

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hutan

2.1.1. Hutan dan ekosistemnya

Hutan pada umumnya didefinisikan sebagai komunitas tumbuhan yang didominasi oleh pohon dan vegetasi berkayu lainnya dengan tutupan kanopi pohon lebih dari 10% dan luasnya lebih dari 0,5 ha. Sudah diketahui bahwa hutan merupakan komponen ekonomi dan lingkungan yang tidak terpisahkan. Hutan meningkatkan ekonomi dengan menyediakan makanan, serat, kayu dll. Sementara mereka menjaga lingkungan yang sehat dengan mengasingkan karbon dan melalui pengaturan siklus gas dan nutrisi (Rai, 2013).

Hutan adalah sumber daya alam terbarukan yang penting dan memiliki peran penting dalam melestarikan lingkungan yang cocok untuk kehidupan manusia. Selain kayu, hutan menyediakan sumber daya seperti tanah penggembalaan untuk hewan, habitat satwa liar, sumber daya air dan tempat rekreasi. Kehutanan melibatkan pengelolaan berbagai sumber daya alam di dalam kawasan hutan. Pengelolaan sumber daya hutan di dunia yang terus berubah saat ini menjadi semakin kompleks dan menuntut para pengelola hutan (Sonti, 2015). Hutan merupakan sumber daya utama dan memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan ekologi dan pengaturan lingkungan. Realisasi fakta meningkat bahwa hutan tidak hanya memberikan banyak manfaat bagi umat manusia tetapi juga membantu melestarikan lingkungan, telah menciptakan kepedulian global untuk perlindungan dan konservasi hutan (Rai, 2013).

Hutan merupakan sumber daya alam yang mempunyai nilai sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup. Keberadaannya di muka bumi ini sekitar 9,4 % atau sekitar 30 % dari total daratan di bumi. Nilai penting hutan bagi kehidupan makhluk hidup diantaranya merupakan habitat berbagai spesies, dimana hutan mendukung pemeliharaan dan perlindungan

keanekaragaman hayati. Hutan juga berkontribusi terhadap regulasi siklus karbon global dan mitigasi perubahan iklim, yaitu sebagai penyerap dan penyimpan karbon dari atmosfer. Ekosistem hutan yang sehat menghasilkan dan melestarikan tanah dan menstabilkan aliran arus dan limpasan air. Hal tersebut dapat mencegah lahan mengalami degradasi dan penggurunan, serta mengurangi resiko bencana alam seperti kekeringan, banjir dan tanah longsor (Jenkins and Schaap, 2018).

Selain itu, bagi manusia hutan juga mempunyai manfaat secara ekonomi yaitu sebagai penyedia sumber penting dari makanan, obat-obatan, air minum, serat, kayu, dan hasil hutan lainnya untuk penghidupan dan pendapatan. Manfaat tersebut dapat langsung dinikmati oleh manusia, dimana manfaat ini berkontribusi pada peningkatan kesejahteraan dan pertumbuhan ekonomi. Hutan juga memberikan nilai lebih bagi manusia yaitu berfungsi sebagai situs estetika, rekreasi, dan nilai spiritual dari banyak konteks kebudayaan dan sosial (Jenkins and Schaap, 2018).

Hutan tropis menyimpan sekitar sepertiga keanekaragaman flora dan fauna di kurang dari 10% wilayah daratan. Hutan tropis memiliki lebih dari 70% dari flora dan keanekaragaman hayati fauna dan juga bertindak sebagai reservoir besar untuk penyerapan karbon. Konservasi hutan tropis dapat dianggap sama dengan konservasi keanekaragaman hayati. Keanekaragaman hayati hutan tropis merupakan dasar bagi berbagai jasa ekosistem yang merupakan sistem pendukung kehidupan bagi manusia. Hutan tropis juga memiliki banyak layanan ekosistem yang terkait erat dengan kesejahteraan masyarakat manusia serta mata pencaharian yang berkelanjutan. Pemanfaatan sumber daya hutan serta konsumsi hasil non-hutan tidak berkelanjutan dan secara adil akan menyebabkan degradasi lingkungan. Selain itu hilangnya keanekaragaman hayati hutan tropis dapat menghambat dan menangkai perkembangan ekonomi dan ekologi yang menyebabkan gangguan dalam ekonomi ekologi suatu daerah. Pada era anthropocene saat ini, hilangnya keanekaragaman hayati dan dampaknya

terhadap perubahan iklim adalah masalah yang memprihatinkan di skala global (Wilson, et al. 2005).

Ekosistem vegetasi hutan merupakan sistem ekologi alami dengan wilayah terbesar, struktur komposisi paling kompleks, sumber daya hayati terkaya dan fungsi yang relatif sempurna pada ekosistem darat. Vegetasi hutan memainkan peran penting dalam melindungi keanekaragaman spesies dan menghindari ketidakseimbangan ekosistem. Namun, seiring perkembangan ekonomi yang meroket dan peningkatan standar kehidupan masyarakat, vegetasi hutan rusak dalam jumlah besar di bawah berbagai tekanan. Hal itu membawa kehancuran sumber daya hutan dan sangat merusak keanekaragaman spesies dan vegetasi hutan. Oleh karena itu, penelitian tentang evaluasi kesehatan vegetasi hutan memainkan peran penting dalam meningkatkan lingkungan ekologis dan melindungi keanekaragaman spesies (Zhou, et al. 2017).

Ekosistem hutan merupakan sistem kompleks yang berinteraksi dengan komponen biotik dan abiotik. Ini mencakup tidak hanya komunitas tumbuhan dan hewan tetapi juga mikroorganisme, iklim, sinar matahari, air, dan tanah. Adanya sedikit perbedaan pada tanah, kemiringan lereng, iklim dll., dapat membuat perbedaan halus di setiap habitat dalam suatu ekosistem. Oleh karena itu setiap bidang lanskap memiliki karakteristik tanah, paparan, kelembaban dan suhu / rezim curah hujan, yang memenuhi persyaratan kumpulan tanaman tertentu. Beberapa bidang vegetasi yang unik sedang dipengaruhi karena pengaruh antropogenik yang terus-menerus yang mengarah pada fragmentasi parah sehingga ada kebutuhan mendesak untuk mengidentifikasi area prioritas untuk konservasi dan pemulihan daerah yang terkena dampak termasuk rehabilitasi asosiasi spesies RET tertentu yang serupa secara ekologis dan lokasi yang sesuai secara lingkungan (Sudhakar, et al. 2006).

Ekosistem hutan merupakan suatu sistem ekologi yang terdiri dari sistem fisik dan biologis yang kompleks yang di dalamnya terdapat interaksi dan saling ketergantungan antar komponen-komponennya. Interaksi antar

komponen ekosistem hutan tersebut, secara alami akan membentuk variasi komposisi hutan pada kondisi lingkungan yang berbeda, sehingga hutan mempunyai berbagai tipe. Hutan secara umum dapat dikelompokkan menjadi hutan tropis dan subtropis, dimana kedua kelompok hutan ini dapat dibagi lagi menjadi beberapa tipe diantaranya hutan hujan dataran rendah, hutan hujan dataran tinggi atau pegunungan, hutan rawa, hutan mangrove, hutan gambut, dan hutan kerangas (Royana, 2013).

2.1.2. Kawasan hutan konservasi

Hutan di Indonesia terdapat di dalam kawasan hutan yang telah ditetapkan dan di luar kawasan hutan. Kawasan hutan yang ditetapkan tersebut tidak selalu memiliki tutupan hutan, namun secara hukum akan dipertahankan sebagai hutan permanen (Permatasari, 2018). Berdasarkan Undang-undang No. 41 tahun 1999 tentang Kehutanan, kawasan hutan dibagi dalam kelompok hutan konservasi, hutan lindung dan hutan produksi dengan pengertian sebagai berikut:

- Hutan Konservasi adalah kawasan hutan dengan ciri khas tertentu yang mempunyai fungsi pokok pengawetan keanekaragaman tumbuhan dan satwa serta ekosistemnya. Hutan Konservasi terdiri atas Kawasan Suaka Alam (berupa Cagar Alam (CA) dan Suaka Margasatwa (SM)) dan Kawasan Pelestarian Alam berupa Taman Nasional (TN), Taman Hutan Raya (THR) dan Taman Wisata Alam (TWA), serta Taman Buru.
- Hutan Lindung adalah kawasan hutan yang mempunyai fungsi pokok sebagai perlindungan sistem penyangga kehidupan untuk mengatur tata air, mencegah banjir, mengendalikan erosi, mencegah intrusi air laut dan memelihara kesuburan tanah.
- Hutan Produksi adalah kawasan hutan yang mempunyai fungsi pokok memproduksi hasil hutan. Hutan Produksi terdiri atas Hutan Produksi Tetap (HP), Hutan Produksi Terbatas (HPT) dan Hutan Produksi yang Dapat Dikonversi (HPK).

Kawasan hutan konservasi merupakan sebuah kawasan hutan yang ditujukan untuk dapat perlindungan sistem penyangga kehidupan, pengawetan keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa, serta pemanfaatan secara lestari sumberdaya alam (SDA) hayati dan ekosistem. Namun, pada kenyataannya, keberadaan kawasan konservasi sering dianggap sebagai sumber konflik antara berbagai pihak. Secara ekologis, hampir semua kawasan konservasi menunjukkan degradasi dalam sumber daya alam hayati dan ekosistemnya. Degradasi ini cenderung meningkat, baik yang disebabkan oleh kegiatan ilegal seperti pembalakan liar, penambangan emas ilegal, perambahan, dan perburuan satwa liar, atau urgensi pembangunan sektor non-kehutanan, seperti perkebunan, pertambangan, industri, dan pemukiman. Secara sosial ekonomi, sistem pengelolaan kawasan konservasi belum mampu secara optimal mempromosikan pendapatan atau kesejahteraan masyarakat di sekitar kawasan pelestarian (Hamidun et al., 2017).

Area konservasi didefinisikan sebagai lokasi sumber daya alam seperti hutan, padang rumput, dll. yang dilindungi untuk memelihara dan memperbanyak hewan dan tumbuhan. Di daerah seperti itu, menebang pohon, merusak, dan berburu tanpa izin dilarang. Sayangnya, karena eksploitasi ekstrim padang rumput untuk produksi ternak, erosi tanah, dan perusakan, area ini tidak terlindungi dengan baik. Namun, kawasan lindung memiliki keanekaragaman spesies tumbuhan dan hewan. Selain itu, karena aspek perlindungan, penelitian, pendidikan, ilmiah, dan rekreasi, area terlestarikan sangat penting bagi perencanaan (Hasti, et al. 2016).

Kawasan lindung dapat ditentukan dan dikelola untuk melindungi keanekaragaman hayati pada tiga tingkatan: ekosistem, spesies dan tingkat gen. Tingkat ekosistem melibatkan perlindungan ekosistem yang unik, area yang representatif untuk setiap tipe ekosistem utama di suatu negara atau wilayah dan ekosistem yang kaya spesies dan pusat spesies endemik. Tingkat spesies adalah memberikan prioritas pada spesies yang paling berbeda secara genetik (mis. keluarga dengan sedikit spesies atau genus

dengan hanya satu spesies), dan untuk spesies yang penting secara budaya dan genus serta spesies endemic. Sementara tingkat gen memberi prioritas jenis tanaman dan hewan yang telah atau sedang dijinakkan, ke populasi kerabat liar yang dijinakkan spesies, dan spesies sumber daya liar (yang digunakan untuk makanan, bahan bakar, serat, obat-obatan, bahan konstruksi, ornamen, dll.) (Rotich, 2012).

Kawasan lindung (KL) mewakili strategi landasan untuk melestarikan keanekaragaman hayati global. Kawasan konservasi dan koridor penghubung, sampai saat ini telah ada lebih dari 15% dari permukaan terestrial global guna menyediakan perlindungan dan untuk memfasilitasi migrasi dan diversifikasi gen pool di antara populasi terpencil. Melindungi ekosistem penting juga penting untuk melestarikan jasa ekosistem dan untuk mitigasi perubahan iklim dan strategi adaptasi. Selain itu, meningkatkan luas habitat dan konektivitas, penghalang untuk penyebaran spesies, sangat penting untuk meningkatkan kapasitas adaptif spesies terhadap perubahan iklim (Tabor, et al. 2018).

KL telah terbukti efektif dalam mengurangi kerusakan habitat dan menghalangi beberapa kegiatan ilegal termasuk perburuan liar, pembalakan liar, dan penggembalaan ternak. Namun, perluasan dan pemeliharaan jaringan kawasan lindung yang kuat untuk memenuhi tujuan konservasi global telah dan terus menghadapi tantangan. Pendanaan kronis, investasi jangka pendek, kurangnya dukungan politik, dan keterlibatan lokal yang terbatas berkontribusi pada tren penurunan KL saat ini. Selain itu, ada kebutuhan mendesak untuk menilai hasil konservasi kawasan lindung untuk merancang intervensi yang lebih efektif dan meningkatkan pengelolaan kawasan lindung (Tabor, et al. 2018).

Solusi untuk melindungi spesies dari perubahan iklim tergantung pada perencanaan dan pengelolaan penggunaan lahan; misalnya, perluasan jaringan kawasan lindung, perlindungan pengungsi iklim, dan koridor perubahan iklim. Perencanaan untuk perluasan atau koridor KL membutuhkan pengetahuan tentang risiko iklim dan risiko deforestasi untuk

berinvestasi secara strategis dalam perencanaan penggunaan lahan yang efektif untuk pelestarian atau restorasi habitat. Para peneliti telah menggunakan berbagai teknik pemodelan untuk menginformasikan dampak potensial dari perubahan antropogenik pada keanekaragaman hayati. Menilai ancaman keanekaragaman hayati dari deforestasi didasarkan langsung pada data yang diamati biasanya dari penginderaan jauh satelit. Menggunakan laju perubahan yang diamati dengan informasi tentang kekuatan pendorong perubahan tutupan lahan memungkinkan untuk penilaian risiko deforestasi atau proyeksi skenario tutupan hutan di masa mendatang ke dalam waktu dekat. Respons keanekaragaman hayati terhadap perubahan habitat telah didokumentasikan dengan baik dan konsekuensinya sangat parah (Tabor, et al. 2018).

Cagar alam adalah kawasan lindung yang penting bagi ekosistem alami, spesies fauna dan flora liar yang langka dan hampir punah, serta benda-benda penting seperti monumen alam. Ekosistem dalam cagar alam biasanya berharga dan relatif rapuh, sehingga perlindungan yang lebih baik selalu diperlukan (Liu et al., 2016).

Cagar alam memainkan peran penting dalam melestarikan habitat tanaman langka melalui konservasi in situ dan ex situ, dan membangun lebih banyak cagar alam adalah cara langsung dan efektif untuk melindungi spesies liar dan mengelola sumber daya hutan. Meskipun cagar alam secara memadai melindungi beberapa pohon yang terancam punah, cagar alam ini tidak dirancang untuk kuat terhadap perubahan dalam distribusi habitat spesies atau perubahan di lokasi pohon yang terancam punah yang disebabkan oleh perubahan iklim. Perubahan iklim dianggap sebagai faktor gangguan penting karena dapat mempengaruhi habitat, distribusi geografis dan keanekaragaman genetik populasi pohon. Perubahan iklim dapat mendorong pohon-pohon keluar dari cagar alam. Akibatnya, ada kekurangan serius dalam kemampuan di masa depan dari kawasan cagar alam saat ini untuk melindungi populasi pohon yang terancam punah. Penting bagi rimbawan dan ahli biologi konservasi untuk mengusulkan

metode untuk mengevaluasi kemampuan cagar alam untuk melindungi pohon yang terancam punah menghadapi kemungkinan perubahan iklim (Yu, et al. 2014).

Pemerintah mendefinisikan kawasan hutan konservasi yang terdiri dari kawasan hutan suaka alam, hutan pelestarian, dan hutan buru berdasarkan pada UU nomor 41 tahun 1999 tentang Kehutanan pasal 1 ayat (9) bahwa hutan konservasi adalah kawasan dengan ciri khas tertentu, yang mempunyai fungsi pengawetan keanekaragaman tumbuhan dan satwa serta ekosistemnya. Pada ayat (10) disebutkan bahwa kawasan hutan suaka alam adalah hutan dengan ciri khas tertentu, yang mempunyai fungsi pokok sebagai kawasan pengawetan keanekaragaman tumbuhan dan satwa serta ekosistemnya, yang juga berfungsi sebagai wilayah sistem penyangga kehidupan. Pada ayat (11) kawasan hutan pelestarian alam adalah hutan dengan ciri khas tertentu, yang mempunyai fungsi pokok perlindungan sistem penyangga kehidupan, pengawetan keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa, serta pemanfaatan secara lestari sumberdaya alam hayati dan ekosistemnya. Pada ayat (12) Taman buru adalah kawasan hutan yang ditetapkan sebagai tempat wisata berburu.

Pada tahun 2011 dilakukan penyempurnaan terhadap kriteria kawasan suaka alam dan kawasan pelestarian alam dengan diterbitkannya Peraturan Pemerintah nomor 28 tahun 2011 tentang Pengelolaan Kawasan Suaka Alam (KSA) dan Kawasan Pelestarian Alam (KPA) sebagai pengganti PP Nomor 68 Tahun 1998 tentang KSA dan KPA. Pada peraturan tersebut, kriteria suatu wilayah dapat ditunjuk dan ditetapkan sebagai kawasan cagar alam meliputi :

- a. Memiliki keanekaragaman jenis tumbuhan dan atau satwa liar yang tergabung dalam suatu tipe ekosistem.
- b. Mempunyai kondisi alam, baik untuk tumbuhan dan atau satwa liar yang secara fisik masih asli dan belum terganggu.
- c. Terdapat omunitas tumbuhan dan atau satwa beserta ekosistemnya yang langka dan atau keberadaannya terancam punah;

- d. Memiliki formasi biota tertentu dan atau unit-unit penyusunnya;
- e. Mempunyai luas yang cukup dan bentuk tertentu yang dapat menunjang pengelolaan secara efektif dan menjamin keberlangsungan proses ekologis secara alami; dan atau
- f. Mempunyai ciri khas potensi dan dapat merupakan contoh ekosistem yang keberadaannya memerlukan konservasi.

Kriteria suatu wilayah dapat ditunjuk dan ditetapkan sebagai kawasan suaka margasatwa meliputi :

- a. Merupakan tempat hidup dan berkembang biak satu atau beberapa jenis satwa langka dan atau hampir punah;
- b. Memiliki keanekaragaman dan populasi satwa yang tinggi;
- c. Merupakan tempat dan kehidupan bagi jenis satwa migrasi tertentu;
- d. Mempunyai luas yang cukup sebagai habitat jenis satwa.

Kriteria suatu kawasan dapat ditunjuk dan ditetapkan sebagai kawasan taman nasional meliputi :

- a. Memiliki sumberdaya alam hayati dan ekosistem yang khas dan unik yang masih utuh dan alami serta gejala alam yang unik;
- b. Memiliki satu atau beberapa ekosistem yang masih utuh
- c. Mempunyai luas yang cukup untuk menjamin kelangsungan proses ekologis secara alami;
- d. Merupakan wilayah yang dapat dibagi ke dalam zona inti, zona pemanfaatan, zona rimba, dan atau zona lainnya sesuai keperluan.

Kriteria suatu wilayah dapat ditunjuk dan ditetapkan sebagai kawasan hutan raya meliputi :

- a. Memiliki keindahan alam dan atau gejala alam;
- b. Mempunyai luas wilayah yang memungkinkan untuk pengembangan koleksi tumbuhan dan atau satwa; dan
- c. Merupakan wilayah dengan ciri khas baik asli maupun buatan, pada wilayah yang ekosistemnya masih utuh ataupun wilayah yang ekosistemnya sudah berubah.

Kriteria suatu wilayah dapat ditunjuk dan ditetapkan sebagai kawasan taman wisata alam meliputi:

- a. mempunyai daya tarik alam berupa tumbuhan, satwa atau bentang alam, gejala alam serta formasi geologi yang unik;
- b. mempunyai luas yang cukup untuk menjamin kelestarian potensi dan daya tarik alam untuk dimanfaatkan bagi pariwisata dan rekreasi alam; dan
- c. kondisi lingkungan di sekitarnya mendukung upaya pengembangan pariwisata alam.

2.1.3. Degradasi dan pelestarian hutan

Perkembangan isu kerusakan ekosistem di bumi menempatkan terjadinya kerusakan dan gangguan ekosistem hutan merupakan bagian utama dalam isu tersebut. Pembahasan isu mengenai degradasi ekosistem hutan selalu dibahas di kalangan pengambil kebijakan, aktivis, dan ilmuwan di seluruh dunia (Royana, 2013). Adanya pembukaan kawasan hutan (deforestasi) secara luas di seluruh dunia oleh aktivitas manusia guna memenuhi kebutuhan ekonomi (Ben, et al. 2016), telah menyebabkan hilangnya sekitar 13 juta hektar hutan setiap tahun. Akibatnya lebih dari 60% dari jasa ekosistem hutan terdegradasi lebih cepat daripada yang dapat beregenerasi. Dampaknya mengakibatkan degradasi lahan kering secara terus-menerus dan telah menyebabkan penggurunan sekitar 3,6 miliar hektar atau lebih dari 20% dari seluruh luas daratan global (Jenkins and Schaap, 2018). Terjadinya deforestasi dan penggurunan tersebut telah mengakibatkan terjadinya perubahan iklim di dunia (Suryanto, 2012).

Peristiwa perubahan iklim tersebut dapat dilihat dari munculnya gejala kejadian anomali cuaca, banjir, kekeringan dan dampak turunan lainnya, seperti meluasnya berbagai wabah penyakit dan bencana kelaparan. Jika hal itu selalu diabaikan dan luas hutan terus berkurang, maka dapat dipastikan bumi semakin panas dan dampak-dampak perubahan iklim akan terus bertambah. Dampak tersebut muncul oleh karena kehilangan hutan tidak sekedar melepaskan karbon, tetapi juga akan mengurangi fungsinya

dalam menyerap karbon yang ada di atmosfer (Suryanto, 2012). Hal tersebut merupakan tantangan besar bagi pembangunan berkelanjutan dan secara negatif juga mempengaruhi kehidupan dan mata pencaharian jutaan orang di seluruh dunia, serta memperlambat kemajuan global (Jenkins and Schaap, 2018).

Saat ini aktivitas manusia harus mengklaim tanggung jawab utama yang menyebabkan kerusakan lingkungan hidup, hilangnya spesies dan habitat. Produksi pertanian, konstruksi perkotaan, booming lalu lintas dan polusi lingkungan adalah faktor utama dimana manusia memberikan tekanan langsung pada lingkungan (Wenjie, et al. 2014). Pada waktu permulaan periode ekspansi kolonial, terjadi pembukaan lahan secara luas untuk pertanian dan peternakan, sehingga hutan beralih fungsinya. Kemudian seiring dengan penurunan kekuasaan kolonialisasi, terjadi pula penurunan dibidang pertanian dan membawa ke periode dimana terjadi regenerasi hutan yang signifikan pada banyak lokasi di daratan. Namun seiring perkembangan zaman, terjadi pula pertumbuhan populasi dan diversifikasi ekonomi yang membawa sumber tekanan baru pada lingkungan hutan dengan berbagai macam aktivitas, seperti pertambangan, urbanisasi, pembangunan pemukiman, aktivitas wisata, perluasan jalan, dan pertumbuhan industri. Tekanan-tekanan tersebut telah mengakibatkan penurunan lebih lanjut dari lahan basah, gangguan habitat, peningkatan kontaminasi air tawar dan sumberdaya laut, dan berbagai dampak lingkungan lainnya (McPherson, et al. 2008).

Sampai saat ini masih belum ada satu teknologi manusia pun yang mampu menggantikan peranan hutan dalam pengaturan tata air, udara bersih dan pengaturan siklus karbon. Berkaitan dengan hal itu dalam rangka mengurangi laju deforestasi diperlukan pula membangkitkan kesadaran dan pemahaman tentang pentingnya keberadaan hutan untuk kelangsungan hidup manusia. Pemahaman yang perlu dibangun adalah kesadaran dan tindakan arif terhadap proteksi dan konservasi yang ketat guna mempertahankan keberadaan sisa hutan yang ada, serta peningkatan

kesadaran untuk pengelolaan hutan yang lestari. Pelaksanaan pengelolaan hutan lestari ini diharapkan mampu mencukupi kebutuhan manusia untuk barang dan jasa yang dihasilkan dari hutan dengan tanpa merusak ekosistem dari hutan itu sendiri. Selain itu, beberapa tindakan yang perlu diupayakan untuk menekan laju kehilangan hutan alam yang ada, antara lain yaitu upaya rehabilitasi hutan yang terdegradasi, pengkayaan hutan dan pembangunan hutan tanaman (Suryanto, 2012).

Konsep upaya menjaga kelestarian hutan berevolusi dalam tiga tahap, yaitu kelestarian produksi kayu, kelestarian multi-manfaat hutan, dan kelestarian ekosistem (Bettinger, 2009 dan Royana, 2013). Tahap kelestarian hasil kayu merupakan tahap yang menekankan perencanaan hutan dengan bertumpu pada keseimbangan pertumbuhan (*growth*) pohon dan pemanenan (*harvesting*). Keseimbangan tersebut dicapai pada tingkat intensitas pengelolaan hutan tertentu, sehingga hutan dapat memproduksi hasil kayu yang berlangsung terus menerus. Konsep kelestarian hasil kayu ini diterapkan dalam kaidah pengaturan hasil hutan (*forest yield regulation*) (Royana, 2013).

Penerapan konsep kelestarian hasil kayu di Indonesia diterapkan melalui beberapa sistem silvikultur. Beberapa contoh sistem silvikultur untuk pengelolaan hutan alam adalah Tebang Pilih Indonesia (TPI), Tebang Pilih Tanam Indonesia (TPTI), Tebang Pilih Tanam Jalur (TPTJ), dan terakhir Silvikultur Intensif (Silint) yang sedang diuji terapan pada beberapa unit manajemen hutan. Contoh sistem silvikultur untuk hutan tanaman adalah Tebang Habis Permudaan Buatan (Royana, 2013).

Tahap kedua yaitu konsep kelestarian multi-manfaat hutan yang merupakan konsep berasal dari pemahaman bahwa kebutuhan manusia terhadap hutan sangat beragam dan kayu bukanlah satu-satunya hasil hutan yang dibutuhkan. Terkait dengan hal tersebut, Millennium Ecosystem Assessment (MEA) menjelaskan bahwa terdapat empat kategori jasa ekosistem hutan yang memberi beragam manfaat, yaitu jasa penyediaan (*provisioning services*), jasa pengaturan (*regulating services*), jasa budaya

(*cultural services*), dan jasa pendukung (*supporting services*) (Royana, 2013).

Jasa penyediaan yang diberikan oleh hutan diantaranya adalah bahan pangan, air bersih, bahan bakar kayu, karet dan sumber daya genetik. Jasa pengaturan yang dihasilkan hutan adalah pengatur cuaca, pengatur penyakit, pengatur air, pemurnian air dan penyerbukan tanaman. Jasa budaya yang dihasilkan hutan adalah spiritual dan agama, kesehatan, keindahan, rekreasi, adat istiadat, pendidikan, dan penghargaan terhadap alam. Jasa pendukung yang dihasilkan hutan adalah semua jasa yang diperlukan untuk memproduksi semua jasa ekosistem lainnya, seperti formasi tanah, siklus nutrisi, dan produksi utama (Royana, 2013 dan Chintantya dan Maryono, 2017).

Tahap terakhir adalah konsep kelestarian ekosistem hutan yang berbeda kedua konsep sebelumnya, dimana keduanya lebih menekankan pentingnya hasil atau manfaat dari hutan sebagai sebuah pabrik barang dan jasa, maka konsep ini mementingkan hutan sebagai pabrik itu sendiri. Konsep ini menjelaskan bahwa aliran barang dan jasa dari hutan tergantung pada proses-proses yang melestarikan ekosistem hutan. Konsep kelestarian ekosistem hutan ini berhubungan dengan kesehatan ekosistem hutan. Kesehatan ekosistem hutan merupakan proses terbentuknya suatu kondisi ekosistem hutan yang mampu melakukan pembaharuan dirinya sendiri secara alami, menjamin stabilitas habitat untuk flora dan fauna, mempertahankan diversitas penutupan vegetasi, serta terbentuknya hubungan fungsional di antara komunitas flora, fauna, dan lingkungan. Konsep kelestarian ekosistem hutan ini dianggap sebagai konsep kelestarian yang paling dibutuhkan saat ini, mengingat kondisi kerusakan ekosistem yang sudah pada tahap mengkhawatirkan (Royana, 2013).

2.2. Perencanaan Kawasan Hutan

Perencanaan merupakan kegiatan yang harus dilakukan sebelum kegiatan utama dilaksanakan. Perencanaan diperlukan guna mengurangi

hambatan dalam menentukan suatu pilihan kegiatan, terutama ketika terdapat keterbatasan sumber daya maupun sumber dana yang tersedia. Terkait dengan hal tersebut Akhadi, et al. (2013) menyebutkan bahwa perencanaan hutan adalah upaya untuk mendayagunakan fungsi hutan dengan menciptakan kegiatan yang dapat mempengaruhi proses yang sedang berjalan, atau menciptakan proses baru, agar hutan memberikan sumbangan maksimal untuk ikut mempengaruhi dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Perencanaan hutan secara vertikal dari tingkat nasional, wilayah, sampai tingkat operasional haruslah terhubung secara konsisten. Maksudnya adalah kebijakan makro di tingkat nasional harus dapat mengakomodasikan setiap kepentingan lokal. Begitu pula sebaliknya kegiatan yang bersifat operasional juga harus dilakukan dalam konteks untuk kepentingan masyarakat yang luas dan untuk jangka waktu yang panjang. Pelaksanaan program kehutanan di daerah tidak boleh terpisah dengan program dan rencana yang disusun dan difasilitasi oleh pemerintah pusat. Berkaitan dengan hal itu, komunikasi dan koordinasi yang efektif harus didukung dengan pembagian peran dan tanggung jawab masing-masing sehingga diperoleh sinkronisasi antara pusat dan daerah. Pembagian peran dan tanggung jawab tersebut akan berjalan jika ada tata hubungan kerja yang jelas antara masing-masing pihak. (Akhadi, et al. 2013).

Kegiatan pengelolaan hutan melibatkan konsep praktik kehutanan dan konsep bisnis (seperti analisis alternatif ekonomi) untuk mencapai tujuan sesuai kepentingan pemilik hutan. Oleh karena itu dalam pengelolaan hutan, menyaratkan suatu rencana serta penilaian aktivitas pengelolaan hutan dalam rangka mencapai tujuan. Perencanaan pengelolaan hutan merupakan suatu cara yang penting dalam kaitannya dengan pengambilan keputusan yang berhubungan dengan kehutanan. Perencanaan yang baik dapat meningkatkan peluang sukses didasarkan atas standar operasi prosedur (SOP). Proses pengembangan SOP yang efektif, sangat penting untuk keberhasilan pelaksanaan dimana proses penyusunannya harus mempertimbangkan masukan dari semua orang yang terlibat (Darmanto, 2014).

Konsep pengelolaan hutan mengacu pada proses perencanaan dan pelaksanaan praktek-praktek administrasi dan penggunaan hutan dan lahan berhutan lainnya, dengan tujuan untuk memenuhi tujuan lingkungan, ekonomi, sosial, dan budaya tertentu. Hal ini juga dapat dikaitkan dengan tingkat intervensi manusia yang disengaja, seperti tindakan yang berupaya melindungi dan memelihara ekosistem hutan dan fungsinya, atau tindakan yang mendukung spesies yang memiliki nilai sosial atau ekonomi, atau kelompok spesies yang memungkinkan peningkatan produksi barang dan jasa hutan. Dengan kata lain, pengelolaan hutan mengacu pada pengelolaan hutan sesuai dengan prinsip pembangunan berkelanjutan. Terjadinya pemanasan global membawa hutan perlu dikelola secara berkelanjutan, mengurangi beban bahan bakarnya untuk mencegah kebakaran. Pengelolaan hutan yang benar berarti meningkatkan penggunaan sumber daya, memperbaiki pengelolaan sisa hutan, mengurangi biaya, dan meningkatkan nilai hasil hutan meningkat nilainya (Segura, et al. 2020).

Hutan dari sudut pandang ekologi, memainkan peranan dalam pengaturan air, melindungi tanah, membantu memelihara keanekaragaman hayati dan berkontribusi untuk mengurangi gas rumah kaca. Selain itu, hutan juga merupakan tempat rekreasi. Oleh karena itu, sangat penting untuk merencanakan sebelum memulai pengelolaan hutan untuk menjamin stabilitas hutan dan keanekaragaman lingkungan. Perencanaan pengelolaan hutan terdiri dari penetapan tujuan yang ingin dicapai dan penetapan tahapan untuk mencapai pengelolaan hutan yang benar: (i) evaluasi awal pada tingkat lingkungan, hukum, administrasi dan sosial budaya; (ii) bertanya; (iii) menentukan tujuan pengelolaan, (iv) zonasi kawasan hutan; (v) menghitung hasil kayu dan produk non-kayu yang berkelanjutan; (vi) menyiapkan rencana pengelolaan hutan, (vii) melaksanakan rencana pengelolaan lapangan; dan (viii) memantau dan mengevaluasi langkah-langkah yang diambil melalui penggunaan kriteria dan indikator (Segura, et al. 2020).

Hutan menjadi sumber daya yang dapat diperbarui dan dapat dipertahankan secara lestari dengan intervensi pengelolaan yang

direncanakan dengan baik. Kebutuhan akan pengelolaan dan perencanaan hutan berkembang seiring waktu dengan tuntutan yang didorong oleh populasi manusia. Perencanaan hutan yang ada seringkali bersifat subjektif dan unik pada situasi dan masalah yang sedang berlangsung. Perencanaan hutan juga bervariasi sesuai dengan bidang hutan yang ditangani sehubungan dengan karakteristik dan komposisinya, risiko yang terlibat, visi jangka panjang, dan persyaratan yang divisualisasikan di tingkat lokal atau nasional (Kumar, et al. 2020).

2.3. Zonasi/Blok Pada Penataan Kawasan Hutan Konservasi

Perencanaan konservasi sistematis terdiri dari disiplin ilmu yang berkembang di antarmuka ilmu biologi, matematika dan sosial. Teknik perencanaan konservasi sistematis menawarkan peningkatan yang signifikan atas pendekatan ad hoc dan scoring, karena pendekatan ini diarahkan pada tujuan, transparan, dapat dipertahankan, fleksibel dan bertujuan untuk memenuhi target kuantitatif secara efisien dalam jaringan area konservasi yang representatif dan saling melengkapi. Perencanaan konservasi sistematis telah menginformasikan konservasi baik di darat dan alam laut (Wilson, et al. 2005).

Pengelolaan lingkungan muncul dalam beberapa dekade terakhir sebagai akibat dari degradasi alam dan sumber daya alamnya. Degradasi dapat digambarkan sebagai masalah pendudukan wilayah, yang dilihat sebagai ekspresi spasial dari kebijakan ekonomi, sosial, budaya dan ekologi. Oleh karena itu, pengelolaan lingkungan terpadu mencakup bidang organisasi dan wilayah, mempromosikan tindakan perlindungan lingkungan sebagai bagian dari kegiatan sosial ekonomi. Pengelolaan lingkungan terpadu berarti mengadopsi Zonasi Ekologi-Ekonomi. Zonasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi area kritis, yang mengarah pada tindakan pemantauan yang mengubah penggunaan tanah menjadi aktivitas yang lebih rasional. Ekologi-Ekonomi Zonasi mendefinisikan kesatuan informasi wilayah yang merupakan entitas geografis dengan atribut lingkungan yang memungkinkan

diferensiasi kesatuan ini dari rekan-rekan tetangga mereka. Juga, kesatuan-kesatuan ini memiliki hubungan dinamis yang memungkinkan mereka untuk mengambil bagian dalam jaringan kesatuan teritorial yang kompleks dan terintegrasi (Rios and Ferreira, 2005).

Zonasi adalah teknik perencanaan yang memungkinkan mengevaluasi dan mengklasifikasikan wilayah, sesuai dengan nilai-nilai sumber daya, kepekaan dan kondisi yang diinginkan atau tujuan manajemen. Ini bertujuan untuk menunjukkan tempat di mana berbagai strategi konservasi atau pengembangan dilakukan, dan menentukan masa depan kawasan lindung. Ini akan mengurangi kontroversi di antara pelestarian dan pemanfaatan, sehingga mengarah pada efisiensi dan efektivitas yang tinggi dalam pengelolaan taman. Saat ini, penggunaan teknik-teknik canggih seperti penginderaan jauh (RS) dan SIG dalam zonasi menghasilkan lebih banyak kemudahan dan efisiensi. Penginderaan jauh dapat digunakan untuk menyediakan informasi terkini, yang dinyatakan sangat sulit untuk direkam dengan cara yang hemat biaya sementara SIG memiliki kemampuan untuk menyimpan dan memproses data spasial ini untuk tujuan zonasi (Zafar et al., 2011).

Zonasi juga mendefinisikan area dan perwakilannya dalam format peta. Untuk mencapai itu, perlu membagi wilayah berdasarkan identifikasi "tipe", yang menghasilkan peta tematik seperti tanah, vegetasi, geologi, dan lainnya. Pengambilan keputusan dilakukan melalui overlay tematik yang tersedia di Sistem Informasi Geografis (SIG). Overlay ini memaparkan fenomena degradasi lingkungan, berdasarkan pada proses dinamis stabilitas atau ketidakstabilan lingkungan (Rios and Ferreira, 2005).

Zonasi adalah bagian utama dari prinsip perencanaan, yang sekarang dianggap sebagai alat paling penting dalam pengelolaan kawasan pelestarian. Zonasi merupakan upaya terencana yang dibuat berdasarkan kriteria perlindungan sumber daya (fisik dan biologis) dan pengembangan yang tepat, yang akhirnya mengarah pada pembuatan rencana kegiatan untuk masing-masing zona. Zonasi tidak hanya berguna untuk melindungi keanekaragaman hayati di kawasan yang dikelola, spesies langka dan terancam punah serta

ekosistem yang khas, tetapi juga memainkan peran kunci dalam pembangunan berkelanjutan dari cadangan sumber daya alam dan mencapai tujuan yang ditentukan oleh IUCN untuk kawasan yang dilestarikan (Hasti, et al. 2016).

Zonasi mengacu pada apa yang dapat dan tidak dapat terjadi di berbagai wilayah kawasan lindung dalam hal pengelolaan sumber daya alam, pengelolaan sumber daya budaya, penggunaan dan manfaat manusia, penggunaan pengunjung dan pengalaman, akses, fasilitas dan pengembangan, pemeliharaan, dan operasi Kawasan Lindung. Melalui zonasi manajemen batas penggunaan yang dapat diterima dan pengembangan di Kawasan Lindung ditetapkan. Seringkali, ketika tidak ada informasi yang cukup tentang daerah tersebut, zonasi adalah tindakan yang terjadi selama implementasi rencana pengelolaan. Hal ini memungkinkan daerah-daerah untuk disisihkan untuk kegiatan-kegiatan tertentu seperti perlindungan habitat utama atau area pembibitan dan tempat berkembang biak, penelitian, pendidikan, penahan, perikanan dan pariwisata. Zonasi membantu untuk mengurangi atau menghilangkan konflik antara pengguna yang berbeda dari Kawasan Lindung, untuk meningkatkan kualitas kegiatan seperti pariwisata, dan untuk memfasilitasi kepatuhan. Zonasi adalah metode yang diterima secara luas untuk menjaga orang keluar dari daerah yang paling sensitif, bernilai ekologis, atau memulihkan, dan untuk membatasi dampak pengunjung (Rotich, 2012).

Zona mencerminkan penggunaan lahan yang dimaksudkan, pola penggunaan yang ada, tingkat penggunaan manusia yang diinginkan, dan tingkat manajemen dan pengembangan yang diperlukan. Zonasi dapat memperbaiki penggunaan lahan yang tidak kompatibel di daerah tertentu, sambil memungkinkan untuk ekstraksi sumber daya berkelanjutan yang menguntungkan masyarakat lokal mereka secara konsisten berusaha untuk menentukan di mana sumber daya akan diekstraksi atau dilestarikan dan siapa yang akan mengklaim otoritas dan akses ke daerah-daerah ini. Ini dirancang untuk mengalokasikan area geografis untuk tingkat spesifik dan intensitas

kegiatan manusia dan konservasi. Zonasi juga dapat bersifat sementara, yaitu area yang disisihkan untuk penggunaan yang berbeda pada waktu yang berbeda, dalam perjalanan hari, selama seminggu atau secara Muslimah (Rotich, 2012).

Skema zonasi umumnya mencakup area di bawah perlindungan ketat dan area dengan sedikit pembatasan. Terdapat pula sub-zona yang dapat dimodifikasi berdasarkan musiman atau temporal, mis. untuk akses kapal atau karena siklus organisme berkembang biak. Skema tersebut harus bertujuan untuk memberikan keseimbangan antara konservasi dan penggunaan, dan harus sesederhana mungkin. Jika skema zonasi terlalu kompleks, akan sulit untuk ditegakkan karena pemangku kepentingan mungkin mengalami kesulitan membedakan zona yang berbeda. Rencana zonasi dapat menjadi bagian dari rencana pengelolaan atau dokumen terpisah, dan dalam beberapa kasus tipe zona dituangkan dalam undang-undang Kawasan Konservasi. Rencana tersebut harus mengidentifikasi batas-batas zona yang berbeda dan menjelaskan bagaimana setiap area dapat digunakan. Zonasi bertujuan untuk mempromosikan manfaat sosial yang luas, tetapi hal ini dapat menyebabkan beberapa penuntut kehilangan akses ke hak-hak tertentu, sementara yang lain mendapatkan (atau mendapatkan kembali) aksesnya (Rotich, 2012).

Zonasi memungkinkan kontrol kegiatan secara selektif di berbagai lokasi, termasuk perlindungan yang ketat dan berbagai tingkat penggunaan. Zonasi dapat menetapkan kawasan konservasi inti (situs dengan keanekaragaman tinggi, habitat kritis spesies yang terancam, dan area penelitian khusus) sebagai tempat perlindungan di mana penggunaan yang mengganggu dilarang dan dapat digunakan untuk memisahkan kegiatan rekreasi yang tidak kompatibel (mengamati burung vs. berburu, atau ski air vs. snorkeling) untuk meningkatkan kenikmatan dan keamanan dari berbagai kegiatan. Ini juga memungkinkan area yang rusak disisihkan untuk dipulihkan. Zonasi harus berlaku untuk semua kegiatan yang terjadi dalam kawasan lindung: konservasi, penggunaan lahan lainnya, dan tentu saja rekreasi dan pariwisata. Zona, dengan kebijakan yang diterapkan padanya,

harus muncul dalam rencana pengelolaan kawasan lindung dan dengan demikian memandu cara pengelolaan kawasan tersebut (Rotich, 2012).

Zonasi kawasan lindung adalah pendekatan lanskap partisi ke berbagai unit penggunaan lahan. Zonasi kawasan lindung adalah pendekatan untuk mengurangi konflik dengan menunjuk area ke dalam unit manajemen dan penggunaan lahan yang berbeda. Identifikasi dan penggambaran zona pengelolaan diperlukan untuk pengelolaan kawasan lindung secara efektif. Strategi dan aktivitas terperinci untuk zona yang berbeda hanya dapat didefinisikan setelah zona manajemen digambarkan. Berbagai karakteristik lahan dapat dievaluasi menggunakan zonasi, proses pengambilan keputusan yang kompleks. Skema zonasi yang umum termasuk zona pelestarian dengan tingkat perlindungan yang tinggi. Zonasi semacam ini sebagian besar dapat mengecualikan aktivitas manusia yang dikelilingi oleh zona yang memungkinkan peningkatan tingkat aktivitas manusia. Sebagian besar kawasan lindung di negara berkembang menderita karena kurangnya zonasi, yang kini menjadi tantangan bagi pemerintah dan pengelola lahan (Farashi, Naderi and Parvian, 2016).

Karena kelompok kepentingan yang berbeda mempunyai tujuan yang berbeda-beda (penduduk lokal, wisatawan, operator pariwisata, dan ilmuwan), beberapa konflik telah diteliti di kawasan lindung. Dengan demikian, zonasi dalam pengelolaan taman dan kawasan lindung adalah strategi dimana konflik akan berkurang dan peluang diberikan untuk mengambil langkah yang diperlukan. Mencapai tujuan perlindungan, penelitian, pendidikan, ilmiah dan rekreasi tidak mungkin tanpa zonasi. Saat ini, jumlah zona telah mencapai 7 untuk berbagai penggunaan. Meskipun nama-nama zona berbeda dari satu negara ke negara lain, mereka tidak berbeda dalam hal tujuan (Hasti, et al. 2016).

Adanya tujuan yang berbeda dari berbagai kelompok kepentingan (penduduk lokal, wisatawan, operator pariwisata, dan ilmuwan) menyebabkan beberapa konflik terjadi di daerah pelestarian. Penetapan zonasi dalam mengelola taman dan kawasan pelestarian merupakan strategi

yang dapat mengurangi konflik dan memberikan peluang untuk mengambil langkah-langkah yang diperlukan dalam mengatasi konflik. Tujuan perlindungan, penelitian, pendidikan, ilmiah, dan rekreasi tidak mungkin tercapai tanpa zonasi. Saat ini, jumlah zona telah mencapai 7 untuk penggunaan yang berbeda. Meskipun nama-nama zona berbeda dari satu negara ke negara lain, mereka tidak berbeda dalam hal tujuan (Hasti, et al. 2016).

Penelitian Hasti et al. (2016) dalam penentuan zonasi wilayah pelestarian Shaho / Kosalan menggunakan evaluasi multi kriteria, menggunakan langkah-langkah : 1. Mengidentifikasi dan mendefinisikan zona untuk kawasan yang penting. 2. Mengidentifikasi dan menyediakan lapisan informasi yang terkait dengan masing-masing zona. 3. Menyediakan model lapisan informasi terpadu untuk setiap zona secara terpisah. 4. Menentukan bobot variabel model. 5. Mengintegrasikan lapisan informasi dan memperkirakan kapasitas daerah untuk setiap zona. 6. Membandingkan kapasitas lokasi di daerah untuk memilih zona terbaik (menggunakan persiapan lahan yang tepat).

Pada dasarnya tidak ada suatu formula khusus untuk menentukan zonasi. Perencana kawasan taman nasional harus memulainya dengan dasar tujuan pengelolaan yang telah ditetapkan. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan zonasi adalah sebagai berikut (Hamidun, 2012) :

1. Perlindungan biodiversitas yang bernilai tinggi.
2. Batasan-batasan yang terkait dengan lanskap dan perbedaan ekologi, seperti kelerengan, jenis tanah, hidrologi, dan nilai lanskap.
3. Penyediaan ajang bagi pengunjung untuk mencari pengalaman yang bervariasi.
4. Eliminasi atau minimasi kegiatan dan pemanfaatan yang merusak sumber daya yang ada di dalam kawasan .
5. Kapabilitas kawasan untuk mendukung berbagai macam keinginan pemanfaatan dan pembangunan.

6. Hasil proses partisipasi atau konsultasi publik.
7. Kebijakan pemerintah yang terkait dengan penggunaan lahan.
8. Pemanfaatan oleh masyarakat setempat yang telah ada.

Dalam pengelolaan kawasan taman nasional, zonasi digunakan untuk mendefinisikan tujuan spasial penggunaan ruang dan pembatasan, dalam pemanfaatan sumberdaya alam. Zonasi dapat dilakukan dengan menggunakan analisis multikriteria. Analisis multikriteria adalah perangkat pengambilan keputusan yang dikembangkan untuk masalah-masalah kompleks multikriteria yang mencakup aspek kualitatif dan atau kuantitatif dalam proses pengambilan keputusan. Pada penelitian/penyusunan zonasi dengan teknik analisis multikriteria, selalu menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam membagi wilayah suatu kawasan ke dalam zona-zona yang dibutuhkan. Hal ini disebabkan karena zonasi selalu berhubungan dengan spasial yang bersifat distribusi geografis (Hamidun, 2012).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah nomor 28 tahun 2011 tentang Pengelolaan Kawasan Suaka Alam (KSA) dan Kawasan Pelestarian Alam (KPA), penataan hutan KSA dan KPA meliputi penyusunan zonasi atau blok pengelolaan dan penataan wilayah kerja. Penyusunan zonasi tersebut dilakukan pada kawasan taman nasional, sedangkan penyusunan blok dilakukan pada KSA dan KPA selain taman nasional. Zona pengelolaan pada kawasan taman nasional meliputi zona inti, zona pemanfaatan, zona rimba, dan/atau zona lain sesuai dengan kepentingan. Zona lain yang dimaksud tersebut antara lain: zona perlindungan bahari, zona koleksi tumbuhan dan atau satwa, zona tradisional, zona rehabilitasi, zona religi, budaya, dan sejarah, dan zona khusus. Blok pengelolaan pada KSA dan KPA meliputi blok perlindungan, blok pemanfaatan, dan blok lainnya. Blok lainnya yang dimaksud tersebut antara lain: blok perlindungan bahari, blok koleksi tumbuhan dan atau satwa, blok tradisional, blok rehabilitasi, blok religi, budaya, dan sejarah, dan blok khusus (PP No. 28 tahun 2011).

2.4. Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis

2.4.1. Penginderaan jauh

Menurut United Nation, istilah Penginderaan Jauh berarti penginderaan permukaan Bumi dari ruang angkasa dengan memanfaatkan sifat-sifat gelombang elektromagnetik yang dipancarkan, dipantulkan atau didifraksi oleh objek-objek yang dirasakan, untuk tujuan meningkatkan pengelolaan sumber daya alam, penggunaan lahan dan perlindungan lingkungan. Dengan demikian, teknik memperoleh informasi tentang suatu objek oleh alat perekam (sensor) yang tidak dalam kontak fisik dengan objek dengan mengukur bagian radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi (Rai, 2013).

Teknologi penginderaan jauh digunakan untuk mengumpulkan informasi tentang permukaan bumi dari platform yang jauh, biasanya sensor satelit atau udara. Sebagian besar data penginderaan jauh yang digunakan untuk pemetaan dan analisis spasial dikumpulkan sebagai radiasi elektromagnetik yang dipantulkan, yang diproses menjadi citra digital yang dapat dilapis dengan data spasial lainnya (Sonti, 2015).

Penginderaan jauh adalah deteksi, pengenalan, atau evaluasi objek dengan menggunakan penginderaan jauh atau alat perekam. Secara historis, penginderaan jauh digital berkembang pesat dari fotografi udara dan interpretasi foto. Informasi yang diekstraksi secara visual dari penginderaan jauh banyak digunakan dalam bidang kehutanan (Jovanović et al., 2018).

Berbagai instrumen dan platform penginderaan jauh telah digunakan dalam beberapa dekade terakhir untuk memperoleh citra untuk mengekstraksi indikator untuk memantau kondisi risiko kebakaran untuk pemetaan risiko satwa liar dengan keberhasilan yang berbeda-beda. Pada dasarnya, pilihan platform penginderaan jauh akan tergantung pada jumlah informasi atau variabel yang tersedia untuk membuat indeks risiko kebakaran atau model dengan tingkat akurasi yang memadai dan untuk memantau perubahan. Terdapat tiga aspek kritis yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan dataset, yaitu (i) Skala (spasial dan

temporal), (ii) kecukupan atau kualitas dataset spasial dan (iii) sumber dataset (Molaudzi and Adelabu, 2019).

Penginderaan jauh modern adalah faktor yang sangat diperlukan dalam studi hutan, terutama jika pemetaan pada skala 1: 10.000 dan 1: 20.000 dengan resolusi spasial yang sangat besar. Data penginderaan jauh dapat memberikan pemahaman spasial tentang karakteristik fisik, penggunaan lahan, distribusi sumber daya, tekanan lingkungan dan perubahan teknologi dan sosial ekonomi. Faktor politik, sosial dan ekonomi akan mengubah beberapa level geospace. Transisi hutan, yang merupakan pergeseran dari proses geospasial deforestasi, menunjukkan hubungan yang kuat dengan faktor sosial ekonomi dan faktor alam. Penginderaan jauh berguna untuk penentuan jumlah pohon per satuan luas yang lebih tepat dalam hektar (ha). Analisis geospasial menggunakan data penginderaan jauh dan algoritma menyatakan jumlah pohon di suatu wilayah. Data beresolusi tinggi cocok untuk mendeteksi perubahan hutan. Dalam kasus seperti itu, kita dapat menggunakan teknik indeks vegetasi perbedaan dinormalisasi (RGB-NDVI) merah, hijau, biru, yang memiliki akurasi deteksi tinggi (Valjarević, et al. 2018).

Pemetaan vegetasi melalui citra penginderaan jauh dapat menjadi persyaratan utama untuk berbagai kegiatan manajemen dan perencanaan pada tingkat lanskap. Meningkatnya tekanan yang diberikan pada lingkungan alam kita oleh populasi manusia membuat kawasan konservasi penting untuk keberlangsungan keanekaragaman hayati. Istilah 'kawasan konservasi' untuk menggambarkan setiap area darat atau laut yang dikelola untuk bertahannya keanekaragaman hayati dan proses alami di situ, melalui kendala pada penggunaan lahan yang tidak kompatibel (Rai, 2013).

Citra satelit dianggap sebagai alat yang sangat berguna untuk mempelajari hutan karena mereka menyediakan mosaik digital pengaturan tata ruang dari tutupan lahan. Peta vegetasi yang berasal dari satelit dan berbagai parameter ekologi lanskap (yaitu, bentuk patch, ukuran patch, jumlah patch, porositas, fragmentasi, interspersi dan penjajaran) dianalisis

oleh berbagai penulis untuk mengkarakterisasi berbagai ekosistem habitat. Selanjutnya, data penginderaan jauh satelit telah berhasil digunakan untuk memperkirakan *Leaf Area Index* (LAI), berdasarkan hubungan antara LAI dan Indeks Vegetasi Perbedaan Normalisasi/*Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Sistem tutupan lahan dan / atau klasifikasi lahan yang akurat sangat penting untuk menyediakan informasi bagi pengelolaan sumber daya alam yang efektif (Rai, 2013).

2.4.2. Sistem informasi geografis

Teknologi penginderaan jarak jauh yang terintegrasi dengan Sistem Informasi Geografis (SIG), membantu dalam mengekstraksi informasi vegetasi dalam jumlah maksimum yang menggambarkan keragaman vegetasi yaitu tingkat, struktur, komposisi dan kondisi. Ketersediaan sumber citra satelit resolusi tinggi baru, misalnya, IKONOS memberikan peluang untuk memetakan fitur-fitur dasar yang sebelumnya tidak tersedia menggunakan citra resolusi menengah (misalnya Landsat, SPOT 4). Resolusi ground dari band panchromatic IKONOS adalah sekitar 1 m, yang terbesar dari setiap satelit. Data IKONOS beresolusi tinggi dapat digunakan untuk mengklasifikasikan spesies pohon dari tegakan campuran (Rai, 2013).

Sonti (2015) menyatakan bahwa “Sistem Informasi Geografis adalah teknologi informasi yang telah digunakan dalam pembuatan kebijakan publik untuk perencanaan dan pengambilan keputusan lingkungan dan hutan selama dua dekade terakhir”. Aplikasi SIG dapat dikelompokkan ke dalam berbagai kategori tergantung pada tingkat integrasi dengan pengelolaan hutan dan sistem keuangan lainnya. Kategori-kategori ini termasuk pengumpulan dan pemeliharaan data, produksi peta, tampilan data dan permintaan, sistem pendukung keputusan. SIG dan teknologi terkait menyediakan rimbawan dengan alat yang kuat untuk penyimpanan catatan, analisis dan pengambilan keputusan. SIG dapat dibentuk untuk memberikan informasi penting tentang sumber daya dan dapat membuat perencanaan dan pengelolaan sumber daya lebih mudah, misalnya, merekam dan

memperbarui inventaris sumber daya, perkiraan dan perencanaan panen, pengelolaan ekosistem, dan perencanaan lanskap dan habitat.

Evolusi teknologi SIG, Global Positioning System (GPS), dan Remote Sensing (RS) telah memungkinkan pengumpulan dan analisis data lapangan dengan cara yang tidak mungkin dilakukan sebelum kedatangan komputer. Saat ini, dengan peningkatan akses ke komputer dan teknologi modern, SIG menjadi semakin populer untuk manajemen sumber daya. Penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) telah membanjiri hampir semua bidang dalam ilmu teknik, alam, dan sosial, menawarkan metode yang akurat, efisien, dapat diproduksi ulang untuk mengumpulkan, melihat, dan menganalisis data spasial (Sonti, 2015).

Meskipun potensinya untuk diintegrasikan ke dalam memecahkan masalah perencanaan terkait dengan entitas spasial, pendekatan pengambilan keputusan multi-kriteria tetap dalam penelitian operasional dan bidang manajemen untuk jangka waktu yang cukup lama. Dari tahun 1990-an, integrasi pendekatan pengambilan keputusan multi-kriteria dengan SIG untuk memecahkan masalah perencanaan tata ruang telah mendapat perhatian yang cukup besar di kalangan perencana kota. Kemampuan SIG untuk berintegrasi dengan pendekatan pengambilan keputusan multi-kriteria telah ditunjukkan dalam studi yang terkait dengan penentuan lokasi untuk fasilitas limbah nuklir dan untuk fasilitas limbah berbahaya. Dan pendekatan pengambilan keputusan multi-kriteria berbasis SIG juga telah diperluas untuk memecahkan masalah perencanaan yang melibatkan multi-tujuan yang saling bertentangan seperti masalah alokasi penggunaan lahan. Relatif sedikit studi yang berkaitan dengan konservasi hutan telah menggunakan pendekatan pengambilan keputusan multi-kriteria dengan teknik SIG. Sebuah evaluasi multi-tujuan berbasis SIG bereksperimen dengan untuk optimasi manajemen taman hijau perkotaan di Italia. Pendekatan pengambilan keputusan multi-kriteria berbasis SIG juga digunakan dalam menyelesaikan konservasi hutan sebagai masalah pembuat keputusan tunggal (Phua and Minowa, 2005).

Tujuan utama SIG adalah untuk mendukung pengambilan keputusan. Dalam SIG, berbagai macam analisis dapat dielaborasi seperti: definisi area yang cocok untuk jaringan infrastruktur perkotaan (air dan saluran air limbah, penerangan, dll); optimalisasi angkutan umum, definisi area potensial untuk rumah sakit, sekolah dan industri; proyeksi pertumbuhan kota dan, bahkan pengendalian epidemi. Sebagai hasilnya, Sistem Manajemen Basis Data dengan fasilitas pemetaan tematik dapat dirancang (Rios and Ferreira, 2005).

Aplikasi Sistem Informasi Geografis memungkinkan penyimpanan, manajemen, dan analisis data terdistribusi spasial dalam jumlah besar. Data ini terkait dengan fitur geografis khusus mereka. Sebagai contoh, data kualitas air akan dihubungkan dengan situs sampling, diwakili oleh suatu titik. Data hasil panen mungkin terkait dengan bidang atau plot eksperimental, yang diwakili pada peta oleh poligon. SIG dapat mengelola berbagai jenis data yang menempati ruang geografis yang sama. Sebagai contoh, agen kontrol biologis dan mangsanya dapat didistribusikan dalam kelimpahan yang berbeda di berbagai jenis tanaman di plot percobaan. Kekuatan SIG terletak pada kemampuannya untuk menganalisis hubungan antara fitur dan data yang terkait (Sonti, 2015).

Analisis dalam SIG mempunyai beberapa metode – metode pendekatan. Secara umum terdapat dua macam metode yang digunakan, yaitu pendekatan kualitatif dan pendekatan kuantitatif. Untuk pendekatan kuantitatif sendiri terbagi menjadi tiga macam cara yaitu secara binary, berjenjang dan berjenjang tertimbang. Beberapa metode kuantitatif tersebut menurut Prahasta (2009) antara lain :

- a. Metode kuantitatif binary merupakan dilakukan dengan mengoverlaykan unsur-unsur penentu kesesuaian modelnya. Kriteria tersebut bersifat mutlak bilamana tidak memenuhi salah satu persyaratan tersebut maka model tersebut dianggap tidak sesuai.
- b. Metode kuantitatif berjenjang yaitu metode dimana tiap unit dalam satu tema memiliki nilai atau harkat yang disesuaikan dengan kontribusi

terhadap penentuan hasil dari modelnya. Disini komponen tema peta pengaruh bersifat sama atau setara kontribusinya.

- c. Metode kuantitatif berjenjang tertimbang adalah metode dimana tiap unit dalam satu tema memiliki nilai atau harkat yang disesuaikan dengan kontribusi terhadap penentuan hasil dari modelnya. Disini perbedaan dengan kuantitatif berjenjang adalah tiap tema memiliki kontribusi yang berbeda sehingga harus dibuat bobot sesuai dengan tingkat pengaruhnya terhadap hasil.

Saat ini, metode evaluasi komprehensif, pemodelan ekologis, dan ekologi lansekap adalah pendekatan utama yang diadopsi untuk penilaian keamanan ekologis. Evaluasi komprehensif menyederhanakan proses evaluasi dan memberikan hasil yang relatif objektif dengan menyederhanakan indeks tanpa kehilangan informasi indeks utama. Ini telah banyak digunakan dalam mengevaluasi wilayah atau ekosistem yang khas secara geografis. Metode pemodelan ekologis, yang didasarkan pada pengembangan model matematika, secara bertahap telah menjadi alat yang valid dalam penilaian dan pengelolaan keamanan ekologis. Metode ini selanjutnya diterapkan pada tingkat individu, komunitas, dan bahkan seluruh ekosistem. Metode ekologi lansekap relatif baru, dan secara bertahap menjadi alat penting untuk mempelajari keamanan ekologis. Ini telah menunjukkan janji yang cukup besar, baik di seluruh negara dan bahkan skala global. Semua metode ini mampu mencapai analisis kuantitatif status keamanan ekologis dengan menggunakan data statistik, tetapi tidak memiliki informasi pola grafik. Oleh karena itu penting untuk membangun sistem regional untuk penilaian keamanan ekologis yang dapat memberikan penilaian kuantitatif dan lebih efektif (Xiuping et al., 2008).

2.4.3. Indeks Perbedaan Vegetasi Normalisasi/*Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*

NDVI adalah indikator grafik sederhana yang dapat digunakan untuk menganalisis pengukuran penginderaan jauh, apakah target yang diamati mengandung vegetasi hijau hidup atau tidak. NDVI adalah salah satu dari

banyak upaya yang paling berhasil untuk secara sederhana dan cepat mengidentifikasi area yang bervegetasi dan kondisinya, «dan itu tetap merupakan indeks yang paling dikenal dan paling sering digunakan untuk mendeteksi kanopi tanaman hijau hidup dalam data penginderaan jauh multispektral. NDVI juga memiliki keunggulan memungkinkan perbandingan antara gambar yang diperoleh pada waktu yang berbeda. Itu berasal dari VI (Vegetation Index) terkait dengan tutupan vegetasi dan statusnya, dan memberikan informasi yang berguna tentang produktivitas dan kesehatan biomassa. VI's memiliki korelasi langsung dengan kandungan klorofil daun dan indeks luas daun / *leaf area index* (LAI) dan bervariasi dalam kaitannya dengan siklus vegetasi dan fenologi. Mereka juga peka terhadap faktor eksternal lainnya, seperti kontribusi tanah dan perilaku optik latar belakang di mana vegetasi tidak sepenuhnya menutupi tanah, geometri pandangan karena sudut sensor akuisisi dan posisi matahari, efek atmosfer, dan faktor lainnya (Jovanović et al., 2018).

NDVI adalah persamaan yang memperhitungkan jumlah inframerah yang dipantulkan oleh tanaman. Tumbuhan hijau hidup menyerap radiasi matahari, yang mereka gunakan sebagai sumber energi dalam proses fotosintesis. Alasan NDVI terkait dengan vegetasi adalah bahwa vegetasi yang sehat merefleksikan sangat baik bagian inframerah-dekat dari spektrum elektromagnetik. Rasio NDVI dihitung dengan membagi perbedaan band inframerah-dekat/ *near-infrared* (NIR) dan warna merah dengan jumlah band warna NIR dan merah untuk setiap piksel pada gambar sebagai berikut: $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$ (Gerdzheva, 2014).

NDVI bervariasi antara -1.0 dan +1.0. Nilai negatif NDVI (nilai mendekati -1) sesuai dengan air dalam. Nilai yang mendekati nol (-0,1 hingga 0,1) umumnya sesuai dengan bidang tandus batuan, pasir, atau salju. Nilai-nilai positif dan rendah mewakili semak dan padang rumput (sekitar 0,2 hingga 0,4), sementara nilai tinggi menunjukkan hutan hujan tropis dan sedang (nilai mendekati 1). Kisaran tipikal adalah antara -0.1 (untuk area

yang tidak terlalu hijau) hingga 0.6 (untuk area yang sangat hijau) (Gerdzheva, 2014).

Karakteristik nilai NDVI adalah sebagai berikut: NDVI dari kanopi vegetasi yang lebat cenderung memiliki nilai positif (0,3 hingga 0,8); awan dan ladang salju mempunyai nilai-nilai negatif dari indeks ini; badan air (mis., lautan, laut, danau, dan sungai) memiliki reflektansi yang agak rendah di kedua pita spektral (setidaknya jauh dari pantai), sehingga menghasilkan nilai NDVI positif yang sangat rendah atau bahkan sedikit negatif; tanah pada umumnya memperlihatkan reflektansi spektra-inframerah dekat yang agak lebih besar daripada merah, dan karenanya juga cenderung menghasilkan nilai NDVI positif yang agak kecil (0,1 hingga 0,2); nilai NDVI yang sangat rendah (0,1 dan di bawahnya) sesuai dengan daerah tandus batuan, pasir, atau salju; nilai moderat mewakili semak dan padang rumput (0,2 hingga 0,3); dan nilai-nilai tinggi (0,6 hingga 0,8) menunjukkan hutan hujan sedang dan tropis. Nilai negatif NDVI mulai dari 0 hingga -0,3 ditampilkan dalam nuansa dari hijau muda hingga ungu tua. Nilai-nilai negatif yang rendah ini terdeteksi di lahan pertanian yang subur (tanpa vegetasi) dan ditampilkan dalam nuansa hijau muda. Di sisi lain, area vegetasi disajikan dengan nilai antara 0 dan 1. Area berumput, padang rumput, dan padang rumput memiliki nilai yang berkisar dari nol (berwarna kuning, karena pemantulan radiasi inframerah yang lebih intens) hingga 0,13 (nada oranye muda). Vegetasi semak memiliki nilai NDVI 0,25 karena pantulan sinar inframerah berkurang (nada merah gelap). Vegetasi hutan, dengan nilai NDVI positif maksimal 0,85 (karena pantulan minimal sinar infra merah), mudah diamati. Hutan konifer memiliki nilai NDVI di atas 0,5, hutan campuran antara 0,35 dan 0,5, dan hutan berdaun lebar antara 0,3 dan 0,4 (Jovanović et al., 2018).

2.4.4. Indeks Perbedaan Air Normalisasi/*Normalized Difference Water Index (NDWI)*

Penginderaan jauh dan SIG dapat membantu dalam menghitung nilai kelembaban dan kebasahan dari fitur tanah. Beberapa studi tentang sifat

basah tanah menggunakan penginderaan jauh dan SIG mengungkapkan bahwa kebasahan tanah berhubungan dengan parameter sensitif untuk struktur dan kesehatan vegetasi. Indeks kebasahan tersebut dihitung dengan SIG dengan menggunakan Normalized Difference Water Index (NDWI) (Karan et. al., 2016).

Terdapat dua cara penginderaan jauh untuk mengekstraksi informasi air menggunakan metode multi-band. Salah satunya adalah dengan menganalisis fitur tanda penciri dari setiap target tanah di antara band spektral yang berbeda, menemukan perbedaan tanda penciri antara air dan target lain berdasarkan analisis, dan kemudian menggunakan pohon logika jika-maka-lainnya untuk menggambarkan tanah dari perairan terbuka. Metode yang lainnya adalah pendekatan band-rasio menggunakan dua band multispektral. Satu diambil dari panjang gelombang yang terlihat dan dibagi dengan yang lain biasanya dari panjang gelombang dekat inframerah (NIR). Metode tersebut menekan kemunculan fitur non-air seperti vegetasi dan lahan, sementara fitur air ditingkatkan, namun tetapi tidak menghapus fitur non air tersebut (Xu, 2006).

Spektral Indeks Air adalah angka tunggal yang berasal dari operasi aritmatika (mis., Rasio, perbedaan, dan perbedaan dinormalisasi) dari dua atau lebih pita spektral. Ambang batas indeks yang sesuai kemudian ditetapkan untuk memisahkan badan air dari fitur penutupan lahan lainnya berdasarkan karakteristik spektral. Desain indeks air spektral didasarkan pada fakta bahwa air menyerap energi pada panjang gelombang inframerah-dekat (NIR) dan gelombang pendek-inframerah (SWIR). Operasi aritmatika tidak hanya meningkatkan sinyal spektral dengan membandingkan pantulan antara panjang gelombang yang berbeda, tetapi juga membatalkan sebagian besar komponen kebisingan yang umum di daerah panjang gelombang yang berbeda (yaitu, kalibrasi sensor dan perubahan kondisi radiasi yang disebabkan oleh pencahayaan, tanah, topografi, dan kondisi atmosfer, dll.) (Ji et al., 2009).

NDWI pertama kali diusulkan pada tahun 1996 untuk mendeteksi air permukaan oleh Gao dan untuk memungkinkan pengukuran tingkat air permukaan. Pendekatan ini telah berhasil digunakan dalam aplikasi di mana diperlukan pengukuran tingkat perairan terbuka (Thakkar, et al. 2017). NDWI diperoleh dari indeks rasio dinormalisasi dari band inframerah dekat dan Short Wave Infrared (SWIR). Pantulan gelombang SWIR berhubungan dengan perubahan pada kandungan air dari penutup bunga dan struktur jaringan dalam berpori dari kanopi pohon. SWIR berbanding terbalik dengan kandungan kelembaban dari daun. Pantulan gelombang NIR dipengaruhi oleh kandungan bahan kering dari daun (Rajan dan Shanmugam, 2018). Secara umum, NDWI dapat mengekstraksi informasi air dengan baik (memisahkan fitur air dan non-air), sehingga NDWI dapat digunakan sebagai faktor ekologis dari analisis sensitivitas ekologis air (Putri *et al.*, 2018).

NDWI dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$NDWI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$$

di mana, SWIR mewakili band gelombang dekat inframerah, NIR mewakili band inframerah dekat (Putri *et al.*, 2018). Besaran NDWI bernilai 1 menunjukkan permukaan yang berupa badan air, sementara NDWI bernilai -1 menunjukkan permukaan yang sama sekali tidak mengandung air (Rahman et al., 2017 dan Thakkar et al., 2017).

NDWI sangat berkorelasi dengan kandungan air kanopi, oleh karena itu NDWI dapat melacak perubahan lebih dekat dalam biomassa tanaman dan tekanan air daripada NDVI (Karan et. al., 2016). NDWI telah banyak digunakan dalam studi terkait kebakaran, seperti pemetaan kerentanan kebakaran hutan, kondisi bahaya kebakaran, prediksi risiko kebakaran, prediksi perilaku kebakaran, evaluasi pasca-kebakaran dan respons vegetasi, dan awal musim kebakaran. Selain itu, telah diterapkan pada studi tahap pertumbuhan vegetasi, seperti siram jarum konifera, tahap hijau rumput dibawah tegakan, dan daun gugur, yang mungkin terkait dengan kejadian kebakaran (Abdollahi et al., 2019).

2.4.5. Citra Satelit Sentinel-2

Sentinel-2 adalah satelit pemantau muka bumi yang diluncurkan oleh badan Eropa, European Space Agency (ESA). Satelit ini diluncurkan pada 23 Juni 2015 dengan nama sentinel 2A. Satelit Sentinel-2 dilengkapi dengan sensor pasif buatan Eropa multispektal yang mempunyai 13 band, 4 band beresolusi 10 m, 6 band beresolusi 20 m, dan 3 band bereolusi spasial 60 m dengan area sapuan 290 km. Pada tanggal 7 Maret 2017 ESA kembali meluncurkan satelit yang identik dengan sentinel 2A yaitu Sentinel 2B, masing-masing mengitari daerah ekuator dan memiliki resolusi temporal hingga 5 hari. Fungsi dari Satelit Sentinel-2 hampir mirip dengan Satelit Landsat, yakni untuk menyajikan data untuk kepentingan monitoring lahan, dan merupakan data dasar untuk penggunaan pada beragam aplikasi, mulai dari pertanian sampai perhutanan, dari monitoring lingkungan sampai dengan perencanaan perkotaan, deteksi perubahan tutupan lahan, penggunaan lahan, pemetaan risiko bencana serta beragam aplikasi lainnya. Sentinel-2 mempunyai waktu perekaman yang berdekatan dengan satelit Landsat. Level produk Sentinel-2 yang tersedia adalah Level 1C, dimana produk telah terkoreksi secara geometrik dan radiometrik (Surface Reflectance) (Kawamuna et al., 2017, Yanuar et al., 2017, dan Putri et al., 2018).

Tabel 2.1. Uraian multispektal sensor citra Sentinel-2 (Sepuru and Dube, 2018)

Saluran / Band	Spektral	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial (m)
Band 1	Coastal/Aerosol	0.433–0.453	60 m
Band 2	Blue	0.458–0.52	10 m
Band 3	Green	0.543–0.578	10 m
Band 4	Red	0.650–0.698	10 m
Band 5	Vegetation red edge	0.698–0.713	20 m
Band 6	Vegetation red edge	0.733–0.748	20 m
Band 7	Vegetation red edge	0.765–0.785	20 m
Band 8	Near Infrared (NIR)	0.785–0.900	10 m
Band 8a	Vegetation red edge	0.855–0.815	20 m
Band 9	water vapour	0.930–0.950	60 m
Band 10	SWIR-Cirrus	1.365–1.385	60 m
Band 11	SWIR	1.565–1.655	20 m
Band 12	SWIR	2.100–2.280	20 m

2.5. Faktor Biofisik Kawasan

2.5.1. Tutupan lahan

Tutupan lahan mengacu pada karakteristik fisik permukaan bumi, yang ditangkap dalam distribusi vegetasi, air, tanah, dan fitur fisik tanah lainnya, termasuk yang diciptakan semata-mata oleh aktivitas manusia, misalnya permukiman. Sedangkan tata guna lahan mengacu pada tata cara pemanfaatan lahan oleh manusia dan habitatnya, biasanya dengan penekanan pada peran fungsional lahan untuk kegiatan ekonomi. Pola penggunaan/tutupan lahan suatu wilayah merupakan hasil dari faktor alam dan sosial ekonomi serta pemanfaatannya oleh manusia dalam ruang dan waktu. Informasi tentang penggunaan/tutupan lahan dan kemungkinan untuk penggunaan yang optimal sangat penting untuk pemilihan, perencanaan dan implementasi skema penggunaan lahan untuk memenuhi tuntutan kebutuhan dasar dan kesejahteraan manusia yang semakin meningkat (Halimi et al., 2017).

Berbagai tipe tutupan lahan mempengaruhi erosi tanah pada berbagai tingkat yang berbeda. Tutupan vegetasi yang lebat berarti lebih sedikit erosi dan selanjutnya tingkat kehilangan tanah yang rendah yaitu dengan mengurangi kecepatan limpasan, gerakan horizontal panjang dan energi potensial berkurang. Potensi tutupan lahan untuk melindungi tanah dari air hujan yang turun ke bumi, mengurangi dampak tetesan hujan pada partikel tanah, mempengaruhi pula tingkat infiltrasi air ke dalam tanah berbeda-beda. Laju kehilangan tanah menurun secara eksponensial dengan meningkatnya tutupan vegetasi. Peningkatan tutupan vegetasi tersebut dapat meningkatkan laju infiltrasi dan mengurangi kecepatan aliran permukaan. Selain tutupan vegetasi, beberapa faktor penggunaan dan pengelolaan lahan lainnya dapat pula mempengaruhi hilangnya tanah, seperti jenis tanaman, praktik pengolahan tanah, dll (Tadele, et al. 2017).

Dinamika perubahan tutupan penggunaan lahan telah sangat mempengaruhi/mengubah siklus biogeokimia yang mengarah pada modifikasi pertukaran energi atmosfer permukaan, siklus karbon dan air,

kualitas tanah, keanekaragaman hayati, kemampuan sistem biologis untuk mendukung kebutuhan manusia dan pada akhirnya berpengaruh pada iklim di semua skala. Perubahan penggunaan/tutupan lahan mempercepat laju erosi tanah yang menyebabkan degradasi tanah dan merupakan pencemaran penting badan air dan berdampak pada ekosistem air. Jumlah relatif dari jenis penggunaan/tutupan lahan tertentu di suatu DAS biasanya mempengaruhi kualitas air. Terdapat banyak hubungan antara karakteristik permukaan tanah dan siklus hidrologi (Sewnet, 2015).

Tutupan vegetasi merupakan salah satu indikator terpenting dalam pengukuran kapasitas ekologi untuk pemulihan diri di antara berbagai indikator pengukuran. Saat ini, pada penelitian penginderaan jauh vegetasi, tutupan vegetasi ditampilkan dalam indeks vegetasi perbedaan yang dinormalisasi/normalized difference vegetation index (NDVI). NDVI paling banyak digunakan, karena merupakan faktor terbaik untuk menunjukkan status pertumbuhan dan tutupan vegetasi. Secara spesifik nilai NDVI berkisar antara -1 hingga 1 , jika tidak ada tutupan vegetasi di permukaan bumi, maka nilai NDVInya negatif atau nol. Sebaliknya, tutupan vegetasi akan membuat nilai NDVI menjadi positif dan berkorelasi positif, yaitu semakin banyak tutupan vegetasi berarti semakin tinggi nilainya. Dapat diartikan pula bila lebih banyak tutupan vegetasi, maka kekuatan pemulihan ekologis yang lebih kuat dan kerentanan yang lebih rendah (Zhang et al., 2015).

Degradasi vegetasi mengakibatkan penurunan biomassa yang tersedia, dan penurunan tutupan vegetatif. Berbeda dengan deforestasi, yang didefinisikan sebagai “pembukaan hutan untuk pertanian atau tujuan lain”, degradasi vegetasi mengacu pada “pengurangan sementara atau permanen dalam kepadatan, struktur, komposisi spesies atau produktivitas tutupan vegetasi”. Definisi tersebut menunjukkan bahwa pengurangan yang dimaksud tidak hanya dalam kuantitas biomassa tetapi juga kualitasnya. Degradasi vegetasi merupakan faktor utama yang berkontribusi terhadap erosi tanah dan hilangnya bahan organik tanah. Tutupan vegetasi alami

mencerminkan kondisi iklim dan tanah tetapi juga dipengaruhi oleh aktivitas antropogenik seperti perambahan untuk budidaya dan penggembalaan. Pada ketinggian yang lebih tinggi, di sebagian besar bagian pegunungan dari lembah pegunungan ini digantikan oleh hutan terbuka xeromorfik (Masoudi and Jokar, 2018).

2.5.2. Kebasahan/kelembaban lahan

Data terkait kelembaban tanah merupakan salah satu informasi yang diperlukan bagi pengelola kawasan baik pemerintah maupun swasta terkait manajemen sumber daya air, manajemen budidaya, peringatan awal kekeringan, dan perkiraan cuaca/iklim. Kelembaban tanah penting bagi manajemen budidaya terkait dengan pengaruhnya terhadap pertumbuhan vegetasi, dimana beberapa jenis vegetasi memerlukan prasyarat tingkat kelembaban tertentu untuk pertumbuhannya. Kelembaban tanah berpengaruh pada kandungan air dalam vegetasi yang berperan penting terhadap jalannya fungsi metabolisme suatu vegetasi. Hal ini terkait dengan daun sebagai tempat berlangsungnya proses fotosintesis, sebagian besarnya tersusun dari sel yang mengandung air. Selain itu, kelembaban tanah juga menentukan masa panen dalam kegiatan pertanian atau kehutanan terkait dengan alat-alat mekanik yang berat yang dapat merusak struktur tanah (Achmad, et al. 2018).

Saat ini pemantauan kondisi kelembaban dapat dilakukan dengan teknologi penginderaan jauh. Teknologi ini menggunakan data data digital citra satelit dan pengukurannya mampu mencakup daerah yang lebih luas sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan efektifitas. Salah satu metode dalam penginderaan jauh guna mendeteksi kelembaban permukaan tanah adalah dengan menggunakan analisis indeks kebasahan atau NDWI (Normalized Difference Water Index) (Achmad et al., 2018). Beberapa studi tentang sifat basah tanah menggunakan penginderaan jauh dan SIG mengungkapkan bahwa kebasahan tanah berhubungan dengan parameter sensitif untuk struktur dan kesehatan vegetasi (Karan et. al., 2016)

Kombinasi indeks vegetasi dan indeks kebasahan dapat digunakan untuk pemantauan kekeringan. Indeks kebasahan sering digunakan dalam ilmu tanah dan hidrologi untuk dijadikan sebagai indikator wilayah yang berpotensi banjir. Indeks basah juga dapat menjadi parameter yang digunakan untuk mengidentifikasi kekeringan, kebakaran hutan, kebutuhan air tanaman, dan pembangunan pertanian. Sementara indeks vegetasi juga sangat berguna dalam ilmu di bidang pertanian, indeks vegetasi digunakan untuk menentukan kualitas dan distribusi vegetasi (Ximenes et al., 2018).

2.5.3. Jenis Batuan

Litologi atau tipe batuan merupakan penggambaran jenis batuan yang ada di suatu wilayah. Data litologi sangat diperlukan untuk mengetahui kondisi kestabilan lereng. Jenis-jenis batuan berpengaruh dan berperan terhadap kemungkinan satu lereng untuk mengalami kelongsoran. Sifat kepekaan batuan terhadap erosi dan longsor ditentukan oleh asal batuan dan komposisi mineral. Faktor yang berperan dalam jenis batuan adalah kekerasan dan kesolidan dari material yang menyusun jenis batuan tersebut. Misalnya batuan kuarsa, batuan beku dan gamping, termasuk ke dalam jenis batuan yang kompak dan resisten, sehingga pada kawasan yang tersusun batuan tersebut sulit terjadi longsor lahan. Berbeda dengan kawasan yang tersusun dari batuan pasir, maka akan lebih mudah mengalami erosi dan longsor. Parameter dari litologi dapat diekstraksi dari Peta Geologi (Suryanti dan Farda, 2015 dan Faizin dan Bambang, 2017).

Litologi berperan penting dalam terjadinya dan distribusi air tanah. Jenis batuan yang terekspos ke permukaan secara signifikan mempengaruhi pengisian ulang air tanah. Litologi mempengaruhi pengisian ulang air tanah dengan cara mengontrol perkolasi aliran air (Yeh, et al. 2016).

2.5.4. Jenis tanah

Jenis tanah memainkan peranan yang penting dalam jumlah air yang dapat menyusup ke dalam formasi bawah permukaan dan karenanya mempengaruhi pengisian ulang airtanah. Tekstur tanah dan karakteristik

hidrolik merupakan faktor utama yang dipertimbangkan untuk memperkirakan laju infiltrasi (Arulbalaji et al., 2019).

Tekstur tanah berpengaruh terhadap permeabilitas tanah. Tanah yang mempunyai tekstur halus dan permeabilitas kecil maka tingkat infiltrasi air ke dalam tanah menjadi semakin kecil. Infiltrasi air ke dalam tanah yang lambat menyebabkan aliran permukaan meningkat sehingga genangan air juga meningkat. Sebaliknya, semakin besar tingkat resapan (infiltrasi) tanah, maka semakin kecil tingkat air larian, sehingga genangan air menjadi menurun dan aliran ke dasar (base-flow) dapat naik. Jenis tanah dengan prosentase kandungan pasir yang besar akan mudah melewati air ke dalam tanah. Selain faktor tekstur tanah, kemampuan tanah meloloskan air juga dipengaruhi oleh porositas, kontinuitas pori-pori tanah, dan bahan organik (Budiarti et al., 2018).

Erosiabilitas suatu tanah akibat limpasan curah hujan akan meningkat secara proporsional dengan peningkatan jumlah kandungan pasir halus dan lanau/lempung. Misalnya, semakin halus dan kaya tekstur tanah dalam rasio lempung, maka tanah terhadap pelepasan partikel akan semakin tahan dan semakin rendah faktor erodibilitas tanah dan sebaliknya. Selain itu, kandungan bahan organik merupakan faktor kunci yang menentukan efisiensi lapisan tanah. Ini berkontribusi pada peningkatan agregasi partikel (karena resistensi agen pengkelat) dan infiltrasi air (Woldemariam, et al. 2018).

2.5.5. Kelerengan

Sudut kemiringan lereng adalah cara gravitasi menciptakan tekanan pada batuan lereng, aliran air, dan material lainnya. Kelerengan merupakan karakteristik medan/permukaan yang penting yang mengekspresikan kecuraman permukaan tanah. Oleh karena itu, sudut kemiringan lereng sangat penting dalam hidrologi dan geomorfologi (Ahmad, 2018). Kelerengan memberikan informasi penting tentang sifat proses geologi dan geodinamik yang beroperasi pada skala regional. Kelerengan permukaan pada dasarnya mempengaruhi limpasan permukaan dan laju infiltrasi.

Lereng yang lebih luas akan menghasilkan imbuhan yang lebih kecil ke dalam tanah karena air yang diterima dari curah hujan mengalir dengan cepat menuruni lereng yang curam selama hujan. Hal itu menyebabkan air tidak memiliki waktu tinggal yang cukup untuk menyusup dan mengisi ulang zona jenuh (Arulbalaji et al., 2019).

Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh faktor kelerengan. Pada kelerengan dengan kemiringan lebih besar dari 25° , hanya semak dan pohon kecil yang bisa tumbuh, dan bila kemiringan lebih besar dari 45° sangat sedikit tumbuhan yang bisa tumbuh, bahkan rumput pun sulit tumbuh pada kelerengan tersebut (Lin et al., 2018). Semakin curam suatu lereng, maka semakin mudah terjadi kehilangan air dan tanah. Dampak lebih lanjut adalah vegetasi di atasnya akan lebih mudah rusak dan lebih sulit pulih. Hal itu akan memiliki dampak ekologi dan visual yang signifikan, tetapi kealamian dari lereng tersebut tinggi (Wu, et al. 2015).

Lereng yang landai menawarkan tanah yang subur dan vegetasi yang lebat dapat mentolerir aktivitas intensitas tinggi seperti pertanian dan konstruksi, dan cenderung lebih sering dipengaruhi oleh aktivitas manusia yang lebih besar daripada lereng yang curam. Seiring dengan adanya peningkatan kelerengan, maka topografinya menjadi lebih rumit. Peningkatan tersebut membuat lingkungan ekologi secara natural menjadi lebih rapuh dan memiliki daya dukung ekologis yang lebih kecil. Oleh karena itu pengembangan ekowisata di daerah tersebut harus memenuhi batasan lingkungan yang ketat (Wu, et al. 2015).

Topografi dan kelerengan juga merupakan faktor penting yang mempengaruhi resiko kebakaran di suatu wilayah. Api berpotensi bergerak paling cepat menuruni lereng dan paling cepat ke atas lereng. Selain itu, resiko kebakaran meningkat seiring dengan peningkatan kemiringan tanah (Akay and Erdogan, 2017). Semakin curam kelerengan suatu area, maka perambatan dan persebaran api akan lebih cepat. Pada lereng yang sangat curam juga akan terjadi turbulensi api, sehingga suhunya menjadi lebih

panas, serta terjadi pelompatan api yang akan menyebabkan kebakaran yang lebih besar dan meluas (Azkaa, et al. 2018).

Pada penelitian menggunakan penginderaan jauh, kelerengan diperoleh dengan menggunakan model elevasi digital (DEM), yaitu dengan menggunakan informasi kontur dari peta topografi, untuk memperkirakan sudut kemiringan lereng dalam derajat. Fungsi kemiringan DEM menghitung laju perubahan maksimum antara setiap sel dan sel tetangganya (misalnya, perubahan ketinggian maksimum pada jarak antara sel tertentu dan delapan sel tetangganya). Setiap sel dalam raster keluaran memiliki nilai kemiringan: semakin rendah nilai kemiringan, semakin datar medannya; semakin tinggi nilai kemiringannya, semakin curam medannya (Ahmad, 2018).

2.6. Sensitivitas Ekologis Dan Tekanan Ekologis

2.6.1. Sensitivitas Ekologis

Sensitivitas ekologis adalah tingkat respons ekosistem terhadap aktivitas manusia dan perubahan lingkungan alami. Ini dapat menunjukkan sejauh mana masalah lingkungan ekologis cenderung terjadi di satu wilayah tertentu. Meskipun beberapa peneliti telah mempelajari sensitivitas ekologis atau penilaian kerentanan dari satu jenis atau berbagai jenis masalah ekologi di suatu negara, provinsi, teori skala regional atau daerah aliran sungai atau studi kasus, namun jarang dilaporkan untuk ekosistem dataran tinggi alpine dan dataran tinggi (Yuanzheng *et al.*, 2017).

Analisis tingkat sensitivitas ekologis suatu ekosistem dapat dipakai untuk memprediksi respons yang mungkin terjadi dari kemungkinan gangguan-gangguan pada sistem ekologi. Sensitivitas juga dimaknai sebagai rasio antara kekuatan dari luar yang akan menyebabkan perubahan kondisi asli ekosistem dengan kekuatan internal ekosistem dalam mempertahankan keseimbangannya. Daerah-daerah yang dianggap sensitif biasanya adalah daerah yang secara biologis memiliki tingkat keanekaragaman hayati tinggi atau merupakan tempat hidup jenis-jenis flora

dan atau fauna penting (endemik, langka, dan terancam punah) (Royana, 2013).

Sensitivitas ekologis mengacu pada tingkat sensitivitas dari entitas ekologi dan elemen-elemennya terhadap interferensi dan tekanan, yang juga disebut sebagai probabilitas ekologi menghadapi interferensi. Semakin tinggi sensitivitasnya, semakin besar kemungkinan ancaman bagi ekologi, dan semakin rendah sensitivitasnya, semakin kecil kemungkinan risikonya. Ketahanan ekologis mengacu pada kapasitas penyesuaian diri dan pemulihan setelah sebuah peristiwa. Interferensi eksternal menambah tekanan pada ekologi, tetapi jika ekologi dapat menahan tekanan (yaitu cukup ulet), maka kondisi ekosistemnya akan tetap stabil dan sehat (Zhang *et al.*, 2015).

Analisis sensitivitas kawasan adalah analisis untuk melihat daerah-daerah yang rentan mengalami kerusakan bila terganggu dan/atau memiliki nilai penting sebagai penyangga kehidupan dan habitat spesies asli, khas, endemik, langka dan terancam punah. Kondisi suatu kawasan memiliki tingkat sensitivitas sangat tinggi bila kawasan tersebut merupakan daerah bahaya erosi, daerah tangkapan air dan daerah perlindungan satwa (Yuniarsih, *et al.* 2014).

Sensitivitas ekologis didefinisikan sebagai adaptabilitas faktor ekologis terhadap tekanan eksternal atau gangguan eksternal di bawah premis tidak ada kehilangan atau pengurangan kualitas eko-lingkungan. Analisis sensitivitas lingkungan adalah analisis eko-lingkungan regional pada sensitivitas aktivitas manusia dan ketahanan ekosistem. Faktor-faktor utama dari kepekaan ekologi seperti elevasi, air, keanekaragaman hayati, penggunaan lahan, zona perlindungan jalan (Mingwu, *et al.* 2010).

Sensitivitas ekosistem didasari oleh sensitivitas habitat bagi spesies penting. Untuk menilai sensitivitas ekosistem Liu *et al.* (2017) memilih empat faktor, yaitu kawasan cagar alam, daerah sumber air, jenis tutupan lahan dan tingkat kemiringan lereng. Alasan untuk memilih faktor tersebut adalah (i) memberikan kontribusi yang tinggi terhadap kepekaan ekosistem

dan (ii) ketersediaan data dari faktor tersebut. Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) digunakan untuk mendapatkan bobot untuk empat faktor yang dipilih melalui metode pair-comparison yang sangat mudah bagi pelaksana dan ahli dan kemudian menghitung bobot dari 0 hingga 1 untuk semua faktor yang dipilih. Hal ini adalah pendekatan yang relatif obyektif untuk mendapatkan bobot. Berbagai tingkat sensitivitas dari 1 hingga 9 ditetapkan untuk sub-faktor yang berbeda (yaitu, kelas) dari masing-masing faktor lingkungan. Cagar alam nasional dan lahan basah diberi tingkat sensitivitas tinggi untuk kepentingan mereka terhadap ekosistem alam. Ketika jenis tutupan lahan terintegrasi, daerah sumber air yang penting, cagar alam dan lereng, dan menerapkan pemodelan dalam GIS (Liu et al., 2017).

Sensitivitas vegetasi mengacu pada tingkat sensitif tipe vegetasi oleh lingkungan sekitarnya. Berdasarkan ekstrak kategori dari citra satelit, bersama dengan verifikasi dengan inspeksi di tempat, diperoleh peta jenis vegetasi. Hubungan yang sesuai antara vegetasi dan tingkat sensitif ditentukan melalui mencari saran dari para ahli. Evaluasi sensitivitas ekologi dari erosi tanah adalah untuk mengevaluasi tingkat erosi tanah yang sensitif oleh aktivitas manusia untuk mengidentifikasi area yang mudah terjadi terhadap erosi tanah. Faktor utama erosi tanah meliputi pengendapan, tekstur tanah dan topografi dipilih untuk analisis sensitivitas faktor tunggal (Mingwu, et al. 2010).

Pemodelan zona sensitif penting untuk memahami dinamika tutupan hutan di hutan cagar. Model-model ini dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang faktor-faktor yang mendorong perubahan hutan dan menghasilkan skenario tutupan hutan di masa depan untuk mendukung desain respons kebijakan. Oleh karena itu, penelitian menyeluruh tentang kawasan yang sensitif secara ekologis akan membantu untuk merumuskan strategi pengelolaan yang lebih baik di tingkat mikro. Perumusan tersebut dilakukan dengan memahami faktor-faktor penyebab untuk pembentukan, penggunaan dan pemeliharaan hutan dan untuk melaksanakan rencana

pengelolaan yang efektif, yang dikenal karena perannya dalam pencegahan kerusakan dan perlindungan lingkungan. Untuk memantau tutupan hutan dan pola degradasi, penginderaan jauh menawarkan pengamatan yang konsisten pada skala yang lebih halus dengan lebih presisi dan dengan biaya yang efektif dan dianggap sebagai sumber data penting untuk penilaian lingkungan karena menyediakan informasi berharga untuk menafsirkan lanskap (Selvalakshmi *et al.*, 2014).

Daerah Sensitif secara Ekologis (Ecologically Sensitive Areas/ESA) adalah area spesifik yang memiliki nilai alami, budaya, dan geografis atau rapuh / rentan terhadap faktor-faktor kerusakan keseimbangan ekologis. Sebagian besar potensi ESA sedang terdegradasi belakangan ini karena berbagai dampak kegiatan pembangunan termasuk tekanan biotik. Terdapat sekitar tiga belas parameter utama yang telah diidentifikasi untuk mengenali suatu daerah sebagai Daerah Sensitif secara Ekologis. Tiga belas indikator utama tersebut dikelompokkan dalam 3 kategori utama seperti (1) indikator berbasis spesies (endemik, langka, hampir punah, pusat evolusi spesies yang dijinakkan) terkait dengan karakteristik spesies yang sedang atau mungkin terancam punah, (2) Berbasis ekosistem (koridor satwa liar, ekosistem khusus, tempat berkembang biak khusus, daerah dengan daya tahan rendah intrinsik, hutan keramat, hutan perbatasan) menjadi penting untuk kelangsungan hidup kategori pertama, (3) Fitur berdasarkan geomorfologi (pulau tak berpenghuni di laut, curam kemiringan dan asal-usul sungai) yang diketahui memiliki efek substansial pada ekosistem pada umumnya (Sudhakar, et al. 2006).

2.6.2. Tekanan Ekologis

Zheng *et al.*, (2015) mengidentifikasi tekanan ekologis pada ekosistem padang rumput dan penanggulangan adaptif di Cina Utara. Penelitiannya mengungkapkan bahwa sumber utama tekanan ini termasuk pertumbuhan populasi, pengembangan ekonomi, eksploitasi sumber daya, dan perubahan iklim global, dengan kegiatan yang berhubungan dengan manusia menjadi faktor utama. Padang rumput dan padang pasir Cina Utara

menghadapi tekanan luar biasa dari populasi manusia. Pada akhir 2008, total populasi di padang rumput beriklim timur laut telah mencapai 94,99 juta dan kepadatan populasi telah meningkat menjadi 71,8 orang / km². Angka terakhir melebihi kapasitas muatan populasi lokal (12 orang / km²) meningkat lebih dari lima kali lipat. Selanjutnya, total populasi di gurun barat laut telah meningkat menjadi 18,32 juta, dengan kepadatan populasi hingga 10,7 orang / km², yang 2,14 kali lipat dari populasi lokal yang mengangkut kapasitas 5 orang / km². Selain itu, total populasi Dataran Tinggi Tibet adalah 13,23 juta, dengan kepadatan populasi 6,6 orang / km². Oleh karena kepadatan populasi yang tinggi ini, area padang rumput yang terdegradasi meningkat secara bertahap, sementara daya dukung dalam hal ukuran populasi yang sesuai telah menurun. Ini menunjukkan bahwa kontradiksi antara populasi manusia dan luas lahan merupakan faktor pembatas utama untuk konservasi keanekaragaman hayati padang rumput.

Interferensi eksternal menambah tekanan pada ekologi, tetapi jika ekologi dapat menahan tekanan (yaitu cukup ulet), maka itu akan tetap stabil dan sehat. Begitu tekanan melebihi batas ketahanan, ekologi mungkin menghadapi perubahan yang tidak dapat diubah dan kehilangan sebagian, atau semua, fungsi ekologisnya. Semakin kuat kapasitas restorasi, semakin rendah tingkat kerentanannya (Zhang *et al.*, 2015).

Faktor manusia mempengaruhi kondisi cagar alam menjadi buruk. Cagar alam yang tidak aman atau cagar alam yang buruk kondisinya selalu berada di daerah pinggiran kota di mana terdapat penggunaan lahan yang intensif, jaringan jalan yang berkembang dengan baik, dan tekanan populasi yang besar. Selain itu, ekonomi yang sedang berkembang dan kota-kota yang berkembang membuat permintaan air yang dramatis. Perusakan, eksploitasi berlebihan air tanah, penggunaan sumber daya air yang tidak rasional dan tindakan penghematan air yang tidak memadai, semuanya mengganggu pasokan air cadangan, mempercepat degradasi dan hilangnya lahan basah, dan menciptakan masalah polusi dan ancaman bagi air lingkungan dan cadangan keanekaragaman hayati (Min, *et al.* 2012).

Di sisi lain deforestasi terjadi karena pendorong penting seperti kedekatan dengan jalan, kota dan hutan/non-hutan seperti di Kamerun selatan. Ketinggian, kemiringan, kedekatan dengan jalan, pemukiman dan kedekatan dengan tepi hutan/non-hutan adalah faktor kunci perubahan hutan di Meksiko tenggara. Topografi juga sering memengaruhi penyebaran dan luasnya konversi hutan. Sebagai contoh, sebuah studi kasus di Kosta Rika menemukan bahwa ketika gradien kemiringan meningkat, deforestasi menurun. Hilangnya hutan dan degradasi dikaitkan langsung dengan kedekatan dengan jalan dan desa hingga 6 km yang mengkonfirmasi efek mengganggu jalan dengan penebangan, penambangan, penggembalaan, pertanian dan pembangunan perkotaan (Selvalakshmi *et al.*, 2014).

Hilangnya hutan, terutama di dekat kawasan pemukiman, telah mengancam kelangsungan hidup banyak spesies di kawasan ini. Adanya penanaman di dalam hutan di sekitar kawasan pemukiman, telah secara drastis mengubah komposisi dan kelimpahan spesies tumbuhan. Selain itu konversi hutan menjadi lahan pertanian menunjukkan peningkatan tekanan pada kawasan hutan dengan lahan yang curam di sekitarnya (Selvalakshmi *et al.*, 2014).

Kerentanan ekologis suatu ekosistem menunjukkan bahwa ia memiliki kemampuan yang lemah untuk melawan gangguan eksternal, mudah berubah dari satu status ke status lainnya, dan sulit untuk dikonversi kembali ke status semula. Sumber daya dan lingkungan ekosistem yang rentan dengan mudah memburuk ke arah tren bertentangan dengan pemanfaatan manusia, sehingga berdampak negatif terhadap pembangunan ekonomi regional. Ekosistem yang lebih sensitif atau rentan memiliki kemungkinan lebih besar mengalami masalah lingkungan ekologis. Dengan demikian, ekosistem yang lebih rentan harus mendapat perhatian lebih besar untuk perlindungan dan restorasi ekologi (Yuanzheng *et al.*, 2017).

Populasi adalah variabel yang paling sering berkorelasi dengan kelangkaan sumber daya dan degradasi keanekaragaman hayati. Dampak dari populasi terhadap lingkungan tidak berkorelasi langsung dengan ukuran

populasi tetapi juga dipengaruhi oleh pola permukiman, penggunaan teknologi, tingkat kemakmuran dan konsumsi, praktik dan kebijakan, dan ketahanan ekosistem yang ditempati. Namun demikian area dengan kepadatan populasi yang lebih tinggi umumnya kurang menarik untuk konservasi keanekaragaman hayati dibandingkan area dengan kepadatan populasi yang lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa populasi yang lebih tinggi menunjukkan probabilitas yang lebih tinggi terhadap adanya kegiatan yang mengubah sistem alam, termasuk gangguan lanskap dari pemukiman manusia, pembangunan infrastruktur dan penggunaan sumber daya lokal lainnya yang berkaitan dengan kelangsungan hidup dan subsistensi (McPherson, et al. 2008).

Tekanan antropogenik, termasuk peningkatan ekstraksi komersial hasil hutan yang disebabkan oleh peningkatan populasi manusia, telah menyebabkan penyusutan dan deforestasi hutan bukit yang meluas. Pada akhirnya tekanan antropogenik tersebut mengubah tutupan lahan alami menjadi penggunaan lahan yang berbeda. Adanya konversi tutupan lahan oleh manusia tersebut, memiliki efek yang luar biasa terhadap habitat alami tumbuhan dan satwa di kawasan ini yang merupakan ancaman bagi kelestarian ekosistem hutan yang rapuh (Islam, et al. 2018).

2.7. Peraturan Terkait Blok/ Zona

2.7.1. Undang-Undang nomor 41 tahun 1999

Kegiatan tata kelola atau pengurusan kawasan hutan di Indonesia diatur dalam Undang-Undang (UU) nomor 41 tahun 1999 tentang Kehutanan. Terkait dengan penataan kegiatan blok atau zona pada kawasan hutan di Indonesia diatur dalam UU tersebut di Pasal 21 dan 22. Pada Pasal 21 disebutkan bahwa pengelolaan hutan meliputi kegiatan :

- a. tata hutan dan penyusunan rencana pengelolaan hutan,
- b. pemanfaatan hutan dan penggunaan kawasan hutan,
- c. rehabilitasi dan reklamasi hutan, dan
- d. perlindungan hutan dan konservasi alam.

Penjabaran Pasal 21 huruf a tentang tata hutan dan penyusunan rencana pengelolaan hutan tersebut, dijelaskan pada Pasal 22 yang meliputi :

- (1) Tata hutan dilaksanakan dalam rangka pengelolaan kawasan hutan yang lebih intensif untuk memperoleh manfaat yang lebih optimal dan lestari.
- (2) Tata hutan meliputi pembagian kawasan hutan dalam blok-blok berdasarkan ekosistem, tipe, fungsi dan rencana pemanfaatan hutan.
- (3) Blok-blok sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dibagi pada petak-petak berdasarkan intensitas dan efisiensi pengelolaan.
- (4) Berdasarkan blok dan petak sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dan ayat (3), disusun rencana pengelolaan hutan untuk jangka waktu tertentu.
- (5) Ketentuan lebih lanjut sebagaimana dimaksud pada ayat (2), ayat (3), dan ayat (4) diatur dengan Peraturan Pemerintah.

Pada penjelasan Pasal 22 ayat (1) disebutkan bahwa tata hutan merupakan kegiatan rancang bangun unit pengelolaan hutan, yang dalam pelaksanaannya memperhatikan hak-hak masyarakat setempat, yang lahir karena kesejarahannya, dan keadaan hutan. Tata hutan mencakup kegiatan pengelompokan sumber daya hutan sesuai dengan tipe ekosistem dan potensi yang terkandung didalamnya, dengan tujuan untuk memperoleh manfaat yang sebesar-besarnya bagi masyarakat secara lestari. Pada ayat (3) dijelaskan bahwa maksud pembagian blok ke dalam petak adalah untuk mempermudah administrasi pengelolaan hutan dan dapat memberikan peluang usaha yang lebih besar bagi masyarakat setempat.

2.7.2. Peraturan Pemerintah (PP) RI nomor 6 Tahun 2007

Dalam rangka melaksanakan Pasal 22, Pasal 39, Pasal 66, Pasal 80 dari Undang-undang Nomor 41 Tahun 1999 di atas, maka Pemerintah menerbitkan Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2002 tentang Tata Hutan dan Penyusunan Rencana Pengelolaan Hutan, Pemanfaatan Hutan dan Penggunaan Kawasan Hutan. Namun PP Nomor 34 Tahun 2002 tersebut belum sepenuhnya mampu memfasilitasi beberapa langkah strategis yang dapat mendorong pertumbuhan investasi, percepatan

pembangunan hutan tanaman, pengendalian degradasi hutan dan peningkatan perekonomian nasional termasuk perekonomian masyarakat di dalam dan sekitar hutan. Oleh karena itu Pemerintah menerbitkan PP Nomor 6 Tahun 2007 tentang Tata Hutan Dan Penyusunan Rencana Pengelolaan Hutan, Serta Pemanfaatan Hutan sebagai pengganti PP Nomor 34 Tahun 2002.

Terkait dengan penataan blok atau zona dalam PP Nomor 6 Tahun 2007 diatur pada Pasal 12 ayat (1) yang berbunyi : Kegiatan tata hutan di KPH terdiri dari :

- a. tata batas;
- b. inventarisasi hutan;
- c. pembagian ke dalam blok atau zona;
- d. pembagian petak dan anak petak; dan
- e. pemetaan.

Yang dimaksud dengan Kesatuan pengelolaan hutan atau KPH tersebut adalah wilayah pengelolaan hutan sesuai fungsi pokok dan peruntukannya, yang dapat dikelola secara efisien dan lestari sebagaimana Pasal 1 huruf 1.

2.7.3. Peraturan Pemerintah (PP) RI nomor 28 Tahun 2011

Selain menerbitkan PP nomor 6 Tahun 2007 yang mengatur tata hutan meliputi seluruh kawasan hutan di Indonesia, terkait pengelolaan secara spesifik di kawasan hutan konservasi, Pemerintah mengeluarkan PP nomor 28 Tahun 2011 tentang Pengelolaan Kawasan Suaka Alam (KSA) dan Kawasan Pelestarian Alam (KPA). PP nomor 28 Tahun 2011 tersebut merupakan pengganti PP Nomor 68 Tahun 1998 tentang KSA dan KPA yang dirasa belum mampu memfasilitasi kebutuhan masyarakat sekitar hutan konservasi, sehingga timbul konflik interaksi hutan dan masyarakat sekitar. PP 28 tahun 2011 kemudian dilakukan perbaikan dengan terbitnya Peraturan Pemerintah nomor 108 Tahun 2015 yang menambahkan beberapa pasal sebagai pelengkap.

Pengaturan mengenai penataan kawasan hutan di KSA dan KPA pada PP 28 Tahun 2011 ini diatur pada Pasal 16 hingga 20. Pada Pasal 16 disebutkan :

- (1) Penataan kawasan hutan di KSA dan KPA meliputi :
 - a. penyusunan zonasi atau blok pengelolaan;
 - b. penataan wilayah kerja.
- (2) Zonasi pengelolaan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan pada kawasan taman nasional.
- (3) Blok pengelolaan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan pada KSA dan KPA selain taman nasional.

Pasal 17 menyebutkan bahwa :

- (1) Penyusunan zona atau blok pengelolaan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 16 huruf a dilakukan oleh unit pengelola dengan memperhatikan hasil konsultasi publik dengan masyarakat di sekitar KSA atau KPA serta pemerintah provinsi dan/atau pemerintah kabupaten/kota.
- (2) Penetapan zona atau blok sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan oleh Menteri atau pejabat yang ditunjuk.

Pasal 18 menyebutkan bahwa :

- (1) Zona pengelolaan pada kawasan taman nasional sebagaimana dimaksud dalam Pasal 16 ayat (2) meliputi:
 - a. zona inti;
 - b. zona pemanfaatan;
 - c. zona rimba; dan/atau
 - d. zona lain sesuai dengan kepentingan.
- (2) Zonasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) ditetapkan oleh Menteri atau pejabat yang ditunjuk berdasarkan kriteria.
- (3) Ketentuan lebih lanjut mengenai kriteria sebagaimana dimaksud pada ayat (2) diatur dengan peraturan Menteri.

Pasal 19 menyebutkan bahwa :

- (1) Blok pengelolaan pada KSA dan KPA selain taman nasional sebagaimana dimaksud dalam Pasal 16 ayat (3) meliputi:

- a. blok perlindungan;
- b. blok pemanfaatan; dan
- c. blok lainnya.

(2) Blok sebagaimana dimaksud pada ayat (1) ditetapkan oleh Menteri atau pejabat yang ditunjuk berdasarkan kriteria.

(3) Ketentuan lebih lanjut mengenai kriteria sebagaimana dimaksud pada ayat (2) diatur dengan peraturan Menteri.

Pasal 20 menyebutkan bahwa :

(1) Penataan wilayah kerja sebagaimana dimaksud dalam Pasal 16 ayat

(1) huruf b meliputi:

- a. pembagian wilayah kerja ke dalam unit pengelola dan seksi wilayah kerja;
- b. pembagian seksi wilayah kerja ke dalam unit yang lebih kecil.

(2) Pembagian wilayah kerja sebagaimana dimaksud pada ayat (1) didasarkan pada batas wilayah administratif pemerintahan daerah dan/atau keragaman sumber daya alam hayati dan ekosistemnya.

Pada penjelasan Pasal 18 ayat (1) huruf d disebutkan bahwa yang dimaksud dengan “zona lain” adalah zona yang ditetapkan karena adanya kepentingan khusus guna menjamin efektivitas pengelolaan KSA atau KPA. Zona lain antara lain: zona perlindungan bahari, zona Koleksi Tumbuhan dan atau Satwa, Zona Tradisional, Zona Rehabilitasi, Zona Religi, Budaya, dan Sejarah, dan Zona Khusus. Zona Perlindungan Bahari merupakan bagian dari kawasan untuk wilayah perairan laut yang ditetapkan sebagai tempat perlindungan jenis tumbuhan, satwa dan ekosistem, serta sistem penyangga kehidupan yang karena letak, kondisi dan potensinya mampu mendukung kepentingan pelestarian pada zona inti. Zona Koleksi Tumbuhan dan atau Satwa merupakan bagian dari kawasan Tahura yang terutama diperuntukkan untuk koleksi tumbuhan dan atau satwa. Zona Tradisional merupakan bagian dari KPA yang ditetapkan untuk kepentingan pemanfaatan tradisional oleh masyarakat yang secara turun-menurun mempunyai ketergantungan dengan sumber daya alam. Zona Rehabilitasi merupakan bagian dari KPA yang

mengalami kerusakan, sehingga perlu dilakukan kegiatan pemulihan komunitas hayati dan ekosistemnya yang mengalami kerusakan. Zona Religi, Budaya, dan Sejarah merupakan bagian dari KPA yang didalamnya terdapat situs religi, peninggalan warisan budaya dan atau sejarah yang dimanfaatkan untuk kegiatan keagamaan, kegiatan adat-budaya, perlindungan nilai-nilai budaya atau sejarah. Zona Khusus merupakan bagian dari KPA yang diperuntukan bagi pemukiman kelompok masyarakat dan aktivitas kehidupannya dan atau bagi kepentingan pembangunan sarana telekomunikasi dan listrik, fasilitas transportasi, dan lain-lain yang bersifat strategis.

Terkait blok lainnya terdapat pada penjelasan Pasal 19 ayat (1) huruf c yaitu Yang dimaksud dengan “blok lainnya” adalah blok yang ditetapkan karena adanya kepentingan khusus guna menjamin efektivitas pengelolaan KSA atau KPA. Blok lainnya antara lain: blok perlindungan bahari, blok Koleksi Tumbuhan dan atau Satwa, blok Tradisional, blok Rehabilitasi, blok Religi, Budaya, dan Sejarah, dan blok Khusus. Blok Perlindungan Bahari merupakan bagian dari kawasan untuk wilayah perairan laut yang ditetapkan sebagai tempat perlindungan jenis tumbuhan, satwa dan ekosistem, sertasistem penyangga kehidupan yang karena letak, kondisi dan potensinya mampu mendukung kepentingan pelestarian pada zona inti. Blok Koleksi Tumbuhan dan atau Satwa merupakan bagian dari kawasan Tahura yang terutama diperuntukkan untuk koleksi tumbuhan dan atau satwa. Blok Tradisional merupakan bagian dari KPA yang ditetapkan untuk kepentingan pemanfaatan tradisional oleh masyarakat yang secara turun-menurun mempunyai ketergantungan dengan sumber daya alam. Blok Rehabilitasi merupakan bagian dari KPA yang mengalami kerusakan, sehingga perlu dilakukan kegiatan pemulihan komunitas hayati dan ekosistemnya yang mengalami kerusakan. Blok Religi, Budaya, dan Sejarah merupakan bagian dari KPA yang didalamnya terdapat situs religi, peninggalan warisan budaya dan atau sejarah yang dimanfaatkan untuk kegiatan keagamaan, kegiatan adat-budaya, perlindungan nilai-nilai budaya atau sejarah. Blok Khusus

merupakan bagian dari KPA yang diperuntukan bagi pemukiman kelompok masyarakat dan aktivitas kehidupannya dan atau bagi kepentingan pembangunan sarana telekomunikasi dan listrik, fasilitas transportasi, dan lain-lain yang bersifat strategi.

2.7.4. Peraturan Menteri Lingkungan dan Kehutanan (Permen LHK) Nomor P.76/Menlhk-Setjen/2015

PP nomor 28 tahun 2011 kemudian dibuat aturan turunan sebagai peraturan pelaksanaannya. Pemerintah kemudian menerbitkan Peraturan Menteri Lingkungan dan Kehutanan (Permen LHK) Nomor P.76/Menlhk-Setjen/2015 tentang Kriteria Zona Pengelolaan Taman Nasional dan Blok Pengelolaan Cagar Alam, Suaka Margasatwa, Taman Hutan Raya dan Taman Wisata Alam. Terbitnya PermenLHK 76/2015 ini mencabut Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.56/Menhut-II/2006 tentang Pedoman Zonasi Taman Nasional yang merupakan turunan PP Nomor 68 Tahun 1998 yang telah dicabut pula. Isi dari PermenLHK 76/2015 ini menjabarkan aturan dari proses penataan kawasan hutan konservasi melalui pendekatan pembagian ruang dengan konsep zonasi atau blok.

Tujuan penyusunan kriteria zona pengelolaan TN, dan blok pengelolaan CA, SM, TAHURA dan TWA pada PermenLHK 76/2015 ini adalah sebagai acuan dalam penataan kawasan guna terwujudnya pengelolaan yang efektif dan efisien (Pasal 2). Pada Pasal 5 ayat (1) disebutkan bahwa Penataan kawasan dalam KSA dan KPA dilakukan dengan perencanaan dengan membagi kawasan hutan konservasi ke dalam zona pengelolaan atau blok pengelolaan sesuai dengan hasil inventarisasi potensi kawasan serta mempertimbangkan prioritas pengelolaan kawasan, yang mencakup :

- a. zona pengelolaan pada TN;
- b. blok pengelolaan pada CA, SM, TAHURA, dan TWA.

Terkait blok pengelolaan pada kawasan Suaka Margasatwa (SM) disebutkan pada Pasal 8 ayat (1), blok pengelolaannya terdiri atas :

- a. blok perlindungan/perlindungan bahari;
- b. blok pemanfaatan; dan/atau

c. blok lainnya.

Pada Pasal (2) yang dimaksud blok lainnya sebagaimana pada ayat (1) huruf c, terdiri atas :

- a. blok rehabilitasi;
- b. blok religi, budaya dan sejarah; dan/atau
- c. blok khusus.

Pada Pasal (3), blok lainnya sebagaimana dimaksud pada ayat (2) ditetapkan apabila telah terdapat kerusakan kawasan, situs budaya/religi/sejarah atau terdapat kegiatan di luar bidang kehutanan sebelum ditetapkannya SM.

Kriteria blok pengelolaan SM sebagaimana dimaksud dalam Pasal 8 ayat (1) disebutkan pada Pasal 12 yang meliputi :

- a. kriteria blok perlindungan/perlindungan bahari meliputi:
 - 1) sebagai areal konsentrasi komunitas satwa/biota utama;
 - 2) sebagai tempat kawin/berpijah, pembesaran dan bersarang satwa/biota utama;
 - 3) tingkat ancaman manusia rendah; dan/atau
 - 4) tempat singgah satwa migran secara periodik.
- b. kriteria blok pemanfaatan merupakan wilayah yang memiliki potensi wisata alam terbatas dan kondisi lingkungan berupa penyimpanan dan/atau penyerapan karbon, masa air, energi air, energi panas dan energi angin.
- c. kriteria blok rehabilitasi merupakan wilayah yang telah mengalami kerusakan sehingga perlu dilakukan kegiatan pemulihan ekosistem.
- d. kriteria blok religi, budaya dan sejarah merupakan wilayah yang memenuhi kriteria sebagai blok perlindungan/perlindungan bahari atau blok pemanfaatan yang telah dimanfaatkan untuk kepentingan religi, adat budaya, perlindungan nilai-nilai budaya atau sejarah.
- e. kriteria blok khusus, meliputi :
 - 1) terdapat bangunan yang bersifat strategis yang tidak dapat dielakkan;

- 2) merupakan pemukiman masyarakat yang bersifat sementara yang keberadaannya telah ada sebelum penetapan kawasan tersebut sebagai SM; dan/atau
- 3) memenuhi kriteria sebagai wilayah pembangunan strategis yang tidak dapat dielakkan yang keberadaannya tidak mengganggu fungsi utama kawasan.

Pasal 18 menyebutkan bahwa :

Ayat (1) kegiatan-kegiatan yang dapat dilakukan dalam blok perlindungan di SM, meliputi :

- a. perlindungan dan pengamanan;
- b. inventarisasi dan monitoring sumber daya alam hayati dengan ekosistemnya;
- c. pembinaan habitat dan populasi dalam rangka mempertahankan keberadaan populasi hidupan liar;
- d. penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan;
- e. pendidikan dan peningkatan kesadartahuan konservasi alam;
- f. pembangunan sarana dan prasarana pengelolaan terbatas untuk menunjang kegiatan pada huruf a, huruf b, huruf c dan huruf d.

Ayat (2) kegiatan-kegiatan yang dapat dilakukan dalam blok pemanfaatan di SM, meliputi :

- a. perlindungan dan pengamanan;
- b. inventarisasi dan monitoring sumber daya alam hayati dengan ekosistemnya;
- c. pembinaan habitat dan populasi dalam rangka mempertahankan keberadaan populasi hidupan liar;
- d. penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan;
- e. pendidikan dan peningkatan kesadartahuan konservasi alam;
- f. pemanfaatan sumber plasma nutfah untuk penunjang budidaya;
- g. pemanfaatan kondisi lingkungan;
- h. wisata alam terbatas;

- i. pembangunan sarana dan prasarana pengelolaan terbatas untuk menunjang kegiatan pada huruf a, huruf b, huruf c, huruf d, huruf e, huruf f dan huruf g.

Ayat (3) kegiatan-kegiatan yang dapat dilakukan dalam blok rehabilitasi di SM, meliputi :

- a. perlindungan dan pengamanan;
- b. inventarisasi dan monitoring sumber daya alam hayati dengan ekosistemnya;
- c. penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan;
- d. pendidikan dan peningkatan kesadartahuan konservasi alam;
- e. pemanfaatan sumber plasma nutfah untuk penunjang budidaya;
- f. pemulihan ekosistem;
- g. pembangunan sarana dan prasarana pengelolaan terbatas untuk menunjang kegiatan pada huruf a, huruf b, huruf c, huruf d, huruf e dan huruf f.

Ayat (4) kegiatan-kegiatan yang dapat dilakukan dalam blok religi, budaya dan sejarah di SM, meliputi :

- a. perlindungan dan pengamanan;
- b. inventarisasi dan monitoring sumber daya alam hayati dengan ekosistemnya;
- c. penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan;
- d. pendidikan dan peningkatan kesadartahuan konservasi alam;
- e. pemanfaatan sumber plasma nutfah untuk penunjang budidaya;
- f. penyelenggaraan upacara adat;
- g. pemeliharaan situs budaya dan sejarah;
- h. pembangunan sarana dan prasarana pengelolaan terbatas untuk menunjang kegiatan pada huruf a, huruf b, huruf c, huruf d, huruf e, huruf f dan huruf g.

Ayat (5) kegiatan-kegiatan yang dapat dilakukan dalam blok khusus di SM, meliputi :

- a. perlindungan dan pengamanan;

- b. inventarisasi dan monitoring sumber daya alam hayati dengan ekosistemnya;
- c. penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan;
- d. pendidikan dan peningkatan kesadartahuan konservasi alam;
- e. pemanfaatan sumber plasma nutfah untuk penunjang budidaya;
- f. pembangunan dan pemeliharaan sarana dan prasarana berupa sarana telekomunikasi dan listrik, fasilitas transportasi dan lain-lain yang bersifat strategis dan tidak dapat terelakkan.



Sekolah Pascasarjana