

TESIS

**ANALISIS PEMBANGUNAN RENDAH KARBON PADA KAWASAN
MANGROVE DENGAN PENDEKATAN SISTEM DINAMIK DI
KABUPATEN SINJAI PROVINSI SULAWESI SELATAN**

*ANALYSIS OF LOW CARBON DEVELOPMENT IN THE MANGROVE
AREA USING SYSTEM DYNAMIC APPROACH IN SINJAI REGENCY,
SOUTH SULAWESI PROVINCE*



OLEH:

**INDRAWATI
P022201037**

**PROGRAM STUDI PERENCANAAN DAN PENGEMBANGAN WILAYAH
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDN
2023**

**ANALISIS PEMBANGUNAN RENDAH KARBON PADA KAWASAN
MANGROVE DENGAN PENDEKATAN SISTEM DINAMIK DI
KABUPATEN SINJAI PROVINSI SULAWESI SELATAN**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Perencanaan dan Pengembangan Wilayah

Disusun dan diajukan oleh

**INDRAWATI
P022201037**

Kepada

**SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

ANALISIS PEMBANGUNAN RENDAH KARBON PADA KAWASAN MANGROVE DENGAN PENDEKATAN SISTEM DINAMIK DI KABUPATEN SINJAI PROVINSI SULAWESI SELATAN

Disusun dan diajukan oleh:

INDRAWATI
P022201037

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Magister Perencanaan dan Pengembangan Wilayah
Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 14 Februari 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Prof. Dr. Ir. Budimawan, DEA


Dr. Samsu Arif, M.Si

NIP.196120124 198702 1 002

NIP.19630518 199103 1 011

Plt. Ketua Program Studi
Perencanaan dan Pengembangan Wilayah

Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Hasanuddin


Prof. Dr. Ir. Budu Ph.D, SpM (K). M.MedEd

NIP. 19661231 199503 1 009


Prof. Dr. Ir. Budu Ph.D, SpM (K). M.MedEd

NIP. 19661231 199503 1 009

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : INDRAWATI

Nomor Pokok Mahasiswa : P022201037

Program Studi : Perencanaan dan Pengembangan Wilayah

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 14 Februari 2023



INDRAWATI
NIM. P022201037

PRAKATA

Segala Puji dan syukur hanya kepada Allah Subhanahu wa ta'ala Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan berkah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan tujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik dalam menyelesaikan pendidikan Magister Program Studi Perencanaan dan Pengembangan Wilayah Universitas Hasanuddin.

Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan tesis ini, terutama kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Ir. Budimawan, DEA** dan Bapak **Dr. Samsu Arif, M.Si.** masing-masing selaku Ketua Penasehat dan Anggota Penasehat, atas segala bimbingan, motivasi, waktu dan arahannya kepada penulis selama menyusun tesis ini.
2. Bapak **Prof. Dr. Ir. Ahmad Munir, M. Eng,** Ibu **Prof. Dr. Ir. Andi Niartiningsih, M.Si** dan Bapak **Dr. Ir. Baharuddin, MP.,** masing-masing selaku anggota tim penguji atas segala masukan dan saran untuk perbaikan tesis ini.
3. Seluruh Dosen dan Staf Administrasi Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar
4. Orang tua tercinta **Ayahanda Abdullah Badu** dan **Ibunda Kaya Abdul Hamid,** Suami tercinta **Steed Dhani Hardianto** anak tersayang **Nasya**

Irtiza dan **Feiza Adeeva Thalita** atas segala kasih sayang, doa, dan motivasi yang tiada henti diberikan.

5. Sahabat dan Teman yang selalu memberi motivasi dan doa selama penelitian dan penyusunan tesis ini.

Akhir kata, atas semua bantuan yang telah diberikan, dihaturkan terima kasih dan semoga Allah SWT memberikan limpahan karunia-Nya kepada kita semua. Disadari bahwa tulisan ini masih belum sempurna dan dengan segala kerendahan hati diharapkan masukan, kritikan, dan saran agar tulisan ini dapat disempurnakan sesuai dengan yang diharapkan. Semoga karya ini bermanfaat bagi pemerintah serta masyarakat yang berkaitan dengan pembangunan bidang kehutanan, dunia ilmu pengetahuan dan pihak lain yang membutuhkan.

Makassar, 14 Februari 2023

Indrawati.

ABSTRAK

INDRAWATI. ***Analisis Pembangunan Rendah Karbon Pada Kawasan Mangrove Dengan Pendekatan Sistem Dinamik Di Kabupaten Sinjai Provinsi Sulawesi Selatan*** (dibimbing oleh Budimawan dan Samsu Arif)

Pembangunan Rendah Karbon (PRK) adalah platform baru pembangunan yang bertujuan untuk mempertahankan pertumbuhan ekonomi dan sosial melalui kegiatan pembangunan beremisi gas rumah kaca rendah dan meminimalkan eksploitasi sumber daya alam (Bappenas, 2020). Ekosistem mangrove memegang peranan sangat vital dalam mitigasi perubahan iklim, melalui penyerapan CO₂. Kabupaten Sinjai merupakan salah satu lokasi *pilot project* sebagai keterlibatan kabupaten/kota dalam Rencana Pembangunan Rendah Karbon Daerah (RPRKD) di Provinsi Sulawesi Selatan, sehingga kebijakan tersebut terus dilakukan di berbagai wilayah. Kabupaten Sinjai memiliki Kawasan Mangrove yang merupakan hasil rehabilitasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perilaku model menggunakan tiga skenario kebijakan dengan konsep keberlanjutan lingkungan yang ditinjau dari kontribusi pendayagunaan hutan mangrove terhadap penyerapan emisi. Metode yang dilakukan untuk melihat perubahan penggunaan lahan dari tahun ke tahun adalah metode analisis spasial, selanjutnya data di analisis dengan menggunakan sistem dinamik. Penelitian ini dilaksanakan tahun 2022 di Kabupaten Sinjai Provinsi Sulawesi Selatan. Hasil analisis mengungkapkan bahwa terdapat beberapa jenis penggunaan lahan yang mengalami penurunan dan penambahan luas dari tahun ke tahun. Hasil simulasi menunjukkan bahwa proporsi emisi berbanding terbalik dengan perubahan luas mangrove. Kebijakan yang direkomendasikan adalah mempertahankan luas lahan minimal pada Kawasan Mangrove yang menjadi Kawasan Lindung dan Konservasi dan melakukan rehabilitasi mangrove. Struktur kebijakan pada sektor mangrove dibagi menjadi tiga bagian yaitu skenario pada kondisi *baseline*, *fair* dan ambisius.

Kata kunci: mangrove, sistem dinamik, pembangunan rendah karbon

ABSTRACT

INDRAWATI. Analysis of Low Carbon Development in Mangrove Areas Using a Dynamic System Approach in Sinjai Regency, South Sulawesi Province (supervised by Budimawan and Samsu Arif)

Low Carbon Development (LCD) is a new development platform which aims to maintain economic and social growth through development activities with low greenhouse gas emissions and minimizing the exploitation of natural resources (Bappenas, 2020). Mangrove ecosystems play a very vital role in mitigating climate change, through absorption of CO₂. Sinjai Regency is one of the pilot project locations for district/city involvement in the Regional Low Carbon Development Plan (RPRKD) in South Sulawesi Province, so that the policy continues to be implemented in various regions. Sinjai Regency has a Mangrove Area which is the result of rehabilitation. This study aims to analyze the behavior of the model using three policy scenarios with the concept of environmental sustainability in terms of the contribution of utilization of mangrove forests to absorption of emissions. The method used to see changes in land use from year to year is the spatial analysis method, then the data is analyzed using a dynamic system. This research will be conducted in 2022 in Sinjai Regency, South Sulawesi Province. The results of the analysis reveal that there are several types of land use that have decreased and increased in area from year to year. The simulation results show that the proportion of emissions is inversely proportional to changes in mangrove area. The recommended policy is to maintain a minimum land area in the Mangrove Area which is a Protected and Conservation Area and carry out mangrove rehabilitation. The policy structure in the mangrove sector is divided into three parts, namely the baseline, fair and ambitious scenarios.

Keywords: mangrove, dynamic system, low carbon development

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	11
C. Tujuan Penelitian.....	11
D. Manfaat Penelitian.....	12
E. Ruang Lingkup Penelitian.....	12
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	14
A. Pembangunan Keberlanjutan	14
B. Pembangunan Rendah Karbon	16
C. Ekosistem Mangrove	18
1. Hutan Mangrove.....	18
2. Fungsi Hutan Mangrove	19
3. Penyebab Kerusakan Mangrove	23
4. Pemanfaatan Hutan Mangrove.....	23
D. Pemodelan Sistem Dinamik	24
1. Konsep Pemodelan Sistem Dinamik.....	25
2. Penyusunan Konsep	26
3. Pembangunan Model	26
E. Penelitian Terdahulu	32
F. Kerangka Konsep Penelitian	42
BAB III. METODE PENELITIAN.....	45
A. Rancangan Penelitian	45
B. Lokasi dan Waktu Penelitian	45
C. Jenis dan Sumber Data	45
D. Metode Pengumpulan Data	47

E. Analisis Data dengan Pengembangan Model Sistem Dinamik	47
1. Tahapan Identifikasi Variabel dan Konseptualisasi Model	48
2. Tahapan Simulasi Model	48
3. Tahapan Analisis dan Penarikan Kesimpulan	52
F. Matriks Penelitian	54
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	55
A. Kondisi Umum	55
1. Letak dan Luas Wiayah	55
2. Kondisi Geografis	55
c. Kondisi Tutupan Lahan	58
3. Kondisi Demografi	61
B. Analisis Pembangunan Rendah Karbon Kawasan Mangrove di Kabupaten Sinjai	67
1. Identifikasi Variabel dan Konseptualisasi Model	67
2. Simulasi Model	72
3. Analisis dan Penarikan Kesimpulan Model Kebijakan Pembangunan Rendah Karbon Kawasan Mangrove di Kabupaten Sinjai	84
C. Analisis dan Proyeksi Aspek Lingkungan, Ekonomi dan Sosial dengan Kebijakan Saat ini.	110
1. Aspek Lingkungan	113
2. Aspek Ekonomi	113
3. Aspek Sosial	114
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	116
A. Kesimpulan	116
B. Saran	116
DAFTAR PUSTAKA	118

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Capaian Pembangunan Rendah Karbon Provinsi Sulawesi Selatan	6
Gambar 2. Causal Loop Diagram	28
Gambar 3. Simbol-simbol Stok Flow Diagram.....	30
Gambar 4. Kerangka Pikir Penelitian	44
Gambar 5. Flow Chart Langkah-langkah Penelitian	53
Gambar 6. PDRB Sektor Pertanian, Perikanan dan Kehutanan.....	66
Gambar 7. Diagram Input-Output.....	68
Gambar 8. Diagram Lingkar Sebab-Akibat	71
Gambar 9. Stok-Flow Sub Model Penduduk	74
Gambar 10. Stok-Flow Sub Model Ekonomi	76
Gambar 11. Stok-Flow Sub Model Mangrove	79
Gambar 12. Simulasi Pertumbuhan Penduduk Kabupaten Sinjai Tahun 2011-2060	85
Gambar 13. Simulasi Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Sinjai Tahun 2011-2060	88
Gambar 14. Simulasi Luas Mangrove Skenario Baseline	90
Gambar 15. Simulasi Luas Mangrove Skenario Fair	91
Gambar 16. Simulasi Luas Mangrove Skenario Ambisius.....	93
Gambar 17. Simulasi Proporsi Pelepasan Emisi Skenario Baseline	96
Gambar 18. Simulasi Proporsi Penyerapan Emisi Skenario Baseline	97
Gambar 19. Simulasi Proporsi Pelepasan Emisi Skenario Fair.....	98
Gambar 20. Simulasi Proporsi Pelepasan Emisi Skenario Fair.....	100
Gambar 21. Simulasi Proporsi Pelepasan Emisi Skenario Ambisius.....	101
Gambar 22. Simulasi Proporsi Penyerapan Emisi Skenario Ambisius ...	103
Gambar 23. Simulasi Net Emisi Mangrove Skenario Baseline	105
Gambar 24. Simulasi Net Emisi Mangrove Skenario Fair.....	106
Gambar 25. Simulasi Net Emisi Mangrove Skenario Ambisius	108

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kondisi Mangrove di Wilayah Pesisir Kabupaten Sinjai.....	9
Tabel 2. Penelitian Terdahulu	35
Tabel 3. Jenis dan Sumber Data.....	46
Tabel 4. Matriks Penelitian.....	54
Tabel 5. Luas Wilayah Kecamatan Kabupaten Sinjai.....	56
Tabel 6. Kondisi Topografi Wilayah Kabupaten Sinjai.....	57
Tabel 7. Perubahan Luas Tutupan Lahan Kabupaten Sinjai Tahun 2011-2020	59
Tabel 8. Jumlah penduduk Kabupaten Sinjai dari tahun 2011-2020	62
Tabel 9. Jumlah Angkatan kerja di Kabupaten Sinjai tahun 2011-2020 ...	64
Tabel 10. Tabel Validasi Kinerja Model Mangrove	81
Tabel 11. Hasil analisis kebijakan pengelolaan mangrove dengan tiga skenario	83
Tabel 12. Simulasi Pertumbuhan Penduduk Kabupaten Sinjai Tahun 2011-2060	86
Tabel 13. Simulasi PDRB Kabupaten Sinjai Tahun 2011-2060.....	88
Tabel 14. Simulasi Luas Mangrove Skenario Baseline	90
Tabel 15. Simulasi Luas Mangrove Skenario Fair	91
Tabel 16. Simulasi Luas Mangrove Skenario Ambisius.....	94
Tabel 17. Simulasi Proporsi Pelepasan Emisi Skenario Baseline	96
Tabel 18. Simulasi Proporsi Penyerapan Emisi Skenario Baseline	97
Tabel 19. Simulasi Proporsi Pelepasan Emisi Skenario Fair.....	99
Tabel 20. Simulasi Proporsi Pelepasan Emisi Skenario Fair.....	100
Tabel 21. Simulasi Proporsi Pelepasan Emisi Skenario Ambisius.....	101
Tabel 22. Simulasi Proporsi Penyerapan Emisi Skenario Ambisius	103
Tabel 23. Simulasi Net Emisi Mangrove Skenario Baseline	105
Tabel 24. Simulasi Net Emisi Mangrove Skenario Fair	106
Tabel 25. Simulasi Net Emisi Mangrove Skenario Ambisius	108

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pemanasan global adalah fenomena perubahan iklim yang disebabkan oleh peningkatan jumlah gas rumah kaca (GRK) di atmosfer. Hal ini merupakan salah satu masalah lingkungan utama di dunia. Dampak pemanasan global terhadap kehidupan masyarakat semakin meningkat, yaitu meningkatnya suhu bumi, meningkatnya bencana hidrometeorologi, dan krisis pangan. Angka dari Direktorat Jenderal Perubahan Iklim menunjukkan bahwa tanpa upaya untuk mengurangi emisi gas rumah kaca, suhu global akan mencapai 1,2°C pada tahun 2020 dan dapat melebihi 1,5°C pada tahun 2030. Menurut kajian Kementerian PPN/Bappenas, dampak nyata perubahan iklim tercermin dari kerugian ekonomi akibat bencana hidrometeorologi.

Di Indonesia bencana hidrometeorologi didominasi oleh bencana banjir dan puting beliung, sepanjang tahun 2021 terdapat 723 bencana yang terjadi. Bencana hidrometeorologi yang terjadi di Indonesia menunjukkan kerugian dari sisi ekonomi, lingkungan dan spasial. Selanjutnya kehilangan ekonomi akibat bencana dapat berdampak pada mata pencaharian masyarakat. Indonesia dapat mengalami kerugian hingga Rp 115 triliun pada 2024. Dengan implementasi intervensi kebijakan pembangunan rendah karbon dan tahan iklim yang dijabarkan dalam RPJMN 2020-2024, potensi kerugian ekonomi dapat ditekan sebesar 50,4% menjadi Rp 57 triliun pada tahun 2024 (Bappenas, 2020).

Dampak negatif yang timbul akibat perubahan iklim memaksa negara-negara untuk duduk bersama dan menyepakati suatu komitmen guna mencegah peningkatan suhu bumi. Hal tersebut menghasilkan kesepakatan yang dituangkan dalam Perjanjian Paris (*Paris Agreement*) pada Tahun 2015 dengan menjaga kenaikan temperatur global dibawah 2°C dan berusaha untuk menjaga kenaikan temperatur global pada 1,5°C (Paris Agreement, 2015). Selanjutnya, pemerintah Indonesia menunjukkan komitmennya dengan meratifikasi Perjanjian Paris di New York pada tanggal 22 April 2016, untuk melakukan upaya menurunkan emisi gas rumah kaca dan bergerak aktif mencegah terjadinya perubahan iklim. Pemerintah Indonesia juga telah menerbitkan Undang-Undang No 16 tahun 2016 tentang Ratifikasi Perjanjian Paris. Melalui Perjanjian Paris, Indonesia merencanakan target pengurangan emisi karbon dalam *Nationally Determined Contribution* (NDC) sebesar 29% dengan upaya sendiri dan 41% dengan dukungan internasional. Kebijakan ini telah tertuang dalam Peraturan Presiden No. 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN GRK).

Pada tahun 2020 Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas) memperkenalkan paradigma pembangunan baru yang disebut Pembangunan Rendah Karbon (PRK) yang merupakan transformasi dari RAN GRK. PRK bertujuan untuk menciptakan pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan sosial, selaras dengan kelestarian lingkungan melalui pertimbangan daya dukung dan daya

tampung dalam perumusan kebijakan dan perencanaan pembangunan. PRK merupakan salah satu Program Prioritas dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020-2024 dengan target Penurunan emisi gas rumah kaca hingga 27,3% dan penurunan intensitas emisi sebesar 31% di 2024, serta pengurangan kerugian ekonomi yang diakibatkan dari dampak perubahan iklim sebesar 1,15% PDB di 2024 (Bappenas, 2020). PRK menekankan prioritas pada lima sektor, yaitu penanganan limbah dan ekonomi sirkular, pengembangan industri hijau, pembangunan energi berkelanjutan, rendah karbon laut dan pesisir, serta pemulihan lahan berkelanjutan. Hasil temuan yang tertuang dalam laporan Inisiatif Pembangunan Rendah Karbon Indonesia menunjukkan bahwa dalam lingkup nasional, jalur pembangunan rendah karbon mampu menghasilkan tingkat pertumbuhan PDB sebesar 6% pada tahun 2045, lebih tinggi daripada tingkat pertumbuhan saat ini, dan pada saat yang sama dapat menurunkan emisi gas rumah kaca hampir 43% pada tahun 2030, melebihi target penurunan emisi Indonesia di dalam NDC.

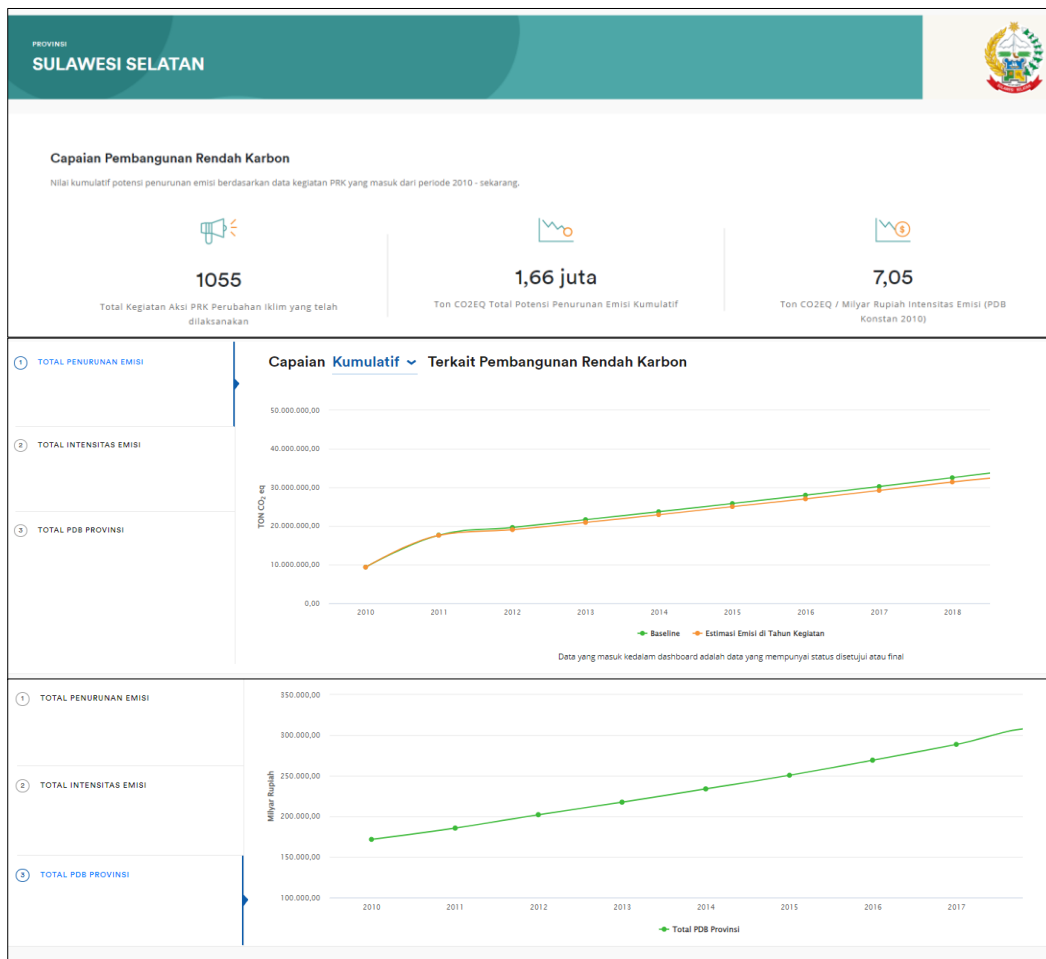
Salah satu bidang yang menjadi prioritas PRK adalah bidang kelautan dan pesisir. Sektor kelautan dan pesisir dinilai menjadi komponen penting dalam penurunan emisi GRK. Oleh karena itu, bidang pesisir dan laut (blue carbon) ditetapkan menjadi tambahan sektor prioritas PRK. Pokja Nasional pada bidang ini adalah dari Kemenko bidang Kemaritiman dan Investasi, KKP, dan LIPI (Bappenas,2020).

Kawasan pesisir merupakan wilayah yang paling rentan mengalami perubahan secara alami maupun gangguan dan pencemaran akibat aktivitas manusia. Misalnya pengaruh aktivitas manusia yang tidak ramah lingkungan merupakan penyebab utamanya. Kondisi kawasan pesisir di tanah air banyak mengalami kerusakan ekosistem yang sangat mencemaskan misalnya kerusakan terumbu karang, kerusakan mangrove, erosi pantai maupun pencemaran. Pencemaran merupakan salah satu penyebab utama terjadinya kerusakan ekologis kawasan pesisir yang umumnya disebabkan oleh akumulasi limbah dari aktivitas manusia di wilayah pesisir sendiri, maupun limbah dari aktivitas manusia dari daerah hulu dan hilir yang dialirkan melalui aliran sungai pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). DAS merupakan daerah yang menghubungkan daratan di hulu dengan kawasan pesisir sehingga pencemaran di kawasan hulu akan berdampak pada kawasan pesisir. Sebagai konsekuensi dari negara kepulauan, kawasan pesisir di Indonesia berkembang menjadi kawasan dengan pertumbuhan yang cukup pesat, mengingat kawasan pesisir dapat menyediakan ruang dengan aksesibilitas tinggi dan relatif murah dibandingkan dengan ruang daratan di atasnya (Bengen, 1999). Dalam kaitan dengan kemudahan akses dan hubungan antar pulau dan antar wilayah itulah sebagian besar kota-kota di Indonesia berada di kawasan pesisir sehingga dapat dikatakan bahwa pengelolaan kawasan pesisir merupakan komponen

penting yang perlu diperhatikan dalam menunjang pembangunan di Indonesia.

Arah kebijakan PRK pada RPJMN 2020-2024 di sektor kelautan dan pesisir diwujudkan melalui strategi rendah karbon pesisir dan laut. Strategi ini dilaksanakan dengan cara inventarisasi dan rehabilitasi ekosistem pesisir dan laut dengan indikator yang digunakan untuk mengevaluasi adalah persentase penurunan emisi GRK di sektor kelautan dan pesisir terhadap persentase baseline sebesar 6,5% pada 2020, 6,6% pada 2021, 6,8% pada 2022, 7% pada 2023 dan 7,3% pada 2024 melalui pemulihan ekosistem mangrove dan pantai. Target rehabilitasi mangrove sebesar 50.000 hektar pada tahun 2024 (Bappenas, 2020).

Inisiasi kebijakan pembangunan rendah karbon mulai dijalankan oleh pemerintah daerah. Pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan menunjukkan komitmennya dengan mengintegrasikannya ke dalam RPJMD 2018-2023 dengan menjadikan potensi penurunan emisi GRK sebagai salah satu indikator kinerja utama (IKU). Upaya penyelarasan kebijakan PRK diwujudkan dengan penandatanganan Nota Kesepahaman (MoU) antara Kementerian PPN/Bappenas dengan Gubernur Sulawesi Selatan pada tanggal 19 Februari 2019. Provinsi Sulawesi Selatan merupakan provinsi percontohan pertama yang menandatangani nota kesepahaman tersebut untuk menunjukkan komitmen provinsi Sulawesi Selatan menjaga kelestarian lingkungan. Oleh karena itu, kebijakan PRK terus dilakukan di berbagai daerah.



Sumber : Aplikasi AKSARA, Bappenas

Gambar 1. Capaian Pembangunan Rendah Karbon Provinsi Sulawesi Selatan

Secara total kumulatif (pada Gambar 1) sampai dengan saat ini terdapat 1055 kegiatan kebijakan PRK di Sulawesi Selatan yang telah tercatat dalam sistem AKSARA dengan potensi capaian penurunan emisi GRK 1,66 juta ton CO₂e atau sebesar 3.7% dibandingkan dengan baseline tahun 2010 (Bappenas, 2020).

Ekosistem mangrove berperan sangat penting dalam mitigasi perubahan iklim melalui penyerapan/emisi karbon dioksida (gas rumah kaca). Salah satu tindakan khusus untuk mengurangi emisi karbon

adalah dengan memulihkan dan melindungi ekosistem mangrove. Mangrove memiliki potensi penyerapan karbon yang cukup besar. Kabupaten Sinjai merupakan salah satu lokasi *pilot project* sebagai keterlibatan kabupaten/kota dalam Rencana Pembangunan Rendah Karbon Daerah di Provinsi Sulawesi Selatan. Kabupaten Sinjai memiliki Kawasan Mangrove yang merupakan hasil rehabilitasi pantai, hasil partisipasi masyarakat secara swadaya, yakni Kawasan Mangrove Tongke-tongke. Ekosistem mangrove di Desa Tongke-tongke merupakan salah satu hutan mangrove yang terbaik di Sulawesi Selatan. Mangrove di Tongke-tongke merupakan perpaduan antara mangrove alami dan hasil rehabilitasi. Rehabilitasi hutan mangrove di Desa Tongke-tongke telah dilakukan sejak tahun 1985 oleh masyarakat desa tersebut secara swadaya. Upaya penghijauan kembali wilayah pesisir ini dilakukan oleh Kelompok Pencinta Sumber Daya Alam - Aku Cinta Indonesia (KPSDA-ACI) dan sudah terlihat tingkat keberhasilannya, dilihat dengan semakin bertambahnya jenis mangrove yang hidup dan luasnya area yang ditumbuhi mangrove sehingga sekarang dijadikan sebagai ekowisata hutan mangrove (Ernawati, Niartiningih, Nessa, & Omar, 2002). Hal tersebut merupakan salah satu contoh *success story* masyarakat lokal dalam melindungi dan mengelola sumberdaya mangrove secara berkelanjutan.

Keberadaan ekosistem mangrove di Kabupaten Sinjai belakangan ini sudah mulai dirasakan manfaatnya oleh masyarakat pesisir baik secara

langsung maupun secara tidak langsung. Oleh karena itu, perlu upaya dalam pengelolaan agar fungsi dapat berkelanjutan, sehingga mempengaruhi peningkatan kesejahteraan masyarakat petani tambak dan nelayan, serta masyarakat lainnya sebagai penyedia jasa sarana produksi (saprodi) untuk kebutuhan petani tambak dan nelayan. (Wahdaniar, Jafron Wasiq Hidayat, Fuad Muhammad, 2019).

Keberhasilan masyarakat Tongke-tongke dalam menanam mangrove secara swadaya memberikan dampak positif yang nyata, antara lain terbebasnya wilayah perkampungan dari abrasi pantai, hempasan ombak dan gelombang pasang; menurunnya salinitas air sehingga air sumur menjadi layak dikonsumsi; melimpahnya biota perairan seperti nener, benur udang, dan kepiting yang dapat dengan mudah ditangkap sehingga meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan masyarakat pesisir (Suharti et al., 2016). Keberhasilan rehabilitasi dan pengelolaan mangrove di Tongke-tongke menjadi inspirasi kawasan lain di sekitarnya untuk mereplikasi model pengelolaan mangrove yang berbasis masyarakat, sehingga kawasan mangrove sekarang telah menyebar di tiga lokasi yaitu Kecamatan Sinjai Timur, Kecamatan Sinjai Utara dan Kecamatan Tellulimpoe. Model pengelolaan mangrove berbasis masyarakat menjadi kekuatan dalam mempertahankan keberlanjutan kawasan mangrove di Kabupaten Sinjai.

Namun demikian, keberagaman data luasan mangrove masih menjadi masalah nasional mengingat pentingnya data historis tentang

keberadaan dan distribusi hutan mangrove yang reliabel dan konsisten. Reliabilitas data luas mangrove penting untuk pemantauan serta menunjang dalam membangun strategi pengelolaan mangrove.

Tabel 1. Kondisi Mangrove di Wilayah Pesisir Kabupaten Sinjai

Tahun	Luas Lahan Mangrove (ha)	Kondisi Hutan Mangrove (ha)		
		Baik	Sedang	Rusak
2018	169,1	94,45	65,37	9,23
2019	169,8	95,2	65,37	9,23
2020	176,9	158,94	-	17,92

Sumber : Laporan Statistik KP3K

Kondisi mangrove di Kabupaten Sinjai selama tiga tahun terakhir mengalami penambahan luas akibat penggalakan kegiatan rehabilitasi mangrove. Kesadaran masyarakat akan pentingnya mangrove mulai menampakkan keberhasilan dalam pengelolaan ekosistem mangrove.

Mengingat hutan mangrove sebagai suatu ekosistem di daerah pasang surut, kehadirannya sangat berpengaruh terhadap ekosistem-ekosistem lain di daerah tersebut. Pada daerah ini akan terdapat ekosistem terumbu karang, ekosistem padang lamun, dan ekosistem estuari yang saling berpengaruh antara ekosistem yang satu dengan lainnya. Dengan demikian, terjadinya kerusakan/gangguan pada ekosistem hutan mangrove tentu saja akan mengganggu keseimbangan ekosistem yang lain dan secara langsung maupun tidak langsung dapat mengganggu kehidupan makhluk hidup lainnya. Disamping itu kerusakan hutan mangrove dapat mempengaruhi pendapatan masyarakat pesisir khususnya para nelayan, karena kehadiran hutan mangrove ini merupakan salah satu faktor penentu pada kelimpahan ikan atau berbagai

biota laut lainnya. Kerusakan-kerusakan tersebut secara umum juga akan sangat berpengaruh pada perubahan iklim, terutama keselamatan penduduk di sepanjang pantai atau pesisir, karena potensi kenaikan permukaan laut akibat perubahan iklim akan mengancam kawasan pesisir.

Penelitian ini penting dilaksanakan karena pembangunan rendah karbon menjadi salah satu prioritas dalam RPJMN 2020-2024 dan diharapkan agar implementasi pembangunan rendah karbon khususnya sektor mangrove di Provinsi Sulawesi Selatan memiliki arah kebijakan yang terintegrasi dan sejalan dengan kebijakan pusat dan daerah. Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian terkait analisis pembangunan rendah karbon pada kawasan mangrove dengan pendekatan sistem dinamik di Kabupaten Sinjai. Pendekatan sistem dinamik dilakukan untuk memprediksi bagaimana skenario kebijakan dengan konsep model pembangunan rendah karbon. Sistem dinamik merupakan cara memandang segala sesuatunya saling mempengaruhi satu sama lain dalam suatu sistem, dalam hal ini akan mengarahkan cara berpikir para stakeholder dalam mencari pola interaksi dan struktur yang mendasari terbentuknya peningkatan emisi gas rumah kaca. Sistem dinamik juga merupakan metode pemodelan yang detail untuk membangun simulasi komputer dengan sistem yang kompleks dan menggunakannya untuk merancang kebijakan dan organisasi yang lebih efektif secara bersama-sama (Sterman, 2004). Model perencanaan

pembangunan rendah karbon pada penelitian ini menggunakan referensi model pembangunan rendah karbon sektor mangrove yang dilakukan oleh Bappenas dengan model diagram lingkaran (*Causal Loop Diagram*) beserta indikator-indikator yang mempengaruhinya untuk pengembangan kebijakan pengelolaan mangrove berkelanjutan.

B. Rumusan Masalah

Dari latar belakang permasalahan diatas maka ditentukan rumusan masalah pada penelitian ini, yaituP:

- a. Bagaimana menentukan skenario model pembangunan rendah karbon pada Kawasan Mangrove di Kabupaten Sinjai untuk menghasilkan skenario model yang lebih realistis?
- b. Bagaimana implikasi model pembangunan rendah karbon pada Kawasan Mangrove di Kabupaten Sinjai terhadap pencapaian penurunan emisi?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

- a. Menentukan skenario model pembangunan rendah karbon pada kawasan mangrove dengan pendekatan sistem dinamik di Kabupaten Sinjai.
- b. Mengetahui implikasi model pembangunan rendah karbon pada Kawasan Mangrove di Kabupaten Sinjai terhadap pencapaian penurunan emisi

D. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat pada beberapa aspek yaitu :

- a. Membantu memberikan rekomendasi pada pembuat kebijakan dalam menentukan perencanaan yang tepat untuk pengembangan pengelolaan mangrove di Kabupaten Sinjai.
- b. Membantu pembuat kebijakan dalam melakukan analisa serta memutuskan perencanaan pembangunan rendah karbon yang dianggap layak melalui sebuah skenario pada pemodelan sistem dinamik.
- c. Memberikan wawasan dan pengalaman kepada peneliti dalam mengembangkan sebuah model sistem dinamik pada perencanaan strategis.

E. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Pembuatan model sistem dinamik pada perencanaan pembangunan rendah karbon ini hanya berfokus pada kawasan mangrove di Kabupaten Sinjai
- b. Model yang dibuat menggunakan sub model dari konsep penurunan emisi CO₂ untuk kawasan mangrove dari perubahan luas tutupan mangrove, sub model ekonomi dari pertumbuhan ekonomi (PDRB)

sektor *agriculture* dan sub model penduduk (sosial) di Kabupaten Sinjai.

- c. Model yang dibuat mengadopsi dan menyederhanakan model pembangunan rendah karbon Provinsi Sulawesi Selatan yang dirumuskan oleh Bappenas menjadi model yang sesuai untuk lingkup Kawasan Mangrove Kabupaten Sinjai.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembangunan Keberlanjutan

Istilah pembangunan berkelanjutan pertama kali diperkenalkan secara luas oleh United Nation World Commission on Environment and Development (WCED). Konsep berkelanjutan dalam pembangunan menjadi perhatian global dan menjadi populer sejak konsep itu diajukan para komisioner United Nation World Commission on Environment and Development (UN-WCED), yang dirujuk juga sebagai Brundtland Commission, dalam laporannya tahun 1987 *Our Common Future*. Didalamnya diajukan istilah pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) yang didefinisikan sebagai *development that meets the needs of present without compromising the ability of future generations to meet their own need's*. Sejak itu istilah kerangka keberlanjutan (*sustainability*) digunakan secara luas dalam konteks aktivitas manusia dan pembangunan. Walaupun banyak definisi lain tentang pembangunan berkelanjutan, definisi yang diajukan dalam konferensi UN-WCED ini yang paling luas dikutip (Monto, et al., 2008).

World Commission on Environment and Development dalam Rogers et.al., 2008 menyatakan pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) adalah konsep yang menggali keterkaitan antara pembangunan ekonomi, kualitas lingkungan dan keadilan sosial. Pembangunan berkelanjutan didefinisikan sebagai: "The human ability of

humanity to ensure that it meets the needs of the present without compromising the ability of the future generations to meet their own needs.”

Pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) merupakan visi dunia internasional sudah saatnya juga merupakan visi nasional. Visi pembangunan berkelanjutan tidak melarang aktivitas pembangunan ekonomi, tetapi menganjurkannya dengan persyaratan bahwa laju (tingkat) kegiatan pembangunan tidak melampaui daya dukung (*carrying capacity*) lingkungan alam. Dengan demikian, generasi mendatang tetap memiliki asset sumberdaya alam dan jasa-jasa lingkungan (*environmental service*) yang sama atau kalau dapat lebih baik dari pada generasi yang hidup sekarang (Bengen, 2004).

Pengembangan konsep pembangunan yang berkelanjutan perlu mempertimbangkan kebutuhan yang wajar secara sosial dan kultural, menyebarkan nilai-nilai yang menciptakan standar konsumsi yang berbeda dalam batas kemampuan lingkungan, serta secara wajar semua orang mampu mencita-citakannya. Namun demikian ada kecenderungan bahwa pemenuhan kebutuhan tersebut akan tergantung pada kebutuhan dalam mewujudkan pertumbuhan ekonomi ataupun kebutuhan produksi pada skala maksimum. Pembangunan berkelanjutan jelas mensyaratkan pertumbuhan ekonomi ditempat yang kebutuhan utamanya belum bisa konsisten dengan pertumbuhan ekonomi, asalkan isi pertumbuhan mencerminkan prinsip-prinsip keberlanjutan (Sutamiharja, 2004).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah nomor 59/2017 tentang “Pelaksanaan Pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan” maka sejak 5 Juni 2018 dibentuk Tim Koordinasi Nasional terdiri atas Dewan Pengarah yang dipimpin Presiden yang sehari-hari dikoordinasikan oleh Menteri Negara Perencanaan Pembangunan Nasional/Ketua Bappenas. Sedangkan di daerah juga dibentuk Tim Koordinasi Daerah melaksanakan Rencana Aksi Daerah untuk SDG dibawah pimpinan Gubernur. Dengan mekanisme ini diharap agar pelaksanaan SDG di Indonesia diharapkan dapat terwujud.

B. Pembangunan Rendah Karbon

Pembangunan Rendah Karbon (PRK) pertama kali dibahas pada United Nations Conference on Climate Change (COP 23 UNFCCC) tahun 2017 di Bonn, Jerman. Konferensi ini membahas bahwa negara-negara yang hadir pada konferensi tersebut, termasuk Indonesia, didorong untuk menerapkan kebijakan yang efektif dalam mengatasi dampak negatif dari perubahan iklim, namun tetap menyeimbangkannya dengan pembangunan ekonomi yang sering kali bertolak belakang dengan konsep *green economy* ini (Bappenas, 2018).

Pembangunan Rendah Karbon (PRK) adalah konsep yang dirancang untuk mengurangi emisi karbon dengan tetap mempertahankan pertumbuhan ekonomi. Namun, ternyata beberapa negara memiliki perspektif masing-masing dalam mendefinisikan PRK. Banyak konsep-konsep rendah karbon lainnya yang relevan dengan PRK dibahas terlebih

dahulu untuk dijadikan sebagai dasar dari definisi PRK, seperti energi rendah karbon, kehidupan rendah karbon, lingkungan yang rendah karbon, wisata rendah karbon, dan konsep-konsep rendah karbon lainnya. Ada tiga tahap di PRK yang harus dilalui. Tahap pertama, yaitu tahap ekonomi rendah karbon di mana PRK didorong melalui perencanaan penelitian untuk teknologi-teknologi yang membantu jalannya PRK serta adanya perencanaan dana yang disiapkan untuk PRK juga pajak-pajak yang mengatur PRK. Ketika tahap pertama selesai dilaksanakan, PRK akan memasuki tahap kedua. Tahap kedua dari PRK ini dikenal dengan tahap masyarakat rendah karbon. Pada tahapan ini, pemerintah mendorong masyarakat untuk menerapkan gaya hidup yang rendah karbon seperti mendorong orang-orang untuk menggunakan transportasi umum. Apabila tahap ekonomi rendah karbon dan masyarakat rendah karbon berjalan dengan baik dan mencapai tujuan yang ideal, maka PRK akan masuk ke dunia rendah karbon, di mana tahap semua konsep rendah karbon terintegrasi tidak hanya dalam ruang lingkup yang kecil, namun sudah mencakup ruang lingkup yang besar (Yuan et.al., 2011).

Pembangunan Rendah Karbon adalah platform baru untuk pembangunan Indonesia yang bertujuan untuk mempertahankan pertumbuhan ekonomi dan sosial melalui kegiatan pembangunan rendah emisi GRK dan Intensitas emisi GRK, serta meminimalkan eksploitasi sumber daya alam kita. Dalam hal ini, intervensi kebijakan pembangunan yang memiliki manfaat untuk pengurangan emisi GRK dan Intensitas emisi

GRK akan diprioritaskan. Kapasitas sumber daya alam termasuk emisi GRK dan Intensitas emisi GRK, tutupan lahan dan air menjadi faktor penentu dalam perumusan kebijakan dan menetapkan target pembangunan rendah karbon (Kementerian PPN/Bappenas, 2020).

Alasan yang mendasari pelaksanaan pembangunan rendah karbon di Indonesia adalah dalam beberapa dekade terakhir Indonesia telah menikmati pertumbuhan ekonomi yang kuat dan berharap dapat mempertahankan pertumbuhan tersebut setiap tahun. Ada peluang pertumbuhan Indonesia akan meningkat dan akan meningkatkan statusnya dari negara berpenghasilan menengah menjadi negara berpenghasilan tinggi (High Income Country - HIC) dalam 20 tahun ke depan. Dengan adanya permasalahan global warming akan memberikan masalah dan tantangan serius yang dapat menimbulkan kerugian dan kerusakan yang signifikan, baik terhadap kondisi sumber daya alam dan pertumbuhan ekonomi maupun infrastruktur pembangunan Indonesia, sehingga akan mengakibatkan penurunan pertumbuhan ekonomi yang signifikan dan tertundanya pencapaian status HIC pada 2030 (Map & Programme, 2019).

C. Ekosistem Mangrove

1. Hutan Mangrove

Menurut Bengen (2002), hutan mangrove merupakan komunitas vegetasi wilayah pantai daerah tropis yang didominasi oleh beberapa spesies pohon mangrove yang mampu tumbuh dan berkembang pada

daerah pantai berlumpur yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Hutan mangrove ini banyak ditemukan di pantai – pantai atau teluk yang cenderung dangkal, delta atau daerah pantai yang terlindung dari gelombang besar dan arus pasang surut yang kuat.

Hutan mangrove merupakan suatu tipe hutan di pantai yang terlindung, laguna, muara sungai (di daerah pasang surut) yang tergenang pada saat pasang dan bebas genangan saat surut yang mana komunitas tumbuhannya bertoleransi terhadap garam. Ekosistem mangrove terdiri atas organisme (tumbuhan dan hewan) yang berinteraksi dengan faktor lingkungan dan dengan sesamanya di dalam suatu habitat mangrove (Kusmana, 2002).

2. Fungsi Hutan Mangrove

Hutan mangrove mempunyai fungsi ekologis sebagai tempat hidup dan berkembangbiaknya banyak biota laut, pengendali erosi dan abrasi pantai, juga sebagai filter yang mencegah intrusi air laut dan melindungi daratan dari angin kencang dan banjir rob (Sinaga, 2013). Onrizal (2013) menyatakan selain fungsi ekologis tersebut, disebutkan bahwa hutan mangrove juga berfungsi dalam peningkatan pengendapan sedimen / penambahan lahan, penyuplai hara melalui jatuhnya serasah ke kawasan pesisir pantai untuk mendukung produktivitas perairan pantai, serta perbaikan lingkungan melalui penyerapan karbon dan bahan pencemar lainnya.

Menurut Davis et al. (1995) dalam Haryani (2013), fungsi dan manfaat hutan mangrove sebagai berikut:

- a. Menjadi habitat satwa langka; Lebih dari 100 jenis burung hidup disini, dan daratan lumpur yang luas berbatasan dengan hutan bakau merupakan tempat mendaratnya ribuan burung pantai ringan migran, termasuk jenis burung langka Blekok Asia (*Limnodrumus semipalmatus*)
- b. Pelindung terhadap bencana alam; Vegetasi hutan bakau dapat melindungi bangunan, tanaman pertanian atau vegetasi alami dari kerusakan akibat badai atau angin yang bermuatan garam melalui proses filtrasi.
- c. Pengendapan lumpur; Sifat fisik tanaman pada hutan bakau membantu proses pengendapan lumpur. Pengendapan lumpur berhubungan erat dengan penghilangan racun dan unsur hara air, karena bahan-bahan tersebut seringkali terikat pada partikel lumpur. Dengan hutan bakau, kualitas air laut terjaga dari endapan lumpur erosi.
- d. Penambah unsur hara; Sifat fisik hutan bakau cenderung memperlambat aliran air dan terjadi pengendapan. Seiring dengan proses pengendapan ini terjadi unsur hara yang berasal dari berbagai sumber, termasuk pencucian dari areal pertanian.
- e. Penghambat racun; Banyak racun yang memasuki ekosistem perairan dalam keadaan terikat pada permukaan lumpur atau

terdapat di antara kisi-kisi molekul partikel tanah air. Beberapa spesies tertentu dalam hutan bakau bahkan membantu proses penambatan racun secara aktif.

- f. Sumber alam dalam kawasan (In-Situ) dan luar Kawasan (Ex-Situ); Hasil alam in-situ mencakup semua fauna dan hasil pertambangan atau mineral yang dapat dimanfaatkan secara langsung di dalam kawasan. Sedangkan sumber alam ex-situ meliputi produk-produk alamiah di hutan mangrove dan terangkut/berpindah ke tempat lain yang kemudian digunakan oleh masyarakat di daerah tersebut, menjadi sumber makanan bagi organisme lain atau menyediakan fungsi lain seperti menambah luas pantai karena pemindahan pasir dan lumpur.
- g. Transportasi; Pada beberapa hutan mangrove, transportasi melalui air merupakan cara yang paling efisien dan paling sesuai dengan lingkungan.
- h. Sumber plasma nutfah; Plasma nutfah dari kehidupan liar sangat besar manfaatnya baik bagi perbaikan jenis - jenis satwa komersial maupun untuk memelihara populasi kehidupan liar itu sendiri.
- i. Rekreasi dan pariwisata; Hutan bakau memiliki nilai estetika, baik dari faktor alamnya maupun dari kehidupan yang ada di dalamnya.

- j. Sarana pendidikan dan penelitian; Upaya pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi membutuhkan laboratorium lapang yang baik untuk kegiatan penelitian dan pendidikan.
- k. Memelihara proses-proses dan sistem alami; Hutan bakau sangat tinggi tinggi peranannya dalam mendukung berlangsungnya proses-proses ekologi, geomorfologi, atau geologi di dalamnya.
- l. Penyerapan karbon; Proses fotosintesis mengubah karbon anorganik (CO_2) menjadi karbon organik dalam bentuk bahan vegetasi. Pada sebagian besar ekosistem, bahan ini membusuk dan melepaskan karbon kembali ke atmosfer sebagai (CO_2). Akan tetapi hutan bakau justru mengandung sejumlah besar bahan organik yang tidak membusuk. Karena itu, hutan bakau lebih berfungsi sebagai penyerap karbon dibandingkan dengan sumber karbon.
- m. Memelihara iklim mikro; Evapotranspirasi hutan bakau mampu menjaga kelembaban dan curah hujan kawasan tersebut, sehingga keseimbangan iklim mikro terjaga.
- n. Mencegah berkembangnya tanah sulfat masam; Keberadaan hutan bakau dapat mencegah teroksidasinya lapisan pirit dan menghalangi berkembangnya kondisi alam.

3. Penyebab Kerusakan Mangrove

Menurut (Kusmana, 2002), hutan mangrove sangat peka terhadap gangguan dari luar. Sumber utama kerusakan hutan mangrove adalah :

- a. Pencemaran;
- b. Penebangan yang berlebihan / tidak terkontrol; dan
- c. Konversi hutan mangrove yang kurang memperhatikan faktor lingkungan menjadi bentuk lahan yang berfungsi non hutan seperti pemukiman, pertanian, pertambangan dan lain-lain.

Yani (2002) berpendapat bahwa pemanfaatan tradisional terhadap hutan mangrove bisa merusak disebabkan kepemilikan bersama dari sumberdaya hutan mangrove ini. Suatu sumberdaya dimiliki secara bersama jika hak kepemilikan yang melekat kepadanya sangat lemah. Sumberdaya ini tidak dimiliki atau diawasi secara eksklusif oleh satu orang atau satu kelompok pemilik sehingga penggunaannya tidak terbatas oleh siapapun.

4. Pemanfaatan Hutan Mangrove

Hutan mangrove sebagai *renewable resources* harus dimanfaatkan berdasarkan sustainable basis untuk *multipurpose* (berbagai hasil guna) sesuai dengan diversitas dan potensi sumberdaya dan jasa lingkungan yang dapat disediakan mangrove tersebut. Sehubungan dengan ini harus diintroduksi inovasi praktek pemanfaatan mangrove yang bersifat kompatibel antara satu bentuk pemanfaatan dengan bentuk pemanfaatan lainnya sehingga fungsi - fungsi ekosistem mangrove yang dimanfaatkan

tetap terpelihara dan tidak terganggu (Kusmana, 2007).

D. Pemodelan Sistem Dinamik

Menurut Forrester (1999) Sistem dinamik merupakan suatu bidang untuk memahami bagaimana sesuatu berubah terhadap waktu. Sistem ini dibentuk oleh beberapa persamaan diferensial yang digunakan untuk permasalahan biofisik yang diformulasikan sebagai keadaan dimasa mendatang yang bergantung pada keadaan saat ini. Sistem dinamik merupakan salah satu metode yang baik dalam melakukan analisis sebuah sistem industri yang kompleks. Hal ini dikarenakan sistem dinamik memiliki beberapa kemampuan seperti mampu memberikan perkiraan (forecast) yang lebih handal jika dibandingkan dengan menggunakan model statistik, model sistem dinamik dapat memfasilitasi pemahaman tentang penyebab perilaku industri serta dapat mendeteksi jika terjadi perubahan dini dalam struktur industri dan penentuan faktor-faktor yang meramalkan perilaku secara signifikan dan sensitif (Lyneis, 2000).

Metodologi sistem dinamik pada dasarnya menggunakan hubungan-hubungan sebab-akibat (*causa*) dalam menyusun model suatu sistem yang kompleks, sebagai dasar dalam mengenali dan memahami tingkah laku dinamis sistem tersebut. Penggunaan metodologi sistem dinamik lebih ditekankan kepada tujuan-tujuan peningkatan pengertian tentang bagaimana tingkah laku sistem muncul dari strukturnya. Persoalan yang dapat dengan tepat dimodelkan menggunakan metodologi ini adalah masalah yang mempunyai *sifat dinamis* (berubah terhadap

waktu) dan struktur fenomenanya mengandung paling sedikit satu struktur umpan-balik (*feedback structure*).

Pembuatan model dinamika sistem umumnya dilakukan dengan menggunakan *software* yang memang dirancang khusus. *Software* tersebut seperti *Powersim*, *Vensim*, *Stella*, dan *Dynamo*. Dengan *software* tersebut model dibuat secara grafis dengan simbol-simbol atas variabel dan hubungannya. Namun demikian tidak menutup kemungkinan sebuah *software* yang dapat mengolah operasi matematis jenis *spreadsheet* seperti *Microsoft Excel* juga bisa dimanfaatkan untuk kebutuhan pembuatan model sistem dinamik.

1. Konsep Pemodelan Sistem Dinamik

Definisi sederhana mengenai sistem adalah kumpulan komponen yang saling berinteraksi guna mencapai suatu tujuan tertentu. Dalam mempelajari dan menganalisis sebuah sistem diperlukan suatu metode dimana setiap komponen menjadi fokus dalam melakukan analisis (Maftuhah, 2013). *System dynamics* merupakan salah satu metode yang dapat menganalisis sistem secara baik. Coyle, (1999), menjelaskan pengertian sistem dinamik sebagai suatu metode analisis permasalahan berdasarkan dinamika waktu yang meliputi pemahaman bagaimana suatu sistem dapat dipertahankan dari gangguan di luar sistem atau dibuat berdasarkan tujuan dari pemodelan sistem. Dalam *system dynamics*, terdapat perlakuan untuk mempelajari bagian dari suatu sistem yang menyeluruh tanpa mengabaikan sistem amatan dengan lingkungan.

2. Penyusunan Konsep

Tahap awal simulasi adalah penyusunan konsep. Gejala atau proses yang akan ditirukan perlu dipahami, antara lain dengan menentukan unsur-unsur yang berperan dalam proses atau gejala tersebut. Unsur-unsur tersebut saling berhubungan, saling berinteraksi, dan saling berketergantungan. Dengan memahami unsur-unsur dan keterkaitannya maka dapat disusun gagasan atau konsep mengenai gejala atau yang akan disimulasikan.

3. Pembangunan Model

Model merupakan suatu bentuk yang dibuat untuk menirukan gejala atau proses. Model dapat dikategorikan menjadi model kuantitatif, kualitatif, dan model ikonik (Muhammadi, et al., 2001). Model kuantitatif adalah model yang disusun berupa rumus matematis, statistik, atau komputer. Simulasi dapat dilakukan dengan memasukkan data ke dalam model dengan perhitungan untuk mengetahui perilaku gejala atau proses. Model kualitatif adalah model yang dijelaskan dalam bentuk gambar, diagram, atau matriks yang menyatakan hubungan antar unsur. Di dalam model kualitatif, perlu dilakukan analisis hubungan sebab akibat antar unsur dengan memasukkan data yang dikumpulkan untuk mengetahui perilaku gejala atau proses. Sedangkan model ikonik adalah model yang mempunyai bentuk fisik sama dengan yang ditirukan dengan skala yang dapat diperbesar atau diperkecil. Dalam model ikonik, simulasi dilakukan

dengan percobaan secara fisik dengan menggunakan model tersebut untuk mengetahui perilaku model dalam kondisi yang berbeda.

Dalam pembuatan model ini dilakukan dengan bantuan software Powersim. Dengan bantuan software tersebut, simulasi dapat dibuat berdasarkan sistem nyata.

- Causal Loop Diagram (CLD)

Perilaku sistem dibentuk oleh kombinasi perilaku umpan balik yang menyusun struktur sistem. Causal Loop Diagram (CLD) atau diagram simpal kausal menunjukkan hubungan sebab-akibat dari suatu kejadian yang diungkapkan dalam bahasa gambar tertentu (Muhammadi et al., 2001). Bahasa gambar yang biasa digunakan berupa anak panah yang menghubungkan variabel-variabel dalam hubungan kausal dimana bagian pangkal menunjukkan sebab dan bagian ujung menunjukkan akibat. Setiap hubungan kausal memiliki polaritas positif (+) atau negatif (-) yang menandakan bagaimana kondisi dependent variable berubah ketika terjadi perubahan independent variable. Hubungan sebab akibat dapat dinyatakan dalam dua tanda, diantaranya:

1. Hubungan positif, yaitu suatu kondisi dimana elemen A mempunyai hubungan yang searah dengan elemen B, misalnya peningkatan nilai A akan mempengaruhi peningkatan nilai B
2. Hubungan negatif, yaitu suatu kondisi dimana elemen A mempunyai hubungan yang berlawanan arah dengan elemen B, misalnya

peningkatan nilai A akan mempengaruhi penurunan nilai B. CLD dapat diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 2. Causal Loop Diagram

- Stock Flow Diagram (SFD)

Pada simulasi model, variabel-variabel saling dihubungkan membentuk suatu sistem yang dapat menirukan kondisi sebenarnya. Stock Flow Diagram (SFD) menekankan pada struktur fisik dari struktur sistem. SFD merupakan akumulasi aliran dari material, uang, informasi yang terdapat dalam sebuah sistem (Sterman, 2004). SFD merupakan transformasi dari CFD menjadi hubungan antara stock dan flow yang dapat dimengerti oleh software komputer (Tarida, F. H., 2014). Beberapa simbol-simbol SFD yang digunakan dalam pemodelan sistem dinamik adalah sebagai berikut.

- Stock / Level

Stock atau juga disebut level digambarkan dalam bentuk segi empat. Stock menghasilkan suatu informasi untuk melakukan tindakan atau pengambilan keputusan. Suatu variabel dikatakan stock jika variabel

tersebut tidak mudah berubah. Perubahan pada stock hanya akan dipengaruhi oleh perubahan dari flow/rate (Sterman, 2004).

- Flow/rate

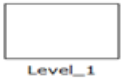

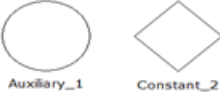
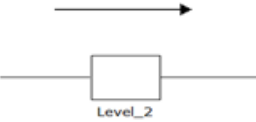
Flow atau disebut juga dengan rate merupakan suatu aliran yang dapat menaikkan atau menurunkan stock. Flow dibedakan menjadi 2, yaitu inflow dan outflow. Inflow digambarkan dengan pipa atau anak panah yang menuju atau menambah stock. Sedangkan outflow digambarkan dengan pipa atau anak panah yang keluar atau mengurangi stock. Flow merupakan satu-satunya variabel yang dapat mempengaruhi level.

- Auxiliary

Auxiliary dapat berupa aliran informasi yang memiliki nilai konstan (Maftuhah, 2013). Auxiliary berisikan persamaan (equation) yang membangkitkan nilai output di setiap periode.

- Connector

Connector merupakan penghubung variabel satu dengan variabel lainnya, dimana menghubungkan antara converter dengan converter, converter ke rate atau sebaliknya, level ke rate atau sebaliknya. Simbol-simbol SFD yang terdapat dalam software Stella© (iSee System) dapat ditunjukkan pada Gambar 2.

Simbol	Nama	Keterangan
	Stock/State/Level	Akumulasi
	Rate/Flow	Aliran yang terdiri dari unsur awan (asal sumber atau buangan aliran), katup dan saluran aliran.
	Auxillary Constant	Symbol dari konstanta atau penghubung perhitungan dalam simulasi model
	Causal Link Causal Link with Delay	Representasi variabel sebagai sebab atas akibat dengan atas tanpa penundaan yang dilambangkan dengan tanda panah

Gambar 3. Simbol-simbol Stok Flow Diagram

4. Konsep Pengujian Model

Untuk memastikan model simulasi yang telah dibuat dapat merepresentasikan sistem nyata maka dibutuhkan pengujian model. Beberapa teknik pengujian model yang diterapkan pada model sistem dinamik adalah sebagai berikut:

a. Uji Struktur Model

Uji struktur model dilakukan untuk mengetahui kesesuaian struktur model yang telah dibangun dengan struktur model nyata. Kesesuaian ini ditunjukkan dengan adanya interaksi antara setiap faktor pada sistem nyata harus tercermin pada model (Maftuhah, 2013). Menurut Muhammadi et al. (2001), terdapat dua jenis validitas struktur yaitu validitas konstruksi dan kestabilan struktur. Validitas struktur yaitu keyakinan pada konstruksi model valid baik secara ilmiah maupun dapat

diterima secara akademis. Sedangkan kestabilan struktur yaitu keberlakuan atau kekuatan (robustness) struktur dalam dimensi waktu.

b. Uji Parameter Model

Uji parameter bertujuan untuk mengetahui tingkat konsistensi nilai parameter yang ada dalam model. Uji parameter dilakukan dengan dua cara, yaitu validasi variabel input dan validasi logika dalam hubungan antar variabel. Validasi variabel input dilakukan dengan membandingkan data historis nyata dengan data yang digunakan sebagai inputan pada model. Sementara validasi logika dilakukan dengan mengecek logika antar variabel baik input maupun output (Maftuhah, 2013).

c. Uji Kecukupan Batasan (Boundary Adequacy Test)

Uji kecukupan batasan dilakukan menguji variabel manakah yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap tujuan model. Uji kecukupan ini dilakukan dengan berdasarkan pada diagram sebab akibat. Menurut Sterman (2004), apabila suatu variabel tidak memiliki pengaruh yang signifikan, maka variabel tersebut tidak perlu disertakan pada model.

d. Uji Kondisi Ekstrim

Uji kondisi ekstrim dilakukan untuk mengetahui apakah model tahan terhadap kondisi ekstrim, artinya model harus memiliki perilaku yang realistis pada kondisi apapun (Indiana, 2014). Pengujian ini dilakukan dengan memasukkan nilai ekstrim besar maupun terkecil pada variabel terukur dan terkendali. Logika yang digunakan adalah apabila

suatu 24 variabel memiliki hubungan kausal yang positif, jika variabel yang satu naik, maka variabel yang lain akan ikut naik, begitu sebaliknya (Maftuhah, 2013). Jika kondisi ini tidak sesuai, maka model dinyatakan tidak valid dalam kondisi ekstrim.

b. Uji Perilaku Model/Replikasi

Uji perilaku model atau replikasi bertujuan untuk mengetahui apakah perilaku model yang telah dibuat apakah sudah dapat mewakili kondisi yang sebenarnya. Menurut Barlas (1996), pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil yang didapatkan dari simulasi dengan data yang sebenarnya.

E. Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan terkait dengan mangrove salah satunya dilakukan oleh Pariyono (2006), yang membahas mengenai kajian potensi kawasan mangrove dalam kaitannya pengelolaan wilayah pantai di Desa panggung, Bulakbaru, Tanggultlare, Kabupaten Jepara. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis kondisi sumber daya hutan mangrove dan menganalisis strategi alternatif dalam pelestarian areal mangrove ditinjau dari pendekatan ekologi. Namun pada penelitian tersebut belum dijelaskan lebih mendalam mengenai kontribusi yang signifikan dari strategi-strategi yang direkomendasikan terkait dengan aspek ekologi.

Penelitian mengenai mangrove lainnya dilakukan oleh (Muhaerin, 2008), yang menjelaskan mengenai strategi-strategi kegiatan ekowisata mangrove di sekitar Estuari Perancak yang kemudian hanya dipilih tiga prioritas antara lain membuat dan mengaplikasikan sistem pemantauan dan evaluasi yang melibatkan 25 pemangku kepentingan dalam perlindungan ekosistem mangrove, membangun komitmen dan kesadaran semua pihak dalam pengendalian perencanaan lingkungan, dan meningkatkan usaha pengelolaan ekosistem mangrove melalui kegiatan ekowisata. Meskipun telah dipilih strategi yang menjadi prioritas, namun skenario kebijakan hanya bersifat statis tidak didasarkan pada fungsi waktu yang selalu dinamis sehingga belum diketahui bagaimana kontribusinya di masa yang akan datang.

Penelitian lainnya mengenai mangrove adalah pengelolaan mangrove berbasis komunitas (Community Based Mangrove Management-CBMM) yang telah dikenalkan oleh para akademisi maupun lembaga pemerintahan sebagai alternatif untuk pengelolaan berkelanjutan secara ekologi terhadap hutan mangrove yang keberadaannya di bumi semakin berkurang. Keterbatasan studi pada bidang sosial-politik dan aspek institusional sebagaimana aspek globalisasi menstimulus transformasi sosial-budaya komunitas pada CBMM yang telah ditemukan (Eddy et al., 2016). Riset penelitian yang lebih mendalam pada aspek-aspek tersebut telah direkomendasikan

untuk pengelolaan komunitas yang lebih baik yang lebih ditekankan pada hutan. Namun pada penelitian ini review mengenai CBMM hanya pada status dan keberlanjutannya.

Maftuhah (2013) dalam penelitiannya membahas mengenai pemodelan kebijakan budidaya mangrove berbasis komunitas. Penelitian tersebut memanfaatkan konsep *green economy* yang berbasis pada tiga pilar yaitu aspek ekonomi, aspek sosial, dan aspek lingkungan. Namun untuk membangun konsep *green economy* secara menyeluruh, beberapa kebijakan pembangunan yang dimulai di tingkat daerah dengan membahas ketiga aspek tersebut guna melihat bagaimana hubungan keterkaitannya dengan konsep pengelolaan mangrove dan kebijakan yang tepat.

Maka dari itu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berfokus pada pembangunan rendah karbon sektor mangrove yang ditinjau dari aspek ekonomi, aspek sosial, dan aspek lingkungan, untuk mendukung konsep pembangunan rendah karbon pada kawasan mangrove di Kabupaten Sinjai.

Tabel 2. Penelitian Terdahulu

No.	Judul (Nama Peneliti)	Tujuan	Metode Analisis	Hasil Penelitian
1.	Kajian Potensi Kawasan Mangrove dalam Kaitannya dengan Pengelolaan Wilayah Pantai di Desa Panggung, Bulakbaru, Tanggultare, Kabupaten Jepara (Pariyono, 2006).	Mengetahui dan menganalisis kondisi sumberdaya hutan mangrove serta menganalisis strategi alternative dalam pelestarian areal mangrove ditinjau dari segi ekologi.	Deskriptif dan studi kasus	Hasil penelitian menunjukkan bahwa di desa Panggung, Bulakbaru dan Tanggultare ditemukan 4 jenis mangrove yaitu <i>Avicennia marina</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Rhizophora apiculata</i> dan <i>Rhizophora stylosa</i> sehingga strategi pengelolaan hutan mangrove yang mempunyai kemungkinan besar untuk diterapkan adalah : meningkatkan ilmu pengetahuan dan teknologi, kemampuan sumber daya manusia dan kesadaran masyarakat dalam pengelolaan sumber daya yang sejalan dengan perlindungan ekosistem mangrove dan untuk menanggulangi degradasi lingkungan dan berkurangnya sumber daya alam akibat rusaknya ekosistem mangrove, mendayagunakan potensi kawasan yang belum dimanfaatkan untuk melestarikan ekosistem mangrove dan meningkatkan sumber daya alam guna dimanfaatkan dalam pengelolaan sumber daya perikanan tambak.
2.	Kajian Sumberdaya Ekosistem Mangrove Untuk Pengelolaan Ekowisata di Estuari Perancak, Jembrana, Bali (Muhaerin, 2008).	Mengkaji potensi dan kondisi ekosistem mangrove untuk penyusunan strategi pengolahan ekowisata di Estuari Perancak,	Analisis data yang meliputi analisis potensi ekosistem mangrove, analisis kesesuaian ekologis, analisis daya dukung, dan analisis SWOT	Diperoleh tiga prioritas alternatif strategi untuk pengelolaan ekowisata di sekitar Estuari Perancak. Strategi-strategi tersebut adalah: Pertama, membuat dan mengaplikasikan sistem pemantauan dan evaluasi yang melibatkan para pemangku kepentingan dalam perlindungan ekosistem mangrove. Kedua, membangun komitmen dan kesadaran semua pihak dalam pengendalian

		Jembrana, Bali.		pencemaran lingkungan. Ketiga, meningkatkan usaha pengelolaan ekosistem mangrove melalui kegiatan ekowisata.
3.	Community Based Mangrove Management : A Review On Status and Sustainability (Eddy et al., 2016).	Review mengenai status dan keberlanjutan pada pengelolaan mangrove berbasis komunitas (CBMM).	Review	Teknik silvofishery dalam budidaya sangat cocok untuk upaya konservasi hutan mangrove berbasis masyarakat. Silvofishery merupakan model terpadu yang mempertimbangkan manfaat ekonomi dan konservasi.
4.	Analisis Kebijakan Budidaya Mangrove Berbasis Komunitas di Kawasan Terdampak Lumpur Sidoarjo Dengan Memanfaatkan Konsep Green Economy (Maftuhah, 2013).	Memunculkan alternatif kebijakan budidaya mangrove berbasis komunitas di kawasan terdampak Lumpur Sidoarjo menggunakan konsep <i>Green Economy</i> .	Sistem dinamik	Sesuai dengan hasil simulasi dari lima skenario ditunjukkan bahwa kedua skenario yaitu skenario penambahan bibit mangrove paling berpengaruh terhadap aspek lingkungan skenario peningkatan fraksi kerjasama instansi paling berpengaruh terhadap aspek ekonomi dan sosial. Sedangkan ketiga skenario yang lain seperti peningkatan fraksi stok benih budidaya peningkatan fraksi alokasi dana pendidikan dan peningkatan harga ikan budidaya tidak signifikan memberikan pengaruh terhadap aspek <i>green economy</i> . Untuk mengatasi trade-off dari skenario terpilih maka dilakukan kombinasi skenario yang berkelanjutan terhadap ketiga aspek <i>green economy</i> . Kombinasi skenario yang dipilih adalah skenario optimistik yang menerapkan peningkatan terhadap kelima skenario dan sangat mempengaruhi aspek <i>green economy</i> secara signifikan sehingga diperlukan kolaborasi optimal antar kombinasi skenario.
5.	Analisis Strategi Pengelolaan Hutan Mangrove	1. Menganalisis potensi hutan mangrove	1. Metode untuk menentukan kriteria strategi	1. Kriteria rehabilitasi ekologi, ekonomi dan ekosistem menjadi prioritas alternatif dalam pelestarian hutan mangrove; sedangkan

	Berkelanjutan Di Kecamatan Tatapaan, Minahasa Selatan (Mangkay et al., 2012)	2. Mengidentifikasi kriteria-kriteria yang dapat dipakai untuk menentukan strategi pengelolaan hutan mangrove di Kecamatan Tatapaan Kabupaten Minahasa Selatan	<p>pengelolaan berkelanjutan adalah dengan metode Analytic Hierarchy Proses (AHP) software V.11</p> <p>2. Analisis potensi dan pengelolaan hutan mangrove juga menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Analisa vegetasi juga dilakukan untuk menentukan nilai kerapatan, frekuensi spesies, dan penutupan lahan, sehingga akan didapatkan Indeks Nilai Penting (INP)</p>	<p>konservasi, kesejahteraan masyarakat dan kelestarian lingkungan menjadi prioritas alternatif dalam pelestarian lingkungan hidup. Potensi hutan mangrove menjadi prioritas alternative dalam pelestarian hutan mangrove sedangkan kebijakan pengelolaan hutan mangrove menjadi prioritas alternative dalam pelestarian lingkungan hidup. Pelestarian lingkungan hidup menjadi prioritas alternatif strategi pengelolaan hutan mangrove berkelanjutan dengan nilai prioritas sebesar 50.4%.</p> <p>2. Hasil INP <i>Rhizopora</i> sebesar 71.43/27%, <i>INP Avicenia</i> sebesar 57.56/26%, <i>Sonneratia</i> sebesar 3.77/20%, <i>Ceriops</i> sebesar 35.77/13%, <i>Bruguera</i> sebesar 25.99/10% dan <i>Xylocarpus</i> sebesar 19.99/8%. Prioritas utama dalam pengelolaan hutan mangrove secara berkelanjutan adalah pada kebijakan pengelolaan hutan sebesar 49.6%.</p>
6.	Kebijakan Pengelolaan Ekosistem Mangrove Berkelanjutan Di Kabupaten Bengkalis Provinsi	Menentukan arah kebijakan pengelolaan mangrove secara berkelanjutan di Kabupaten Bengkalis	Metode penelitian ini menggunakan metode studi literatur / studi kepustakaan. Studi literatur yang dilakukan oleh penulis yaitu dengan	Kebijakan rehabilitasi dan penetapan objek wisata ekosistem mangrove di Kabupaten Bengkalis perlu dilakukan secara berkelanjutan dengan melibatkan masyarakat setempat dengan pola pemberdayaan masyarakat. Keberhasilan maupun kegagalan dalam rehabilitasi hutan mangrove dan menjadikan objek wisata mangrove tidak terlepas dari peran

	Riau (Mashur et al., 2019).		melakukan pencarian terhadap berbagai sumber tertulis, baik berupa buku-buku, arsip, majalah, artikel, dan jurnal, atau dokumen-dokumen yang relevan dengan permasalahan yang dikaji. Sehingga informasi yang didapat dari studi kepustakaan ini dijadikan rujukan untuk memperkuat argumentasi-argumentasi yang ada.	masyarakat dalam mendukung program pemerintah baik dalam perencanaan maupun pelaksanaan rehabilitasi hutan mangrove dan objek wisata.
7.	Pengelolaan Mangrove Berkelanjutan Untuk Kegiatan Ekowisata Di Pantai Mengare Kabupaten Gresik (Yulianita et al., 2020)	Mengetahui kualitas air, jenis mangrove, mengetahui kesesuaian ekowisata mangrove dan arahan pengembangan ekowisata mangrove.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode yang digunakan adalah pengamatan secara langsung terhadap jenis mangrove pada setiap stasiun I II dan III 2. menganalisis kesesuaian kawasan 3. Metode ketiga arahan 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hasilnya ditemukan 4 jenis mangrove diantaranya Rhizophora mucronata, Avicennia marina, Bruguiera cylindrica dan Ceriops tagal. Metode selanjutnya menganalisis kesesuaian kawasan untuk ekowisata yang hasil rata-ratanya dengan nilai 56.4103% dan masuk dalam kelas kesesuaian S2 (sesuai). 2. Terdapat 3 kriteria dalam hirarki yaitu ekologi, ekonomi dan sosial. Dari hasil pengelolaan expert choice arahan pengembangan utama untuk pengelolaan mangrove berkelanjutan utama yaitu kriteria ekologi dengan skor 0,637. Pengelolaan mangrove berkelanjutan diharapkan

			<p>pengembangan ekowisata mangrove yang menggunakan metode AHP (Analytical Hierarchy Process) dengan software expert choice yang terdapat 3 kriteria dalam hirarki yaitu ekologi, ekonomi dan sosial.</p>	<p>mampu meningkatkan perekonomian masyarakat setempat serta dapat sekaligus menjaga kelestarian ekowisata mangrove.</p>
--	--	--	---	--

8.	Peran Ekosistem Mangrove Bagi Mitigasi Pemanasan Global (Dinilhuda et al., 2018).	Mengulas pentingnya ekosistem mangrove dalam mitigasi bencana khususnya bencana pemanasan global.	Studi literatur	Kondisi kerusakan ekosistem mangrove di Indonesia tergolong rusak berat mencapai luas 42% dan keadaan rusak seluas 29% yang melebihi setengah dari ekosistem mangrove yang ada. Kerusakan ekosistem mangrove diakibatkan oleh siklus alam dan aktivitas manusia dalam memenuhi kebutuhan hidup. Dampak kerusakan ekosistem mangrove akan mempengaruhi dari segi ekonomi berupa pendapatan manusia, perubahan perilaku masyarakat dari segi sosial dan kerusakan lingkungan hutan. Kerusakan ekosistem mangrove secara besar akan memberikan efek terhadap adanya global warming yang mempengaruhi iklim untuk keberlangsungan kehidupan makhluk hidup. Upaya yang dilakukan sebagai mitigasi global warming melalui pendekatan masyarakat, pemulihan hutan dengan penanaman, pembangunan pelindung pantai, dan pendekatan ekonomi.
9.	Skenario Kebijakan Pengembangan Ekowisata Di Pulau Lumpur Sidoarjo Berbasis Konsep Berkelanjutan Lingkungan : Sebuah Pendekatan Sistem Dinamik (Arieska, 2015).	Menganalisis dan memodelkan skenario kebijakan pengembangan ekowisata di Pulau Lumpur dan memberikan rekomendasi skenario	Pendekatan Sistem Dinamik	Skenario-skenario kebijakan yang ditetapkan dilihat berdasarkan variabel respon yang telah ditentukan. Variabel respon dari penelitian ini adalah daya dukung lingkungan, pendapatan sektor perikanan, pendapatan ekowisata, PAD, emisi karbon, dan pengaruh kesadaran lingkungan. Untuk mengatasi tradeoff terhadap parameter penilaian, maka dibuat kombinasi yang mungkin terjadi antar skenario dan didapatkan sebelas kombinasi skenario.

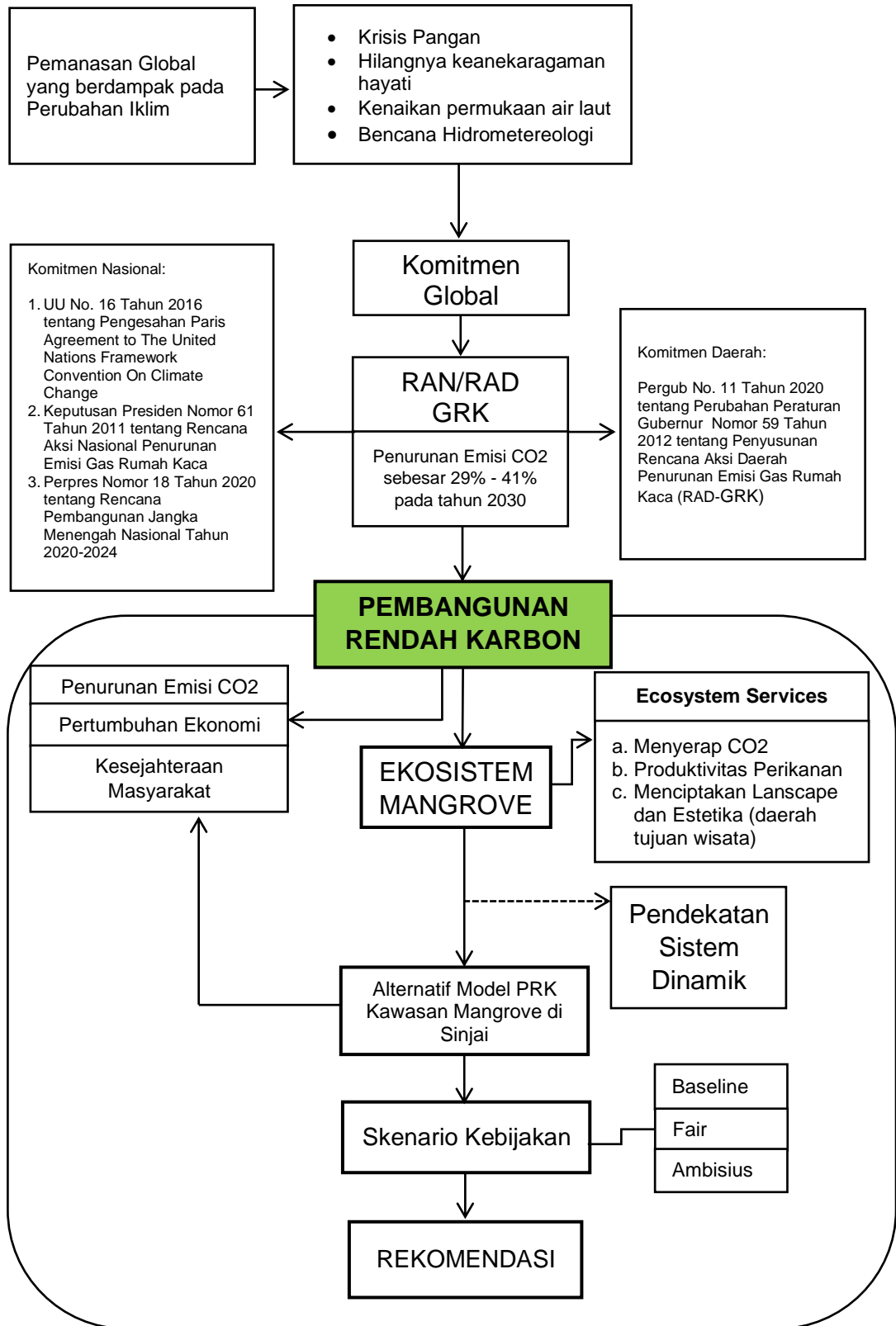
		kebijakan yang tepat berbasis keberlanjutan lingkungan		Kombinasi skenario yang diutamakan berdasarkan peningkatan dari kondisi eksisting adalah yang dapat memenuhi enam kriteria penilaian, yaitu kombinasi I dan kombinasi K. Kombinasi I merupakan kombinasi skenario penambahan bibit mangrove, penambahan institusi yang terlibat kerjasama, dan peningkatan fraksi alokasi dana penyuluhan budidaya mangrove. Sedangkan kombinasi K merupakan kombinasi skenario penambahan bibit mangrove, penambahan benih ikan, penambahan institusi yang terlibat kerjasama, dan peningkatan fraksi alokasi dana penyuluhan budidaya mangrove.
--	--	--	--	---

F. Kerangka Konsep Penelitian

Pemanasan global yang berdampak pada perubahan iklim berpengaruh pada keberlangsungan hidup manusia, misalnya pola cuaca yang tak menentu akan berdampak pada gagal panen yang akhirnya mengakibatkan krisis pangan. Bahaya yang ditimbulkan perubahan iklim telah membuat isu ini menjadi permasalahan utama baik di kancah nasional maupun internasional. Melihat masifnya dampak perubahan iklim seperti bencana dan kerusakan alam yang disebabkan oleh faktor-faktor hidrometeorologis (angin kencang, hujan lebat, dan gelombang tinggi) di berbagai tempat, maka negara-negara global berkomitmen menyepakati Paris Agreement. Kemudian pemerintah Indonesia berkomitmen untuk meratifikasi Paris Agreement dengan menerbitkan UU No.16 Tahun 2016. Kemudian berdasarkan Kepres No. 61 Tahun 2011 maka pemerintah melakukan transformasi dari Rencana Aksi Nasional Gas Rumah Kaca menuju Pembangunan Rendah Karbon (PRK).

Pemerintah Indonesia telah menentukan target penurunan emisi CO₂ sebesar 29% dengan upaya sendiri hingga 41% dengan bantuan internasional. PRK diharapkan dapat merespon isu perubahan iklim dengan mempertimbangkan keseimbangan pertumbuhan ekonomi, pengentasan kemiskinan, dan pengurangan emisi gas rumah kaca. PRK pada ekosistem mangrove juga diharapkan dapat menciptakan *Ecosystem Services* untuk

melestarikan sumber daya dan mensejahterakan masyarakat. Kemudian dengan pendekatan Sistem Dinamik akan disimulasikan beberapa model skenario kebijakan sesuai dengan kondisi eksisting/baseline, fair bahkan ambisius untuk menghasilkan rekomendasi di masa mendatang.



Gambar 4. Kerangka Pikir Penelitian