

**ANALISIS KERAPATAN VEGETASI MENGGUNAKAN
METODE NDVI PADA WILAYAH PERTAMBANGAN MIGAS
BERDASARKAN STATUS KAWASAN HUTAN**

(Studi Kasus: Wilayah Kerja Migas, Provinsi Riau)

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik Geodesi

M. PANDRY RAMADHAN

NPM 4122320130047



**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK GEODESI
FAKULTAS TEKNIK, PERENCANAAN, DAN ARSITEKTUR
UNIVERSITAS WINAYA MUKTI
BANDUNG
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS KERAPATAN VEGETASI MENGGUNAKAN
METODE NDVI PADA WILAYAH PERTAMBANGAN MIGAS
BERDASARKAN STATUS KAWASAN HUTAN
(Studi Kasus : Wilayah Kerja Migas, Provinsi Riau)**

Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik Geodesi

**M. PANDRY RAMADHAN
NPM 4122320130047**

Disetujui,

**Levana Apriani, S.T., M.T.
NIPY 19100118
Pembimbing I**

**Danis Suhari Singawilastra, S.T., M.T.
NIPY 17400123
Pembimbing II**

Mengetahui dan Disahkan
Ketua Program Studi Teknik Geodesi
Fakultas Teknik, Perencanaan, dan Arsitektur

**Levana Apriani, S.T., M.T.
NIPY 19100118**

MOTTO

“Jangan Benarkan yang Biasa, Tapi Biasakan yang Benar”.

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Kerapatan Vegetasi Menggunakan Metode NDVI Pada Wilayah Kerja Pertambangan Migas Berdasarkan Status Kawasan Hutan (Studi Kasus: Wilayah Kerja Migas, Provinsi Riau)” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi lainnya. Semua referensi yang dirujuk dan dikutip pada Tugas Akhir ini telah saya nyatakan benar berdasarkan aturan-aturan pengutipan yang sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dan tertera pada daftar pustaka.

Nama : M. Pandry Ramadhan

NPM : 4122320130047

Tanda Tangan : (di atas materai)

Tanggal :



ABSTRAK

Provinsi Riau dikenal sebagai salah satu wilayah penghasil minyak dan gas (migas) terbesar di Indonesia, memainkan peran sentral dalam perekonomian nasional dan daerah. Sektor migas memberikan kontribusi yang signifikan terhadap Pendapatan Domestik Regional Bruto (PDRB) Riau, meskipun kontribusi ini cenderung berfluktuasi seiring dengan dinamika harga komoditas global dan penurunan cadangan.

Kegiatan pertambangan minyak dan gas bumi (migas) berpotensi menimbulkan degradasi lingkungan, terutama terhadap tutupan vegetasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kerapatan vegetasi pada wilayah kerja pertambangan migas dengan menggunakan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) berdasarkan status kawasan hutan.

Metode NDVI digunakan untuk menilai tingkat kehijauan dan kerapatan vegetasi dengan memanfaatkan citra satelit multispektral. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi citra satelit Sentinel-2 serta data spasial status kawasan hutan dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

Hasil analisis menunjukkan variasi nilai NDVI yang mencerminkan perbedaan tingkat kerapatan vegetasi pada berbagai status kawasan, seperti kawasan hutan lindung, hutan produksi, dan hutan suaka alam. Ditemukan bahwa nilai kerapatan vegetasi pada tahun 2019 hingga tahun 2023 pada wilayah pertambangan migas masih di dominasi oleh nilai kerapatan tinggi dengan rentan 0.36 – 1. Dalam wilayah kawasan hutan kegiatan pertambangan migas banyak dilakukan pada kawasan hutan produksi dibandingkan dengan kawasan hutan lindung dan suaka alam.

Kata kunci: NDVI, vegetasi, pertambangan migas, kawasan hutan

ABSTRACT

Riau Province is known as one of the largest oil and gas producing regions in Indonesia, playing a central role in the national and regional economy. The oil and gas sector makes a significant contribution to the Regional Gross Domestic Product of Riau, although this contribution tends to fluctuate in line with the dynamics of global commodity prices and declining reserves.

Oil and gas mining activities have the potential to cause environmental degradation, particularly to vegetation cover. This study aims to analyze vegetation density in oil and gas mining areas using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) method based on forest area status.

The NDVI method was used to assess the level of greenness and vegetation density using multispectral satellite imagery. The data used in this study included Sentinel-2 satellite imagery and spatial data on forest area status from the Ministry of Environment and Forestry.

The analysis results show variations in NDVI values reflecting differences in vegetation density levels across various area statuses, such as protected forest areas, production forests, and nature reserve forests. It was found that vegetation density values from 2019 to 2023 in oil and gas mining areas were still dominated by high density values with a range of 0.36 - 1. Within forest areas, oil and gas mining activities are mostly carried out in production forest areas compared to protected forest areas and nature reserves. This study provides an important overview of the impact of oil and gas activities on vegetation and can be used as a basis for environmental monitoring efforts and spatial data-based area management.

Keywords: NDVI, vegetation, oil and gas mining, forestry area

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil alamin, puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas berkat rahmat-Nya lah tulisan ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Penulisan makalah yang berjudul “***Analisis Kerapatan Vegetasi Menggunakan Metode NDVI pada Wilayah Pertambangan Migas Berdasarkan Status Kawasan Hutan (Studi Kasus : Wilayah Kerja Migas, Provinsi Riau)*** ” ini dalam rangka melengkapi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Geodesi Universitas Winaya Mukti. Tulisan ini dapat penulis selesaikan berkat adanya bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak akan berlangsung dengan baik tanpa adanya dukungan dari berbagai pihak yang bersangkutan. Dengan segala kerendahan hati penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Levana Apriani, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Perencanaan dan Arsitektur Universitas Winaya Mukti serta selaku pembimbing dalam penyusunan Tugas Akhir;
2. Bapak Danis Suhari Singawilastra, S.T., M.T., selaku pembimbing dalam penyusunan Tugas Akhir;
3. Bapak/Ibu Dosen pengajar Program Studi S1 Teknik Geodesi Universitas Winaya Mukti yang telah memberikan ilmu dan wawasannya sehingga menjadi bekal pemahaman bagi penulis dalam menulis penelitian ini;

4. Instansi terkait, yang mendukung data-data penelitian sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian;
5. Orang tua yang telah memberikan doa, dukungan, pengorbanan baik moril maupun materil serta yang telah mendidik penulis hingga sekarang;
6. Rigita Citra Hasana yang selalu mendoakan dan menjadi penyemangat dalam setiap proses pembuatan skripsi ini;
7. Sahabat dan teman seperjuangan yang saling memberikan dukungan serta memberikan motivasi selama perkuliahan sampai dengan penyusunan Tugas Akhir;
8. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT memberikan balasan yang setimpal kepada semuanya.

Penulis berharap Tugas Akhir yang disusun dapat memberikan pengetahuan kepada para pembaca, sehingga dapat memberikan dampak positif bagi pengetahuan dan wawasan kita semua. Dalam rangka perbaikan selanjutnya, penulis terbuka terhadap saran dan masukan dari semua pihak karena menyadari Tugas Akhir yang telah disusun memiliki banyak sekali kekurangan. Semoga hasil laporan ini bermanfaat bagi semua pembaca.

Bandung, 27 Oktober 2025

Penulis,

M. Pandry Ramadhan

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR SINGKATAN	x
DAFTAR ISTILAH.....	xi
DAFTAR SIMBOL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 DASAR TEORI.....	6
2.1 Penginderaan Jauh	6
2.2 Kerapatan Vegetasi	8
2.3 Indeks Vegetasi.....	9
2.4 Citra Sentinel-2.....	12
2.5 Pertambangan Migas.....	14
2.6 Kawasan Hutan.....	15
2.7 Penelitian Terkait.....	16
BAB 3 METODE PENELITIAN	23
3.1 Metode Penelitian	23

3.1.1 Metode Pengumpulan Data.....	23
3.1.2 Metode Pengolahan Data	24
3.1.3 Metode Analisis Data	24
3.2 Kerangka Penelitian	25
3.3 Operasionalisasi Penelitian	26
3.3.1 Lokasi Penelitian.....	26
3.3.2 Data Penelitian.....	27
3.3.3 Rancangan Penelitian	28
3.3.4 Tahap Kesimpulan	35
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 Hasil Kerapatan Vegetasi <i>Normalized Vegetation Index</i> (NDVI).....	41
4.2 Perbedaan Perubahan Kerapatan Vegetasi Pada Setiap Status Kawasan Hutan	47
4.2.1 Analisis Berdasarkan Undang-undang.....	56
BAB 5 KESIMPULAN	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN.....	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Komponen Penginderaan Jauh.....	7
Gambar 3. 1 Kerangka Pemikiran.....	25
Gambar 3.2 Lokasi Penelitian	26
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 3.4 Script Penentuan Area Penelitian.....	31
Gambar 3.5 Script <i>Cloud Masking</i>	32
Gambar 3.6 Script Rumus <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI)	32
Gambar 3.7 Script Klasifikasi Rentan Nilai NDVI	33
Gambar 3.8 Status Kawasan Hutan di Area Studi.....	34
Gambar 4.1 Peta Sebaran Nilai NDVI Pada Wilayah Kerja Pertambangan Migas Tahun 2019	42
Gambar 4.2 Peta Sebaran Nilai NDVI Pada Wilayah Kerja Pertambangan Migas Tahun 2023	43
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Luas Kerapatan Vegetasi Pada Wilayah Pertambangan Migas tahun 2019 dan 2023.....	46
Gambar 4.4 Peta Sebaran Nilai NDVI Pada Hutan Produksi Tahun 2019.....	48
Gambar 4.5 Peta Sebaran Nilai NDVI Pada Hutan Produksi Tahun 2023.....	48
Gambar 4.6 Peta Sebaran Nilai NDVI Pada Hutan Lindung Tahun 2019	50
Gambar 4.7 Peta Sebaran Nilai NDVI Pada Hutan Lindung Tahun 2023	51
Gambar 4.8 Peta Sebaran Nilai NDVI Pada Suaka Alam Tahun 2019.....	53
Gambar 4.9 Peta Sebaran Nilai NDVI Pada Suaka Alam Tahun 2023.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi Nilai NDVI (Permenhut No. P12/Menhut-II, 2012)	12
Tabel 2. 2 Karakteristik Citra Sentinel-2	13
Tabel 2. 3 Penelitian Terkait	16
Tabel 2. 4 Penelitian Terkait (lanjutan)	17
Tabel 3.1 Klasifikasi Nilai NDVI	33
Tabel 4.1 Nilai Index NDVI tahun 2019 dan tahun 2023	41
Tabel 4.2 Nilai dan Luas area klasifikasi NDVI tahun 2019	44
Tabel 4.3 Nilai dan Luas area klasifikasi NDVI tahun 2023	45
Tabel 4.4 Perbandingan Luas Lahan Tidak Bervegetasi pada Wilayah Pertambangan Migas Tahun 2019 dan Tahun 2023	45
Tabel 4.5 Tabel Perbandingan Luas Kerapatan Vegetasi pada Wilayah Pertambangan Migas Tahun 2019 dan Tahun 2023	46
Tabel 4.6 Tabel Perbandingan Luas Kerapatan Vegetasi dalam Kawasan Hutan Produksi pada Wilayah Pertambangan Migas Tahun 2019 dan Tahun 2023	50
Tabel 4.7 Tabel Perubahan Luas Kerapatan Vegetasi dalam Kawasan Hutan Lindung pada Wilayah Pertambangan Migas Tahun 2019 dan Tahun 2023	52
Tabel 4.8 Tabel Perubahan Luas Kerapatan Vegetasi dalam Kawasan Suaka Alam pada Wilayah Pertambangan Migas Tahun 2019 dan Tahun 2023	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peta Sebaran Nilai NDVI Pada Wilayah Kerja Pertambangan Migas Tahun 2019	65
Lampiran 2 Peta Sebaran Nilai NDVI Pada Wilayah Kerja Pertambangan Migas Tahun 2023	66
Lampiran 3 Peta Kawasan Hutan.....	67
Lampiran 4 Peta Wilayah Kerja Pertambangan Migas.....	68
Lampiran 5 Peta NDVI Tahun 2019 Pada Kawasan Hutan di Wilayah Pertambangan Migas	69
Lampiran 6 Peta NDVI Tahun 2023 Pada Kawasan Hutan di Wilayah Pertambangan Migas	70

DAFTAR SINGKATAN

Migas	: Minyak dan Gas Bumi
HL	: Hutan Lindung
HP	: Hutan Produksi
HPK	: Hutan Produksi Konversi
HPT	: Hutan Produksi Terbatas
HL	: Hutan Lindung
KSA	: Kawasan Suaka Alam
NDVI	: <i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
SIG	: Sistem Informasi Geografis
NIR	: <i>Near Infrared</i>
NOAA	: <i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
SWIR	: <i>Shortwave Infrared</i>
PPKH	: Pinjam Pakai Kawasan Hutan
GEE	: <i>Google Earth Engine</i>
DLHK	: Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan
SK	: Surat Keputusan

DAFTAR ISTILAH

NDVI	: Metode yang memperhitungkan besaran nilai kehijauan vegetasi yang diperoleh dari pengolahan sinyal digital data nilai kecerahan.
Sistem Informasi Geografis	: Teknologi yang menggabungkan peta dengan basis data.
Indeks vegetasi	: Nilai numerik yang dihitung dari citra satelit atau penginderaan jauh.
Band	: Rentang panjang gelombang elektromagnetik tertentu yang direkam oleh sensor satelit.
Band Red	: Kanal (band) yang merekam pantulan cahaya pada panjang gelombang merah.
<i>Near Infrared (NIR)</i>	: Radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang antara 700 nm hingga 1100 nm.
<i>Multispektral Instrument</i>	: Jenis sensor optik yang digunakan pada satelit penginderaan jauh.
Eksplorasi	: Fase awal yang dilakukan untuk mencari cadangan hidrokarbon di bawah permukaan bumi.
Eksplorasi	: Kegiatan pengembangan dan produksi dari cadangan hidrokarbon.
PPKH	: Izin yang diberikan oleh pemerintah kepada pihak ketiga untuk menggunakan sebagian atau seluruh kawasan hutan untuk tujuan tertentu tanpa mengubah status hukum kawasan hutan.
Hutan Produksi	: Kawasan hutan yang secara hukum ditetapkan untuk menghasilkan produk hutan.
Hutan Produksi Konversi	: Kawasan hutan yang secara hukum memiliki potensi untuk dialihfungsikan menjadi lahan non-kehutanan.
Hutan Produksi Terbatas	: Hutan yang ditetapkan untuk menghasilkan kayu dengan pembatasan yang ketat.

- Hutan Lindung : Hutan yang memiliki fungsi utama sebagai perlingan sistem penyangga kehidupan.
- Kawasan Suaka Alam : Wilayah dengan fungsi sebagai tempat pengawetan keanekaragaman tumbuhan dan satwa beserta ekosistemnya.

DAFTAR SIMBOL

BAB 1

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki kekayaan alam yang melimpah, salah satunya dari sektor pertambangan minyak dan gas bumi. Sektor pertambangan minyak dan gas bumi merupakan salah satu sector komoditas unggulan yang berkontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia.

1.1 Latar Belakang

Kegiatan eksplorasi dan eksploitasi sumber daya alam, seperti minyak dan gas bumi (migas), memiliki peran penting dalam pembangunan ekonomi nasional. Namun, di sisi lain, aktivitas pertambangan migas sering kali berdampak negatif terhadap lingkungan, terutama terhadap tutupan lahan dan kerapatan vegetasi. Perubahan tutupan vegetasi dapat menyebabkan degradasi lingkungan yang lebih luas, seperti peningkatan erosi, hilangnya keanekaragaman hayati, dan penurunan fungsi ekologis kawasan hutan.

Indonesia memiliki berbagai jenis status kawasan hutan, seperti hutan lindung dan hutan produksi, yang masing-masing memiliki aturan perlindungan dan pemanfaatan yang berbeda. Aktivitas migas yang dilakukan di dalam atau di sekitar kawasan-kawasan ini dapat menimbulkan dampak ekologis yang bervariasi, tergantung pada status kawasan tersebut. Oleh karena itu, pemantauan terhadap kondisi vegetasi di wilayah kerja pertambangan migas berdasarkan status kawasan hutan menjadi penting sebagai bahan evaluasi dan dasar pengambilan kebijakan pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan.

Teknologi penginderaan jauh memberikan solusi yang efisien dan akurat dalam memantau perubahan tutupan vegetasi dalam skala luas dan waktu yang kontinu. Salah satu metode yang umum digunakan adalah *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), yang dapat mengidentifikasi tingkat kerapatan dan kesehatan vegetasi berdasarkan pantulan cahaya merah dan inframerah-dekat dari permukaan bumi. NDVI memungkinkan penilaian kondisi vegetasi secara kuantitatif dan komparatif antara berbagai kawasan.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kerapatan vegetasi menggunakan metode NDVI pada wilayah kerja pertambangan migas dengan mempertimbangkan perbedaan status kawasan hutan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah yang berguna untuk pemantauan lingkungan, evaluasi dampak kegiatan migas, serta perencanaan pengelolaan sumber daya alam yang berwawasan lingkungan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, kegiatan pertambangan minyak dan gas bumi yang berlangsung di kawasan hutan sering menimbulkan tekanan terhadap ekosistem, terutama pada penurunan kerapatan vegetasi. Pemantauan perubahan vegetasi secara konvensional di wilayah yang luas dan sulit dijangkau menjadi tantangan tersendiri. Dalam konteks tersebut, pendekatan teknologi penginderaan jauh, seperti NDVI, menjadi solusi alternatif yang efisien untuk mendeteksi dan menganalisis perubahan vegetasi secara spasial dan temporal. Hasil analisis ini dapat dijadikan dasar dalam pengambilan kebijakan perizinan, pemantauan lingkungan, dan perencanaan restorasi kawasan terdampak.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, data wilayah usaha pertambangan migas dilakukan analisis kerapatan vegetasi menggunakan teknik NDVI pada citra satelit dan melihat perubahan kerapatan dari setiap status kawasan hutan yang berada pada wilayah kerja pertambangan tersebut, untuk selanjutnya di implikasikan hasil analisis terhadap pengelolaan dan pengawasan lingkungan di wilayah pertambangan minyak dan gas bumi. Maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana perubahan kerapatan vegetasi di wilayah pertambangan minyak dan gas bumi dalam rentang waktu tertentu berdasarkan analisis NDVI dari citra satelit?
2. Bagaimana perbedaan perubahan kerapatan vegetasi pada setiap status kawasan hutan (seperti hutan produksi dan hutan lindung) di wilayah pertambangan migas?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah maka tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk :

1. Mengetahui perubahan kerapatan vegetasi di wilayah pertambangan minyak dan gas bumi dalam periode waktu tertentu menggunakan teknik NDVI pada citra satelit.

2. Mengidentifikasi dan membandingkan perubahan kerapatan vegetasi berdasarkan status kawasan hutan, seperti hutan lindung dan hutan produksi di wilayah pertambangan migas.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah manfaat secara teoritis dan manfaat secara praktis.

1. Manfaat Teoritis

Adapun manfaat penelitian ini secara teoritis adalah:

- a. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG), khususnya dalam pemanfaatan teknik NDVI untuk analisis perubahan tutupan lahan dan vegetasi.
- b. Menjadi dasar bagi pengembangan metode pemantauan berbasis citra satelit untuk pengawasan dan evaluasi wilayah yang terdampak oleh aktivitas ekstraktif di berbagai kawasan penggunaan lahan.

2. Manfaat Praktis

Diharapkan hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan secara praktis sebagai :

- a. Menjadi referensi bagi peneliti dan praktisi di bidang penginderaan jauh, kehutanan, dan tata ruang dalam mengembangkan metode pemantauan lingkungan yang efektif dan efisien menggunakan citra satelit.

- b. Memberikan data pendukung dalam pengambilan keputusan perizinan dan pengelolaan wilayah tambang, terutama dalam hal perlindungan kawasan hutan dan pelestarian lingkungan.



BAB 2

DASAR TEORI

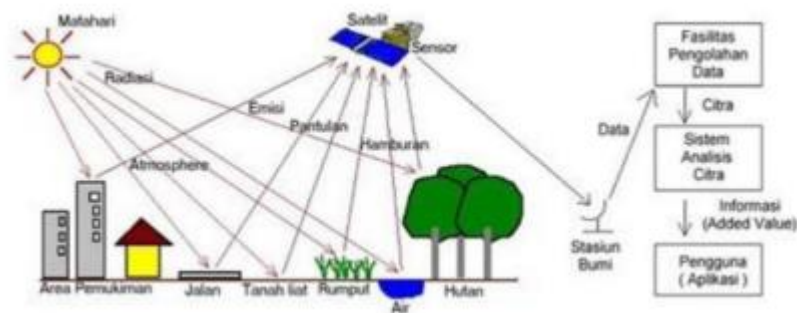
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) adalah sebuah metode penginderaan jauh yang digunakan untuk mengukur tingkat kehijauan, kepadatan, dan kesehatan vegetasi di suatu wilayah. Metode ini memanfaatkan fakta bahwa tanaman hijau yang sehat menyerap sebagian besar cahaya merah (red) dari spektrum cahaya tampak dan memantulkan sebagian besar cahaya inframerah dekat. Sebaliknya, tanah kosong, air, atau vegetasi yang tidak sehat akan menyerap cahaya inframerah dekat lebih sedikit dan memantulkan cahaya merah lebih banyak.

2.1 Penginderaan Jauh

Menurut Lillesand et. al., (1990), definisi dari penginderaan jauh merupakan suatu ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang obyek, daerah atau fenomena dengan jalan menganalisa data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung terhadap obyek, daerah atau gejala yang dikaji. Selain itu, penginderaan jauh merupakan suatu teknologi yang mampu mengatasi permasalahan pengukuran data untuk informasi yang cepat. Sedangkan menurut Curran (1985), penginderaan jauh merupakan suatu pengukuran atau perolehan data pada obyek dipermukaan bumi dari satelit atau instrumen lain di atas atau jauh dari obyek yang diamati. Penginderaan jauh merupakan suatu pengukuran atau akuisisi data dari sebuah objek atau fenomena oleh sebuah alat yang tidak secara fisik melakukan kontak dengan objek tersebut atau pengukuran atau akuisisi data dari sebuah objek

atau fenomena oleh sebuah alat dari jarak jauh (misalnya dari pesawat, pesawat luar angkasa, satelit, kapal atau alat lain).

Sistem penginderaan jauh (Kusumowidagdo et.al., 2007) terdiri dari beberapa komponen yang saling terhubung dalam satu kesatuan. Adapun komponen tersebut terdiri dari sumber tenaga, atmosfer, obyek, sensor dengan wahana, pengolahan data, interpretasi atau analisis dan pengguna, seperti dalam Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2. 1 Komponen Penginderaan Jauh
(Kusumowidagdo et.al., 2007)

Adapun sumber tenaga penginderaan jauh adalah berupa tenaga elektromagnetik. Tenaga elektromagnetik ini terdiri dari berkas spektrum (sinar) dengan ukuran gelombang yang bervariasi. Menurut Kusumowidagdo et.al., (2007) sinar tampak mata adalah sinar yang dapat dilihat oleh mata normal manusia. Data penginderaan jauh digital (citra digital) direkam dengan menggunakan sensor non-kamera. Sinar yang tampak mata memiliki panjang gelombang 0,4- 0,7 μm . Dari sumber energinya, satelit penginderaan jauh dibagi menjadi satelit pasif dan aktif. Satelit penginderaan jauh aktif menggunakan sumber energi buatan yakni dengan panjang gelombang elektromagnetik serta kamera sensor elektromagnetik. Sedangkan satelit penginderaan jauh pasif menggunakan sumber energi alam

(matahari) yakni menggunakan panjang gelombang elektromagnetik dan sensor fotografik.

2.2 Kerapatan Vegetasi

Vegetasi merupakan sumberdaya alam primer dalam kehidupan makhluk hidup, yaitu sebagai sumber makanan dan tempat bernaung bagi makhluk hidup. Dalam suatu ekosistem hanya vegetasi yang dapat menyediakan energi bagi makhluk hidup melalui proses fotosintetis menggunakan bantuan sinar matahari, dalam bentuk yang bisa dimanfaatkan oleh hewan maupun manusia berupa daun, buah, biji, maupun ubi. Gangguan/kerusakan yang terjadi pada sekelompok vegetasi akan mengakibatkan perubahan keseimbangan ekosistem pada lokasi vegetasi itu berada (Arnanto, 2021).

Vegetasi merupakan salah satu bentuk penyusun keruangan. Vegetasi sebagai bagian dari susunan keruangan yang mempunyai manfaat penting. Salah satunya adalah merubah kondisi atmosfer lingkungan udara baik secara langsung maupun tidak langsung (Winarti & Rahmad, 2019). Vegetasi menjadi penyusun lahan yang memiliki jenis yang sangat beranekaragam. Kumpulan dari berbagai vegetasi yang beranekaragam ini akan membentuk tingkat kerapatan vegetasi yang berbeda-beda pada tiap penggunaan lahan pada suatu daerah (Irawan dan Sirait, 2017).

Kerapatan vegetasi adalah satu aspek yang mempengaruhi karakteristik vegetasi dalam citra. Kerapatan vegetasi umumnya diwujudkan dalam bentuk persentase untuk mengetahui tingkat suatu kerapatan vegetasi (Ahmad Fadly, 2018).

2.3 Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi merupakan suatu algoritma yang ditetapkan terhadap suatu citra untuk menonjolkan aspek kerapatan vegetasi ataupun aspek lain yang berkaitan dengan kerapatan, misalnya biomassa, konsentrasi klorofil. Secara praktis, indeks vegetasi ini adalah suatu transformasi matematis yang melibatkan beberapa saluran sekaligus, dan menghasilkan citra baru yang lebih mewakili dalam menyajikan kenyataan vegetasi (Danoedoro, 2019).

Nilai perbandingan kecerahan kanal cahaya merah (*red*) dengan cahaya inframerah dekat (NIR), adalah nilai suatu indeks vegetasi (*simple ratio*) yang sudah tidak dipakai lagi. Hal ini disebabkan karena nilai dari rasio NIR/RED akan memberikan nilai yang besar untuk tumbuhan yang sehat. Oleh karena itu, dikembangkanlah suatu algoritma indeks vegetasi yang baru dengan normalisasi, yaitu *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Sudiana dan Diasmara, 2020).

Pada umumnya, respon spektral citra satelit memiliki sensitivitas terhadap kerapatan vegetasi (indeks luas dan daun), tajuk pohon dan kandungan air di daun tumbuhan. Pertambahan kerapatan vegetasi akan terjadi dari lahan terbuka menjadi tahap suksesi, akan tetapi pantulan dalam spektrum sinar tampak berkurang karena adanya penambahan luasan daun dan penyerapan. Hubungan antara respon spektral pada spektrum sinar tampak dan inframerah dengan kerapatan vegetasi dapat dijelaskan dengan suatu indeks yang disebut indeks vegetasi (Huete, 2020). Indeks vegetasi adalah kombinasi matematis antara band merah dengan band Near Infra Red (NIR) yang telah lama digunakan sebagai indikator kondisi vegetasi dan keberadaan yang sering dikenal dengan sebutan NDVI. Metode skala lanskap

NDVI adalah metode yang memperhitungkan besaran nilai kehijauan vegetasi yang diperoleh dari pengolahan sinyal digital data nilai kecerahan (*brightness*) beberapa kanal data sensor satelit dari citra satelit.

Pada dasarnya, NDVI mengukur kemiringan (*slope*) antara nilai asli band merah dan band infra merah di angkasa dengan nilai band merah dan infra merah yang ada dalam tiap piksel citra. Berikut adalah algoritma perhitungan NDVI:

$$NDVI = \frac{\text{Band NIR} - \text{Band Red}}{\text{Band NIR} + \text{Band Red}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Nilai NDVI berkisar dari -1 sampai dengan 1 dengan klasifikasi -1 sampai 0 termasuk ke dalam kelompok bukan vegetasi dan 0 sampai dengan 1 termasuk kelompok vegetasi.

Nilai perbandingan kecerahan kanal cahaya merah dengan cahaya inframerah dekat atau NIR/RED, ialah nilai suatu indeks vegetasi (simple ratio) yang tidak digunakan lagi. Hal ini disebabkan karena nilai dari rasio NIR/RED akan memberikan nilai yang sangat besar untuk tumbuhan yang sehat. Untuk itu, telah dikembangkan suatu algoritma indeks vegetasi yang baru hasil normalisasi yang dikenal dengan NDVI (Sudiana dan Diasmara, 2020).

Metode NDVI adalah suatu metode standar untuk membandingkan tingkat kehijauan vegetasi yang berasal dari citra satelit dan merupakan kombinasi dari teknik penisbahan dengan teknik pengurangan citra. Konversi NDVI ini merupakan salah satu produk standar NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), dan satelit cuaca yang berorbit polar memberi perhatian khusus pada fenomena vegetasi global (Irawan & Malau, 2016). Indeks vegetasi merupakan kombinasi matematis antara band red dan band NIR yang telah lama

digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan dan kondisi vegetasi.

Rentang nilai NDVI adalah antara -1 hingga +1 (Danoedoro, 2019). Nilai yang mewakili vegetasi berkisar dari 0,1 hingga 0,7. Nilai NDVI di atas nilai ini menunjukkan tingkat kesehatan dari tutupan vegetasi yang lebih baik (Wass & Nababan, 2019). Nilai antara 0 – 0,1 biasanya merupakan karakteristik dari bebatuan dan lahan kosong. Permukaan vegetasi dengan rentang nilai NDVI antara 0,2 – 0,3 berupa sabana dan padang rumput, hingga nilai 0,4 – 0,8 diidentifikasi sebagai hutan hujan tropis dengan vegetasi tinggi (Dasuka et al., 2016).

Salah satu tujuan pembuatan indeks vegetasi adalah memperjelas perbedaan antara berbagai tipe tutupan lahan maupun tipe vegetasi yang berbeda. Perbaikan spektral dengan penentuan indeks vegetasi menghasilkan tampilan citra yang bervariasi serta dapat memperjelas objek–objek tertentu yang akan dianalisis. Nilai indeks vegetasi yang tersebar di wilayah penelitian mempunyai tingkat kerapatan yang bervariasi mulai dari kerapatan sangat rapat, kerapatan rapat sampai dengan kerapatan vegetasi tidak rapat. Informasi indeks vegetasi sangat diperlukan dalam mengenali tingkat kerapatan vegetasi terhadap kerusakan hutan pada daerah yang memiliki hutan yang luas (Iskandan Mukhlis, 2019).

Nilai indeks vegetasi dalam penelitian ini adalah hasil pengolahan citra menggunakan transformasi NDVI, yang dihitung sebagai rasio antara pantulan yang terukur dari band merah (R) dan band infra-merah (didekati oleh band NIR). Penggunaan kedua band ini banyak dipilih sebagai parameter indeks vegetasi karena hasil ukuran dari band ini dipengaruhi oleh penyerapan klorofil, peka terhadap biomassa vegetasi, serta memudahkan dalam pembedaan antara lahan bervegetasi, lahan terbuka, dan air. Hasil penisbahan antara band merah dan

infamerah menghasilkan perbedaan yang maksimum antara vegetasi dan tanah.

Tabel 2. 1 Klasifikasi Nilai NDVI (Permenhut No. P12/Menhut-II, 2012)

No	Nilai Indeks Vegetasi	Klasifikasi Kerapatan Vegetasi
1	-1 s.d -0.03	Lahan Tidak Bervegetasi
2	-0.03 s.d 0.15	Kerapatan Sangat Rendah
3	0.16 s.d 0.25	Kerapatan Rendah
4	0.26 s.d 0.35	Kerapatan Sedang
5	0.36 s.d 1	Kerapatan Tinggi

Pada klasifikasi nilai NDVI yang digunakan berdasarkan Permenhut No. P12/Menhut-II Tahun 2012 ini memiliki rentan nilai -1 hingga 1 dengan lima jenis klasifikasi kerapatan vegetasi.

2.4 Citra Sentinel-2

Sentinel-2 adalah satelit penginderaan jauh yang dilengkapi dengan sensor *MultiSpectral Instrument* (MSI). Sensor ini dapat menghasilkan citra multispektral dengan resolusi spasial yang tinggi. Dasar teori dari citra Sentinel-2 mencakup prinsip dasar pemrosesan citra, pengolahan citra multispektral, dan karakteristik citra satelit. Prinsip dasar pemrosesan citra Sentinel-2 meliputi pengolahan citra radiometrik dan geometrik. Pengolahan radiometrik mengacu pada koreksi radiometrik citra, yang bertujuan untuk menghilangkan efek atmosfer pada citra satelit. Pengolahan geometrik mengacu pada koreksi geometrik citra, yang bertujuan untuk mengoreksi distorsi geometrik pada citra satelit. Kedua proses ini diperlukan untuk memperoleh citra Sentinel-2 yang akurat dan dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.

Pengolahan citra multispektral pada Sentinel-2 melibatkan klasifikasi citra dan ekstraksi informasi citra. Klasifikasi citra mencakup pengelompokan piksel citra menjadi kelas-kelas yang berbeda, seperti vegetasi, air, dan permukaan tanah. Ekstraksi informasi citra mencakup pengestrakan informasi tertentu dari citra, seperti indeks vegetasi, yang digunakan untuk memantau pertumbuhan vegetasi. Dalam pengolahan citra multispektral, penting untuk memahami spektrum elektromagnetik dan bagaimana citra multispektral dihasilkan, keunggulan utama dari Sentinel-2 adalah resolusi spasialnya yang tinggi, yaitu 10 meter untuk band biru, hijau, dan merah, serta 20 meter untuk band NIR dan SWIR. Selain itu, Sentinel-2 juga memiliki kemampuan untuk menangkap citra dengan revisi waktu yang tinggi, yaitu 5 hari, sehingga sangat berguna untuk memantau kondisi lahan pertanian dan lingkungan sekitarnya.

Karakteristik citra sentinel-2 meliputi resolusi spasial, resolusi spektral, dan akurasi radiometrik. Resolusi spasial citra sentinel-2 berkisar antara 10-60 meter, tergantung pada mode operasi dan kanal citra, akurasi radiometrik citra sentinel-2 sangat penting dalam memastikan citra yang dihasilkan dapat digunakan untuk analisis yang akurat, pada citra sentinel-2 level-2A telah melalui proses koreksi atmosferik dan geometrik sebelumnya (Rahmi et al., 2021).

Tabel 2. 2 Karakteristik Citra Sentinel-2

Band Spektral	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi (m)
Band 1 – <i>Coastal</i>	0,443-0,453	60
Band 2 – <i>Blue</i>	0,458-0,523	10
Band 3 – <i>Green</i>	0,543-0,578	10
Band 4 – <i>Red</i>	0,650- 0,680	10
Band 5 - <i>Vegetation Red Edge</i>	0,698- 0,713	20

Band 6 - <i>Vegetation Red Edge</i>	0,733-0,748	20
Band 7 - <i>Vegetation Red Edge</i>	0,765- 0,785	20
Band 8 - <i>Near Infrared (NIR)</i>	0,785- 0,900	10
Band 8A - <i>Near Infrared (NIR) Vegetation Red Edge</i>	0,855- 0,875	20
Band 9 - <i>Water Vapour</i>	0,930- 0,950	60
Band 10 - <i>Shortwave infrared SWIR – Cirrus</i>	1,365- 1,385	60
Band 11 – SWIR 1	1,565- 1,655	20
Band 12 – SWIR 2	2,100- 2,280	20

Citra Sentinel-2 dalam penelitian ini diperlukan untuk mengetahui suhu permukaan dan korelasinya terhadap kerapatan vegetasi, sehingga band citra yang diperlukan diantaranya band NIR (band 8) dan band RED (band 4).

2.5 Pertambangan Migas

Minyak dan gas bumi merupakan sumber daya alam strategis tidak terbarukan yang dikuasai oleh negara serta merupakan komoditas vital yang menguasai hajat hidup orang banyak dan mempunyai peranan penting dalam perekonomian nasional sehingga pengelolaannya harus dapat secara maksimal memberikan kemakmuran dan kesejahteraan rakyat. Perlu diketahui bahwa kegiatan usaha minyak dan gas bumi mempunyai peranan penting dalam memberikan nilai tambah secara nyata kepada pertumbuhan ekonomi nasional yang meningkat dan berkelanjutan. (Kuang, S., 1996)

Pertambangan minyak dan gas bumi adalah serangkaian kegiatan yang meliputi eksplorasi, eksploitasi, pengolahan, pengangkutan, dan penjualan minyak

mentah serta gas alam dari dalam bumi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi dan bahan baku industri. Menurut Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi, kegiatan usaha minyak dan gas bumi terdiri dari :

- a. Kegiatan Hulu, yaitu kegiatan eksplorasi dan eksploitasi.
- b. Kegiatan Hilir, yaitu kegiatan pengolahan, pengangkutan, penyimpanan, dan niaga.

2.6 Kawasan Hutan

Hutan merupakan suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya, yang satu dengan lainnya tidak dapat dipisahkan.

Kawasan Hutan adalah wilayah tertentu yang ditetapkan oleh Pemerintah untuk dipertahankan keberadaannya sebagai hutan tetap. Berdasarkan data dari Kementrian Kehutanan luas kawasan hutan di Indonesia seluas 120.783.631 Ha. Luas ini tidak termasuk kawasan konservasi perairan seluas $\pm$ 5.531.934 Ha. Menurut UU No. 41 Tahun 1999 tentang kehutanan, kawasan hutan dibedakan menjadi tiga fungsi utama :

- a. Hutan Lindung, yaitu kawasan hutan yang diperuntukkan untuk melindungi sistem penyangga kehidupan.
- b. Hutan Produksi, yaitu kawasan hutan yang diperuntukkan untuk menghasilkan hasil hutan.
- c. Hutan Konservasi, yaitu kawasan hutan yang mempunyai fungsi utama sebagai perlindungan keanekaragaman hayati dan ekosistem.

Kawasan hutan menjadi bagian penting dalam perencanaan tata ruang dan pengelolaan sumber daya alam, termasuk dalam kegiatan pertambangan yang memerlukan izin Pinjam Pakai Kawasan Hutan (PPKH) bila dilakukan di dalam kawasan tersebut.

2.7 Penelitian Terkait

Penelitian yang dilakukan ini tidak terlepas dari hasil penelitian-penelitian terdahulu yang telah dilakukan. Penelitian terdahulu digunakan sebagai bahan perbandingan dan kajian. Penelitian mengenai analisi kerapatan vegetasi menggunakan metode NDVI pada tabel 2.3. Kajian dari penelitian analisi kerapatan vegetasi menggunakan metode NDVI diuraikan sebagai berikut.

Tabel 2. 3 Penelitian Terkait

Peneliti/ Penulis	Instansi	Tahun	Judul Penelitn	Hasil Penelitian
Arnas Hardianto	Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung	2021	Pemanfaatan Citra Landsat 8 dalam Mengidentifikasi Nilai Indeks Kerapatan Vegetasi (NDVI) Tahun 2013 dan 2013	Penelitian ini menunjukkan terjadinya peralihan fungsi lahan sehingga dapat menjadi bahan acuan dalam perencanaan penataan wilayah Kota Bandar Lampung.

Tabel 2. 4 Penelitian Terkait (lanjutan)

Diana Dewi Fitriani	Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Perencanaan, dan Arsitektur, Universitas Winaya Mukti Bandung	2022	Analisis Perubahan Kerapatan Vegetasi Menggunakan Teknik Normalized Difference Vegetation Index Pada Citra Satelit Landsat 8 di Kabupaten Majalengka	Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas kerapatan vegetasi tahun 2015 dan tahun 2023 adalah 134.098,39 Ha. Pada tahun 2023 mengalami penurunan luas. Persentase perubahan kerapatan vegetasi tahun 2023 yang mengalami penurunan luas tidak bervegetasi sebesar 36% dengan luas 248,58 Ha, dan kerapatan tinggi sebesar 19% dengan luas 98.771,1 Ha.
Bambang Semedi	Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang	2023	Pemanfaatan Google Earth Engine untuk Memantau Perubahan Luasan Hutan Mangrove di Probolinggo	Pemicu utama penurunan mangrove di Probolinggo adalah tekanan dari aktivitas manusia. Kecamatan Sumberasih memiliki mangrove paling luas karena didukung oleh pengelolaan mangrove yang baik. Kecamatan Kraksaan dan Kecamatan Paiton cenderung memiliki luas mangrove paling rendah dibandingkan kecamatan lainnya karena memiliki aktivitas antropogenik paling tinggi.



BAB 3

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah data spasial berupa citra Sentinel-2 dan data spasial wilayah kerja pertambangan migas. Data penelitian tersebut berupa data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait. Data tersebut kemudian dilakukan pengumpulan, pengolahan dan analisis dengan menggunakan metode pendekatan kuantitatif.

3.1 Metode Penelitian

Dalam penelitian tugas akhir ini digunakan metode pendekatan kuantitatif dengan metode analisis spasial berbasis penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG). Tujuan utama dari pendekatan ini untuk menganalisis perubahan dan distribusi kerapatan vegetasi di wilayah kerja pertambangan migas berdasarkan status kawasan hutan tahun 2019 dan tahun 2023 menggunakan indeks vegetasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI).

3.1.1 Metode Pengumpulan Data

Adapun metode dalam tahapan pengumpulan data, data yang dikumpulkan berupa data sekunder. Data sekunder adalah data penelitian yang diperoleh secara tidak langsung atau melalui media perantara (Sugiyono, 2006). Data Sekunder dalam penelitian ini didapatkan dari instansi terkait. Data tersebut berupa data citra satelit Sentinel-2, data wilayah pertambangan migas, dan data status kawasan hutan.

3.1.2 Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan bantuan perangkat lunak *Google Earth Engine* dan *ArcGIS*. Adapun uraian dalam pengolahan data penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengolahan data citra satelit

Pengolahan data NDVI ini dilakukan dengan perangkat lunak *Google Earth Engine*. Proses ini dimulai dari penentuan area studi beserta rentan waktu, pemilihan dan filterisasi citra dengan persentase awan rendah. Setelah mendapatkan citra dengan persentase awan rendah dilanjutkan dengan menghitung nilai NDVI.

2. Pengolahan analisis data

Data hasil perhitungan nilai NDVI selanjutnya diolah menggunakan perangkat lunak *ArcGIS* untuk di klasifikasi berdasarkan nilai kerapatan vegetasi dan dihitung perubahan luasan kerapatan vegetasi pada setiap area berdasarkan status kawasan hutan pada wilayah kerja pertambangan migas pada kurun waktu tahun 2019 dan tahun 2023.

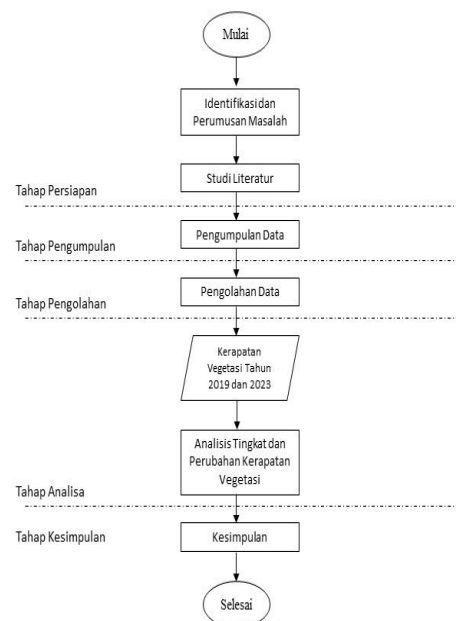
3.1.3 Metode Analisis Data

Proses Analisis dilakukan dengan cara mengorganisasikan data ke dalam kategori dan kemudian menjabarkan ke dalam unit-unit. Dari hasil tersebut kemudian dibuat kesimpulan sehingga mudah dipahami oleh diri sendiri maupun orang lain. Adapun metode analisis yang dilakukan menggunakan metode analisis perbandingan kerapatan vegetasi citra berdasarkan status kawasan hutan. Analisis

ini dilakukan untuk menghitung luas area dan persentase dari setiap kelas kerapatan vegetasi pada masing-masing kategori status kawasan hutan di area studi

3.2 Kerangka Penelitian

Adanya metode pemantauan lereng tambang batubara dengan menggunakan *drone*, perlu dilakukan uji ketelitian agar data yang dihasilkan dari proses pengolahan foto udara bisa diterima. Mengingat kelebihan drone sendiri yakni ampu memetakan area yang luas dan menjangkau area-area rawan. Kerangka pemikiran yang dilaksanakan dalam penelitian ini dapat dilihat dari diagram alir sebagai berikut.



Gambar 3.1 Kerangka Pemikiran

3.3 Operasionalisasi Penelitian

Pada Operasionalisasi penelitian ini menjelaskan terkait lokasi penelitian, data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini. Lokasi penelitian adalah tempat/lokasi kegiatan penelitian dilaksanakan. Data penelitian adalah unsur terpenting dalam penelitian sebagai objek penelitian.

3.3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian pada tugas akhir ini dilakukan di salah wilayah kerja salah satu pertambangan migas. Wilayah kerja ini masuk ke dalam wilayah administrasi Provinsi Riau. Batas area dalam pengambilan data penelitian ini berada pada peta yang ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Lokasi Penelitian

3.3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Data citra Sentinel-2

Data Citra yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data Citra Sentinel-2. Rentan waktu yang diambil untuk melihat nilai kerapatan vegetasi ini pada tahun 2019 dan tahun 2023. Citra ini sudah dilakukan proses *Cloud Masking* untuk mengidentifikasi dan menghilangkan awan agar pada saat melakukan analisis menghasilkan data yang lebih akurat dan detail dari wilayah yang tertutup awan.

2. Data wilayah pertambangan Migas

Data wilayah kerja pertambangan migas ini digunakan untuk membatasi wilayah kajian. Wilayah kerja ini mencakup area seluas 53.74 Km² terdiri dari perairan dan daratan.

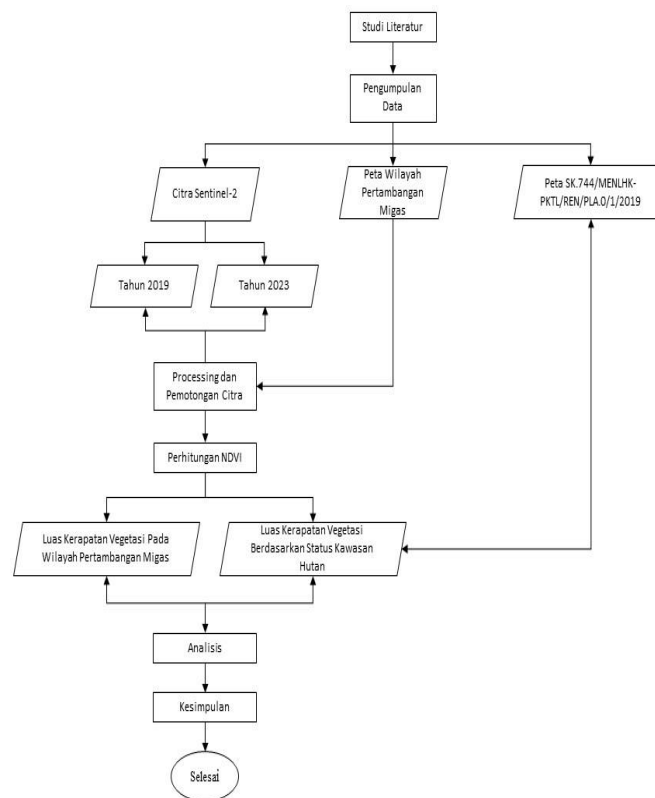
3. Data status kawasan hutan

Data status kawasan hutan ini digunakan untuk analisis berdasarkan perbedaan kerapatan vegetasi pada setiap status kawasan seperti Hutan Produksi mencakup Hutan Produksi (HP), Hutan Produksi Konversi (HPK) dan Hutan Produksi Terbatas (HPT), dan status kawasan hutan lainnya yaitu Hutan Lindung dan Kawasan Suaka Alam (KSA).

3.3.3 Rancangan Penelitian

Rencana menyeluruh dari penelitian yang dilakukan disajikan dalam bentuk rancangan penelitian. Rancangan penelitian merupakan pengembangan dari kerangka pemikiran. Pengembangan kerangka berpikir diwujudkan dalam bentuk diagram alir penelitian yang diawali dari pengidentifikasian masalah yang terjadi, kemudian studi literatur, proses pengumpulan data, pengolahan data, Analisis data hingga proses pengambilan kesimpulan dan pembuatan laporan penelitian.

Identifikasi masalah merupakan tahap awal dalam penelitian ini. Berawal dari latar belakang masalah aktivitas pertambangan migas yang berada dalam kawasan hutan sering kali berdampak negatif terhadap lingkungan, terutama pada penurunan kerapatan vegetasi. Kemudian dirumuskan permasalahan mengenai perubahan dan persentase kerapatan vegetasi dalam rentan waktu tahun 2019 dan tahun 2023 menggunakan metode NDVI. Berangkat dari hal tersebut disusunlah penelitian ini untuk mengetahui secara teknis analisis menggunakan metode NDVI dalam melihat kerapatan vegetasi dalam kawasan hutan pada wilayah kerja pertambangan migas. Adapun rancangan penelitian yang telah disusun oleh penulis, secara rinci disajikan dalam diagram alir sebagai berikut.



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari teori, konsep dasar, dan metode yang diaplikasikan dalam Analisis kerapatan vegetasi pada wilayah pertambangan migas berdasarkan status kawasan hutan. Proses identifikasi metode penelitian dilakukan dengan cara membaca laporan penelitian dan jurnal sebelumnya serta menganalisis permasalahan pada lokasi penelitian. Dengan mengetahui metode dan analisis yang tepat maka permasalahan yang terjadi dapat diselesaikan dengan baik dan benar. Seperti dijelaskan dalam subbab 2.7 dalam laporan penelitian ini, penelitian yang dilakukan ini juga tidak terlepas dari hasil penelitian-penelitian

2. Tahap Pengumpulan Data

Tahap akuisisi data sekunder dilakukan untuk mendapatkan data-data yang digunakan dalam penelitian ini. Adapun data yang digunakan berasal dari platform resmi dan instansi terkait. Adapun rincian pada setiap data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Data Citra Satelit Sentinel

Data ini didapatkan dari platform resmi google yaitu *Google Earth Engine*. Citra Satelit yang digunakan dalam penelitian ini rentan waktu tahun 2019 dan tahun 2023 telah dilakukan proses *cloud masking* untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pixel citra yang tertutup awan atau bayangan.

b. Data Wilayah Kerja Pertambangan

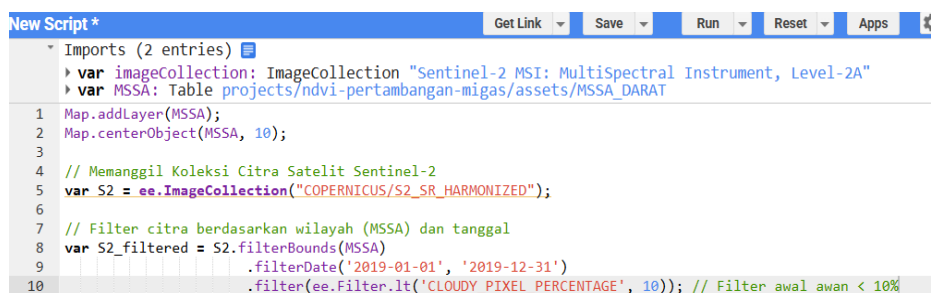
Data ini didapatkan dari tempat peneliti bekerja. Format data ini berupa data *shapefile* dengan luas area wilayah kerja sebesar 53.74 Km² terdiri dari wilayah daratan dan perairan.

c. Data Status Kawasan Hutan

Data ini didapatkan dari instansi Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan (DLHK) Provinsi Riau. Format data ini berupa data *shapefile* berisi Peta Indikatif dan Area Perhutanan Sosial memuat area kawasan hutan berdasarkan statusnya seperti Hutan Produksi (HP), Hutan Produksi Konversi (HPK) dan Hutan Lindung (HL), Hutan Produksi Konversi (HPK) dan Kawasan Suaka Alam (KSA).

3. Tahap Pengolahan Data

Tahap Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak *Google Earth Engine* (GEE) dan *ArcGIS*. Pengolahan data Citra Satelit diakses melalui platform Google Earth Engine dengan tautan <https://code.earthengine.google.com/>. Selanjutnya memilih citra satelit yang akan digunakan, dalam penelitian ini citra yang digunakan merupakan citra satelit Sentinel-2. Area penelitian yang membatasi penelitian selanjutnya dimasukan ke dalam platform GEE dengan memasukan data batas wilayah kerja pertambangan migas dan mem-filterisasi berdasarkan waktu pada tahun 2019 dan tahun 2023.



```

New Script *
Imports (2 entries)
  var imageCollection: ImageCollection "Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-2A"
  var MSSA: Table projects/ndvi-pertambangan-migas/assets/MSSA_DARAT
1 Map.addLayer(MSSA);
2 Map.centerObject(MSSA, 10);
3
4 // Memanggil Koleksi Citra Satelit Sentinel-2
5 var S2 = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED");
6
7 // Filter citra berdasarkan wilayah (MSSA) dan tanggal
8 var S2_filtered = S2.filterBounds(MSSA)
9   .filterDate('2019-01-01', '2019-12-31')
10  .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 10)); // Filter awal awan < 10%

```

Gambar 3.4 Script Penentuan Area Penelitian

Selanjutnya dilakukan *cloud masking* untuk memfilterisasi dan mengidentifikasi piksel-piksel yang tertutup awan yang berada pada citra satelit dengan memilih band kualitas (QA Bands) berdasarkan code QA bands pada citra yang dipilih. Untuk Citra Sentinel-2 ini band yang relevan adalah QA60. Band QA60 ini adalah band 16-bit yang berisi bit-bit bendera yang menunjukkan keberadaan awan dan cirrus. Dua bit ini adalah bit-10 untuk menunjukkan keberadaan awan dan bit-11 untuk menunjukkan keberadaan cirrus, untuk mendapatkan pixel yang bersih dari awan maka kedua bit ini harus bernilai 0.

```

12 // -----
13 // Fungsi Cloud Masking untuk Sentinel-2
14 // -----
15 var cloudMasking = function (image) {
16   var qa = image.select('QA60');
17   var cloudBitMask = 1 << 10;
18   var cirrusBitMask = 1 << 11;
19
20   var mask = qa.bitwiseAnd(cloudBitMask).eq(0)
21   | | | | | .and(qa.bitwiseAnd(cirrusBitMask).eq(0));
22
23   return image.updateMask(mask).divide(10000); // Terapkan mask dan skala citra
24 };
25
26 // Terapkan cloud masking dan ambil citra komposit median
27 var S2_clear = S2_filtered.sort('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE')
28 | | | | | .map(cloudMasking)
29 | | | | | .median()
30 | | | | | .clip(MSSA);

```

Gambar 3.5 Script *Cloud Masking*

Setelah citra selesai dilakukan proses *cloud masking* langkah selanjutnya menghitung NDVI menggunakan rumus $NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$. Dimana pada citra satelit sentinel-2 band NIR adalah B8 dan band Red adalah B4.

```

46 // Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
47 // Mendefinisikan Band NIR dan RED untuk Sentinel-2
48 var nir = S2scale.select('B8'); // Sentinel-2 NIR band is B8
49 var red = S2scale.select('B4'); // Sentinel-2 Red band is B4
50
51 // Menghitung NDVI dengan Rumus
52 var ndvi = nir.subtract(red).divide(nir.add(red)).rename('NDVI');
53

```

Gambar 3.6 Script Rumus *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*

Interpretasi yang dilakukan adalah membandingkan klasifikasi nilai kerapatan vegetasi citra sentinel-2 tahun 2019 dan tahun 2023. Klasifikasi dibuat menjadi 5 kelas yaitu: lahan tidak bervegetasi, kerapatan sangat rendah, kerapatan rendah, kerapatan sedang dan kerapatan tinggi. (Peraturan Menteri Kehutanan No. P12/Menhut-II Tahun 2012).

Tabel 3.1 Klasifikasi Nilai NDVI

No	Nilai Indeks Vegetasi	Klasifikasi Kerapatan Vegetasi
1	-1 s.d -0.03	Lahan Tidak Bervegetasi
2	-0.03 s.d 0.15	Kerapatan Sangat Rendah
3	0.16 s.d 0.25	Kerapatan Rendah
4	0.26 s.d 0.35	Kerapatan Sedang
5	0.36 s.d 1	Kerapatan Tinggi

Untuk memahami pola spasial dari hasil perhitungan NDVI ini, kita menentukan rentan nilai kerapatan vegetasi dan palet warna yang sesuai.

```

43 // -----
44 // Klasifikasi NDVI berdasarkan rentang nilai
45 // -----
46 var ndviTB = ndvi.gt(-1).and(ndvi.lte(-0.03)).selfMask().rename('Lahan Tidak Bervegetasi');
47 var ndviSR = ndvi.gt(-0.03).and(ndvi.lte(0.15)).selfMask().rename('Kerapatan Sangat Rendah');
48 var ndviR = ndvi.gt(0.16).and(ndvi.lte(0.25)).selfMask().rename('Kerapatan Rendah');
49 var ndviS = ndvi.gt(0.26).and(ndvi.lte(0.35)).selfMask().rename('Kerapatan Sedang');
50 var ndviT = ndvi.gt(0.36).and(ndvi.lte(1)).selfMask().rename('Kerapatan Tinggi');
51
52 // -----
53 // Menampilkan hasil klasifikasi pada peta
54 // -----
55 Map.addLayer(ndviTB, {palette: ['FF0000']}, 'Lahan Tidak Bervegetasi (NDVI -1 to -0.03)');
56 Map.addLayer(ndviSR, {palette: ['FFA500']}, 'Kerapatan Sangat Rendah (NDVI -0.03 to 0.15)');
57 Map.addLayer(ndviR, {palette: ['FFFF00']}, 'Kerapatan Rendah (NDVI 0.16 to 0.25)');
58 Map.addLayer(ndviS, {palette: ['008000']}, 'Kerapatan Sedang (NDVI 0.26 to 0.35)');
59 Map.addLayer(ndviT, {palette: ['006400']}, 'Kerapatan Tinggi (NDVI 0.36 to 1)');

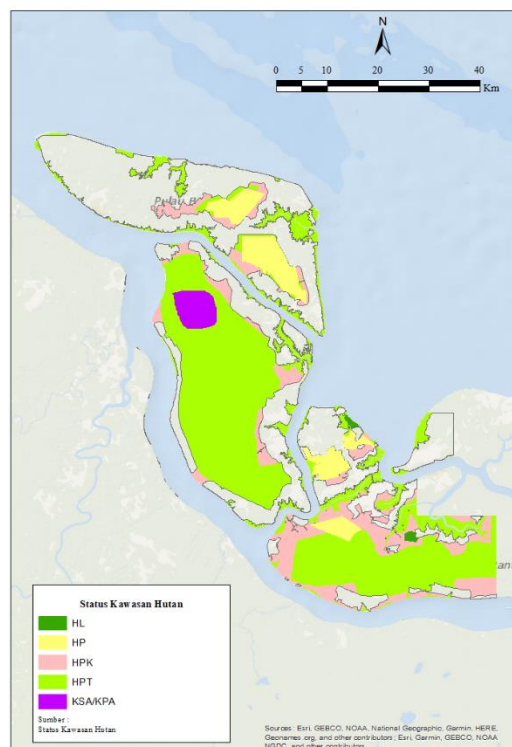
```

Gambar 3.7 Script Klasifikasi Rentan Nilai NDVI

Akhir dari pengolahan citra satelit sentinel-2 pada platform *Google Earth Engine* ini selanjutnya melakukan export hasil perhitungan nilai NDVI dalam format .TIFF untuk selanjutnya dilakukan analisis tingkat kerapatan vegetasi berdasarkan status kawasan hutan pada wilayah pertambangan migas menggunakan perangkat lunak *ArcGIS*.

4. Tahap Analisis Data

Tahapan Analisis yang dilakukan yaitu analisis perbandingan kerapatan vegetasi dari citra satelit sentinel-2 pada tahun 2019 dan tahun 2023 berdasarkan status kawasan hutan ini dilakukan menggunakan data hasil perhitungan NDVI yang telah diklasifikasi berdasarkan tingkat kerapatannya. Analisis dengan *overlay* data hasil NDVI dengan masing-masing status kawasan hutan dari Hutan Produksi (HP), Hutan Produksi Konversi (HPK), Hutan Lindung (HL), Hutan Produksi Terbatas (HPT) dan KSA (Kawasan Suaka Alam) lalu dilakukan metode *clip* antara citra hasil perhitungan NDVI dengan status kawasan hutan sehingga didapat masing-masing luasan perubahan kerapatan vegetasi dari berdasarkan status kawasan hutan yang ada.



Gambar 3.8 Status Kawasan Hutan di Area Studi

3.3.4 Tahap Kesimpulan

Pada tahap ini dilakukan pengambilan kesimpulan berdasarkan analisis yang telah dilakukan. Penarikan kesimpulan adalah usaha untuk mencari atau memahami makna penjelasan dan alur sebab akibat dari analisis yang dilakukan. Penarikan kesimpulan dilakukan dengan cara mereduksi data, menyajikan data serta verifikasi data dari penelitian yang kemudian disajikan dalam bentuk narasi.



BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kerapatan vegetasi menggunakan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) pada wilayah pertambangan migas berdasarkan status kawasan hutan. Data yang dibandingkan adalah data hasil perhitungan NDVI menggunakan citra satelit Sentinel-2 periode tahun 2019 dan tahun 2023. Data tersebut kemudian diAnalisis untuk menguji hipotesis perbandingan antara kedua data.

4.1 Hasil Kerapatan Vegetasi *Normalized Vegetation Index* (NDVI)

Klasifikasi kelas kerapatan vegetasi dilakukan dengan cara melihat nilai minimum dan maksimum pada citra satelit tahun 2019 dan tahun 2023 kemudian dibuat kelas nilai rentang vegetasi yang sama pada setiap tahunnya. Setelah melakukan klasifikasi rentan nilai, didapatkan hasil interpretasi dengan kelas kerapatan vegetasi tahun 2019 dan tahun 2023 dari citra satelit Sentinel-2. Luasan kerapatan vegetasi dapat dilakukan dengan cara melihat resolusi *pixel* data raster menggunakan rumus sebagai berikut:

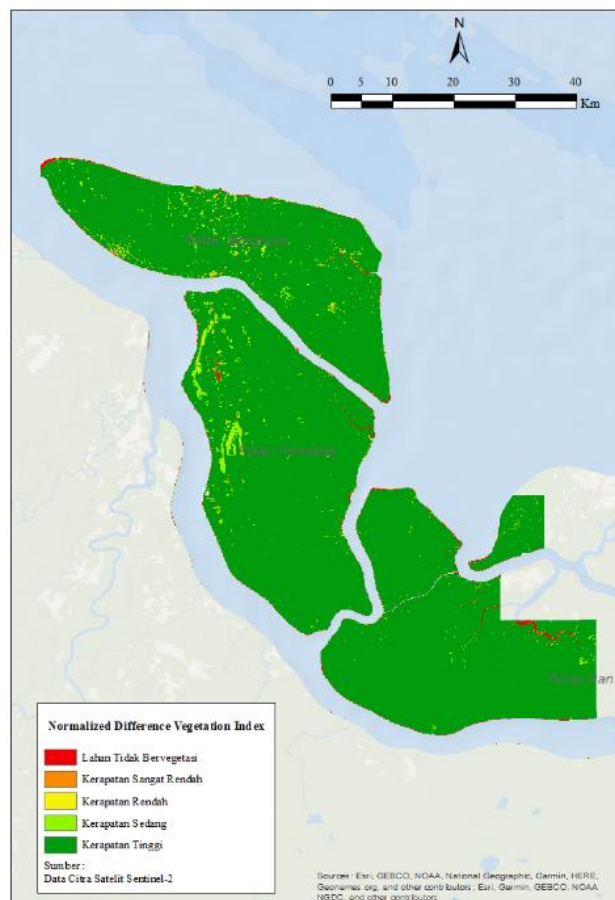
$$Luas = \frac{\text{Jumlah Pixel} \times \text{Resolusi Pixel (m)}}{\text{Konversi Luas (Ha)}}$$

Nilai *index* kerapatan vegetasi didapatkan hasil sebagai berikut:

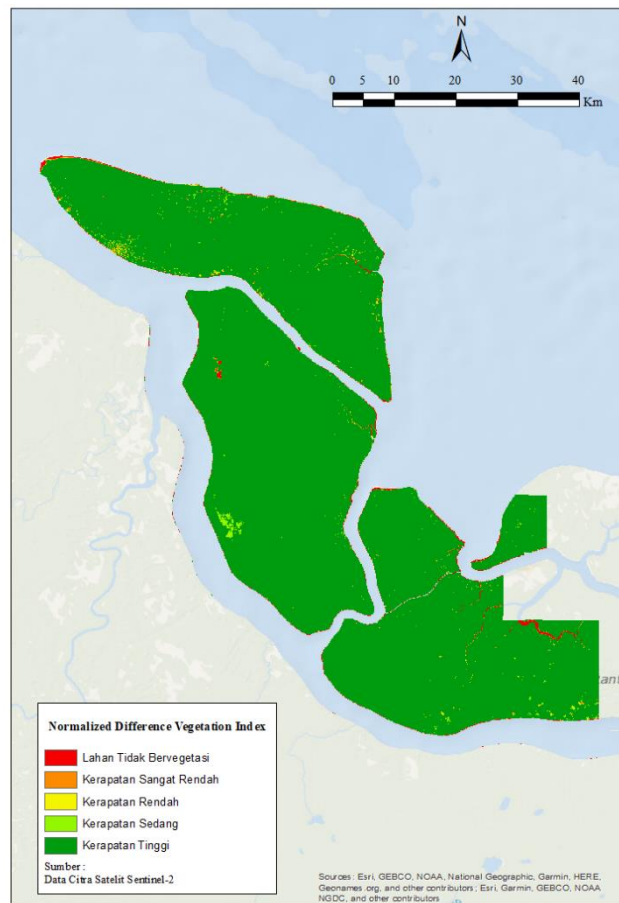
Tabel 4.1 Nilai Index NDVI tahun 2019 dan tahun 2023

No	Tahun	Nilai Minimum	Nilai Maksimum
1	2019	-0.69649	0.952838
2	2023	-0.632115	0.92916

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan diperoleh hasil nilai kerapatan dengan variasi NDVI pada wilayah pertambangan migas tahun 2019 dan tahun 2023 terdiri dari tidak bervegetasi, vegetasi jarang, vegetasi cukup rapat, vegetasi rapat dan vegetasi sangat rapat. Klasifikasi tingkat kerapatan vegetasi di daerah penelitian tahun 2019 dan tahun 2023 dapat dilihat pada gambar 4.1 dan gambar 4.2.



Gambar 4.1 Peta Sebaran Nilai NDVI Pada Wilayah Kerja Pertambangan Migas Tahun 2019



Gambar 4.2 Peta Sebaran Nilai NDVI Pada Wilayah Kerja Pertambangan Migas Tahun 2023

Dari hasil pengolahan citra Sentinel-2 tingkat kerapatan vegetasi wilayah pertambangan migas tahun 2019 terlihat bahwa nilai vegetasi didominasi oleh warna hijau tua dengan klasifikasi kerapatan tinggi seluas 300947.196 ha pada rentan -1 - -0.03 meliputi 97,31% dari luas total wilayah pertambangan migas, luas kerapatan sedang seluas 4869.415 ha pada rentan 0.26 – 0.35 meliputi 1.57% dari total luas wilayah pertambangan migas ditandai dengan warna hijau muda, luas kerapatan rendah seluas 1706.164 ha pada rentan 0.16 – 0.25 meliputi 0.55% dari total luasan pertambangan migas ditandai dengan warna kuning, luas kerapatan sangat rendah seluas 963.506 ha pada rentan -0.03 – 0.15 meliputi 0.31% dari total

luas wilayah pertambangan migas ditandai dengan warna orange, dan luas lahan tidak bervegetasi seluas 768.324 ha pada rentan -1 - -0.03 meliputi 0.25% dari total luas wilayah pertambangan migas ditandai dengan warna merah.

Tabel 4.2 Nilai dan Luas area klasifikasi NDVI tahun 2019

Klasifikasi Kerapatan Vegetasi	Nilai NDVI	Luas (ha)	Persentase (%)
Lahan Tidak Bervegetasi	-1 s.d -0.03	768.324	0.25
Kerapatan Sangat Rendah	-0.03 s.d 0.15	963.506	0.31
Kerapatan Rendah	0.16 s.d 0.25	1706.164	0.55
Kerapatan Sedang	0.26 s.d 0.35	4869.415	1.57
Kerapatan Tinggi	0.36 s.d 1	300947.196	97.31

Dari hasil pengolahan citra Sentinel-2 tingkat kerapatan vegetasi wilayah pertambangan migas tahun 2023 terlihat bahwa nilai vegetasi didominasi oleh warna hijau tua dengan klasifikasi kerapatan tinggi seluas 305216.190 ha pada rentan -1 - -0.03 meliputi 98,68% dari luas total wilayah pertambangan migas, luas kerapatan sedang seluas 1679.104 ha pada rentan 0.26 – 0.35 meliputi 0.54% dari total luas wilayah pertambangan migas ditandai dengan warna hijau muda, luas kerapatan rendah seluas 764.417 ha pada rentan 0.16 – 0.25 meliputi 0.25% dari total luasan pertambangan migas ditandai dengan warna kuning, luas kerapatan sangat rendah seluas 708.655 ha pada rentan -0.03 – 0.15 meliputi 0.23% dari total luas wilayah pertambangan migas ditandai dengan warna orange, dan luas lahan tidak bervegetasi seluas 917.025 ha pada rentan -1 - -0.03 meliputi 0.30% dari total luas wilayah pertambangan migas ditandai dengan warna merah.

Tabel 4.3 Nilai dan Luas area klasifikasi NDVI tahun 2023

Klasifikasi Kerapatan Vegetasi	Nilai NDVI	Luas (Ha)	Persentase (%)
Lahan Tidak Bervegetasi	-1 s.d -0.03	917.025	0.30
Kerapatan Sangat Rendah	-0.03 s.d 0.15	708.655	0.23
Kerapatan Rendah	0.16 s.d 0.25	764.417	0.25
Kerapatan Sedang	0.26 s.d 0.35	1679.104	0.54
Kerapatan Tinggi	0.36 s.d 1	305216.190	98.68

Secara umum hasil menjelaskan bahwa penurunan kerapatan vegetasi sebagian besar merupakan area yang berdekatan dengan lokasi pertambangan aktif atau perluasan infrastruktur (misalnya, pembangunan jalan akses, *wellpads* baru, atau fasilitas pengolahan). Penurunan ini mengindikasikan berkurangnya kerapatan vegetasi, yang kemungkinan besar diakibatkan oleh aktivitas pembukaan lahan, penggalian, dan gangguan lainnya terkait operasi migas. Area ini dapat dilihat dalam tabel perbandingan luas lahan tidak bervegetasi pada tahun 2019 dan 2023 dengan klasifikasi kerapatan vegetasi yang ditunjukkan dengan lahan tidak bervegetasi yang mengalami peningkatan luas pada table 4.4. Area-area ini sering kali ditandai dengan perubahan dari vegetasi lebat menjadi area terbuka, semak belukar yang terganggu, atau bahkan lahan kosong.

Tabel 4.4 Perbandingan Luas Lahan Tidak Bervegetasi pada Wilayah Pertambangan Migas Tahun 2019 dan Tahun 2023

Kerapatan Vegetasi	Tahun 2019	Tahun 2023
	Luas (ha)	Luas (ha)
Lahan Tidak Bervegetasi	768.324	917.025

Dapat dilihat berdasarkan tabel perbandingan luas kerapatan vegetasi pada wilayah pertambangan migas tahun 2019 dan tahun 2023 untuk klasifikasi kerapatan sangat rendah mengalami penurunan sebesar 0.08%, kemudian untuk klasifikasi kerapatan rendah juga mengalami penurunan sebesar 0.30%, kemudian

untuk klasifikasi kerapatan sedang juga mengalami penurunan sebesar 1.03% hal ini bisa terjadi dikarenakan aktivitas pertambangan migas atau aktifitas diluar pertambangan yang mengakibatkan terjadinya penurunan kerapatan vegetasi seperti kegiatan penebangan liar dan aktifitas lainnya. Namun diluar hal tersebut klasifikasi dengan kerapatan tinggi mengalami kenaikan sebesar 1.37% hal ini menunjukkan bahwasannya peningkatan atau pemulihan vegetasi di beberapa area yang mengalami upaya rehabilitasi. Maka dari itu kegiatan pertambangan migas tidak menutup kemungkinan hal tersebut menjadikan seluruh wilayah kerja pertambangan migas mengalami penurunan kerapatan vegetasi. dalam perubahan luas kerapatan vegetasi dari masing-masing klasifikasi kerapatan, nilai vegetasi dengan kerapatan tinggi masih mendominasi.

Tabel 4.5 Tabel Perbandingan Luas Kerapatan Vegetasi pada Wilayah Pertambangan Migas Tahun 2019 dan Tahun 2023

Klasifikasi Kerapatan Vegetasi	NDVI Tahun 2019		NDVI Tahun 2023		Selisih (Ha)	Persentase Perubahan
	Luas (ha)	Persentase (%)	Luas (ha)	Persentase (%)		
Lahan Tidak Bervegetasi	768.324	0.25	917.025	0.30	-148.702	-0.05
Kerapatan Sangat Rendah	963.506	0.31	708.655	0.23	254.851	0.08
Kerapatan Rendah	1706.164	0.55	764.417	0.25	941.747	0.30
Kerapatan Sedang	4869.415	1.57	1679.104	0.54	3190.311	1.03
Kerapatan Tinggi	300947.196	97.31	305216.190	98.68	-4268.994	-1.37



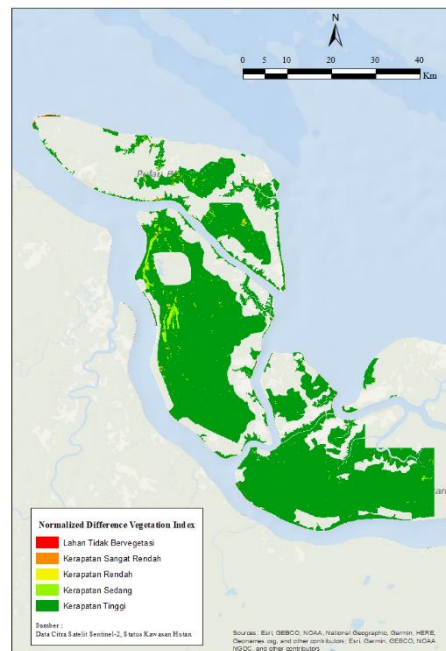
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Luas Kerapatan Vegetasi Pada Wilayah Pertambangan Migas tahun 2019 dan 2023

4.2 Perbedaan Perubahan Kerapatan Vegetasi Pada Setiap Status Kawasan Hutan

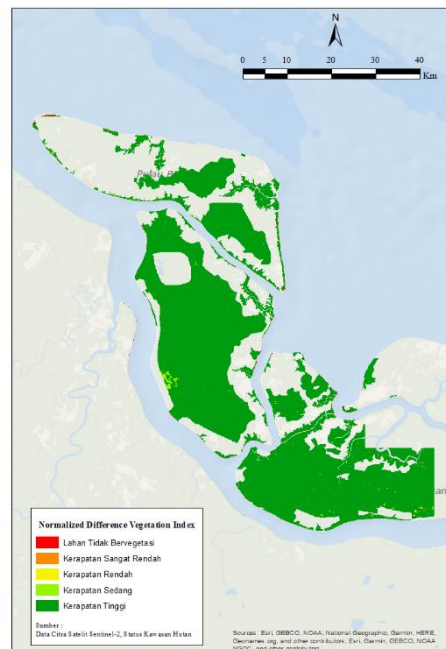
Dalam wilayah pertambangan migas terdapat status kawasan hutan berdasarkan surat keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK) Nomor SK.744/MenLHK-PKTL/PLA.2/10/2021 yang berisi mengenai informasi kawasan hutan, fungsi hutan dan status lahan di seluruh wilayah Indonesia. Dalam hal ini kawasan tersebut wilayah kerja pertambangan migas yang menjadi area studi pada penelitian ini terdapat area dengan status kawasan hutan. Analisis menunjukkan perbedaan dalam tingkat perubahan kerapatan vegetasi antara status kawasan hutan yang berbeda di wilayah pertambangan migas. Kawasan hutan ini dibagi menjadi tiga bagian yaitu kawasan hutan produksi, hutan lindung dan hutan suaka alam.

1. Hutan Produksi

Pada status kawasan Hutan Produksi ini, terdapat 3 jenis hutan produksi yaitu Hutan Produksi, Hutan Produksi Konversi dan Hutan Produksi Terbatas. Dengan luas area hutan produksi yang berada pada wilayah pertambangan migas ini seluas 181622.290 ha. Area di kawasan Hutan Produksi seringkali menjadi target utama dalam melakukan pembukaan lahan baru dan pengembangan infrastruktur migas. Sehingga dampak terhadap kerapatan vegetasi lebih luas.



Gambar 4.4 Peta Sebaran Nilai NDVI Pada Hutan Produksi Tahun 2019



Gambar 4.5 Peta Sebaran Nilai NDVI Pada Hutan Produksi Tahun 2023

Berdasarkan hasil perhitungan kerapatan vegetasi, luas area dalam kawasan Hutan Produksi pada tahun 2019 dengan jenis kerapatan vegetasi lahan tidak bervegetasi seluas 346.849 ha dengan rentan $-1 - -0.03$, luas area dengan jenis kerapatan sangat rendah seluas 458.698 ha dengan rentan $-0.03 - 0.15$, luas area dengan jenis kerapatan rendah seluas 932.163 ha dengan rentan $0.16 - 0.25$, luas area dengan jenis kerapatan sedang seluas 3271.588 ha, dan luas area dengan jenis kerapatan tinggi seluas 176612.992 ha dengan rentan $0.36 - 1$.

Berdasarkan hasil perhitungan kerapatan vegetasi, luas area dalam kawasan Hutan Produksi pada tahun 2023 dengan jenis kerapatan vegetasi lahan tidak bervegetasi seluas 416.319 ha dengan rentan $-1 - -0.03$, luas area dengan jenis kerapatan sangat rendah seluas 283.564 ha dengan rentan $-0.03 - 0.15$, luas area dengan jenis kerapatan rendah seluas 284.436 ha dengan rentan $0.16 - 0.25$, luas area dengan jenis kerapatan sedang seluas 895.754 ha, dan luas area dengan jenis kerapatan tinggi seluas 179743.781 ha dengan rentan $0.36 - 1$.

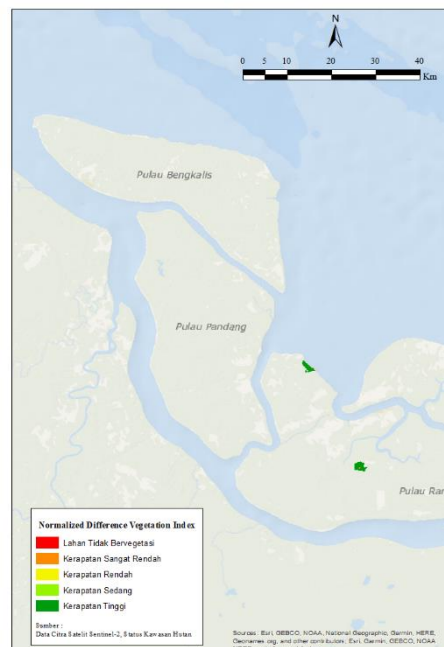
Hal ini menunjukkan bertambahnya kegiatan pertambangan migas di area hutan produksi dengan melihat nilai kerapatan kerapatan vegetasi dengan jenis lahan tidak bervegetasi dengan pertambahan jumlah luas sebesar 69.470 ha atau sebesar 0.03 % selama 4 tahun dari tahun 2019 dan 2023.

Tabel 4.6 Tabel Perbandingan Luas Kerapatan Vegetasi dalam Kawasan Hutan Produksi pada Wilayah Pertambangan Migas Tahun 2019 dan Tahun 2023

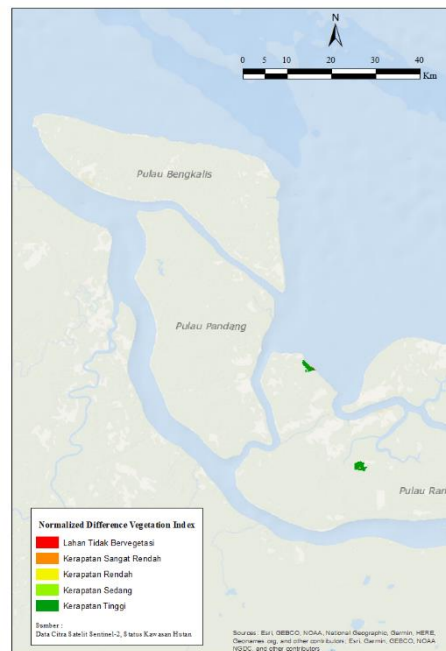
Rentan Klasifikasi	Kerapatan Vegetasi	HP Tahun 2019	HP Tahun 2023	Selisih (ha)	Persentase Perubahan (%)
		Luas (ha)	Luas (ha)		
-1 s.d -0.03	Lahan Tidak Bervegetasi	346.849	416.319	-69.470	-0.03
-0.03 s.d 0.15	Kerapatan Sangat Rendah	458.698	283.564	175.134	0.09
0.16 s.d 0.25	Kerapatan Rendah	932.163	284.436	647.727	0.35
0.26 s.d 0.35	Kerapatan Sedang	3271.588	895.754	2375.834	1.3
0.36 s.d 1	Kerapatan Tinggi	176612.992	179743.781	-3130.790	-1.72

2. Hutan Lindung

Pada status kawasan Hutan Lindung, terdapat kegiatan yang menyebabkan terjadinya perubahan kerapatan vegetasi. Dengan luas area hutan lindung yang berada pada wilayah pertambangan migas ini seluas 768.104 ha.



Gambar 4.6 Peta Sebaran Nilai NDVI Pada Hutan Lindung Tahun 2019



Gambar 4.7 Peta Sebaran Nilai NDVI Pada Hutan Lindung Tahun 2023

Berdasarkan hasil perhitungan kerapatan vegetasi, luas area dalam kawasan Hutan Lindung pada tahun 2019 dengan jenis kerapatan vegetasi lahan tidak bervegetasi seluas 7.884 ha dengan rentan $-1 - -0.03$, luas area dengan jenis kerapatan sangat rendah seluas 9.811 ha dengan rentan $-0.03 - 0.15$, luas area dengan jenis kerapatan rendah seluas 3.706 ha dengan rentan $0.16 - 0.25$, luas area dengan jenis kerapatan sedang seluas 3.452 ha, dan luas area dengan jenis kerapatan tinggi seluas 743.252 ha dengan rentan $0.36 - 1$.

Berdasarkan hasil perhitungan kerapatan vegetasi, luas area dalam kawasan Hutan Lindung pada tahun 2023 dengan jenis kerapatan vegetasi lahan tidak bervegetasi seluas 11.505 ha dengan rentan $-1 - -0.03$, luas area dengan jenis kerapatan sangat rendah seluas 5.040 ha dengan rentan $-0.03 - 0.15$, luas area dengan jenis kerapatan rendah seluas 4.801 ha dengan rentan $0.16 - 0.25$, luas area

dengan jenis kerapatan sedang seluas 4.362 ha, dan luas area dengan jenis kerapatan tinggi seluas 742.396 ha dengan rentan 0.36 – 1.

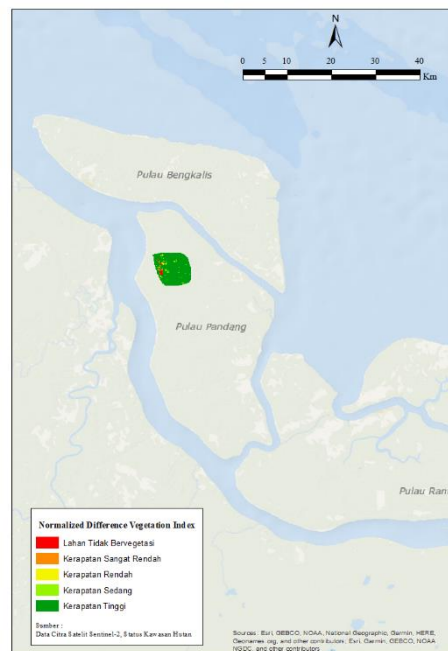
Tabel 4.7 Tabel Perubahan Luas Kerapatan Vegetasi dalam Kawasan Hutan Lindung pada Wilayah Pertambangan Migas Tahun 2019 dan Tahun 2023

Rentan Klasifikasi	Kerapatan Vegetasi	HL Tahun 2019	HL Tahun 2023	Selisih (ha)	Persentase Perubahan (%)
		Luas (ha)	Luas (ha)		
-1 s.d -0.03	Lahan Tidak Bervegetasi	7.884	11.505	-3.621	-0.47
-0.03 s.d 0.15	Kerapatan Sangat Rendah	9.811	5.040	4.771	0.62
0.16 s.d 0.25	Kerapatan Rendah	3.706	4.801	-1.095	-0.14
0.26 s.d 0.35	Kerapatan Sedang	3.452	4.362	-0.910	-0.11
0.36 s.d 1	Kerapatan Tinggi	743.252	742.396	0.856	0.11

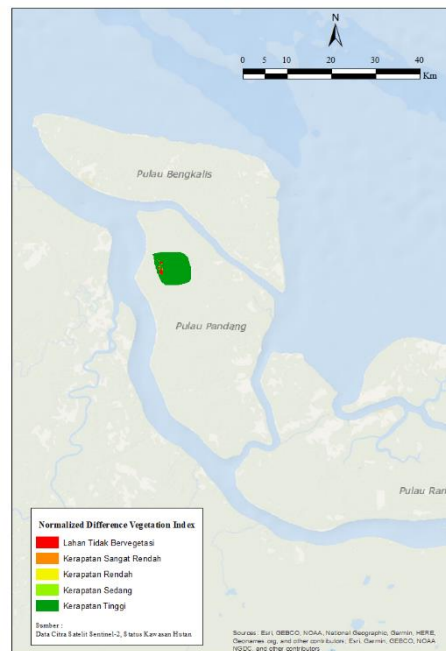
Dapat dilihat bahwa nilai luas kerapatan vegetasi dengan kerapatan lahan tidak bervegetasi mengalami kenaikan dari tahun 2019 sampai tahun 2023 sebesar 3.621 ha atau 0.47 % dari total luasan kawasan Hutan Lindung yang berada di wilayah pertambangan migas. Namun penurunan kerapatan vegetasi ini bukan diakibatkan oleh aktivitas pertambangan migas. Walaupun pertambangan migas dapat melakukan kegiatan pertambangan di area kawasan hutan dengan memegang izin Pinjam Pakai Kawasan Hutan (PPKH). Namun saat ini peraturan tersebut semakin ketat, dan pertambangan hanya dapat dilakukan pada status kawasan hutan produksi. Kawasan hutan lindung ini masih memiliki tingkat kerapatan vegetasi yang baik, terlihat dari hasil nilai kerapatan vegetasi yang menunjukkan bahwa 96.7 % hutan lindung dalam wilayah pertambangan migas ini masih terjaga.

3. Hutan Suaka Alam

Pada status Kawasan Suaka Alam terdapat kegiatan yang menyebabkan terjadinya perubahan kerapatan vegetasi khususnya pada kerapatan vegetasi lahan tidak bervegetasi. Dengan luas area suaka alam yang berada pada wilayah pertambangan migas ini seluas 5293.793 ha.



Gambar 4.8 Peta Sebaran Nilai NDVI Pada Suaka Alam Tahun 2019



Gambar 4.9 Peta Sebaran Nilai NDVI Pada Suaka Alam Tahun 2023

Berdasarkan hasil perhitungan kerapatan vegetasi, luas area dalam kawasan Suaka Alam pada tahun 2019 dengan jenis kerapatan vegetasi lahan tidak bervegetasi seluas 93.163 ha dengan rentan $-1 - -0.03$, luas area dengan jenis kerapatan sangat rendah seluas 45.951 ha dengan rentan $-0.03 - 0.15$, luas area dengan jenis kerapatan rendah seluas 65.165 ha dengan rentan $0.16 - 0.25$, luas area dengan jenis kerapatan sedang seluas 144.121 ha, dan luas area dengan jenis kerapatan tinggi seluas 4945.393 ha dengan rentan $0.36 - 1$.

Berdasarkan hasil perhitungan kerapatan vegetasi, luas area dalam kawasan Suaka Alam pada tahun 2019 dengan jenis kerapatan vegetasi lahan tidak bervegetasi seluas 106.097 ha dengan rentan $-1 - -0.03$, luas area dengan jenis kerapatan sangat rendah seluas 26.197 ha dengan rentan $-0.03 - 0.15$, luas area dengan jenis kerapatan rendah seluas 13.213 ha dengan rentan $0.16 - 0.25$, luas area

dengan jenis kerapatan sedang seluas 11.499 ha, dan luas area dengan jenis kerapatan tinggi seluas 5136.753 ha dengan rentan 0.36 – 1.

Tabel 4.8 Tabel Perubahan Luas Kerapatan Vegetasi dalam Kawasan Suaka Alam pada Wilayah Pertambangan Migas Tahun 2019 dan Tahun 2023

Rentan Klasifikasi	Kerapatan Vegetasi	Tahun 2019	Tahun 2023	Selisih (ha)	Persentase Perubahan (%)
		Luas (ha)	Luas (ha)		
-1 s.d -0.03	Lahan Tidak Bervegetasi	93.163	106.097	-12.933	-0.24
-0.03 s.d 0.15	Kerapatan Sangat Rendah	45.951	26.197	19.753	0.37
0.16 s.d 0.25	Kerapatan Rendah	65.165	13.213	51.952	-0.98
0.26 s.d 0.35	Kerapatan Sedang	144.121	11.499	132.622	2.5
0.36 s.d 1	Kerapatan Tinggi	4945.393	5136.753	-191.359	-3.61

Sama halnya pada kawasan Hutan Lindung, Kawasan Suaka Alam juga dilarang untuk melakukan kegiatan pertambangan. Hal ini guna menjaga ekosistem unik yang ada serta menjaga populasi satwa langka dan mengawetkan spesies tumbuhan. Berdasarkan hasil nilai kerapatan vegetasi luas area dengan status lahan tidak bervegetasi cukup luas. Pada tahun 2019 luas kerapatan vegetasi dengan kelas lahan tidak bervegetasi seluas 93.163 ha dan terus bertambah hingga tahun 2023 seluas 106.097 ha. Luasan pada tahun 2023 ini mencakup 2 % dari total keseluruhan luas wilayah kawasan suaka alam. Namun dibalik itu luas tingkat kerapatan vegetasi tinggi mengalami kenaikan sebesar 191.359 Ha atau 3.61 % selama 4 tahun dari rentan waktu tahun 2019 sampai tahun 2023.

4.2.1 Analisis Berdasarkan Undang-undang

Pertambangan minyak dan gas bumi merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki peranan penting dalam perekonomian nasional. Namun dibalik itu pertambangan minyak dan gas bumi perlu perhatian khusus dalam pengelolaan dan mitigasi dampak negatif dari setiap kegiatan pertambangan. Berbicara kawasan hutan tentunya menjadi hal yang sangat krusial, sebab hutan merupakan ekosistem yang berisi sumber daya alam dan hayati yang didominasi pepohonan di dalamnya. Peraturan terkait izin kegiatan pertambangan di dalam kawasan hutan ini memiliki peran penting guna menjaga stabilitas hutan dalam fungsi utamanya.

Berdasarkan peraturan UU No. 41 Tahun 1999 tentang kehutanan menjelaskan bahwa secara tegas melarang segala aktifitas yang merusak lingkungan di kawasan hutan lindung dan berdasarkan UU No. 5 Tahun 1990 tentang konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya melarang aktifitas pertambangan di kawasan suaka alam. Secara hukum jika suatu pertambangan dilakukan dalam kedua jenis kawasan hutan yaitu Hutan Lindung (HL) dan Kawasan Suaka Alam (KSA) adalah illegal dan dapat dikenakan sanksi pidana.

Namun berbeda dengan status kawasan Hutan Produksi (HP). Berdasarkan UU No.4 Tahun 2009 tentang pertambangan mineral dan batubara yang kemudian diperbarui menjadi UU No.3 Tahun 2020 mengatur bahwa kegiatan pertambangan dapat dilakukan di kawasan hutan produksi. Namun segala kegiatan pertambangan ini tidak dapat dilakukan sembarangan. Badan Usaha pertambangan wajib memiliki izin Pinjam Pakai Kawasan Hutan (PPKH) dari Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Hal ini juga bertujuan untuk mengendalikan dampak lingkungan dan

memastikan bahwa kegiatan tersebut tidak merusak fungsi hutan secara permanen. Berkaitan dengan izin Pinjam Pakai Kawasan Hutan (PPKH), hal ini sebagaimana dijelaskan dalam Permen LHK No.7 Tahun 2021 tentang perencanaan, perubahan peruntukan kawasan hutan dan perubahan fungsi kawasan hutan serta penggunaan kawasan hutan, badan usaha pertambangan migas yang akan melakukan kegiatan pertambangan di area hutan produksi wajib memiliki Surat Keputusan (SK) PPKH yang telah di telaah di Kementrian Kehutanan lalu telah melakukan tata batas serta ketersediaannya dalam mengganti biaya investasi dan setelah SK terbit dan melakukan kegiatan pertambangan, badan usaha pertambangan memiliki kewajiban terhadap kegiatan rehabilitasi DAS dengan rasioa minimal 1 : 1 serta membayar PNBP penggunaan kawasan hutan.



BAB 5

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dari penelitian nilai kerapatan vegetasi pada wilayah pertambangan migas berdasarkan status kawasan hutan diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu:

1. Berdasarkan hasil analisis kerapatan vegetasi menggunakan citra sentinel-2 pada wilayah kerja pertambangan migas pada tahun 2019 dan tahun 2023 di dominasi oleh nilai kerapatan vegetasi rentan 0.36 – 1 ini menunjukkan tingkat kerapatan vegetasi tinggi dengan peningkatan jumlah luasan sebesar 4268.944 Ha atau 1.37% dari total luas wilayah pertambangan migas dan nilai kerapatan vegetasi rentan -1 - -0.03 ini menunjukkan tingkat kerapatan lahan tidak bervegetasi yang diakibatkan oleh kegiatan pertambangan migas dengan peningkatan jumlah luasan sebesar 148.702Ha atau 0.05 % dari luas total wilayah pertambangan migas.
2. Berdasarkan hasil analisis kerapatan vegetasi menggunakan citra sentinel-2 pada wilayah kerja pertambangan migas pada tahun 2019 dan tahun 2023 berdasarkan status kawasan hutan. Hutan produksi merupakan area kawasan hutan yang paling banyak mengalami kenaikan persentasi akibat kegiatan pertambangan sebesar 0.03 % dengan tambahan luasan sebesar 69.470 Ha. Nilai ini dapat dilihat pada perubahan tingkat kerapatan lahan tidak bervegetasi.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan penulis bagi penelitian selanjutnya yaitu:

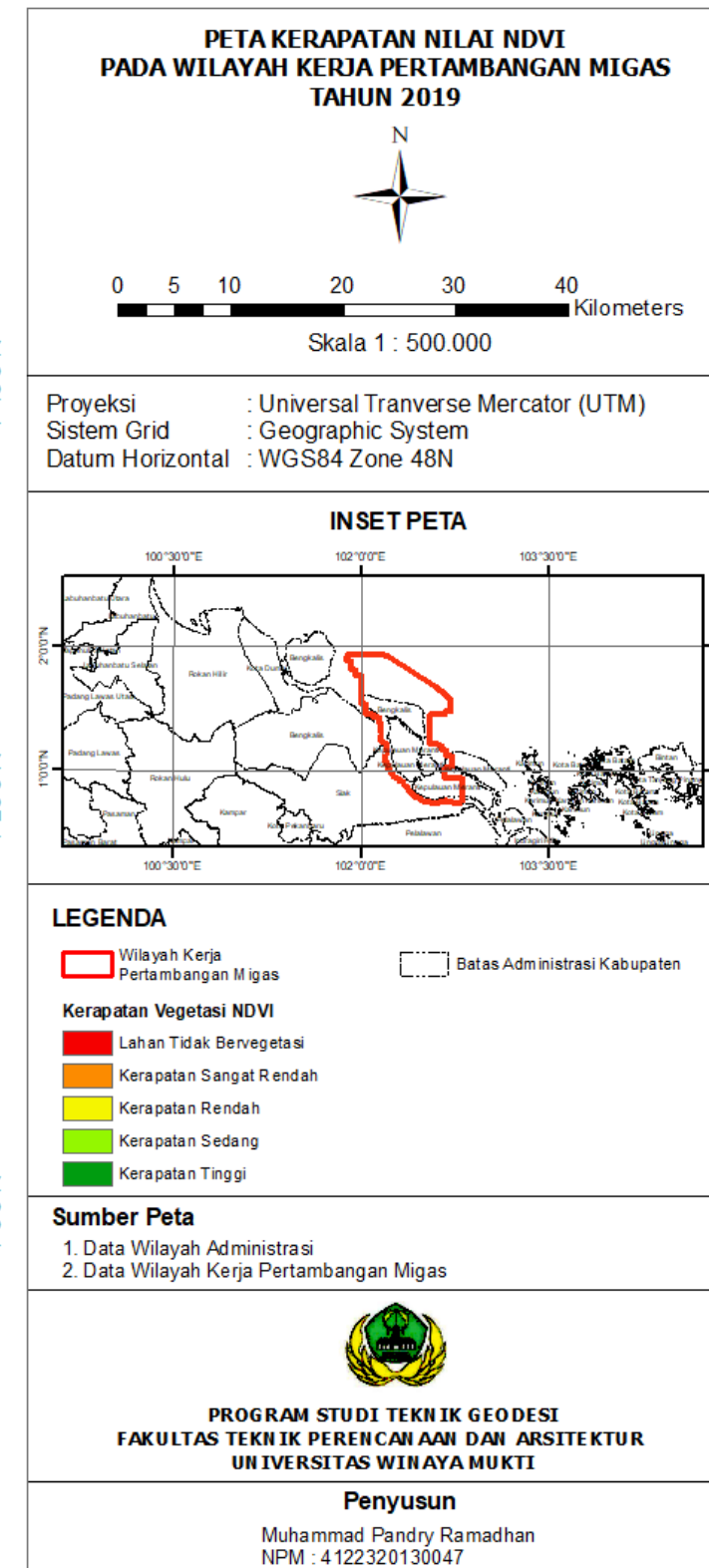
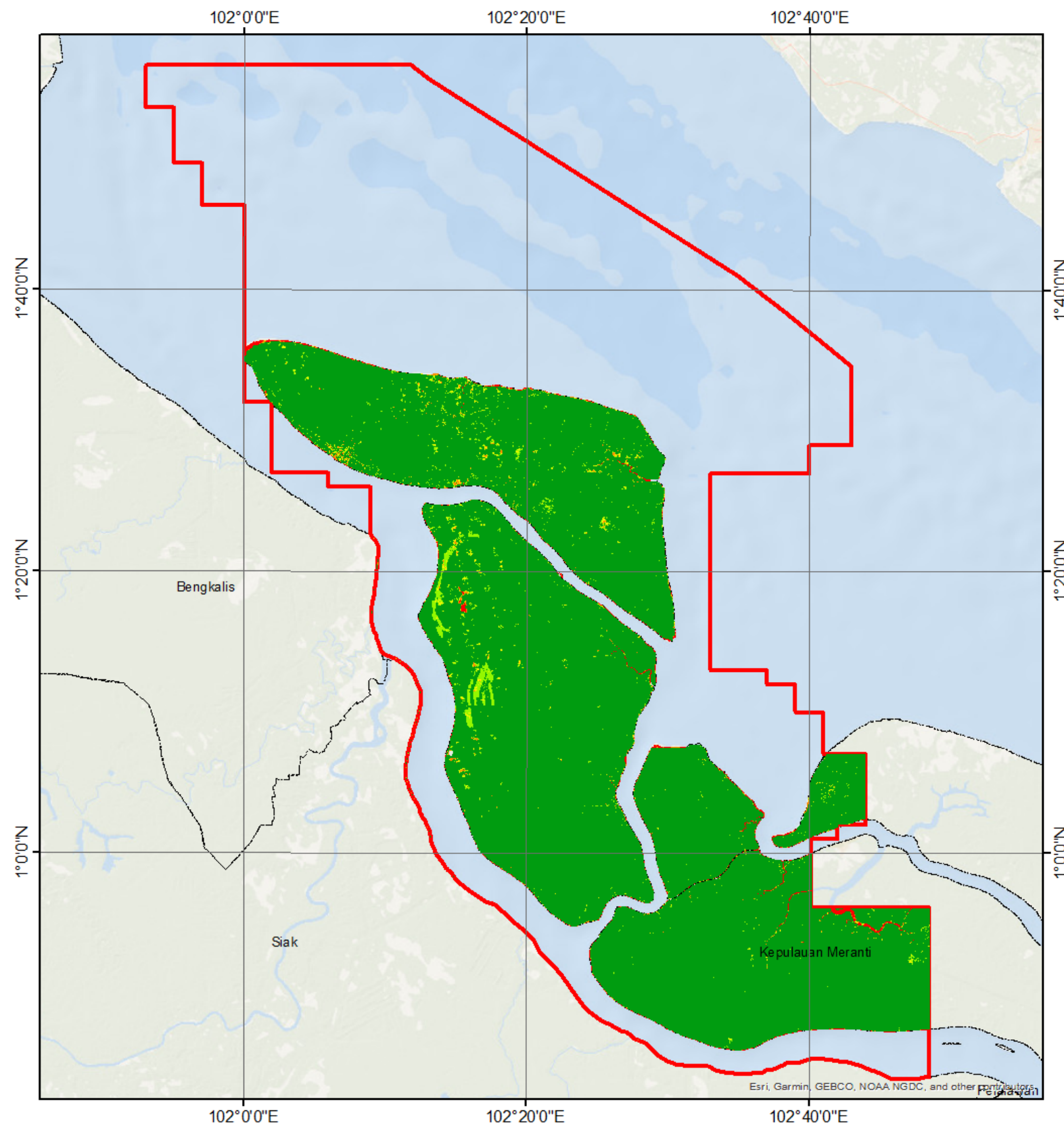
1. Perlunya tinjauan lokasi langsung untuk melihat apakah kegiatan pertambangan migas ini berjalan sesuai dengan ketentuan undang-undang yang berlaku.
2. Peneliti berharap adanya pengembangan dari penelitian ini dengan menambahkan data tegakan pohon dari Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan (DLHK)

DAFTAR PUSTAKA

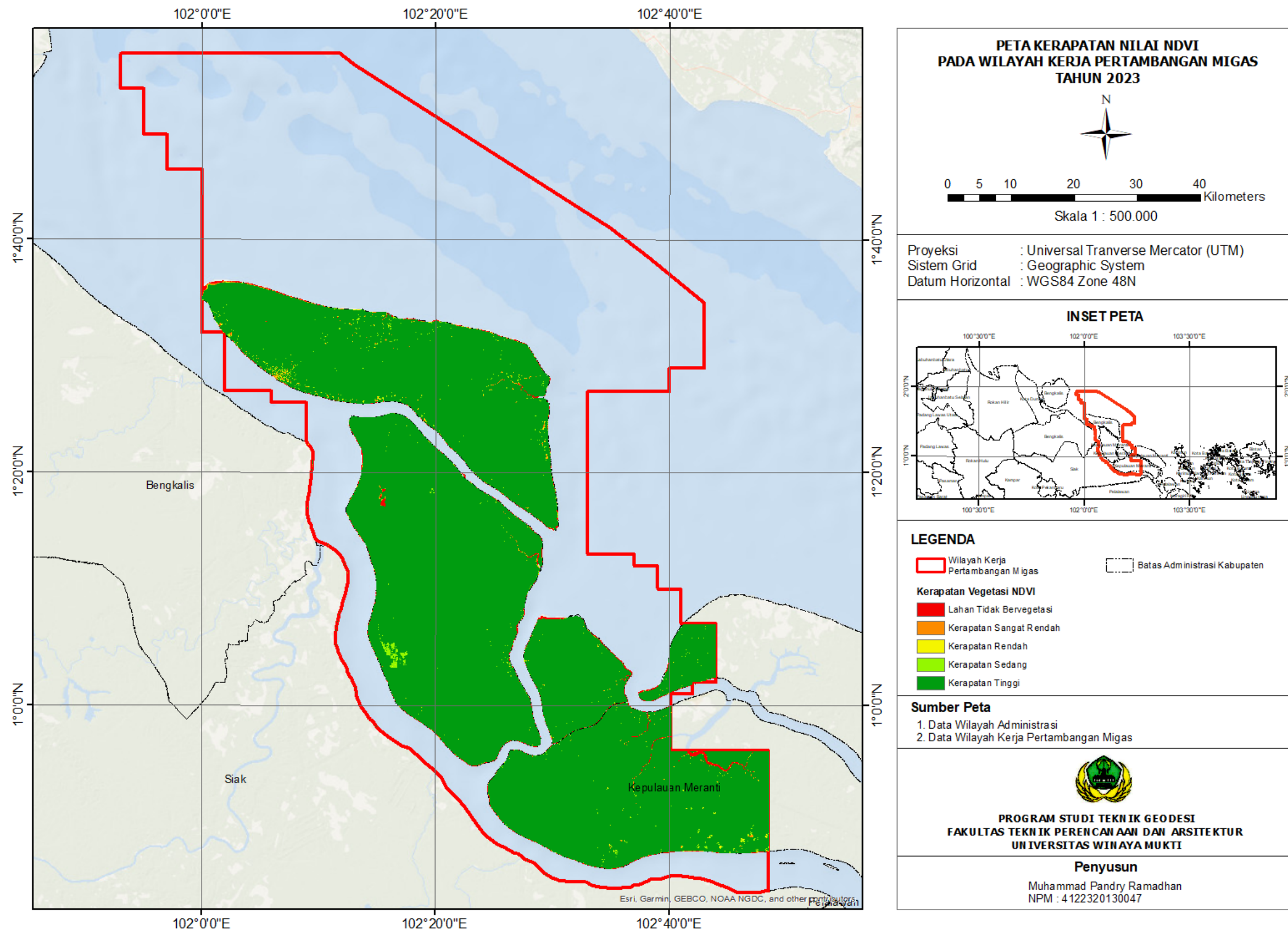
- Curran.PJ. (1985). *Principles Of Remote Sensing*. New York: The United States of America by Longman Inc.
- Danoedoro, P. (2019). Multidimensional land-use information for local planning and land resources assessment in Indonesia: Classification scheme for information extraction form high-spatial resolution imagery. *The Indonesian Journal of Geography*, 51(2), 131-146.
- Diasmara, Sudiana. (2008). Analisis Indeks Vegetasi menggunakan Data Satelit NOAA/AVHRR dan TERRA/AQUA-MODIS. *Seminar on Intelligent Technology and Its Apllications*. 3(2), 423-428.
- Huete Garcia, A. (2020). Pandemia y discapacidad. *Lecciones a proposito del confinamiento*.
- Irawan, S., Malau, A.O. (2016). Analisis persebaran mangrove di Pulau Batam menggunakan teknologi penginderaan jauh. *Jurnal integrasi*, 8(2), 80-87.
- Irawan, S., Sirait, J. (2017). Perubahan kerapatan vegetasi menggunakan citra satelit landsat 8 di kota Batam berbasis web. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 10 (2), 174-184.
- Kusumowidagdo, Mulyadi. et al. (2007). *Penginderaan jauh dan interpretasi citra*. Jakarta: Pusat Data Penginderaan Jauh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional.
- Lillesand, T. M. (1990). *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Yogyakarta: Gajdah Mada University.
- Rahmad, W. (2019). *Analisis Sebaran dan Kerapatan Vegetasi Menggunakan Citra Landsat 8 di Kabupaten Dairi, Sumatera Utara*. Jurnal Swarnabhumi: Jurnal Geografi dan Pembelajaran Geografi 4.1.
- Sugiyono. (2006). *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: CV. Alfabeta.

LAMPIRAN

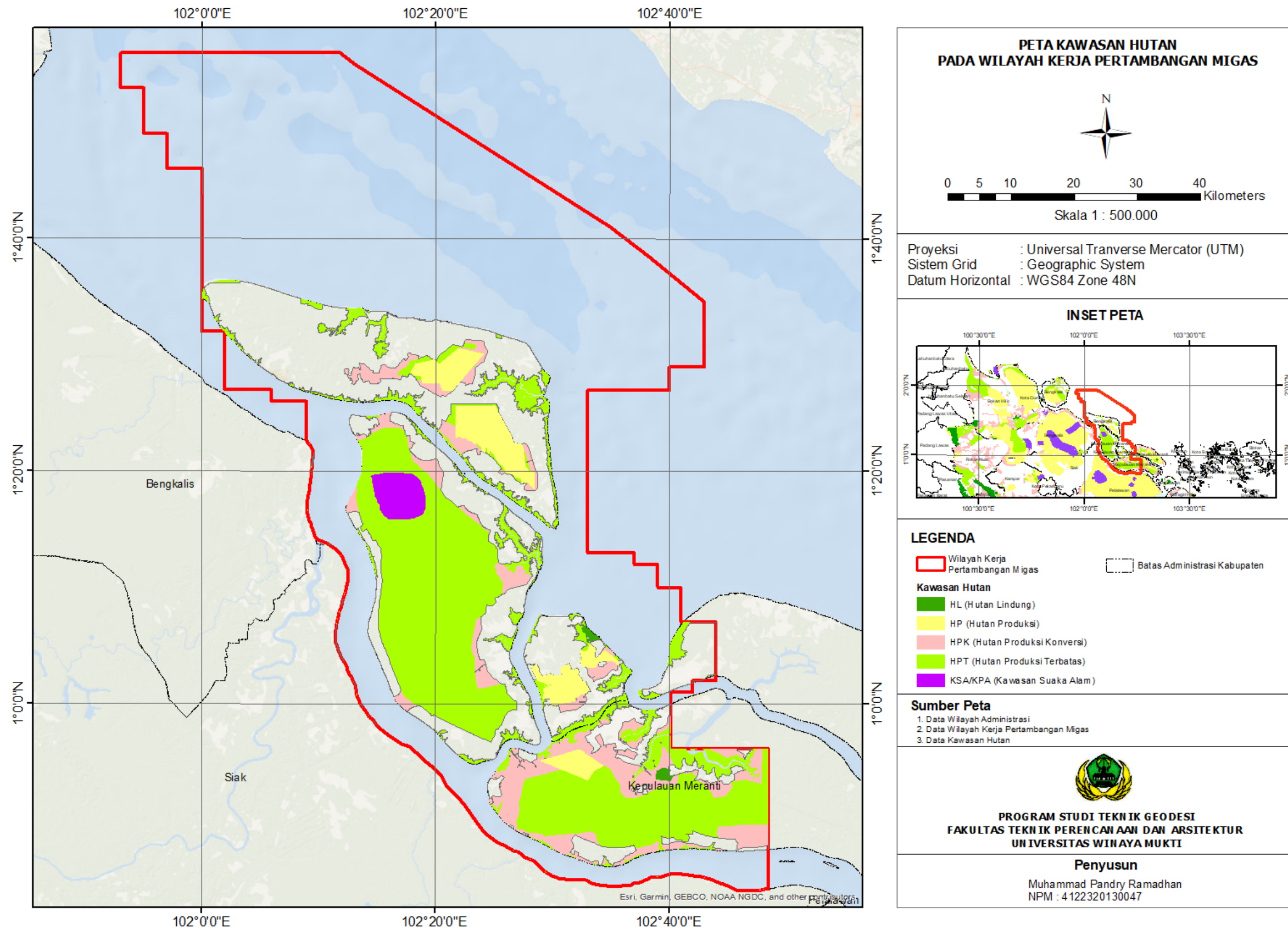
1. Peta sebaran nilai NDVI pada wilayah pertambangan migas tahun 2019
2. Peta sebaran nilai NDVI pada wilayah pertambangan migas tahun 2023
3. Peta kawasan hutan
4. Peta wilayah pertambangan migas
5. Peta sebaran nilai NDVI berdasarkan kawasan hutan tahun 2019
6. Peta sebaran nilai NDVI berdasarkan kawasan hutan tahun 2023



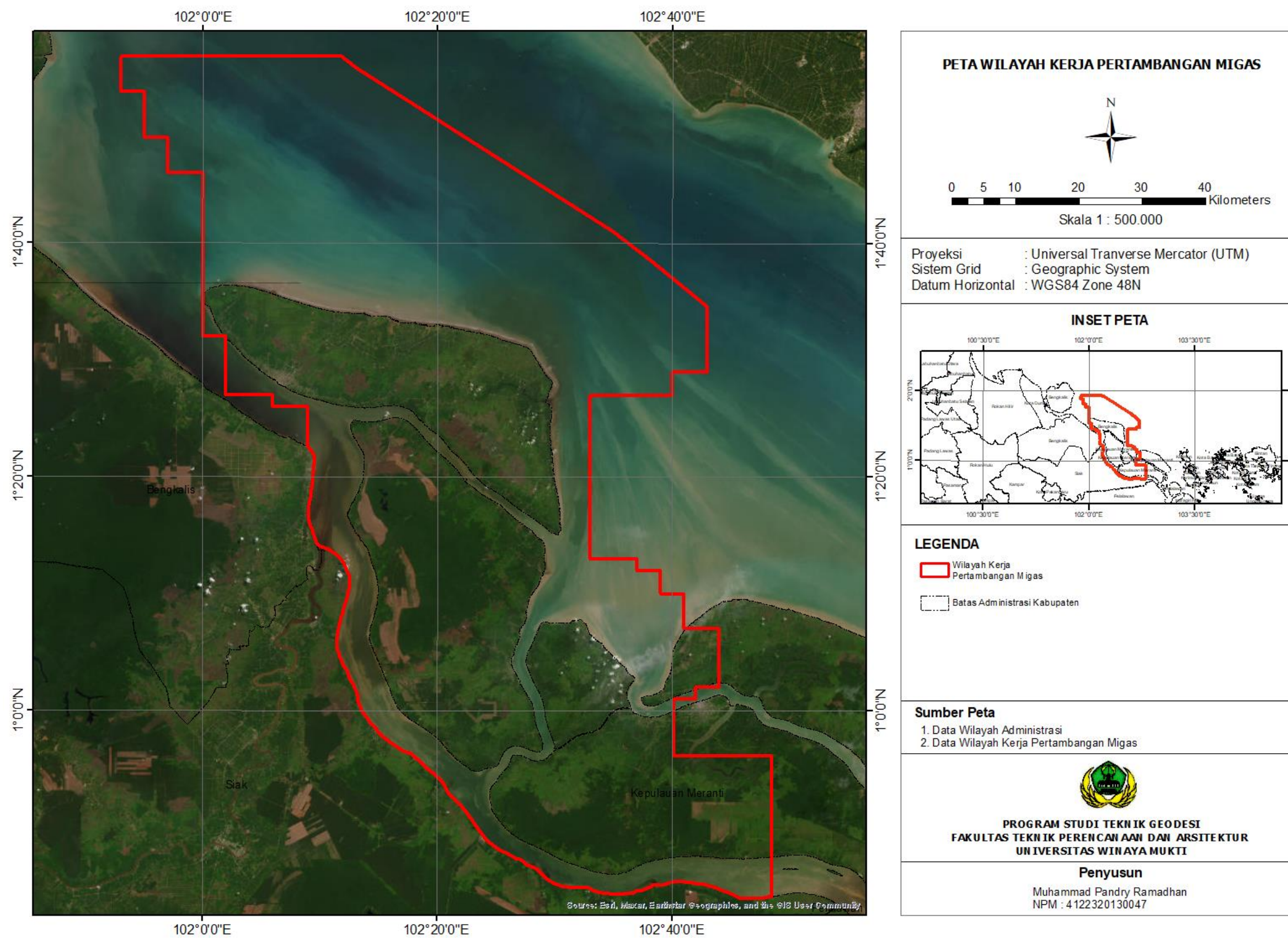
Lampiran 1 Peta Sebaran Nilai NDVI Pada Wilayah Kerja Pertambangan Migas Tahun 2019



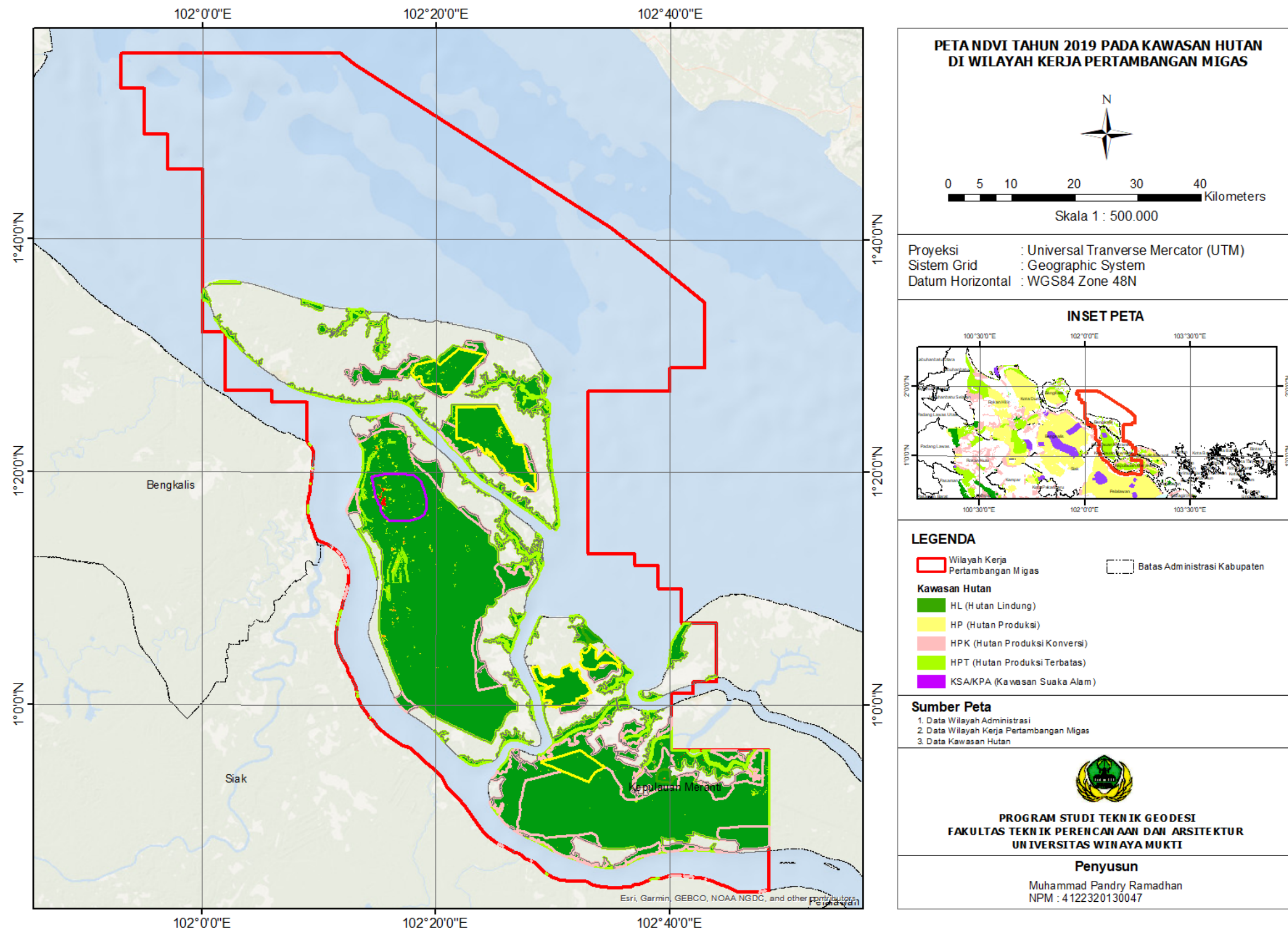
Lampiran 2 Peta Sebaran Nilai NDVI Pada Wilayah Kerja Pertambangan Migas Tahun 2023



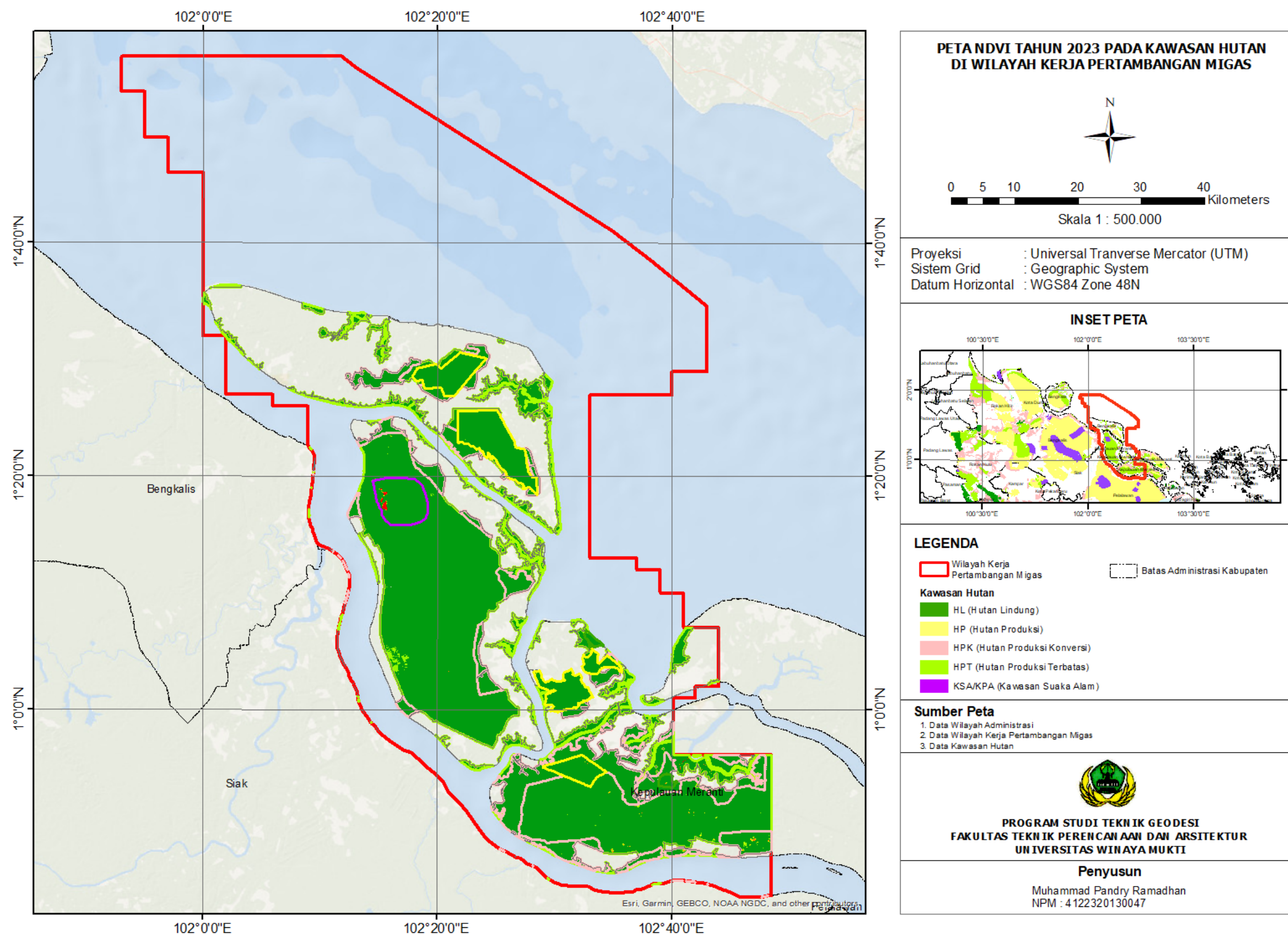
Lampiran 3 Peta Kawasan Hutan



Lampiran 4 Peta Wilayah Kerja Pertambangan Migas



Lampiran 5 Peta NDVI Tahun 2019 Pada Kawasan Hutan di Wilayah Pertambangan Migas



Lampiran 6 Peta NDVI Tahun 2023 Pada Kawasan Hutan di Wilayah Pertambangan Migas