

**STUDI OPTIMALISASI PEMANFAATAN LAHAN
DI KAMPUS UNIVERSITAS DIPONEGORO TEMBALANG
BERDASARKAN ANALISIS CITRA MULTI TEMPORAL**

Ulifatus Sa'diyah, Yudo Prasetyo, Andri Suprayogi^{*)}

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

ABSTRAK

Universitas Diponegoro (UNDIP) adalah salah satu universitas terbesar di Provinsi Jawa Tengah dengan luas kampus Tembalang sekitar 1.352.054 m². Sejak menempati kampus Tembalang tahun 1996 sampai tahun 2015, penggunaan lahan di kawasan kampus dan daerah di sekitarnya banyak mengalami perubahan terutama lahan kosong menjadi lahan terbangun untuk kegiatan pendidikan. Jika dilihat saat ini masih terdapat lahan kosong yang tersebar di dalam kampus UNDIP dan belum difungsikan. Untuk itu perlu penelitian yang mengkaji perubahan pemanfaatan lahan secara multitemporal dan studi optimalisasi lahan kampus UNDIP.

Penelitian ini menggunakan data Citra Quickbird tahun 2006 dan 2011, serta foto udara UAV Fx79 tahun 2015. Data-data tersebut diinterpretasi dan dijitasi sehingga dapat dianalisis pemanfaatan lahan UNDIP secara multitemporal. Penggunaan lahan kampus UNDIP diklasifikasikan menjadi lima kelas, yaitu: administrasi, fasilitas umum, kegiatan belajar mengajar, lahan kosong dan pusat kegiatan mahasiswa.

Dari penggunaan lahan tiap tahun, dilakukan analisis perubahan penggunaan lahan dari segi luas, fungsi dan pola distribusi spasialnya. Dari tahun 2006-2011, 90,93% tidak terjadi perubahan fungsi lahan. lahan kosong berkurang 21,94%. Pertambahan pembangunan paling besar pada kelas administrasi, yakni sebesar 52,77%. Pola distribusi spasial penggunaan lahan tahun 2006-2011 adalah mengelompok. Sedangkan dari tahun 2011 ke tahun 2015, terjadi perubahan fungsi lahan 24,18%. Perubahan paling besar adalah dari lahan kosong menjadi fasilitas umum dengan pola distribusi spasial mengelompok.

Studi optimalisasi lahan dengan data penggunaan lahan tahun 2015 menggunakan parameter kesesuaian terhadap masterplan, kelayakan terhadap kebutuhan penggunaan lahan dan kapabilitas sebagai lahan kampus. Hasilnya 71,76% lahan di UNDIP dikategorikan sangat optimal, 11,66% optimal, 0,56 % kurang optimal dan hanya 16,02% luas lahan yang tidak optimal.

Kata Kunci : Citra Resolusi Tinggi, Optimalisasi, Perubahan Tata Guna Lahan, Universitas Diponegoro

ABSTRACT

UNDIP is one of the biggest university in Central Java Province. UNDIP has 1.352.054 m² area located in Tembalang. Since 1996 Tembalang campus has been used, until 2015 land use in Tembalang campus and the surrounding area has many changes especially wasteland that become educational activities building. If we see today, Tembalang campus still has many wasteland spreaded inside the campus area and not yet functioned. Because of that, a research that studying land use changes multitemporally and studying optimalization of campus land is needed.

This research use 2006 and 2011 Quickbird imagery data and 2015 UAV aerial photo. These data are interpreted and digitalized so land use in Tembalang campus multitemporally can be analyzed. Land use in Tembalang campus is classified into five classes: administration building, public facility, learning facility, wasteland and student activity center.

From land use each year, its change from area, function and spatial distribution pattern is analized. On period 2006 – 2011, there is no change of land use as much as 90.93% and wasteland decreased 21.94%. The biggest development is in administration building class as much as 52.77%. Spatial distribution pattern on 2006 – 2011 period is clustered. While on 2011 – 2015, land use change is about 24.18%. The biggest change is from wasteland that become public facility with spatial distribution pattern is clustered.

Land optimalization studies with 2015 land use data using masterplan compatibility parameter, appropriateness of land use need and capability as campus land. The result is 71.76% of Tembalang campus is categorized very optimal, 11.66% is optimal, 0.56 is less optimal, and 16.02% is not optimal.

Keywords: Diponegoro University, High-Resolution Imagery, Land Use Change, Optimizing.

^{*)} Penulis , Penanggung jawab

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Penggunaan lahan menjadi bagian yang penting dalam usaha melakukan perencanaan dan pertimbangan dalam merumuskan kebijakan keruangan di suatu wilayah. Pada periode tertentu perlu adanya identifikasi, pemantauan dan evaluasi penggunaan lahan sebagai dasar dalam penelitian perilaku manusia dalam menggunakan lahan pada pemanfaatan dan tujuan lainnya sesuai dengan kepentingan masyarakat.

Universitas Diponegoro (UNDIP) merupakan salah satu universitas besar. Sejak tahun 1996 sampai tahun 2016, UNDIP melaksanakan pembangunan dan pengembangan melengkapi kawasan kampus Tembalang. Pembangunan yang telah dilaksanakan diantaranya: Gedung Kuliah Fakultas Sains dan Matematika, Teknik Sipil, Teknik Planologi dan Teknik Arsitektur tahun 1996, Masjid Kampus tahun 2004, Gedung Kuliah Bersama Fakultas Teknik tahun 2005, Rumah Susun Mahasiswa dan Gedung Prof. Soedarto tahun 2006, sampai Waduk Universitas Diponegoro yang selesai dibangun tahun 2015 (Momentumnews, 2015). Mengacu pada Rencana Induk Pengembangan Kampus (RIPK), kawasan ini akan terus berkembang dalam jangka waktu kedepan. Saat ini masih terdapat lahan kosong yang tersebar di dalam kampus UNDIP dan belum difungsikan. Selain itu, terdapat beberapa gedung yang sudah dibangun tetapi belum optimal pemanfaatannya.

Dengan latar belakang tersebut, penulis ingin melakukan penelitian bagaimana pemanfaatan lahan dari tahun 2006 sampai 2015, perubahan luas dan fungsi lahan, pola distribusi dan arah perubahan pemanfaatan lahan secara multitemporal dengan citra resolusi tinggi dan data foto udara UAV. Selain itu, lahan yang terbangun saat ini perlu dilakukan studi optimalisasi berdasarkan kesesuaiannya terhadap *masterplan*, kelayakan dalam memenuhi kebutuhan pengguna lahan (mahasiswa dan karyawan UNDIP) serta kapabilitas lahan sebagai fungsi kampus.

Metode yang digunakan untuk mengidentifikasi pemanfaatan lahan adalah klasifikasi interpretasi visual dan digitasi dari citra resolusi tinggi multi temporal sehingga didapatkan data vektor geospasial multi temporal. Dari data vektor geospasial tersebut bisa dianalisis secara spasial untuk mendapatkan perubahan luas, pola dan arah pembangunan secara multitemporal. Studi optimalisasi dengan analisis spasial *overlay* data *masterplan* dan peta penggunaan lahan *existing*, survei lapangan dan wawancara untuk mengklasifikasikan optimalisasi lahan di UNDIP.

Hasil analisis pada penelitian ini diharapkan mampu menjadi evaluasi untuk dilakukan peninjauan kembali terhadap gedung dan lahan yang belum dioptimalkan fungsinya dengan baik. Selain itu hasil penelitian ini bisa menjadi bahan pertimbangan bagi perencanaan pembangunan kampus Universitas Diponegoro di Tembalang dimasa mendatang.

I.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, masalah yang dapat ditemukan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana klasifikasi pemanfaatan lahan di kampus Universitas Diponegoro Tembalang pada tahun 2006, 2011 dan 2015?
2. Bagaimana perubahan penggunaan lahan secara multitemporal dilihat dari segi luasan dan pola distribusi spasial?
3. Bagaimana analisis optimalisasi penggunaan lahan di UNDIP menurut kesesuaian terhadap *masterplan*, kelayakan terhadap kebutuhan penggunaan lahan dan kapabilitas sebagai lahan kampus?

I.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. Tujuan
Tujuan dari penelitian ini adalah:
 - a. Mengklasifikasikan penggunaan lahan yang ada di Kampus UNDIP pada tahun 2006, 2011 dan 2015.
 - b. Mengkaji perubahan luas pemanfaatan lahan kampus UNDIP dari tahun 2006-2011, 2011-2015.
 - c. Menganalisis pola distribusi spasial perubahan penggunaan lahan kampus tahun 2006-2011 dan 2011-2015.
 - d. Menganalisis kesesuaian pembangunan dan pengembangan UNDIP terhadap *masterplan*.
 - e. Menganalisis lahan yang optimal dan tidak optimal dari segi kesesuaian *masterplan*, kelayakan lahan, dan kapabilitas lahan.
2. Manfaat:
Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah:
 - a. Bidang keilmuan
Penelitian ini diharapkan mampu memperkaya pengetahuan mengenai pengolahan foto udara dan citra resolusi tinggi, memberikan wawasan dan informasi mengenai proses interpretasi visual dan digitasi untuk klasifikasi penggunaan lahan, memperhitungkan perubahan pemanfaatan lahan berdasarkan citra resolusi tinggi serta metode-metode analisis pengoptimalisasi lahan yang lebih jauh.
 - b. Bidang rekayasa
Penelitian ini diharapkan menjadi bahan acuan dan pertimbangan pihak kampus Universitas Diponegoro dan pihak lainnya dalam memanfaatkan lahan kampus pembangunan sarana pendidikan atau untuk utilitas lainnya. Sehingga lahan baik terbangun atau lahan kosong pun bisa termanfaatkan secara optimal.

I.4. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Lahan kosong yang dimaksud dalam penelitian ini dalam arti tata guna lahan, yakni lahan yang terbangun atau tidak terbangun, tidak difungsikan, dengan batas luasan minimal 100 m².

2. Kajian perubahan penggunaan lahan dilihat dari segi luasan dan pola distribusi spasial adalah kajian perubahan lahan secara umum tahun 2006, 2011 dan 2015 bukan kajian pertama.
3. Pada perhitungan kapasitas lahan, luas lahan pada lantai dua, tiga dan di atasnya dianggap sama dengan luas lahan pada lantai satu.
4. Fasilitas umum berupa prasarana yang umum digunakan seperti: jalan, sungai, waduk, LPPU, asrama mahasiswa, POM Bensin, bank, hutan kampus, tempat pembuangan sampah akhir, stadion olahraga, masjid kampus, dikategorikan sebagai lahan yang sudah sangat optimal.
5. Penelitian ini hanya mengkaji klasifikasi pemanfaatan lahan kampus, perubahan luasan dan fungsi lahan secara multitemporal, pola sebaran penggunaan lahan multitemporal dan analisis optimalisasi lahan. Faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan lahan dan tidak optimalnya lahan, seperti perubahan *masterplan*, arah kebijakan dan nilai ekonomi tidak dikaji.

I.5. Ruang Lingkup Penelitian

1. Wilayah penelitian kampus UNDIP Tembalang berada di koordinat 07°02'45" LS- 110°26'38"LS dan 110°26'08" BT-110°26'38" BT.
2. Penelitian ini menganalisis perubahan penggunaan lahan pada tahun 2006, 2011, dan tahun 2015. Sedangkan studi optimalisasi mengkaji penggunaan lahan *existing* berdasarkan pemanfaatan lahan tahun 2015.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. Optimalisasi Lahan

Menurut W.J.S. Poerwadarminta, 1997 dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia, 2008 optimalisasi berarti hasil yang dicapai sesuai dengan keinginan, pencapaian hasil sesuai harapan secara efektif dan efisien. Berkaitan dengan pemanfaatan lahan, optimalisasi berarti usaha memanfaatkan lahan untuk mencapai suatu tujuan dengan hasil terbaik, tertinggi dan paling menguntungkan dengan memenuhi semua kebutuhan secara efektif dan efisien. Studi optimalisasi lahan merupakan salah satu bentuk dari evaluasi lahan.

Kriteria lahan optimal pada penelitian ini adalah:

1. Kesesuaian terhadap rencana awal pembangunan dan pengembangan kampus.
Kesesuaian lahan adalah tingkat kecocokan suatu bidang lahan untuk penggunaan tertentu (Kurniawan, 2014). Evaluasi kesesuaian lahan dengan cara *matching* dilakukan dengan mencocokkan antara karakteristik lahan dengan syarat penggunaan lahan tertentu (Hadmoko, 2012).
2. Kelayakan fungsi kampus dalam memenuhi kebutuhan pengguna lahan
Hardjowigeno, 2001 mengemukakan bahwa kelayakan lahan (*land suitability*) merupakan kecocokan (*adaptability*) suatu lahan untuk tujuan penggunaan tertentu melalui penentuan nilai (kelas)

suatu lahan serta pola tataguna lahan yang dihubungkan dengan potensi lahan wilayahnya sehingga dapat diusahakan penggunaan lahan yang lebih terarah berikut usaha-usaha pemeliharaan kelestariannya.

3. Kemampuan (kapabilitas) lahan digunakan sebagai fungsi kampus.

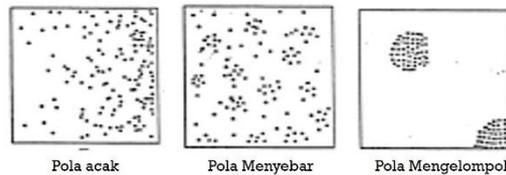
Kemampuan lahan menekankan kepada kapasitas berbagai penggunaan lahan secara umum yang dapat diusahakan di suatu wilayah (Rayes, 2007).

II.2. Perubahan Penggunaan Lahan

Menurut Martin, 1993 dalam Wahyunto dkk, 2001 perubahan tata guna lahan adalah bertambahnya suatu tata guna lahan dari satu sisi penggunaan ke penggunaan yang lainnya diikuti dengan berkurangnya tipe penggunaan lahan yang lain dari suatu waktu ke waktu berikutnya atau berubahnya fungsi suatu lahan pada kurun waktu yang berbeda.

Penggunaan lahan berubah secara periodik membentuk suatu pola-pola perubahan lahan berupa pola spasial. Briggs, 2007 menyatakan bahwa pola distribusi spasial secara umum terbagi menjadi tiga:

1. Mengelompok (*Clustered*) yaitu beberapa titik terkonsentrasi berdekatan satu sama lain dan ada area besar yang berisi sedikit titik yang sepertinya ada jarak yang tidak bermakna.
2. Menyebar (*Dispersed*) yaitu setiap titik berjauhan satu sama lain atau secara jarak tidak dekat secara bermakna
3. Acak (*Random*) yaitu titik-titik muncul pada lokasi yang acak dan posisi satu titik dengan titik lainnya tidak saling terkait



Gambar II.1. Pola Distribusi Spasial (Briggs, 2007)

II.3. Klasifikasi dan Interpretasi Visual

Objek yang tergambar pada citra perlu identifikasi, salah satu metodenya adalah interpretasi. Interpretasi didasarkan pada hasil penyimpulan visual terhadap ciri-ciri spesifik objek pada citra yang dikenali dari bentuk, ukuran, pola, bayangan, tekstur dan lokasi objek (Sutanto, 1986). Hasil interpretasi diklasifikasi menurut kebutuhan.

Untuk mendapatkan data spasial hasil interpretasi dan klasifikasi, dilakukan proses digitasi. Digitasi adalah mengubah data grafis analog menjadi digital. Pada metode *on screen digitize*, modifikasi data (*encoding*) dapat secara langsung dilakukan. Ada dua faktor yang harus diperhatikan pada metode *on screen digitize* (Arifin, 2014) yakni:

1. Kaidah perbesaran (*Zooming*)
Tingkat ketelitian pemetaan disesuaikan dengan tingkat skala yang digunakan. Aturannya

menentukan luas poligon terkecil adalah 0,5 x 0,5 x skala pemetaan (Arifin, 2014).

2. Kartografi pemetaan pada penafsiran citra.

II.4. Analisis Spasial

Penggunaan lahan dan tata ruang dapat dipelajari dengan menggunakan suatu metode pendekatan keruangan (*spatial analysis*). *Software ArcGIS* mampu melakukan beberapa analisis spasial. Analisis spasial pada penelitian ini adalah:

1. *Overlay* bertipe *identity*
Identity membuat satu *coverage* baru dengan melakukan *overlay* dua himpunan fitur.
2. Penentuan jenis pola sebaran

Analisis pola sebaran bisa dilakukan dengan *Spatial Autocorrelation (Global Moran's I)* yang memperhitungkan korelasi lokasi fitur dan nilai atributnya yang berdekatan menggunakan statistik Global Moran. Statistik I Morans dapat dirumuskan (Holmes, 2015):

$$I = \frac{N \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \dots \dots \dots (II.4)$$

Keterangan:

- N = jumlah objek
- \bar{x} = rata-rata variabel
- x_i = nilai atribut pada suatu lokasi (objek ke-i)
- x_j = nilai atribut pada lokasi yang lain (objek ke-j)
- w_{ij} = bobot komposisi i, j

3. Penentuan arah sebaran
Karakteristik spasial fitur geografis seperti pusat kecondongan, sebaran dan arah pola dapat ditentukan menggunakan *Standart Devitionial Ellipse*. *Standart Devitionial Ellipse* menghitung jarak standar pada arah x dan y untuk menentukan arah sumbu *elips* pada sebaran fitur.

III. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah gabungan metode penelitian kuantitatif dan kualitatif. Adapun alur penelitian pada diagram alir dapat dilihat pada gambar III.1.

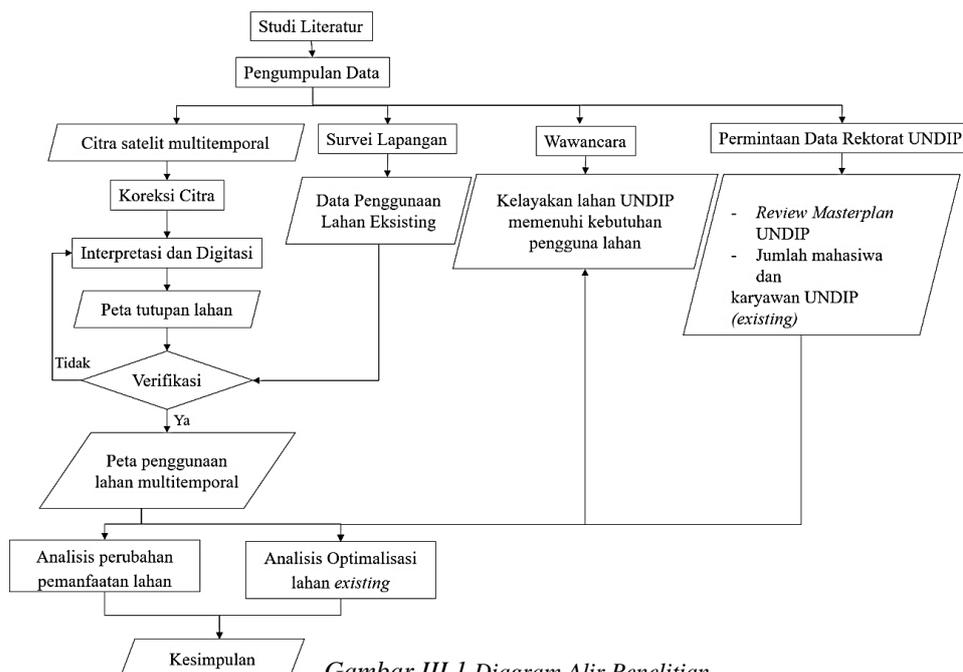
III.1. Data dan Peralatan

Data dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Data penelitian berupa data spasial dan data non-spasial. Data spasial berupa :
 - a. Citra Quickbird RGB wilayah Semarang tahun 2006 dan 2011
 - b. Foto udara UAV Fx79 2015
 - c. Peta *Masterplan* pembangunan kampus UNDIP tahun 2005, 2007 dan tahun 2013.
 - d. Data titik kontrol tanah (GCP) wilayah kampus UNDIP dengan sistem proyeksi UTM Zona 49S, datum geodetik WGS 84.
 - e. Data koordinat hasil survei lapangan.
 - f. Batas wilayah UNDIP Tembalang sebagai batas area penelitian.

Data non-spasial yang digunakan adalah:

- a. Data jumlah mahasiswa dan karyawan UNDIP tahun 2015/2016 dari Biro Administrasi Akademik dan Bagian Kepegawaian Biro Administrasi Umum dan Keuangan.
 - b. Kuesioner mahasiswa dan karyawan UNDIP sebagai pengguna lahan.
 - c. Dokumentasi
2. Peralatan yang dibutuhkan pada penelitian adalah:
 - a. Laptop ASUS N46VZ dengan *Processor Inter @ Core i5-3210M CPU @2.50GHz (4CPUs), RAM 4096Mb, OS Windows 10.*
 - b. Alat survei berupa *GPS Handheld GARMIN GPSMAP 62S*, kamera dan kuesioner.
 3. *Software* : PCI Geomateica 2015, Global Mapper, ArcMap 10.4, Microsoft office 2013.



Gambar III.1. Diagram Alir Penelitian

III.2. Tahapan Penelitian

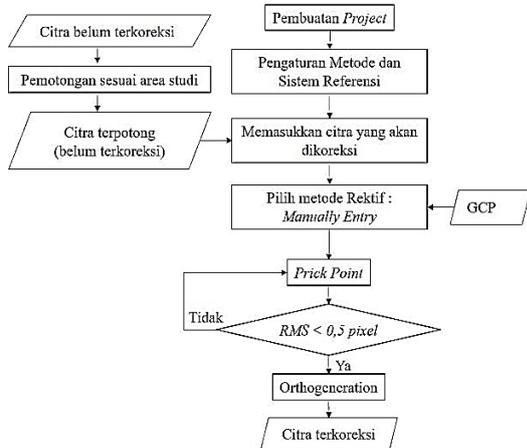
Penelitian ini mempunyai beberapa tahapan, diantaranya :

1. Studi literatur dan pengumpulan data
2. Penyiapan citra
 - a. Pemotongan Citra (*Cropping* Citra)

Citra yang akan digunakan dilakukan pemotongan agar sesuai dengan area penelitian.

- b. Koreksi Geometrik

Pada Citra Quickbird 2006 level 2A yang masih *raw data*, dilakukan proses koreksi geometrik yakni orthorektifikasi metode *Rational Function* dengan data GCP dan DEM. Sedangkan pada Citra Quickbird 2011 dan Foto Udara UAV Fx79 tahun 2015 dilakukan pengujian kondisi geometrik citra. Tahapan koreksi geometrik:



Gambar III.2. Proses Koreksi Geometrik Citra

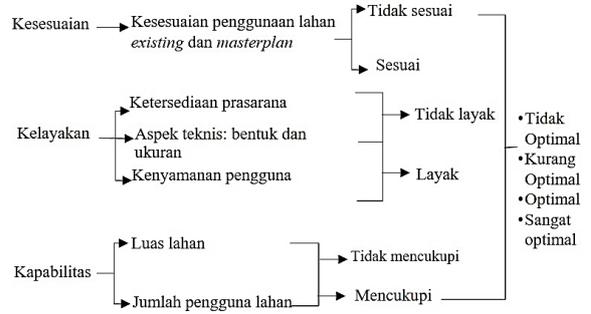
3. Interpretasi Visual dan Dijitasi

Tata guna lahan kampus UNDIP diklasifikasikan menjadi lima kelas berdasarkan fungsinya (tabel III.1). Citra Quickbird 2006, 2011, dan foto udara UAV 2015 dijadikan referensi untuk dijitasi tema penggunaan lahan.

4. Survei lapangan untuk verifikasi hasil interpretasi visual dan digitasi, evaluasi akurasi dan memperoleh data non-data spasial.
5. Penentuan Luas dan Pola Perubahan Penggunaan Lahan. Peta lahan tahun 2006, 2011 dan 2015 dianalisis dengan *overlay identity* untuk melihat perubahan luas dan fungsi lahan. Pada periode 2006-2011 dan 2011-2015 dianalisis perubahan luas dan sebaran penggunaan lahan. Pola sebaran dianalisis dengan *Spatial Autocorrelatin (Morans I)*, untuk karakteristik sebaran dengan *Standart Deviatonal Ellipse*.
6. Penilaian Optimalisasi
 Penilaian optimalisasi lahan dilakukan berdasarkan tiga parameter seperti yang ditunjukkan gambar III.3.

Tabel III.1. Klasifikasi Penggunaan Lahan UNDIP

Tema Penggunaan Lahan	Contoh
Fasilitas umum	Taman
	Jalan
	Lahan parkir
	Makam
	Sarana Olahraga
	Gedung Serba Guna
	RSND, poliklinik
	Tempat ibadah
KBM (Kegiatan Belajar Mengajar)	Koperasi, kantin
	Perairan
	Laboratorium
Administrasi	Perpustakaan
	Gedung Kuliah
	Rektorat
	Dekanat
PKM (Pusat Kegiatan Mahasiswa)	ICT
	Widya Puraya
	Student Center
Lahan Kosong	PKM
	Ruang Himpunan Mahasiswa



Gambar III.3. Skema Analisis Optimalisasi

Parameter penilaian optimalisasi :

- a. Kesesuaian antara peta penggunaan lahan saat ini (*existing*) dan *masterplan*. Kedua peta di-*overlay* dan dianalisis perbedaannya.
- b. Kelayakan lahan
 Kelayakan lahan dinilai dari aspek ketersediaan prasarana, aspek fisik (arsitektur) serta kenyamanan dari kuesioner. Masing-masing kriteria data tersebut dilakukan *scoring*. Nilai yang dominan atau yang memiliki frekuensi tinggi akan menentukan nilai kelayakan. Jika terdapat dua nilai 1, artinya lahan tersebut layak. Sebaliknya jika terdapat dua nilai 0, maka lahan tersebut dikatakan sebagai lahan tidak layak.
- c. Kapabilitas lahan
 Penilaian kapabilitas lahan didasarkan pada luas lahan dan jumlah pengguna lahan sehingga lahan tersebut sehingga dapat diperkirakan kapasitas lahan cukup atau kurang. Parameter yang digunakan adalah luas lahan dan jumlah pengguna lahan.

$$\text{Kapasitas} = \frac{\text{Luas lahan}}{\text{jumlah pengguna lahan}} \dots \dots \dots \text{(III.1)}$$

Nilai kapasitas kemudian diverifikasi dengan kuesioner lahan yang digunakan tidak berfungsi atau justru *overload*. Selanjutnya *scoring* data:

- 1 = Lahan difungsikan dengan kapasitas cukup bahkan *overload*.
- 0 = Kapasitas lahan tidak difungsikan

Dari ketiga kriteria tersebut, dilakukan klasifikasi optimalisasi lahan dengan indikator seperti pada tabel III.2.

Tabel III.2. Klasifikasi Optimalisasi Lahan

Kesesuaian	Kelayakan	Kapabilitas	Banyak Parameter Terpenuhi	Kelas Optimalisasi
1	1	1	3	Sangat Optimal
1	1	0	2	Optimal
0	1	1	2	Optimal
1	0	1	2	Optimal
1	0	0	1	Kurang Optimal
0	1	0	1	Kurang Optimal
0	0	1	1	Kurang Optimal
0	0	0	0	Tidak Optimal

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1 Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik orthorektifikasi lakukan pada Citra Quickbird 2006 level 2A. Sedangkan Citra Quickbird tahun 2011 dan Foto Udara UAV Fx79 tahun 2015 dilakukan pengujian kondisi geometrik karena sebelumnya sudah pernah dilakukan rektifikasi.

Koreksi geometrik ketiga citra tersebut menunjukkan kondisi data yang berbeda. Perbedaan ini menunjukkan adanya perbedaan kualitas data. Pergeseran paling besar adalah Citra Quickbird 2006, sedangkan untuk Citra Quickbird 2011 dan data Foto Udara UAV 2015 tidak mengalami pergeseran yang signifikan.

Kualitas hasil koreksi dilihat dengan pemilihan titik-titik ICP (*Independent Check Point*) diantara titik-titik GCP. Hasil uji ketelitian dapat dilihat pada tabel IV.1 dan tabel IV.2.

Tabel IV.1. Uji Ketelitian Peta Koreksi Geometrik Titik-Titik ICP

Citra Tahun	Nilai RMSE	Nilai CE90 1,5175 x RMSE
2006	0,149	0,226
2011	0,147	0,223
2015	0,025	0,038

Setelah dibandingkan, didapatkan ketelitian bahwa Citra Quickbird tahun 2006 memiliki ketelitian horizontal sebesar 0,343 meter. Kelas ketelitian Citra Quickbird tahun 2006 adalah kelas 1 pada skala 1:2500. Sedangkan Citra Quickbird tahun 2011 memiliki ketelitian 0,223 meter untuk kelas 2 skala 1:1000. Foto Udara UAV 2015 memiliki ketelitian 0,038 meter pada kelas 1 skala 1:1000.

Tabel IV.2. Ketelitian Geometri Peta (Peta RBI PERKA BIG Nomor 15 Tahun 2014

Skala	Ketelitian Horizontal (CE90 dalam m)		
	Kelas 1 0,2mm x bilangan skala	Kelas 2 0,3mm x bilangan skala	Kelas 3 0,5mm x bilangan skala
1:5000	1	1,5	2,5
1:2500	0,5	0,75	1,25
1:1000	0,2	0,3	0,5

IV.2 Interpretasi dan Digitasi

Unsur-unsur yang didigitasi diketahui penggunaan lahannya dengan interpretasi citra dan pengecekan lapangan secara langsung. Pengecekan lapangan pada beberapa titik (sampel area) dari setiap penggunaan lahan merupakan salah satu metode uji ketelitian interpretasi yang disarankan oleh Short, 1982. Semakin banyak hasil interpretasi yang sesuai kondisi lapangan, maka nilai hasil analisis dan perhitungan luas juga semakin teliti. Hasil interpretasi citra tahun 2006, 2011, dan 2015 menunjukkan hasil yang berbeda-beda.

IV.3 Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan di kampus Universitas Diponegoro Tembalang dari pada tahun 2006, 2011 dan tahun 2015 terus berkembang mengalami perubahan. Analisis perubahan dibagi menjadi dua periode, 2006-2011 dan 2011-2015.

1. Periode 2006-2011

Setelah penggunaan lahan 2006 dan 2011 di-overlay, didapat hasil bahwa 90,93% tidak mengalami perubahan kelas. Sedangkan 9,07% mengalami perubahan dari satu kelas tema menjadi kelas tema yang lain. terjadi penambahan penggunaan lahan pada kelas administrasi, fasilitas umum, KBM dan PKM. Sedangkan lahan kosong berkurang sebesar 133595,96 m² atau sebesar 21,94%. Pertambahan pembangunan paling besar pada kelas administrasi, yakni sebesar 52,77%. Perubahan antar kelas tahun 2006-2011 dapat dilihat pada tabel IV.3. Perubahan kelas paling besar adalah dari lahan kosong (2006) menjadi fasilitas umum (2011) seluas 107755,09 m². Perubahan penggunaan lahan tahun 2006-2011 dapat dilihat pada gambar IV.1.

2. Periode 2011-2015

Pada periode 2011-2015, terjadi perubahan luasan tiap kelas dan perubahan fungsi kelas. PKM mengalami pertambahan luas dari 5889,15m² menjadi 10350,13 m²

Tabel IV.3. Luas Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2006-2011

Ke/Dari	Adminis-trasi (m ²)	Fasilitas Umum (m ²)	KBM (m ²)	Lahan Kosong (m ²)	PKM (m ²)	Total (m ²)
Administrasi (m ²)	18735,74	0,00	0,00	0,00	0,00	18735,74
Fasilitas Umum (m ²)	457,31	819648,97	617,09	379,42	588,23	821691,03
KBM (m ²)	0,00	234,72	50919,22	0,00	0,00	51153,94
Lahan Kosong (m ²)	9275,01	107755,09	16192,87	474908,28	752,41	608883,66
PKM (m ²)	155,04	182,64	0,00	0,00	4548,51	4886,20
Total (m ²)	28623,11	927821,42	67729,19	475287,70	5889,15	

Keterangan:
 Terjadi perubahan
 Tidak terjadi perubahan

atau 75,7%.

Perubahan yang signifikan terjadi karena dibangunnya *Student Center* yang menjadi pusat kegiatan mahasiswa tahun 2012. Sedangkan kelas lahan kosong berkurang sekitar 75,82% tidak mengalami kelas. Sedangkan 24,18% mengalami perubahan dari satu kelas tema menjadi kelas tema yang lain dengan luasan yang dapat dilihat pada tabel IV.4.

Pada rentang tahun 2006-2011 dan 2011-2015 terjadi perubahan penggunaan lahan. Besar luas, kecepatan dan percepatan pembangunan dari 2006, 2011

dan 2015 dapat dilihat pada tabel IV.5. Kelas fasilitas umum, KBM, dan PKM mengalami kecepatan pembangunan periode 2011-2015 lebih tinggi dibanding 2006-2011. Kecepatan pembangunan kelas Administrasi 2006-2011 lebih tinggi dibanding 2011-2015. Hal serupa juga terjadi pada kelas lahan kosong yang semakin berkurang.

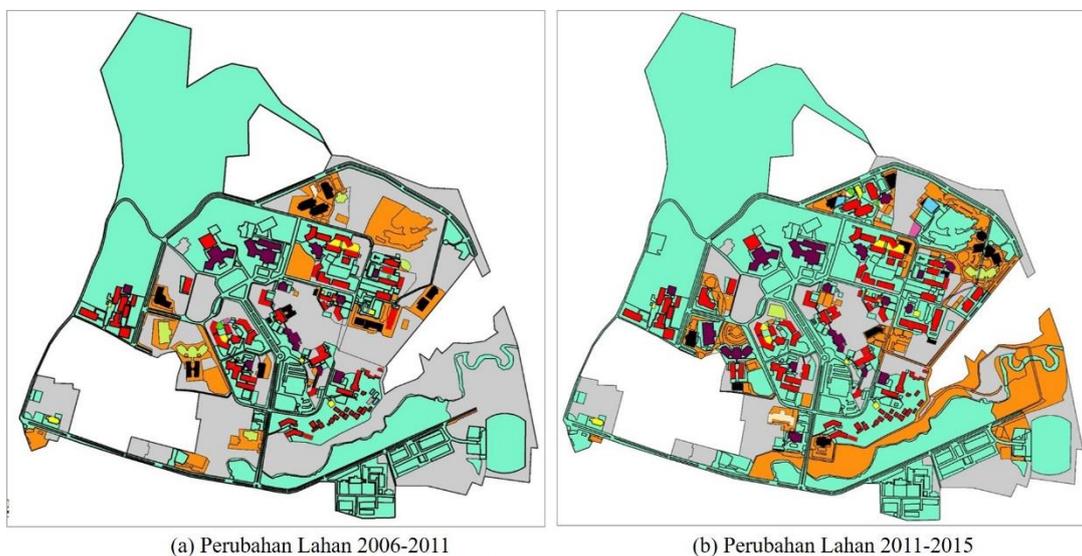
Tabel IV.4. Luas Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2011-2015

Ke / Dari	Administrasi (m ²)	Fasilitas Umum (m ²)	KBM (m ²)	Lahan Kosong (m ²)	PKM (m ²)	Total 2015 (m ²)
Administrasi (m ²)	18735,74	0,00	0,00	0,00	0,00	18735,74
Fasilitas Umum (m ²)	796,05	818695,53	965,016	485,42	749,01	821691,03
KBM (m ²)	0,00	234,719	50919,22	0,000	0,00	51153,94
Lahan Kosong (m ²)	15060,67	308020,04	32355,51	248394,85	5052,60	608883,67
PKM (m ²)	155,04	182,65	0,000	0,00	4548,51	4886,20
Total 2011 (m ²)	34747,50	1127132,93	84239,75	248880,27	10350,127	

Keterangan:
 : Terjadi perubahan
 : Tidak terjadi perubahan

Tabel IV.5. Perbandingan Penggunaan Lahan Tahun 2006, 2011 dan 2015

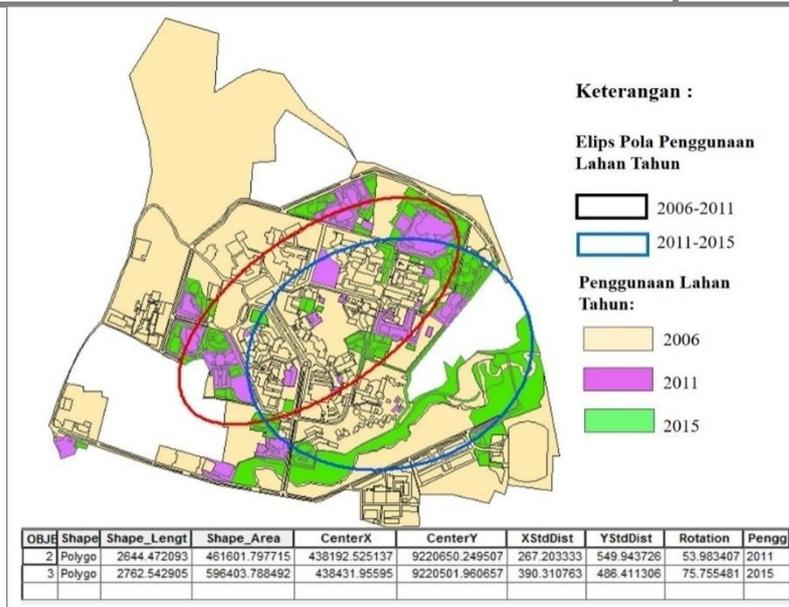
No	Kelas	Luas pada tahun (m ²)			Kecepatan Periode (m ² /tahun)	
		2006	2011	2015	2006-2011	2011-2015
1	Administrasi	18735.74	28623.11	34747.50	1977.47	1531.10
2	Fasilitas Umum	821691.03	927821.43	1127132.93	21226.08	49827.88
3	KBM	51153.94	67729.19	84239.75	3315.05	4127.64
4	Lahan Kosong	608883.66	475287.70	248880.27	-26719.19	-56601.86
5	PKM	4886.20	5889.15	10350.13	200.59	1115.24



Keterangan:

Kelas Tetap	Kelas Alih Fungsi Lahan	Kelas Alih Fungsi Lahan
 Administrasi-Administrasi	 Lahan Kosong-Administrasi	 Fasilitas Umum-KBM
 Fasilitas Umum-Fasilitas Umum	 Lahan Kosong-Fasilitas Umum	 Fasilitas Umum-Lahan Kosong
 KBM-KBM	 Lahan Kosong-KBM	 Fasilitas Umum-PKM
 PKM-PKM	 Lahan Kosong-PKM	 KBM-Fasilitas Umum
 Lahan Kosong-Lahan Kosong	 Fasilitas Umum-Administrasi	 PKM-Administrasi
		 PKM-Fasilitas Umum

Gambar IV.1. Perubahan Penggunaan Lahan



Gambar IV.2. Arah Pola Distribusi Penggunaan Lahan 2006-2011 dan 2011-2015

3. Analisis Pola Sebaran Penggunaan Lahan
 a. Pola Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2006-2011

Hasil *Spatial Autocorrelation (Global Moran's)* perubahan penggunaan lahan tahun 2006-2011 memiliki pola mengelompok. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai p, z dan indeks Morans. Nilai z sebesar 12,43 (>2,58) dan nilai p bernilai 0,00 (<0,01) menunjukkan signifikansi statistik sehingga pola distribusinya mengelompok.

b. Pola Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2011-2015

Hasil *Spatial Autocorrelation (Global Moran's I)* perubahan penggunaan lahan tahun 2011-2015 memiliki pola mengelompok. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai p, z dan indeks Morans. Nilai z sebesar 38,34 (>2,58) dan nilai p bernilai 0,00 (<0,01) menunjukkan signifikansi statistik sehingga pola distribusinya mengelompok.

Arah pola persebaran penggunaan lahan yang berubah pada tahun 2006-2011 dan 2011-2015 dapat dilihat pada gambar IV.2. Elips pola penggunaan lahan tahun 2006-2011 (warna merah) menggambarkan arah

pembangunan UNDIP tahun 2006-2011 lebih banyak di wilayah pinggir kampus yang dahulunya masih berupa lahan kosong, yakni dari blok RSND, FEB dan blok FH, FISIP, FIB, sampai POM Bensin UNDIP. Elips pola penggunaan lahan tahun 2011-2015 (warna biru) menunjukkan bentuk elips yang lebih simetris dibandingkan elips 2006-2011 (warna merah). Tetapi pusat elips (*centroid*) bergeser ke arah timur yakni kawasan stadion dan waduk yang baru dilakukan pembangunan tahun 2013.

IV.4 Analisis Optimalisasi

1. Analisis Kesesuaian

Kesesuaian lahan (*land suitability*) merupakan kecocokan (*adaptability*) suatu lahan untuk tujuan penggunaan tertentu, melalui penentuan nilai (kelas) lahan sehingga dapat diusahakan penggunaan lahan yang lebih terarah berikut usaha pemeliharannya. Penilaian kesesuaian adalah analisis peta penggunaan lahan *existing* 2015 terhadap *masterplan* 2013. Hasil analisis kesesuaian dapat dilihat pada tabel IV.6.

Jika dilakukan perhitungan, luas wilayah yang sesuai adalah 83,308% dan luas wilayah yang tidak sesuai adalah 16,69%. Ketidaksesuaian terbesar adalah kelas fasilitas umum pada *masterplan*, namun pada peta

Tabel IV.6. Kesesuaian luas Existing 2015 dan masterplan 2013

Eksisting Masterplan	Administrasi (m ²)	Fasilitas Umum (m ²)	KBM (m ²)	Lahan Kosong (m ²)	PKM (m ²)	Total (m ²)
Administrasi (m ²)	18735,74	429,088	0,00	10436,39	0,00	29601,21
Fasilitas Umum (m ²)	0,00	819649,35	161,66	66985,83	0,00	886796,83
KBM (m ²)	0,00	541,02	50848,72	27257,01	0,00	78646,75
Lahan Kosong (m ²)	0,00	1045,29	143,56	399012,78	0,00	400201,63
PKM (m ²)	0,00	0,00	0,00	1430,34	4886,20	6316,54
Total (m²)	18735,74	821664,75	51153,94	505122,34	4886,20	

Keterangan:

Sesuai Tidak Sesuai

existing masih berupa lahan kosong. Besarnya ketidaksesuaian ini dikarenakan banyaknya kelas-kelas yang semestinya dibangun namun *existing* masih berupa lahan kosong.

2. Analisis Kelayakan

a. Ketersediaan prasarana yang semestinya pada perguruan tinggi

Pada pasal 38 ayat 2 Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Republik Indonesia Nomor 44 Tahun 2015 disebutkan bahwa setiap perguruan tinggi wajib memenuhi prasarana untuk melaksanakan Tridharma perguruan tinggi yang meliputi:

- 1) lahan
- 2) ruang kelas
- 3) perpustakaan
- 4) laboratorium/studio/bengkel kerja/unit produksi
- 5) tempat berolahraga
- 6) ruang untuk berkesenian
- 7) ruang unit kegiatan mahasiswa
- 8) ruang pimpinan perguruan tinggi
- 9) ruang dosen
- 10) ruang kantin
- 11) ruang tata usaha
- 12) fasilitas umum (jalan, air, listrik, jaringan komunikasi suara, data)

Prasarana yang disyaratkan pada Standar Nasional Pendidikan Tinggi sudah tersedia di UNDIP. Selain itu, hasil wawancara terhadap pengguna lahan UNDIP secara keseluruhan mengatakan ketersediaan prasarana di UNDIP sudah memenuhi kebutuhan. Sehingga dari segi ketersediaan prasarana, lahan di UNDIP dikatakan layak.

b. Aspek teknis dari segi teknis (bentuk dan ukuran bangunan)

Pada kondisi penggunaan lahan saat ini, UNDIP memiliki gedung dengan segi teknis arsitektur seperti ukuran, bentuk, dan lokasi yang berbeda. Bentuk dan ukuran bangunan menunjukkan kepentingan bangunan tersebut. Hal tersebut dapat dilihat pada kawasan Widya Puraya dan rektorat. Letaknya berada ditengah-tengah dan menjadi poros kawasan. Ditingkat fakultas, dekanat FISIP, FIB, FKM, FPIK dan Fakultas Psikologi memiliki ukuran yang lebih besar dari bangunan sekitarnya dan lokasi yang strategis.

Jika dilakukan perbandingan bentuk dan ukuran bangunan yang ada (*existing*) terhadap peraturan Standart Nasional Perguruan Tinggi (SNPT) tahun 2013, sebagian besar lahan sudah memenuhi kriteria. Menurut SNPT, ruang kuliah harus lebih dari 20 m² dan ruang perpustakaan harus lebih dari 200 m².

Hasil dari kuesioner yang telah di-scoring pada tabel peta penggunaan lahan menunjukkan bahwa sekitar 74,60% telah memenuhi kriteria layak dari

aspek teknis bangunan dan 25,40% luas wilayah UNDIP belum memenuhi kriteria

c. Kenyamanan Penggunaan Lahan

Hasil wawancara mengenai kenyamanan penggunaan lahan didapatkan 76,34% responden mengatakan nyaman dalam menggunakan lahan yang ada sedangkan 23,66% tidak nyaman sesuai kebutuhannya menggunakan lahan tersebut.

Dari ketiga aspek tersebut, dilakukan penilaian kelayakan lahan. Hasilnya, luas lahan yang dikategorikan layak sekitar 79% karena memenuhi minimal dua kriteria kelayakan. Sedangkan 21% hanya memenuhi satu atau tidak memenuhi kriteria sama sekali sehingga dikategorikan lahan tidak layak. Lahan yang tidak layak paling besar adalah lahan kosong yang tidak difungsikan, ketersediaannya.

3. Analisis Kapabilitas

Potensi dan kemampuan lahan dapat dimanfaatkan untuk pembangunan dan fungsi lahan lain sesuai kebutuhan penggunaan lahan. Kapabilitas lahan berkaitan dengan kapasitas lahan, yakni perbandingan luas lahan terhadap jumlah pengguna lahan. Hasilnya, bahwa 76,47% dari luas keseluruhan mampu dan 23,53% tidak mampu digunakan sebagai fungsi kampus.

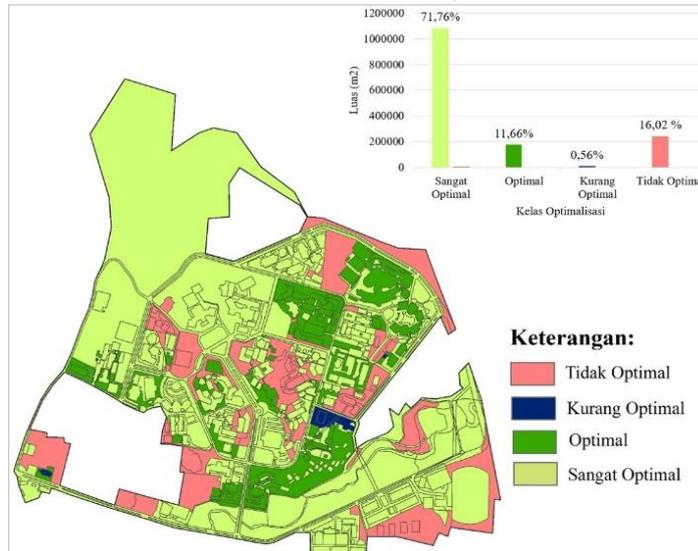
Setelah dilakukan analisis parameter kesesuaian, kelayakan, dan kapabilitas didapatkan kelas-kelas optimalisasi dengan mengacu pada tabel III.2. Hasil dari klasifikasi optimalisasi dapat dilihat pada gambar IV.3.

Klasifikasi optimalisasi lahan UNDIP:

1. Lahan sangat optimal
Lahan yang dibangun sesuai dengan *masterplan*, sesuai dengan kebutuhan pengguna sehingga dikatakan layak dan lahan tersebut mampu berfungsi sebagai lahan kampus. Besar luasan lahan yang dikategorikan sangat optimal adalah 72,03% dari luas keseluruhan lahan di UNDIP.
2. Lahan optimal
Lahan yang memenuhi dua parameter. Lahan tersebut memenuhi salah satu syarat berikut:
 - a. Sesuai dan layak, tetapi kapabilitas tidak mampu. Misalnya Rumah Sakit Nasional Diponegoro, lahan hijau di FSM, Dekanat FT yang baru, Lahan hijau di FPP dan lahan parkir di D3 FT.
 - b. Sesuai dan kapasitas cukup, tetapi tidak layak. Misalnya Dekanat FT lama beserta lahan parkirnya, gedung perkuliahan di FSM dan D3 FT, lahan parkir di Teknik Arsitektur dan Fakultas Hukum.
 - c. Layak dan kapasitas cukup, tidak sesuai dengan *masterplan*. Misalnya di perpustakaan FISIP dibangun diatas rencana lahan hijau FISIP, lahan parkir mobil di atas rencana lahan hijau FIB, lahan parkir tambahan di FK yang seharusnya untuk lahan hijau.
3. Lahan kurang optimal

Lahan yang memenuhi salah satu parameter saja. Lahan tersebut masuk dalam salah satu kriteria

mencerminkan reliabilitas penelitian terhadap kenyataan.



Gambar IV.3. Hasil Analisis Optimalisasi Lahan UNDIP 2015

berikut:

- a. Sesuai, tetapi tidak layak dan kapabilitasnya tidak mampu. Misalnya gedung serbaguna (GSG) dan gudang di D3 FT. Saat ini bangunan tersebut ada tetapi tidak difungsikan.
 - b. Layak, tetapi tidak sesuai dan kapabilitas tidak mampu. Tidak ada lahan yang termasuk dalam kategori ini.
 - c. Kapabilitas cukup, tetapi tidak sesuai dan tidak layak. Misalnya lapangan FPP dan lahan kosong disekitarnya.
4. Lahan tidak optimal

Lahan yang tidak sesuai *masterplan*, tidak layak dan kapabilitasnya kurang. Lahan yang masuk dalam kategori ini adalah keseluruhan lahan kosong karena menurut *masterplan* 2013-2016, kawasan tersebut seharusnya dipergunakan untuk gedung kuliah, *Sport Center*, *Art Center*, lahan parkir bersama, Gedung serbaguna, dan hutan kampus. Tetapi kondisi saat ini (*existing*) belum terbangun dan masih berupa lahan kosong.

Hasil penelitian diuji korelasi Spearman untuk mengetahui tingkat keamatan hubungan antar variabel (antar parameter kesesuaian, kelayakan dan kapabilitas). Dari nilai koefisien korelasi, didapatkan hubungan antar variabel yang berkorelasi sedang sampai berkorelasi tinggi. Nilai korelasi kesesuaian terhadap kelayakan adalah 0,730 sedangkan kesesuaian dan kapabilitas adalah 0,676 yang berarti keduanya berkorelasi tinggi. Kelayakan berkorelasi sedang terhadap kapabilitas dengan nilai koefisien 0,513. Nilai signifikansi korelasi antar parameter di adalah 0,025 sampai 0,151 (lebih dari 0,01). Artinya, tingkat kepercayaan penelitian belum memenuhi 99%.

Uji reliabilitas dan uji ANOVA (*Analisis of Variance*) dilakukan pada data hasil penelitian dengan signifikansi 90% sehingga didapatkan nilai yang

Nilai sig 0,083 < 0,1 yang berarti bahwa ada pengaruh signifikan antara parameter kesesuaian, kelayakan, dan kapabilitas. Pada uji ini, tingkat kepercayaan 90% memberikan hasil yang signifikan. Dari nilai signifikansi, dilakukan perhitungan tingkat kepercayaan:

Tingkat kepercayaan reliabilitas optimalisasi =

$$\frac{100}{100} - \frac{8,3}{100} = \frac{91,7}{100} = 91,7\%$$

Jadi, tingkat kepercayaan pada optimalisasi lahan dengan parameter kesesuaian, kelayakan, dan kapabilitas adalah 91,7%.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi literature, pengolahan data sampai analisis yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan berikut:

1. Lahan di kampus Universitas Diponegoro (UNDIP) seluas 1505351,57 m² diklasifikasikan dalam lima kelas berdasarkan pemanfaatannya. Pada tahun 2006, urutan kelas penggunaan lahan dari yang paling luas adalah : fasilitas umum, lahan kosong, Kegiatan Belajar Mengajar (KBM), administrasi dan Pusat Kegiatan Mahasiswa (PKM). Pada tahun 2011, urutan kelas penggunaan lahan dari yang paling luas yaitu: fasilitas umum, KBM, lahan kosong, adminitrasi dan PKM. Sedangkan tahun 2015, urutan kelas paling luas dari fasilitas umum, KBM, administrasi, lahan kosong dan PKM. Tingkat kepercayaan pada penelitian ini adalah 91,7%.
2. Dari tahun 2006 ke tahun 2011, hanya 9,07% dari luas keseluruhan UNDIP yang mengalami perubahan penggunaan lahan dan perubahan paling luas adalah lahan kosong menjadi fasilitas umum seluas 107755,09m². Dari tahun 2011 ke tahun 2015, 24,18% luas lahan UNDIP mengalami perubahan penggunaan lahan,

dan paling luas adalah lahan kosong yang diubah menjadi fasilitas umum seluas 308020,04 m². Pola sebaran lahan yang mengalami perubahan fungsi dari 2006-2011 dan 2011-2015 sama-sama mengelompok (*clustered*).

Analisis optimalisasi berdasarkan kriteria kesesuaian, kelayakan, dan kapabilitas menghasilkan klasifikasi optimalisasi lahan kampus UNDIP. Sekitar 71,76% dari luas UNDIP keseluruhan dikategorikan sangat optimal. Sekitar 11,66% luas lahan UNDIP dikategorikan sebagai lahan optimal, sekitar 0,56% dikategorikan kurang optimal dan sekitar 16,02% yang dikategorikan tidak optimal. Kriteria yang paling banyak tidak terpenuhi adalah kelayakan lahan.

V.2 Saran

Berdasarkan proses persiapan hingga akhir penelitian, penulis memberikan beberapa saran yang dapat diambil. Saran yang dapat diberikan berdasarkan pada hasil penelitian sebagai berikut:

1. Perlunya peninjauan kembali dalam pengembangan kampus karena luas fasilitas umum yang lebih besar dibandingkan luas lahan untuk kegiatan belajar. Jika dikaitkan dengan jumlah mahasiswa dan karyawan, lahan untuk kegiatan belajar mengajar dirasa kurang.
2. Pola pembangunan kampus yang mengelompok pada beberapa fakultas tertentu yang belum lama pindah Tembalang, sementara kawasan yang dari awal di Tembalang (misalnya Fakultas Peternakan dan Pertanian, Fakultas Teknik, Fakultas Psikologi, Rektorat) perlu pengembangan yang lebih modern.
3. Perlunya peninjauan kembali beberapa lahan yang terbangun namun tidak difungsikan, misalnya Gedung Serbaguna (GSG), dan Laboratorium (Belakang Widya Puraya)
4. Luas lahan kosong yang masih besar dan tersebar di beberapa kawasan, sedangkan ada kawasan yang kapasitasnya sampai overload sehingga perlu tata kelola fungsi lahan dan mengoptimalkan lahan-lahan yang belum difungsikan.

Saran yang dapat diberikan mengenai proses penelitian untuk penyempurnaan penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Sebelum pengolahan data, perlu dipetakan data penelitian yang diperlukan, parameter yang digunakan dan alur penelitian secara rinci.
2. Setiap tahapan pengolahan data perlu dilakukan validasi untuk memastikan ketepatan hasil pengolahan agar tidak berakibat buruk pada tahap pengolahan data berikutnya.
3. Pada penelitian berbasis sistem informasi geografis perlu manajemen data yang baik tiap proses data.

Verifikasi hasil penelitian serupa kepada pakar tata ruang planologi yang memahami masalah tata kelola keruangan khususnya lahan untuk fungsi pendidikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, S. dan Hidayat, T. 2014. *Kajian Kriteria Standar Pengolahan Klasifikasi Visual Berbasis Data Indraja Multispektral Untuk Informasi Spasial Penutup Lahan*. Jurnal Deteksi Parameter Geobiofisik dan Diseminasi Pengindraan Jauh. LAPAN
- Briggs 2007. *Spatial Statistics*. UT-Dallas GISC 6382 Spring.
- Departemen Pendidikan Nasional. 2008. *Kamus Besar Bahasa Indonesia, Edisi Keempat*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hardjowigeno, S. dan Widiatmoko. 2001. *Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tataguna Tanah*. Fakultas Pertanian. Institute Pertanian Bogor.
- Kurniawan, Hery. 2014. *Kesesuaian Lahan Sebagai Bagian dari Solusi Pengembangan Cendana (Santalum album Linn.) di Nusa Tenggara Timur*. Warta Cendana Edisi VII No.1. Balai Penelitian Kehutanan Kupang.
- Rayes, M.L.. 2007. *Metode Inventarisasi Sumber Daya Lahan*. Yogyakarta: Andi Press
- Sutanto. 1986. *Pengindraan Jauh Jilid I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Wahyunto, Abidin H.Z, Priyono A. dan Sunaryo. 2001. *Studi Perubahan Penggunaan Lahan Citarik, Jawa Barat dan DAS Kaligarang, Jawa Tengah*. *Prosiding Seminar Nasional Multifungsi Lahan Sawah*. Bogor: Balai Penelitian Tanah

Pustaka dari situs internet:

- Hadmoko D.S. 2012. *Evaluasi Sumberdaya Lahan. Prosedur dan Teknik Evaluasi Lahan: Aplikasi Teknik Skoring dan Matching*. Bahan Ajar. <https://wayanwisnuyoga.files.wordpress.com/2012/02/metode-matching.pptx>. Diunduh pada 31-05-2016
- Holmes, E. 2015. *Hot Spot analysis using Moran's I and getis-ord statistics in ArcMap/ArcGIS*. https://www.youtube.com/watch?v=_OTzoIqbN-A. Diakses pada 06-06-2016