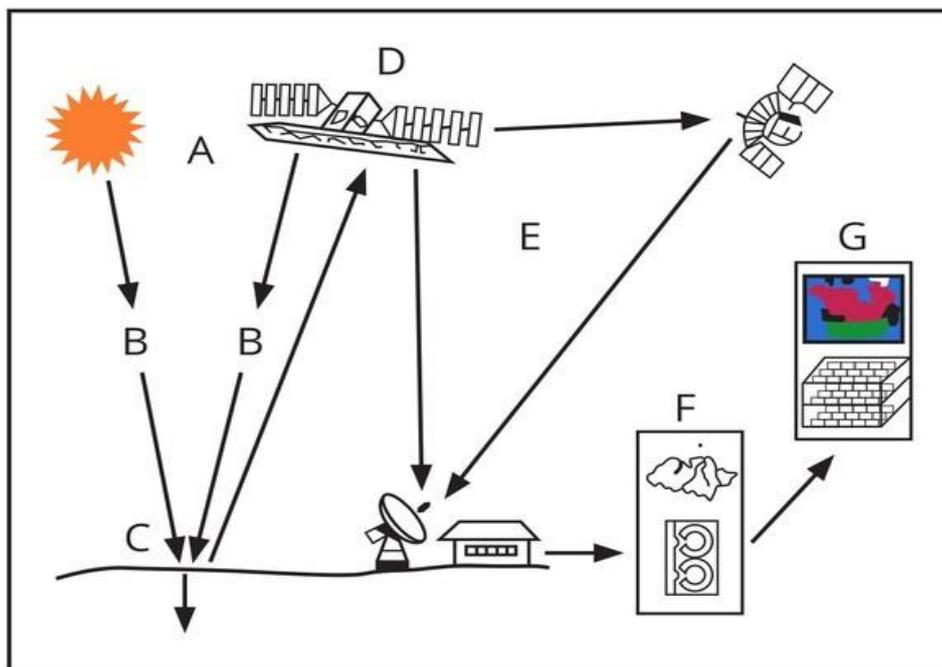
II.1 Penginderaan Jauh untuk Pengelolaan Wilayah Pesisir

Perkembangan pembangunan di beberapa sektor perairan laut berdampak terhadap lingkungan, terutama terjadinya kerusakan hingga hilangnya ekosistem tertentu (Fathrunnadi, 2014). Adanya penurunan kualitas lingkungan tersebut sangat berpengaruh terhadap kondisi ekonomi, sosial, dan budaya bagi masyarakat yang mendiami wilayah pesisir. Pengamatan perlu dilakukan untuk mengetahui sejauh mana terjadinya perubahan sebagai langkah awal penanganan keberlangsungan wilayah pesisir yang dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh. Pemanfaatan citra satelit yang berkaitan dengan wilayah pesisir dan lautan seperti sektor perikanan maupun pengelolaan wilayah pesisir dan lautan telah banyak dilakukan. Berbagai metode klasifikasi telah banyak berkembang sehingga untuk memperoleh informasi mengenai potensi sumber daya wilayah pesisir dan kelautan dapat lebih optimal (Syah, 2010).

Pengelolaan wilayah pesisir sangat memerlukan informasi yang akurat demi mendukung pengelolaan hingga pengambilan keputusan. Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dalam kaitannya dengan pengelolaan dan *monitoring* perubahan sumber daya lingkungan di wilayah pesisir telah banyak dilakukan, hal ini dikarenakan penginderaan jauh memiliki kelebihan dibandingkan metode lain, yaitu didukung adanya kemampuan resolusi temporal dan spasial yang dapat diandalkan dengan tingkat kedetailan tertentu dan cakupan area yang luas dengan biaya yang relatif murah (Salim, 2018). Penginderaan jauh merupakan metode pengambilan data spasial yang paling banyak digunakan (Prahasta, 2014). Teknologi ini sangat populer karena penggunaannya dimanfaatkan dalam berbagai pemetaan, seperti mengidentifikasi potensi sumber daya wilayah pesisir dan lautan (Widyantara, dkk., 2020). Hal ini karena terdapat resolusi temporal yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan pemantauan area yang cakupannya relatif luas. Pemanfaatan data penginderaan jauh dan SIG dalam proses mengekstraksi informasi yang berkaitan dengan keruangan dan kewilayahan dapat digunakan untuk mengkaji daerah secara menyeluruh. Keterbatasan data yang membutuhkan

informasi objek dengan mudah, cepat, dan akurat dapat dianalisis dengan memanfaatkan data penginderaan jauh (Raharjo, 2011).

Secara umum definisi penginderaan jauh yaitu ilmu seni guna memperoleh data dan informasi berkenaan dengan kondisi fisik hingga karakteristik suatu objek, target, sasaran maupun daerah dan fenomena tanpa kontak langsung dengan target tersebut (Soenarno, 2009). Perkembangan penginderaan jauh dengan berbagai kemudahannya dapat digunakan untuk berbagai keperluan perencanaan dan pengembangan wilayah pesisir. Dikarenakan untuk mengidentifikasi potensi-potensi tersebut memerlukan tenaga dan waktu yang relatif lama karena luasnya wilayah laut dan jangkauan wilayah pesisir yang menyebar (Fathrunnadi, 2014). Berdasarkan hal tersebut, maka penginderaan jauh dapat menjadi solusi karena penggunaannya sangat mudah dan efektif dengan prinsip dasar yang disajikan pada Gambar II.1.



Gambar II. 1 Ilustrasi Penginderaan Jauh (CCRS, 2014)

Berdasarkan Gambar II.1 menunjukkan adanya komponen dalam proses penginderaan jauh yaitu:

1. Sumber Energi (A), yaitu matahari dan energi yang dipancarkan oleh satelit digunakan untuk memberikan energi elektromagnetik ke target.

2. Radiasi dan Atmosfer (B), dimaksudkan energi akan bersentuhan terlebih dahulu dengan atmosfer yang dilaluinya sebelum berinteraksi dengan target.
3. Interaksi dengan Target (C), yaitu energi yang dipancarkan akan dipantulkan yang dipengaruhi oleh kondisi radiasi dan target yang ingin diteliti.
4. Perekaman oleh Sensor (D), energi elektromagnetik yang dipancarkan mengenai objek di Bumi, sensor tersebut berguna sebagai media untuk mengumpulkan dan merekam radiasi elektromagnetik dengan tidak bersentuhan langsung dengan objek.
5. Transmisi, penerimaan, dan pengolahan (E), data hasil perekaman oleh sensor ditransmisikan ke dalam bentuk elektronik ke stasiun penerima.
6. Interpretasi dan Analisis (F), setelah dilakukan pemrosesan data menjadi citra yang memiliki informasi, dilanjutkan dengan interpretasi dan analisis data baik secara visual maupun digital yang bertujuan untuk mengekstrak informasi mengenai target.
7. Aplikasi atau Pemanfaatan (G), proses terakhir yaitu aplikasi atau pemanfaatan dari produk dari penginderaan jauh, informasi yang telah diekstrak dari citra satelit dimanfaatkan oleh pengguna untuk memahami tentang keadaan target hingga membantu dalam memecahkan suatu permasalahan tertentu.

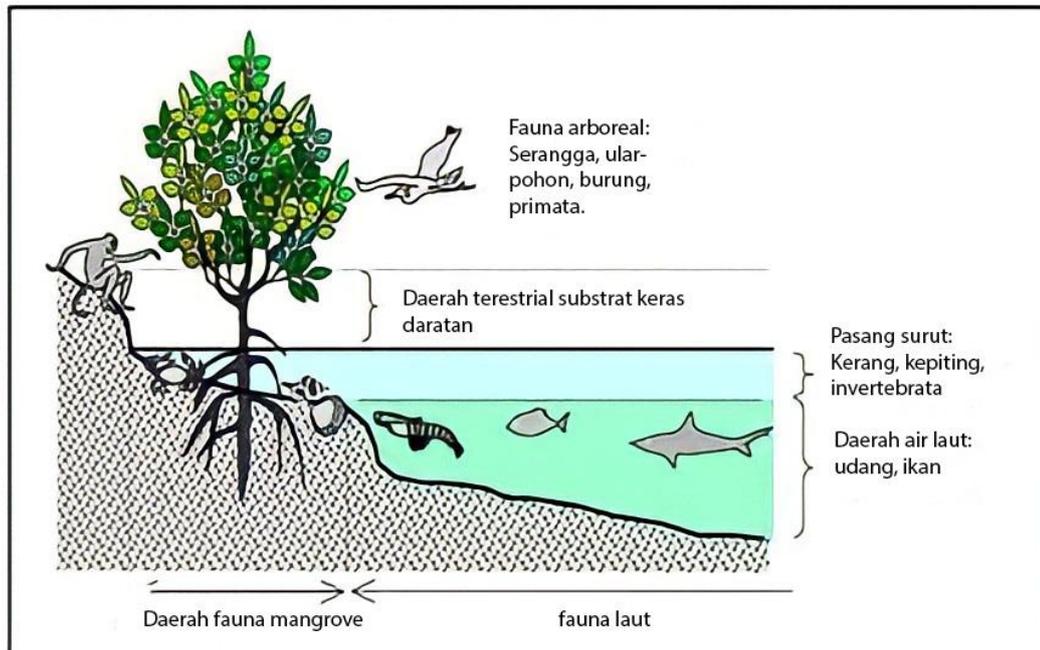
Identifikasi objek berdasarkan pada unsur-unsur interpretasi citra seperti rona atau warna, bentuk, ukuran, tekstur, pola, bayangan, situs, dan asosiasi (Wiji, 2009). Komponen dasar penginderaan jauh yaitu target, sumber energi, alur transmisi, dan sensor. Semua komponen tersebut akan mengukur dan mencatat informasi target tanpa bersentuhan dengan objek. Penginderaan jauh menggunakan prinsip-prinsip dasar ilmu fisika terutama mengenai radiasi elektromagnetik, hal ini karena proses yang terjadi dalam penginderaan jauh selalu melibatkan interaksi antara radiasi energi yang disengaja dengan target yang menjadi sasaran atau objek penelitian (Darmawan, dkk., 2018). Gelombang energi elektromagnetik yang dipancarkan ke objek akan berinteraksi dalam bentuk pantulan, absorpsi, dan ditransmisi yaitu besarnya energi yang dipantulkan kembali bergantung pada jenis dan kondisi objek (Nawir, 2013).

II.2 Ekosistem Mangrove

Mangrove merupakan ekosistem yang tumbuh di lingkungan pesisir yang dipengaruhi oleh pasang surut (Fitriah, 2013). Mangrove tumbuh di daerah tropik dan subtropik, dengan garis lintang 25° LU dan 25° LS (Martuti, 2018). Mangrove banyak ditemukan hidup tersebar membentuk formasi hutan pantai seperti teluk, delta, pantai yang landai, dan laguna. Sedangkan di daerah pantai lainnya seperti di daratan pulau besar maupun gugusan pulau-pulau kecil, ekosistem mangrove banyak dijumpai dalam komunitas-komunitas yang relatif kecil (Djamaluddin, 2018). Kawasan mangrove terluas di Indonesia terdapat di Provinsi Papua dan Papua Barat seluas 50,4% dari total luasan mangrove di Indonesia. Luasan mangrove terbesar kedua dengan persentase luasan 19,7% terdapat di pesisir Pulau Kalimantan, dan sebesar 17,8% terdapat di pesisir Pulau Sumatera (Djamaluddin, 2018). Manfaat nilai guna langsung mangrove sebesar Rp. 11,61 juta/ha/tahun (Saprudin, 2012).

Ekosistem mangrove berada di antara level pasang naik tertinggi sampai level di sekitar atau di atas permukaan laut rata-rata pada daerah pantai yang terlindungi (Supriharyono, 2007). Mangrove dapat menjadi pendukung berbagai ekosistem lautan di kawasan tropis (Donato, dkk., 2012). Ekosistem ini menempati wilayah peralihan antara ekosistem laut dan ekosistem daratan. Secara fisik mangrove berperan sebagai penghalang abrasi pantai dikarenakan ombak (Zurba, 2017). Ekosistem mangrove juga berperan dalam pengembangan perikanan pantai, dikarenakan sebagai tempat berkembang biak, memijah, dan membesarkan anak bagi beberapa jenis ikan, kerang, kepiting, dan udang (Kariada, dkk., 2014). Mangrove berperan sebagai habitat bagi beberapa alga dan fauna bentik. Akar mangrove dapat dijadikan sebagai lokasi yang cocok untuk tempat hidup alga-alga bentik. Perkembangbiakan flora menyebar keseluruhan ke dalam akar-akar mangrove yang terendam air laut (Zurba, 2017). Perubahan ekosistem mangrove dapat berupa penambahan atau penurunan luasan yang dapat terjadi dikarenakan beberapa faktor, namun saat ini yang banyak terjadi adalah penurunan luasan mangrove. Berkurangnya luasan mangrove di Indonesia dikarenakan adanya perubahan lahan menjadi tambak, permukiman, perkebunan, hingga pertanian. Selain itu, banyak dilakukan eksploitasi kayu mangrove untuk

industri maupun masyarakat lokal, serta pemanfaatan kayu mangrove untuk patok budidaya rumput laut dan perangkap ikan (Djamaluddin, 2018). Pentingnya keberadaan ekosistem mangrove bagi makhluk hidup disekitarnya disajikan pada Gambar II.2.



Gambar II. 2 Diagram rantai makanan pada ekosistem mangrove (Irwanto, 2006)

Secara umum fungsi dan manfaat dari keberadaan ekosistem mangrove sangat menguntungkan bagi lingkungan. Apabila pemanfaatannya dilakukan secara tidak terkendali, maka akan mengakibatkan terjadinya kerusakan ekosistem mangrove yang tentunya berdampak pada kelestarian lingkungan. Banyaknya alih fungsi lahan hutan mangrove menjadi penggunaan lahan lain akan mengancam timbulnya regenerasi stok ikan dan udang, pencemaran laut, pendangkalan perairan, penurunan kandungan oksigen, dll. Mangrove memiliki kemampuan menahan intrusi air laut karena mampu mencegah pengendapan kalsium karbonat oleh akar, mampu mengurangi kadar garam oleh bahan organik mati berupa ranting dan daun, akar mangrove mampu mengurangi daya jangkauan air pasang ke daratan, dan mampu memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah melalui dekomposisi bahan organik berupa ranting dan daun. Selain itu mangrove berperan sebagai objek daya tarik wisata alam dan atraksi ekowisata dan dapat digunakan sebagai sumber tanaman obat (Sudiarta, 2006).

Mangrove merupakan ekosistem peralihan antara darat dan laut yang mempunyai peranan dan fungsi sangat besar (Karimah, 2017). Tumbuhan yang menjadi anggota dari komunitas ini memiliki daya adaptasi yang sesuai dengan habitat yang terpengaruh oleh pasang surut dan salinitas air laut (Sukiman, 2017). Tempat hidup mangrove yang berada di daerah tepi pantai menjadikan ekosistem ini banyak mengalami perubahan dikarenakan adanya fenomena yang nampak di daerah pantai yaitu adanya proses pengendapan sedimen dan kolonisasi oleh jenis *Rhizophora stylosa*, sehingga memungkinkan bertambahnya luas area hutan mangrove. Kondisi sebaliknya juga dapat terjadi apabila kawasan pantai tersebut tidak terlindungi, yang terjadi karena adanya proses erosi pantai oleh gelombang laut (Pramudji, 2001). Kerusakan pantai seperti rusaknya keanekaragaman hayati, menurunnya fungsi biofilter, hingga pemenuhan stok karbon juga dapat mengakibatkan terjadinya penurunan luas mangrove (Martuti, 2018).

Hal yang mengontrol sebaran ekosistem mangrove yaitu tersedianya habitat yang cocok untuk setiap jenis mangrove dan pasang surut. Pasang surut memiliki peranan langsung yaitu gerakan air, tinggi dan frekuensi maupun tidak langsung seperti salinitas, sedimentasi dan erosi terhadap perkembangan ekosistem mangrove sendiri hingga lingkungan di sekitarnya (Pramudji, 2000). Kondisi salinitas sangat berpengaruh terhadap komposisi mangrove, hal ini dikarenakan setiap jenis mangrove akan menyerap kadar salinitas dengan cara yang berbeda-beda. Beberapa jenis mangrove memiliki kemampuan menghindari penyerapan garam dari tempat hidupnya, sedangkan jenis lainnya dapat mengeluarkan garam dari kelenjar khusus pada daunnya (Rusila, 1999).

Pengelolaan ekosistem ini secara terpadu merupakan bentuk usaha dari berbagai sektor seperti Pemerintah, komunitas, ilmu pengetahuan, manajemen, kepentingan sektoral dengan kepentingan masyarakat (Martuti, 2018), guna menjamin kelestarian lingkungan pantai untuk masa depan. Pengelolaan konservasi ekosistem mangrove dan sempadan pantai, telah diatur oleh Pemerintah Republik Indonesia dengan terbitnya Keppres No. 32 tahun 1990. Menurut Herison (2013) upaya-upaya tersebut yaitu sebagai berikut.

1. Reboisasi hutan mangrove. Upaya tersebut dapat dilakukan dengan melibatkan masyarakat sekitar. Masyarakat dapat diarahkan untuk melakukan proses

pembibitan, penanaman dan pemeliharaan serta pemanfaatan hutan mangrove berbasis konservasi. Hal tersebut akan memberikan keuntungan kepada masyarakat seperti terciptanya peluang kerja yang berpengaruh besar terhadap tingkat ekonomi masyarakat.

2. Pengaturan ulang tata ruang wilayah pesisir. Pantai-pantai yang memiliki ekosistem mangrove dapat diubah fungsi menjadi kota ekologi hingga dijadikan sebagai lokasi wisata alam (*ekoturisme*).
3. Peningkatan motivasi dan kesadaran masyarakat untuk menjaga dan memanfaatkan mangrove secara bertanggung jawab.
4. Izin usaha dan lainnya hendaknya memperhatikan aspek konservasi.
5. Peningkatan pengetahuan dan penerapan kearifan lokal tentang konservasi.
6. Peningkatan pendapatan masyarakat pesisir.
7. Program komunikasi konservasi hutan mangrove.
8. Penegakan hukum.
9. Perbaikan ekosistem wilayah pesisir secara terpadu dan berbasis masyarakat. Artinya dalam memperbaiki ekosistem wilayah pesisir masyarakat sangat penting dilibatkan yang kemudian dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat pesisir.

II.3 Citra Landsat 8

Satelit Landsat merupakan salah satu satelit yang memiliki tujuan untuk pemantauan sumber daya lahan yang dikembangkan oleh NASA dan Departemen Dalam Negeri Amerika Serikat (Ekadinata, dkk., 2015). Kelebihan dari citra satelit yaitu biaya relatif murah dengan cakupan wilayah liputan yang luas, interpretasi data lebih mudah dilakukan karena data direkam dalam bentuk digital, serta memiliki resolusi temporal yang tinggi. Citra Landsat memiliki resolusi spasial 30 x 30 meter (kecuali band inframerah termal), dan perekaman dilakukan dengan tujuh (7) band spektral (Sanjoto, 2013). Berdasarkan citra satelit Landsat, band hijau dan inframerah tengah, dapat diturunkan informasi kerapatan vegetasi (Suharyadi, 2000). Data yang diperoleh citra Landsat yaitu data digital yang dapat digunakan sesuai dengan bidang kajian yang diinginkan (Purwanto, 2015).

Pemanfaatan citra Landsat telah banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan survei hingga penelitian, seperti geologi, pertambangan, geomorfologi, hidrologi dan kehutanan (Siti Nurliana, dkk., 2018). Landsat 8 merupakan satelit yang memiliki misi lanjutan dari Landsat 7 (Amliana, dkk. 2016). Hal tersebut terlihat dari resolusi, metode koreksi, ketinggian terbang maupun karakteristik sensor yang dibawa sangat mirip dengan Landsat 7, namun terdapat penyempurnaan dalam jumlah band, rentang spektrum gelombang elektromagnetik terendah yang dapat ditangkap sensor, serta rentang nilai *Digital Number* (DN) dari tiap piksel citra.

Satelit Landsat 8 mempunyai sensor *Onboard Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS). Jumlah band yang dimiliki yaitu 11 buah, dengan 9 band (band 1-9) merupakan OLI dan 2 lainnya (band 10 dan 11) merupakan TIRS (Hidayati, 2013). Landsat 8 beresolusi temporal selama 16 hari dan resolusi spasial 15 meter pankromatik, 30 meter multispektral, 60 meter termal dan memiliki tinggi terbang yaitu 705 km serta mempunyai cakupan area *scan* dengan luas 170 km x 183 km. Kelebihan data Landsat 8 adalah adanya band inframerah dekat (NIR-band 5) yang dapat dimanfaatkan dengan kombinasi *Red*, *Green*, *Blue* (RGB) yang tepat akan menunjukkan lokasi tanaman mangrove (Irawan, dkk., 2016). Landsat 8 yang memiliki area *scan* yang luas dengan resolusi temporal 16 hari menjadikan citra ini memiliki kelebihan dalam penggunaannya untuk klasifikasi lahan terutama mangrove, hal ini dikarenakan ekosistem mangrove memiliki cakupan wilayah hidup yang luas sehingga proses pemantauan secara berkala untuk mendapatkan kondisi aktual sebaran mangrove lebih mudah dilakukan. Selain itu, citra Landsat yang memiliki resolusi spasial 30 tutupan yang homogen (Syam, 2012).

Adapun kelemahan Landsat sendiri yaitu memiliki sensor pasif, sehingga data yang dihasilkan oleh sensor-sensor tersebut sangat bergantung pada kondisi atmosfer saat proses merekam objek di permukaan bumi (Ekadinata, dkk., 2015). Terdapatnya tutupan awan, kabut, dan asap, hingga gangguan atmosfer lain sangat berpengaruh terhadap tingkat kualitas data yang diperoleh. Sehingga penggunaannya akan menyebabkan daerah tropis di sekitar garis khatulistiwa yang memiliki tutupan awan tinggi dan merata sepanjang tahun akan sulit

dilakukan pengamatan lahan menggunakan citra Landsat. Pantulan sinar matahari ini direkam dalam bentuk nilai digital, nilai tersebut akan menghasilkan perbedaan nilai pantulan dari masing-masing objek di permukaan bumi dikenal dengan istilah *spectral signature* (Ekadinata, dkk., 2015).

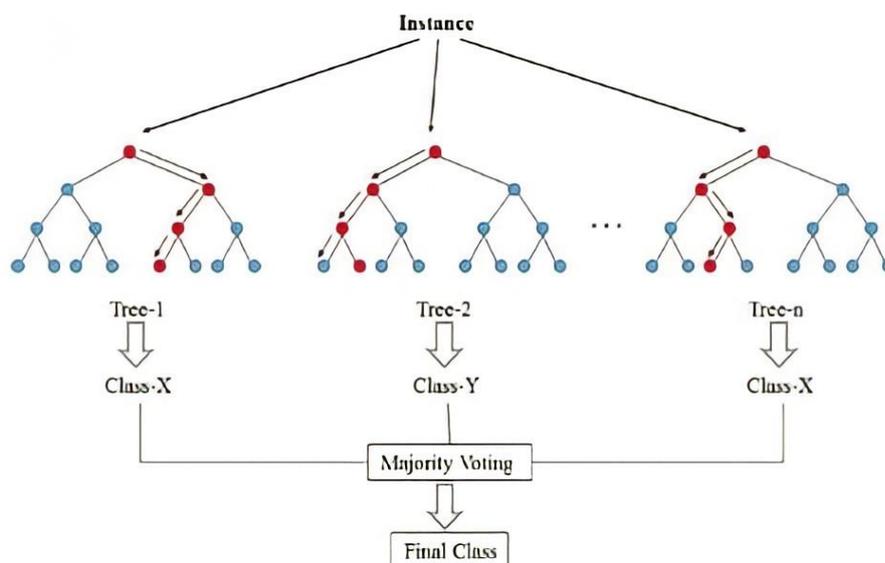
II.4 *Random Forest*

Metode *random forest* merupakan metode yang dikembangkan dari metode *Classification and Regression Tree* (CART), metode ini menerapkan metode *bootstrap aggregating (bagging)* dan *random feature selection* (Breiman, 2001). *Decision Tree* merupakan bagian dari *random forest* yang merupakan pohon logika untuk membedakan suatu data. Konsep utama dari *Decision Tree* yaitu mengubah data menjadi pohon keputusan dan aturan-aturan keputusan (*rule*), yang terdiri dari simpul-simpul yang membentuk pohon berakar (Rokach, 2015). Suatu data yang belum diketahui kelasnya akan diklasifikasikan ke dalam kelas-kelas yang ada, namun pada *decision tree* bisa saja terjadi tumpang tindih yaitu ketika kelas dan kriteria yang digunakan pada saat klasifikasi sangat banyak yang akan berpengaruh terhadap waktu pengambilan keputusan. Selain dapat mengalami eror ketika mengolah data dalam jumlah besar, *decision tree* juga sulit mendesain *tree* yang optimal hal ini dikarenakan kualitas keputusan akhir dari metode tersebut sangat bergantung pada bagaimana pohon-pohon tersebut di desain.

Decision Tree digunakan untuk mempelajari klasifikasi dan prediksi pola dari data dan menggambarkan relasi dari variabel atribut x dan variabel target y dalam bentuk pohon (Fu, 1997). *Random Forest* dapat dikatakan sebagai kumpulan dari *Decision Tree* yang beroperasi menjadi suatu gabungan fungsional (Renata, 2020). Banyak *tree* ditumbuhkan yang kemudian membentuk hutan (*forest*), sehingga analisis dilakukan pada kumpulan *tree* yang telah dibentuk tersebut. *Bagging (bootstrap aggregating)* dan *Boosting* merupakan metode *ensemble* yang relatif baru yang telah banyak digunakan. Salah satu metode tersebut adalah algoritma *random forest* yang didasarkan pada konsep *Bagging* (Otok, 2015). *Bagging* menggunakan *resampling* acak dengan pengembalian pada dataset awal kemudian didapatkan dataset baru guna membangkitkan pohon

klasifikasi dengan banyak versi yang dikombinasikan untuk memperoleh prediksi akhir (Muttaqin, dkk. 2015). Pada proses *bagging* digunakan *resampling bootstrap* guna membangkitkan pohon klasifikasi yaitu suatu teknik bangkitan dengan banyak versi yang kemudian mengkombinasikannya untuk memperoleh prediksi akhir, sedangkan dalam metode *random forest*, proses pengacakan tidak hanya dilakukan pada data sampel saja melainkan juga pada pengambilan variabel independen sehingga pohon klasifikasi yang dibangkitkan akan memiliki ukuran dan bentuk yang berbeda-beda (Liaw, 2002).

Pengklasifikasi *random forest* terdiri dari kombinasi pengklasifikasi pohon, setiap pengklasifikasi dibuat menggunakan vektor acak yang diambil sampelnya secara independen dari vektor masukan, dan setiap pohon memberikan suara unit untuk kelas paling populer untuk mengklasifikasikan vektor masukan (Pal, 2005). Proses tersebut dilakukan dengan mengambil keputusan yang paling dominan dari tiap-tiap pohon yang terbentuk. Terdapat banyak pendekatan untuk pemilihan atribut yang digunakan untuk induksi pohon keputusan dan sebagian besar pendekatan menetapkan ukuran kualitas langsung ke atribut. Sedangkan untuk mengklasifikasikan dataset baru, setiap kasus dataset diturunkan ke masing-masing pohon n (Pal, 2005). Pengklasifikasian *random forest* disajikan disajikan pada Gambar II.3.



Gambar II. 3 *Random Forest* (Siswoyo, 2020)

Secara umum, *random forest* terdiri dari sekumpulan *decision tree*. Kumpulan *decision tree* tersebut digunakan untuk mengklasifikasi data ke suatu

kelas tertentu. Semakin banyak pohon (*tree*) pada sebuah hutan (*forest*), maka semakin besar pula akurasi yang didapatkan. Tingkat akurasi dari suatu metode klasifikasi dapat ditingkatkan dengan tujuan memberikan hasil klasifikasi yang lebih baik dan menurunkan tingkat kesalahan klasifikasi dengan dilakukan metode *resampling* dalam penyusunan modelnya (Otok, 2015). *Random forest* dapat meningkatkan akurasi karena adanya pemilihan secara acak dalam membangkitkan simpul anak untuk setiap node (simpul di atasnya) dan diakumulasikan hasil klasifikasi dari setiap pohon (*tree*), kemudian dipilih hasil klasifikasi yang paling banyak muncul (Kurniawan, dkk., 2011). Selain itu, *random forest* menggunakan *decision tree* yang tidak memiliki korelasi, sehingga kesalahan prediksi dalam satu *decision tree* dapat ditutupi dengan kebenaran yang didapatkan daripada *decision tree* lainnya asalkan arah pembuatan *decision tree* benar (Renata, 2020).

Random forest menghasilkan kumpulan *tree* tunggal dengan ukuran dan bentuk yang berbeda-beda dan diharapkan dari kumpulan *tree* tunggal tersebut memiliki korelasi yang kecil antar *tree*-nya (Wibowo, 2015). Algoritma *random forest* digunakan karena metode tersebut menghasilkan tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan metode regresi logistik maupun *decision tree*, hal ini karena pada proses pengklasifikasian algoritma ini akan membuat pohon klasifikasi dalam jumlah yang lebih banyak dan menggabungkan pohon-pohon tersebut untuk menghasilkan akurasi yang tinggi. Selain itu, dalam proses melakukan prediksi yang dilakukan yaitu dari setiap pohon akan diperoleh prediksi yang berbeda-beda untuk setiap individu kemudian prediksi akhir digabungkan dengan cara mencari suara terbanyak dari setiap pohon yang dibuat. Proses *splitting* dalam pembuatan kelas akan dicari berdasarkan partisi yang terbaik dari sebagian variabel secara acak sehingga nilai korelasi yang dihasilkan *random forest* akan semakin rendah.

II.5 Maximum Likelihood

Klasifikasi digital citra satelit merupakan proses klasifikasi piksel-piksel yang memiliki ciri khas spektral yang sama diasumsikan sebagai kelas yang sama, kemudian mengidentifikasi piksel tersebut kedalam suatu warna (Gibson, 2000).

Maximum likelihood merupakan algoritma yang banyak digunakan untuk keperluan klasifikasi berbasis piksel dalam proses kegiatan pemetaan, termasuk mangrove (Kuenzer, dkk. 2011). Klasifikasi ini berdasarkan pada nilai piksel yang sudah dikategori objeknya atau dibuat dalam *training* sampel untuk masing-masing objek penutup lahan (Marini, 2014), namun klasifikasi *maximum likelihood* masih berhadapan dengan masalah, yaitu mengasumsikan bahwa data masukan yang digunakan harus terdistribusi normal (Hamdir, dkk., 2014). Selain itu, klasifikasi ini sulit mengintegrasikan data spektral dengan data tambahan lainnya, serta distribusi sampel yang tidak cukup dan tidak representatif mengakibatkan ketidakpastian dalam pengklasifikasian, namun di samping itu klasifikasi *maximum likelihood* merupakan metode klasifikasi yang sering dimanfaatkan dalam berbagai kegiatan pemetaan.

Popularitas pengklasifikasian *maximum likelihood* disebabkan oleh sejumlah karakteristik. Pertama, aturan keputusan kemungkinan maksimum secara intuitif menarik karena hasil yang paling mungkin di antara hasil kandidat yang dipilih. Kedua, aturan keputusan memiliki landasan teoritis yang berkembang dengan baik, dan untuk data yang terdistribusi normal, secara matematis dapat ditelusuri oleh banyak ukuran yang diinginkan secara statistik. Ketiga, klasifikasi dapat dengan mudah mengakomodasi data, kejadian umum pada data citra satelit. Terakhir, pengklasifikasian *maximum likelihood* telah terbukti bekerja dengan baik pada berbagai jenis penutup, kondisi, dan sistem satelit (Bolstad, dkk., 1991). *Maximum likelihood* menggunakan data wilayah pelatihan atau *Region of Interest* (RoI) dalam mengestimasi rata-rata dan variasi kelas yang kemudian digunakan untuk mengestimasi probabilitas.

Proses klasifikasi *maximum likelihood* menentukan ambang batas (*threshold*) dari piksel. Jika nilai probabilitas tertinggi dari suatu piksel lebih rendah dibandingkan ambang batas yang ditentukan, maka piksel tersebut akan masuk ke dalam kelas yang tidak terklasifikasi, kemudian piksel tersebut masuk ke kelas dengan tingkat kemiripan tertinggi atau kelas yang memiliki nilai terdekat dengan piksel yang tidak terklasifikasi tersebut. Selain menentukan nilai rata-rata dalam menentukan klasifikasi, juga menentukan variabilitas dari nilai-nilai kecerahan (*brightness values*) dari tiap-tiap kelas (Profilyanti, 2015). *Maximum*

likelihood memiliki asumsi yaitu objek yang homogen atau sama akan selalu menampilkan histogram nilai kecerahan yang terdistribusi normal. Pada citra klasifikasi tutupan lahan, masing-masing kelas penutupan akan menghasilkan penampakan yang khas dan berbeda dari penampakan kelas lainnya. Klasifikasi ini mengkategorikan objeknya atau dibuat dalam *training* sampel untuk tiap-tiap objek tutupan lahan (Marini, 2014).

Pemilihan *training* sampel yang kurang baik akan berpengaruh terhadap hasil klasifikasi yang diperoleh memiliki tingkat akurasi rendah. Penggunaan algoritma *maximum likelihood* pada penelitian ini dikarenakan algoritma tersebut merupakan algoritma parametrik yang paling populer karena dapat mengelompokkan piksel-piksel pada citra menjadi objek spektral yang homogen menjadi unit terkecil. Walaupun algoritma ini termasuk ke dalam algoritma yang dapat menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi, namun pada implementasinya *maximum likelihood* berpotensi salah dalam mengklasifikasikan suatu objek ke kelas penutup lahan tertentu sehingga diperlukan pengambilan *training* data untuk masing-masing kelas dalam jumlah yang sama agar sebarannya normal.

II.6 Matrix Kesalahan (*Confusion Matrix*)

Akurasi, presisi dan ketidakpastian hasil pengukuran merupakan parameter yang digunakan sebagai indikator unjuk kerja suatu metode pengujian (Ratnawati, 2008). Uji akurasi perlu dilakukan dalam kegiatan klasifikasi tutupan lahan yang bertujuan untuk mengestimasi keakuratan proses klasifikasi objek dalam bentuk persentase ketepatan hasil klasifikasi yang telah dilakukan. Salah satu cara untuk menguji tingkat akurasi hasil klasifikasi yaitu dengan membuat matriks kontingensi atau *confusion matrix*. Ketelitian klasifikasi ditentukan dengan memilih sampel pada hasil klasifikasi dan memeriksa label terhadap kelas yang ditentukan dari data referensi yang berupa informasi objek yang sebenarnya, sedangkan objek yang dipilih untuk menilai akurasi disebut pengujian objek (Ratnawati, 2008). Matriks kesalahan (*confusion matrix*) disajikan kedalam sebuah tabel. Semakin tinggi tingkat akurasi yang dihasilkan, maka tingkat kepercayaan terhadap pemakaian hasil klasifikasi semakin tinggi (Richards, 2006).

Matriks kesalahan (*confusion matrix*) merupakan metode yang banyak dimanfaatkan dalam proses perhitungan akurasi. Matriks kesalahan disajikan dalam bentuk tabel yang berisi informasi jumlah data uji yang benar terklasifikasi dengan jumlah data uji yang salah terklasifikasi (Rahman, dkk., 2017). Matriks tersebut berisi informasi perbandingan hasil klasifikasi yang dilakukan oleh sistem dengan hasil klasifikasi yang seharusnya. Adapun konsep matriks kesalahan dapat dilihat dalam Tabel II.1.

Tabel II. 1 Tabel *Confusion Matrix*

Kelas	Terklasifikasi Positif	Terklasifikasi Negatif
Positif	TP (<i>True Positive</i>)	FN (<i>False Negative</i>)
Negatif	FP (<i>False Positif</i>)	TN (<i>True Negative</i>)

Berdasarkan tabel *confusion matrix* diatas (Sokolova dan Lapalme, 2009):

1. *True Positives* (TP) : jumlah *record* data positif yang diklasifikasikan sebagai nilai positif
2. *False Positives* (FP) : jumlah *record* data negatif yang diklasifikasikan sebagai nilai positif
3. *False Negatives* (FN) : jumlah *record* data positif yang diklasifikasikan sebagai nilai negatif
4. *True Negatives* (TN) : jumlah *record* data negatif yang diklasifikasikan sebagai nilai negatif

Confusion matrix membandingkan antar basis kategori, hubungan antara data referensi yang diketahui dan hasil dari klasifikasi otomatis (A. Marwati, dkk. 2018). Matriks berbentuk *square* yang memiliki angka pada baris dan kolom sama dengan angka pada kategori tingkat akurasi klasifikasi yang akan dinilai (Lillesand, Thomas M. 2000). *Confusion matrix* mampu memperhitungkan besarnya akurasi pembuat (*producers accuracy*), akurasi pengguna (*users accuracy*), akurasi keseluruhan (*overall accuracy*), dan akurasi *kappa* (Arison dang, 2015) yaitu:

1. *User's Accuracy*

Akurasi pengguna menggambarkan tingkat ketelitian hasil klasifikasi terhadap keseluruhan objek yang teridentifikasi (Wiweka, dkk., 2014). Nilai yang benar terklasifikasi pada suatu kelas (X_{ii}) akan dibagi dengan jumlah kolom pada kelas tersebut (X_{+I}), yang dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$Users Accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{+I}} \times 100\% \dots\dots\dots II.1$$

Keterangan:

X_{ii} : Nilai diagonal pada baris ke- i dan kolom ke- i

X_{+I} : Jumlah titik pada kolom ke- i

2. *Producer's Accuracy*

Akurasi pembuat didapatkan dengan membagi piksel yang benar dengan jumlah total titik per kelas. Nilai tersebut memiliki fungsi untuk menggambarkan tingkat kebenaran hasil klasifikasi terhadap kondisi di lapangan (Wiweka, dkk., 2014). *Producer's accuracy* menggunakan perhitungan dengan berdasarkan jumlah titik yang benar terklasifikasi (X_{+I}) terhadap jumlah baris pada suatu kelas (X_{I+}) maka rumus perhitungannya yaitu:

$$Producers Accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{I+}} \times 100\% \dots\dots\dots II.2$$

Keterangan:

X_{ii} : Nilai diagonal pada baris ke- i dan kolom ke- i

X_{I+} : Jumlah titik pada baris ke- i

3. *Accuracy Total*

Akurasi Keseluruhan adalah jumlah proporsi prediksi yang benar. Akurasi ini menunjukkan nilai akurasi total dari objek yang benar terklasifikasi dengan objek di lapangan. Adapun rumus perhitungan akurasi dapat dilihat dari persamaan di bawah ini (Simamora, dkk., 2015).

$$Accuracy Total = \frac{\sum X}{\sum N} \times 100\% \dots\dots\dots II.3$$

Keterangan:

X : Nilai diagonal matriks

N : Sampel matriks

4. Akurasi *Kappa*

Kappa mempertimbangkan faktor kesalahan proses klasifikasi, sehingga nilai indeks *kappa* lebih rendah dari nilai akurasi total (Simamora, dkk. 2015). Rumus *kappa* dihitung berdasarkan semua parameter atau elemen pada matriks yang terdiri dari dua perhitungan yaitu:

1) Perkalian silang sampel

Perkalian silang sampel menggambarkan penjumlahan dari perkalian total baris dengan total kolom masing-masing kelas tutupan lahan.

$$\text{Perhitungan} = (X_{1+} \times X_{+1}) + \dots + (X_{n+} \times X_{+n}) \dots\dots\dots\text{II.4}$$

Keterangan:

X_{1+} : Jumlah piksel pada baris ke- i

X_{+1} : Jumlah piksel pada kolom ke- i

X_{n+} : Jumlah piksel pada baris ke- n

X_{+n} : Jumlah piksel pada kolom ke- n

2) Akurasi *Kappa*

Perhitungan akurasi *kappa* dilakukan berdasarkan nilai perkalian silang sampel terhadap jumlah matriks diagonal (X) dan jumlah sampel matriks yang digunakan (N), maka perhitungan *kappa* dapat dihitung dengan persamaan II.5:

$$KA = \left(\frac{[(\sum X \times \sum N) - \sum \text{Perkalian silang sampel}]}{[(\sum N)^2 - \sum \text{Perkalian silang sampel}]} \right) \times 100\% \dots\dots\dots\text{II.5}$$

Keterangan:

X : Nilai diagonal matriks

N : Sampel matriks

II.7 Teknik Sampling

Teknik sampling merupakan suatu teknik yang dapat digunakan dalam proses penentuan sampel penelitian (Supardi, 1993). Teknik sampling pada proses penelitian dibagi menjadi 2 (dua) yaitu teknik *probability* sampling dan teknik *nonprobability* sampling. Teknik *Probability* Sampling atau *random* sampling, merupakan teknik yang pengambilan sampelnya dilakukan secara *random*.

Random sampling sesuai jika digunakan untuk populasi yang bersifat finit, yaitu besaran anggota populasinya dapat ditentukan terlebih dahulu (Supardi, 1993). Proses menentukan sampel dilakukan dengan membuat kemungkinan (*probability*) yang sama pada setiap anggota populasi untuk menjadi sampel terpilih. Teknik *probability* sampling memiliki berbagai model seperti *simple random* sampling (acak sederhana atau *random*); sistematis *random* sampling; *stratified random* sampling dan *cluster random* sampling (Supardi, 1993).

Stratified Random Sampling merupakan metode yang digunakan untuk menentukan sampel yang mengelompokkan anggota populasi kedalam kelompok lebih kecil (Supardi, 1993). Hal ini bertujuan untuk membagi populasi heterogen menjadi populasi yang lebih homogen. Metode ini memungkinkan tiap anggota populasi memiliki peluang yang sama untuk dipilih menjadi sampel, yang akan berpengaruh terhadap proses pengukuran yang dapat melibatkan sedikit sampel (Ulya, 2018). Besarnya sampel yang diambil dari masing-masing strata dapat berimbang dan dapat pula tidak berimbang. Pengambilan sampel secara acak diharapkan mampu menjadi representasi dari populasi yang diestimasi. Populasi dipisahkan kedalam kelompok yang tidak tumpang tindih atau *sub*-populasi (strata), selanjutnya dari tiap strata akan diambil sampel secara acak sesuai tujuan penelitian (Badan Informasi Geospasial, 2014). Pengambilan sampel berdasarkan pada rumus penentuan sampel oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) sebagai berikut.

$$A = TSM + \left(\frac{\text{Luas (Ha)}}{1500} \right) \dots\dots\dots \text{II.6}$$

Keterangan:

A = Jumlah Sampel Minimal

TSM = Total Sampel Minimal

Total sampel minimal ditentukan berdasarkan skala yang digunakan yaitu:

Tabel II. 2 Jumlah titik sampel berdasarkan skala peta

Skala	Kelas Kerapatan (Kr)	Min. Plot	Total Sampel Minimal (TSM)
1:25.000	5	30	50
1:50.000	3	30	30
1:250.000	2	10	20

Berdasarkan Tabel II.2 menunjukkan bahwa perhitungan jumlah sampel minimal bergantung pada skala yang digunakan, hal ini dikarenakan jumlah total

minimal sampel (TSM) berbeda-beda berdasarkan skala peta. Setelah menghitung jumlah sampel minimal, kemudian dilakukan pengambilan *training* sampel menggunakan teknik *Stratified Random Sampling* dengan cara menarik sampel secara *simple random* dari *sub*-populasi atau strata dalam populasi. Penggunaan metode ini lebih efisien dibandingkan metode *simple random* sampling, lebih praktis secara administratif, dan dapat menghitung tingkat presisi untuk setiap stratum. Selain memiliki berbagai kelebihan, metode ini masih memiliki kekurangan seperti memerlukan daftar semua *item* atau individu untuk setiap stratum dan membutuhkan beberapa informasi dari populasi sebagai dasar stratifikasi (Suprpto, 1998).