

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Pengertian Lahan Kritis

Land atau Lahan menurut FAO (Arsyad, 2008) diartikan sebagai lingkungan fisik bagian daratan di permukaan bumi yang terdiri dari data iklim, relief, tanah (*soil*), air dan vegetasi serta segala benda yang ada di atasnya sepanjang ada pengaruhnya terhadap potensi penggunaan lahan tersebut. Dengan demikian maka istilah lahan (*land*) ekuivalen atau sama dengan makna tanah yaitu ruang atau tempat manusia melakukan segala aktivitasnya. Menurut Darmawan (2003) *land use* dapat diartikan sebagai pengaturan pemanfaatan lahan untuk menentukan pilihan yang terbaik dalam mengalokasikan fungsi tertentu sehingga secara umum dapat memberikan gambaran keseluruhan bagaimana daerah-daerah pada suatu kawasan tersebut berfungsi. Dalam perspektif ini, lahan selalu dipandang dalam perspektif spasial, sehingga selalu memiliki ukuran luas. Sebagai unit spasial, lahan merupakan bentuk fisik yang tidak akan hilang walaupun sebagian dari materinya diambil atau dikurangi. Luas lahan secara spasial berkurang terkait dengan perluasan atau penyempitan daratan bumi. Lahan kritis menurut Soedarjanto dan Syaiful (2003), adalah lahan/tanah yang saat ini tidak produktif karena pengelolaan dan penggunaan tanah yang tidak/kurang memperhatikan syarat-syarat konservasi tanah dan air sehingga menimbulkan erosi, kerusakan-kerusakan fisik, tata air, maupun lingkungan. Menurut *Food and Agriculture Organization* atau FAO (1995) dalam Luthfi Rayes (2007), lahan memiliki banyak fungsi yaitu:

1. Fungsi Produksi, yaitu sebagai basis bagi berbagai sistem penunjang kehidupan, melalui produksi yang menyediakan makanan, pakan ternak, serat, bahan bakar kayu, dan bahan-bahan biotik lainnya bagi manusia, baik secara langsung maupun melalui binatang ternak yang termasuk budidaya kolam dan tambak ikan.
2. Fungsi lingkungan biotik, dimana lahan merupakan basis bagi keragaman daratan yang menyediakan habitat biologi dan plasma nutfah bagi tumbuhan, hewan, dan jasad-mikro diatas dan di bawah permukaan tanah.

3. Fungsi pengatur iklim, dimana lahan dan penggunaannya merupakan sumber dari gas rumah kaca dan menentukan neraca energi global berupa pantulan, serapan, dan transformasi dari energi radiasi matahari dan daur hidrologi global.
4. Fungsi hidrologi, dimana lahan berfungsi untuk mengatur simpanan dan aliran sumber daya air tanah dan air permukaan serta mempengaruhi kualitasnya.
5. Fungsi penyimpanan, dimana lahan merupakan gudang (sumber) berbagai bahan mentah dan mineral untuk dimanfaatkan oleh manusia.
6. Fungsi pengendali sampah dan polusi, lahan berfungsi sebagai penerima, penyaring, penyangga, dan pengubah senyawa-senyawa berbahaya yang berada di permukaan bumi.
7. Fungsi ruang kehidupan, lahan menyediakan sarana fisik untuk tempat tinggal manusia, industri, dan aktivitas sosial seperti olahraga dan rekreasi.
8. Fungsi peninggalan dan penyimpanan, lahan merupakan media untuk menyimpan dan melindungi benda-benda bersejarah dan sebagai suatu sumber informasi tentang kondisi iklim dan penggunaan lahan masa lalu.
9. Fungsi penghubung spasial, lahan menyediakan ruang untuk migrasi manusia, dan produksi serta pemindahan tumbuhan dan binatang antar daerah terpencil dari suatu ekosistem alami.

Menurut Rukmana tahun 1995, lahan kritis adalah lahan yang keadaan fisik, kimia, dan biologi tanahnya tidak atau kurang produktif, akibat telah kehilangan lapisan tanah bagian atas (*topsoil*) yang subur karena pengaruh erosi. Menurut Kuswanto (2005), dijelaskan bahwa lahan kritis adalah lahan yang mengalami atau dalam proses kerusakan fisik, kimia, atau biologi yang akhirnya dapat membahayakan fungsi hidrologi, produksi pertanian, pemukiman, dan kehidupan sosial ekonomi dari daerah lingkungannya. Lahan kritis merupakan tanah yang tidak dapat mengatur fungsinya lagi sebagai media pengatur tata air dan unsur produksi pertanian yang baik. Tanah kritis merupakan tanah yang sudah tidak produktif ditinjau dari segi pertanian, karena pengelolaan dan penggunaan yang kurang memperhatikan syarat-syarat pengolahan tanah maupun kaidah konservasi tanah. Kerusakan ini terjadi pada tanah secara bersamaan saling terkait atau sejenis saja. Terancamnya fungsi biologi dapat berakibat fatal misalnya terjadi tanah longsor yang mengakibatkan fungsi produksi tanaman

terancam. Peningkatan jumlah penduduk sejalan pula dengan meningkatnya kebutuhan akan lahan untuk pemukiman sebagai tempat tinggal manusia, industri, maupun lahan pertanian sebagai sarana pemenuhan kebutuhan pangan manusia. Akan tetapi, penggunaan lahan yang kurang terkontrol dan tidak terkendali oleh masyarakat, mendorong timbulnya lahan-lahan kritis yang baru. Dengan demikian tentunya diperlukan usaha pengendalian agar lahan mampu berproduksi dengan baik sesuai dengan kemampuannya.

2.2 Pengolahan Citra Digital

Salah satu analisis spasial yang paling umum di bidang SIG dan pengolahan citra digital adalah klasifikasi. Istilah yang merujuk pada proses interpretasi citra-citra digital hasil penginderaan jauh. Analisis ini merupakan proses penyusunan, pengurutan, atau pengelompokan setiap piksel citra digital multi-spektral (*multi-band*) ke dalam kelas-kelas berdasarkan kriteria/kategori objek hingga dapat menghasilkan sebuah peta tematik (raster). Pada tahap ini dilakukan proses koreksi geometrik untuk menghilangkan kesalahan spasial citra yang disebabkan karena beberapa faktor pada saat perekaman oleh sensor satelit dan pemotongan citra pada daerah kajian untuk memfokuskan daerah yang digunakan dalam penelitian.

1. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik ditujukan untuk memperbaiki nilai piksel supaya sesuai dengan yang seharusnya yang biasanya mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama. Efek atmosfer menyebabkan nilai pantulan objek di permukaan bumi yang terekam oleh sensor menyebabkan perubahan nilai aslinya, tetapi menjadi lebih besar oleh karena adanya hamburan karena proses serapan. Metode-metode yang sering digunakan untuk menghilangkan efek atmosfer antara lain metode pergeseran (histogram *adjustment*), metode regresi, dan metode kalibrasi (Projo Danoedoro, 1996). Koreksi radiometrik perlu dilakukan pada citra dengan berbagai alasan, yaitu: apabila terjadi *stripping* atau *banding* yang seringkali terjadi pada citra yang diakibatkan oleh ketidakstabilan detektor, efek atmosferik yang disebabkan oleh debu, kabut, atau asap yang seringkali menyebabkan efek bias dan pantul pada detektor, serta *line dropout* yang kadang terjadi sebagai akibat dari detektor yang gagal berfungsi dengan tiba-tiba dalam jangka waktu yang bersifat sementara.

2. Koreksi Geometrik

Menurut Mather (1987), koreksi geometrik adalah transformasi citra hasil penginderaan jauh sehingga citra tersebut mempunyai sifat-sifat peta dalam bentuk, skala, dan proyeksi. Koreksi geometri dilakukan sesuai dengan jenis atau penyebab kesalahannya, yaitu kesalahan sistematis dan kesalahan acak, dengan sifat distorsi geometrik pada citra. Koreksi geometrik mempunyai tiga tujuan, yaitu:

- a. Melakukan rektifikasi (pembetulan) atau restorasi (pemulihan) citra agar koordinat citra sesuai dengan koordinat geografis.
- b. Meregristasi (mencocokkan) posisi citra dengan citra lain yang sudah terkoreksi (*image to image rectification*) atau mentransformasikan sistem koordinat citra multispektral dan multi temporal.
- c. Meregristrasi citra ke peta atau transformasi sistem koordinat citra ke koordinat peta (*image to map rectification*), sehingga menghasilkan citra dengan sistem proyeksi tertentu.

2.3 Klasifikasi Penutupan Lahan

Informasi tutupan lahan terbaru berupa peta hasil klasifikasi citra dapat diperoleh melalui teknik penginderaan jauh. Teknik ini dianggap penting dan efektif dalam pemantauan tutupan lahan karena kemampuannya dalam menyediakan informasi keragaman spasial di permukaan bumi dengan cepat, luas, tepat, serta mudah. Klasifikasi dapat diartikan sebagai proses mengelompokkan piksel-piksel ke dalam kelas-kelas atau kategori yang telah ditentukan berdasarkan nilai kecerahan (*brightness value/BV* atau *digital number/DN*). Klasifikasi citra pada dasarnya bertujuan untuk mendapatkan gambaran atau peta tematik yang berisikan bagian-bagian yang menyatakan suatu objek atau tema. Klasifikasi bentuk dalam citra pada awalnya dimulai dengan interpretasi visual citra atau interpretasi citra secara manual untuk mengidentifikasi kelompok piksel yang homogen yang mewakili beragam bentuk atau kelas liputan lahan yang diinginkan.

Klasifikasi digital pada suatu citra adalah suatu proses dimana piksel-piksel dengan karakteristik *spectral* yang sama dan diasumsikan sebagai kelas yang sama serta

diidentifikasi dan ditetapkan dalam suatu warna. Klasifikasi digital ini memiliki keunggulan pada pemisahan antar objek yang akurat dan presisi dimana proses klasifikasi ini dilakukan berdasarkan segmentasi objek, bukan berdasarkan piksel serta memiliki kelebihan dalam efisiensi waktu pengerjaan (Noviar,2012). Klasifikasi secara digital yang menempatkan piksel ke dalam kelas-kelas secara umum dapat dilakukan dalam dua cara yakni Klasifikasi Terbimbing (*Supervised Classification*) dan Klasifikasi Tidak Terbimbing (*Unsupervised Classification*) (Mukhaiyar,2010). Klasifikasi terbimbing adalah klasifikasi yang dilakukan dengan arahan analisis *supervised* dimana kriteria pengelompokkan kelas ditetapkan berdasarkan penciri kelas (*Class Signature*) yang diperoleh melalui pembuatan contoh area (*Training Area*). Menurut Marini tahun 2014, klasifikasi terbimbing merupakan metode yang diperlukan untuk mentransformasikan data citra multispektral ke dalam kelas-kelas unsur spasial dalam bentuk informasi tematis.

Metode klasifikasi terbimbing diawali dengan pembuatan daerah contoh untuk menentukan penciri kelas. Kegiatan tersebut merupakan suatu kegiatan mengidentifikasi prototipe (*cluster*) dari sejumlah piksel yang mewakili masing-masing kelas atau kategori yang diinginkan dengan menentukan posisi contoh di lapangan dengan bantuan peta tutupan lahan sebagai referensi setiap kelasnya. Jumlah kelas yang diambil disesuaikan dengan masing-masing luas penampakan. Hal tersebut untuk menghindari ragam matrik yang *singular* dimana piksel per-kelasnya tidak bisa dihitung (Jaya, 2010). Pada analisis sistem kerja metode terbimbing (*supervised*) terlebih dahulu diharuskan menetapkan beberapa *training area* pada citra kelas lahan tertentu. Daerah yang memiliki nilai piksel sejenis akan dimasukkan kedalam kelas lahan yang telah ditetapkan sebelumnya. Metode *Maximum Likelihood* ini menghasilkan hasil klasifikasi yang lebih akurat pada mekanisme evaluasi terhadap jarak dan variasi statistik untuk pemisahan setiap kelasnya. Metode ini mengelompokkan piksel yang belum diketahui identitasnya berdasarkan vektor rata-rata dan matriks ragam peragam dari setiap pola spektral kelas informasi. Piksel dimasukkan menjadi salah satu kelas yang memiliki probabilitas (peluang) yang tinggi (Jaya, 2006).

2.4 Parameter Penentu Tingkat Kekritisan Lahan

Data spasial lahan kritis diperoleh dari hasil analisis terhadap beberapa data spasial yang merupakan parameter penentu kekritisan lahan. Data spasial untuk masing-masing parameter harus dibuat dengan standar tertentu guna mempermudah proses analisis spasial untuk menentukan lahan kritis. Parameter penentu kekritisan lahan berdasarkan Peraturan Direktur Jenderal Pengendalian Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung Nomor: P.3/PDASHL/SET/KUM.1/7/2018 tentang Petunjuk Teknis Penyusunan Data Spasial Lahan Kritis meliputi :

2.4.1 Penutupan Lahan

Peta penutupan lahan digunakan sebagai input di kawasan hutan lindung dan kawasan lindung di luar kawasan hutan. Penutupan lahan (*land cover*) merupakan salah satu komponen penting dalam mendukung sistem kehidupan pada suatu kawasan, semakin baik jenis penutupan lahan atau vegetasi hutannya maka dapat diasumsikan bahwa kawasan tersebut memiliki nilai keanekaragaman hayati yang tinggi. Perubahan penutupan lahan, baik yang diakibatkan oleh aktivitas manusia maupun berubah secara alami di nilai sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas lingkungan, keanekaragaman hayati dalam mendukung kehidupan pada suatu kawasan menurut Dephut tahun 2003 dalam Darkono tahun 2006. Penutupan lahan merupakan kondisi permukaan bumi atau rupa bumi yang menggambarkan kenampakan vegetasi. Terdapat 23 atribut data jenis penutupan lahan menurut Peraturan Direktur Jenderal Pengendalian Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung Nomor: P.3/PDASHL/SET/KUM.1/7/2018 tentang Petunjuk Teknis Penyusunan Data Spasial Lahan Kritis yang di dapat dari Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan yang dipublikasikan setiap tahun, yaitu:

Tabel 2. 1 Tabel Jenis Penutupan Lahan (Sumber: Perdirjen PDASHL
Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan 2021)

Nomor	Simbol	Keterangan
1	A	Tubuh Air
2	Aw	Awan
3	B	Semak/Belukar
4	Br	Belukar Rawa
5	Hmp	Hutan Mangrove Primer
6	Hms	Hutan Mangrove Sekunder
7	Hp	Hutan Lahan Kering Primer
8	Hrp	Hutan Rawa Primer
9	Hrs	Hutan Rawa Sekunder
10	Hs	Hutan Lahan Kering Sekunder
11	Ht	Hutan Tanaman
12	Pc	Pertanian Lahan Kering Campur
13	Pk	Perkebunan
14	Pm/Tr	Pemukiman/Transmigrasi
15	Pt	Pertanian Lahan Kering
16	Rw	Rawa
17	S	Savana
18	Sw	Sawah
19	T	Tanah Terbuka
20	Tm	Tambak
21	Tb	Pertambangan
22	Lanud	Airport
23	TAD	Tidak Ada Data

Atribut kelas penutupan lahan yang terdapat pada Tabel 2.1 adalah penggolongan 5 kelas dari 23 jenis penutupan lahan yang didapat dari Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan, yang nantinya akan digunakan untuk pemberian skor penutupan lahan yang didasarkan pada bobot parameter tersebut dimana penutupan lahan mempunyai bobot 60 kemudian dikalikan dengan kelas penutupan lahannya, kemudian dibagi dengan total kelas yang dibuat (5 kelas) yaitu sebagai berikut.

Tabel 2. 2 Jenis dan Kelas Penutupan Lahan (Perdirjen PDASHL KLHK 2021)

Nomor	Simbol	Keterangan	Kelas	Skor
1	Lanud	Airport	1	12
2	A	Tubuh Air		
3	Rw	Rawa		
4	S	Savana		
5	Pm/Tr	Permukiman/Transmigrasi		
6	Hp	Hutan Lahan Kering Primer		
7	Sw	Sawah		
8	Tm	Tambak		
9	Hmp	Hutan Mangrove Primer		
10	Hms	Hutan Mangrove Sekunder		
11	Hrp	Hutan Rawa Primer		
12	Hrs	Hutan Rawa Sekunder		
13	Hs	Hutan Lahan Kering Sekunder	2	24
14	Ht	Hutan Tanaman		
15	Pk	Perkebunan	3	36
16	B	Semak/Belukar		
17	Br	Belukar Rawa		
18	Pt	Pertanian Lahan Kering	4	48
19	Pc	Pertanian Lahan Kering Campur		
20	T	Tanah Terbuka	5	6
21	Tb	Pertambangan		
22	Aw	Awan	0	0
23	TAD	Tidak Ada Data		

2.4.2 Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng adalah perbandingan antara beda tinggi (jarak vertikal) suatu lahan dengan jarak mendatarnya. Besar kemiringan lereng dapat dinyatakan dengan beberapa satuan, diantaranya adalah dengan % (persen) dan ° (derajat). Data spasial kemiringan lereng dapat disusun dari hasil pengolahan data ketinggian (garis kontur) dengan bersumber pada peta topografi atau peta rupa bumi. Kemiringan lereng atau panjang lereng adalah dua faktor yang menentukan karakteristik dan topografi suatu daerah aliran sungai. Kedua faktor tersebut penting untuk terjadinya erosi karena faktor-faktor tersebut menentukan besarnya kecepatan dan volume air (Asdak, 2007). Semakin

curam tanah atau suatu lereng tanah semakin besar maka derajat erosi semakin besar. Semakin panjang lereng, jumlah aliran air permukaan semakin berkurang, tetapi volume tanah yang dihancurkan semakin besar yang berarti derajat erosi semakin besar pula (Sarief, 1970). Kemiringan lereng dan skor untuk masing-masing kelas ditunjukkan pada Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2. 3 Kelas Kemiringan Lereng (Sumber: Perdirjen PDASHL KLHK 2018)

Nomor	Deskripsi	Kelas Lereng (%)
1	Datar	0 – 8
2	Landai	>8 – 15
3	Agak Curam	>15 – 25
4	Curam	>25 – 40
5	Sangat Curam	> 40

2.4.3 Erosi

Erosi tanah adalah suatu proses atau peristiwa hilangnya lapisan permukaan tanah atas, baik disebabkan oleh pergerakan air maupun angin. Proses erosi ini dapat menyebabkan berkurangnya produktivitas tanah, daya dukung tanah untuk produksi pertanian dan kualitas lingkungan hidup (Suripin, 2002). Erosi tanah terjadi melalui tahapan pelepasan partikel tunggal dari massa tanah dan tahap pengangkutan oleh media yang erosif seperti aliran dan angin. Pada kondisi dimana energi yang tersedia tidak lagi cukup untuk mengangkat partikel, maka akan terjadi tahap yang ketiga yaitu pengendapan (Suripin, 2001).

Pemberian skor berdasarkan penggolongan 5 kelas erosi dengan nomor urut dari kelas erosi terendah hingga erosi yang tertinggi (contoh: erosi ≤ 15 nomor urutnya 1 sedangkan > 480 nomor urutnya 5). Pemberian nilai skor didasarkan pada bobot parameter tersebut, dimana erosi mempunyai bobot 40 dikalikan dengan nomor urut kelas erosi, kemudian dibagi dengan total kelas erosi yang dibuat (5 kelas), yaitu sebagai berikut:

Tabel 2. 4 Skoring dan Kelas Erosi (Sumber: Perdirjen PDASHL KLHK 2018)

Nomor	Kelas Erosi	Skor
1	< = 15 Ton/Ha/Tahun	8
2	> 15 - 60 Ton/Ha/Tahun	16
3	> 60 - 180 Ton/Ha/Tahun	24
4	> 180 - 480 Ton/Ha/Tahun	32
5	> 480 Ton/Ha/Tahun	40

2.4.4 Fungsi Kawasan Hutan

Kawasan lindung adalah hutan lindung dan hutan konservasi (cagar alam, suaka margasatwa, taman buru, taman wisata alam, dan taman nasional) dan kawasan lindung lainnya. Fungsi kawasan lindung dilakukan dengan mengukur luas liputan vegetasi di dalam kawasan lindung. Dengan demikian sub kriteria ini sebenarnya juga untuk melihat kesesuaian peruntukan lahan mengingat kawasan lindung sebagian besar terdiri atas kawasan hutan. Penggolongan tersebut berdasarkan data jenis fungsi kawasan yang terdapat pada fungsi kawasan dari Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, yaitu:

Tabel 2. 5 Atribut Data Dalam dan Luar Kawasan Hutan (Sumber: Perdirjen PDASHL KLHK)

Nomor	Fungsi Kawasan	Dalam & Luar
1	Hutan Lindung	Dalam Kawasan Hutan
2	Hutan Konservasi	
3	Hutan Produksi	
4	Hutan Produksi Terbatas	
5	Hutan Produksi Konversi	
6	Taman Wisata Alam Darat	
7	Kawasan Suaka Alam	
8	Suaka Margasatwa Laut	
9	Cagar Alam Darat	
10	Hutan Lindung	

Nomor	Fungsi Kawasan	Dalam & Luar
11	Kawasan Pelestarian Alam	Dalam Kawasan Hutan
12	Hutan Suaka Alam dan Wisata Darat	
13	Hutan Suaka Alam dan Wisata Laut	
14	Taman Buru	
15	Taman Wisata Alam Laut	
16	Cagar Alam Laut	
17	Suaka Margasatwa Darat	
18	Taman Nasional Darat	
19	Taman Nasional Laut	
20	Areal Penggunaan Lain	
21	Tubuh Air	Tubuh Air

2.5 Skoring dan Pembobotan

Skoring dan Pembobotan merupakan teknik pengambilan keputusan pada suatu proses yang melibatkan berbagai faktor secara bersama-sama dengan cara memberi skor yang dikalikan dengan bobot sesuai dengan masing-masing faktor. Pembobotan dapat dilakukan secara obyektif dengan perhitungan statistik atau secara subyektif dengan menetapkannya berdasarkan pertimbangan tertentu. Penyusunan data spasial berupa pemberian skor dan pembobotan tiap parameter penentu lahan kritis sesuai Peraturan Direktur Jenderal Pengendalian Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung Nomor: P.3/PDASHL/SET/KUM.1/7/2018 tentang Petunjuk Teknis Penyusunan Data Spasial Lahan Kritis.

Tabel 2. 6 Skor Kekritisan Lahan (Sumber: Perdirjen PDASHL KLHK)

Nomor	Skor Lahan Kritis
1	20 – 36
2	>36-52
3	>52-68
4	>68-84

5	>84-100
---	---------

2.6 Penentuan Lahan Kritis

Peraturan Direktur Jenderal Pengendalian Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung Nomor: P.3/PDASHL/SET/KUM.1/7/2018 tentang Petunjuk Teknis Penyusunan Data Spasial Lahan Kritis telah menetapkan kriteria lahan kritis dimana untuk menentukan skor dari lahan kritis merupakan lahan yang telah mengalami kerusakan yang akan mengakibatkan hilangnya atau berkurangnya fungsi lahan yang diharapkan atau ditentukan (Nugroho, 2015). Untuk itu penilaian terhadap lahan kritis di suatu tempat tetap harus merujuk kepada kriteria yang telah ditentukan kesesuaiannya dengan lahan tersebut. Bobot nilai tingkat kekritisian lahan didapat dari hasil perkalian antara nilai skor dengan bobot sebagai parameter yang akan dijelaskan pada tabel berikut menurut masing-masing fungsi kawasan hutan.

Tabel 2. 7 Skor Analisa Lahan Kritis di Dalam Kawasan Hutan Lindung
(Sumber: Perdirjen PDASHL KLHK)

Lereng	Skor Kekritisian				
	0 – 36	>36-52	>52-68	>68-84	>84-100
0 – 8	TK	TK	PK	K	SK
>8 - 15	TK	PK	AK	K	SK
>15 - 25	PK	AK	AK	K	SK
>25 - 40	AK	AK	AK	K	SK
>40	AK	AK	AK	K	SK

Tabel 2. 8 Skor Analisa Lahan Kritis di Luar Kawasan Hutan Lindung (Sumber: Perdirjen PDASHL KLHK)

Lereng	Skor Kekritisian				
	0 – 36	>36-52	>52-68	>68-84	>84-100
0 – 8	TK	TK	PK	AK	AK
>8 - 15	TK	PK	AK	AK	AK
>15 - 25	PK	AK	AK	K	SK
>25 - 40	AK	AK	AK	K	SK
>40	AK	AK	AK	K	SK

Catatan: TK	= Tidak Kritis
PK	= Potensial Kritis
AK	= Agak Kritis
K	= Kritis
SK	= Sangat Kritis

2.7 Pengertian Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu unit hidroloogi yang dapat digunakan sebagai unit fisik biologi dan sebagai unit sosial ekonomi, sosial, politik untuk perencanaan dan aktivitas pengelolaan sumber daya alam. DAS diyakini sebagai satu kesatuan ekosistem, oleh karena itu dalam kegiatan *monitoring* pengelolaan DAS sebaiknya dilakukan secara terpadu dan menyeluruh. Daerah Aliran Sungai (DAS) menurut Suripin (2001) didefinisikan sebagai suatu daerah yang dibatasi oleh topografi alami, dimana semua air hujan yang jatuh didalamnya akan mengalir melalui suatu sungai dan keluar melalui aliran pada sungai tersebut. Asdak (2010) mengemukakan bahwa DAS merupakan ekosistem yang di dalamnya terjadi proses biofisik hidrologis yang dapat terjadi secara alamiah, selain itu DAS merupakan tempat aktivitas manusia untuk kepentingan sosial, ekonomi dan untuk kepentingan budaya. Proses biofisik hidrologis DAS merupakan bagian dari siklus hidrologis, sedangkan kegiatan sosial-ekonomi dan budaya masyarakat dilakukan untuk meningkatkan kesejahteraannya merupakan bentuk intervensi manusia terhadap sistem alami DAS yang bermukim dalam DAS dan sekitarnya. Penyimpanan dan pengaliran air dihimpun dan ditata berdasarkan hukum alam di sekelilingnya sesuai dengan keseimbangan daerah tersebut.

DAS dapat terdiri dari sub DAS atau sub-sub DAS. Sub DAS adalah bagian dari DAS yang menerima air hujan dan mengalirkannya melalui anak sungai ke sungai utama dan merupakan bagian wilayah dari suatu DAS yang berupa bentuk satuan daerah tangkapan air. Menurut Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004, Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan ekosistem dengan sungai dan anak-anak sungainya yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau laut secara alam. Karakteristik pada Daerah Aliran Sungai (DAS) dikelompokkan menjadi dua kategori

yaitu faktor lahan yang meliputi topografi, tanah, geologi, dan geomorfologi dan faktor vegetasi dan penggunaan lahan (Syahrial, 2009). Cakupan area DAS dapat dikelompokkan mejadi tiga bagian kawasan yaitu kawasan hulu, kawasan pengaliran, dan kawasan hilir. Cakupan area memiliki karakteristik pada masing-masing kawasan dapat diuraikan sebagai berikut (Suratno, 2010):

1. Kawasan Hulu, merupakan daerah sumber mata air yang berada pada dataran tinggi dan memiliki daerah tangkapan air (*catchment area*) di sekitar sumber mata air. Kawasan hulu sebagai sumber air bersih bagi penduduk di sekitarnya dan sebagai sumberpengairan untuk kegiatan pertanian, industri dan kegiatan lainnya.
2. Kawasan Tengah (Pengaliran), merupakan kawasan yang berada di sepanjang aliran sungai dari hulu sampai ke muara, dengan dibatasi sisi kanan dan kirinya oleh garis sempadan sungai. DAS bagian tengah didasarkan pada fungsi pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial, ekonomi, antara lain dapat diindikasikan dari kuantitas air, kualitas air, kemampuan menyalurkan air, ketinggian muka air tanah, serta pada prasarana pengairan seperti pengolahan sungai, waduk, dan danau.
3. Kawasan Hilir, merupakan kawasan muara yang berada di tepi pantai. DAS bagian hilir didasarkan pada fungsi pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, yang diindikasikan melalui kuantitas dan kualitas air, serta terkait untuk kebutuhan pertanian, air bersih, dan pengelolaan air limbah.

2.8 Pengertian Peta

Peta merupakan penyajian grafis dari bentuk ruang dan hubungan keruangan antara berbagai perwujudan yang diwakili. Menurut *ICA (International Cartography Association)*, peta adalah gambaran konvensional yang dibuat dengan menggambarkan elemen – elemen yang ada di permukaan bumi dan gejala yang ada hubungannya dengan elemen – elemen tersebut. Menurut Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial) Nomor 3 Tahun 2016 adalah gambaran unsur-unsur alam dan atau unsur-unsur buatan, yang berada di atas maupun di bawah permukaan bumi yang digambarkan pada suatu bidang datar dengan skala tertentu.

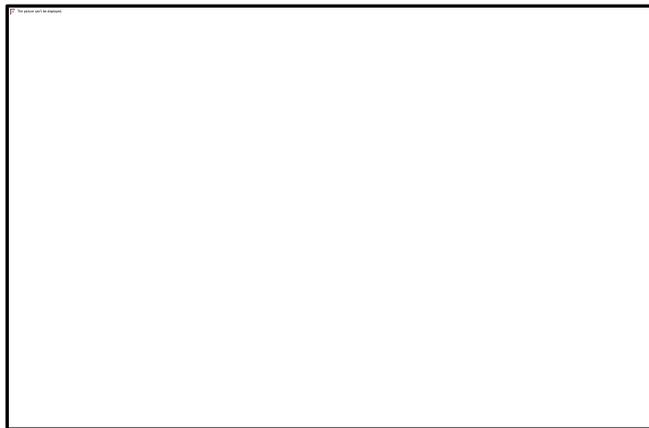
Unsur utama dalam menyusun peta dasar untuk penentuan lokasi yang baik dan tepat, didalamnya misalnya yaitu posisi titik kontrol geodetik, posisi konstruksi (bangunan, jalan raya, rel kereta api, atau saluran), posisi danau dan sungai, juga rincian topografi (batasan topografi, seperti tebing, lembah, bukit – bukit kecil, punggung, dan sebagainya). Macam – macam peta dapat ditinjau dari 4 segi sebagai berikut :

1. Ditinjau dari jenisnya, macam peta terdiri atas :
 - a. Peta foto, yaitu peta yang dihasilkan dari mozaik foto udara / ortofoto yang dilengkapi garis kontur, nama, dan legenda. Terdiri atas : peta foto yang telah direktifikasi dan peta ortofoto
 - b. Peta garis, yaitu peta yang menyajikan detail alam dan buatan manusia dalam bentuk titik, garis, dan luasan / wilayah. Contohnya adalah : peta topografi dan peta tematik
2. Macam peta ditinjau dari skalanya, terdiri atas :
 - a. Peta Kadastral / hak milik, yaitu peta yang memiliki skala antara 1 : 100 sampai dengan 1 : 5.000. Contoh : Peta Hak Milik Tanah
 - b. Peta Skala Besar, yaitu peta yang memiliki skala antara 1 : 5.000 sampai dengan 1 : 250.000. Contoh : Peta Topografi
 - c. Peta Skala Sedang, yaitu peta yang memiliki skala antara 1 : 250.000 sampai dengan 1 : 500.000. Contoh: Peta Kabupaten
 - d. Peta Skala Kecil, yaitu peta yang memiliki skala antara 1 : 500.000 sampai dengan 1 : 1.000.000. Contoh: Peta Provinsi di Indonesia
 - e. Peta Umum / Geografi, yaitu peta yang memiliki skala $< 1 : 1.000.000$. Contoh: Peta Indonesia dan Peta Dunia
3. Macam peta ditinjau dari fungsinya, terdiri atas :
 - a. Peta Umum (*general map*), merupakan peta yang menggambarkan seluruh kenampakan yang ada di permukaan bumi. Penampakan tersebut dapat bersifat alamiah misalnya sungai, jalan, bangunan, batas wilayah, garis pantai, elevasi, dan sebagainya. Peta umum skala besar disebut juga peta topografi, peta dunia sedangkan peta umum skala kecil disebut atlas.
 - b. Peta Tematik, atau yang sering disebut peta khusus yaitu peta yang menggambarkan atau menyajikan informasi penampakan tertentu (spesifik) di

permukaan bumi. Pada peta ini, penggunaan simbol merupakan ciri yang ditonjolkan sesuai tema yang dinyatakan pada judul peta.

Contohnya:

- Peta Iklim yang menyajikan tema iklim dengan menggunakan simbol warna
- Peta Tata Guna Lahan yang menyajikan tema pola pegunungan lahan suatu wilayah dengan menggunakan simbol-simbol yang menggambarkan lahan pertanian, kawasan industri, pemukiman, dan lain-lain
- Peta Geologi, menyajikan tema jenis-jenis batuan dengan menggunakan simbol-simbol warna, dimana setiap warna menunjukkan jenis batuan tertentu



Gambar 2. 1 Tampilan Contoh Peta Geologi (Sumber: Google)

4. Macam peta ditinjau dari maksud dan tujuan, ditinjau dari maksud dan tujuannya ada banyak sekali macam-macam peta. Misalnya: peta tanah, peta geologi, peta kadaster, peta ekonomi, peta kependudukan, peta iklim, peta tata guna lahan, dan lain sebagainya.

2.9 Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah suatu sistem informasi yang dirancang untuk bekerja dengan data yang bereferensi spasial atau berkoordinat (Darmawan, A. 2006). SIG memadukan antara data grafis (spasial) dengan data teks (atribut) objek yang dihubungkan secara geografis di bumi (*georeference*) (Akossi,2014) serta dapat menggabungkan data, mengatur data, dan melakukan analisis data yang akhirnya akan menghasilkan keluaran data yang dapat dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan

pada masalah yang berhubungan dengan geografi. Sistem Informasi Geografi (SIG) sebagai sistem komputer yang digunakan untuk memanipulasi data geografi. Sistem ini diimplementasikan dengan perangkat keras dan perangkat lunak komputer yang berfungsi untuk akuisisi dan verifikasi data, kompilasi data, penyimpanan data, perubahan dan pembaharuan data, manajemen dan pertukaran data, manipulasi data, pemanggilan dan presentasi data serta analisa data (Bernhardesen, 2002).

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem berbasis komputer yang memiliki kemampuan dalam menangani data bereferensi geografi yaitu pemasukan data, manajemen data (penyimpanan dan pemanggilan kembali), manipulasi dan analisis data, serta keluaran sebagai hasil akhir (*output*). Hasil akhir (*output*) dapat dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan pada masalah yang berhubungan dengan geografi (Arronofitt, 1989). Sedangkan menurut Riyanto tahun 2009, SIG adalah sebuah sistem berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan dan memanipulasi informasi – informasi geografis. Informasi geospasial adalah data geospasial yang telah diolah dan berisi tentang objek yang dapat dilihat secara langsung, diukur dari kenampakan fisik di muka, dan tidak berubah dalam waktu yang relatif lama. Data geospasial yang berisi tentang lokasi geografis, dimensi atau ukuran, dan karakteristik objek yang digunakan dalam perumusan kebijakan, pengambilan keputusan, dan pelaksanaan kegiatan yang berhubungan dengan ruang kebumihantian. Informasi geospasial merupakan merupakan informasi yang sangat berharga dan dapat digunakan untuk mengelola sumber daya alam, penyusunan tata ruang, dan perencanaan lokasi. Komponen SIG meliputi :

1. Perangkat keras (*hardware*) ini berupa seperangkat komputer yang dapat mendukung pengoperasian perangkat lunak yang dipergunakan, misalnya monitor, *CPU*, *keyboard*, *scanner*, *printer*, dll
2. Perangkat lunak (*software*) adalah program komputer yang dibuat khusus memiliki kemampuan pengelolaan, penyimpanan, pemrosesan, analisis dan penayangan data spasial, misalnya *Arcview*, *ArcMap*, *ArcInfo*, *AutoCAD MAP*, *ER Mapper*
3. Organisasi (*brainware*) adalah orang yang menjalankan sistem meliputi mengoperasikan, mengembangkan bahkan memperoleh manfaat dari suatu sistem, misalnya operator, *programmer*, teknisi

Tak hanya itu, informasi geospasial juga dapat berperan di berbagai bidang, antara lain :

1. Aplikasi SIG di bidang sumber daya alam (inventarisasi, *management* dan kesesuaian lahan untuk pertanian, perkebunan, kehutanan, perencanaan tataguna lahan, analisis daerah rawan bencana alam dan sebagainya).
2. Aplikasi SIG di bidang perencanaan (perencanaan pemukiman transmigrasi, perencanaan tata ruang wilayah, perencanaan kota, perencanaan lokasi dan relokasi industri dan sebagainya).
3. Aplikasi SIG di bidang kependudukan (penyusunan data pokok, penyediaan informasi kependudukan dan sosial ekonomi).
4. Aplikasi SIG di bidang lingkungan (pencemaran sungai, pencemaran laut, pencemaran danau, evaluasi pengendapan lumpur baik di sungai, danau, atau pantai, pemodelan pencemaran udara, limbah berbahaya, dan sebagainya).
5. Aplikasi SIG di bidang *utility* (inventarisasi dan manajemen informasi jaringan pipa air minum, sistem informasi pelanggan air minum, perencanaan pipa air minum, listrik, gas, dan fasilitas umum lainnya).
6. Aplikasi SIG di bidang pertanahan (manajemen pertanajam, sistem informasi pertanahan dan lain sebagainya).
7. Aplikasi SIG di bidang pariwisata (inventarisasi daerah wisata, analisis potensi untuk pariwisata).
8. Aplikasi SIG di bidang ekonomi, bisnis dan marketing (penentuan lokasi-lokasi bisnis yang prospektif untuk bank, pasar swalayan, mesin *ATM*, gudang dan sebagainya).
9. Aplikasi SIG di bidang telekomunikasi (inventarisasi jaringan telekomunikasi, sistem informasi pelanggan, perencanaan pemeliharaan dan analisis perluasan jaringan komunikasi).
10. Aplikasi SIG di bidang transportasi dan perhubungan (inventarisasi jaringan transportasi, analisis kesesuaian dan penentuan rute-rute alternatif transportasi, analisis rawan kemacetan dan bahaya kecelakaan, alternatif jalan tersingkat untuk berbagai kebutuhan dan sebagainya).

2.10 Tahapan SIG

Tahapan SIG meliputi proses *input* (masukan), proses *output* (keluaran). *Output* merupakan data keluaran yang menampilkan atau menghasilkan keluaran seluruh atau

sebagian basis data, baik yang berbentuk *softcopy* atau *hardcopy* seperti tabel, gambar, peta dan lainnya. *Input* adalah pengumpulan data objek material geografi yang mendukung dan dapat dimasukkan ke dalam kelengkapan suatu pembangunan SIG hingga tahap pengolahan data, dimana data yang masuk diproses untuk disimpan dan dipanggil secara cepat dan akurat dengan menggunakan komputer, yang dinamakan *Data Base Management Subsistem (DBMS)*. Data *input* meliputi:

1. Data Spasial : data yang mengacu pada ruang dan lokasi di permukaan bumi dalam bentuk titik, garis, atau area
2. Data Terestris : data yang diperoleh langsung melalui hasil observasi di lapangan
3. Data atribut (tematik) : data yang ada pada keruangan terkait suatu wilayah atau lokasi, baik berupa kualitatif maupun kuantitatif
4. Data statistik : data yang diperoleh dari catatan yang sudah ada, misalnya data dari BPS

2.11 Data Spasial

Data spasial adalah data yang memiliki referensi ruang kebumiharian (*georeference*) dimana berbagai data atribut terletak dalam berbagai unit spasial. Dalam arti lain, dalam SIG data spasial yaitu sebuah data yang berorientasi geografis, dan memiliki sistem koordinat tertentu sebagai dasar referensinya dan mempunyai dua bagian penting yang membuatnya berbeda dari data lain, yaitu informasi lokasi (spasial) dan informasi deskriptif (atribut) (Yousman,2010). Dewasa ini, data spasial menjadi media penting untuk perencanaan pembangunan dan pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan pada cakupan wilayah kontinental, nasional, regional maupun lokal. Data-data yang diolah dalam SIG ini pada dasarnya terdiri dari data spasial dan data atribut, dimana data spasial merupakan data yang berkaitan dengan lokasi keruangan sedangkan data atribut merupakan data non spasial yang berfungsi menjelaskan berbagai objek pada data spasial tersebut. Bentuk penyajian data spasial terbagi dalam dua kategori dasar, yaitu model data vektor dan model data raster. Berikut akan dijelaskan kedua model data spasial tersebut.

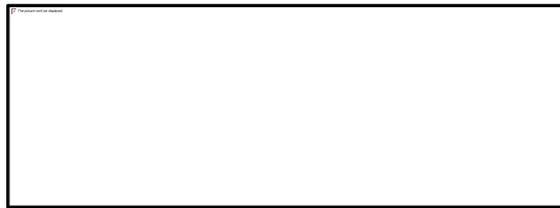
1. Model Data Vektor , yaitu merepresentasikan setiap fitur ke dalam baris dalam tabel dan bentuk fitur yang didefinisikan dengan koordinat x,y. Terdapat tiga macam model data vektor yaitu :

- a. Titik (*point*), adalah representasi grafis yang paling sederhana untuk suatu obyek dan merupakan interpretasi tunggal dari koordinat x,y yang menunjukkan lokasi suatu obyek tertentu. Representasi ini tidak memiliki dimensi tetapi dapat diidentifikasi di atas peta dan dapat ditampilkan pada layar monitor dengan menggunakan simbol-simbol.



Gambar 2. 2 Representasi Obyek Titik

- b. Garis (*line*), merupakan sekumpulan titik-titik yang membentuk suatu tampilan memanjang seperti jalan, sungai, kontur ketinggian, kontur kedalaman, jalur pelayaran, saluran air, jaringan listrik, dan lain-lain.



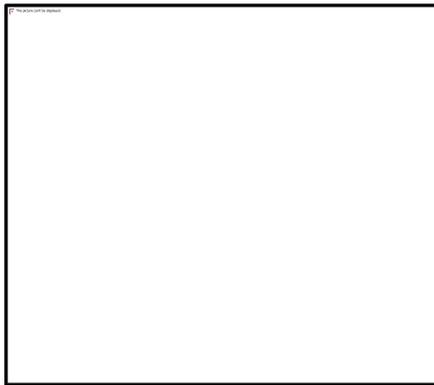
Gambar 2. 3 Tampilan Representasi Obyek Garis

- c. Poligon (*polygon*), digunakan untuk merepresentasikan obyek-obyek dua dimensi atau dalam kata lain, kenampakan yang dibatasi oleh garis yang berawal dan berakhir pada titik yang sama dan membentuk suatu ruang yang memiliki informasi homogen. Satu poligon paling sedikit dibatasi oleh tiga garis di antara tiga titik yang saling bertemu dan membentuk bidang, misalnya batas daerah, batas penggunaan lahan, pulau kawasan konservasi, ekosistem terumbu karang dan lain sebagainya.



Gambar 2. 4 Tampilan Representasi Obyek Poligon

2. Model Data Raster, merupakan data-data yang dihasilkan dari sistem penginderaan jauh. Pada data raster, obyek geografis direpresentasikan sebagai struktur sel grid yang disebut dengan pixel (*picture element*). Data raster sangat baik untuk merepresentasikan batas-batas yang berubah secara gradual, seperti jenis tanah, vegetasi, suhu perairan dan sebagainya. Keterbatasan utama dari data raster adalah besarnya ukuran dari suatu *file*.



Gambar 2. 5 Tampilan Struktur Struktur Data Raster

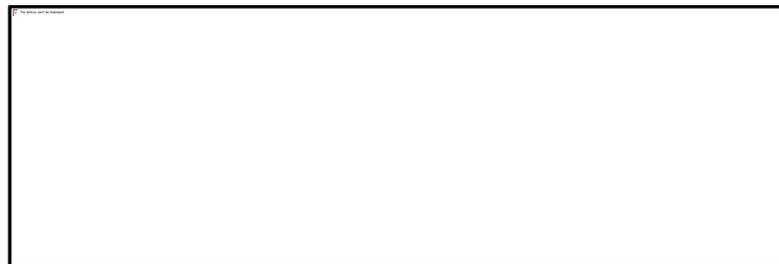
Semakin tinggi resolusi gridnya, semakin besar ukuran *filenya*, dan ini sangat bergantung pada kapasitas perangkat yang tersedia. Keuntungan utama dari format data vektor adalah ketepatan dalam merepresentasikan fitur titik dan batasan garis lurus. Pemanfaatan model data raster banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, diantaranya terbagi dalam empat kategori, yaitu :

- a. Raster sebagai Peta Dasar, data raster biasanya digunakan sebagai tampilan latar belakang (*background*) untuk suatu layer dari obyek yang lain (vektor). Sebagai contoh foto udara *ortho* ditampilkan sebagai latar dari obyek jalan.



Gambar 2. 6 Tampilan Foto Udara (Raster) sebagai Latar dari Layer Jalan (Vektor) (Sumber: Google)

- b. Raster sebagai Peta Model Permukaan, dimana data raster sangat cocok untuk merepresentasikan data permukaan bumi. Data dapat menyediakan metode yang efektif dalam menyimpan informasi nilai ketinggian yang diukur dari permukaan bumi. Selain dapat merepresentasikan permukaan bumi, data raster dapat pula merepresentasikan data curah hujan, tempratur, konsentrasi, dan kepadatan populasi.
- c. Raster sebagai Peta Tematik, pada dasarnya peta tematik dapat dihasilkan dari operasi *geoprocessing* yang dikombinasikan dari berbagai macam sumber seperti vektor, raster, dan data permukaan.
- d. Raster sebagai Atribut dari Objek, yaitu sebagai atribut dari suatu obyek (foto digital, dokumen hasil *scan* atau gambar hasil scan) mempunyai hubungan dengan obyek geografi atau lokasi. Contoh : dokumen kepemilikan persil sebagai atribut obyek persil.



Gambar 2. 7 Tampilan Data Raster dalam Mengklasifikasi Data Tutupan Lahan

2.12 Sumber Data Spasial

Data spasial diperoleh dari beberapa sumber, antara lain:

1. Peta Analog, yaitu peta dalam bentuk cetaak, seperti peta topografi, peta LLN (Lingkungan Laut Nasional), peta LPI (Lingkungan Pantai Indonesia) dan peta-peta tematik lainnya. Umumnya, peta analog dibuat dengan teknik kartografi dan memiliki referensi spasial seperti koordinat, skala, dan arah mata angin.
2. Data Penginderaan Jauh, meliputi citra satelit dan foto udara merupakan salah satu sumber data yang terpenting bagi SIG. Karena sifat datanya yang tersedia secara berkala serta bisa mencakup area tertentu yang diinginkan. Dengan beragamnya satelit di ruang angkasa dengan spesifikasi masing-masing bisa diperoleh berbagai jenis citra satelit untuk beragam tujuan pemakaian. Melalui metode pengolahan data tertentu, data citra satelit dapat menampilkan mengenai suatu informasi yang dibutuhkan.
3. Data Hasil Pengukuran Lapangan, merupakan data yang dihasilkan berdasarkan metode pengukuran dan perhitungan tersendiri. Pada umumnya data ini merupakan sumber data atribut, contohnya nilai parameter suatu kualitas perairan, presentase tutupan terumbu karang, kerapatan mangrove dan lain-lain. Untuk membuat data-data hasil pengukuran ini bisa digunakan dalam SIG, maka harus dimasukkan informasi spasial ke dalam data tersebut, yaitu koordinat lokasi pengambilan suatu sampel.
4. Data *GPS (Global Positioning System)*, dimana teknologi GPS telah memberikan terobosan penting dalam penyediaan data bagi SIG. Keakuratan pengukuran GPS semakin tinggi dengan berkembangnya teknologi yang kian pesat. Data-data yang diperoleh dengan menggunakan GPS diantaranya adalah data *point* yang menunjukkan lokasi dari tempat-tempat tertentu (*point of interest*). Data ini biasanya direpresentasikan dalam format vektor.
5. Data Berreferensi Spasial Lainnya, data lain yang memiliki referensi spasial seperti batas administrasi wilayah dapat digunakan sebagai sumber data atribut dalam data SIG. Umumnya data ini bersifat tabular dan berisi segala macam informasi dari berbagai bidang, termasuk kelautan, dan perikanan, di daerah administrasi tertentu misalnya seperti data-data statistik kabupaten/kota dan provinsi. Dengan menggunakan informasi batas administrasi pada data-data tersebut, selanjutnya data dapat digabungkan ke data spasial batas administrasi sebagai atribut

tambahan yang kemudian dapat digunakan untuk visualisasi data yang lebih informatif.

2.13 ArcGIS

ArcGIS adalah salah satu software yang dikembangkan oleh *ESRI (Environment Science & Research Institute)* yang merupakan kompilasi fungsi – fungsi dari berbagai macam *software GIS* yang berbeda seperti *GIS desktop*, *server*, dan *GIS* berbasis web. *Software* ini mulai dirilis oleh *ESRI* pada tahun 2000. Produk utama dari *ArcGIS* adalah *ArcGIS desktop*, dimana *ArcGIS desktop* merupakan *software GIS* profesional yang komprehensif dan dikelompokkan atas tiga komponen, yaitu : *ArcView* (komponen yang fokus ke penggunaan data yang komprehensif, pemetaan dan analisis). *ArcEditor* (lebih fokus ke arah editing data spasial) dan *ArcInfo* (lebih lengkap dalam menyajikan fungsi – fungsi *GIS* termasuk untuk keperluan analisis *geoprocessing*). *ArcGIS* adalah produk sistem kebutuhan *software* yang merupakan kumpulan dari produk – produk *software* lainnya dengan tujuan untuk membangun sistem SIG yang lengkap. Komponen-komponen utama pada sistem basis data atau *DBMS (Database Management System)* yaitu antara lain:

1. *Hardware*, merupakan perangkat keras yang dibutuhkan untuk *management* basis data biasanya masih berupa mesin standar yang ada, dalam arti tidak ada kekhususan tertentu. Akan tetapi karena sifatnya dalam *access* data yang lebih bervariasi (yang tentunya cenderung lebih banyak *direct access*) maka suatu manajemen basis data akan lebih banyak membutuhkan media penyimpanan seperti misalnya: *hardisk*.
2. *Software*, merupakan komponen dari *DBMS* itu sendiri dan program aplikasi termasuk sistem operasi dan bahasa pemrograman (contoh: *C++*, *Java*, *Visual Basic*, *SQL*). Semua kebutuhan akses oleh pengguna seperti pembentukan *file*, penambahan data, penghapusan data dan lain-lain dilakukan oleh *DBMS*.
3. *Data*, merupakan komponen yang penting dari basis data. Data merupakan penghubung antara mesin dan manusia (*user*). Basis data terdiri dari *operational data* dan metadata. Data dalam basis data merupakan data yang *single user* (hanya satu pengguna yang beroperasi terhadap basis data) atau *multi user* dimana satu atau lebih pengguna beroperasi secara bersamaan ke dalam basis data. Sehingga

data dalam sistem yang besar harus terintegrasi (*integrated*) dan dapat dipakai secara bersama-sama (*shared*).

4. *Procedure*, merupakan instruksi dan aturan yang menentukan pembuatan dan penggunaan dari basis data. *User* membutuhkan prosedur untuk menjalankan dan menggunakan sistem.
5. *Brainware*, merupakan sekelompok orang atau individu yang bertugas untuk bertanggung jawab sebagai operator/programmer dan terlibat dalam mengoperasikan atau mengatur pemakaian sistem di dalam perangkat komputer.

2.14 Basis Data

Basis data merupakan suatu kumpulan data-data yang berhubungan secara logis, dan deskripsi dari data-data tersebut dirancang untuk memenuhi informasi yang dibutuhkan oleh sebuah organisasi (Canolly dan Begg). Artinya basis data merupakan penyimpanan data tunggal dan besar yang dapat digunakan secara simultan oleh banyak bagian departemen dan pemakai (*user*). Di dalam basis data semua *item* diintegrasikan dengan jumlah duplikasi data yang minimum. Basis data tidak hanya mengandung data operasional organisasi, tetapi juga deskripsi dari data tersebut. Untuk itu, sebuah basis data juga mendefinisikan integrasi *record* dari basis data itu sendiri (*selfdescribing of integrated record*). Deskripsi ini menciptakan kebebasan dari program aplikasi (program data *independence*). Dalam arti lain, pendekatan pada sistem basis data memisahkan struktur dari pada data program aplikasi dan menyimpannya ke dalam basis data. Jika terdapat penambahan struktur data atau perubahan struktur data yang ada maka tidak akan mempengaruhi program aplikasi, sehingga tidak perlu bergantung langsung dengan apa yang telah dirubah.

2.15 Penginderaan Jauh

Penginderaan Jauh (*remote sensing*) atau yang sering disingkat inderaja, adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu obyek, daerah atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah, atau fenomena yang dikaji (Lilliesand dan Kiefer, 1994 dalam Purwadhi dan Sanjoto, 2008). Penginderaan jauh juga diartikan sebagai teknik yang dikembangkan untuk memperoleh dan menganalisis informasi tentang bumi. Informasi

ini berbentuk radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi (Lindgren, 1985). Perekaman objek dapat dilakukan, karena tenaga dalam bentuk elektromagnetik yang dipancarkan oleh matahari ke segala arah terutama ke permukaan bumi, lalu dipantulkan dan dipancarkan oleh permukaan bumi. Tenaga pantulan dan pancaran tersebut direkam oleh alat yang disimpan oleh wahana. Karena itu, untuk memperoleh data penginderaan jauh diperlukan komponen-komponen diantaranya; tenaga, objek, sensor, detektor, dan wahana. Komponen tersebut saling mendukung dalam proses perekaman objek, karena setiap komponen harus saling berinteraksi. Akibat adanya interaksi tenaga dengan objek, tenaga tersebut dipantulkan dan direkam oleh alat.

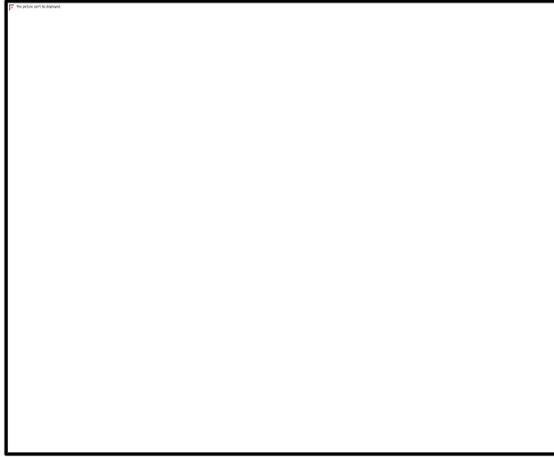
Detektor yang digunakan dalam sensor penginderaan jauh adalah *detector* elektronik dengan menggunakan tenaga elektromagnetik yang luas, yaitu spektrum tampak, ultraviolet, inframerah thermal, dan gelombang mikro. Data hasil perekaman tersebut menghasilkan dua jenis data yaitu data visual (citra) dan citra numerik. Data visual merupakan gambar dari objek yang direkam yang disebut dengan “citra”. Citra digital dibentuk dari elemen-elemen gambar atau pixel (*picture element*) yang menyatakan tingkat keabuan pada gambar. Informasi yang terkandung dalam pixel tersebut bersifat diskrit yaitu mempunyai ukuran presisi tertentu (Purwadhi, 2001). Menurut Hornby tahun 1974 bahwa citra adalah gambaran yang tampak pada cermin atau lensa kamera. Sedangkan menurut Simonet, dkk tahun 1983 mengemukakan bahwa citra adalah gambaran suatu obyek biasanya berupa gambaran objek pada foto yang dihasilkan dengan cara optik, elektro-optik, optik mekanik atau elektronik. Jadi, dapat disimpulkan bahwa citra adalah gambaran objek yang direkam akibat adanya interaksi tenaga elektromagnetik yang dipantulkan dan dipancarkan objek yang direkam detektor pada alat (sensor). Selain data visual (citra) juga diperoleh data citra (numerik), karena setiap objek mempunyai kepekaan dan karakteristik yang berbeda, maka tiap objek akan memantulkan atau memancarkan tenaga elektromagnetik yang membentuk karakteristik yang berbeda, juga dalam interaksinya antara tenaga dan objek dipengaruhi oleh kondisi atmosfer.

Karakter utama citra (*image*) dalam penginderaan jauh adalah adanya rentang kanal (*band*) panjang gelombang elektromagnetik (*electromagnet wavelength*) yang dimilikinya. Beberapa radiasi yang dapat dideteksi dengan sistem penginderaan jauh

adalah seperti radiasi cahaya matahari yang dapat terdeteksi melalui medium gelombang elektromagnetik. Daerah panjang gelombang elektromagnetik dari daerah *visible* dan *near* sampai *middle infrared* atau dari distribusi spasial energi (*thermal*) ini dipantulkan dari permukaan bumi. Setiap material pada permukaan bumi mempunyai reflektansi yang berbeda terhadap cahaya matahari, sehingga material-material tersebut akan mempunyai resolusi yang berbeda pada setiap *band* panjang gelombang (Suwargana,2013). Perkembangan teknologi penginderaan jauh yang sangat pesat didorong oleh meningkatnya tuntutan kebutuhan aplikasi guna menjawab berbagai tantangan dan permasalahan pembangunan. Hal tersebut dikarenakan citra penginderaan jauh dapat menyajikan gambaran obyek, daerah dan gejala di permukaan bumi secara lengkap dengan wujud dan letak obyek yang mirip dengan keadaan sebenarnya. Banyaknya keunggulan yang dimiliki oleh citra satelit antara lain cakupan wilayah yang lebih luas, data yang selalu *up to date*, maka pemanfaatan citra akan lebih efisien. Perolehan data penginderaan jauh melalui satelit juga menawarkan beberapa keunggulan, antara lain harga yang murah, periode ulang perekaman daerah yang sama, pemilihan spektrum panjang gelombang untuk mengatasi hambatan atmosfer, daerah cakupannya yang luas dan mampu menjangkau daerah terpencil, data yang berbentuk digital, serta kombinasi saluran *spectral (band)* sehingga data tersebut dapat diolah dalam berbagai keperluan, seperti pengolahan citra untuk membuat peta administrasi, peta tutupan lahan, dan sebagainya.

2.16 Alat dan Komponen Penginderaan Jauh

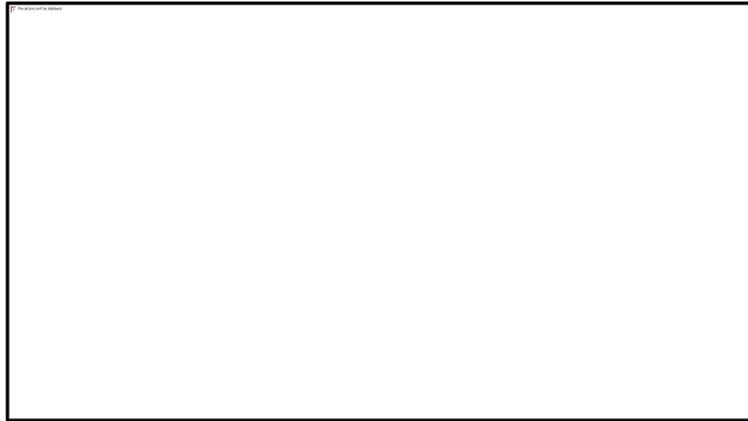
Untuk melakukan penginderaan jarak jauh diperlukan alat sensor, alat pengolah data dan alat-alat lainnya sebagai pendukung. Oleh karena sensor tidak ditempatkan pada objek, maka perlu adanya wahana atau alat sebagai tempat untuk meletakkan sensor. Wahana tersebut dapat berupa balon udara, pesawat terbang, satelit, atau wahana lainnya (Gambar 2.17). Antara sensor, wahana, dan citra diharapkan selalu berkaitan, karena hal itu akan menentukan skala citra yang dihasilkan.



Gambar 2. 8 Wahana Penginderaan Jauh (Lindgren, 1985)

Semakin tinggi letak sensor maka daerah yang terdeteksi atau yang dapat diterima oleh sensor semakin luas. Alat sensor dalam penginderaan jauh dapat menerima informasi dalam berbagai bentuk antara lain sinar atau cahaya, gelombang bunyi dan daya elektromagnetik. Untuk melakukan penginderaan jarak jauh diperlukan alat sensor, alat pengolah data dan alat-alat lainnya sebagai pendukung. Oleh karena sensor tidak ditempatkan pada objek, maka perlu adanya wahana atau alat sebagai tempat untuk meletakkan sensor. Wahana tersebut dapat berupa balon udara, pesawat terbang, satelit, atau wahana lainnya (Gambar 2.8). Antara sensor, wahana, dan citra diharapkan selalu berkaitan, karena hal itu akan menentukan skala citra yang dihasilkan. Penginderaan jauh sangat tergantung dari energi gelombang elektro magnetik. Sistem penginderaan jauh merupakan serangkaian komponen-komponen yang digunakan untuk penginderaan jauh yang saling berkaitan satu dengan lainnya dan bekerjasama secara terkoordinasi. Komponen penginderaan jauh meliputi:

1. Tenaga, dimana tenaga yang digunakan dalam penginderaan jauh dibedakan menjadi dua yaitu tenaga alamiah (sinar matahari dan sinar bulan) dan sinar buatan. Namun yang biasanya dipakai adalah sinar matahari. Penginderaan jauh yang menggunakan sinar matahari disebut sistem pasif, sedangkan yang menggunakan tenaga buatan disebut sistem aktif. Fungsi dari sumber energi ini adalah untuk menyinari objek permukaan bumi dan memantulkan pada alat pengamat (sensor).



Gambar 2. 9 Komponen Penginderaan Jauh (*Modul Geografi 2017*)

2. Atmosfer, merupakan lapisan udara yang menyelimuti bumi. Atmosfer akan mempengaruhi penginderaan jauh dalam hal penyerapan, pemantulan, penghamburan, dan melewatkan radiasi elektromagnetik. Bagian jendela atmosferlah yang nantinya akan melanjutkan energi yang ditangkap oleh mata. Jendela atmosfer adalah bagian *spectrum* tampak mata yang sering digunakan. Proses penghambatan di atmosfer dapat berbentuk serapan, pantulan dan hamburan. Hamburan adalah pantulan ke arah serba benda yang disebabkan oleh benda yang permukaannya kasar dan bentuknya tak menentu.
3. Objek, merupakan segala sesuatu yang menjadi sasaran dalam penginderaan jauh antara lain atmosfer, biosfer, hidrosfer, dan litosfer.
4. Sensor, adalah alat yang digunakan untuk merekam objek-objek di permukaan bumi. Berdasarkan proses perekamannya sensor dibedakan menjadi 2, yaitu:
 - a. Sensor Fotografi, dimana proses perekamannya berlangsung seperti pada kamera foto biasa, yaitu sensor berupa kamera yang bekerja pada *spectrum* tampak mata dan menghasilkan foto atau citra. Menurut Lilesand dan Kiefer, ada beberapa keuntungan menggunakan sensor fotografi, yaitu caranya yang relatif sederhana seperti proses pemotretan biasa, biaya yang tidak terlalu mahal, serta resolusi spasial yang baik, dan integritas geometrik baik.
 - b. Sensor Elektromagnetik, merupakan sensor bertenaga elektrik dalam bentuk sinyal elektrik yang beroperasi pada *spectrum* yang luas. Sensor elektronik berupa alat yang bekerja secara elektrik dengan pemrosesan menggunakan komputer. Hasil akhirnya berupa data visual atau *date digital/numerik*. Proses perekamannya untuk menghasilkan citra dilakukan dengan memotret data

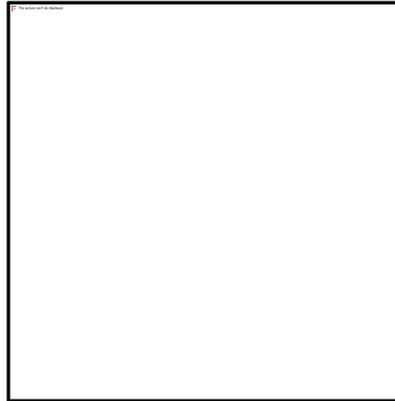
visual dari layar atau dengan menggunakan film perekam khusus. Hasil akhirnya berupa foto dengan film sebagai alat perekamannya dan tidak disebut foto udara tetapi citra.

- c. Wahana, dimana wahana yang sering digunakan adalah pesawat terbang atau balon udara. Pada masa sekarang dimana perkembangan teknologi yang kian pesat dan canggih, maka wahana yang digunakan adalah satelit
- d. Citra, merupakan gambaran objek yang tampak pada cermin melalui lensa kamera atau tampak langsung pada hasilnya. Benda yang terdapat pada citra dapat dikenali dari ciri yang terekam pada sensor yaitu ciri spasial, temporal, dan spektral.
 1. Ciri spasial: berkaitan dengan ruang, meliputi bentuk, ukuran, bayangan, pola, tekstur, situs, dan asosiasi.
 2. Citra temporal: ciri yang terkait dengan umur benda atau waktu saat perekaman.
 3. Ciri spektral: ciri yang dihasilkan oleh tenaga elektromagnetik dengan benda yang dinyatakan dengan rona dan warna.

2.17 DEM

Digital Elevation Model (DEM) merupakan salah satu model untuk menggambarkan bentuk topografi permukaan bumi sehingga dapat divisualisasikan ke dalam tampilan 3D (tiga dimensi). Ada banyak cara untuk memperoleh data *DEM*, yaitu interferometri *SAR* (*Synthetic Aperture Radar*) merupakan salah satu algoritma untuk membuat data *DEM*. Data citra *SAR* atau citra radar yang digunakan dalam proses interferometri dapat diperoleh dari wahana satelit atau pesawat. (Indarto dan Faisol A., 2009). DEM SRTM adalah proyek internasional dari National Aeronautics and Space Administration (NASA), National Imagery and Mapping Agency (NIMA) 12 dari Amerika Serikat, Jerman Aerospace Center (DLR), dan Italian Space Agency (ASI). SRTM diperoleh dari data elevasi *near-global scale* untuk menghasilkan data topografi resolusi tinggi yang paling lengkap dari bumi. Dalam arti lain, *Digital Elevation Model* (DEM) adalah model digital yang memberikan informasi bentuk permukaan bumi

(topografi) dalam bentuk data raster, vektor atau bentuk data lainnya (Trisakti, 2010). DEM memuat informasi ketinggian dan kemiringan yang mempermudah interpretasi (Setianto dan Triandini, 2013) sehingga dapat digunakan dalam berbagai aspek kehidupan. Dalam bidang kebencanaan, DEM dapat digunakan untuk membuat peta rawan bencana (banjir, tsunami, tanah longsor, gunung api), rencana tata ruang, dan masih banyak kegunaan lainnya.



Gambar 2. 10 Contoh Visualisasi DEM SRTM (ISSN : 2337-845X)

Menurut Tempfli dalam Taufik dan Rosytha, DEM dapat dikatakan sebagai data digital yang menggambarkan permukaan bumi atau bagiannya yang terdiri dari himpunan titik-titik koordinat hasil sampling dari permukaan dengan algoritma yang mendefinisikan permukaan tersebut dengan menggunakan himpunan koordinat. Informasi yang didapat dari DEM berupa ketinggian dan koordinat posisi ketinggian tersebut di permukaan bumi atau dengan kata lain DEM berisi informasi X,Y, dan Z dari suatu titik. Data DEM dapat dihasilkan salah satunya dari foto udara. Foto udara yang digunakan untuk mengekstraksi DEM berupa foto udara stereo yaitu foto udara yang bertampalan kanan dan kiri sehingga dapat diaplikasikan prinsip *stereovision* dalam pengerjaannya. Kegunaan dari DEM antara lain:

- a. Teknik sipil: peta 3D sebagai sumber pemetaan dan perencanaan infrastruktur, rute perencanaan, analisis *terrain*.
- b. Ilmu kebumihan: untuk mengamati penurunan muka tanah, pemodelan, analisis serta interpretasi dari morfologi tanah, dan pemetaan geologi.
- c. Manajemen perencanaan dan sumber daya: penentuan lokasi penambangan.
- d. Survei dan fotogrametri: digunakan untuk pembuatan kontur, memproduksi *orthofoto*, pemetaan topografi, dan lain sebagainya.

2.18 Uji Akurasi

Evaluasi akurasi digunakan untuk melihat tingkat kesalahan yang terjadi pada klasifikasi area sehingga dapat ditentukan besarnya presentase ketelitian pemetaan. Evaluasi ini menguji tingkat keakuratan secara visual dari klasifikasi terbimbing. Akurasi ketelitian pemetaan dilakukan dengan membuat matrik kontingensi atau matrik kesalahan (*confusion matrix*). Matrik konfusi merupakan matrik yang dapat menunjukkan tingkat ketepatan atau akurasi citra yang telah diklasifikasi dengan data referensi yang dimiliki. Data referensi biasanya didapatkan dari pengukuran atau survei langsung di lapangan. Validasi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dari hasil pengolahan data penginderaan jauh. Akurasi kappa atau yang sering disebut dengan indeks kappa dalam perhitungannya menggunakan seluruh elemen matriks kesalahan (Lillesand dan Kiefer, 1979) dimana nilai koefisien Kappa mempunyai rentang 0 hingga 1. Dalam proses pemetaan klasifikasi penutupan lahan memiliki nilai akurasi yang dapat diterima 85% atau 0.85 (Anderson, 1976). Apabila hasilnya kurang, maka uji akurasi harus diulang kembali dengan membuat klasifikasi citra yang baru. Akurasi yang dihitung meliputi *User's accuracy*, *Producer's Accuracy* dan *Overall Accuracy*. Secara matematis, akurasi ini dapat dinyatakan pada Tabel 2.9 sebagai berikut:

Tabel 2. 9 Persamaan Matriks Konfusi (Short dan Nicholas, 1982)

Persamaan Matriks		Keterangan
<i>User's accuracy</i>	$\frac{X_{ii}}{X_{+i}} \times 100\%$	X_{ii} = nilai diagonal matriks kontingensi baris ke-i dan kolom ke-i
<i>Producer's accuracy</i>	$\frac{X_{ii}}{X_{i+}} \times 100\%$	X_{i+} = jumlah piksel dalam baris ke-i
<i>Overall accuracy</i>	$\frac{\sum_i X_{ii}}{N} \times 100\%$	X_{+i} = jumlah piksel dalam kolom ke-i
<i>Kappa accuracy</i>	$\frac{N \sum_i X_{ii} - \sum_i X_{i+} + X_{+i}}{N^2 - \sum_i X_{i+} + X_{+i}} \times 100\%$	N = banyaknya piksel dalam contoh X = nilai diagonal dari matriks kontingensi baris ke-i dan kolom ke-i X_{ii} = jumlah piksel dalam baris ke-i X_{+i} = jumlah piksel dalam kolom ke-i