

**ANALISIS PENENTUAN LAHAN KRITIS DENGAN METODE
FUZZY LOGIC BERBASIS PENGINDERAAN JAUH DAN
SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (Studi Kasus : Kabupaten Semarang)**

Andini Riski Oktaviani, Arief Laila Nugraha, Hana Sugiastu Firdaus*)

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email : andinioktaviani35@gmail.com

ABSTRAK

Lahan kritis merupakan lahan yang telah mengalami kerusakan fisik, kimia dan biologi yang pada akhirnya membahayakan fungsi hidrologis, orologis, produksi pertanian, pemukiman dan kehidupan sosial ekonomi. Luas lahan kritis Kabupaten Semarang dari tahun ke tahun semakin menurun dan tercatat pada tahun 2015 sebesar 7.383,50 Ha. Daerah studi yang dianalisis dalam penelitian ini terdiri dari tiga kawasan yaitu kawasan hutan lindung, kawasan budidaya untuk pertanian, dan kawasan lindung di luar kawasan hutan. Pemilihan area studi penelitian didasarkan dari Permenhut No. 32/Menhut-II/2009.

Penelitian ini berbasis penginderaan jauh dan sistem informasi geografis untuk memetakan dan menganalisis lahan kritis. Metode yang digunakan adalah metode *fuzzy logic* dan dalam proses pengolahan menggunakan perangkat lunak Matlab. Parameter yang digunakan untuk menganalisis lahan kritis yaitu penutupan lahan (kerapatan vegetasi), erosi, lereng, produktivitas dan manajemen. Parameter penutupan lahan (kerapatan vegetasi) dalam penelitian ini didasarkan dari pengolahan algoritma NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) di citra landsat 8 tahun 2016. Sedangkan untuk mendapatkan derajat kemiringan lereng didasarkan dari pengolahan DEM SRTM.

Lahan kritis berdasarkan metode *scoring* dan pembobotan sesuai Permenhut No. 32/Menhut-II/2009 menunjukkan bahwa kawasan budidaya pertanian didominasi dengan kriteria tingkat potensi kritis seluas 2.747, 720 Ha di Kecamatan Jambu. Hasil pengolahan metode *fuzzy logic* didapatkan kawasan budidaya pertanian didominasi dengan kriteria tingkat potensi kritis seluas 2.948,205 Ha di Kecamatan Getasan. Kriteria tingkat kritis dari hasil pengolahan metode *scoring* dan pembobotan sesuai Permenhut serta *fuzzy logic* terdapat di kawasan hutan lindung seluas 0,909 Ha di Kecamatan Bandungan. Tingkat keakuratan hasil pengolahan divalidasi dengan pengambilan 25 titik sampel acak berdasarkan survei lapangan dan interpretasi di *Google Earth*. Hasil uji signifikan dengan uji *t sample* berpasangan menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil metode *scoring* dan pembobotan dengan nilai validasi lapangan dan hasil *fuzzy logic*. Presentase kesesuaian metode *scoring* dan pembobotan dengan hasil validasi lapangan sebesar 56% sedangkan *fuzzy logic* sebesar 64%.

Kata Kunci: *Fuzzy logic*, Kabupaten Semarang, Lahan kritis, NDVI, *Scoring* dan pembobotan

ABSTRACT

Critical land is a land that has been damaged physical, chemical and biological damage that ultimately endanger the hydrological, orological, agricultural, residential and socio-economic functions. Critical area of Semarang Regency decreased year by year and recorded in 2015 amounted to 7.383,50 Ha. The study area analyzed in this research consists of three areas, namely protected forest area, cultivation area for agriculture, and protected area outside forest area. The selection of research study area is based on Permenhut No. 32 / Menhut-II / 2009.

This research is based on remote sensing and geographic information system to map and analyze critical land. The method used is fuzzy logic method and in the processing process using Matlab software. Parameters used to analyze critical land are land cover (vegetation density), erosion, slope, productivity and management. The land closure parameter (vegetation density) in this study is based on NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) processing in landsat imagery 8 years 2016. While to get the degree of slope is based on DEM SRTM processing.

Critical land using scoring method and weighting according to Minister Regulation no. 32 / Menhut-II / 2009 shows that agricultural cultivation area is dominated by criteria of critical potency level of 2,747, 720 Ha in Kecamatan Jambu. The result of fuzzy logic method processing obtained agriculture cultivation area dominated with criteria of critical potency level of 2,948,205 Ha in District of Getasan. Criteria of critical level of processing result of scoring method and weighting according to Permenhut and fuzzy logic are in protected forest area of 0.909 Ha in Bandungan Subdistrict. The accuracy of the processing results is validated by taking 25 random sample points based on field surveys and interpretations in Google Earth. Significant test results with paired sample t test showed that there was no significant difference between scoring and weighting results with field validation values and fuzzy logic results. The percentage of conformity of scoring method and weighting with field validation result is 56% while fuzzy logic is 64%.

Keywords: *Critical land, fuzzy logic, NDVI, scoring and weighting, Semarang Regency*

*)Penulis Utama, Penanggung Jawab

I Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Lahan kritis merupakan lahan yang telah mengalami kerusakan fisik, kimia, dan biologi yang pada akhirnya membahayakan fungsi hidrologis, orologis, produksi pertanian, pemukiman dan kehidupan sosial ekonomi (Mulyadi dan Soepraptohardjo, 1975). Suatu lahan dapat menjadi lahan kritis dikarenakan adanya aktivitas manusia yang menyebabkan degradasi fungsi lahan seperti deforestasi, irigasi yang tidak baik, rebanan kota, pertambangan.

Menurut BPS Kabupaten Semarang luas lahan kritis dari tahun ke tahun semakin menurun dan tercatat pada tahun 2015 sebesar 7.383,50 Ha. Angka tersebut masih menunjukkan angka yang cukup besar untuk persebaran lahan kritis walaupun grafik tiap tahunnya menurun. Lahan yang dikategorikan termasuk lahan kritis mempunyai ciri fisik seperti terkesan gersang dan muncul batu-batuan di permukaan tanah dan pada umumnya terletak di wilayah dengan topografi lahan berbukit atau berlereng curam (Prawira, dkk., 2005). Selain itu pada umumnya lahan kritis ditandai dengan vegetasi alang-alang dan memiliki pH tanah relatif rendah yaitu 4,8 hingga 5,2 karena mengalami pencucian tanah yang tinggi serta ditemukan *rhizome* dalam jumlah banyak yang menjadi hambatan mekanik dalam budidaya tanaman.

Pemanfaatan metode penginderaan jauh dan sitem informasi geografis sangat efektif digunakan dalam memetakan lahan kritis di Kabupaten Semarang. Hal ini, dikarenakan luas wilayah Kabupaten Semarang yang cukup luas sekitar 100.000 Ha. Citra landsat 8 dalam penelitian ini digunakan untuk mendapatkan tutupan lahan di area studi yang termasuk dalam parameter penilaian lahan kritis. Hasil tutupan lahan selanjutnya diolah untuk mendapatkan nilai kerapatan vegetasi dengan metode NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*).

Daerah studi yang dianalisis dalam penelitian ini terdiri dari tiga kawasan yaitu kawasan hutan lindung, kawasan budidaya untuk pertanian dan kawasan lindung diluar kawasan hutan. Pemilihan area studi penelitian didasarkan dari Permenhut No. P.32/Menhut-II/2009. Parameter yang digunakan meliputi penutupan lahan (kerapatan vegetasi), erosi, lereng, produktivitas dan manajemen.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fuzzy logic* untuk memetakan lahan kritis di Kabupaten Semarang. Metode *fuzzy logic* merupakan metode untuk pengambilan keputusan yang mempunyai derajat keanggotaan 0-1 dan pengolahannya menggunakan tahapan yaitu fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi. Harapannya penelitian ini kebijakan terkait lahan kritis di Kabupaten Semarang.

I.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana analisa hasil perhitungan persebaran lahan kritis dengan *skoring* dan pembobotan sesuai dengan Permenhut di Kabupaten Semarang?
2. Bagaimana analisa hasil perhitungan persebaran *fuzzy logic* dengan fungsi keanggotaan trapesium di Kabupaten Semarang ?
3. Bagaimana perbandingan hasil analisa lahan kritis dari *skoring* dan pembobotan sesuai permenhut dengan metode *fuzzy logic* di Kabupaten Semarang ?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun tujuan dan manfaat penelitian ini adalah :

1. Mengetahui perbandingan hasil dari *skoring* dan pembobotan sesuai Permenhut dan metode *fuzzy logic*.
2. Mengetahui daerah prioritas rehabilitasi lahan kritis di Kabupaten Semarang.

I.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang Lingkup dalam penelitian ini adalah :

1. Kawasan yang dikaji dalam penelitian ini yaitu kawasan hutan lindung, kawasan budidaya untuk pertanian, kawasan lindung diluar kawasan hutan adalah kawasan konservasi meliputi taman nasional dan cagar alam.
2. Parameter yang digunakan untuk memetakan lahan kritis meliputi penutupan lahan (kerapatan vegetasi), kemiringan lereng, tingkat erosi, produktivitas dan manajemen sesuai Permenhut No. P.32/Menhut-II/2009.
3. Kriteria parameter penutupan lahan (kerapatan vegetasi) didasarkan dari pengolahan citra Landsat 8 *path/row* 120/65 tahun 2016 dengan menggunakan metode NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*).
4. Pemetaan lahan kritis dalam penelitian ini tidak menggunakan parameter batu-batuan.
5. Penelitian ini dibatasi metode dalam tahap inferensi *fuzzy logic* menggunakan metode mamdani.
6. Metode fungsi keanggotaan trapesium digunakan dalam pengolahan *fuzzy logic*.

II Tinjauan Pustaka

II.1 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 sesuai penggunaannya 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.

II.2 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 :Penutupan lahan, Kemiringan lereng, Tingkat bahaya erosi, Produktivitas, 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.3 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 keterangan.

II.3.1 Kawasan hutan lindung

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.

II.3.2 Kawasan budidaya untuk 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 pertanian meliputi : kawasan peruntukan hutan produksi, yang dapat dirinci meliputi: kawasan hutan produksi terbatas, kawasan hutan produksi tetap, dan kawasan hutan yang dapat dikonversi. Kawasan hutan rakyat, kawasan peruntukan pertanian, yang dapat dirinci meliputi: pertanian lahan basah, pertanian lahan kering, dan hortikultura, dan kawasan peruntukan perkebunan, yang dapat dirinci berdasarkan jenis komoditas perkebunan yang ada di wilayah provinsi.

II.3.3 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 Dinas Kehutanan Jawa Tengah kawasan lindung meliputi cagar alam dan taman nasional. Kabupaten Semarang memiliki Cagar alam Sepakung dan Gebugan serta Taman nasional Gunung Merbabu.

II.4 Penginderaan jauh

Penginderaan jauh atau inderaja (*remote sensing*) adalah seni dan ilmu untuk mendapatkan informasi tentang obyek, area atau fenomena melalui analisa terhadap data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah ataupun fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1979). Penginderaan jauh terdiri atas 3 komponen utama yaitu obyek yang diindera, sensor untuk merekam obyek 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 obyek area ataupun fenomena yang ada.

II.5 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. Aspek-aspek kunci dari dayaguna satelit Landsat-8 yang berhubungan dengan kalibrasi pencitra dan validasi adalah pengarahannya (pointing), stabilitas dan kemampuan melakukan manuver. Pengarahan titik dan stabilitas satelit mempengaruhi dayaguna geometrik. Kemampuan melakukan manuver memungkinkan akuisisi data untuk kalibrasi dengan menggunakan matahari, bulan dan bintang-bintang.

II.6 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*). 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:

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \dots \dots \dots (1)$$

II.7 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 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 x90 m).

II.9 Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (bahasa Inggris: *Geographic Information System* disingkat GIS) adalah sistem informasi khusus yang mengelola data yang memiliki informasi spasial 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.

II.10 Scoring dan pembobotan

Scoring adalah metode pemberian skor terhadap masing-masing value parameter lahan untuk menentukan tingkat kemampuan lahan. Pembobotan merupakan teknik pengambilan keputusan pada suatu proses yang melibatkan berbagai faktor secara bersama-sama dengan cara memberi bobot pada masing-masing faktor tersebut. Pembobotan dapat dilakukan secara *objective* dengan perhitungan statistic

atau secara subjektif dengan menetapkannya berdasarkan pertimbangan 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.

III Metodologi Penelitian

III.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Kabupaten Semarang. Kabupaten Semarang secara geografis terletak pada 110°14'54,75" sampai dengan 110°39'3" Bujur Timur dan 7°3'57" sampai dengan 7°30' Lintang Selatan. Keempat koordinat bujur dan lintang tersebut membatasi wilayah seluas 100.000 Ha yang terdiri dari 19 Kecamatan.

III.2 Alat dan Bahan Penelitian

III.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Laptop ASUS Intel(R) CPU @2.16Ghz RAM 2.00GB, Hardisk 500MB, Windows 7, 32-bit Sistem Operasi
2. ArcGIS 10.1
3. Envi 4.8
4. Matlab R2016a
5. GPS *Handheld*
6. Microsoft Word 2010
7. Microsoft Excel 2010

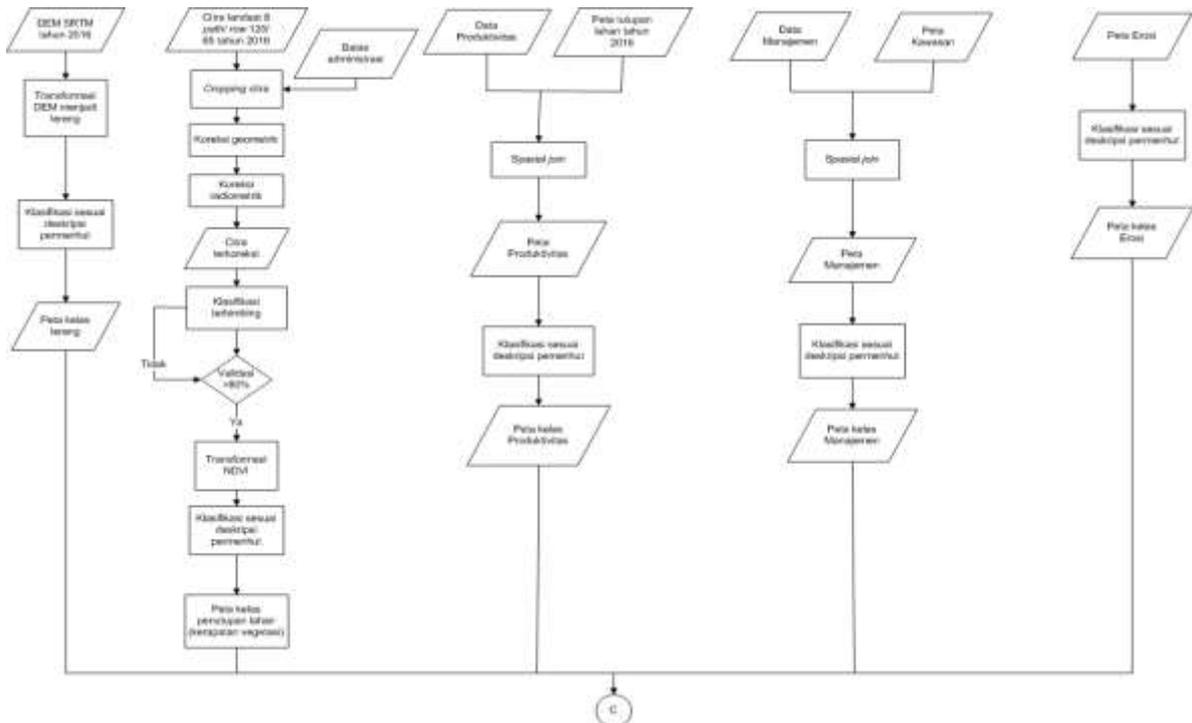
III.2.2 Bahan

Bahan yang diperlukan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

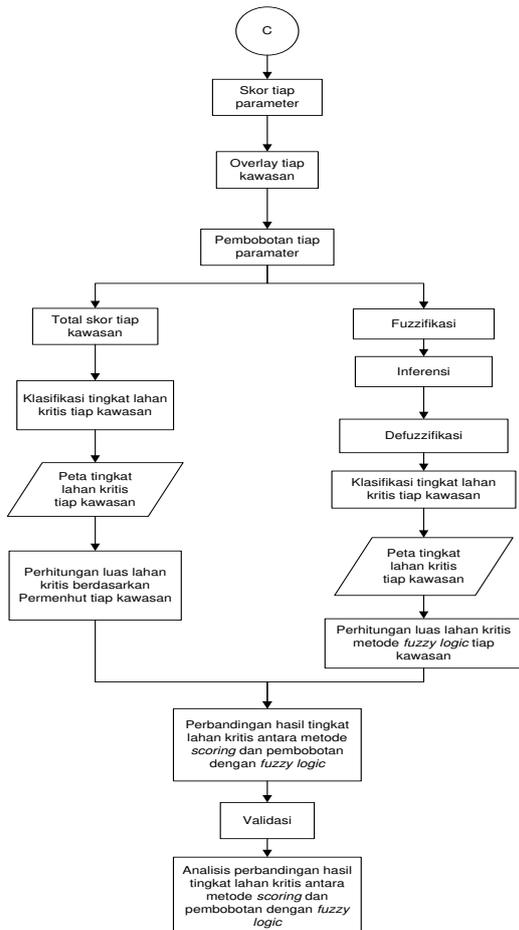
- 1.Citra landsat 8 path/row 120/65 perekaman bulan Agustus 2016
- 2.Peta tingkat bahaya erosi Kabupaten Semarang tahun 2016
- 3.Peta fungsi kawasan Kabupaten Semarang tahun 2016
- 4.Peta administrasi Kabupaten Semarang tahun 2016
- 5.Data produktivitas pertanian Kabupaten Semarang tahun 2016
- 6.DEM SRTM tahun 2016
- 7.Data manajemen hutan Kabupaten Semarang

III.3 Diagram Alir Penelitian

Tahapan pengolahan data pada penelitian dapat di lihat dalam diagram alir berikut ini :



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian



Lanjutan gambar 1

III.4 Lokasi Penelitian

III.5 Penyusunan data

III.5.1 Pengolahan citra

Pertama dilakukan pemotongan citra agar meliputi cakupan penelitian area studi. Citra landsat 8 path/row 120/65 di cropping berdasarkan batas administrasi Kabupaten Semarang dari Bappeda. Sebelum citra landsat diolah perlu dilakukan koreksi geometrik dan koreksi radiometrik. Koreksi geometrik sendiri bertujuan agar koordinat di citra sesuai dengan koordinat di lapangan, maka dari itu diperlukan GCP sebagai sampel titik koordinat yang ada dilapangan. Pada penelitian ini menggunakan 10 titik GCP yang menyebar secara acak. Koreksi Radiometrik dilakukan untuk memperbaiki citra dari gangguan atmosfer sehingga pixel citra terkoreksi semakin bagus.

III.5.2 Pengolahan data spasial

Beberapa parameter penentu lahan kritis menghasilkan data spasial lahan kritis. Parameter penentu lahan kritis berdasarkan Permenhut Nomor P.32/Menhut-II/2009. Berikut ini parameter sebagai penentu lahan kritis :

1. Penutupan lahan (kerapatan vegetasi)

Peta penutupan lahan (kerapatan vegetasi) digunakan sebagai input di kawasan hutan lindung dan kawasan lindung diluar kawasan hutan yang memiliki bobot 50% dari total skor. Peta Penutupan lahan diperoleh dari interpretasi citra landsat menggunakan software ENVI 4.8 dengan metode klasifikasi terbimbing (*Supervised Classification*). Hasil *supervised classification* dilakukan perlu dilakukan uji akurasi. Uji akurasi dilakukan dengan *ground truth* dari hasil validasi lapangan dan

Google Earth. Hasil uji akurasi didapatkan dari nilai *confusion matrix* yaitu 83,146%. Kemudian kerapatan vegetasi dapat di hitung dengan NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dengan formula yang tercantum pada subbab NDVI. Selanjutnya pemberian skor serta bobot pada setiap kawasan yang kemudian penjumlahan skor dan bobot sebagai total nilai yang akan dianalisis pada tingkat lahan kritis.

Tabel 1 Klasifikasi dan skor penutupan lahan

Kelas	Besaran/diskripsi	Skor
Sangat baik	>80%	5
Baik	61-80%	4
Sedang	41-60%	3
Buruk	21-40%	2
Sangat buruk	<20%	1

2. 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 analisa spasial, data atribut tersebut harus dispasialkan dengan satuan pemetaan *land system*. *Land system* tersebut adalah peta tutupan lahan. Perhitungan tingkat produktivitas suatu lahan sebagai berikut (Tambunan, 2002 dalam Huzaini, Aidy , 2013) :

a. Perhitungan tingkat produktivitas

$$PV = \frac{Y}{LP} \dots\dots\dots (2)$$

- Y = Besarnya produkti daam setahun (Ton)
- LP = Luas panen basis tahunan (Ha)
- PV = Tingkat Produktivitas (Ton/Ha)

b. Perhitungan persentase tingkat produktivitas dengan komoditi umum

$$\text{Presentase produktivitas} = \frac{PV}{\text{komoditi umum}} \times 100\%$$

Kemudian hasil persentase dispasialkan dengan peta tutupan lahan yang selanjutnya di beri skor sesuai dengan kelas dan dilakukan pembobotan pada kawasan pertanian.

Tabel 2 Klasifikasi dan skor produktivitas

Kelas	Besaran/diskripsi	Skor
Sangat tinggi	>80%	5
Tinggi	61-80%	4
Sedang	41-60%	3
Rendah	21-40%	2
Sangat rendah	<20%	1

3. Kemiringan lereng

Peta kemiringan lereng diperoleh dari transformasi DEM. Jenis DEM yang digunakan adalah DEM SRTM. Kemudian dilakukan klasifikasi terhadap hasil dem dalam bentuk raster. Mengubah bentuk raster menjadi shp kemudian dilakukan pemberian skor serta bobot pada setiap kawasan.

Tabel 3 Klasifikasi dan skor lereng

Kelas	Besaran/diskripsi	Skor
Datar	<8%	5
Landai	8-15%	4
Agak Curam	16-25%	3
Curam	25-40%	2
Sangat Curam	>40%	1

4. Erosi

Peta erosi kemudian dilakukan *skoring* dan pembobotan pada setiap kawasan.

Tabel 4 Klasifikasi dan skor erosi

Kelas	Skor
Ringan	5
Sedang	4
Berat	3
Sangat Berat	2

5. Manajemen

Data manajemen merupakan data atribut yang perlu dispasialkan terhadap peta kawasan. Kemudian dilakukan *skoring* serta pembobotan pada setiap kawasan.

Tabel 5 Klasifikasi dan skor manajemen

Kelas	Besaran/diskripsi	Skor
Baik	Lengkap	5
Sedang	Tidak lengkap	3
Buruk	Tidak ada	2

III.5.3 Pengolahan parameter pada setiap kawasan

Pada pengolahan data spasial di atas kemudian mendapatkan jumlah skor dan bobot yang memiliki hasil berbeda-beda setiap kawasan dikarenakan bobot setiap parameter berbeda-beda. Selanjutnya dilakukan tumpang tindih (*overlay*) untuk menggabungkan semua parameter. *Overlay* yang digunakan adalah *intersect*. Di bawah ini akan disebutkan parameter yang digunakan tiap kawasan :

1. Kawasan hutan lindung : penutupan lahan (kerapatan vegetasi), lereng, erosi dan manajemen.
2. Kawasan budidaya pertanian : produktivitas, lereng, erosi dan manajemen
3. Kawasan lindung di luar kawasan hutan : penutupan lahan (kerapatan vegetasi), erosi, lereng dan manajemen.

Hasil *overlay* didapatkan data atribut gabungan dari semua parameter yang akan digunakan sebagai *operasi fuzzy logic*.

III.5.4 Pengolahan metode *fuzzy logic*

Dalam pengolahan *fuzzy* menggunakan *fuzzy logic toolbox* dengan kategori GUI (*Graphical User Interface*). *Fuzzy logic toolbox* menyediakan 5 jenis GUI untuk keperluan rancang bangun FIS yaitu FIS editor, *membership function editor*, *rule editor*, *rule viewer*, dan *surface viewer*. Dalam pengolahan *fuzzy* menggunakan tipe *mandani*. Aturan dalam tipe *mandani* dapat dijabarkan sebagai berikut :

1) Fuzzifikasi

Menentukan input serta ouput dari pada tiap kawasan. Input adalah parameter yang digunakan tiap

kawasan dan output merupakan hasil yang diinginkan yaitu kriteria tingkat lahan kritis.

2) Operasi fuzzy logic

Operasi fuzzy logic yaitu operasi AND atau OR dalam *if then rules*. Operasi ini didapatkan dari hasil data atribut *overlay* yang kemudian diterapkan ke dalam operasi fuzzy logic.

3) Implikasi

Implikasi merupakan proses mendapatkan *consequent*/keluaran sebuah *if then rule* berdasarkan derajat kebenaran *antecedent*. Implikasi dilakukan pada tiap *rule*. Proses implikasi pada penelitian ini menggunakan fungsi min.

4) Agregasi

Agregasi yaitu proses mengombinasikan keluaran semua *if then rule* menjadi sebuah *fuzzy set* tunggal. Fungsi yang digunakan adalah *max*, yang artinya hasil gabungan dari implikasi.

5) Defuzzifikasi

Masukan defuzzifikasi adalah sebuah *fuzzy set* (*fuzzy set* hasil agregasi) dan keluarannya adalah sebuah bilangan tunggal untuk diisikan ke sebuah variabel keluaran FIS. Jenis bilangan tunggal yang dipakai adalah *centroid*. Maksud dari *centroid* adalah hasil defuzzifikasi yang didapat merupakan nilai tengah dari hasil agregasi. Dari hasil defuzzifikasi kemudian di klasifikasi dalam nilai tingkat lahan kritis yang sesuai nilai rentang kriteria tingkat lahan kritis pada Permenhut.

IV Hasil dan Analisis tingkat lahan kritis

IV.1.1 Hasil dan analisis *Skoring* dan pembobotan sesuai permenhut

1. Tingkat lahan kritis di Kawasan hutan lindung

Tabel 6 Tingkat kekritisan lahan kawasan hutan lindung

No	Kecamatan	Lahan kritis kawasan hutan lindung				
		Kritis (Ha)	Agak Kritis (Ha)	Potensi Kritis (Ha)	Tidak kritis (Ha)	Jumlah (Ha)
1	Bergas	0,176	61,058	33,541	0,18	94,959
2	Banyubiru	0	82,294	27,742	0	110,03
3	Getasan	0	77,67	11,33	0,01	89,020
4	Bandungan	0,909	120,46	184,59	0,98	306,94
5	Sumowono	0,896	70,64	43,04	0,98	306,94
6	Ungaran Barat	0	306,84	163,44	0,20	470,48
	Jumlah	1,99	718,97	463,70	1,37	1186,03



Gambar 2 Peta lahan kritis kawasan hutan lindung

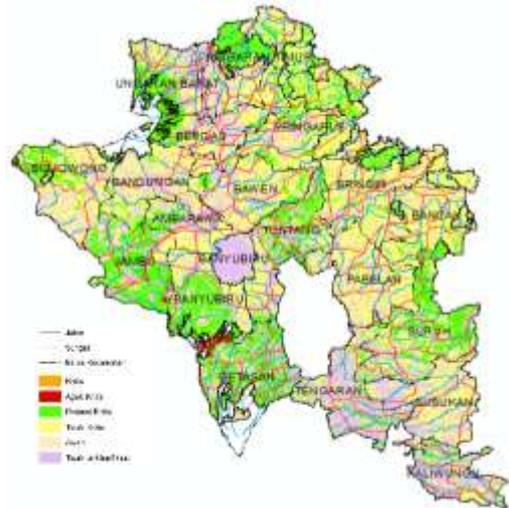
Pada kawasan hutan lindung dalam kriteria tingkat lahan kritis terbesar 718,97 Ha masuk dalam tingkat agak kritis yang merupakan luas terbesar dalam berada kriteria lahan kritis. Sedangkan Kecamatan Ungaran Barat mendominasi wilayah yang tingkat lahan kritis berada dalam kriteria agak kritis sebesar 306,84 Ha. Tingkat kekritisan tertinggi yaitu tingkat kritis berada di kecamatan Bandungan sebesar 0,909 Ha.

2. Tingkat lahan kritis di Kawasan budidaya pertanian

Tabel 7 Tingkat kekritisan kawasan pertanian

No	Kecamatan	Agak kritis (Ha)	Potensi Kritis (Ha)	Tidak Kritis (Ha)	Total (Ha)
1	Ambarawa	1,494	315,831	1.360,181	1.677,507
2	Bancak	0	315,301	3.776,473	4.091,774
3	Banyubiru	0	1.945,406	1.628,023	3.573,430
4	Bandungan	0,129	422,539	2.212,226	2.634,895
5	Bergas	14,888	699,586	2.178,825	2.893,300
6	Bringin	0,826	814,096	4.561,054	5.375,976
7	Getasan	371,606	2.615,156	410,698	3.397,462
8	Jambu	92,019	2.747,740	701,986	3.541,747
9	Kaliwungu	0	464,646	907,544	1.372,190
10	Pabelan	0	88,533	3.678,674	3.767,207
11	Pringapus	1,855	1.524,940	4.286,243	5.813,039
12	Sumowono	0	893,433	2.632,593	3.526,027
13	Suruh	33,257	2.708,486	2.027,003	4.768,747
14	Susukan	0	0,596	2.938,898	2.939,494
15	Tengaran	0	671,186	1.259,234	1.930,420
16	Tuntang	70,461	1.524,037	1.664,500	3.258,999
17	Ungaran Barat	84,338	1.293,244	1.129,186	2.506,769
18	Ungaran Timur	0	1.657,481	2.753,090	4.410,5719
19	Bawen	0	388,630	2.697,896	30.86,526
	Jumlah	670,873	24.029,136	39.866,025	64.566,082

Pada kawasan budidaya pertanian didominasi dengan tingkat kekritisan terluas sebesar 2747,740 Ha yang berada di kecamatan Jambu dengan tingkat potensi kritis sedangkan yang masuk dalam tingkat kekritisan paling tinggi adalah kecamatan Getasan dengan luas 371,606 Ha.



Gambar 3 Peta lahan kritis kawasan pertanian

3. Tingkat lahan kritis di Kawasan lindung diluar kawasan hutan

Pada kawasan ini bisa dikatakan sebagai kawasan konservasi sehingga pada penelitian ini terdapat CA Sepakung dan Gebungan serta Taman Nasional Merbabu.

Tabel 8 Luas tingkat kekritisan kawasan konservasi

No	Kecamatan	Agak Kritis (Ha)	Potensi Kritis (Ha)	Tidak kritis (Ha)	Jumlah (Ha)
1	Ungaran Barat	0	1,058	0,297	1,355
2	Banyubiru	0	5,822	5,976	11,798
3	Getasan	25,56	620,20	117,769	763,542
Jumlah		25,56	627,08	124,060	776,695

Hasil di atas menunjukkan luas terbesar tingkat kekritisan berada di kecamatan Ungaran Barat sebesar 620,20 Ha dan tingkat kekritisan tertinggi yaitu agak kritis berada pada kecamatan Ungaran Barat seluas 25,56 Ha.



Gambar 4 Peta lahan kritis kawasan konservasi

IV.1.2 Hasil dan Analisis metode fuzzy logic

1. Tingkat lahan kritis kawasan hutan lindung

Tabel 9 Luas tingkat kekritisan kawasan hutan lindung

No	Kecamatan	Kritis (Ha)	Agak kritis (Ha)	Potensi Kritis (Ha)	Tidak Kritis (Ha)	Total (Ha)
1	Bergas	0,090	38,372	56,313	0,184	94,959
2	Banyubiru	0	82,293	27,743	0	110,035
3	Getasan	0	77,675	11,339	0,006	89,020
4	Bandungan	0,909	58,709	246,958	0,369	306,947
5	Sumowono	0,758	68,139	45,691	0	114,588
6	Ungaran Barat	0	294,73	175,55	0,20	470,488
Jumlah		1,758	619,922	563,597	0,759	1186,037

Hasil nilai luas di atas menunjukkan bahwa yang mempunyai luas tingkat kekritisan yang terluas yaitu tingkat potensi kritis sebesar 246,958 Ha yang berada di kecamatan Getasan. Sedangkan pada tingkat kekritisan yang tinggi berada di kecamatan Bandungan sebesar 0,909 Ha.



Gambar 5 Peta lahan kritis kawasan hutan lindung

2. Tingkat lahan kritis kawasan pertanian

Tabel 10 Luas tingkat kekritisan kawasan pertanian

No	Kecamatan	Agak kritis (Ha)	Potensi Kritis (Ha)	Tidak Kritis (Ha)	Total (Ha)
1	Ambarawa	0	4,858	1.672,647	1.677,507
2	Bancak	0	59,790	4.031,983	4.091,774
3	Banyubiru	0	473,277	3.100,152	3.573,430
4	Bandungan	0	34,467	2.600,427	2.634,895
5	Bergas	0	179,104	2.714,196	2.893,300
6	Bringin	0	175,251	5.200,725	5.375,976
7	Getasan	38,558	2.948,205	410,698	3.397,462
8	Jambu	0	2839,760	701,986	3.541,747
9	Kaliwungu	0	464,760	907,544	1.372,190
10	Pabelan	0	4,396	3.762,811	3.767,207
11	Pringapus	0	89,251	5.723,787	5.813,039
12	Sumowono	0	212,867	3.313,159	3.526,027
13	Suruh	0	2.741,743	2.027,003	4.768,747
14	Susukan	0	0	2.939,494	2.939,494
15	Tengaran	0	671,186	1.259,494	1.930,420
16	Tuntang	0	1.594,499	1.664,500	3.258,999
17	Ungaran Barat	0	701,203	1.085,566	2.506,769
18	Ungaran Timur	0	561,771	3.848,800	4.410,5719
19	Bawen	0	58,287	3.028,239	3086,526
Jumlah		38,558	13.814,562	50.712,951	64.566,082



Gambar 6 Peta lahan kritis kawasan pertanian

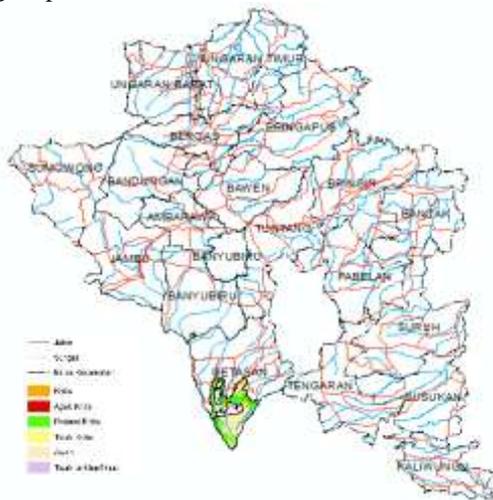
Hasil di atas menunjukkan bahwa tingkat kekritisan yang paling tinggi yaitu tingkat agak kritis seluas 38,558 Ha berada di kecamatan Getasan. Sedangkan luas terbesar dalam tingkat kekritisan berada di kecamatan Getasan sebesar 2948,205 Ha.

3. Tingkat lahan kritis kawasan lindung di luar kawasan hutan

Tabel 11 Luas tingkat kekritisan kawasan konservasi

No	Kecamatan	Potensi Kritis (Ha)	Tidak kritis (Ha)	Jumlah (Ha)
1	Ungaran Barat	0,073	1,283	1,355
2	Banyubiru	5,693	6,105	11,798
3	Getasan	521,093	242,448	763,542
	Jumlah	526,859	249,836	776,695

Luas terbesar pada tingkat kekritisan sebesar 521,093 Ha yang berada di kecamatan Getasan dengan tingkat potensi kritis.



Gambar 7 Peta lahan kritis kawasan konservasi

IV.1.3 Perbandingan hasil antara *skoring* dan pembobotan sesuai permenhut dengan *fuzzy logic*

Perbandingan antara kedua metode bahwa pada kawasan hutan lindung tidak konsisten dalam perubahannya karena ada yang naik dan turun. Perubahan yang signifikan pada kecamatan Bandungan di kriteria tingkat agak kritis dan kecamatan Ungaran Barat pada kriteria tingkat agak kritis juga. Pada kawasan pertanian terjadi perbedaan merata keseluruh tingkat kekritisan yang tersebar. Paling menonjol berada pada kecamatan Pringapus dengan perbandingan nilai 1524,940 Ha dan 89,251 Ha. Sedangkan pada kawasan konservasi sesuai permenhut terdapat tingkat agak kritis di kecamatan Getasan sebesar 25,566 Ha padahal di *fuzzy logic* bernilai 0 Ha. Perbedaan signifikan juga ada pada kecamatan Getasan pada tingkat potensi kritis dan tidak kritis.

Validasi yang dilakukan dengan perbandingan tingkat lahan kritis antara Permenhut dengan *fuzzy logic* dilakukan validasi lapangan dengan survei lapangan dan interpretasi *google earth* untuk wilayah

yang sulit dijangkau. Pengambilan titik sampel untuk keseluruhan kawasan sejumlah 25 titik yang meliputi kawasan hutan lindung sejumlah 6 titik, untuk kawasan pertanian mengambil 12 titik dan kawasan konservasi berjumlah 7 titik. Sampel yang diambil merupakan perbedaan hasil terhadap *scoring* dan pembobotan sesuai Permenhut dengan metode *fuzzy logic*.

Dalam menentukan keakuratan hasil dua metode dengan data validasi lapangan dilakukan uji t untuk mendapatkan hasil mana yang lebih akurat. Analisis menggunakan uji t *sample* berpasangan. Uji t berpasangan bertujuan untuk menguji dua sampel yang berpasangan, apakah mempunyai rata-rata yang secara nyata berbeda atau tidak.

Uji t ini menggunakan uji dua sisi dengan derajat kepercayaan (α) = 5 %, *degrees of freedom* (df) = 25-2 = 23, $t_{tabel} = 2,069$. Sehingga H_0 diterima jika $-2,069 < t_{hitung} < 2,069$ dan H_0 ditolak (H_a diterima) jika $t_{hitung} < -2,069$ atau $t_{hitung} > 2,069$. Uji ini dilakukan untuk membandingkan hasil antara kedua metode dengan data validasi lapangan. Dengan hipotesis yang akan diuji :

H_0 = Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil tingkat lahan kritis metode *scoring* dan pembobotan sesuai Permenhut atau *fuzzy logic* dengan data validasi lapangan.

H_a = Terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil tingkat lahan kritis *scoring* dan pembobotan sesuai Permenhut atau *fuzzy logic* dengan data validasi lapangan.

Dari perhitungan diperoleh untuk metode *scoring* dan pembobotan sesuai Permenhut $t_{hitung} = -0,9974$ maka H_0 diterima jadi tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil lahan tingkat lahan kritis *scoring* dan pembobotan sesuai Permenhut dengan data validasi lapangan. Sedangkan metode *fuzzy logic* diperoleh $t_{hitung} = 2,0137$ maka H_0 diterima jadi tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil tingkat lahan kritis metode *fuzzy logic* dengan data validasi lapangan.

Dari hasil uji signifikan dengan uji t didapatkan bahwa metode *scoring* dan pembobotan dan metode *fuzzy logic* tidak terdapat perbedaan yang signifikan terhadap nilai validasi lapangan. Sedangkan didapatkan persentase untuk metode *scoring* dan pembobotan sebesar 56 % dan persentase metode *fuzzy logic* sebesar 64 % terhadap validasi. Hasil antar kedua metode tidak terdapat perbedaan yang signifikan tetapi yang lebih mendekati dengan validasi lapangan yaitu metode *fuzzy logic*.

V Penutup

V.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Penyebaran lahan kritis dengan *skoring* dan pembobotan sesuai permenhut dapat disimpulkan bahwa pada kawasan hutan lindung didominasi oleh kriteria tingkat potensi

kritis seluas 306,845 Ha yang berada di Kecamatan Ungaran Barat, pada kawasan budidaya pertanian yang mempunyai luas terbesar seluas 2938,989 Ha di Kecamatan Susukan masuk dalam kategori tingkat potensi kritis dan pada kawasan lindung di luar kawasan hutan yang memiliki luas terbesar yang masuk dalam kriteria potensi kritis seluas 620,207 Ha yang berada di Kecamatan Getasan. Kawasan yang mempunyai tingkat kekritisan paling tinggi dengan kriteria tingkat kritis berada di kawasan hutan lindung seluas 0,909 Ha pada Kecamatan Getasan.

2. Penyebaran lahan kritis dengan metode *fuzzy logic* diperoleh pada kawasan hutan yang memiliki proporsi luas terbesar berada di Kecamatan Ungaran Barat seluas 294, 734 Ha yang masuk dalam kriteria agak kritis sedangkan pada kawasan budidaya pertanian seluas 2948,205 Ha di Kecamatan Getasan masuk dalam kategori yang paling dominan berada pada kriteria tingkat potensi kritis dan pada kawasan lindung di luar kawasan hutan didominasi kriteria tingkat potensi kritis seluas 521,093 Ha yang berada di Kecamatan Getasan. Kawasan yang mempunyai kriteria tingkat kekritisan paling tinggi sama seperti hal dengan metode *skoring* dan pembobotan menurut permenhut yaitu Kecamatan Getasan seluas 0,909 Ha yang masuk dalam kriteria tingkat kritis dikarenakan tidak ada perubahan luas antara kedua metode.
3. Perbandingan hasil perhitungan *skoring* dan pembobotan sesuai Permenhut dengan metode *fuzzy logic* setiap kawasan mempunyai hasil yang berbeda-beda. Pengambilan sampel berjumlah 25 titik dengan survei lapangan dan *google earth*. Analisis dilakukan dengan uji *t sample* dan perhitungan persentase menunjukkan bahwa metode *fuzzy logic* yang lebih mendekati dengan validasi lapangan didapatkan persentase sebesar 64%.

V.2 Saran

Saran yang ingin disampaikan sebagai berikut :

1. Dalam pembuatan kelas penutupan lahan sebaiknya menggunakan citra yang bersih dari awan
2. Dalam pemilihan citra sebaiknya menggunakan perekaman saat masa panen agar saat *supervised* mempermudah klasifikasi
3. Dalam kelas lereng sebaiknya menggunakan DEM dengan resolusi tinggi agar hasil yang didapat lebih maksimal
4. Dalam penentuan validasi titik *ground truth* tutupan lahan sebaiknya merata atau acak
5. Validasi terhadap hasil akhir tingkat lahan kritis harusnya lebih maksimal cek lapangan secara langsung

DAFTAR PUSTAKA

- Huzaini, Aidy. 2011. “*Tingkat Kekritisian Lahan di kecamatan Gunung Pati Kota Semarang*”. Semarang : Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota UNDIP.
- Kiefer, dan Lillesand. 1990. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra* (Diterjemahkan oleh Dulbahri, Prpto Suharsono, Hartono, dan Suharyadi) Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Mulyadi, D., dan M. Soepraptohardjo. 1975. *Masalah Data Luas dan Penyebaran Tanah-Tanah Kritis*. Lembaga Penelitian Tanah. Bogor.
- Naba, A. 2009. *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan Matlab*. Penerbit Amd. Yogyakarta
- Peraturan Menteri Kehutanan Nomor. P.32/Menhut-II/2009. *Tata Cara Penyusunan Rencana Teknis Rehabilitasi dan Lahan Daerah Aliran Sungai*.
- Setiadji. (2009).”Himpunan dan Logika Samar serta Aplikasinya”. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Tempfli, K., 1991. “*DTM and differential modelling In: Proceedings ISPRS and OEEPE joint workshop on updating data by photogrammetric records*”. Oxford, England / ed. By P.R.T. Newby . – (OEEPE publication :27), pp. 193-200.