

Bab II Tinjauan Pustaka

II.1 Peneliti Terdahulu

Penelitian ini merujuk pada beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang membahas mengenai pemetaan tingkat lahan kritis dengan penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. Beberapa penelitian yang dijadikan sebagai rujukan adalah sebagai berikut :

1. Pemetaan oleh Age Indah Pertiwi yang berjudul “ Identifikasi dan pemetaan lahan kritis dengan menggunakan teknologi sistem informasi geografis dan penginderaan jauh (studi kasus di Sub DAS Cisadane Hulu, Kabupaten dan Kota Bogor, Provinsi Jawa Tengah). Penelitian menggunakan parameter-parameter penentu kekritisian lahan yang diacu berdasarkan pada Peraturan Menteri Kehutanan RI Nomor: P.32/Menhut-II/2009 tentang Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitas Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai (RTKRHL-DAS). Metode yang digunakan adalah tumpang tindih (*overlay*) dan perhitungan skor akhir dengan cara perkalian skor dan bobot penilaian tiap parameter lahan kritis.
2. Penelitian oleh Lingga Hascarya Prabandaru yang berjudul “ Pemetaan tingkat lahan kritis Kabupaten Wonosobo dengan penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (Studi kasus : Kecamatan Kejajar, Kecamatan Garung, Kecamatan Mojo Tengah)”. Penelitian menggunakan pembobotan dan *scoring* sesuai peraturan Direktorat Jendral Bina pengelolaan DAS dan Perhutani Sosial No. P.4/V-SET/2014. Perhitungan skor akhir dengan cara perkalian skor dan bobot penilaian tiap parameter lahan kritis.

Perbedaan penelitian ini dengan kedua penelitian diatas ialah metode dalam pengolahan hasil akhir klasifikasi kawasan menggunakan metode *fuzzy logic* serta studi kasus penelitian berbeda yaitu Kabupaten Semarang.

II.2 Definisi Lahan Kritis

Permenhut No. P.32/Menhut-II/2009 tentang tata cara penyusunan teknik rehabilitasi hutan dan lahan daerah aliran sungai (RtkRHL-DAS) mendefinisikan lahan kritis adalah lahan di dalam maupun di luar kawasan hutan yang telah mengalami kerusakan, sehingga kehilangan atau berkurang fungsinya sampai pada batas yang ditentukan atau diharapkan. Lahan kritis adalah tidak sesuainya penggunaan dan kemampuan lahan yang mengakibatkan kerusakan lahan secara fisis, kimia maupun biologis sehingga membahayakan fungsi hidrologis, orologis, produksi pertanian, sosial ekonomi maupun pemukiman yang dapat menimbulkan erosi dan longsor di daerah hulu serta sedimentasi dan banjir di daerah hilir atau dataran.

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 peruntukan pemukiman bagi tempat tinggal manusia, industri, maupun lahan pertanian sebagai sarana pemenuhan kebutuhan pangan manusia. Akan tetapi penggunaan lahan oleh manusia terkadang kurang benar akibat ketidaktahuan masyarakat tersebut. Hal ini mendorong timbulnya lahan-lahan kritis yang baru, dengan demikian tentunya diperlukan usaha pengendalian agar lahan mampu memproduksi dengan baik sesuai dengan kemampuannya.

Metode penilaian lahan kritis mengacu pada definisi lahan kritis yaitu sebagai lahan yang telah mengalami kerusakan, sehingga kehilangan atau berkurang fungsinya sampai pada batas yang ditentukan atau diharapkan baik yang berada di dalam maupun di luar kawasan hutan.

Sasaran penilaian adalah lahan-lahan dengan fungsi lahan yang ada kaitannya dengan kegiatan reboisasi dan penghijauan, yaitu fungsi kawasan lindung bagi hutan lindung, fungsi lindung di luar kawasan hutan, serta fungsi kawasan budidaya untuk usaha pertanian.

II.3 Klasifikasi Parameter Lahan Kritis

Hasil analisis terhadap beberapa parameter penentu lahan kritis menghasilkan data spasial lahan kritis. Parameter penentu lahan kritis berdasarkan Permenhut Nomor P.32/Menhut-II/2009, meliputi :

1. Penutupan lahan
2. Kemiringan lereng
3. Tingkat bahaya erosi
4. Produktivitas
5. Manajemen

Penyusunan data spasial lahan kritis dapat dilakukan apabila parameter tersebut di atas sudah disusun terlebih dahulu. Data spasial untuk masing-masing parameter harus dibuat dengan standar tertentu guna mempermudah proses analisis spasial untuk menentukan lahan kritis. Standar data spasial untuk masing-masing parameter meliputi kesamaan dalam sistem proyeksi dan sistem koordinat yang digunakan serta kesamaan data atributnya.

II.1.1 Penutupan lahan

Penutupan lahan memiliki pengertian yang berbeda dengan penggunaan lahan. Lillesand dan Kiefer (1990) mendefinisikan penutupan lahan sebagai suatu istilah yang berkaitan dengan jenis kenampakan yang ada di permukaan bumi sedangkan penggunaan lahan berkaitan dengan kegiatan manusia pada bidang lahan tertentu. Untuk parameter penutupan lahan dinilai berdasarkan persentase penutupan tajuk pohon terhadap luas setiap *land system* (menurut RePPPProT) dan diklasifikasikan menjadi lima kelas.

II.2.1 Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng dapat memicu terjadinya lahan kritis di suatu wilayah. Semakin curam kemiringan lerengnya maka semakin besar potensi terjadinya lahan kritis di wilayah tersebut. Menurut Suripin (2002), topografi berperan penting dalam menentukan kecepatan aliran permukaan yang membawa partikel-partikel tanah tersebut. 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 % (prosen) dan $^{\circ}$ (derajat). Data spasial kemiringan lereng dapat disusun dari hasil pengolahan data ketinggian (garis kontur) dengan bersumber pada peta topografi atau peta rupabumi. Pengolahan data kontur untuk menghasilkan informasi kemiringan lereng dapat dilakukan secara manual maupun dengan bantuan komputer.

II.3.1 Tingkat Bahaya Erosi

Arsyad (2006) mendefinisikan erosi sebagai peristiwa pindahnya atau terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain oleh media alami. Pada peristiwa erosi, tanah atau bagian – bagian tanah pada suatu tempat terkikis dan terangkut yang kemudian diendapkan di tempat lain. Tingkat Bahaya Erosi (TBE) dapat dihitung dengan cara membandingkan tingkat erosi di suatu satuan lahan (*land* unit) dan kedalaman tanah efektif pada satuan lahan tersebut.

II.4.1 Produktivitas

Data produktivitas merupakan salah satu kriteria yang dipergunakan untuk menilai kekritisan lahan di kawasan budidaya pertanian, yang dinilai berdasarkan ratio terhadap produksi komoditi umum optimal pada pengelolaan tradisional. Sesuai dengan karakternya, data tersebut merupakan data atribut. Di dalam analisis spasial, data atribut tersebut harus dispasialkan dengan satuan pemetaan *land system*. Alasan utama digunakannya *land system* sebagai satuan pemetaan produktivitas adalah setiap *land system* mempunyai karakter geomorfologi yang spesifik, sehingga mempunyai pola usaha tani dan kondisi lahan yang spesifik pula.

II.5.1 Manajemen

Manajemen merupakan salah satu kriteria yang dipergunakan untuk menilai lahan kritis di kawasan hutan lindung, yang dinilai berdasarkan kelengkapan aspek pengelolaan yang meliputi keberadaan tata batas kawasan, pengamanan dan pengawasan serta dilaksanakan atau tidaknya penyuluhan. Tidak hanya hutan lindung tetapi kawasan budidaya pertanian juga memerlukan manajemen. Kawasan budidaya pertanian mencakup pengelolaan lahan di kawasan pertanian baik di ladang maupun sawah ditunjukkan oleh adanya aspek teknologi konservasi tanah, penerapan sistem terasering, dan penanaman secara kontur. Pengelolaan lahan di kawasan kebun/perkebunan dilihat dari adanya alur/parit yang berfungsi sebagai penahan erosi.

II.4 Kriteria Lahan Kritis sesuai kawasan

Penentuan kriteria lahan kritis didasarkan pada parameter-parameter yang mempengaruhi lahan menjadi kritis. Sesuai Permenhut No. P.32/Menhut-II/2009 dalam

menentukan kriteria lahan kritis berdasarkan parameter persentase penutupan lahan oleh vegetasi dan penggunaan lahan, tingkat erosi, penggunaan lahan dan kelerengan.

II.4.1 Kawasan hutan lindung

Menurut UU nomor 41 tahun 1999 tentang Kehutanan, hutan sebagai salah satu penentu sistem penyangga kehidupan dan sumber kemakmuran rakyat, cenderung menurun kondisinya, oleh karena itu keberadaannya harus dipertahankan secara optimal, dijaga daya dukungnya secara lestari, dan diurus dengan akhlak mulia, adil, arif, bijaksana, terbuka, profesional, serta bertanggung-gugat. 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. Kawasan hutan dengan ciri khas tertentu mempunyai fungsi perlindungan, sistem penyangga kehidupan, pengawetan keanekaragaman hayati serta pemanfaatan secara lestari sumber daya alam hayati dan ekosistemnya.

Parameter kekritisian lahan kawasan lindung ditentukan oleh penutupan lahan, kemiringan lereng, tingkat bahaya erosi, dan manajemen lahan. Manajemen merupakan data atribut mengenai kelengkapan aspek manajemen yang meliputi adanya pengamanan, pengawasan dan tata batas kawasan.

Tabel 0-1. Kriteria lahan kritis Kawasan Hutan Lindung (Permenhut No. P.32/Menhut-II/2009)

No	Kriteria (% Bobot)	Kelas	Besaran/Deskripsi	Skor	Keterangan
1.	Penutupan Lahan (50)	1. Sangat baik 2. Baik 3. Sedang 4. Buruk 5. Sangat buruk	>80 % 61-80 % 41-60 % 21-40 % < 20 %	5 4 3 2 1	Dihitung berdasarkan persentase penutupan tajuk pohon
2	Lereng (20)	1. Datar 2. Landai 3. Agak Curam 4. Curam 5. Sangat curam	< 8 % 8- 15 % 16-25 % 25-40 % > 40 %	5 4 3 2 1	

Lanjutan Tabel II-1

No	Kriteria (% Bobot)	Kelas	Besaran/Deskripsi	Skor	Keterangan
3	Erosi (20)	1. Ringan	<ul style="list-style-type: none"> - Tanah dalam : kurang dari 25% lapisan tanah atas hilang/atau erosi alur pada jarak 20-50 m. - Tanah dangkal : kurang dari 25% lapisan tanah atas hilang dan/atau erosi alur pada jarak > 50 m. 	5	
		2. Sedang	<ul style="list-style-type: none"> - Tanah dalam : 25-75% lapisan tanah atas hilang/atau erosi alur pada jarak kurang dari 20 m. - Tanah dangkal : 25-50% lapisan tanah atas hilang dan/atau erosi alur dengan jarak 20-50 m. 	4	
		3. Berat	<ul style="list-style-type: none"> - Tanah dalam : lebih dari 75% lapisan tanah atas hilang/atau erosi parit dengan jarak 20-50 m. - Tanah dangkal : 50-75% lapisan tanah atas hilang. 	3	
		4. Sangat Berat	<ul style="list-style-type: none"> - Tanah dalam : Semua lapisan tanah atas hilang > 25% lapisan tanah bawah dan/atau erosi parit dengan kedalaman sedang pada jarak kurang dari 20 m. - Tanah dangkal : 75% lapisan tanah atas hilang, sebagian lapisan tanah bawah telah tererosi. 	2	
4.	Manajemen (10)	1. Baik 2. Sedang 3. Buruk	Lengkap *) Tidak lengkap Tidak ada	5 3 1	*)-Tata batas kawasan ada -Pengawasan ada -Penyuluhan dilaksanakan

II.4.2 Kawasan budidaya untuk usaha pertanian

Kawasan budidaya adalah wilayah yang ditetapkan dengan fungsi utama untuk dibudidayakan atas dasar kondisi dan potensi sumber daya alam, sumber daya manusia, dan sumber daya buatan. Kawasan budidaya meliputi :

- a) kawasan peruntukan hutan produksi, yang dapat dirinci meliputi: kawasan hutan produksi terbatas, kawasan hutan produksi tetap, dan kawasan hutan yang dapat dikonversi
- b) kawasan hutan rakyat
- c) kawasan peruntukan pertanian, yang dapat dirinci meliputi: pertanian lahan basah, pertanian lahan kering, dan hortikultura
- d) kawasan peruntukan perkebunan, yang dapat dirinci berdasarkan jenis komoditas perkebunan yang ada di wilayah provinsi
- e) kawasan peruntukan perikanan, yang dapat dirinci meliputi kawasan: perikanan tangkap, kawasan budi daya perikanan, dan kawasan pengolahan ikan
- f) kawasan peruntukan pertambangan, yang dapat dirinci meliputi kawasan peruntukan: mineral dan batubara, minyak dan gas bumi, panas bumi, dan air tanah di kawasan pertambangan
- g) kawasan peruntukan industri, yang dapat dirinci meliputi kawasan peruntukan: industri kecil/rumah tangga, industri agro, industri ringan, industri berat, industri petrokimia, dan industri lainnya
- h) kawasan peruntukan pariwisata, yang dapat dirinci meliputi kawasan peruntukan: semua jenis wisata alam, wisata budaya, wisata buatan/taman rekreasi, dan wisata lainnya
- i) kawasan peruntukan permukiman, yang dapat dirinci meliputi kawasan peruntukan: permukiman perdesaan dan permukiman perkotaan
- j) peruntukan kawasan budidaya lainnya, yang antara lain meliputi kawasan peruntukan: instalasi pembangkit energi listrik, instalasi militer, dan instalasi lainnya.

Dikarena penelitian ini dibatasi oleh budidaya untuk usaha pertanian maka kawasan yang digunakan adalah kawasan peruntukan hutan produksi, hutan rakyat, kawasan peruntukan pertanian, dan kawasan peruntukan perkebunan/kebun.

Parameter yang digunakan adalah produktivitas lahan, kemiringan lereng, erosi, dan manajemen lahan. Produktivitas dihitung berdasarkan ratio terhadap produksi komoditi optimal pada pengelolaan tradisional, sedangkan manajemen dinilai berdasarkan penerapan teknologi konservasi tanah.

Tabel 0-2. Kriteria lahan kritis Kawasan Budidaya untuk Usaha Pertanian (Permenhut No. P.32/Menhut-II/2009)

No	Kriteria (% Bobot)	Kelas	Besaran/Deskripsi	Skor	Keterangan
1	Produktivitas (30)	1. Sangat tinggi 2. Tinggi 3. Sedang 4. Rendah 5. Sangat rendah	>80 % 61-80 % 41-60 % 21-40 % < 20 %	5 4 3 2 1	Dinilai berdasarkan rasio terhadap produksi umum optimal pada pengelolaan tradisional
2	Lereng (20)	1. Datar 2. Landai 3. Agak Curam 4. Curam 5. Sangat curam	< 8 % 8- 15 % 16-25 % 25-40 % > 40 %	5 4 3 2 1	
3	Erosi (20)	Ringan	- Tanah dalam : kurang dari 25% lapisan tanah atas hilang/atau erosi alur pada jarak 20-50 m. - Tanah dangkal : kurang dari 25% lapisan tanah atas hilang dan/atau erosi alur pada jarak > 50 m.	5	
		Sedang	- Tanah dalam : 25-75% lapisan tanah atas hilang/atau erosi alur pada jarak kurang dari 20 m. - Tanah dangkal : 25-50% lapisan tanah atas hilang dan/atau erosi alur dengan jarak 20-50 m.	4	
		Berat	- Tanah dalam : lebih dari 75% lapisan tanah atas hilang/atau erosi parit dengan jarak 20-50 m. - Tanah dangkal : 50-75% lapisan tanah atas hilang.	3	
		Sangat Berat	- Tanah dalam : Semua lapisan tanah atas hilang > 25% lapisan tanah bawah dan/atau erosi parit dengan kedalaman sedang pada jarak kurang dari 20 m. - Tanah dangkal : 75% lapisan tanah atas hilang, sebagian lapisan tanah bawah telah tererosi.	2	

Lanjutan Tabel II-2

No	Kriteria (% Bobot)	Kelas	Besaran/Deskripsi	Skor	Keterangan
4	Manajemen (30)	1. Baik	1. Penerapan teknologi konservasi tanah lengkap sesuai petunjuk teknis	5	
		2. Sedang	2. Tidak lengkap atau tidak dipelihara	3	
		3. Buruk	3. Tidak ada	1	

II.4.3 Kawasan lindung di luar kawasan hutan

Kawasan Lindung adalah kawasan yang ditetapkan dengan fungsi utama melindungi kelestarian lingkungan hidup yang mencakup sumberdaya alam, sumberdaya buatan dan `nilai sejarah serta budaya bangsa guna kepentingan pembangunan berkelanjutan. Ruang lingkup kawasan lindung meliputi kawasan yang memberikan perlindungan kawasan bawahnya, kawasan perlindungan setempat, kawasan suaka alam dan kawasan rawan bencana alam. Sesuai dengan peta kawasan dari BPDAS Pemali Jratun kawasan lindung meliputi cagar alam dan taman nasional. Kabupaten Semarang memiliki Cagar alam Sepakung dan Gebugan serta Taman nasional Gunung Merbabu.

Kekritisn lahan dinilai berdasarkan vegetasi permanen yaitu persentase penutupan tajuk pohon, kemiringan lereng, erosi, dan manajemen lah. Manajemen diukur berdasarkan adanya pengamanan, pengawasan dan tata batas kawasan.

Tabel 0-3. Kriteria lahan kritis Kawasan Lindung di Luar Kawasan Hutan (Permenhut No. P.32/Menhut-II/2009)

No	Kriteria (% Bobot)	Kelas	Besaran/Deskripsi	Skor	Keterangan
1.	Penutupan Lahan (50)	1. Sangat baik	>80 %	5	Dihitung berdasarkan persentase penutupan tajuk pohon
		2. Baik	61-80 %	4	
		3. Sedang	41-60 %	3	
		4. Buruk	21-40 %	2	
		5. Sangat buruk	< 20 %	1	
2	Lereng (10)	1. Datar	< 8 %	5	
		2. Landai	8- 15 %	4	
		3. Agak Curam	16-25 %	3	
		4. Curam	25-40 %	2	
		5. Sangat curam	> 40 %	1	

Lanjutan Tabel III-3

No	Kriteria (% Bobot)	Kelas	Besaran/Deskripsi	Skor	Keterangan
3	Erosi (10)	1. Ringan	- Tanah dalam : kurang dari 25% lapisan tanah atas hilang/atau erosi alur pada jarak 20-50 m. - Tanah dangkal : kurang dari 25% lapisan tanah atas hilang dan/atau erosi alur pada jarak > 50 m.	5	
		2. Sedang	- Tanah dalam : 25-75% lapisan tanah atas hilang/atau erosi alur pada jarak kurang dari 20 m. - Tanah dangkal : 25-50% lapisan tanah atas hilang dan/atau erosi alur dengan jarak 20-50 m.	4	
		3. Berat	- Tanah dalam : lebih dari 75% lapisan tanah atas hilang/atau erosi parit dengan jarak 20-50 m. - Tanah dangkal : 50-75% lapisan tanah atas hilang.	3	
		4. Sangat Berat	- Tanah dalam : Semua lapisan tanah atas hilang > 25% lapisan tanah bawah dan/atau erosi parit dengan kedalaman sedang pada jarak kurang dari 20 m. - Tanah dangkal : 75% lapisan tanah atas hilang, sebagian lapisan tanah bawah telah tererosi.	2	
4.	Manajemen (30)	1. Baik 2. Sedang 3. Buruk	1. Penerapan teknologi konservasi tanah lengkap sesuai petunjuk teknis	5	
			2. Tidak lengkap atau tidak dipelihara	3	
			3. Tidak ada	1	

Setelah parameter-parameter tersebut ditumpang-susunkan (*overlay*) selanjutnya dilakukan perhitungan skor akhir dengan cara perkalian skor dan bobot penilaian tiap

parameter lahan kritis. Setiap fungsi lahan memiliki bobot penilaian lahan kritis yang berbeda-beda. Skor akhir lahan kritis merupakan hasil penjumlahan antara perkalian skor dan bobot penilaian lahan kritis. Dari hasil skor akhir tersebut kemudian dianalisis tingkat kekritisannya lahan berdasarkan interval skor akhir sehingga diperoleh tingkat kekritisannya lahan pada tiap-tiap fungsi lahan.

Tabel 0-4. Klasifikasi tingkat kekritisannya lahan berdasarkan total skor (Permenhut No. P.32/Menhut-II/2009)

Tingkat Kekritisannya Lahan	Kawasan Hutan Lindung	Kawasan Budidaya Pertanian	Kawasan Lindung di luar Kaw. Hutan
Sangat Kritis	120 – 180	115 – 200	110 – 200
Kritis	181 – 270	201 – 275	201 – 275
Agak Kritis	271 – 360	276 – 350	276 – 350
Potensi Kritis	361 – 450	351 – 425	351 – 425
Tidak Kritis	451 - 500	426 - 500	426 - 500

II.5 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh atau indera (*remote sensing*) adalah seni dan ilmu untuk mendapatkan informasi tentang objek, area atau fenomena melalui analisis terhadap data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah ataupun fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1979). Penginderaan jauh terdiri atas tiga komponen utama yaitu objek yang diindera, sensor untuk merekam objek dan gelombang elektronik yang dipantulkan atau dipancarkan oleh permukaan bumi. Interaksi dari ketiga komponen ini menghasilkan data penginderaan jauh yang selanjutnya melalui proses interpretasi dapat diketahui jenis objek area ataupun fenomena yang ada.

Penginderaan jauh adalah sistem perekaman objek yang didasarkan pantulan, karena pantulan, maka semakin besar pantulan tenaga dari objek rona yang tergambar akan cerah dan sebaliknya semakin kecil pantulan objek rona yang terbentuk akan gelap. Karena itu objek yang tegak lurus dengan sumbu kamera dengan pantulan tinggi rona akan cerah dibandingkan objek yang jauh dari sumbu kamera. Sehubungan dengan sumbu kamera yang tegak lurus, maka ukuran objek yang lebih sesuai dan akurat adalah objek yang tegak lurus. Artinya semakin jauh dari sumbu tegak lurus dengan kamera, maka kesalahan ukuran makin besar. Oleh karena itu semakin jauh dari titik tembus sumbu kamera (titik prinsipal) skala semakin kecil dan kesalahan (distorsi) pada foto udara bersifat radial.

Empat komponen dasar dari sistem penginderaan jauh adalah target, sumber energi, alur transmisi, dan sensor. Komponen dalam sistem ini berkerja bersama untuk mengukur dan mencatat informasi mengenai target tanpa menyentuh objek tersebut. Sumber energi yang menyinari atau memancarkan energi elektromagnetik pada target mutlak diperlukan. Energi berinteraksi dengan target dan sekaligus berfungsi sebagai media untuk meneruskan informasi dari target kepada sensor. Sensor adalah sebuah alat yang mengumpulkan dan mencatat radiasi elektromagnetik. Data akan dikirimkan ke stasiun penerima dan diproses menjadi format yang siap pakai, diantaranya berupa citra. citra ini kemudian diinterpretasi untuk mencari informasi mengenai target. proses interpretasi biasanya berupa gabungan antara visual dan *automatic* dengan bantuan komputer dan perangkat lunak pengolahan citra.

II.6 Landsat 8

Landsat Data *Continuity Mission* (LDCM) atau dikenal juga dengan nama Landsat 8 merupakan satelit generasi terbaru dari Program Landsat. Satelit ini merupakan project gabungan antara USGS dan NASA beserta NASA *Goddard Space Flight Center* dan diluncurkan pada hari Senin, 11 Februari 2013 di Pangkalan Angkatan Udara Vandenberg, California – Amerika Serikat.

Satelit Landsat 8 menggunakan suatu *platform* dengan pengarahannya titik nadir yang distabilkan tiga-sumbu, suatu arsitektur modular yang berhubungan dengan Bus SA - 200HP. Bus SA-200HP dengan dayaguna tinggi adalah dari DS1 (Deep Space1) dan merupakan warisan misi Coriolis. Satelit Landsat-8 tersebut terdiri dari suatu bingkai aluminium dan struktur panel utama. Subsistem Kontrol dan Penentuan Sikap (*Attitude Determination and Control Subsystem-ADCS*) menggunakan 6 buah roda-roda reaksi dan tiga batang tenaga putaran (torque rods) sebagai aktuator. Sikap satelit diindera dengan tiga buah alat untuk mengikuti jejak bintang (star trackers) yang presisi, sebuah SIRU (Scalable Inertial Reference Unit), 12 buah sensor matahari yang kasar, penerima-penerima GPS (Viceroy), dan 12 buah TAMs (*Three Axis Magnetometers*).Aspek-aspek kunci dari dayaguna satelit Landsat-8 yang berhubungan dengan kalibrasi pencitra dan validasi adalah pengarahannya titik (pointing), stabilitas dan kemampuan melakukan manuver. Pengarahannya titik dan stabilitas satelit mempengaruhi dayaguna geometrik. Kemampuan melakukan manuver memungkinkan akuisisi data untuk kalibrasi dengan menggunakan matahari, bulan dan bintang-bintang.

Tabel 0-5. Parameter orbit satelit Landsat 8

Jenis orbit	mendekati lingkaran sikron matahari
Ketinggian	705 km
Inklinasi	98.2°
Periode	99 menit
Waktu liput ulang (resolusi temporal)	16 hari
Waktu melintasi katulistiwa (Local Time on Descending Node LTDN) nominal	Jam 10:00 s.d 10:15 pagi

Sumber : Sitanggang, 2010

Dalam bulan Juli 2007, NASA telah menyerahkan kontrak kepada BATC (*Ball Aerospace Technology Corporation*), Boulder, CO. untuk mengembangkan instrument kunci OLI (*Operational Land Imager*) Landsat 8. BATC melakukan kontrak untuk perancangan, pengembangan, pembuatan dan integrasi dari sensor pencitra OLI. Perusahaan tersebut juga diperlukan untuk pengujian, pengiriman dan memberikan dukungan pengiriman-lanjut dan lima tahun dukungan di orbit untuk instrumen tersebut. Sensor pencitra OLI mempunyai kanal- kanal spektral yang menyerupai sensor ETM+ (*Enhanced Thermal Mapper plus*) dari Landsat 7. Sensor OLI ini mempunyai kanal-kanal yang baru yaitu :kanal untuk deteksi *aerosol* garis pantai (kanal-1: 443 nm) dan kanal untuk deteksi *cirrus* (kanal 9 : 1375 nm), akan tetapi tidak mempunyai kanal inframerah termal.

Tabel 0-6. Spesifikasi kanal spektral sensor citra Landsat 8

Kanal No	Kanal	Kisaran spektral (nm)	Penggunaan data	GSD (resolusi spasial)	Radiance (W/m ² sr μm), typical	SNR (typical)
1	Biru	433-453	<i>Aerosol/coastal zone</i>	30 m	40	130
2	Biru	450-515	<i>Pigments/scatter/coastal</i>	30 m (kanal-kanal warisan TM)	40	130
3	Hijau	525-600	<i>Pigments/coastal</i>		30	100
4	Merah	630-680	<i>Pigments/coastal</i>		22	90
5	NIR	845-885	<i>Foliage/coastal</i>		14	90
6	SWIR 2	1560-1660	<i>Foliage</i>		4.0	100
7	SWIR 3	2100-2300	<i>Minerals/litter/no scatter</i>		1.7	100
8	PAN	500-680	<i>Image sharpening</i>	15 m	23	80
9	SWIR	1360-1390	<i>Cirruscloud detection</i>	30 m	6.0	130

Sumber : Landsat USGS.gov

II.6.1 Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik atau biasa juga disebut transformasi geometrik citra, yang paling mendasar adalah penempatan kembali nilai-nilai piksel sedemikian rupa, sehingga hasilnya dapat dilihat Gambaran onyek di permukaan bumi yang terekam sensor. Ada beberapa cara untuk melakukan koreksi geometrik, yaitu rektifikasi dan registrasi geometrik, Jensen (1986). Rektifikasi adalah proses dimana citra dibuat planimetrik berdasarkan rujukan pada peta yang mempunyai proyeksi standar, cara ini dikenal dengan rektifikasi citra ke peta (*image to map rectification*). Cara yang kedua adalah registrasi geometrik citra, yaitu registrasi citra ke citra (*image to image registration*) dengan menggunakan citra lain pada daerah yang sama yang udah dikoreksi terlebih dahulu.

Pada proses ini dibutuhkan beberapa titik kontrol medan (*Ground Control Point/GCP*) yang dapat diidentifikasi pada citra dan peta. Apabila persamaan transformasi koordinat diterapkan pada titik-titik kontrol maka diperoleh residual x dan residual y. Residual adalah penyimpangan posisi titik yang bersangkutan terhadap posisi yang diperoleh melalui transformasi koordinat yang kemudian dinyatakan sebagai nilai *Residual Means Square Error* atau *RMS(error)*. Tingkat keberhasilan dalam tahap ini biasanya ditentukan dengan besarnya nilai ambang *RMS (error)* total, atau yang dikenal dengan istilah 'sigma'. Menurut ketelitian baku peta nasional Amerika Serikat (*US National Map Standard*), nilai sigma citra harus lebih kecil daripada setengah resolusi spasial citra yang bersangkutan, sehingga rata-rata pergeseran posisi yang dapat diterima dari hasil koreksi ini nantinya adalah 0,5 x ukuran piksel.

Dalam melakukan transformasi koordinat, terdapat beberapa macam transformasi polinomial yang satu dengan yang lain memberikan ketelitian yang berbeda-beda (Jensen, 1996) yaitu :

- 1) Transformasi *affine*, yaitu memerlukan minimal 4 titik kontrol untuk mengubah posisi geometrik citra sama dengan posisi geometrik referensi (peta). Transformasi ini lebih sesuai untuk daerah yang bertopografi relatif datar atau landai.
- 2) Transformasi orde dua, yang dapat dijalankan minimal dengan 6 titik kontrol dengan ketelitian yang pada umumnya lebih akurat dibandingkan dengan transformasi *affine*.
- 3) Transformasi orde tiga, yang dapat dijalankan minimal dengan 10 titik kontrol dan lebih tepat untuk daerah dengan variasi topografi yang besar.

II.6.2 Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik diperlukan atas dua dasar alasan, yaitu untuk memperbaiki kualitas visual citra dan sekaligus memperbaiki nilai-nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral objek yang sebenarnya. Koreksi radiometrik yang ditujukan untuk memperbaiki kualitas visual citra berupa pengisian kembali baris yang kosong karena drop out baris maupun masalah kesalahan awal pelarikan (*scanning start*).

Koreksi radiometrik yang ditujukan untuk memperbaiki nilai piksel supaya sesuai dengan yang seharusnya biasanya mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama. Rumus umum koreksi nilai piksel pada setiap scene adalah sebagai berikut :

Persamaan berikut digunakan untuk mengubah nilai DN Level 1 menjadi TOA *reflectance* :

$$\rho\lambda' = M_p \times Q_{cal} + A_p \dots\dots\dots (2.1)$$

$\rho\lambda'$ = TOA *Planetary Spectral Reflectance*

M_p = *Reflectance multiplicative scaling factor for the band (REFLECTANCE_MULT_BAND_N from the metadata)*

A_p = *Reflectance additive scaling factor for the band REFLECTANCE_ADD_BAND_N from the metadata)*

Q_{cal} = *L1 pixel value in DN*

Sedangkan persamaan di bawah adalah persamaan TOA *reflectance* yang mengandung *sun elevation (solar angle)*, ini merupakan rumus yang digunakan pada saat pengolahan koreksi radiometrik pada *band math* :

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\sin(\theta)} \dots\dots\dots (2.2)$$

$\rho\lambda$ = TOA *Planetary Reflectance*

θ = *Solar Elevation Angle (from the metadata) / Sun Elevation*

II.7 NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) besaran nilai kehijauan vegetasi yang diperoleh dari pengolahan sinyal digital data nilai kecerahan (*brightness*) beberapa kanal data sensor satelit. Untuk pemantauan vegetasi, dilakukan proses perbandingan

antara tingkat kecerahan kanal cahaya merah (*red*) dan kanal cahaya inframerah dekat (*near infrared*). Fenomena penyerapan cahaya merah oleh klorofil dan pemantulan cahaya inframerah dekat oleh jaringan mesofil yang terdapat pada daun akan membuat nilai kecerahan yang diterima sensor satelit pada kanal-kanal tersebut akan jauh berbeda. Pada daratan non-vegetasi, termasuk diantaranya wilayah perairan, pemukiman penduduk, tanah kosong terbuka, dan wilayah dengan kondisi vegetasi yang rusak, tidak akan menunjukkan nilai rasio yang tinggi (minimum). Sebaliknya pada wilayah bervegetasi sangat rapat, dengan kondisi sehat, perbandingan kedua kanal tersebut akan sangat tinggi (maksimum). Nilai perbandingan kecerahan kanal cahaya merah dengan cahaya inframerah dekat atau NIR/RED, adalah nilai suatu indeks vegetasi (yang sering disebut "*simple ratio*") yang sudah tidak dipakai lagi. Hal ini disebabkan karena nilai dari rasio NIR/RED akan memberikan nilai yang sangat besar untuk tumbuhan yang sehat. Nilai NDVI mempunyai rentang antara -1 (minus) hingga 1 (positif).

Algoritma NDVI didapat dari rasio antara *band* merah dan *band* inframerah dekat dari citra penginderaan jauh, dengan begitu indeks "kehijauan" vegetasi dapat ditentukan. *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) merupakan indeks rasio yang paling umum digunakan untuk vegetasi. NDVI dihitung berdasarkan per-pixel dari selisih normalisasi antara *band* merah dan inframerah dekat pada citra:

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \dots\dots\dots (2.3)$$

NIR adalah nilai *band* inframerah dekat untuk sebuah sel dan RED adalah nilai *band* merah untuk sel tersebut. NDVI dapat dihitung untuk setiap citra yang memiliki *band* merah dan inframerah dekat. Interpretasi secara biofisik dari NDVI adalah fraksi yang terserap dari radiasi aktif yang berfotosintesis.

Banyak faktor yang mempengaruhi nilai NDVI seperti aktivitas fotosintesis pada tumbuhan, jumlah tutupan tumbuhan, biomasa, kelembaban tumbuhan dan tanah, dan tanaman yang stress (kurang sehat). Karena hal ini, NDVI berkorelasi dengan banyak atribut ekosistem yang menarik bagi para peneliti dan manajer (misalnya produktivitas primer bersih (PBB), tutupan kanopi, tutupan lahan kosong).

II.8 Klasifikasi Terbimbing (*Supervised Classification*)

Klasifikasi terbimbing merupakan metode yang diperlukan untuk mentransformasikandata citra multispektral ke dalam kelas-kelas unsur spasial dalam

bentuk informasi tematis. Selain itu, proses klasifikasi ini juga dilakukan dengan asumsi bahwa data citra digital yang bersangkutan terdiri dari beberapa *band* (multispektral) citra yang mencakup area yang sama. Pada klasifikasi terbimbing, identitas dan lokasi kelas-kelas unsur atau tipe penutup lahan (seperti halnya perkotaan, tubuh air, lahan basah, dan lain sebagainya) telah diketahui sebelumnya melalui kunjungan ke lapangan (survei), analisis foto udara (atau citra satelit sebelumnya), maupun cara-cara yang lain.

II.8.1 *Maximum Likelihood Classification*

Metode *Maximum Likelihood* ini berbasiskan atas distribusi normal (Gaussian) yang mengestimasi fungsi probabilitas dari setiap kelas (Pedroni, 2003). Metode ini mengevaluasi secara kuantitatif varian maupun korelasi pola tanggapan spektral kategori ketika mengklasifikasikan piksel yang tidak dikenal. Pengkelasan ini menggunakan bentuk training sampel yang bersifat sebaran normal (distribusi normal), yaitu semua sebaran (distribusi) pola tanggapan spektral penutup lahan dianggap atau diasumsikan sebagai vektor rata-rata dan kovarian matrik, sehingga probabilitas statistiknya berupa kurva normal (Gaussian). Metode *Maximum Likelihood* ini terbatas hanya mengekstraksi informasi spasial saja tanpa memperhatikan informasi kontekstual dan citra yang ada. Informasi tekstur tersebut dibutuhkan untuk mendapatkan hasil klasifikasi citra yang lebih akurat.

II.8.2 *Confusion Matrix*

Confusion matrix merupakan tabel matriks yang menghubungkan antara piksel hasil klasifikasi dan *ground truth* data yang informasinya dapat diambil dari data lapangan maupun peta yang sudah diverifikasi. Informasi yang bisa diambil dari *confusion matrix* ini sangat banyak antara lain *overall accuracy*, *producer accuracy*, *user accuracy*, dan *kappa coefficient* (Wicaksono, 2015).

$$Producer\ accuracy\ (\%) = \frac{Jumlah\ sampel\ uji\ akurasi\ suatu\ kelas\ yang\ terklasifikasi\ benar}{Jumlah\ sampel\ uji\ akurasi\ pada\ suatu\ kelas} \times 100 \dots\dots\dots (2.4)$$

$$Error\ Omission\ (\%) = 100\% - Producer\ accuracy$$

Nilai *procedur accuracy* pada kelas lamun adalah lamun di lapangan pada area riset terklasifikasi secara benar. *Error omission* lamun di lapangan tidak terklasifikasi sebagai lamun.

$$User\ accuracy\ (\%) = \frac{Jumlah\ sampel\ uji\ akurasi\ suatu\ kelas\ yang\ terklasifikasi\ benar}{Jumlah\ sampel\ uji\ akurasi\ yang\ terklasifikasi\ sebagai\ kelas\ tersebut} \times 100 \dots\dots\dots (2.5)$$

$Error\ Comission\ (\%) = 100\% - User\ accuracy$

Nilai *user accuracy* menjelaskan bahwa piksel yang terklasifikasi pada citra sebagai lamun adalah benar-benar lamun pada kenyataan di lapangan. *Error comission* kemungkinan bahwa piksel yang di citra terklasifikasi sebagai lamun adalah bukan lamun di lapangan.

Akurasi keseluruhan merupakan perbandingan jumlah piksel yang diklasifikasikan dengan benar terhadap piksel observasi. Nilai ini menunjukkan tingkat kebenaran citra hasil klasifikasi. Nilai akurasi yang paling banyak digunakan adalah akurasi koefisien kappa (K). Nilai ini memperhitungkan semua elemen (kolom) dari matriks kesalahan.

II.9 DEM SRTM

DEM adalah data digital yang menggambarkan geometri dari bentuk permukaan bumi atau bagiannya yang terdiri dari himpunan titik-titik koordinat hasil sampling dari permukaan dengan algoritma yang mendefinisikan permukaan tersebut menggunakan himpunan koordinat (Tempfli, 1991). Data DEM yang paling umum digunakan yaitu ASTER GDEM dan DEM SRTM karena tersedia secara global dan meliputi hampir seluruh permukaan bumi. DEM *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) merupakan DEM yang dihasilkan NASA dan NGA (*National Geospatial-Intelligence Agency*) atas kerjasama dengan badan antariksa Italia dan Jerman. Proses pengambilan dilakukan menggunakan radar. DEM SRTM memiliki resolusi 3 arc sec (90 m ×90 m). Sejak september 2014, DEM SRTM tersedia produk data ketinggian resolusi spasial 30 m yang disebut SRTM 1 *Arc-second* secara global. Bertujuan mendapatkan model elevasi digital pada skala global kecil dari 56 derajat Lintang Selatan hingga 60 derajat Lintang Utara untuk menghasilkan database bumi dalam bentuk topografi digital yang memiliki resolusi tinggi yang paling lengkap. SRTM terdiri dari radar yang dimodifikasi secara khusus yang terbang bersama *Space Shuttle Endeavour* selama sebelas hari pada misi Februari 2000.

SRTM digunakan untuk *modeling* elevasi yang berasal dari data SRTM yang digunakan dalam Sistem Informasi Geografis. Hasil dari data ekstraksi SRTM dapat berupa kontur, kelerengan (*slope*), *Hillshade* (model permukaan tanah), dan lain-lain. DEM SRTM mempunyai dua level, yaitu level 1 dan level 3, dimana level 1 tersedia hanya untuk wilayah Amerika Serikat saja, dan untuk wilayah Indonesia terdapat pada

level 3. Pada level 3 ini, DEM SRTM mempunyai ketelitian sebesar 90 meter (3 *arc second*).

II.10 Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (bahasa Inggris: *Geographic Information System* disingkat GIS) adalah sistem informasi khusus yang mengelola data yang memiliki informasi spasial (bereferensi keruangan). Atau dalam arti yang lebih sempit, adalah sistem komputer yang memiliki kemampuan untuk membangun, menyimpan, mengelola dan menampilkan informasi bereferensi geografis, misalnya data yang diidentifikasi menurut lokasinya, dalam sebuah *database*. Para praktisi juga memasukkan orang yang membangun dan mengoperasikannya dan data sebagai bagian dari sistem ini. Implementasi dari pelaksanaan kegiatan tersebut tidak selalu mengacu pada penyertaan komputer sebagai salah satu elemen pada sistem informasi.

1. Data Spasial

Data spasial adalah data yang bereferensi geografis atas representasi objek di bumi. Data spasial pada umumnya berdasarkan peta yang berisikan interpretasi dan proyeksi seluruh fenomena yang berada di bumi. Fenomena tersebut berupa fenomena alamiah dan buatan manusia. Pada awalnya, semua data dan informasi yang ada di peta merupakan representasi dari objek di muka bumi.

2. Data Vektor

Model data vektor adalah yang dapat menampilkan, menempatkan, dan menyimpan data spasial dengan menggunakan titik-titik, garis atau kurva dan *polygon* beserta atribut-atributnya (Prahasta, 2001). Bentuk-bentuk dasar representasi data spasial ini, di dalam sistem model data vektor, didefinisikan oleh sistem koordinat kartesian dua dimensi (x, y).

Di dalam model data spasial vektor, garis-garis atau kurva (busur atau arcs) merupakan sekumpulan titik-titik terurut yang dihubungkan (Prahasta, 2001).

3. Data Raster

Objek di permukaan bumi disajikan sebagai elemen matriks atau sel-sel grid yang homogen. Model data raster menampilkan, menempatkan dan menyimpan dataspasial dengan menggunakan struktur matriks atau piksel-piksel yang membentuk grid (Prahasta, 2001). Satuan elemen data raster biasa disebut dengan pixel, elemen tersebut

merupakan ekstraksi dari suatu citra yang disimpan sebagai digital number (DN). Meninjau struktur model data raster identik dengan bentuk matriks. Pada model data raster, matriks atau *array* diurutkan menurut koordinat kolom (x) dan barisnya (y) (Prahasta, 2001).

4. Pemrosesan Spasial

Pengelolaan, pemrosesan dan analisis data spasial biasanya bergantung dengan model datanya. Pengelolaan, pemrosesan dan analisis data spasial memanfaatkan pemodelan SIG yang berdasar pada kebutuhan dan analitiknya. Analitik yang berlaku pada pemrosesan data spasial seperti *overlay*, *clip*, *intersect*, *buffer*, *query*, *union*, *merge*; yang mana dapat dipilih ataupun dikombinasikan.

Pemrosesan data spasial seperti dapat dilakukan dengan teknik yang disebut dengan *geoprocessing* (ESRI, 2002 dalam Dewi, Annita, 2014), pemrosesan tersebut antara lain:

- a. *Overlay* adalah merupakan perpaduan dua layer data spasial,
- b. *Clip* adalah perpotongan suatu area berdasar area lain sebagai referensi,
- c. *Intersection* adalah perpotongan dua area yang memiliki kesamaan karakteristik dan kriteria,
- d. *Buffer* adalah menambahkan area di sekitar objek spasial tertentu,
- e. *Query* adalah seleksi data berdasar pada kriteria tertentu,
- f. *Union* adalah penggabungan/kombinasi dua area spasial beserta atributnya yang berbeda menjadi satu,
- g. *Merge* adalah penggabungan dua data berbeda terhadap *feature* spasial,
- h. *Dissolve* adalah menggabungkan beberapa nilai berbeda berdasar pada atribut tertentu.

II.11 Fuzzy logic

Konsep logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Professor Lotfi A.Zadeh dari Universitas California, pada bulan Juni 1965. *Fuzzy* secara bahasa diartikan sebagai kabur atau samar – samar. Menurut Setiadji (2009 : 174), *fuzzy* merupakan suatu nilai yang dapat bernilai benar atau salah secara bersamaan. Namun seberapa besar nilai kebenaran dan kesalahannya tergantung pada derajat keanggotaan yang dimilikinya. Derajat keanggotaan dalam *fuzzy* memiliki rentang nilai 0 (nol) hingga 1(satu). Hal ini berbeda dengan himpunan tegas yang memiliki nilai 1 atau 0 (ya atau tidak). Tidak seperti logika tegas,

suatu nilai hanya mempunyai 2 kemungkinan yaitu merupakan suatu anggota himpunan atau tidak. Derajat keanggotaan 0 (nol) artinya nilai bukan merupakan anggota himpunan dan 1 (satu) berarti nilai tersebut adalah anggota himpunan.

II.11.1 Himpunan *fuzzy*

Pada himpunan tegas setiap elemen dalam semestanya selalu ditentukan secara tegas apakah elemen itu merupakan anggota himpunan tersebut atau tidak. Tetapi dalam kenyataannya tidak semua himpunan terdefinisi secara tegas. Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.

Hal – hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu:

a) Variabel *Fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang akan dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*.

b) Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.

c) Semesta pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

d) Domain

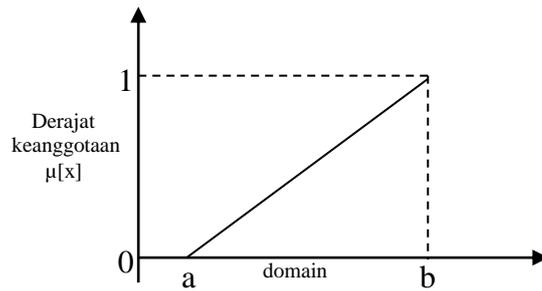
Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

II.11.2 Fungsi Keanggotaan

Menurut Kusumadewi (2004 : 8), fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik – titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan diantaranya, yaitu:

1) Representasi Linear

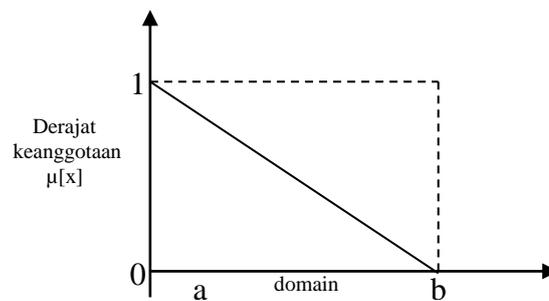
Pada representasi linear, pemetaan *input* ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Ada dua keadaan himpunan *fuzzy* linear, yaitu linear naik dan linear turun.



Gambar 0-1. Linier naik (Sri Kusumadewi & Hari Purnomo, 2004)

Fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x < a \\ (x - a)/(b - a); & a < x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases}$$



Gambar 0-2. Linier turun (Sri Kusumadewi & Hari Purnomo, 2004)

Fungsi Keanggotaan :

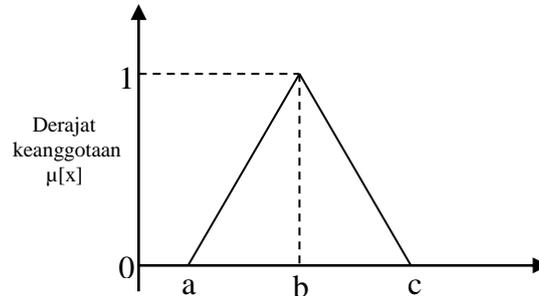
$$\mu[x] = \begin{cases} (b - x)/(b - a); & a \leq x < b \\ 0; & x \geq b \end{cases}$$

Keterangan:

- a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol
- b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu
- x = nilai *input* yang akan di ubah ke dalam bilangan *fuzzy*

2) Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis linear



Gambar 0-3. Kurva segitiga (Sri Kusumadewi & Hari Purnomo, 2004)

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x - a)/(b - a); & a < x \leq b \\ (c - x)/(c - b); & b < x \leq c \end{cases}$$

Keterangan:

a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol

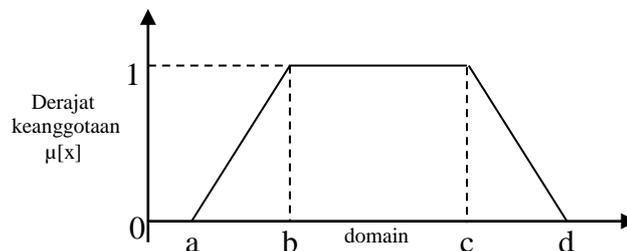
b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol

x = nilai *input* yang akan di ubah ke dalam bilangan *fuzzy*

3) Representasi Kurva Trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1.



Gambar 0-4. Kurva trapesium (Sri Kusumadewi & Hari Purnomo, 2004)

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ (d - x)/(d - c); & c \leq x \leq d \end{cases}$$

Keterangan:

a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol

b = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan satu

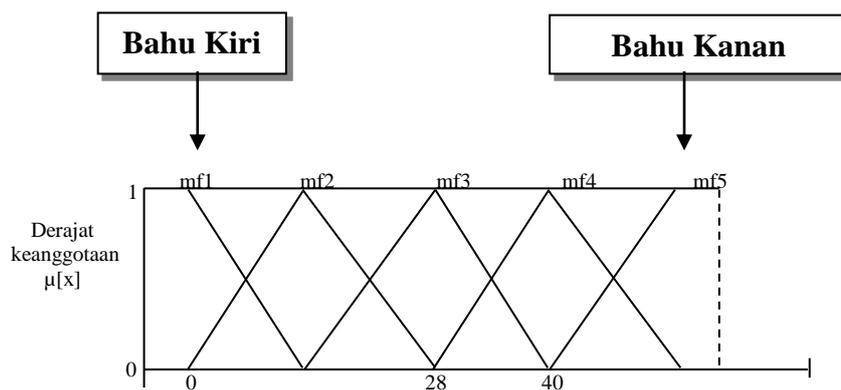
c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan satu

d = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol

x = nilai *input* yang akan di ubah ke dalam bilangan *fuzzy*

4) Representasi Kurva Bentuk Bahu

Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun. Himpunan *fuzzy* 'bahu', bukan segitiga, digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah *fuzzy*. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar.



Gambar 0-5. Kurva bahu (Sri Kusumadewi & Hari Purnomo, 2004)

II.11.3 Aturan *fuzzy*

Pendekatan logika *fuzzy* diimplementasikan dalam tiga tahapan, yakni: *fuzzifikasi*, inferensi, dan *defuzzifikasi*.

A. *Fuzzifikasi*

Fuzzifikasi merupakan fase pertama dari perhitungan *fuzzy*, yaitu mengubah masukan - masukan yang nilai kebenarannya bersifat pasti ke dalam bentuk *fuzzy input* yang berupa tingkat keanggotaan / tingkat kebenaran. Dengan demikian, tahap ini mengambil nilai-nilai *crisp* dan menentukan derajat di mana nilai-nilai tersebut menjadi anggota dari setiap himpunan *fuzzy* yang sesuai.

B. Inferensi

Inferensi adalah melakukan penalaran menggunakan *fuzzy input* dan *fuzzy rules* yang telah ditentukan sehingga menghasilkan *fuzzy output*. Secara sintaks, suatu *fuzzy rule* (aturan *fuzzy*) dituliskan sebagai berikut:

IF antecedent THEN consequent

C. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah mengubah *fuzzy output* menjadi nilai tegas berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. *Defuzzifikasi* merupakan metode yang penting dalam pemodelan sistem *fuzzy*.

II.11.3 Sistem Inferensi *Fuzzy*

Sistem Inferensi *fuzzy* pertama kali dikenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 ketika ia membuat sebuah sistem *fuzzy* untuk mengontrol steam engine dan boiler combination. Aturan yang ada pada sistem inferensi ini berupa aturan sebab akibat (*if...then...rule*). Sistem inferensi *fuzzy* mamdani ini menggunakan keputusan yang biasa dilakukan oleh para ahli sebagai aturan dari sistem *fuzzy* dalam mengambil keputusan atas masukan yang diterima. Metode mamdani sering dikenal sebagai metode *Max-Min*. Untuk mendapatkan output, diperlukan 4 tahapan:

1) Pembentukan himpunan *fuzzy*

Pada metode mamdani, baik variabel *input* maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

2) Aplikasi fungsi implikasi (aturan)

Pada metode mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah min

3) Komposisi aturan

Ada tiga metode yang digunakan dalam melakukan inferensi system *fuzzy*, yaitu *max*, *additive* dan *probabilistic OR* (probor)

4) Penegasan (*defuzzy*)

Input dari proses *defuzzy* adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dengan *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai crisp tertentu sebagai output. Ada beberapa metode *defuzzy* yang biasa digunakan pada komposisi aturan mamadani, yaitu *centroid*, *bosektor*, *mean of maximum*, *largest of maximum* dan *smallest of maximum*.

II.12 Uji T dan persentase ketentuan

Uji t berpasangan (*paired t-test*) adalah salah satu metode pengujian hipotesis dimana data yang digunakan tidak bebas (berpasangan). Ciri-ciri yang paling sering ditemui pada kasus yang berpasangan adalah satu individu (objek penelitian) dikenai 2 buah perlakuan yang berbeda. Ho diterima jika $t_{tabel} < t_{hitung} < t_{tabel}$ dan Ho ditolak (Ha diterima) jika $t_{hitung} < -t_{tabel}$ atau $t_{hitung} > t_{tabel}$.

Ho = menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan

Ha = menunjukkan terdapat perbedaan signifikan

Menurut Sugiono (2012) bahwa : “Analisis deskriptif adalah pengujian yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa maksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum. Dalam penelitian ini analisis deskriptif adalah penyajian data dari responden melalui tabel dan grafik yang diperoleh dari perhitungan presentase (%).

$$Pr = \frac{F}{N} \times 100\% \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan :

Pr = Presentase capaian responden

F = Jumlah jawaban responden

N = Jumlah responden

100 % = Jumlah tetap

Dengan merujuk rumus di atas untuk mendapatkan presentase hasil kedua metode dengan hasil validasi lapangan bahwa Pr menunjukkan presentase kesesuaian, F menunjukkan nilai kesesuaian metode terhadap validasi lapangan, N menunjukkan sampel validasi lapangan.