

**PEMODELAN SPASIAL UNTUK PENGELOLAAN EMISI/SERAPAN KARBON
DI AREAL TAMBANG BATU BARA**

DISERTASI

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Doktor**



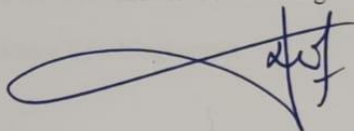
**Oleh:
La Taati
NIM. 2241213310020**

**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Disertasi : Pemodelan Spasial Untuk Pengelolaan Emisi/Serapan Karbon di Areal Tambang Batu Bara
Nama : La Taati
NIM : 2241213310020

Disetujui,
Komisi Pembimbing



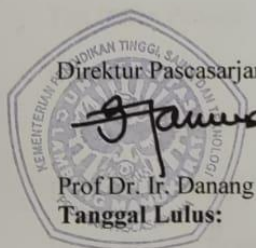
Prof. Sunardi. S.Si M.Sc. Ph.D.
Ketua



Dr. Isnasyauqiah, S.T., M.T
Anggota 1



Dr. Ir. Ahmad Jauhari, MP.IPU
Anggota 2



Direktur Pascasarjana ULM
Prof Dr. Ir. Danang Biyatmoko, M.Si
Tanggal Lulus:



Diketahui,
Koordinator Prodi S3 Ilmu Lingkungan
Dr. Isnasyauqiah, S.T., M.T
Tanggal Wisuda:

HALAMAN IDENTITAS TIM PENGUJI DISERTASI

JUDUL DISERTASI:

Pemodelan Spasial Untuk Pengelolaan Emisi/Serapan Karbon di Areal Tambang Batubara

Nama : La Taati
NIM : 2241213310020
Program studi : Doktor Ilmu Lingkungan

Komisi Pembimbing:

Ketua : *Prof. Sunardi. S.Si M.Sc. Ph.D*
Anggota : Dr. Isnasyauqiah, S.T., M.T
Anggota : Dr.Ir. Ahmad Jauhari, MP.IPU

Tim Dosen Penguji:

Dosen Penguji 1 : Dr. Yusanto Nugroho, S.Hut
Dosen Penguji 2 : Dr. Muhammad Ahsar Karim, S.Si
Dosen Penguji 3 : Dr. Rosalina Kumalawati, S.Si.
Dosen Penguji Tamu : Beni Raharjo, S.Hut., MNatRes, Ph.D

Tanggal Ujian : 21 Februari 2025
SK Penguji : 326/UN8.4/DT.04.3/2024

PERNYATAAN ORISINALITAS DISERTASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : La Taati

NIM : 2241213310020

Program studi : Doktor Ilmu Lingkungan

Fakultas : Program Pascasarjana

Perguruan Tinggi : Universitas Lambung Mangkurat

Judul Disertasi: : **“Pemodelan Spasial Untuk Pengelolaan Emisi/Serapan Karbon di Areal Tambang Batu Bara”**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Disertasi yang saya tulis ini benar- benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dicantumkan sebagai kutipan/acuan dalam naskah dengan disebutkan sumber kutipan/ acuan dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Disertasi ini hasil jiplakan, plagiasi maupun manipulasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sehat dan tanpa paksaan dari siapapun.

Banjarmasin, 21 Februari 2025
Yang membuat,

La Taati
NIM 2241213310020

LEMBAR PERSEMBAHAN

Dengan kerendahan hati dan rasa syukur yang mendalam kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, disertasi ini saya persembahkan kepada:

1. ***Kedua orang tua tercinta***, yang dengan penuh cinta kasih, pengorbanan, dan doa senantiasa mendukung setiap langkah saya. Tanpa semangat, nasihat, dan keberanian yang kalian tanamkan, perjalanan ini tidak akan pernah tercapai.
2. ***Istri dan keluarga kecil saya***, yang menjadi tempat saya bersandar, memberikan kekuatan di saat lelah, dan menjadi pengingat akan tujuan utama dalam hidup. Dukungan kalian adalah energi tak tergantikan dalam setiap proses penyusunan karya ini.
3. ***Para pendidik, dosen, dan pembimbing akademik***, yang dengan sabar dan penuh dedikasi membimbing, mengarahkan, serta memotivasi saya untuk menghasilkan karya terbaik. Terima kasih atas waktu, tenaga, dan ilmu yang telah diberikan.
4. ***Keluarga Besar Balai Pemantapan Kawasan Hutan dan Tata Lingkungan Wilayah V Banjarbaru***, yang menjadi alasan utama bagi saya untuk terus belajar dan berkontribusi di Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan, Kementerian Kehutanan semoga berdampak positif bagi pengelolaan sumberdaya alam yang berkelanjutan menuju lingkungan yang lebih baik.
5. ***Sahabat dan rekan seperjuangan***, yang selalu hadir di saat suka dan duka, berbagi semangat dan doa. Kalian adalah bagian penting dari perjalanan ini, dan saya sangat menghargai setiap dukungan yang kalian berikan.

Disertasi ini bukan sekadar karya akademik, tetapi juga bentuk penghormatan kepada nilai-nilai luhur yang telah diajarkan oleh berbagai pihak. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi dunia pendidikan, budaya, dan kelestarian lingkungan.

RIWAYAT HIDUP PENULIS

La Taati, lahir di Muna pada tanggal 27 bulan Januari tahun 1977, merupakan anak kelima dari enam bersaudara, anak dari Bapak La Aso dan Ibu Wa Mini (Almh), bersekolah di SD Negeri no 2 Dopu lulus tahun 1989, kemudian lanjut ke SMPN Watuputih lulus tahun 1992 dan meneruskan ke SKMA Ujung Pandang lulus tahun 1995. Selanjutnya, meneruskan pendidikan Sarjana di Program Studi Kehutanan Universitas Satria Makassar dan lulus pada tahun 2005, kemudian melanjutkan pendidikan Magister di Program Studi Pendidikan Perencanaan Wilayah Perdesaan dan lulus pada tahun 2015. Pengalaman kerja sejak tahun 1996 - 2009 sebagai staf di Balai Inventarisasi dan Perpetaan Hutan Wilayah VII Ujung Pandang kemudian melakukan mutasi ke Balai Pemantapan Kawasan Hutan Wilayah IV Palu sejak Tahun 2009-2018, kemudian Promosi sebagai Kepala seksi Pemolaan Kawasan Hutan BPKH wilayah V Banjarbaru Sejak tahun 2018-2024 dan sekarang mutasi ke Balai Pemantapan Kawasan Hutan dan Tata Lingkungan Wilayah V Samarinda sebagai Kepala seksi Sumberdaya Hutan dan Tata Lingkungan sejak bulan september 2024.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat, karunia, dan kekuatan yang diberikan sehingga disertasi berjudul *Pemodelan Spasial Untuk Pengelolaan Emisi/Serapan Karbon di Areal Tambang Batu Bara* dapat terselesaikan dengan baik. Disertasi ini terwujud berkat dukungan, bimbingan, dan kontribusi dari berbagai pihak, yang dengan penuh rasa hormat dan terima kasih saya sampaikan apresiasi kepada:

1. **Promotor dan Co-Promotor:** *Prof. Sunardi*. S.Si M.Sc. Ph.D, Dr. Isnasyauqiah, S.T., M.T, dan Dr.Ir. Ahmad Jauhari, MP.IPU, atas kesabaran, keahlian, saran, dan dukungannya yang menjadi pilar utama penyelesaian disertasi ini.
2. **Koordinator, Sekretaris, dan Staf Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan ULM:** Dr. Isnasyauqiah, S.T., M.T, Dr. Anni Nurliani, S.Si., Ph.D, dan staf Serina Amka Putri, S.Si atas bimbingan, bantuan teknis, serta pelayanan yang ramah selama proses studi.
3. **Dosen dan Staf Akademik ULM:** seluruh dosen atas ilmu dan wawasan yang diberikan, serta staf akademik dan administratif atas dukungan teknis yang mempermudah proses penyelesaian studi ini.
4. **Direktur dan Staf Pascasarjana ULM:** Prof. Dr. Ir. Danang Biyatmoko, M.Si, atas kepemimpinan, arahan, serta dukungan profesional selama masa studi.
5. **Rektor ULM:** Prof. Dr. Ahmad, S.E., M.Si, atas arahan, dukungan, dan kepemimpinan yang menginspirasi, serta seluruh jajaran rektorat dan staf yang mendukung kelancaran proses akademik.
6. **Rekan Angkatan 2022:** atas semangat, diskusi yang produktif, dan dukungan moral yang sangat membantu dalam menghadapi berbagai tantangan selama studi.
7. **Keluarga Tercinta:** kedua orang tua yang tak pernah henti memberikan doa, suami dan anak sebagai sumber kekuatan dan motivasi, serta seluruh keluarga atas dukungan emosional dan moralnya.

8. **Pihak Khusus:** Keluarga Besar Balai Pemantapan Kawasan Hutan dan Tata Lingkungan Wilayah V Banjarbaru atas izin, informasi, dan kerjasama yang memungkinkan penelitian ini berjalan dengan lancar.
9. Semoga segala bantuan, dukungan, dan kontribusi yang diberikan menjadi amal kebaikan yang mendapatkan balasan terbaik dari Tuhan Yang Maha Esa.

Banjarmasin, Februari 2025

La Taati

RINGKASAN

La Taati. NIM 2241213310020. 2024. Program Studi S3 Ilmu Lingkungan. Fakultas Pascasarjana. Universitas Lambung Mangkurat. *Pemodelan Spasial Untuk Pengelolaan Emisi/Serapan Karbon di Areal Tambang Batu Bara*. Pembimbing: *Prof. Sunardi. S.Si M.Sc. Ph.D.*; *Dr. Isnasyauqiah, S.T., M.T.*; *Dr.Ir. Ahmad Jauhari, MP.IPU*.

Perubahan iklim yang dipicu oleh aktivitas manusia, seperti pembakaran bahan bakar fosil, urbanisasi, dan deforestasi, telah meningkatkan emisi gas rumah kaca (GRK) seperti CO₂, CH₄, dan N₂O, yang memengaruhi ekosistem global melalui pemanasan suhu, degradasi lahan, dan kehilangan biodiversitas. Pertambangan batu bara berkontribusi signifikan terhadap peningkatan LST, tingkat kekeringan, dan stres vegetasi, serta penurunan tutupan lahan sebagai penyerap karbon. Penurunan kualitas ekosistem semakin diperburuk oleh kebijakan penggunaan lahan yang tidak berkelanjutan, sehingga mengakibatkan berkurangnya kemampuan vegetasi dalam menyerap karbon. Dalam konteks mitigasi, pemanfaatan indeks seperti TVDI dan NDVI, serta teknologi penginderaan jauh dan GIS, merupakan pendekatan strategis untuk menganalisis vegetasi dalam penyerapan karbon akibat emisi. Strategi ini mendukung restorasi lahan pascatambang melalui revegetasi, yang berperan penting dalam menurunkan emisi GRK, mengembalikan ekosistem, serta menciptakan keseimbangan lingkungan melalui pengelolaan berbasis spasial yang efisien. Penelitian ini bertujuan: (a) menganalisis kualitas hutan di areal tambang batu bara dan sekitarnya berdasarkan nilai LST, UHI, dan TVDI, (b) menganalisis potensi karbon vegetasi untuk mereduksi CO₂ berdasarkan nilai NDVI, serta (c) merancang model pengelolaan emisi dan serapan karbon berbasis vegetasi.

Penelitian ini merupakan studi kuantitatif yang menggunakan pendekatan statistik untuk menguji hipotesis menggunakan berbagai metode analisis, seperti tabulasi silang, regresi spasial, NDVI, LST, UHI, dan TVDI, dan integrasi spasial Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis (GIS). Data vegetasi dan biomassa di sekitar dan dalam area pertambangan batu bara diukur dan dimodelkan untuk memprediksi potensi emisi dan penyerapan karbon menggunakan citra satelit dan survei lapangan. Pengolahan data melibatkan analisis spasial pada berbagai indeks vegetasi, suhu, dan tingkat kekeringan vegetasi, dengan validasi model menggunakan data lapangan tambahan untuk mengembangkan rekomendasi untuk pengendalian emisi dan peningkatan penyerapan karbon di area pertambangan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas pertambangan batu bara meningkatkan LST di sekitar area pertambangan, dengan suhu tanah mencapai di atas 37°C dibandingkan dengan daerah sekitarnya yang suhunya berkisar antara 34°C hingga 37°C dalam radius 6 km. Analisis tersebut juga mengungkap keberadaan efek UHI, yang memperburuk peningkatan suhu di area pertambangan. Dengan menggunakan data LANDSAT-9 dan analisis TVDI, ditemukan bahwa area dengan nilai TVDI sedang (0,2-0,4) mengalami kekeringan dan stres vegetasi di sekitar area pertambangan. Selain itu, korelasi negatif yang kuat antara NDVI dan LST ($r = -0,9136$) menunjukkan bahwa nilai NDVI yang tinggi dikaitkan dengan nilai LST yang cenderung turun. Area dengan vegetasi yang rapat memiliki kapasitas penyimpanan karbon yang lebih tinggi, seperti yang ditunjukkan oleh model regresi linier, yang menunjukkan bahwa 82,6% variasi stok karbon dijelaskan oleh nilai NDVI, dengan NRMSE (Normalized Root Mean Square Error) di bawah 1%. Desain berbasis vegetasi untuk Buffer Zone diusulkan. Skenario 1 (Pendekatan berbasis area): Jika perhitungan berdasarkan luas lahan, maka lahan seluas 250 ha dengan emisi 9.175 ton CO₂/ha/tahun dapat dikurangi sebesar 9,2 ribu ton CO₂ dengan luas tanam 550 ha (lebih dari dua kali luas lahan yang dibuka) dan laju pertumbuhan vegetasi 1 cm/tahun. Skenario 2 (Pendekatan berbasis emisi): Jika perhitungan berdasarkan

total emisi dari seluruh kegiatan pertambangan (98 ribu ton CO₂ pada tahun 2022 di area riset), maka diperlukan Buffer Zone seluas 1.300 ha (lebih dari 5 kali luas lahan yang dibuka) dapat mengurangi 96,48 ribu ton CO₂ pada tahun ke-9 dengan laju pertumbuhan vegetasi 1 cm/tahun.

Kata Kunci: Model spasial, Emisi Karbon, LST, UHI, TVDI, NDVI.

SUMMARY

La Taati. NIM 2241213310020. 2024. Doctoral Program in Environmental Science. Graduate School. Lambung Mangkurat University. Spatial Modeling for Carbon Emission/Absorption Management in Coal Mining Areas. Supervisor: *Prof. Sunardi*. S.Si M.Sc. Ph.D.; Dr. Isnasyauqiah, S.T., M.T.; Dr.Ir. Ahmad Jauhari, MP.IPU.

Climate change triggered by human activities such as fossil fuel combustion, urbanization, and deforestation has increased greenhouse gas (GHG) emissions, including CO₂, CH₄, and N₂O, affecting global ecosystems through rising temperatures, land degradation, and biodiversity loss. Coal mining significantly contributes to increasing land surface temperature (LST), drought levels, vegetation stress, and the decline of land cover as a carbon sink. This ecosystem degradation is exacerbated by unsustainable land-use policies, which reduce vegetation's ability to absorb carbon. In the context of mitigation, utilizing indices such as TVDI and NDVI, along with remote sensing and GIS technology, provides a strategic approach to analyze vegetation's ability to reduce carbon emission caused by mining activities. These strategies support mine land restoration through revegetation, playing a crucial role in reducing GHG emissions, restoring ecosystems, and achieving environmental balance through efficient spatial-based management.

This study aims to: (a) analyze forest quality in coal mining areas and their surroundings based on LST, UHI, and TVDI values; (b) assess the carbon sequestration potential of vegetation to reduce CO₂ based on NDVI values; and (c) design a vegetation-based emission management and carbon sequestration model.

The research adopts a quantitative approach using statistical methods to test hypotheses through various analytical techniques, including cross-tabulation, spatial regression, vegetation greenness indices (NDVI), LST, UHI, temperature-vegetation dryness index (TVDI), and the integration of remote sensing and Geographic Information Systems (GIS). Vegetation and biomass data in and around coal mining areas are measured and modeled to predict carbon emissions and sequestration potential using satellite imagery and field surveys. Data processing involves spatial analysis of vegetation, temperature, and vegetation dryness indices, with model validation using additional field data to develop recommendations for emission control and carbon sequestration enhancement in mining areas.

The findings indicate that coal mining activities increase LST around mining sites, with soil temperatures exceeding 37°C compared to surrounding areas, which range from 34°C to 37°C within a 6 km radius. The analysis also revealed the presence of the Urban Heat Island (UHI) effect, exacerbating temperature increases in mining areas. Using LANDSAT-9 data and TVDI analysis, it was found that areas with moderate TVDI values (0.2–0.4) experienced drought and vegetation stress near mining sites. Additionally, a strong negative correlation between NDVI and LST ($r = -0.9136$) showed that higher vegetation greenness (NDVI) was associated with lower surface temperatures. Areas with dense vegetation exhibited higher carbon storage capacity, as demonstrated by a linear regression model, which revealed that 82.6% of carbon stock variation was explained by NDVI values, with a Normalized Root Mean Square Error (NRMSE) below 1%.

A vegetation-based buffer zone design was proposed. Scenario 1 (Area-based approach): Assuming emissions are calculated per land area, a plot of 250 ha with emissions of 9,175 tons CO₂/ha/year could be offset by planting 550 ha (more than double the cleared area) with a vegetation growth rate of 1 cm/year, reducing 9.2 thousand tons of CO₂. Scenario 2 (Emission-based approach): Based on total emissions from all mining activities (98,000 tons

CO₂ in 2022 in the research area), a buffer zone of 1,300 ha (more than five times the cleared land area) would be required to reduce 96.48 thousand tons of CO₂ by the 9th year, assuming a vegetation growth rate of 1 cm/year.

Keywords: Spatial Model, Carbon Emissions, LST, UHI, TVDI, NDVI

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga disertasi ini dengan judul "Pemodelan Spasial untuk Pengelolaan Emisi/Serapan Karbon di Areal Tambang Batu Bara" dapat diselesaikan. Disertasi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di program doktoral dan diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang pengelolaan lingkungan, khususnya dalam sektor pertambangan.

Topik penelitian ini dipilih dengan latar belakang keprihatinan akan dampak lingkungan dari aktivitas pertambangan batu bara, terutama emisi karbon yang dihasilkan, serta peluang dalam memitigasi dampak tersebut melalui pemodelan spasial. Melalui penelitian ini, penulis berharap dapat menyediakan data dan model yang bermanfaat bagi pemangku kepentingan dalam mengambil kebijakan yang lebih bijaksana untuk mencapai keseimbangan antara kebutuhan energi dan kelestarian lingkungan.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian disertasi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pembimbing, dosen, rekan-rekan, dan keluarga yang telah memberikan dukungan baik secara moral maupun materiil. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam pengumpulan dan analisis data lapangan.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa disertasi ini masih memiliki keterbatasan, dan masukan serta kritik yang membangun sangat diharapkan untuk pengembangan penelitian ini lebih lanjut. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat yang berarti bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan pengelolaan lingkungan di Indonesia.

Banjarmasin, Februari 2025

La Taati

DAFTAR ISI

COVER.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
HALAMAN IDENTITAS TIM PENGUJI DISERTASI.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS DISERTASI	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	vv
RIWAYAT HIDUP PENULIS.....	vi
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
RINGKASAN.....	ix
SUMMARY	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
DAFTAR SINGKATAN.....	xix
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Tujuan Penelitian.....	8
1.4 Manfaat Penelitian.....	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Perubahan Iklim	11
2.2 Peranan Hutan Sebagai Penurun Emisi Dan Penyerap Karbon	12
2.3 Kontribusi Pertambangan Batu Bara Terhadap Emisi Karbon	14
2.4 Pemodelan Spasial Untuk Prediksi Potensi Karbon.....	16
2.5 Persetujuan Penggunaan Kawasan Hutan (PPKH)	17
2.6 <i>Geographic Information System (GIS)</i>	18
2.7 Citra Satelit Sentinel-2	20
2.8 Tipe Analisa Citra Berbasis Image Satelit	22
2.9 Pengelolaan Emisi dan Serapan Karbon	30
2.10 Model Spasial Untuk Pengelolaan Lingkungan.....	33
2.11 Pertambangan Batu Bara dan Dampaknya terhadap Emisi Karbon.....	35
2.12 Pendekatan Pemodelan Spasial pada Areal Tambang Batu Bara	37
2.13 Kebijakan dan Regulasi terkait Emisi Karbon di Indonesia	39

III. KERANGKA PEMIKIRAN	41
3.1 Landasan Teori	41
3.2 Kerangka Pemikiran	48
3.3 Hipotesis Penelitian	49
3.4 Kerangka Operasional Pelaksanaan Penelitian	50
3.5 Kerangka Analisis Penelitian	51
3.6 Definisi Operasional Variabel dan Pengukuran Variabel	52
3.7 Kebaruan (Novelty) penelitian	53
IV. METODOLOGI PENELITIAN	54
4.1 Jenis Penelitian	54
4.2 Waktu dan Tempat Penelitian	54
4.3 Bahan dan Alat	56
4.4 Jenis Data	56
4.5 Teknik Pengumpulan Data	58
1. Pengumpulan Data	58
2. Pra-Pengolahan Citra	58
3. Pengolahan Citra	59
4. Menentukan Jumlah Sampel	59
5. Kegiatan Lapangan	60
6. Pengolahan dan Analisis Data	61
4.6 Teknik Analisis Data	61
1. Mengunduh Citra Sentinel-2	62
2. Kalibrasi Radiometrik dan Atmosferik	62
3. Transformasi NDVI (<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>)	62
4. Suhu Kecerahan	63
5. <i>Land Surface Temperature</i> (LST)	63
6. <i>Urban Heat Island</i> (UHI)	64
7. <i>Temperature Vegetation Dryness Index</i> (TVDI)	64
8. Pemodelan Spasial Regresi	65
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	68
5.1 Hasil Penelitian	68
5.1.1 Kualitas Hutan di Areal Tambang Batu Bara dan Sekitarnya	68
5.1.2 Potensi Karbon Vegetasi Untuk Mereduksi CO ₂ Di Areal Tambang Batu Bara Dan Sekitarnya	75
5.1.3 Model Pengelolaan Emisi Dan Serapan Karbon Di Areal Tambang Batu Bara Berbasis Vegetasi	81

5.2 Pembahasan	91
5.2.1 Kualitas Hutan Di Areal Tambang Batu Bara dan Sekitarnya	91
5.2.2 Potensi Karbon Vegetasi Di Areal Tambang Batu Bara dan Sekitarnya	100
5.2.3 Model Pengelolaan Emisi Dan Serapan Karbon Di Areal Tambang Batu Bara dan Sekitarnya Berbasis Vegetasi.....	102
VI. IMPLIKASI HASIL PENELITIAN.....	109
6.1 Implikasi Teoritis.....	109
6.2 Implikasi Praktis	110
VII. PENUTUP.....	112
7.1. Kesimpulan.....	112
7.2. Saran.....	113
DAFTAR PUSTAKA.....	114

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Karakteristik Panjang Gelombang Citra Sentinel 2	21
Tabel 2. Kelas Kisaran Nilai NDVI	26
Tabel 3. Landasan Teori	41
Tabel 4. Jadwal Penelitian	54
Tabel 5. Jenis Data	57
Tabel 6. Interval Koefisien dan Tingkat Hubungan	67
Tabel 7. Data potensi Cadangan Karbon Vegetasi (tonC/100m ²) di Areal Penelitian	76
Tabel 8. Data Plot Uji Validasi dan Hasilnya.....	78
Tabel 9. Asumsi yang Digunakan pada Pemodelan untuk Mereduksi Emisi/Serapan CO ₂ Berbasis Vegetasi dengan Pendekatan Emisi dari Bukaan Tambang Seluas 250 ha.....	84
Tabel 10. Asumsi yang Digunakan untuk Pemodelan Grafis dengan Pendekatan Emisi Aktivitas Batubara Life Cycle Assessment (LCA) untuk Mereduksi Emisi/Serapan CO ₂ Berbasis Vegetasi	89
Tabel 11. Perbandingan Model Pengelolaan Emisi Karbon Berbasis Vegetasi Berdasarkan Kriteria.....	107

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Kerangka Pemikiran.....	49
Gambar 2. Kerangka Operasional Tahapan Penelitian	50
Gambar 3. Kerangka Analisis Penelitian	51
Gambar 4. Lokasi Penelitian.....	55
Gambar 5. Lokasi Sebaran Titik Contoh Pada Wilayah Penelitian	59
Gambar 6. Contoh Bentuk Plot Persegi	60
Gambar 7. Ilustrasi Garis Regresi Linier	65
Gambar 8. Kondisi Sebaran Nilai LST	69
Gambar 9. Hubungan Nilai NDVI dengan LST	70
Gambar 10. Kondisi Sebaran Nilai UHI	73
Gambar 11. Kondisi Sebaran Nilai TVDI.....	74
Gambar 12. Sebaran Nilai per kelas NDVI	75
Gambar 13. Hubungan Antara Nilai NDVI dengan Potensi Cadangan Karbon di Areal Tambang.....	77
Gambar 14. Data Potensi dan Sebaran Karbon Vegetasi di dalam dan diluar Area Tambang Batu Bara.....	79
Gambar 15. Kondisi TVDI dan Posisi Areal Buffer.....	82
Gambar 16. Ilustrasi Buffer Zone	82
Gambar 17. Model Grafis Pengelolaan Emisi dan Serapan Karbon Berbasis Luas . Aktivitas Tambang	83
Gambar 18. Model Grafis Pengelolaan Emisi dan Serapan Karbon Berbasis Emisi Aktivitas Tambang	87
Gambar 19. Peta Bahan Induk Tanah Dan Tingkat Kekeringan (SPI-12) Di sekitar Area Tambang Batu Bara.....	99

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Penelitian	140
Lampiran 2. Publikasi Ilmiah.....	146
Lampiran 3. Data Hasil Penelitian (Uji Statistik)	158
Lampiran 4 Izin Penelitian.....	160
Lampiran 5 Dokumentasi Penelitian.....	161

DAFTAR SINGKATAN

LST	: <i>Land Surface Temperature</i>
UHI	: <i>Urban Heat Island</i>
TVDI	: <i>Temperature Vegetation Dryness Index</i>
NDVI	: <i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
GIS	: <i>Geographic Information System</i>
RS	: <i>Remote Sensing</i>
SPI	: <i>Standardized Precipitation Index</i>
DW	: <i>Durbin-Watson</i>