

**ARAHAN PENETAPAN LAHAN SAWAH BERKELANJUTAN  
DI KABUPATEN MAJALENGKA DENGAN MODEL SPASIAL DAN DINAMIK**

**Adrian  
P062190201**



**SEKOLAH PASCASARJANA  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Arahan Penetapan Lahan Sawah Berkelanjutan di Kabupaten Majalengka dengan Model Spasial dan Dinamik” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2024

Adrian  
P062190201

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## RINGKASAN

ADRIAN. Arahan Penetapan Lahan Sawah Berkelanjutan di Kabupaten Majalengka dengan Model Spasial dan Dinamik. Dibimbing oleh WIDIATMAKA, KHURSATUL MUNIBAH dan IRMAN FIRMANSYAH.

Perubahan penggunaan lahan untuk pertanian merupakan dampak dari pertumbuhan penduduk, yakni lahan pertanian berubah menjadi lahan lahan terbangun. Di Jawa Barat, hal ini terjadi terutama di sekitar kota-kota besar seperti Bandung, Cirebon, Garut dan beberapa kota lain. Hingga tahun 2023, pertumbuhan penduduk di Kabupaten Majalengka tercatat mencapai 1,34% per tahun ada periode 2011 sampai 2021, sedangkan luas lahan yang tersedia relatif tetap. Salah satu area di Jawa Barat yang dikembangkan sebagai Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) adalah Rebana (Cirebon–Patimban–Kertajati). Area pengembangan ini sebagian besar terdiri atas daerah utara Jawa Barat seperti Subang, Majalengka, Cirebon, Indramayu, Kuningan, dan Sumedang. Pembentukan KEK seringkali melibatkan konversi lahan pertanian. Pengembangan KEK dapat menyebabkan lahan pertanian terkonversi menjadi area industri, infrastruktur, atau kawasan perkotaan. Sebaliknya, KEK yang direncanakan dengan baik dapat mendorong inisiatif pertanian berkelanjutan. Hal ini dapat mencakup peningkatan produktivitas pertanian, diversifikasi tanaman, atau perencanaan penggunaan lahan kedepan. Oleh karena itu, dalam penerapan dan pengembangan KEK, efeknya terhadap lingkungan dan keberlanjutan lahan pertanian penting untuk dipertimbangkan.

Tujuan utama studi ini adalah untuk arahan penetapan lahan sawah berkelanjutan di kabupaten majalengka dengan model spasial dan dinamik. Untuk mencapai tujuan utama penelitian, beberapa tujuan harus dicapai, diantaranya: (i); perubahan tutupan/penggunaan lahan di Kabupaten Majalengka serta faktor-faktor yang mempengaruhi, pada periode 2011-2021 (ii); mendelineasi dan menganalisis lahan yang sesuai dan tersedia untuk padi sawah (iii); mengkategorikan struktur landskap dan ketertarikannya terhadap perubahan di Kabupaten Majalengka (iv); mengkategorikan prioritas perlindungan lahan sawah yang berkelanjutan (v); membangun model spasial proyeksi ketersediaan pangan dan kebutuhan lahan sawah di Kabupaten Majalengka pada tahun 2045 dan (vi); merancang model dinamik ketersediaan pangan beras dan kebutuhan lahan sawah di Kabupaten Majalengka pada tahun 2045.

Untuk membuat proyeksi penggunaan lahan di masa mendatang dinamika perubahan penggunaan/tutupan lahan dari waktu ke waktu dapat digunakan sebagai parameter yang dimasukkan ke dalam model. Dalam penelitian ini, analisis penggunaan/tutupan lahan dilakukan dengan perangkat lunak *Google Earth Engine* (GEE) dengan citra *Sentinel-2A* selama sepuluh tahun (2011-2021) dengan menggunakan *machine learning* dengan pendekatan *random forest* dengan analisa *Normalized Difference Built-Up Index* (NDBI), *Normalized Difference Water Index* (NDWI) dan peta lahan baku sawah untuk menghasilkan peta tutupan/penggunaan lahan. Metode *Multi Criteria Evaluation* (MCE) berbasis GIS digunakan untuk menghasilkan analisis kesesuaian lahan dan ketersediaan lahan wilayah penelitian. Pengkategorian persil lahan sawah terhadap ketertarikan terkonversi dianalisis dengan menghitung ketertarikan suatu lahan (*attractiveness*) secara kuantitatif terhadap jumlah penduduk. Persil lahan sawah dikaitkan dengan ketertarikan dengan fasilitas umum di sekitarnya (*point of interest*). Selanjutnya, dilakukan pemodelan lahan yang dapat digunakan sebagai kandidat untuk lahan pertanian pangan berkelanjutan dengan menggunakan algoritma *cellular automata*, menggunakan perangkat lunak *LanduseSim v 2.3.1*. Proyeksi ketersediaan pangan di masa mendatang lakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Powersim 10*.

Peta hasil klasifikasi tutupan lahan menggunakan algoritma *smile-random forest* yang di kombinasikan dengan analisa NDBI dan NDWI pada platform GEE menghasilkan



nilai *overall accuracy* sebesar 98,81% dan *kappa* sebesar 95,91%,. Penggunaan lahan sawah mempunyai proporsi terbesar di antara delapan kelas penggunaan lahan lainnya, yaitu 44,95 % dari keseluruhan luas wilayah. Penggunaan lahan ladang memiliki luas dengan persentase 33,09 %, kebun campuran 32,41 %, semak belukar 1,15 %, hutan 6,69 %, permukiman 14,22 %, badan air 1,64 %, industri 0,26 % dan bandara 0,54%. Selama sepuluh tahun (2011-2021), luas lahan pertanian (sawah, ladang) di Kabupaten Majalengka mengalami penurunan sebesar 4457,36 ha. Perlu dilakukan upaya/strategi perencanaan ke depan untuk mengantisipasi perubahan lahan pertanian yang terjadi secara masif di Kabupaten Majalengka.

Hasil dari analisis kesesuaian lahan secara keseluruhan di Kabupaten Majalengka menunjukkan bahwa lahan yang sangat sesuai (S1) untuk tanaman padi sawah di Kabupaten Majalengka seluas 15.038,49 ha, atau 11,29% dari seluruh lahan yang tersedia; lahan sesuai (S2) seluas 23.744,40 ha, lahan sesuai marginal (S3) seluas 13.411,33 ha, dan lahan tidak sesuai (N) seluas 80.749,65. Analisis kualitas lahan pertanian (*farmland protection*) menunjukkan bahwa lahan dengan kualitas sangat baik (*excellent quality*) memiliki luas sebesar 10.745,63 ha; lahan pertanian dengan kualitas baik (*good quality*) seluas 15.784,19 ha; lahan pertanian dengan kualitas lahan menengah (*medium quality*) seluas 13.970,55 ha dan lahan pertanian dengan kualitas rendah (*low quality*) seluas 92.677,08 ha.

Model proyeksi penggunaan lahan Kabupaten Majalengka dibangun dengan mempertimbangkan berbagai faktor yang mempengaruhi perubahan penggunaan/rutupan lahan yang meliputi: jarak terhadap permukiman kepadatan rendah, jarak terhadap permukiman kepadatan tinggi, jarak terhadap kawasan industri, jarak terhadap fasilitas umum (fasum) jarak terhadap pariwisata, jarak terhadap pusat pemerintahan, jarak terhadap bandara, jarak terhadap stasiun, jarak terhadap terminal, jarak terhadap *interchange*, jarak terhadap jalan utama, jarak terhadap jalan lingkungan dan jarak terhadap jalur kereta api. Model menghasilkan tiga skenario, yakni skenario *Business as Usual*, skenario moderat, dan skenario optimis. Pada skenario (*Business as Usual*), pada tahun 2045 lahan sawah menjadi seluas 40.473 ha, 42.123 ha dan 48.235 ha, masing-masing untuk skenario *Business as Usual (BaU)*, moderat dan optimis.

Model proyeksi ketersediaan pangan di Kabupaten Majalengka dibangun dari sub-model “konsumsi, sub-model penduduk dan sub-model produksi”. Validasi model menunjukkan bahwa nilai *Absolute Mean Error* (AME) dan *Absolute Variance Error* (AVE) tidak lebih dari 10% setelah validasi kinerja variabel dalam ketiga sub-model tersebut. Dengan skenario *Business as Usual* dengan progresif terhadap keberadaan KEK Rebana, swasembada pangan dapat dicapai pada tahun 2033, sedangkan pada skenario moderat, swasembada dapat dicapai pada tahun 2034 dan skenario optimis swasembada dapat dicapai pada tahun 2048. Dengan mempertimbangkan kesesuaian dan ketersediaan lahan sawah saat ini serta keselarasannya dengan Pola Ruang dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), model ketersediaan pangan, dan prediksi penggunaan lahan masa depan, arahan penetapan lahan sawah berkelanjutan dibuat secara spasial. Hasilnya menunjukkan bahwa diperoleh luas lahan sawah berkelanjutan prioritas sebesar 48.235 ha, atau masih di atas luas lahan minimal 39.190 ha yang ditetapkan dalam Perda Nomor 11 tahun 2011 tentang RTRW.

Kata kunci: *Google Earth Engine*, multikriteria, *Cellular Automata*, ketertarikan lahan, sistem dinamis

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## SUMMARY

ADRIAN. Spatial and Dynamic Model of Sustainable Rice Land Availability in Majalengka Regency. Supervised by WIDIATMAKA, KHURSATUL MUNIBAH and IRMAN FIRMANSYAH.

The change in land use for agriculture is a consequence of population growth, resulting in agricultural land being converted into developed areas. In West Java, this primarily occurs around major cities such as Bandung, Cirebon, Garut, and others. Until 2023, the population growth in Majalengka Regency was recorded at 1.34% per year from 2011 to 2021, while the available land area remained relatively stable. One area in West Java that has been developed as a Special Economic Zone (SEZ) is Rebana (Cirebon–Patimban–Kertajati). This development zone primarily consists of the northern regions of West Java, such as Subang, Majalengka, Cirebon, Indramayu, Kuningan, and Sumedang. The establishment of SEZs often involves the conversion of agricultural land. Developing SEZs can convert agricultural land into industrial areas, infrastructure, or urban zones. Conversely, well-planned SEZs can promote sustainable agricultural initiatives. This may include enhancing agricultural productivity, diversifying crops, or planning future land use. Therefore, in the implementation and development of SEZs, their impact on the environment and the sustainability of agricultural land is essential to consider.

The primary objective of this study is to design a spatial dynamics model of food availability and develop guidelines for establishing sustainable paddy fields in the Majalengka Regency. To achieve the primary goal of the research, several specific objectives must be met, including (i) analyzing changes in land cover/usage in Majalengka Regency and the factors influencing these changes during the period from 2011 to 2021; (ii) delineating and analyzing land suitable and available for wet rice cultivation; (iii) categorizing landscape structures and their susceptibility to changes in Majalengka Regency; (iv) categorizing priorities for the protection of sustainable paddy fields; (v) constructing a spatial model to project food sufficiency and the needs for paddy fields in Majalengka Regency by 2045; and (vi) designing a dynamic model for rice food availability and the requirements for paddy fields in Majalengka Regency by 2045.

To project future land use, the dynamics of land use/cover changes over time can be used as parameters incorporated into the model. In this study, land use/cover analysis was conducted using Google Earth Engine (GEE) with Sentinel-2A imagery over ten years (2011-2021), utilizing machine learning with a random forest approach combined with the analysis of the Normalized Difference Built-Up Index (NDBI), Normalized Difference Water Index (NDWI), and standard paddy field maps to produce a land cover/use map. The Multi Criteria Evaluation (MCE) method based on GIS was used to analyze land suitability and availability in the research area. The categorization of paddy field parcels concerning their conversion attractiveness was analyzed by quantitatively assessing the attractiveness of a land parcel about population size. Paddy field parcels were linked to their attractiveness to nearby public facilities (points of interest). Subsequently, land modeling was performed to identify candidates for sustainable food agriculture using the cellular automata algorithm, employing LanduseSim v 2.3.1 software. Future food availability projections were carried out using Powersim 10 software.

With an overall accuracy of 98.81% and a kappa value of 95.91%, an accurate land cover map was produced from land use classification using the smile-random forest algorithm on the GEE platform combined with NDWI and NDBI analysis. Paddy fields occupied the most significant proportion among the eight other land use classes, accounting for 44.95% of the total area. Cultivated fields covered 33.09%, mixed gardens 32.41%, shrublands 1.15%, forests 6.69%, residential areas 14.22%, water bodies 1.64%, industrial areas 0.26%, and airports 0.54%. Over the ten years from 2011 to 2021, the area of

agricultural land (paddy fields and cultivated fields) in Majalengka Regency decreased by 4,457.36 hectares. Efforts and planning strategies are needed to anticipate the massive changes in agricultural land occurring in the Majalengka Regency.

The results from the overall land suitability analysis in Majalengka Regency show that the land highly suitable (S1) for paddy rice cultivation in Majalengka Regency totals 15,038.49 hectares, or 11.29% of all available land; suitably rated land (S2) amounts to 23,744.40 hectares, marginally suitable land (S3) totals 13,411.33 hectares, and unsuitable land (N) amounts to 80,749.65 hectares. The analysis of agricultural land quality (farmland protection) reveals that land of excellent quality covers an area of 10,745.63 hectares; agricultural land of good quality spans 15,784.19 hectares; agricultural land of medium quality covers 13,970.55 hectares, and agricultural land of low quality extends over 92,677.08 hectares.

The land use projection model for Majalengka Regency is developed by considering various factors that influence changes in land use/cover, including the distance to low-density residential areas, the distance to high-density residential areas, the distance to industrial areas, the distance to public facilities, the distance to tourism areas, the distance to government centers, the distance to the airport, the distance to the station, the distance to the terminal, the distance to the interchange, the distance to main roads, the distance to local roads, and the distance to railway lines. The model produces three scenarios: Business as Usual, Moderate, and Optimistic. In the Business as Usual scenario, by 2045, the area of paddy fields will be 40,473 hectares, 42,123 hectares, and 48,235 hectares for the Business as Usual (BaU), Moderate, and Optimistic scenarios, respectively.

The food availability projection model in Majalengka Regency is built from sub-models of "consumption," "population," and "production." Model validation shows that the Absolute Mean Error (AME) and Absolute Variance Error (AVE) are no more than 10% after validating the performance of variables within these sub-models. Under the Business as Usual scenario, with progressive alignment to the presence of KEK Rebana, food self-sufficiency could be achieved by 2033, while in the Moderate Scenario, it could be achieved by 2034, and in the Optimistic Scenario by 2048. Considering the suitability and availability of current paddy fields and their alignment with the Spatial Plan in the Regional Spatial Plan (RTRW), the food availability model, and future land use predictions, spatial guidelines for setting sustainable paddy fields were created. The results show that a priority sustainable paddy field area of 48,235 hectares was obtained, which is still above the minimum area of 39,190 hectares set by Regional Regulation Number 11 of 2011 concerning RTRW.

**Keywords:** google earth engine, multicriteria, cellular automata, land interest, system dynamics

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## **ARAHAN PENETAPAN LAHAN SAWAH BERKELANJUTAN DI KABUPATEN MAJALENGKA DENGAN MODEL SPASIAL DAN DINAMIK**

**Adrian**

Disertasi  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Doktor pada  
Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan  
Lingkungan

**ILMU PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN  
SEKOLAH PASCASARJANA INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.





@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Prof. Dr. Ir. Bambang Pramudya Noorachmat, M.Eng  
(Guru Besar pada Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University)
- 2 Dr. Ir. Andi Renald, S.T., M.T., IPU, ASEAN. Eng  
(Direktur pengendalian hak tanah alih fungsi lahan kepulauan dan wilayah tertentu/Kementerian ATR/BPN)



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Disertasi: Arahan Penetapan Lahan Sawah Berkelanjutan di Kabupaten  
Majalengka dengan Model Spasial dan Dinamik

Nama : Adrian  
NIM : P062190201

Disetujui oleh

Pembimbing 1:  
Prof. Dr. Ir. Widiatmaka, DAA

Pembimbing 2:  
Dr. Dra. Khursatul Munibah, M.Sc

Pembimbing 3:  
Dr. Ir. Irman Firmansyah, S.Hut, M.Si



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:  
Prof. Dr. Ir. Widiatmaka, DAA  
NIP. 19621201 198703 1 002

Dekan Fakultas Sekolah Pascasarjana:  
Prof. Dr. Ir. Dodik Ridho Nurrochmat, M.Sc.F.Trop  
NIP. 19700329 19960 8 100



Tanggal Ujian:  
(20 Mei 2024)

Tanggal Lulus:  
( 25 Juli 2024 )

## PRAKATA

Alhamdulillah rasa syukurku kepada Allah karena diberi kenikmatan hidup dan kesehatan untuk menjalankan aktivitas “puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan”. Judul yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Juni 2020 sampai bulan Januari 2023 ini adalah “*Arahan Penetapan Lahan Sawah Berkelanjutan di Kabupaten Majalengka dengan Model Spasial dan Dinamik*”. Penyelesaian karya ilmiah ini melibatkan banyak pihak, dan penulis menghaturkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian penelitian dan proses selama studi, antara lain:

1. Rektor Institut Pertanian Bogor dan Dekan Sekolah Pascasarjana beserta seluruh staf yang telah menerima penulis untuk menempuh pendidikan doctor pada Sekolah Pascasarjana IPB University;
2. Komisi Pembimbing Prof. Dr. Ir. Widiatmaka, DAA, sebagai ketua komisi pembimbing; Dr. Dra. Khursatul Munibah, M.Sc, sebagai anggota komisi pembimbing; dan Dr. Ir. Irman Firmansyah, S.Hut, M.Si sebagai anggota komisi pembimbing yang memberikan bimbingan, koreksi, masukan, dan arahan dalam proses penyusunan, penulisan karya ilmiah dan penyelesaian disertasi;
3. Prof. Dr. Ir. Bambang Pramudya Noorachmat, M.Eng. Guru Besar Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University dan Dr. Ir. Andi Renald, S.T., M.T., IPU, ASEAN. Eng. Direktur pengendalian hak tanah alih fungsi lahan kepulauan dan wilayah tertentu/Kementerian ATR/BPN, para penguji pada Ujian Tertutup;
4. Kementerian Keuangan Republik Indonesia yang telah memberikan Beasiswa Unggulan Dosen Indonesia (BUDI)-DN kepada penulis selama penelitian di program doktoral di Institut Pertanian Bogor (IPB);
5. Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan dan Sekolah Pascasarjana IPB University yang memberi saya kesempatan untuk belajar, serta program dan kebijakannya sangat membantu saya menyelesaikan kuliah;
6. Keluarga kecil kami: istri tersayang Marina Noor Prathivi, S.TP, M.M, serta putra-putri kami Muhammad Abimanyu Al Kindi dan Aara Haifa Mahnoor dan seluruh keluarga besar yang tidak bisa diucapkan satu-persatu atas semua cinta, perhatian, pengorbanan, dukungan, dan doa tulus mereka;
7. Penulis berterima kasih kepada rekan-rekan seperjuangan program Doktor PSL angkatan 2019 atas bantuan, saran, dan kritik yang diberikan yang telah memberikan motivasi bagi penulis untuk menyelesaikan disertasi ini;
8. Rekan-rekan sesama dosen prodi Pendidikan Geografi Unisma 45 Bekasi dan semua pihak yang tidak saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2024

*Adrian*

## DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
<b>I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat	5
1.5 Kerangka Pemikiran	5
1.6 Ruang Lingkup	6
1.7 Kebaharuan ( <i>Novelty</i> )	7
<b>II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>8</b>
2.1 Penggunaan Lahan	8
2.2 Perubahan Penggunaan Lahan	8
2.3 Faktor-Faktor yang Mendorong Perubahan Penggunaan Lahan	9
2.4 Karakteristik Citra Sentinel 2A	10
2.5 Analisis <i>Big Data</i> Citra Dengan <i>Google Earth Engine</i>	11
2.6 Evaluasi Kesesuaian Lahan	12
2.7 Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan (LP2B)	13
2.8 Model Penggunaan Lahan Berbasis Skenario	14
2.9 Ketahanan Pangan dan Kemandirian Pangan Berkelanjutan	15
2.10 Analytical Hierarchy Process	16
2.11 Sistem Dinamik	16
2.12 Pengembangan Model Penggunaan Lahan	17
2.13 LanduseSim	19
2.14 Klasifikasi struktur lanskap lahan pertanian	19
2.15 Penelitian Terdahulu	20
<b>III METODE</b>	<b>24</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.2 Kerangka Penelitian	24
3.3 Rancangan Penelitian	26
3.4 Metode Analisis	26
<b>IV GAMBARAN UMUM LOKASI PENELITIAN</b>	<b>31</b>
4.1 Pemerintahan	31
4.2 Topografi Wilayah	31
4.3 Metode Kondisi Geologi	33
4.4 Regulasi Tata Ruang Wilayah	33
4.5 Penduduk dan Budaya	34
4.6 Sumber Daya Air	34
4.7 Sosial dan Ekonomi	35
<b>V PERUBAHAN TUTUPAN / PENGGUNAAN LAHAN</b>	<b>38</b>
5.1 Pendahuluan	38

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



5.2	Metode	38
5.3	Hasil dan Pembahasan	45
5.4	Simpulan	52
VI	KESESUAIAN DAN KETERSEDIAAN LAHAN	54
6.1	Pendahuluan	54
6.2	Metode	55
6.3	Hasil dan Pembahasan	62
6.4	Simpulan	75
VII	STRUKTUR LANSKAP LAHAN SAWAH DAN KETERTARIKANNYA TERHADAP PERUBAHAN	76
7.1	Pendahuluan	76
7.2	Metode	77
7.3	Hasil dan Pembahasan	81
7.4	Simpulan	87
VII	PRIORITAS PELINDUNGAN LAHAN SAWAH BERKELANJUTAN	89
7.5	Pendahuluan	89
7.6	Metode	90
7.7	Hasil dan Pembahasan	93
7.8	Simpulan	95
VIII	MODEL SPASIAL PERUBAHAN LAHAN SAWAH	96
8.1	Pendahuluan	96
8.2	Bahan dan Metode	97
8.3	Hasil dan Pembahasan	105
8.4	Simpulan	128
IX	MODEL KETERSEDIAAN PANGAN PADI	129
9.1	Pendahuluan	129
9.2	Metode	129
9.3	Hasil dan Pembahasan	136
9.4	Simpulan	153
X	PEMBAHASAN UMUM	154
XI	SIMPULAN DAN SARAN	159
11.1	Simpulan	159
11.2	Saran	160
	DAFTAR PUSTAKA	161
	LAMPIRAN	172
	RIWAYAT HIDUP	182

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## DAFTAR TABEL

1	Karakteristik citra <i>Sentinel-2A</i>	11
2	Penelitian yang berhubungan dengan model kecukupan pangan	20
3	Jenis, sumber data dan alat	25
4	Matriks hubungan antara tujuan penelitian, jenis data, sumber data, metode analisis, dan keluaran ( <i>output</i> )	28
5	Nama dan luas wilayah administrasi Kecamatan di Kabupaten Majalengka	31
6	Zonasi wilayah topografi berdasarkan wilayah administrasi kecamatan dan ketinggian di atas permukaan laut (dpl) di Kabupaten Majalengka	32
7	Penduduk berumur 15 tahun keatas yang bekerja menurut lapangan pekerjaan di kabupaten majalengka	35
8	Persentase pengeluaran pangan penduduk Kabupaten Majalengka tahun 2019-2022	35
9	Perkembangan distribusi Produk Domestik Regional Bruto atas dasar harga berlaku menurut lapangan usaha, 2018-2023	36
10	Perkembangan proporsi ketenagakerjaan tahun 2019-2012	37
11	Sumber dan data yang digunakan dalam penelitian	39
12	Klasifikasi penggunaan lahan	42
13	Rumus indeks spectral	44
14	Hasil uji akurasi klasifikasi penggunaan lahan tahun 2016 dan 2021	45
15	Luas kelas penggunaan lahan dan proporsinya tahun 2011, 2016, dan 2021	48
16	Matriks perbandingan luas dan perubahan penggunaan lahan tahun 2011-2016	49
17	Matriks perbandingan luas dan perubahan penggunaan lahan tahun 2016-2021	50
18	Matriks perbandingan luas dan perubahan penggunaan lahan tahun 2011-2021	51
19	Kriteria produktivitas	58
20	Kriteria infrastruktur	59
21	Kriteria fisik	60
22	Hasil parameter fisik	63
23	Hasil parameter infrastruktur	63
24	Hasil Parameter Produktivitas	64
25	Hasil proses hirarki analitik (Geometrik Mean 6 Pakar)	64
26	Rekapitulasi Luasan Pada Lokasi Penelitian	66
27	Hasil Analisis Kuantitatif Kelas Kesesuaian Lahan	71
28	Distribusi pola ruang dan ketersediaan lahan padi	72
29	Lokasi kesesuaian lahan yang tersedia untuk tanaman padi di Kabupaten Majalengka, Provinsi Jawa Barat	75
30	Pembagian kelas lanskap lahan sawah	77
31	Atribut dalam dimensi Lanskap Lahan Pertanian	91
32	Atribut dalam dimensi kesesuaian lahan	91

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



33	Atribut dalam dimensi keterjangkauan ( <i>reach calculation</i> )	91
34	Indeks dan status keberlanjutan berdasarkan analisis spasial	93
35	Prioritas perlindungan lahan sawah yang berkelanjutan	94
36	Stakeholder yang mempengaruhi dalam penentuan bobot	98
37	Faktor pendorong ( <i>driving factors</i> )	98
38	Nilai Relatif Elemen Dalam Matriks Berpasangan	100
39	Nilai bobot atribut hasil konsensus <i>focus discussion group</i>	105
40	Peta zona constraint di Kabupaten Majalengka	108
41	Matrik Validasi Antara Penggunaan Lahan Tahun 2021 Eksisting Dan Model Simulasi Tahun 2021	113
42	Analisis prediksi kebutuhan lahan terbangun (permukiman dan industri)	114
43	Analisis kebutuhan lahan 2021-2045, di Kabupaten Majalengka	116
44	Skenario simulasi model spasial perubahan lahan sawah	116
45	Kesesuaian prediksi skenario bau terhadap pola RTRW 2045	119
46	Kesesuaian prediksi skenario moderat terhadap pola RTRW 2031	120
47	Kesesuaian prediksi skenario optimis terhadap pola RTRW 2031	122
48	Matriks perbandingan luasan penggunaan lahan dengan hasil simulasi model tahun 2021 dengan luasan penggunaan lahan tahun 2045 untuk masing masing model di Kabupaten Majalengka	124
49	Analisa Kebutuhan Sistem Ketersediaan Pangan Padi Sawah	133
50	Validasi sub-model konsumsi	141
51	Validasi sub-model penggunaan lahan	143
52	Validasi sub-model produksi	146
53	Skenario kondisi	147
54	Simulasi skenario kondisi pertumbuhan KEK 0,67 %	147
55	Simulasi skenario kondisi pertumbuhan KEK 0,87 %	147
56	Tabel dampak ( <i>impact table</i> ) berdasarkan simulasi skenario kebijakan	153

## DAFTAR GAMBAR

1	Kerangka Pemikiran	6
2	Perbedaan analisis citra konvensional dan big data	11
3	Pengertian system	17
4	Peta lokasi penelitian	24
5	Diagram alir tahapan penelitian	30
6	Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Majalengka 2011-2031	33
7	Langkah pengolahan data perubahan penggunaan lahan	41
8	Penggabungan metode ndbi, ndwi dengan analisa tutupan lahan	43
9	Aliran transfer dan tingkat dinamis penggunaan lahan/tutupan lahan tahun 2011, 2016, dan 2021	46
10	Peta pola spasial perubahan luas penggunaan lahan dan validasi lapang	53
11	Diagram alir penelitian ketersediaan lahan untuk tanaman padi sawah	57



12	Kurva hubungan korelasi pearson	61
13	Struktur hirarki AHP untuk analisis kesesuaian lahan untuk padi sawah	62
14	Diagram nilai bobot kriteria	65
15	Korelasi pearson dari beberapa variabel predictor	66
16	Peta distribusi parameter: (a) indeks pertanaman, (b) ketersediaan air, (c) luas lahan, (d) sistem irigasi, (e) jarak dari jalan, (f) drainase, (g) jenis tanah, (h) resiko bencana, (i) curah hujan, (j) kemiringan lereng dan (k) erosi.	69
17	Alur kesesuaian lahan untuk lahan sawah dilindungi	70
18	Peta Kesesuaian Lahan untuk Tanaman Padi	71
19	Peta RTWR Majalengka Revisi 2022	71
20	Peta dan distribusi lahan yang sesuai dan tersedia untuk tanaman padi sawah di Kabupaten Majalengka, Provinsi Jawa Barat	74
21	Sketsa desain klasifikasi lanskap lahan pertanian	78
22	Proses kawasan perlindungan lahan pertanian utama dimulai dengan proses (a) satelit resolusi tinggi dan (f) menghasilkan deliniasi LSA	79
23	Klasifikasi lanskap lahan pertanian di Kabupaten Majalengka	82
24	Kepadatan Jaringan <i>Nodes</i>	84
25	Kepadatan Jaringan <i>Nodes</i> Dengan KDE	84
26	Kategori <i>Point of Interest</i> (POI)	84
27	Distribusi Spasial <i>Reach Calculation</i> Terhadap <i>Point of Interest</i>	86
28	Peta hasil ( <i>reach calculation</i> ) and ( <i>attractiveness value</i> )	86
29	Grafik jumlah persil <i>attractiveness</i> level kecamatan	87
30	Tahapan prioritas perlindungan lahan sawah berkelanjutan (a) Sub-model lanskap pertanian, (b) sub-model kualitas lahan pertanian, (c) sub-model analisis ketertarikan lahan	92
31	Hasil pemeringkatan kualitas lahan pertanian yang berkelanjutan	94
32	Struktur hirarki kesesuaian lahan sawah dilindungi	97
33	Ilustrasi analisis jarak Euclidean menggunakan tools ArcGIS.	101
34	<i>Fuzzy Sigmoidal</i> pada <i>LanduseSim monotonically increasing</i> dan <i>monotonically decreasing</i>	102
35	<i>Filter LanduseSim-Cellular Automata</i>	103
36	Bagan analisis perubahan penggunaan lahan	104
37	Faktor perubahan lahan sawah di Kabupaten Majalengka	110
38	Peta <i>Transition potential with zoning</i>	111
39	Peta weight sum	111
40	Hasil prediksi model skenario BAU Kabupaten Majalengka, 2024	117
41	Hasil prediksi model skenario moderat Kabupaten Majalengka, 2024	121
42	Hasil Prediksi Model Optimis Moderat Kabupaten Majalengka, 2024	123
43	Perbandingan konversi lahan sawah dari masing-masing model	125
44	Hasil prediksi simulasi perubahan lahan sawah model (a) BAU, (b) Moderat dan (c) Optimis	126
45	Matriks Transisi Kategori Penggunaan Lahan Skenario BAU	127

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

46	Matriks Transisi Kategori Penggunaan Lahan Skenario RTRW	127
47	Matriks Transisi Kategori Penggunaan Lahan Skenario Optimis	127
48	Variabel yang berdampak pada kinerja sistem	134
49	CLD Ketersediaan pangan padi sawah	136
50	Prediksi jumlah penduduk (1) Tanpa KEK, (2) KEK imigrasi 0,67%/Tahun, (3) KEK imigrasi 0,87%/Tahun	138
51	<i>Stock flow diagram</i> sub model konsumsi	139
52	Simulasi sub model konsumsi tanpa skenario KEK (dalam ton)	139
53	Simulasi sub model konsumsi terhadap skenario KEK (dalam ton)	140
54	Simulasi sub model penggunaan lahan	142
55	<i>Stock flow diagram</i> pada sub-model produksi	144
56	Simulasi produksi GKG, konsumsi beras dan ekspor beras (Tanpa KEK)	145
57	Simulasi produksi GKG, konsumsi beras dan ekspor beras (Dengan Skenario KEK)	145
58	Luas sawah yang dilindungi (LSD) Kabupaten Majalengka tahun 2011-2045	148
59	Suplai beras Kabupaten Majalengka tahun 2011-2045	149
60	Perbandingan konsumsi dan ketersediaan beras Kabupaten Majalengka tahun 2011-2045	149
61	Surplus beras Kabupaten Majalengka tahun 2011-2045	150
62	Alih fungsi lahan Kabupaten Majalengka tahun 2011-2045	150

## DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Penampakan penggunaan lahan pada Citra Sentinel 2A, Citra SPOT	173
2	Lampiran 2 Formulasi sub-model konsumsi	175
3	Lampiran 3 Formulasi sub-model penggunaan lahan	176
4	Lampiran 4 Formulasi sub-model produksi	178
5	Lampiran 5 Form survei perubahan lahan lahan sawah	179
6	Lampiran 6 Hasil analisis kuesioner AHP kesesuaian lahan untuk masing-masing stakeholder	180
7	Lampiran 7 Hasil analisis kuesioner AHP kesesuaian lahan dilindungi untuk masing-masing stakeholder	181

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.