



# MODEL INTEGRASI DAYA DUKUNG LINGKUNGAN HIDUP DALAM PENATAAN RUANG WILAYAH PROVINSI JAWA TIMUR

**DODI SLAMET RIYADI**



**PROGRAM STUDI ILMU PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN  
SEKOLAH PASCASARJANA  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2026**

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

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi berjudul **Model Integrasi Daya Dukung Lingkungan Hidup Dalam Penataan Ruang Wilayah Provinsi Jawa Timur** adalah benar merupakan karya saya sendiri dengan arahan Komisi Pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal dari atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan oleh 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 2026

Dodi Slamet Riyadi  
NIM P0602202023

- 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.

## RINGKASAN

DODI SLAMET RIYADI. Model Integrasi Daya Dukung Lingkungan Hidup dalam Penataan Ruang Wilayah Provinsi Jawa Timur. Dibimbing oleh ERNAN RUSTIADI, WIDIATMAKA, dan AKHMAD FAUZI.

Percepatan pembangunan di Provinsi Jawa Timur telah meningkatkan tekanan terhadap daya dukung lingkungan hidup (DDLH), yang ditandai oleh ekspansi kawasan terbangun, konversi lahan pertanian, deforestasi, dan degradasi kawasan hulu DAS. Kondisi ini menyebabkan penurunan kapasitas ekologis, meningkatnya risiko bencana hidrometeorologis, serta kesenjangan antara rencana tata ruang dan kondisi biofisik aktual. Meskipun DDLH telah diamanatkan dalam regulasi penataan ruang dan lingkungan hidup, implementasinya masih bersifat normatif dan belum menjadi dasar operasional dalam pengambilan keputusan spasial.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model integrasi DDLH sebagai *ecological constraints* dalam penataan ruang wilayah melalui pendekatan yang mengintegrasikan *System Dynamics*, *Spatial Dynamics* Model berbasis *Cellular Automata*-Markov (CA-Makov), MICMAC, MACTOR, dan MULTIPOL. Pendekatan ini digunakan untuk menganalisis dinamika penggunaan lahan, mengidentifikasi variabel kunci dan aktor strategis, serta mengevaluasi alternatif kebijakan dalam berbagai skenario pembangunan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberlanjutan wilayah Jawa Timur sangat dipengaruhi oleh sumber daya air, kemampuan lahan, jasa ekosistem, ekoregion, variabilitas iklim, dan penegakan hukum. Tiga skenario kebijakan dikembangkan, yaitu *business as usual* (BAU), *gradual ecological adaptation* (GEA), dan *progressive ecological control* (PEC). Hasil simulasi menunjukkan bahwa skenario PEC memberikan kinerja terbaik dalam menjaga keseimbangan ekologis melalui pengendalian alih fungsi lahan, perlindungan kawasan lindung, dan konservasi kawasan hulu DAS. Simulasi pola ruang RTRW Jawa Timur tahun 2043 juga menunjukkan peningkatan kawasan lindung secara signifikan pada skenario PEC dibandingkan dengan skenario BAU dan GEA.

Penelitian ini menghasilkan model *Ecological Constraints-Based Spatial Planning* yang menempatkan DDLH sebagai batasan ekologis operasional dalam perencanaan, pemanfaatan, dan pengendalian ruang. Kebaruan penelitian terletak pada integrasi pendekatan sistem, dinamika spasial, analisis aktor, dan evaluasi kebijakan ke dalam satu kerangka analitis yang mampu menghubungkan kapasitas ekologis dengan keputusan tata ruang secara dinamis. Model ini menawarkan transformasi paradigma dari *demand-based spatial planning* menuju *Ecological Constraints-Based Spatial Planning* untuk mendukung pembangunan wilayah yang berkelanjutan dan berkeadilan ekologis.

Kata kunci: tata ruang, daya dukung lingkungan hidup, *Ecological Constraints-Based Spatial Planning*, *System Dynamics*, *Spatial Dynamics*, CA-Markov, pembangunan berkelanjutan.

## ABSTRACT

DODI SLAMET RIYADI. An Integrated Model of Environmental Carrying Capacity in Provincial Spatial Planning of East Java. Supervised by ERNAN RUSTIADI, WIDIATMAKA, and AKHMAD FAUZI.

Accelerated development in East Java Province has increased pressure on environmental carrying capacity (ECC), as reflected in the expansion of built-up areas, agricultural land conversion, deforestation, and degradation of upstream watershed areas. These processes have reduced ecological capacity, heightened the risk of hydrometeorological disasters, and widened the gap between spatial planning objectives and actual biophysical conditions. Although ECC has been mandated by spatial planning and environmental regulations, its implementation remains largely normative and has yet to be operationalized as a fundamental basis for spatial decision-making.

This study aims to develop a model for integrating ECC as an ecological constraint into spatial planning through an approach that combines *System Dynamics*, CA-Markov-based *Spatial Dynamics* Model, MICMAC, MACTOR, and MULTIPOL. These methods were employed to analyze land-use dynamics, identify key driving variables and strategic stakeholders, and evaluate alternative policy options under different development scenarios.

The results indicate that the sustainability of East Java is strongly influenced by several key factors, including water resources, land capability, ecosystem services, ecoregions, climate variability, and law enforcement. Based on these findings, three policy scenarios were developed: business as usual (BAU), gradual ecological adaptation (GEA), and progressive ecological control (PEC). Simulation results demonstrate that the PEC scenario provides the highest level of ecological sustainability through the control of land-use conversion, the protection of conservation areas, and the preservation of upstream watershed functions. Furthermore, the simulation of East Java's spatial structure and land-use allocation for 2043 reveals a substantial increase in protected areas under the PEC scenario compared with the BAU and GEA scenarios.

This study proposes an Ecological Constraints-Based Spatial Planning (ECBSP) model that positions environmental carrying capacity as an operational ecological boundary for spatial planning, land utilization, and development control. The novelty of this research lies in the integration of systems thinking, *Spatial Dynamics*, stakeholder analysis, and policy evaluation within a unified analytical framework capable of dynamically linking ecological capacity with spatial planning decisions. The proposed model represents a paradigm shift from demand-based spatial planning to Ecological Constraints-Based Spatial Planning, thereby providing a foundation for more sustainable, evidence-based, and ecologically just regional development.

**Keywords:** spatial planning, environmental carrying capacity, Ecological Constraints-Based Spatial Planning, System Dynamics, Spatial Dynamics, CA-Markov, sustainable development.

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2026

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.*

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.



**MODEL INTEGRASI DAYA DUKUNG LINGKUNGAN HIDUP  
DALAM PENATAAN RUANG WILAYAH PROVINSI JAWA TIMUR**

**DODI SLAMET RIYADI**

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

**PROGRAM STUDI ILMU PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN  
SEKOLAH PASCASARJANA  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2026**

@Hak cipta milik IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan 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.

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 mengumumkan 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 N., M.Eng
2. Dr. Andrea Emma Pravitasari, S.P., M.Si.

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi

1. Prof. Dr. Ir. Bambang Pramudya N., M.Eng
2. Dr. Ir. Suyus Windayana, M.App.Sc.

Judul Disertasi : Model Integrasi Daya Dukung Lingkungan Hidup Dalam  
Penataan Ruang Wilayah Provinsi Jawa Timur

Nama : Dodi Slamet Riyadi

NIM : P0602202023

Disetujui oleh:

Pembimbing 1

Prof. Dr. Ir. Ernan Rustiadi, M.Agr

NIP. 196510111990021002



Pembimbing 2

Prof. Dr. Ir. Widiatmaka, DAA, IPU

NIP 196212011987031002



Pembimbing 3

Prof. Dr. Ir. Akhmad Fauzi, MSc

NIP. 196204211986031003



Diketahui oleh :

Ketua Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya  
Alam dan Lingkungan :

Prof. Dr. Lina Karlinasari S.Hut., M.Sc. F

NIP 197311261998022001



Dekan Sekolah Pascasarjana IPB :

Prof. Dr. Ir. Yusli Wardiatno, M.Sc.

NIP 196607281991031002



Tanggal Ujian Tertutup : 06 Juni 2026

Tanggal Ujian Promosi : 16 Juli 2026

Tanggal Pengesahan :

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas limpahan rahmat, karunia, dan ridha-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi yang berjudul "Model Integrasi Daya Dukung Lingkungan Hidup dalam Penataan Ruang Wilayah Provinsi Jawa Timur."

Disertasi ini dilandasi oleh keyakinan bahwa alam semesta diciptakan Allah Subhanahu wa Ta'ala dengan hukum-hukum keseimbangan yang tetap dan teratur (*Sunatullah*). Dalam perspektif tersebut, daya dukung lingkungan hidup tidak hanya dipahami sebagai konsep ilmiah yang mengukur kapasitas lingkungan dalam menopang aktivitas manusia, tetapi juga sebagai manifestasi dari batas-batas ekologis yang telah ditetapkan oleh Sang Maha Pencipta. Oleh karena itu, pembangunan dan penataan ruang seyogianya diselenggarakan dengan menghormati batas-batas ekologis tersebut, sehingga hubungan antara manusia, ruang, dan lingkungan tetap berada dalam keseimbangan yang harmonis, adil, dan berkelanjutan. Berangkat dari landasan filosofis inilah penelitian ini mengembangkan model integrasi daya dukung lingkungan hidup sebagai dasar dalam mewujudkan penataan ruang yang tidak hanya efektif secara ilmiah dan kebijakan, tetapi juga selaras dengan nilai-nilai moral, etika, dan tanggung jawab manusia sebagai khalifah di bumi.

Disertasi ini merupakan hasil proses pembelajaran, penelitian, dan pengembangan pemikiran ilmiah yang tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, serta bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Ernan Rustiadi, M.Agr., Prof. Dr. Ir. Widiatmaka, DAA, IPU., dan Prof. Dr. Ir. Akhmad Fauzi, M.Sc., selaku Komisi Pembimbing, atas segala bimbingan, arahan ilmiah, kesabaran, serta masukan yang sangat berharga sejak penyusunan proposal penelitian hingga terselesaikannya disertasi ini.
2. Prof. Dr. Lina Karlinasari, S.Hut., M.Sc.F., selaku Ketua Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan (PSL), IPB University, atas dukungan akademik, arahan, serta fasilitasi selama penulis menempuh pendidikan doktor.
3. Prof. Dr. Ir. Bambang Pramudya N., M.Eng., Dr. Andrea Emma Pravitasari, S.P., M.Si., dan Dr. drh. Ardilasunu Wicaksono, M.Si., atas berbagai kritik, saran, dan perspektif ilmiah yang konstruktif sehingga disertasi ini menjadi lebih baik.
4. Segenap jajaran Dirjen Tata Ruang, Dirjen Pengendalian dan Penertiban Tanah dan Ruang Kementerian ATR/BPN, Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian, Kementerian Lingkungan Hidup, Badan Informasi Geospasial (BIG), Ikatan Ahli Perencana (IAP), Alumni Planologi ITB, Pemerintah Provinsi Jawa Timur, Pemerintah Kabupaten/Kota se-Jawa Timur, serta seluruh pihak yang telah memberikan data, informasi, dukungan teknis, dan kesempatan berdiskusi selama pelaksanaan penelitian.
5. Almarhum Ayahanda dan Almarhumah Ibunda tercinta, istri, anak-anak, cucu-cucu, serta seluruh keluarga besar, atas doa yang tiada putus, kasih sayang, kesabaran, pengorbanan, dukungan moral, dan semangat yang senantiasa mengiringi setiap langkah penulis selama menempuh pendidikan doktor dan menyelesaikan disertasi ini.

Penulis menyadari bahwa disertasi ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan pengembangan ilmu pengetahuan di masa mendatang.

Akhirnya, penulis berharap semoga disertasi ini dapat memberikan kontribusi ilmiah bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang penataan ruang, pengelolaan lingkungan hidup, dan pembangunan wilayah yang berkelanjutan, serta menjadi salah satu referensi dalam perumusan kebijakan pembangunan yang berwawasan lingkungan.

*"Sunatullah telah menetapkan batas-batas ekologis sebagai hukum keseimbangan alam. Kearifan manusia tercermin dalam kemampuannya untuk memahami, memanfaatkan, dan mengelola ruang serta sumber daya alam secara bijaksana di dalam batas-batas daya dukung lingkungan yang telah ditetapkan oleh Allah Subhanahu wa Ta'ala. Menjaga keseimbangan tersebut bukan sekadar pilihan kebijakan, melainkan amanah peradaban"*

Bogor, Juli 2026

*Dodi Slamet Riyadi*

## DAFTAR ISI

|                                                                                                                                                                              |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| DAFTAR TABEL                                                                                                                                                                 | xv    |
| DAFTAR GAMBAR                                                                                                                                                                | xviii |
| DAFTAR LAMPIRAN                                                                                                                                                              | xxiii |
| I PENDAHULUAN                                                                                                                                                                | 1     |
| 1.1 Latar Belakang                                                                                                                                                           | 1     |
| 1.2 Perumusan Masalah                                                                                                                                                        | 4     |
| 1.3 Tujuan Penelitian                                                                                                                                                        | 5     |
| 1.4 Manfaat Penelitian                                                                                                                                                       | 5     |
| 1.4.1 Manfaat Bagi Ilmu Pengetahuan                                                                                                                                          | 5     |
| 1.4.2 Manfaat Praktis                                                                                                                                                        | 6     |
| 1.4.3 Manfaat Kebijakan                                                                                                                                                      | 6     |
| 1.5 Kerangka Pikir Penelitian ( <i>Conceptual Framework</i> )                                                                                                                | 6     |
| 1.6 Kebaruan ( <i>Novelty</i> )                                                                                                                                              | 9     |
| II TINJAUAN PUSTAKA                                                                                                                                                          | 21    |
| 2.1 Tata Ruang ( <i>Spatial Planning</i> )                                                                                                                                   | 21    |
| 2.2 Daya Dukung Lingkungan Hidup ( <i>Carrying Capacity</i> )                                                                                                                | 21    |
| 2.3 Batasan Ekologis ( <i>Ecological Constraints</i> )                                                                                                                       | 25    |
| 2.4 Model Integrasi Daya Dukung Lingkungan Hidup sebagai<br>Ecological Constraints dalam Penataan Ruang ( <i>Ecological<br/>        Constraints-Based Spatial Planning</i> ) | 26    |
| 2.5 Perubahan Penggunaan Lahan dan Tutupan Lahan ( <i>Land<br/>        Use/Land Cover</i> )                                                                                  | 27    |
| 2.6 Pengelolaan Lahan Berkelanjutan ( <i>Sustainable Land<br/>        Management</i> )                                                                                       | 27    |
| 2.7 Keterkaitan Alih Fungsi terhadap Peningkatan Risiko<br>Kebencanaan                                                                                                       | 28    |
| 2.8 Analisis Variabel Keberlanjutan (MICMAC)                                                                                                                                 | 29    |
| 2.9 Interaksi Aktor dan Tujuan (MACTOR)                                                                                                                                      | 31    |
| 2.10 <i>System Dynamics</i>                                                                                                                                                  | 32    |
| 2.11 <i>Spatial Dynamics</i>                                                                                                                                                 | 33    |
| 2.12 <i>Cellular Automata</i> -Markov Chain (CA-Markov)                                                                                                                      | 34    |
| 2.13 Analisis Multikriteria Kebijakan (MULTIPOL)                                                                                                                             | 35    |
| III METODE PENELITIAN                                                                                                                                                        | 37    |
| 3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian                                                                                                                                              | 37    |
| 3.2 Tahapan Penelitian                                                                                                                                                       | 40    |
| 3.3 Pendekatan Penelitian                                                                                                                                                    | 45    |
| 3.3.1 Metode Pengumpulan Data                                                                                                                                                | 45    |
| 3.3.2 Pendekatan Penelitian                                                                                                                                                  | 46    |
| 3.3.3 Kerangka Operasional Penelitian                                                                                                                                        | 49    |
| 3.4 Jenis dan Sumber Data                                                                                                                                                    | 52    |
| IV GAMBARAN UMUM PROVINSI JAWA TIMUR                                                                                                                                         | 54    |
| 4.1 Kondisi Geografis Wilayah Administrasi                                                                                                                                   | 54    |
| 4.1.1 Topografi                                                                                                                                                              | 55    |
| 4.1.2 Morfologi                                                                                                                                                              | 56    |

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.

|       |                                                                                                                                                                                          |     |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1.3 | Geologi dan Jenis Tanah                                                                                                                                                                  | 57  |
| 4.1.4 | Wilayah Sungai (WS) dan Daerah Aliran Sungai (DAS)                                                                                                                                       | 60  |
| 4.1.5 | Kondisi Umum Daerah Rawan Bencana                                                                                                                                                        | 61  |
| 4.1.6 | Kondisi Umum Cekungan Air Tanah dan Ketersediaan Air Tanah                                                                                                                               | 62  |
| 4.2   | Kondisi Sosial dan Ekonomi                                                                                                                                                               | 64  |
| 4.2.1 | Sosial                                                                                                                                                                                   | 64  |
| 4.2.2 | Ekonomi                                                                                                                                                                                  | 67  |
| 4.3   | Kebijakan Rencana Tata Ruang Provinsi Jawa Timur                                                                                                                                         | 68  |
| 4.3.1 | Rencana Struktur Ruang                                                                                                                                                                   | 68  |
| 4.3.2 | Rencana Pola Ruang                                                                                                                                                                       | 69  |
| V     | DAYA DUKUNG LINGKUNGAN HIDUP PROVINSI JAWA TIMUR                                                                                                                                         | 71  |
| 5.1   | Pendahuluan                                                                                                                                                                              | 71  |
| 5.2   | Bahan dan Metode                                                                                                                                                                         | 72  |
| 5.2.1 | Metode Perhitungan Daya Dukung Berbasis Kemampuan Lahan                                                                                                                                  | 72  |
| 5.2.2 | Metode Perhitungan Daya Dukung Berbasis Neraca Lahan                                                                                                                                     | 74  |
| 5.2.3 | Metode Perhitungan Daya Dukung Berbasis Erosi (USLE) dan Sedimen (SDR)                                                                                                                   | 76  |
| 5.2.4 | Metode Perhitungan Daya Dukung Berbasis Neraca Air                                                                                                                                       | 86  |
| 5.2.5 | Metode Perhitungan Daya Dukung Berbasis Status Penyediaan Air                                                                                                                            | 87  |
| 5.2.6 | Metode Perhitungan Daya Dukung Berbasis Status Penyediaan Pangan                                                                                                                         | 93  |
| 5.2.7 | Metode Perhitungan Daya Dukung Berbasis Jasa Ekosistem                                                                                                                                   | 95  |
| 5.3   | Hasil dan Pembahasan                                                                                                                                                                     | 101 |
| 5.3.1 | Daya Dukung Berbasis Kemampuan Lahan                                                                                                                                                     | 101 |
| 5.3.2 | Daya Dukung Berbasis Neraca Lahan                                                                                                                                                        | 114 |
| 5.3.3 | Daya Dukung Berbasis Laju Erosi Potensial (USLE) dan Rasio Pengiriman Sedimen (SDR)                                                                                                      | 116 |
| 5.3.4 | Daya Dukung Berbasis Neraca Air                                                                                                                                                          | 132 |
| 5.3.5 | Daya Dukung Berbasis Status Penyediaan Air                                                                                                                                               | 134 |
| 5.3.6 | Daya Dukung Berbasis Status Penyediaan Pangan                                                                                                                                            | 136 |
| 5.3.7 | Daya Dukung Berbasis Jasa Ekosistem                                                                                                                                                      | 139 |
| 5.3.8 | Dasar Pertimbangan Penetapan Lima Komponen DDLH sebagai <i>ecological constraints</i> dalam Penataan Provinsi Jawa Timur                                                                 | 161 |
| 5.4   | Simpulan                                                                                                                                                                                 | 162 |
| VI    | ANALISIS VARIABEL KUNCI SERTA INTERAKSI PARA PEMANGKU KEPENTINGAN MENGGUNAKAN MODEL MICMAC-MACTOR YANG MEMPENGARUHI INTEGRASI DDLH DALAM PENATAAN RUANG PROVINSI JAWA TIMUR              | 167 |
| 6.1   | Pendahuluan                                                                                                                                                                              | 167 |
| 6.2   | Bahan dan Metode                                                                                                                                                                         | 167 |
| 6.3   | Hasil dan Pembahasan                                                                                                                                                                     | 174 |
| 6.4   | Simpulan                                                                                                                                                                                 | 201 |
| VII   | PENGEMBANGAN MODEL <i>SYSTEM DYNAMICS</i> DAN <i>SPATIAL DYNAMICS</i> UNTUK MENGINTEGRASIKAN DDLH SEBAGAI <i>ECOLOGICAL CONSTRAINTS</i> DALAM PENATAAN RUANG WILAYAH PROVINSI JAWA TIMUR | 203 |
| 7.1   | Pendahuluan                                                                                                                                                                              | 203 |

|                                                                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.2 Analisis Kebutuhan Pengembangan Model                                                                                                               | 204 |
| 7.2.1 Keterbatasan Pendekatan Penataan Ruang Konvensional                                                                                               | 206 |
| 7.2.2 Analisis Kebutuhan Pengembangan Model <i>System Dynamics</i>                                                                                      | 209 |
| 7.2.3 Analisis Kebutuhan Pengembangan Model <i>Spatial Dynamics</i>                                                                                     | 211 |
| 7.2.4 Analisis Kebutuhan Integrasi <i>System Dynamics</i> , <i>Spatial Dynamics</i> , dan <i>Cellular Automata</i> –Markov (CA–Markov)                  | 213 |
| 7.2.5 Sintesis Kebutuhan Pengembangan Model Ecological Constraints-Based Spatial Planning                                                               | 215 |
| 7.3 Arsitektur Pengembangan Model Penataan Ruang Berbasis DDLH sebagai <i>Ecological Constraints</i>                                                    | 218 |
| 7.3.1 Integrasi Lima Komponen DDLH sebagai <i>Ecological Constraints</i> dalam Penataan Ruang Wilayah                                                   | 219 |
| 7.3.2 Sintesis Variabel Strategis dan Aktor Kunci                                                                                                       | 220 |
| 7.3.3 Konsep Penataan Ruang Berbasis Daya Dukung Lingkungan Hidup sebagai <i>Ecological Constraints</i>                                                 | 221 |
| 7.3.4 Tahapan Pembangunan Model                                                                                                                         | 222 |
| 7.4 Bahan dan Metode                                                                                                                                    | 226 |
| 7.4.1 Kerangka Pengembangan Model <i>System Dynamics</i>                                                                                                | 226 |
| 7.4.2 Kerangka Teori Batas Sistem ( <i>System Boundary</i> )                                                                                            | 227 |
| 7.4.3 Kerangka Teori <i>Black Box</i>                                                                                                                   | 227 |
| 7.4.4 Kerangka Teori <i>Input-Process-Output</i> (IPO)                                                                                                  | 228 |
| 7.4.5 Kerangka Teori <i>Causal Loop Diagram</i> (CLD)                                                                                                   | 229 |
| 7.4.6 Kerangka Teori <i>Stock Flow Diagram</i> (SFD)                                                                                                    | 230 |
| 7.4.7 Kerangka Verifikasi dan Validasi Model <i>System Dynamics</i>                                                                                     | 231 |
| 7.4.8 Kerangka Pengembangan <i>Spatial Dynamics</i>                                                                                                     | 232 |
| 7.4.9 Kerangka Teori Proyeksi Perubahan <i>Land Use</i> menggunakan CA–Markov                                                                           | 238 |
| 7.4.10 <i>Rule-Based</i> Konversi Kelas Tutupan Lahan menjadi Fungsi Kawasan                                                                            | 248 |
| 7.5 Hasil dan Pembahasan                                                                                                                                | 251 |
| 7.5.1 Pengembangan Model <i>System Dynamics</i>                                                                                                         | 251 |
| 7.5.2 Pengembangan Model <i>Spatial Dynamics</i>                                                                                                        | 297 |
| 7.5.3 Proyeksi Perubahan <i>Land Use</i> Tahun 2033 - 2043 Menggunakan Model <i>Cellular Automata</i> –Markov (CA–Markov)                               | 300 |
| 7.5.4 Analisis Kesesuaian RTRW Provinsi Jawa Timur Terhadap Proyeksi <i>Land Use</i> Tahun 2043                                                         | 329 |
| 7.5.5 Simulasi Pola Ruang RTRW Provinsi Jawa Timur Tahun 2043 Berbasis DDLH sebagai <i>Ecological Constraints</i>                                       | 352 |
| 7.6 Simpulan dan Sintesis Model Ecological Constraints-Based Spatial Planning                                                                           | 364 |
| VIII RUMUSAN SKENARIO DAN REKOMENDASI ARAHAN KEBIJAKAN PENATAAN RUANG WILAYAH JAWA TIMUR BERBASIS DAYA DUKUNG LINGKUNGAN HIDUP SEBAGAI BATASAN EKOLOGIS | 367 |
| 8.1 Pendahuluan                                                                                                                                         | 367 |
| 8.2 Bahan dan Metode                                                                                                                                    | 368 |
| 8.3 Hasil dan Pembahasan                                                                                                                                | 370 |
| 8.4 Simpulan                                                                                                                                            | 385 |
| IX PEMBAHASAN UMUM                                                                                                                                      | 387 |

- 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.

|                                                                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 9.1 Keterkaitan Model Analisis untuk Integrasi Daya Dukung Lingkungan Hidup dalam Penataan Ruang Wilayah Provinsi Jawa Timur | 387 |
| 9.2 Kontribusi Penelitian terhadap Ilmu Pengetahuan                                                                          | 390 |
| 9.3 Implikasi Kebijakan dan Praktik Penataan Ruang                                                                           | 391 |
| 9.4 Keterbatasan Penelitian                                                                                                  | 392 |
| 9.5 Penelitian Selanjutnya                                                                                                   | 394 |
| 9.6 Sintesis Pembahasan Umum                                                                                                 | 395 |
| X SIMPULAN UMUM DAN SARAN                                                                                                    | 398 |
| 10.1 Simpulan Umum                                                                                                           | 398 |
| 10.2 Saran                                                                                                                   | 399 |
| DAFTAR PUSTAKA                                                                                                               | 403 |
| RIWAYAT HIDUP                                                                                                                | 413 |
| LAMPIRAN                                                                                                                     | 414 |

## DAFTAR TABEL

|      |                                                                                                                                    |     |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1.1  | Pemetaan penelitian sebelumnya/terdahulu                                                                                           | 14  |
| 3.1  | Rancangan penelitian                                                                                                               | 47  |
| 3.2  | Jenis dan sumber data                                                                                                              | 52  |
| 4.1  | Luas <i>catchment area</i> (km <sup>2</sup> ) dan jumlah DAS pada wilayah sungai di Provinsi Jawa Timur                            | 61  |
| 4.2  | Luas ketersediaan air tanah di Provinsi Jawa Timur                                                                                 | 64  |
| 4.3  | Indikator kependudukan Provinsi Jawa Timur (2019-2025)                                                                             | 65  |
| 4.4  | Garis kemiskinan, jumlah, dan persentase penduduk miskin di Provinsi Jawa Timur tahun 2019-2024                                    | 67  |
| 4.5  | Rincian luas rencana pola ruang RTRW Provinsi Jawa Timur                                                                           | 70  |
| 5.1  | Kriteria kuantitatif kemampuan lahan dan faktor pembatas                                                                           | 73  |
| 5.2  | Kriteria penggunaan lahan yang diperkenankan pada setiap kelas kemampuan lahan                                                     | 74  |
| 5.3  | <i>Biophysical table</i> (CSV)                                                                                                     | 83  |
| 5.4  | Matriks Risiko Erosi - Sedimen (USLE – SDR)                                                                                        | 85  |
| 5.5  | Klasifikasi Zona Risiko Erosi-Sedimen dan Arahan Pemanfaatan Ruang                                                                 | 85  |
| 5.6  | Bobot penutupan lahan                                                                                                              | 91  |
| 5.7  | Bobot parameter jasa ekosistem                                                                                                     | 97  |
| 5.8  | Rekapitulasi pengelompokan lahan di Provinsi Jawa Timur berdasarkan faktor pembatas kemampuan lahan                                | 102 |
| 5.9  | Rekapitulasi pengelompokan lahan di Provinsi Jawa Timur Berdasarkan Kemampuan Lahan                                                | 102 |
| 5.10 | Kemampuan lahan dan faktor pembatas utama pada masing-masing SPL Provinsi Jawa Timur                                               | 104 |
| 5.11 | Kesesuaian antara kemampuan lahan dengan penggunaan lahan                                                                          | 106 |
| 5.12 | Kesesuaian antara kemampuan lahan dengan rencana pola ruang RTRW Provinsi Jawa Timur                                               | 109 |
| 5.13 | Rekapitulasi kesesuaian antara kemampuan lahan dengan penggunaan lahan dan RTRW Provinsi per kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur | 111 |
| 5.14 | Kategori laju erosi potensial di Provinsi Jawa Timur                                                                               | 116 |
| 5.15 | Tabel sebaran laju erosi potensial (USLE) setiap kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur                                             | 118 |
| 5.16 | Sebaran rasio pengiriman sedimen (SDR) di Provinsi Jawa Timur                                                                      | 121 |
| 5.17 | Sebaran rasio pengiriman sedimen (SDR) setiap kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur                                                | 122 |
| 5.18 | Distribusi zona risiko erosi berdasarkan hasil analisis risiko erosi sedimen (USLE- SDR) di Provinsi Jawa Timur                    | 130 |
| 5.19 | Status daya dukung status penyediaan air Provinsi Jawa Timur                                                                       | 135 |
| 5.20 | Status daya dukung status ketersediaan pangan Provinsi Jawa Timur                                                                  | 138 |
| 5.21 | Luas kelas jasa ekosistem tutupan vegetasi hutan                                                                                   | 140 |
| 5.22 | Luas kelas jasa ekosistem penyedia pangan di Provinsi Jawa Timur                                                                   | 144 |
| 5.23 | Luas kelas jasa ekosistem penyedia air bersih di Provinsi Jawa Timur                                                               | 146 |
| 5.24 | Luas kelas daya dukung berbasis jasa ekosistem pengaturan iklim di Provinsi Jawa Timur                                             | 149 |

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.

|      |                                                                                                                                              |     |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.25 | Luas kelas jasa ekosistem pengaturan pencegahan bencana alam                                                                                 | 152 |
| 5.26 | Luas kelas jasa ekosistem pengaturan tata aliran air dan banjir di Provinsi Jawa Timur                                                       | 155 |
| 5.27 | Luas kelas jasa ekosistem pengaturan pemurnian air dan pengolahan limbah di Provinsi Jawa Timur                                              | 157 |
| 5.28 | Luas kelas jasa ekosistem pendukung biodiversitas                                                                                            | 159 |
| 6.1  | Matriks perspektif pengaruh langsung                                                                                                         | 169 |
| 6.2  | Variabel yang berpengaruh terhadap integrasi DDLH dalam penataan ruang Provinsi Jawa Timur                                                   | 172 |
| 6.3  | Matriks MDI                                                                                                                                  | 173 |
| 6.4  | Matriks 2MAO                                                                                                                                 | 174 |
| 6.5  | <i>Matrix Direct Influence</i> (MDI) MICMAC                                                                                                  | 175 |
| 6.6  | Tabel daftar pemangku kepentingan ( <i>stakeholder</i> )                                                                                     | 181 |
| 6.7  | Daftar <i>objectives</i>                                                                                                                     | 182 |
| 6.8  | Matrix MDII pengaruh pemangku kepentingan                                                                                                    | 184 |
| 6.9  | Tabel <i>matrix</i> 3MAO                                                                                                                     | 189 |
| 6.10 | Matriks 3CAA                                                                                                                                 | 193 |
| 6.11 | Matriks 3 DAA                                                                                                                                | 197 |
| 7.1  | Analisis kesenjangan ( <i>gap analysis</i> ) sebagai dasar kebutuhan pengembangan model <i>Ecological Constraints-Based Spatial Planning</i> | 217 |
| 7.2  | Ilustrasi matriks transisi area/probabilitas                                                                                                 | 235 |
| 7.3  | Komponen <i>constraint layer</i>                                                                                                             | 247 |
| 7.4  | <i>Rule-based</i> transformasi tutupan lahan menjadi fungsi kawasan                                                                          | 249 |
| 7.5  | Validasi data <i>System Dynamics</i> variabel <i>population</i>                                                                              | 276 |
| 7.6  | Validasi data <i>System Dynamics</i> variabel <i>economic growth</i>                                                                         | 277 |
| 7.7  | Validasi data <i>System Dynamics</i> variabel <i>built-up area</i>                                                                           | 278 |
| 7.8  | Validasi data <i>System Dynamics</i> variabel <i>non built-up area</i>                                                                       | 278 |
| 7.9  | Validasi data <i>System Dynamics</i> variabel lahan baku sawah ( <i>rice field</i> )                                                         | 279 |
| 7.10 | Validasi data <i>System Dynamics</i> variabel <i>forest cover</i>                                                                            | 280 |
| 7.11 | Validasi data <i>System Dynamics</i> variabel <i>water resources</i>                                                                         | 281 |
| 7.12 | Validasi data <i>System Dynamics</i> variabel <i>hydrometeorological disaster index</i>                                                      | 282 |
| 7.13 | Validasi data <i>System Dynamics</i> variabel <i>Environmental Carrying Capacity</i> (IKLH)                                                  | 282 |
| 7.14 | Proyeksi perubahan penggunaan lahan tahun 2033 dan 2043 pada skenario <i>business as usual</i> (BAU)                                         | 302 |
| 7.15 | Proyeksi perubahan penggunaan lahan berdasarkan skenario BAU di Provinsi Jawa Timur                                                          | 304 |
| 7.16 | Proyeksi perubahan penggunaan lahan tahun 2033 dan 2043 pada skenario <i>gradual ecological adaptation</i> (GEA)                             | 306 |
| 7.15 | Proyeksi perubahan penggunaan lahan berdasarkan skenario GEA di Provinsi Jawa Timur                                                          | 307 |
| 7.16 | Proyeksi perubahan penggunaan lahan tahun 2033 dan 2043 pada skenario <i>progressive ecological control</i> (PEC)                            | 308 |
| 7.17 | Proyeksi perubahan penggunaan lahan berdasarkan skenario PEC di Provinsi Jawa Timur                                                          | 310 |

|      |                                                                                                                                                    |     |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.18 | Rekapitulasi Kesesuaian RTRW Provinsi Jawa Timur terhadap proyeksi <i>land use</i> 2043 tanpa implementasi DDLH sebagai batasan ekologis           | 331 |
| 7.19 | Rekapitulasi kesesuaian RTRW Provinsi Jawa timur terhadap proyeksi <i>land use</i> tahun 2043 berbasis DDLH kemampuan lahan                        | 334 |
| 7.20 | Rekapitulasi kabupaten/kota kesesuaian RTRW Provinsi Jawa Timur terhadap proyeksi <i>landuse</i> tahun 2043 berbasis DDLH status penyediaan pangan | 338 |
| 7.21 | Rekapitulasi kesesuaian RTRW Provinsi Jawa Timur terhadap proyeksi <i>land use</i> tahun 2043 berbasis DDLH status air                             | 342 |
| 7.22 | Rekapitulasi kesesuaian RTRW Provinsi Jawa Timur terhadap proyeksi <i>land use</i> tahun 2043 berbasis DDLH laju erosi potensial                   | 346 |
| 7.23 | Rekapitulasi kesesuaian RTRW Provinsi Jawa Timur terhadap proyeksi <i>land use</i> tahun 2043 berbasis DDLH tutupan vegetasi hutan                 | 350 |
| 7.24 | Rekapitulasi simulasi pola ruang RTRW Provinsi Jawa Timur tahun 2043 pada skenario <i>Business As Usual</i> (BAU)                                  | 355 |
| 7.25 | Rekapitulasi simulasi pola ruang RTRW Provinsi Jawa Timur tahun 2043 pada skenario <i>gradual ecological adaptation</i> (GEA)                      | 356 |
| 7.26 | Rekapitulasi simulasi pola ruang RTRW Provinsi Jawa Timur tahun 2043 pada skenario <i>progressive ecological control</i> (PEC)                     | 358 |
| 7.27 | Rekapitulasi simulasi pola ruang RTRW Provinsi Jawa Timur berbasis DDLH pada berbagai skenario                                                     | 359 |
| 7.28 | Rekapitulasi kawasan lindung dalam simulasi RTRW Jawa Timur berbasis DDLH tingkat kabupaten/kota                                                   | 360 |
| 8.1  | <i>Criteria</i> capaian kebijakan integrasi <i>ecological constraints</i> DDLH                                                                     | 371 |
| 8.2  | <i>Scenario</i> integrasi <i>ecological constraints</i> DDLH dalam penataan ruang wilayah Provinsi Jawa Timur                                      | 372 |
| 8.3  | <i>Policy</i> integrasi <i>ecological constraints</i> DDLH dalam penataan ruang wilayah Provinsi Jawa Timur                                        | 373 |
| 8.4  | <i>Action</i> integrasi <i>ecological constraints</i> DDLH dalam penataan ruang wilayah Provinsi Jawa Timur                                        | 374 |
| 8.5  | Evaluasi <i>action</i> terhadap <i>policy</i>                                                                                                      | 375 |
| 8.6  | <i>Matrix result policy to scenario</i>                                                                                                            | 381 |

## DAFTAR GAMBAR

|      |                                                                                                                                        |    |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1  | Kerangka pikir penelitian                                                                                                              | 7  |
| 1.2  | Potongan gambar hasil penelusuran kata kunci dari berbagai jurnal menggunakan aplikasi harzing publish or perish                       | 16 |
| 1.3  | Potongan gambar hasil keterkaitan kata kunci <i>sustainable land management</i> dengan aplikasi Vos Viewer                             | 17 |
| 1.4  | Potongan gambar hasil keterkaitan kata kunci <i>land use land cover change (lulc)</i> dengan aplikasi Vos Viewer                       | 17 |
| 1.5  | Potongan gambar hasil keterkaitan kata kunci <i>carrying capacity</i> dengan aplikasi Vos Viewer                                       | 18 |
| 1.6  | Potongan gambar hasil keterkaitan kata kunci <i>spatial dynamics model</i> dengan aplikasi Vos Viewer                                  | 18 |
| 1.7  | Potongan gambar hasil keterkaitan kata kunci <i>spatial planning</i> dengan aplikasi Vos Viewer                                        | 19 |
| 1.8  | Potongan gambar pencarian jurnal dengan <i>software Mendeley</i>                                                                       | 19 |
| 2.1  | Perubahan respon hidrologi DAS akibat alih fungsi lahan                                                                                | 29 |
| 2.2  | Kemungkinan pengaruh antar faktor                                                                                                      | 30 |
| 2.3  | Pemerataan faktor dalam MICMAC                                                                                                         | 30 |
| 2.4  | Interaksi aktor-faktor                                                                                                                 | 31 |
| 2.5  | Prosedur pemodelan <i>System Dynamics</i>                                                                                              | 32 |
| 2.6  | Ilustrasi <i>Cellular Automata</i> -Markov Chain (CA-Markov)                                                                           | 34 |
| 2.7  | Interaksi <i>skenario, policy, dan action</i>                                                                                          | 35 |
| 3.1  | Peta ruang lingkup wilayah penelitian                                                                                                  | 37 |
| 3.2  | Peta penggunaan tanah Provinsi Jawa Timur tahun 2024                                                                                   | 38 |
| 3.3  | Kerangka operasional penelitian                                                                                                        | 52 |
| 4.1  | Peta batas administrasi Provinsi Jawa Timur                                                                                            | 54 |
| 4.2  | Peta topografi Provinsi Jawa Timur                                                                                                     | 56 |
| 4.3  | Peta morfologi Provinsi Jawa Timur                                                                                                     | 57 |
| 4.4  | Peta geologi Provinsi Jawa Timur                                                                                                       | 58 |
| 4.5  | Peta jenis tanah Provinsi Jawa Timur                                                                                                   | 59 |
| 4.6  | Peta wilayah sungai (WS) Provinsi Jawa Timur                                                                                           | 60 |
| 4.7  | Peta Kawasan Rawan Bencana Provinsi Jawa Timur                                                                                         | 62 |
| 4.8  | Peta cekungan air tanah di Provinsi Jawa Timur                                                                                         | 63 |
| 4.9  | Peta ketersediaan air tanah Provinsi Jawa Timur                                                                                        | 64 |
| 4.10 | Tren jumlah penduduk, laju pertumbuhan penduduk per tahun, dan kepadatan penduduk                                                      | 65 |
| 4.11 | Persentase penduduk miskin Provinsi Jawa Timur tahun 2019-2024                                                                         | 67 |
| 4.12 | Peta rencana struktur ruang RTRW Provinsi Jawa Timur                                                                                   | 69 |
| 4.13 | Peta rencana pola ruang RTRW Provinsi Jawa Timur                                                                                       | 70 |
| 5.1  | Alur proses penentuan daya dukung berbasis kemampuan lahan                                                                             | 72 |
| 5.2  | Alur proses penentuan daya dukung berbasis neraca lahan                                                                                | 75 |
| 5.3  | Alur proses Integrasi <i>Universal Soil Loss Equation</i> (USLE) dan <i>Sediment Delivery Ratio</i> (SDR) untuk penataan ruang wilayah | 76 |
| 5.4  | Model terintegrasi <i>Universal Soil Loss Equation</i> (USLE) dan <i>Sediment Delivery Ratio</i> (SDR) penataan ruang wilayah          | 79 |
| 5.5  | Alur proses penentuan daya dukung berbasis neraca air                                                                                  | 86 |

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.

|      |                                                                                                                |     |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.6  | Alur proses penentuan daya dukung berbasis status penyediaan air                                               | 87  |
| 5.7  | Tujuh penampang grid                                                                                           | 89  |
| 5.8  | Aplikasi sistem grid dalam peta administrasi                                                                   | 90  |
| 5.9  | Alur proses penentuan daya dukung status penyedia pangan                                                       | 93  |
| 5.10 | Alur penentuan daya dukung berbasis jasa ekosistem                                                             | 96  |
| 5.11 | Peta kemampuan lahan Provinsi Jawa Timur                                                                       | 102 |
| 5.12 | Kesesuaian antara penggunaan lahan terhadap kemampuan lahan di Jawa Timur                                      | 106 |
| 5.13 | Kesesuaian antara kemampuan lahan dengan penggunaan lahan                                                      | 108 |
| 5.14 | Kesesuaian antara RTRW Provinsi terhadap kemampuan lahan                                                       | 109 |
| 5.15 | Kesesuaian antara kemampuan lahan dengan rencana pola ruang RTRW Provinsi Jawa Timur                           | 111 |
| 5.16 | Peta analisis kesesuaian kemampuan lahan dengan kawasan rawan bencana Provinsi Jawa Timur                      | 114 |
| 5.17 | Peta daya dukung berbasis neraca lahan Provinsi Jawa Timur                                                     | 116 |
| 5.18 | Peta lajur erosi potensial (USLE) Provinsi Jawa Timur                                                          | 121 |
| 5.19 | Peta rasio pengiriman sedimen (SDR) Provinsi Jawa Timur                                                        | 124 |
| 5.20 | Peta analisis <i>overlay</i> peta erosi (USLE) dengan peta penggunaan tanah di Provinsi Jawa Timur             | 125 |
| 5.21 | Peta analisis <i>overlay</i> peta erosi (USLE) dengan peta pola ruang RTRW Provinsi Jawa Timur                 | 127 |
| 5.22 | Peta analisis <i>overlay</i> USLE dengan SDR Provinsi Jawa Timur                                               | 129 |
| 5.23 | Peta daya dukung berbasis neraca air Provinsi Jawa Timur                                                       | 134 |
| 5.24 | Peta status daya dukung status penyediaan air di Provinsi Jawa Timur                                           | 136 |
| 5.25 | Peta daya dukung status penyedia pangan di Provinsi Jawa Timur                                                 | 139 |
| 5.26 | Peta daya dukung jasa ekosistem berbasis tutupan vegetasi hutan Provinsi Jawa Timur                            | 142 |
| 5.27 | Peta daya dukung berbasis jasa ekosistem penyedia bahan pangan di Provinsi Jawa Timur                          | 146 |
| 5.28 | Peta daya dukung berbasis jasa ekosistem penyediaan air bersih di Provinsi Jawa Timur                          | 148 |
| 5.29 | Peta daya dukung berbasis jasa ekosistem pengaturan iklim di Provinsi Jawa Timur                               | 151 |
| 5.30 | Peta daya dukung berbasis jasa ekosistem pengaturan pencegahan bencana alam di Provinsi Jawa Timur             | 154 |
| 5.31 | Peta daya dukung berbasis jasa ekosistem pengaturan tata aliran air dan banjir di Provinsi Jawa Timur          | 156 |
| 5.32 | Peta daya dukung jasa ekosistem berbasis pengaturan pemurnian air dan pengolahan limbah di Provinsi Jawa Timur | 158 |
| 5.33 | Peta daya dukung jasa ekosistem berbasis pendukung biodiversitas Provinsi Jawa Timur                           | 161 |
| 6.1  | Pemetaan variabel-variabel dalam MICMAC                                                                        | 170 |
| 6.2  | Pengaruh, ketergantungan, dan level MDI                                                                        | 171 |
| 6.3  | Kerangka kerja MICMAC                                                                                          | 171 |
| 6.4  | Peta pengaruh antar variabel                                                                                   | 175 |
| 6.5  | Grafik pengaruh antar variabel                                                                                 | 178 |
| 6.6  | Peta pengaruh antar para pemangku kepentingan                                                                  | 182 |
| 6.7  | Histogram MDIs <i>competitiveness</i> antar pemangku kepentingan                                               | 187 |

|      |                                                                                                                                             |     |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.8  | Historigram 3MAO                                                                                                                            | 192 |
| 6.9  | Peta konvergensi antar aktor orde 3                                                                                                         | 196 |
| 6.10 | Peta divergensi antar aktor orde 3                                                                                                          | 199 |
| 6.11 | Relevansi pemangku kepentingan dengan <i>objectives</i>                                                                                     | 200 |
| 7.1  | Kerangka analisis kebutuhan pengembangan model                                                                                              | 206 |
| 7.2  | Kerangka arsitektur pengembangan model <i>System Dynamics</i> dan <i>Spatial Dynamics</i>                                                   | 224 |
| 7.3  | Bagan alir metode <i>System Dynamics</i>                                                                                                    | 232 |
| 7.4  | Diagram <i>Spatial Dynamics</i>                                                                                                             | 233 |
| 7.5  | <i>Flowchart</i> pemodelan prediksi tutupan lahan menggunakan pendekatan <i>Cellular Automata</i> -Markov                                   | 235 |
| 7.6  | Kerangka model <i>Cellular Automata</i> -Markov                                                                                             | 238 |
| 7.7  | Diagram <i>black-box</i> dalam kerangka model <i>Ecological Constraints-Based Spatial Planning</i>                                          | 254 |
| 7.8  | Diagram IPO dalam kerangka model <i>Ecological Constraints-Based Spatial Planning</i>                                                       | 256 |
| 7.9  | <i>Causal loop diagram</i> (CLD) dalam kerangka model <i>Ecological Constraints-Based Spatial Planning</i> , Provinsi Jawa Timur            | 257 |
| 7.10 | <i>Stock and flow diagram</i> (SFD) dalam kerangka model <i>Ecological Constraints-Based Spatial Planning</i> , Provinsi Jawa Timur         | 259 |
| 7.11 | Integrasi delapan submodel dalam kerangka model <i>Ecological Constraints-Based Spatial Planning</i>                                        | 260 |
| 7.12 | Hasil simulasi proyeksi sembilan variabel utama tahun 2025–2043 pada skenario BAU, GEA, dan PEC                                             | 285 |
| 7.13 | Hasil simulasi proyeksi jumlah penduduk Provinsi Jawa Timur tahun 2025–2043 pada skenario BAU, GEA, dan PEC                                 | 285 |
| 7.14 | Hasil simulasi proyeksi pertumbuhan ekonomi Provinsi Jawa Timur tahun 2025–2043 pada skenario BAU, GEA, dan PEC                             | 287 |
| 7.15 | Hasil simulasi proyeksi <i>non built-up area</i> Provinsi Jawa Timur tahun 2025–2043 pada skenario BAU, GEA, dan PEC                        | 288 |
| 7.16 | Hasil simulasi proyeksi <i>rice field</i> (lahan baku sawah) Provinsi Jawa Timur tahun 2025–2043 pada skenario BAU, GEA, dan PEC            | 290 |
| 7.17 | Hasil simulasi proyeksi <i>forest cover</i> Provinsi Jawa Timur tahun 2025–2043 pada skenario BAU, GEA, dan PEC                             | 291 |
| 7.18 | Hasil simulasi proyeksi water resources Provinsi Jawa Timur tahun 2025–2043 pada skenario BAU, GEA, dan PEC                                 | 293 |
| 7.1  | Hasil simulasi proyeksi <i>Hydrometeorological Disaster Index</i> (HDI) Provinsi Jawa Timur tahun 2025–2043 pada skenario BAU, GEA, dan PEC | 294 |
| 7.20 | Hasil simulasi proyeksi indeks daya dukung lingkungan hidup (IKLH) Provinsi Jawa Timur tahun 2025–2043 pada skenario BAU, GEA, dan PEC      | 296 |
| 7.21 | <i>Spatial Dynamics</i> dalam model ECSP                                                                                                    | 298 |
| 7.22 | Kerangka operasional model <i>Spatial Dynamics</i>                                                                                          | 299 |
| 7.23 | Integrasi CA-Markov dalam kerangka model ECSP                                                                                               | 301 |
| 7.24 | Hasil simulasi terintegrasi <i>System Dynamics</i> dan <i>Spatial Dynamics</i>                                                              | 310 |
| 7.25 | Simulasi pemodelan <i>System Dynamics</i> dan <i>Spatial Dynamics</i> : peta <i>land use</i> eksisting tahun 2003 dengan skenario BAU       | 311 |

|      |                                                                                                                                                                                               |     |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.26 | Simulasi pemodelan <i>System Dynamics</i> dan <i>Spatial Dynamics</i> : peta <i>land use</i> eksisting tahun 2013 dengan skenario BAU                                                         | 312 |
| 7.27 | Simualasi pemodelan <i>System Dynamics</i> dan <i>Spatial Dynamics</i> : peta <i>land use</i> eksisting tahun 2023 dengan skenario BAU                                                        | 313 |
| 7.28 | Simulasi pemodelan <i>System Dynamics</i> dan <i>Spatial Dynamics</i> : peta proyeksi <i>land use</i> tahun 2033 dengan skenario BAU                                                          | 314 |
| 7.29 | Simulasi pemodelan <i>System Dynamics</i> dan <i>Spatial Dynamics</i> : peta proyeksi <i>land use</i> tahun 2043 dengan Skenario BAU                                                          | 315 |
| 7.30 | Simulasi pemodelan <i>System Dynamics</i> dan <i>Spatial Dynamics</i> : peta proyeksi <i>land use</i> tahun 2033 dengan implementasi DDLH berbasis kemampuan lahan ( <i>land capability</i> ) | 316 |
| 7.31 | Simulasi pemodelan <i>System Dynamics</i> dan <i>Spatial Dynamics</i> : peta proyeksi <i>land use</i> tahun 2043 dengan implementasi DDLH berbasis kemampuan lahan ( <i>land capability</i> ) | 317 |
| 7.32 | Simulasi pemodelan <i>System Dynamics</i> dan <i>Spatial Dynamics</i> : peta proyeksi <i>land use</i> tahun 2033 dengan implementasi DDLH status penyediaan pangan                            | 318 |
| 7.33 | Simulasi pemodelan <i>System Dynamics</i> dan <i>Spatial Dynamics</i> : peta proyeksi <i>land use</i> tahun 2043 dengan implementasi DDLH status pangan                                       | 319 |
| 7.34 | Simulasi pemodelan <i>System Dynamics</i> dan <i>Spatial Dynamics</i> : peta proyeksi <i>land use</i> tahun 2033 dengan implementasi DDLH status penyediaan air                               | 320 |
| 7.35 | Simulasi pemodelan <i>System Dynamics</i> dan <i>Spatial Dynamics</i> : peta proyeksi <i>land use</i> tahun 2043 dengan implementasi DDLH status air                                          | 321 |
| 7.36 | Simulasi pemodelan <i>System Dynamics</i> dan <i>Spatial Dynamics</i> : peta proyeksi <i>land use</i> tahun 2033 dengan implementasi DDLH berbasis laju erosi potensial                       | 322 |
| 7.37 | Simulasi pemodelan <i>System Dynamics</i> dan <i>Spatial Dynamics</i> : peta proyeksi <i>land use</i> tahun 2043 dengan implementasi DDLH berbasis laju erosi potensial                       | 323 |
| 7.38 | Simulasi pemodelan <i>System Dynamics</i> dan <i>Spatial Dynamics</i> : peta proyeksi <i>land use</i> tahun 2033 dengan implementasi DDLH jasa ekosistem tutupan vegetasi hutan               | 324 |
| 7.39 | Simulasi pemodelan <i>System Dynamics</i> dan <i>Spatial Dynamics</i> : peta proyeksi <i>land use</i> tahun 2043 dengan implementasi DDLH jasa ekosistem tutupan vegetasi hutan               | 325 |
| 7.40 | Matriks validasi peta komprehensif untuk pemodelan perubahan tutupan lahan                                                                                                                    | 327 |
| 7.41 | Peta proyeksi <i>land use</i> tahun 2043 tanpa penerapan DDLH sebagai <i>ecological constraints</i>                                                                                           | 329 |
| 7.42 | Peta kesesuaian RTRW Provinsi Jawa Timur terhadap proyeksi <i>land use</i> tahun 2043 tanpa penerapan DDLH sebagai <i>ecological constraints</i>                                              | 330 |
| 7.43 | Proyeksi <i>land use</i> tahun 2043 dengan integrasi daya dukung kemampuan lahan ( <i>land capability</i> )                                                                                   | 333 |
| 7.44 | Peta kesesuaian RTRW Provinsi Jawa Timur terhadap proyeksi <i>land use</i> tahun 2043 berbasis DDLH kemampuan lahan                                                                           | 333 |

|      |                                                                                                                                           |     |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.45 | Peta proyeksi <i>land use</i> 2043 dengan integrasi DDLH status penyediaan pangan                                                         | 336 |
| 7.46 | Peta kesesuaian RTRW Provinsi Jawa Timur terhadap proyeksi <i>land use</i> tahun 2043 berbasis DDLH status penyediaan pangan              | 337 |
| 7.47 | Peta proyeksi <i>land use</i> tahun 2043 berbasis DDLH status penyediaan air                                                              | 340 |
| 7.48 | Peta kesesuaian RTRW Provinsi Jawa Timur terhadap proyeksi <i>land use</i> tahun 2043 berbasis DDLH status penyediaan air                 | 341 |
| 7.49 | Peta proyeksi <i>land use</i> tahun 2043 berbasis DDLH laju erosi potensial (USLE)                                                        | 344 |
| 7.50 | Peta kesesuaian RTRW Provinsi Jawa Timur terhadap proyeksi <i>land use</i> tahun 2043 berbasis DDLH laju erosi potensial                  | 345 |
| 7.51 | Peta proyeksi <i>land use</i> Tahun 2043 berbasis DDLH tutupan vegetasi hutan                                                             | 348 |
| 7.52 | Peta kesesuaian RTRW Provinsi Jawa Timur terhadap proyeksi <i>land use</i> tahun 2043 berbasis DDLH jasa ekosistem tutupan vegetasi hutan | 349 |
| 7.53 | Kerangka operasional simulasi RTRW Provinsi Jawa Timur tahun 2043 berbasis DDLH sebagai <i>ecological constraints</i>                     | 353 |
| 7.54 | Simulasi pola ruang RTRW Provinsi Jawa Timur Tahun 2043 pada Skenario <i>Business As Usual</i> (BAU)                                      | 354 |
| 7.55 | Simulasi pola ruang RTRW Provinsi Jawa Timur tahun 2043 pada skenario <i>gradual ecological adaptation</i> (GEA)                          | 356 |
| 7.56 | Simulasi pola ruang RTRW Provinsi Jawa Timur tahun 2043 pada skenario <i>progressive ecological control</i> (PEC)                         | 357 |
| 7.57 | Perbandingan peta kawasan lindung antar skenario dalam simulasi RTRW Provinsi Jawa Timur tahun 2043                                       | 364 |
| 8.1  | Kerangka analisis MULTIPOL                                                                                                                | 369 |
| 8.2  | Pembobotan MULTIPOL                                                                                                                       | 370 |
| 8.3  | Peta profil hasil strategi aksi terhadap kebijakan                                                                                        | 377 |
| 8.4  | Peta sensitivitas strategi terhadap kebijakan                                                                                             | 379 |
| 8.5  | Peta kedekatan aksi terhadap kebijakan                                                                                                    | 380 |
| 8.6  | Peta profil hubungan kebijakan terhadap scenario                                                                                          | 383 |
| 8.7  | Peta kedekatan kebijakan dengan skenario                                                                                                  | 384 |
| 9.1  | Keterkaitan model analisis                                                                                                                | 389 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|   |                                                                                                                                      |     |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1 | Tren perubahan penggunaan dan tutupan lahan di Provinsi Jawa Timur tahun 2015-2024                                                   | 415 |
| 2 | Jumlah dan persentase penduduk miskin menurut kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur 2019-2024                                        | 415 |
| 3 | Hasil analisis daya dukung lahan berdasarkan ketersediaan lahan di Provinsi Jawa Timur                                               | 417 |
| 4 | Hasil analisis daya dukung neraca air Provinsi Jawa Timur                                                                            | 419 |
| 5 | Analisis kesesuaian kemampuan lahan dengan kawasan rawan bencana Provinsi Jawa Timur                                                 | 422 |
| 6 | Dokumentasi pelaksanaan <i>focus group discussion</i> FGD MICMAC Tanggal 22 Agustus 2025 di Malang                                   | 442 |
| 7 | Dokumentasi pelaksanaan <i>focus group discussion</i> FGD MACTOR dan MULTIPOL, Tanggal 27 Agustus 2025 di Kanwil BPN Jatim, Surabaya | 443 |
| 8 | Dokumentasi hasil survei lapangan                                                                                                    | 443 |