



LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT (LPPM) UNIVERSITAS BOJONEGORO

Sekretariat Panitia : Kantor Pusat UNIGORO, Jl. Lettu Suyitno No. 2 Telp (0353) 881984 – 885444 BOJONEGORO

SURAT PERJANJIAN KONTRAK PENELITIAN NOMOR : 056 / LPPM-LIT / UB / XI / 2024

Pada Hari Ini Jum'at Tanggal Lima Belas Bulan Oktober Tahun Dua Ribu Dua Puluh Dua, yang bertanda tangan dibawah ini :

1. **Dr. LAILY AGUSTINA RAHMAWATI, S.Si., M.Sc.** selaku Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Bojonegoro, selanjutnya disebut PIHAK PERTAMA.
2. **Dr. HERI MULYANTI, S.Si., M.Sc.** selaku Dosen Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro selaku Peneliti, selanjutnya disebut PIHAK KEDUA.

Kedua belah pihak menyatakan bersepakat untuk membuat perjanjian kontrak penelitian sebagai berikut :

Pasal 1 **Judul Penelitian**

PIHAK PERTAMA dalam jabatannya tersebut di atas, memberikan tugas kepada PIHAK KEDUA untuk melaksanakan penelitian yang berjudul:

“ANALISIS PERUBAHAN LUASAN HUTAN DI KABUPATEN BOJONEGORO DAN KAITANNYA DENGAN CURAH HUJAN”

Pasal 2 **Waktu dan Biaya Penelitian**

- (1) Waktu penelitian adalah 5 bulan, dari **15 November 2024 sampai dengan 28 Februari 2025**.
- (2) Biaya pelaksanaan penelitian ini dibebankan pada Anggaran Universitas Bojonegoro Tahun 2024/2025 dengan **nilai kontrak sebesar Rp. 5.000.000,- (Lima Juta Rupiah)**

Pasal 3 **Cara Pembayaran**

Pembayaran biaya penelitian diberikan sesuai dengan aturan dan tata cara yang telah ditetapkan dalam Pedoman Penelitian Universitas Bojonegoro, yaitu:

- (1) Tahap I sebesar 60% dari nilai kontrak yang diterimakan paling cepat dua minggu setelah surat perjanjian kontrak penelitian ini ditandatangani oleh kedua pihak melalui Bendahara Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Bojonegoro dengan bukti pencairan Tahap I berupa Proposal yang telah disetujui oleh LPPM dan Surat Keputusan Penerima Hibah Internal.
- (2) Tahap II sebesar 40% dari nilai kontrak yang diterimakan setelah PIHAK KEDUA menyelesaikan seluruh kewajiban pekerjaan penelitian yang dibuktikan dengan dokumen laporan penelitian dan bukti submit jurnal minimal **terakreditasi Sinta**.

Pasal 4

Keaslian Penelitian dan bebas dari ikatan dengan Pihak Lain

- (1) PIHAK KEDUA bertanggungjawab atas keaslian judul penelitian sebagaimana disebutkan dalam pasal 1 Surat Perjanjian Kontrak Penelitian ini (bukan duplikat/jiplakan/plagiat) dari penelitian orang lain.
- (2) PIHAK KEDUA menjamin bahwa judul penelitian tersebut bebas dari ikatan dengan pihak lain atau tidak sedang didanai oleh pihak lain.
- (3) Apabila di kemudian hari diketahui ketidakbenaran pernyataan ini, maka kontrak penelitian dinyatakan batal, dan PIHAK KEDUA wajib mengembalikan dana yang telah diterima.

Pasal 5

Monitoring Penelitian

- (1) PIHAK PERTAMA berhak untuk:
 - a. Melakukan pengawasan administrasi, monitoring, dan evaluasi terhadap pelaksanaan penelitian
 - b. Memberikan sanksi jika dalam pelaksanaan penelitian terjadi pelanggaran terhadap isi perjanjian oleh peneliti
 - c. Bentuk sanksi disesuaikan dengan tingkat pelanggaran yang dilakukan
- (2) Pemantauan kemajuan penelitian dilakukan oleh PIHAK PERTAMA.

Pasal 6

Laporan Kemajuan dan Laporan Akhir Penelitian

- (1) PIHAK KEDUA wajib menyerahkan Laporan Kemajuan kepada PIHAK PERTAMA **paling lambat tanggal 17 Januari 2025 atau tiga bulan setelah tanggal penandatanganan kontrak**.

- (2) Setelah Laporan Kemajuan disetujui oleh LPPM, PIHAK KEDUA wajib menyerahkan **Laporan Akhir dan bukti submit Jurnal minimal terakreditasi sinta paling lambat 28 Februari 2025.**
- (3) Berkas-berkas Laporan Akhir meliputi:
- Laporan lengkap penelitian sebanyak 3 (tiga) eksemplar dengan cover merah muda.
 - Salinan tautan jurnal, atau tangkapan gambar layar proses submit jurnal dan diletakkan di halaman paling belakang laporan.
- (4) Format laporan hasil penelitian sesuai dengan aturan-aturan yang telah ditetapkan pada surat Nomor: 007/LPPM/UB/III/2023 yang beralamatkan <https://www.unigoro.ac.id/lppm-lit-pkm/>.

Pasal 7 Sanksi

Segala kelalaian baik disengaja maupun tidak, sehingga menyebabkan keterlambatan menyerahkan laporan hasil akhir penelitian dengan batas waktu dalam pasal 2 yang telah ditentukan akan mendapatkan sanksi sebagai berikut.

- Apabila PIHAK KEDUA menyerahkan Laporan Kemajuan tetapi tidak menyerahkan Laporan Akhir dan bukti submit jurnal maka PIHAK KEDUA wajib mengembalikan 60% dana penelitian yang telah diterima.
- Apabila PIHAK KEDUA tidak menyerahkan Laporan Kemajuan dan tidak menyerahkan Laporan Akhir serta bukti submit jurnal maka PIHAK KEDUA akan diberikan sanksi denda sebesar nilai kontrak sebagaimana tercantum pada Pasal 2 Ayat 2.

Pasal 8 Penutup

Perjanjian ini berlaku sejak ditandatangani dan disetujui oleh PIHAK PERTAMA dan PIHAK KEDUA.

PIHAK PERTAMA
Ketua LPPM Unigoro



Dr. LAILY AGUSTINA R. S.Si., M.Sc.
NIDN. 07 210886 01

PIHAK KEDUA
Peneliti

Dr. HERI MULYANTI, S.Si., M.Sc.
NIDN. 07 121289 02

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN INTERNAL DOSEN
Progam Studi Ilmu Lingkungan Fakultas Sains dan
Teknik



**ANALISIS PERUBAHAN LUASAN HUTAN DI KABUPATEN
BOJONEGORO DAN KAITANNYA DENGAN CURAH HUJAN**

Tim Peneliti:

Heri Mulyanti
Oktavianus Cahya Anggara
Hesty Dian Wahyuni
Kurnia Luky Afrizal
Anindia Maia Meiva

Dibiayai oleh:

Universitas Bojonegoro

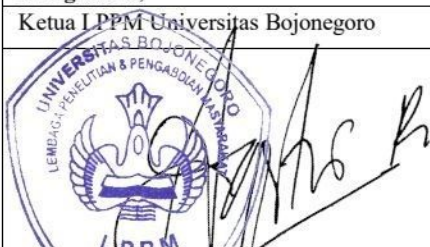
Periode 1 Tahun Anggaran 2024/2025

UNIVERSITAS BOJONEGORO

2025

HALAMAN PENGESAHAN

PROPOSAL PENELITIAN PENDANAAN PERGURUAN TINGGI

1.	Judul Penelitian	:	Analisis Perubahan Luasan Hutan di Kabupaten Bojonegoro dan Kaitannya dengan Curah Hujan
2.	Tema	:	Perubahan Iklim dan Mitigasi Bencana Lokal
3.	Ketua Peneliti		
	a. Nama Peneliti	:	Dr. Heri Mulyanti, S.Si., M.Sc.
	b. NIDN	:	07 1212 8902
	c. Program Studi	:	Ilmu Lingkungan
	d. E-mail	:	izzatafirdausa@gmail.com
	e. Bidang Keilmuan	:	Hidroklimatologi
	Anggota Peneliti 1		
	a. Nama Dosen	:	Oktavianus Cahya Anggara, S.T., M.Ling.
	b. NIDN	:	0707088804
	c. Program Studi	:	Ilmu Lingkungan
	d. E-mail	:	
	e. Bidang Keilmuan	:	Karbon
	Anggota Peneliti 2		
	a. Nama Mahasiswa	:	Hesty Dian Wahyuni
	b. NIM	:	23262011021
	c. Program Studi	:	Teknik Industri
	d. E-mail	:	
	e. Bidang Keilmuan	:	Teknik Industri
	Anggota Peneliti 3		
	a. Nama Mahasiswa	:	Kurnia Luky Afrizal
	b. NIM	:	23262011022
	c. Program Studi	:	Teknik Industri
	d. E-mail	:	
	e. Bidang Keilmuan	:	Teknik Industri
	Anggota Peneliti 3		
	a. Nama Mahasiswa	:	Anindia Maia Meiva
	b. NIM	:	23262011011
	c. Program Studi	:	Teknik Industri
	d. E-mail	:	
	e. Bidang Keilmuan	:	Teknik Industri
4.	Jangka Waktu Penelitian	:	6 bulan
6.	Lokasi Penelitian	:	Kabupaten Bojonegoro
7.	Dana Diusulkan	:	Rp5.000.000,00
Mengetahui,			Bojonegoro, 6 November 2024
Ketua LPPM Universitas Bojonegoro			Pengusul,
			
Dr. Diah Agustina Rahmawati, S.Si., M.Sc. NIDN 07 2108 8601			Dr. Heri Mulyanti, S.Si., M.Sc. NIDN. 07 1212 8902

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah *alhamdulillah*. Segala puji dan syukur hanya untuk Allah *ta'ala* atas segala limpahan Rahmat, Keberkahan dan Pertolongan yang Diberikan kepada kami sehingga kami dapat menyelesaikan laporan penelitian tentang keterkaitan luasan hutan dengan curah hujan.

Laporan ini disusun sebagai bentuk pertanggungjawaban kegiatan penelitian yang telah dilaksanakan pada periode Ganjil Tahun Ajaran 2024/2025. Studi ini diharapkan sebagai referensi awal dalam mengidentifikasi adanya perubahan pola hujan pada wilayah dengan berbagai tingkat perubahan tutupan hutan.

Semoga kegiatan penelitian dapat memberikan sumbangsih dalam mengupayakan pengelolaan hutan berkelanjutan.

Bojonegoro, Februari 2025

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
RINGKASAN	vii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu	8
METODE PENELITIAN	13
3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian.....	13
3.2 Lokasi Penelitian.....	13
3.3 Populasi, Sampel dan Teknik Pengambilan Sampel	14
3.4 Jenis Data dan Teknik Pengumpulan Data.....	14
3.5 Analisis Data	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
4.1 Hasil Penelitian	17
4.1.1 Tutupan Lahan	17
4.1.2 Perubahan Indeks Vegetasi	21
4.1.3 Hubungan Curah Hujan dengan Indeks Vegetasi	24
4.2 Pembahasan.....	26
BAB V.....	28
5.1 Kesimpulan	28
5.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA.....	29

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	8
Tabel 4.1 Hubungan antara curah hujan dengan indeks vegetasi	24

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Tampilan citra satelit Landsat 8 OLI pada wilayah Kabupaten Bojonegoro 2023. (a) Kombinasi saluran warna natural (4-3-2) dan (b) saluran inframerah (5-4-3)	18
Gambar 4.2 Tampilan Landsat 8 OLI menggunakan kombinasi saluran 7-5-3	19
Gambar 4.3 Posisi grid dan hutan tanaman di Kabupaten Bojonegoro	20
Gambar 4.4 Area of Interest (AOI) untuk penilaian NDVI	20
Gambar 4. 5 NDVI tahun 2001	21
Gambar 4.6 NDVI pada Oktober 2013 (atas) dan NDVI pada Mei 2018 (bawah)	22
Gambar 4.7 Pola NDVI pada April 2021 (atas) dan Mei 2023 (bawah)	23
Gambar 4.8 Wilayah dengan nilai NDVI fluktuatif berwarna merah	25

RINGKASAN

Perubahan tutupan hutan menjadi masalah serius bagi wilayah Kabupaten Bojonegoro. Akibat dari perubahan tersebut adalah banjir bandang, kekeringan. Penelitian ini dilakukan untuk menilai perubahan hutan dari 2001 hingga 2020 serta kaitannya dengan karakteristik curah hujan. Penelitian dilakukan menggunakan data Landsat 8 dan ETM 7 data curah hujan bulanan pada bulan bersesuaian. Kerapatan vegetasi hutan ditinjau menggunakan indeks vegetasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) sebagai selisih antara pantulan inframerah dekat dengan pantulan merah. Hubungan antara indeks vegetasi diketahui menggunakan korelasi Pearson (*Pearson Product Moment*) pada berbagai *lag*. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa NDVI wilayah hutan bagian selatan Kabupaten Bojonegoro relatif paling tinggi. Adapun bagian utara memiliki nilai NDVI paling kecil pada semua pengamatan. Adanya perkembangan permukiman serta pembukaan lahan dapat menjadi sebab NDVI berpengaruh terhadap curah hujan serta bersifat fluktuatif. Sementara itu, curah hujan memiliki hubungan sedang dengan NDVI pada bulan lag-2, lag-1, serta lag+1.

Kata Kunci: hutan, NDVI, Landsat

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara dengan luas kawasan hutan terbesar di dunia, yang merupakan sumber kehidupan bagi bangsa. Negara ini mewarisi sumber daya alam yang sangat kaya. Saat ini, dari total luas hutan sebesar 133.300.543,98 ha, hanya tersisa sekitar 43 juta hektar yang termasuk dalam kategori hutan perawan (Kemenhut, 2010). Penggundulan dan degradasi hutan berdampak negatif terhadap fungsi hutan dalam mendukung kehidupan manusia.

Perubahan penutup lahan merupakan fenomena di mana suatu lahan mengalami perubahan kondisi akibat aktivitas manusia pada berbagai periode waktu (Lillesand et al., 2003). Lahan sendiri dianggap sebagai materi dasar dalam suatu lingkungan, yang mencakup karakteristik alami seperti iklim, geologi tanah, topografi, hidrologi, dan biologi (Aldrich, 1981 dalam Lo, 1995). Penutup lahan (land cover) mengacu pada objek fisik yang menutupi permukaan tanah, seperti vegetasi (baik alami maupun buatan), bangunan yang dibuat oleh manusia, perairan, es, batuan, serta pasir di gurun.

Perubahan tutupan hutan adalah perusakan lapisan atas hutan dengan cara merubah penggunaan lahan secara permanen. Perubahan tutupan hutan terhadap hutan hujan tropis utama menyebabkan meningkatnya emisi gas rumah kaca di atmosfer bumi, kehancuran habitat hutan, dan kerusakan terhadap sumber kehidupan masyarakat (William and Ida, 1997). Perubahan tutupan hutan juga berdampak pada ekosistem, biodiversitas, dan jasa ekosistem (Weiskopf *et al.*, 2020).

Perubahan tutupan hutan juga mengakibatkan perubahan iklim mikro, salah satunya peningkatan suhu dan perubahan hujan. Penelitian Smith (2023) memperlihatkan bagaimana perubahan tutupan hutan di tropis mengakibatkan penurunan hujan hingga 0,1 mm/ bulan. Produktivitas pertanian pada area perubahan tutupan hutan sebenarnya mengalami masalah akibat erosi,

peningkatan suhu, maupun penurunan curah hujan (Lawrence dan Vandecar, 2015). Bahkan, karakteristik hujan di Amazon berkaitan erat dengan besar kecilnya perubahan tutupan hutan. Semakin luas perubahan tutupan hutan maka suhu meningkat dan presipitasi turun (Carvalho *et al.*, 2020). Bukan hanya secara meteorologis, penelitian Ma *et al.* (2024) memperlihatkan bagaimana perubahan tutupan hutan menyebabkan perubahan pada air larian.

Perubahan tutupan hutan di wilayah Kabupaten Bojonegoro bagian selatan, terutama di Kecamatan Sekar, Temayang, Gondang, dan Bubulan, terjadi akibat beberapa faktor yang saling berkaitan dan memiliki dampak signifikan terhadap lingkungan serta masyarakat lokal. Wilayah ini merupakan bagian dari Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Bojonegoro yang didominasi oleh hutan jati, yang berfungsi penting sebagai penyangga ekosistem. Namun, praktik pembalakan liar, alih fungsi lahan untuk pertanian, dan perluasan permukiman telah mempercepat laju hilangnya tutupan hutan. Penurunan tutupan hutan di kecamatan-kecamatan ini sangat terasa sejak 2017–2020, sebagaimana terekam dalam data satelit, yang memicu risiko bencana alam seperti banjir bandang dan tanah longsor. Berkurangnya jumlah pohon mengakibatkan tanah kehilangan stabilitas dan kemampuan menyerap air, sehingga meningkatkan potensi longsor dan banjir.

Berdasarkan penjelasan di atas, informasi mengenai kerapatan vegetasi hutan sangat diperlukan untuk mendukung program tersebut. Penginderaan jauh merupakan salah satu solusi untuk memantau kawasan hutan yang sangat luas dan dapat digunakan untuk mengidentifikasi permasalahan kehutanan yang kompleks dengan memanfaatkan data dari citra satelit. Analisis citra satelit dalam pengamatan hutan dapat dilakukan dengan memperhatikan tingkat kehijauan tanaman yang ada di dalamnya. Kombinasi beberapa kanal dari citra satelit akan menghasilkan nilai indeks vegetasi yang mencerminkan tingkat kehijauan.

Untuk mengatasi permasalahan perubahan luasan hutan yang semakin kompleks, penelitian ini menggunakan indeks vegetasi *Normalized Difference Vegetation Index* sebagai indikator penentu tutupan lahan. Tutupan lahan padat

dan sehat biasanya memiliki nilai $>0,1$. Sementara itu, vegetasi jarang dan sedikit dapat diidentifikasi berdasarkan nilai NDVI negatif.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah untuk penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana pola tutupan lahan hutan di Kabupaten Bojonegoro berdasarkan NDVI?
2. Bagaimana kaitan antara NDVI dengan hujan di Kabupaten Bojonegoro?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pola tutupan lahan hutan Kabupaten Bojonegoro berdasarkan NDVI.
2. Mengetahui keterkaitan antara indeks NDVI dengan karakteristik hujan bulanan.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini dapat memberikan data dan informasi yang komprehensif mengenai kondisi hutan dan dapat digunakan oleh pemerintah untuk merumuskan kebijakan yang lebih efektif dalam perlindungan dan pemulihan kawasan hutan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Perubahan tutupan hutan dan Pengaruhnya

2.1.1 Definisi Deforestasi

Pengertian perubahan tutupan hutan menurut Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor 30 tahun 2009 tentang Tata Cara Pengurangan Emisi dari Perubahan tutupan hutan dan Degradasi Hutan (REDD) yaitu perubahan secara permanen dari areal yang berhutan menjadi tidak berhutan yang diakibatkan oleh adanya kegiatan manusia (Kompas.com, 2021). Pengertian lainnya dari perubahan tutupan hutan menurut FAO dan World Bank perubahan tutupan hutan yaitu hilangnya areal hutan secara permanen ataupun sementara (Hadiyan et al., 2017).

Hilangnya areal hutan yang disebabkan oleh kegiatan tersebut atau dikenal dengan perubahan tutupan hutan membuat hilangnya fungsi dari hutan. Perubahan tutupan hutan dapat disebabkan oleh berbagai hal seperti: konversi hutan alam menjadi kebun kelapa sawit; konversi hutan alam menjadi Hutan Tanaman Industri (HTI); pembakaran lahan gambut dan lain sebagainya.

2.1.2 Faktor Penyebab Perubahan tutupan hutan

Perubahan tutupan hutan di Indonesia disebabkan oleh beberapa faktor, termasuk meningkatnya industri kelapa sawit, bertambahnya produksi kayu, aktivitas pertanian skala kecil, program transmigrasi yang dikelola pemerintah, serta praktik pembakaran lahan oleh pemilik untuk membuka lahan perkebunan besar. Salah satu penyebab utama perubahan tutupan hutan adalah pembakaran hutan dan lahan, yang berdampak besar pada hilangnya keragaman hayati di kawasan tersebut. Selain itu, asap yang dihasilkan dari pembakaran hutan menyebabkan masalah pernapasan. Asap ini tidak hanya mempengaruhi wilayah Indonesia, tetapi juga berdampak pada negara-negara tetangga seperti Malaysia dan Singapura. Pada 2013, UNDP melaporkan bahwa penyebab tidak langsung dari perubahan tutupan hutan dan degradasi hutan di Indonesia mencakup perencanaan tata ruang yang kurang efektif, masalah tenurial, pengelolaan hutan yang tidak

efisien, lemahnya penegakan hukum, serta tingginya korupsi di sektor kehutanan dan lahan (Hadiyan et al., 2017).

2.1.3 Dampak Perubahan tutupan hutan

Perubahan tutupan hutan hutan menjadi ancaman serius bagi makhluk hidup. Penurunan luas hutan terjadi akibat alih fungsi lahan untuk pembangunan infrastruktur, permukiman, pertanian, pertambangan, dan perkebunan (Yakin, 2015). Perubahan tutupan hutan di Indonesia membawa dampak serius di tingkat nasional dan internasional. Aktivitas seperti kebakaran hutan yang tak terkendali, penebangan merusak, pembukaan lahan untuk perkebunan, eksploitasi bahan bakar, serta pembangunan wilayah transmigrasi memiliki dampak sosial ekonomi signifikan bagi masyarakat yang kehidupannya bergantung pada hasil hutan. Hal ini juga dapat mengakibatkan kerugian besar bagi masyarakat maupun negara secara keseluruhan (Directorate of Technical Education, 2017).

2.2 Pengindraan Jauh

2.2.1 Definisi Pengindraan Jauh

Penginderaan jauh adalah ilmu atau seni dalam mendapatkan informasi mengenai objek, wilayah, atau fenomena tertentu melalui analisis data yang dikumpulkan terkait fenomena yang akan diteliti (Lillesand dan Kiefer, 1990). Penginderaan jauh merupakan teknik yang dikembangkan untuk mengumpulkan dan menganalisis informasi tentang bumi. Informasi tersebut berbentuk radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi (Lindgren, 1985). Penginderaan jauh dapat dianggap sebagai seni dan ilmu karena informasi dikumpulkan secara tidak langsung dengan metode matematis dan statistika menggunakan algoritma tertentu (ilmu). Di sisi lain, interpretasi citra tidak hanya berdasarkan ilmu pengetahuan, tetapi juga pengalaman serta kemampuan dalam menangkap kesan dari tampilan objek pada citra (seni) (Jensen, 2000 dalam Suprayogi, 2009).

2.2.2 Citra Satelit

Citra, atau image, adalah representasi dua dimensi dari objek di dunia nyata. Dalam penginderaan jauh, citra menggambarkan bagian permukaan bumi seperti

yang terlihat dari ruang angkasa (melalui satelit) atau dari udara (melalui pesawat terbang) (Eddy Prahasta, 2008). Citra ini dapat diwujudkan dalam dua bentuk: analog dan digital. Citra analog dapat berupa foto udara atau peta foto (hardcopy), sementara citra digital dihasilkan oleh satelit melalui rekaman data dari sistem sensor.

2.2.3 Sistem Citra Satelit Landsat

Teknologi penginderaan jauh satelit dimulai oleh NASA di Amerika Serikat dengan peluncuran satelit sumber daya alam pertama, yaitu ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite), pada 23 Juli 1972. ERTS-2 menyusul pada tahun 1975, dilengkapi dengan sensor RBV (Retore Beam Vidcin) dan MSS (Multi Spectral Scanner) yang memiliki resolusi spasial 80 x 80 m. Setelah diluncurkan, ERTS-1 dan ERTS-2 berganti nama menjadi Landsat 1 dan Landsat 2, diikuti oleh serangkaian satelit seperti Landsat 3, 4, 5, 6, 7, dan yang terakhir, Landsat 8, yang diluncurkan pada 11 Februari 2013 sebagai bagian dari Landsat Data Continuity Mission (LDCM). Satelit ini mulai menyediakan produk citra open access pada 30 Mei 2013, menandai perkembangan baru dalam dunia antariksa. NASA kemudian menyerahkan pengelolaan LDCM kepada USGS, dan satelit ini lebih dikenal sebagai Landsat 8. Pengelolaan arsip data citra masih ditangani oleh Earth Resources Observation and Science (EROS) Center. Landsat 8 mengorbit bumi dalam waktu 99 menit dan meliputi area yang sama setiap 16 hari, dengan resolusi temporal yang sama seperti versi sebelumnya.

2.3 Tutupan Lahan

2.3.1 Definisi Tutupan Lahan

Terdapat berbagai klasifikasi dan legenda yang menjelaskan definisi tutupan lahan, yang seringkali membingungkan jika dibandingkan dengan penggunaan lahan. Tutupan lahan merujuk pada tutupan fisik (bio) di permukaan bumi (Gregorio dan Jansen, 2000 dalam Sugiarto, 2018). Ini mencakup karakteristik permukaan tanah yang berupa tumbuhan, air, gurun, dan es, serta elemen di bawah permukaan, seperti biota, tanah, medan, permukaan, dan air tanah. Selain itu, tutupan lahan juga mencakup konstruksi yang dihasilkan oleh aktivitas manusia,

seperti permukiman dan pertambangan (Lambin et al., 2003 dalam Sugiarto, 2018). Menurut Rindyantika & Priyono (2019), penggunaan lahan yang terbangun terdiri dari pemukiman, komersial, dan industri peternakan, sementara tutupan lahan yang tidak terbangun mencakup persawahan, kebun, tegalan, dan perairan. Klasifikasi tutupan lahan dibagi menjadi dua kategori: lahan terbangun dan lahan tidak terbangun. Dari perspektif lain, tutupan lahan berkaitan dengan karakteristik fisik atau bentuk permukaan lahan, sedangkan penggunaan lahan terkait dengan kegiatan atau fungsi sosial ekonomi yang dilakukan di lahan tersebut. Untuk menghindari ambiguitas dalam interpretasi, penggunaan lahan dan tutupan lahan memiliki beberapa definisi dan klasifikasi yang memberikan gambaran jelas mengenai permukaan lahan (NLUD, 2006 dalam Sugiarto, 2018).

2.3.2 Perubahan Tutupan Lahan

Perubahan tutupan lahan secara langsung dipengaruhi oleh perubahan dalam penggunaan lahan. Dalam berbagai tugas perencanaan dan pengelolaan yang berkaitan dengan permukaan bumi, pemahaman tentang penggunaan lahan dan tutupan lahan sangat penting. Penggunaan lahan merujuk pada aktivitas manusia yang dilakukan di wilayah geografis tertentu, sedangkan tutupan lahan mengacu pada jenis kenampakan yang terdapat di permukaan bumi. Dengan kata lain, penggunaan lahan dapat dipahami sebagai kategori kegiatan yang berlangsung di permukaan bumi, seperti perdagangan dan jasa, sementara tutupan lahan didefinisikan sebagai kenampakan fisik yang ada, seperti hutan (Nilda et al., 2015).

Perubahan tutupan lahan adalah peralihan dari satu bentuk tutupan lahan ke bentuk lain, yang diikuti oleh penambahan atau pengurangan jenis penggunaan yang tidak teratur, serta perubahan fungsi lahan yang juga tidak teratur (Wahyunto et al., 2001). Data mengenai perubahan tutupan lahan di suatu wilayah umumnya bervariasi dan cukup banyak. Perubahan tutupan lahan ini telah terjadi di berbagai kota di Indonesia, salah satunya di Kota Jakarta. Berdasarkan analisis visual data satelit multitemporal dari tahun 1972 hingga 2011, terlihat penurunan luas kawasan bervegetasi, terutama di daerah pinggiran kota Jakarta, yang menunjukkan adanya proses suburbanisasi (Kushardono, 2015).

2.3.3 Faktor Yang mempengaruhi Tutupan Lahan

Rizkyanto (2020) menyatakan bahwa perubahan tutupan hutan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

- a. Aksesibilitas (Accessibility) Aksesibilitas fisik yang mudah dijangkau membuat suatu wilayah lebih menarik bagi masyarakat dan fungsi perkotaan, sehingga sering dimanfaatkan sebagai lokasi tempat tinggal atau kegiatan.
- b. Kelengkapan Fasilitas Pelayanan Umum (Public Services) Wilayah kota yang dilengkapi dengan fasilitas pelayanan umum, seperti kampus pendidikan, perkantoran, industri, dan perdagangan, memiliki daya tarik lebih besar dibandingkan daerah yang tidak memiliki fasilitas tersebut.

Menurut Sugiarto (2018), beberapa faktor lain yang mempengaruhi perubahan tutupan hutan mencakup:

- a. Faktor sarana dan prasarana
- b. Faktor lokasi
- c. Faktor aksesibilitas

Dari hasil kajian tersebut, dapat disimpulkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi tutupan lahan meliputi aksesibilitas, sarana dan prasarana, serta lokasi. Aksesibilitas, khususnya, sering menjadi faktor yang diperhatikan karena dapat memengaruhi tingkat kestrategisan lahan dan berkontribusi pada perubahan tutupan lahan di sekitarnya.

2.1 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 memperlihatkan penelitian serupa dengan penelitian yang akan dilaksanakan.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No.	Nama dan Tahun Penelitian	Metode Penelitian	Variabel atau Instrumen	Hasil Penelitian
1.	Cindy Puspita Sari, Sawitri Subiyanto, Moehammad	Metode yang digunakan adalah metode NDVI dengan	1. Perubahan Tutupan Lahan: Meliputi jenis-jenis tutupan lahan	Perubahan penggunaan lahan non-hutan antara 2005 dan 2013

	<p>Awaluddin (2014)</p>	<p>menggunakan software Er mapper dan dijitasi citra menggunakan software ermapper.</p>	<p>seperti hutan, perkebunan, pemukiman, sawah, semak belukar, dan tanah terbuka yang diukur untuk beberapa tahun (2005, 2007, 2008, 2009, dan 2013) di Kabupaten Muaro Jambi.</p> <p>2. Luas Wilayah Hutan dan Non-Hutan: Penghitungan luas area hutan dan non-hutan serta selisihnya tiap tahun dari 2005 hingga 2013.</p> <p>3. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index): Digunakan untuk mengklasifikasikan kerapatan vegetasi, yang mencakup kelas vegetasi seperti sangat jarang, jarang, sedang, lebat, dan sangat lebat, berdasarkan nilai NDVI.</p> <p>4. Laju Perubahan tutupan hutan: Pengurangan luas area hutan dari tahun ke tahun (misalnya, perubahan dari tahun 2005 ke 2007, 2007 ke 2008, dan seterusnya).</p> <p>5. Penggunaan Lahan: Jenis penggunaan lahan</p>	<p>menunjukkan peningkatan pemukiman dan perkebunan rakyat masing-masing sebesar 1.192,038 ha, sedangkan sawah menurun 2.026,817 ha, semak belukar turun 17.800,629 ha, dan tanah terbuka naik 12.636,361 ha. Selama periode yang sama, perubahan tutupan hutan mencapai 9.836,310 ha, dengan rata-rata penurunan 1.229,539 ha per tahun</p>
--	-------------------------	---	---	--

			<p>yang dianalisis mencakup hutan lahan gambut, hutan lahan gambut terdegradasi, hutan sekunder, perkebunan, dan wilayah pemukiman.</p> <p>6. Klasifikasi Vegetasi: Berdasarkan rentang nilai NDVI untuk menilai kerapatan vegetasi pada tahun-tahun tertentu.</p>	
2.	Mohamad Nur Alif, Muhammad Irsyadi Firdaus (2022)	<p>Fokus dari penelitian ini adalah bagaimana Memetakan tutupan lahan dengan metode Supervised Classification pada menu dan membandingkan hasil klasifikasi citra satelit tahun 2015 dan 2020. Plugin SCP merupakan plugin dalam QGIS yang dapat digunakan dalam proses klasifikasi citra.</p>	<p>1. Citra Satelit Landsat 8: Digunakan sebagai sumber data utama untuk analisis perubahan tutupan lahan di Kecamatan Pasirian.</p> <p>2. Training Area: Area pelatihan yang digunakan untuk klasifikasi dalam menentukan jenis tutupan lahan.</p> <p>3. Tahun Pengamatan (2015 dan 2020): Rentang waktu observasi perubahan tutupan lahan.</p> <p>4. Kelas Tutupan Lahan: Meliputi vegetasi, permukiman, perairan, lahan kosong, dan jalan.</p> <p>5. Akurasi Klasifikasi: Termasuk nilai</p>	<p>Klasifikasi tutupan lahan Kecamatan Pasirian antara 2015 dan 2020 menunjukkan perubahan signifikan. Vegetasi meningkat dari 7.493,84 ha menjadi 7.963,21 ha, permukiman dari 1.510,06 ha menjadi 2.003,81 ha, dan perairan dari 1.377,33 ha menjadi 1.683,79 ha. Sementara itu, lahan kosong menurun dari 2.759,21 ha menjadi 1.075,33 ha, dan jalan meningkat dari 1.256,41 ha menjadi 1.670,71 ha.</p>

			<p>User Accuracy, Producer Accuracy, Overall Accuracy, dan Kappa Accuracy.</p> <p>6. Luas Tutupan Lahan (dalam hektar): Mengukur luas setiap kelas tutupan lahan pada tahun 2015 dan 2020.</p> <p>7. Perangkat Lunak: Quantum GIS (QGIS) 3.16 untuk pengolahan dan analisis citra.</p> <p>8. Metode Klasifikasi: Metode <i>Supervised Classification</i> menggunakan algoritma <i>Maximum Likelihood</i>.</p>	
3.	Bulkis Kanata, Muhamad Syamsu Iqbal, Ramdayanti (2021)	Metode yang digunakan dalam jurnal tersebut adalah Maximum Likelihood Classification (MLC), sebuah teknik klasifikasi penginderaan jauh yang menggunakan citra satelit Landsat untuk menganalisis perubahan tutupan lahan di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) dari tahun 2015 hingga 2018.	Jenis tutupan lahan (pemukiman, lahan terbuka, pertanian, rumput/semak, vegetasi sedang, dan vegetasi tinggi atau hutan), parameter geospasial seperti luas area dalam hektar dan jumlah piksel untuk setiap kategori tutupan lahan, serta persentase perubahan luas masing-masing jenis lahan dari tahun ke tahun. Data dianalisis dengan metode Maximum Likelihood Classification (MLC) yang	Hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan signifikan dalam tutupan lahan di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) antara tahun 2015 dan 2018. Luas pemukiman meningkat sebesar 0,32%, sementara vegetasi tinggi (hutan) mengalami penurunan drastis sebesar 7,99%. Lahan terbuka berkurang sebesar 0,79%, dan luas lahan pertanian menurun hingga 1,12%. Sebaliknya, tutupan lahan berupa rumput atau

			<p>diterapkan melalui software ArcGIS dengan kombinasi band citra Landsat 7-5-4 untuk mempermudah identifikasi jenis tutupan lahan, menggunakan data citra Landsat 8 dari tahun 2015, 2016, 2017, dan 2018</p>	<p>semak meningkat sebesar 4,58%, dan vegetasi sedang bertambah sebesar 5,03%. Perubahan ini mencerminkan adanya konversi lahan, yang disebabkan oleh kegiatan manusia seperti perluasan permukiman dan pembukaan lahan untuk pertanian, yang berdampak pada penurunan luas kawasan hutan di TNBBS</p>
--	--	--	--	--

Sumber: Hasil penelitian sebelumnya diolah (2022)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan deskriptif kuantitatif hasil akhirnya berupa data kuantitatif mengenai indeks vegetasi di wilayah penelitian. Pendekatan yang digunakan adalah spasial-temporal. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk menganalisis perubahan kondisi lingkungan berdasarkan lokasi (spasial) dan waktu (temporal), sehingga mempermudah identifikasi pola perubahan dan faktor yang mempengaruhinya.

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian ini dilaksanakan untuk wilayah Kabupaten Bojonegoro, Provinsi Jawa Timur. Kabupaten Bojonegoro merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Timur, berbatasan dengan Kabupaten Tuban di sebelah utara, Kabupaten Lamongan di sebelah timur; Kabupaten Blora dan Ngawi di sebelah barat; dan Kabupaten Nganjuk, Jombang, dan Madiun di sebelah selatan. Secara geografis terletak pada 111°25' BT – 112°09' BT dan 6°59' LS – 7°37'LS . Bojonegoro memiliki 28 kecamatan, 419 desa dan 11 kelurahan. Sungai Bengawan Solo mengalir di bagian utara kabupaten. Wilayah ini dipilih karena merupakan salah satu wilayah penghasil kayu jati di Indonesia. Sektor kehutanan telah mendukung penghidupan wilayah selama puluhan tahun. Akan tetapi, perubahan penggunaan lahan menjadi masalah krusial. Perubahan dari lahan hutan menjadi lahan terbuka menjadikan

wilayah ini rawan terhadap longsorlahan, banjir bandang, depleksi air tanah, dan penurunan biodiversitas. Penelitian dilaksanakan mulai 2001 hingga 2003.

3.3 Populasi, Sampel dan Teknik Pengambilan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh area tutupan lahan di Kabupaten Bojonegoro yang diamati dalam rentang waktu antara 2000 hingga 2023.

Sampel dalam penelitian ini adalah area-area tertentu di wilayah studi yang dipilih untuk diuji secara mendetail, misalnya area lahan yang mengalami perubahan signifikan dalam tutupan atau area perubahan tutupan hutan spesifik. Sampel ini digunakan untuk menguji akurasi klasifikasi yang dilakukan, sehingga dapat memberikan gambaran yang representatif mengenai keseluruhan wilayah.

Teknik Pengambilan sampel ini adalah melakukan pengamatan data pada citra satelit pada tahun 2001, 2013, 2018, 2020, 2021, dan 2023.

3.4 Jenis Data dan Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan menggunakan data yang bersumber dari citra satelit Landsat. Citra satelit Landsat merupakan misi dari NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) Amerika Serikat yang bertujuan sebagai sarana observasi sumberdaya bumi baik dari penggunaan lahan maupun penutupan lahan yang tersedia secara berkala. Misi tersebut dimulai sejak tahun 1972 sampai sekarang, yaitu generasi Landsat 8 dengan melanjutkan ketersediaan data dari Landsat 4, 5, dan 7. Landsat 8 merupakan satelit yang diluncurkan di California pada tanggal 11 Februari 2013. Satelit Landsat 8 memiliki 2 sensor yaitu OLI (*Operational Land Imager*) dan TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) yang mengorbit sinkron matahari dengan periode perekaman setiap 16 hari, lingkup perekaman 185 km, dan mengorbit dengan ketinggian 705 km (USGS, 2013a).

Data citra Landsat

2001: Landsat 7 ETM 23 Mei 2001

2013: Landsat 8 OLI 7 Oktober 2013

2015: Landsat 8 OLI 22 Mei 2015

2018: Landsat 8 OLI 30 Mei 2018

2020: Landsat 7 ETM 9 April 2020

2023: Landsat 8 OLI 28 Mei 2023

Citra satelit dipilih dengan filter berupa tutupan awan. Tutupan awan maksimal adalah 20%. Pada pengamatan 2013, citra Landsat 8-OLI belum tersedia sehingga menggunakan pemindaian pada 7 oktober 2013.

Penelitian dilakukan untuk bulan Mei dan bulan Oktober. Hal ini dikarenakan bulan Mei merupakan akhir dari musim penghujan, sedangkan Oktober merupakan awal dari musim penghujan. Nilai vegetasi pada musim kemarau tidak digunakan dalam analisis karena karakteristik Kabupaten Bojonegoro yang kering.

Data curah hujan bulanan diperoleh dari re-analisis data grid menggunakan produk *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data* (CHIRPS) untuk tahun observasi (Funk et al., 2014). Kelebihan dari data CHIRPS adalah resolusi spasial yang tinggi, yaitu $0,05 \times 0,05^\circ$ serta memiliki rentang data yang panjang. Data ini telah dikoreksi menggunakan data stasiun observasi menggunakan teknik Linear Scaling.

3.5 Analisis Data

Pendekatan tutupan lahan hutan menggunakan indeks *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). NDVI dihitung berdasarkan nilai reflektansi dari band inframerah dekat (near infrared) dan band merah dari citra satelit atau sensor. Band 5 merepresentasikan reflektansi inframerah dekat, sementara band 4 merepresentasikan reflektansi dari cahaya merah (Kobayashi et al., 2020).

Perhitungan NDVI

$$NDVI = \frac{(NIR-Red)}{(NIR+Red)}$$

Keterangan:

NDVI : Indeks Vegetasi dengan nilai -1 sampai +1

NIR : Saluran inframerah dekat
Red : Saluran merah

Analisis NDVI digunakan untuk melihat tingkat kehijauan dari suatu waktu pengambilan gambar. Semakin tinggi kerapatan dan kehijauan, nilai NDVI akan semakin tinggi. Jika radiasi gelombang inframerah dekat lebih panjang dibandingkan dengan gelombang RED (merah), maka dapat dikatakan bahwa objek tersebut adalah hutan atau vegetasi rapat. NDVI seringkali berhubungan dengan fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation (fAPAR). NDVI juga sensitif dengan kandungan klorofil.

Hubungan antara curah hujan dengan NDVI dihitung menggunakan korelasi Pearson Product Moment. Korelasi dihitung antara NDVI tahun dan bulan observasi dengan curah hujan CHIRPS terkoreksi. Nilai NDVI yang digunakan adalah hasil median (persentil) pada lokasi yang dibatasi oleh grid curah hujan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

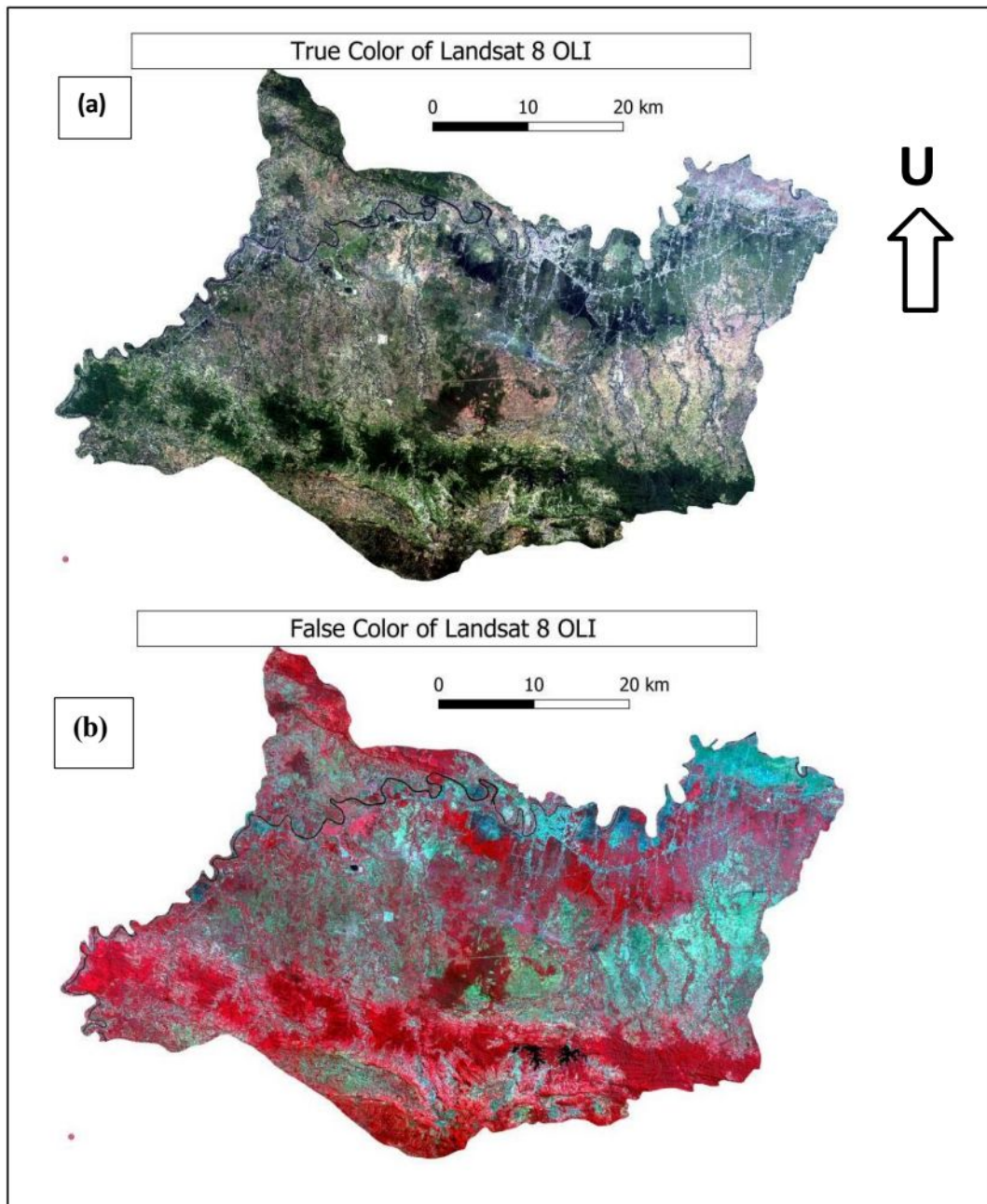
4.1.1 Tutupan Lahan

Perbedaan warna natural (*True Color*) dengan Infrared dan warna modifikasi (*False Color 7-5-3*) terdapat pada Gambar 4.1(a). Wilayah bagian utara berupa sungai dengan permukiman serta lahan basah. Lahan ini merupakan lahan irigasi yang mudah mendapatkan air. Wilayah ini sulit teridentifikasi jika menggunakan hanya satu kombinasi band inframerah saja (b). Hal ini disebabkan inframerah juga nampak sama antara tutupan hutan dengan tutupan berupa vegetasi pendek (tanaman padi).

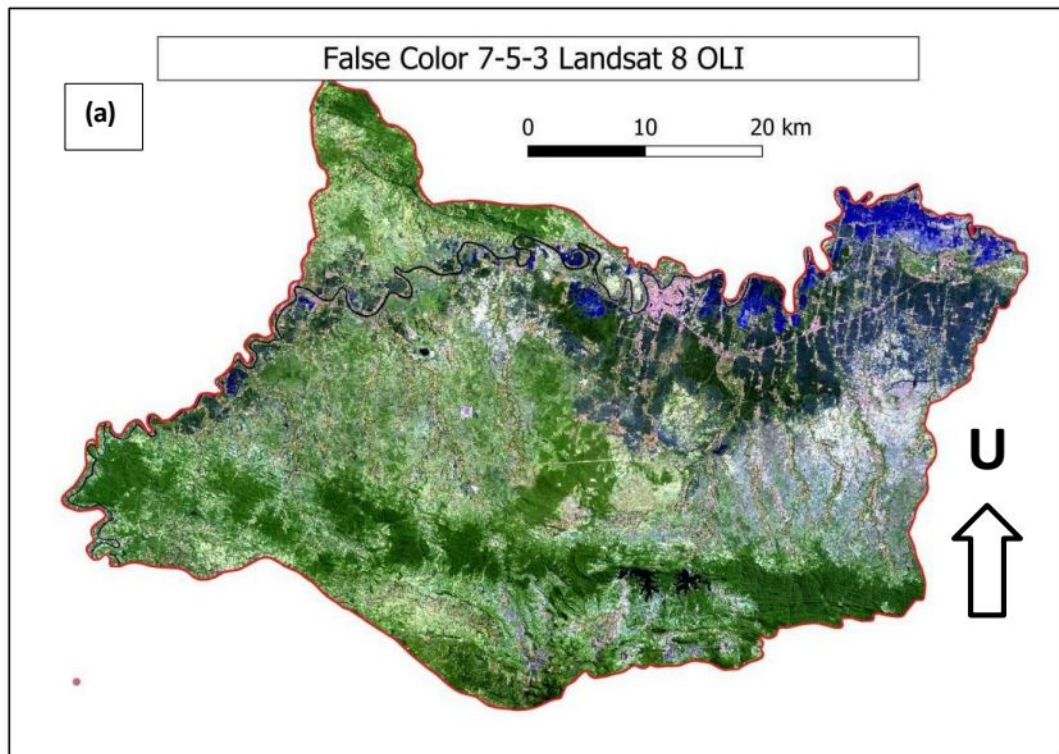
Kombinasi band 7-5-3 (Gambar 4.2) mempermudah diferensiasi antara lahan basah berupa sawah dengan badan air. Lahan basah akan memantulkan warna biru, sedangkan badan air menyerap hampir semua panjang gelombang sehingga menghasilkan warna hitam. Sementara itu, untuk tutupan berupa hutan akan memantulkan warna hijau. Vegetasi pendek yang tertutup oleh air memberikan pantulan warna dark green sebagai perpaduan antara hijau dengan hitam. Sementara itu, tanah terbuka dengan jenis tanah kapur memberikan pantulan warna putih. Warna merah muda merupakan bentukan dari lahan terbangun. Lahan terbangun secara jelas terpisah dari lahan terbuka. Komposit warna alami maupun inframerah cukup sulit membedakan antara bentukan permukiman dengan lahan terbuka apalagi pada atap dari tanah. Akan tetapi, kombinasi 7-5-3 mengungguli kemampuan komposit alamiah maupun infrared untuk wilayah Kabupaten Bojonegoro.

Secara garis besar, wilayah Kabupaten Bojonegoro pada bulan Mei terbagi menjadi beberapa tutupan lahan. Tutupan berupa lahan basah tersebar di sekitar sungai. Sebaran permukiman juga terdapat pada sepanjang jalan raya dengan pemusatan pada bagian tengah utara (kota). Bagian timur merupakan lahan dengan material tanah berupa kapur. Hal ini ditunjukkan dengan pantulan berwarna putih.

Sementara itu, hutan mendominasi bagian selatan. Akan tetapi, luasan hutan mengalami penurunan. Pada lingkup provinsi Jawa Timur, Mandala et al. (2024) memperlihatkan bahwa Tutupan hutan berkurang sebanyak 8% antara 2015 hingga 2020 (Mandala et al., 2024).



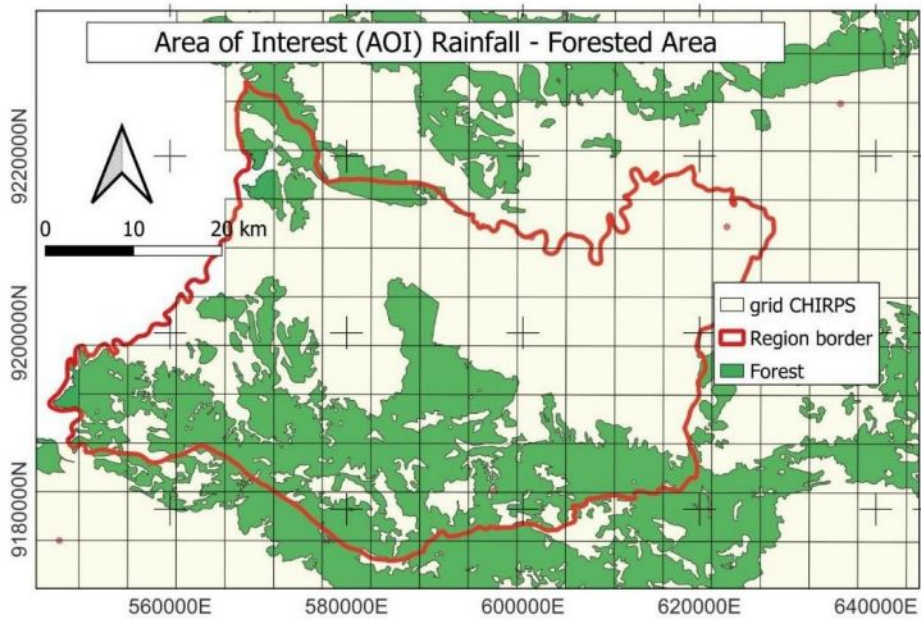
Gambar 4.1 Tampilan citra satelit Landsat 8 OLI pada wilayah Kabupaten Bojonegoro 2023. (a) Kombinasi saluran warna natural (4-3-2) dan (b) saluran inframerah (5-4-3)



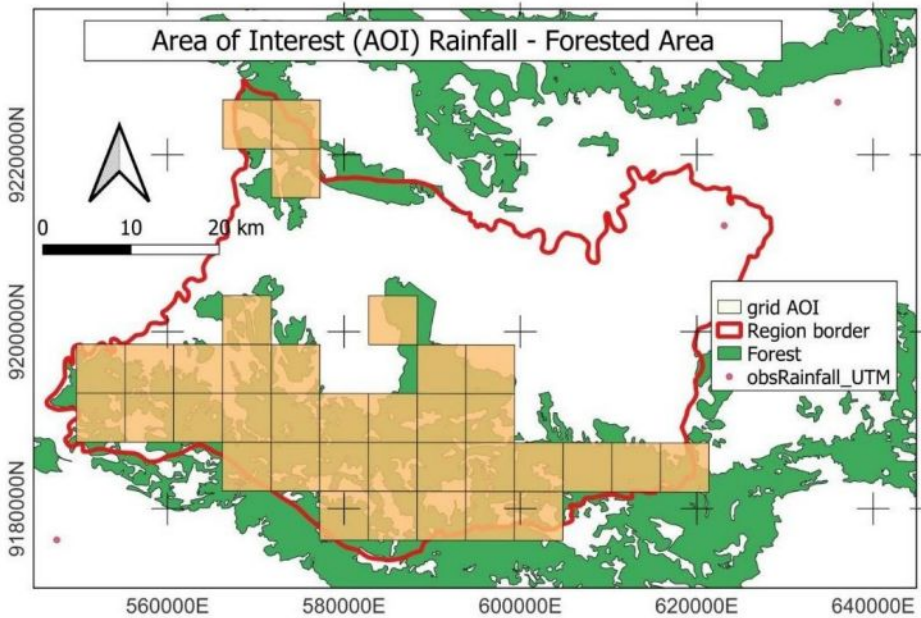
Gambar 4.2 Tampilan Landsat 8 OLI menggunakan kombinasi saluran 7-5-3

Gambar 4.1(b) memperlihatkan bahwa tutupan lahan di bagian selatan perlu dipisahkan dari tutupan berupa vegetasi pendek. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi *false detection*. Ada kalanya vegetasi pendek yang mencapai pertumbuhan optimal akan memberikan pantulan warna hijau melebihi tegakan tinggi. Oleh karena itu, pemisahan antara tutupan lahan berupa hutan dengan vegetasi diterapkan.

Gambar 4.3 memperlihatkan grid curah hujan pada wilayah dengan tutupan berupa hutan tanaman. Wilayah yang akan dipilih untuk menilai hubungan antara NDVI dengan curah hujan terbatas pada tutupan hutan. Hal ini disebabkan, tanaman vegetasi pendek dapat memiliki indeks vegetasi yang tinggi pada saat tanaman mencapai fase pertumbuhan optimum. Wilayah terpilih atau *Area of Interest (AOI)* merupakan interseksi antara tutupan hutan dengan grid curah hujan CHIRPS terkoreksi. Terdapat 36 grid yang digunakan dalam analisis hubungan antara curah hujan dengan NDVI. Posisi AOI dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.3 Posisi grid dan hutan tanaman di Kabupaten Bojonegoro



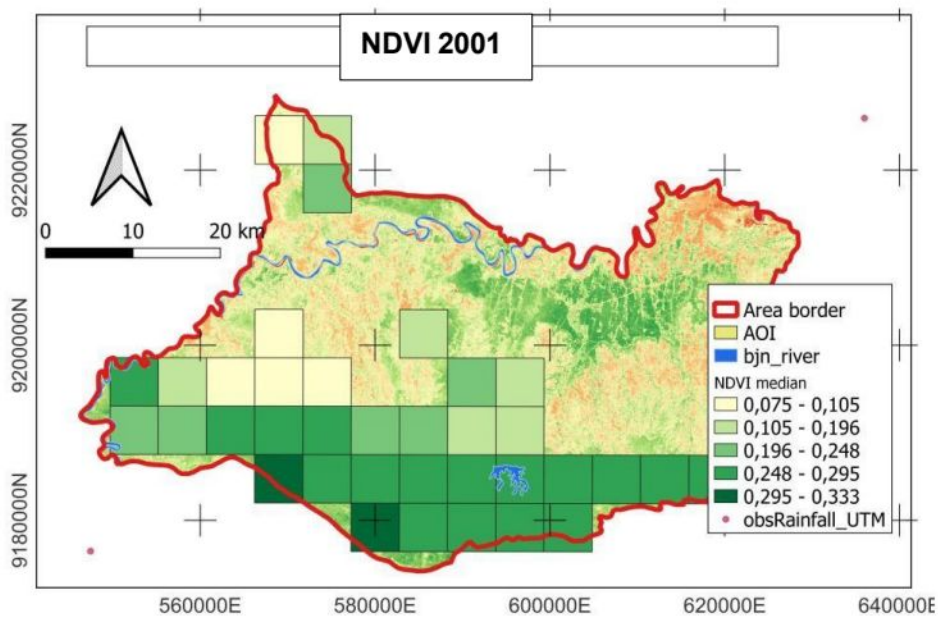
Gambar 4.4 Area of Interest (AOI) untuk penilaian NDVI

Berdasarkan Gambar 4.4, hutan terpusat pada bagian selatan dengan grid sebanyak 33 buah. Sementara itu, bagian utara hanya terdapat 3 grid dengan

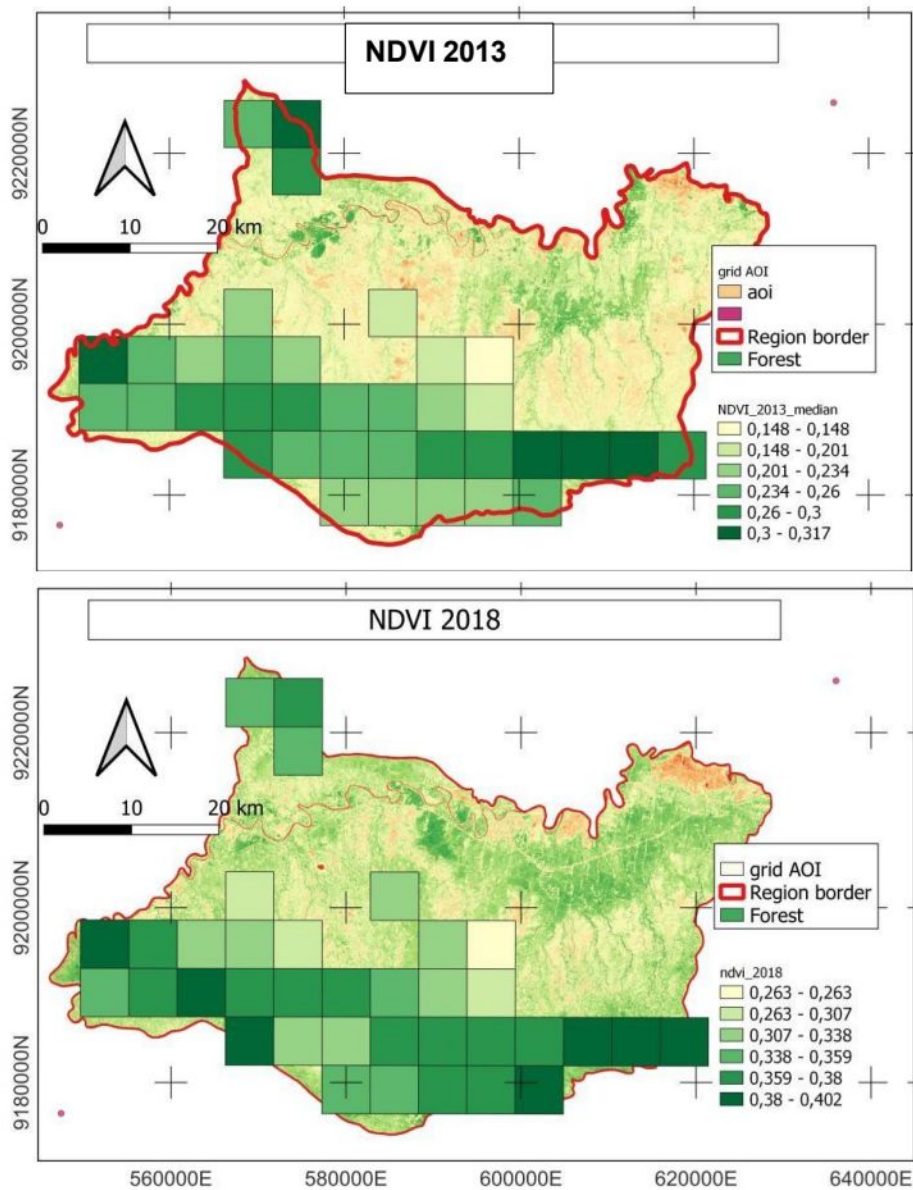
cakupan yang sempit. Hutan bagian utara merupakan potongan dari sistem hutan yang lebih luas pada formasi Randublatung. Formasi ini terbentuk pada zaman Tersier dengan material berupa lempung dengan struktur geologi antiklinal.

4.1.2 Perubahan Indeks Vegetasi

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa pada 2001, NDVI tercatat memiliki nilai yang rendah. Tutupan hutan dengan NDVI paling rendah terdapat di bagian utara. Indeks vegetasi tinggi ditemukan pada bagian selatan. Pola tersebut mirip dengan tahun 2023. Pada 2001, nilai indeks terbesar justru menunjukkan tutupan berupa tanaman padi di dekat sungai. Indeks tertinggi pada Mei 2001 adalah 0.333 yang berada di bagian selatan. Sementara itu, bagian utara memiliki indeks paling kecil yaitu antara 0.075 hingga 0.105.



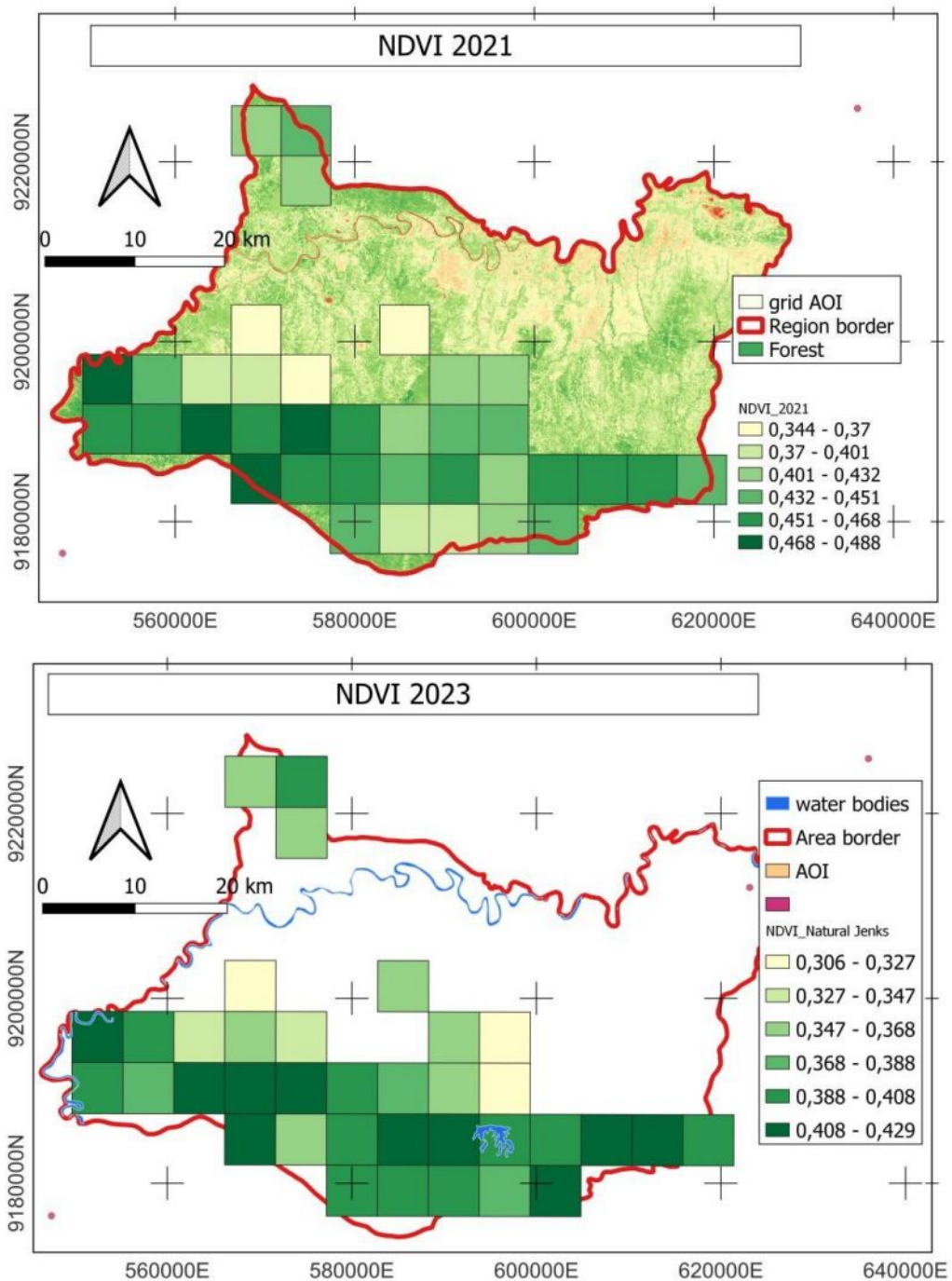
Gambar 4. 5 NDVI tahun 2001



Gambar 4.6 NDVI pada Oktober 2013 (atas) dan NDVI pada Mei 2018 (bawah).

Gambar 4.6 memperlihatkan pola NDVI pada 2013 dan 2018 mirip dengan tahun 2001. NDVI hutan bagian utara cenderung lebih rendah dibandingkan bagian selatan. Perbedaan musim turut menentukan besarnya indeks vegetasi. Pada akhir musim penghujan (Mei 2018), indeks cenderung lebih tinggi. Nilai indeks berada pada kisaran 0.263 – 0.402. Sementara itu, pada awal musim penghujan (Oktober 2013) NDVI memiliki nilai lebih rendah. Dominasi NDVI berada pada angka 0.201

hingga 0.260. Indeks paling tinggi secara konsisten diperoleh di bagian selatan, baik pada awal musim penghujan maupun akhir musim penghujan.



Gambar 4.7 Pola NDVI pada April 2021 (atas) dan Mei 2023 (bawah)

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa NDVI lebih tinggi pada bulan April dibandingkan bulan Mei. Saat April 2021, indeks didominasi oleh 0.401 – 0.468 dengan nilai minimum sebesar 0.344. Sementara itu, pada Mei 2023 indeks tersebar mulai 0.306 – 0.429 dengan dominasi 0.388 – 0.429. Saat bulan April, curah hujan masih lebih tinggi. vegetasi dengan indeks yang relatif stabil biasanya merupakan wilayah dengan air tanah yang dapat dijangkau. Wilayah seperti ini dapat ditemui pada daerah resapan. Daerah resapan bagian selatan secara konsisten memperlihatkan nilai indeks tinggi, baik pada akhir musim penghujan maupun awal musim penghujan. Wilayah yang mendapatkan curah hujan lebih rendah cenderung bersifat fluktuatif. Baik tutupan hutan maupun hujan sebenarnya bersifat kesalingtergantungan.

4.1.3 Hubungan Curah Hujan dengan Indeks Vegetasi

Hujan dan vegetasi merupakan suatu entitas yang menciptakan sistem hidrologi pada wilayah aliran sungai. Tabel 4.1 memperlihatkan bahwa hubungan antara hujan dan vegetasi pada awalnya positif kemudian menjadi negatif sejak 2013. Pada 2001, lag-1 menunjukkan 1 bulan ke belakang dari bulan pengamatan. Dalam hal ini adalah bulan April. Hubungan antara indeks vegetasi dengan curah hujan mulai terlihat 2 bulan sebelum pengukuran. Nilai tertinggi terjadi pada lag-1, yaitu bulan April sebesar 0.577. Sementara itu, tidak terlihat hubungan berarti pada lag-0 dan lag+1. Akan tetapi, hubungan kembali kuat pada lag+2, yaitu 2 bulan setelah pengamatan. Pengukuran NDVI tahun 2001 dilakukan pada Mei, sehingga lag+2 adalah bulan Juli.

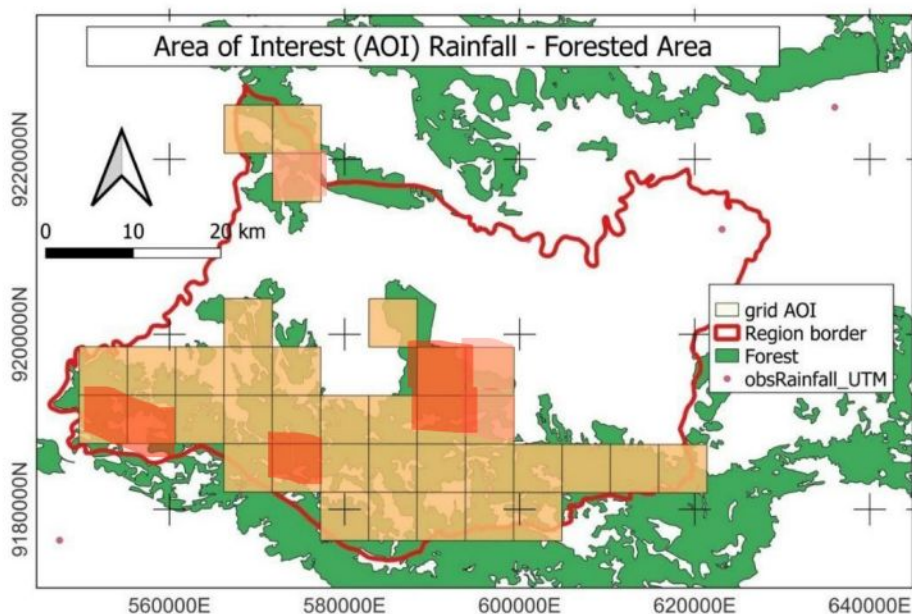
Tabel 4.1 Hubungan antara curah hujan dengan indeks vegetasi

Tahun	bulan lag-0	lag-2	lag-1	lag-0	lag+1	lag+2
2001	Mei	0.525	0.575	0.076	-0.139	0.455
2013	Oktober	0.186	-0.143	0.015	0.012	0.217
2018	Mei	0.172	0.185	-0.282	-0.203	-0.029

Hubungan positif mengindikasikan curah hujan tinggi setara dengan indeks vegetasi yang tinggi. Akan tetapi, dapat juga dikatakan bahwa indeks vegetasi tinggi berdampak pada curah hujan yang lebih tinggi. Secara historis, dapat diambil bahwa bisa jadi lag-1 dan lag-2 merupakan gambaran bagaimana hujan mempengaruhi NDVI. Akan tetapi, pada lag+1 dan lag+2 terdapat kemungkinan bahwa indeks vegetasi merupakan indikator pada curah hujan.

Pada Oktober, hubungan antara curah hujan dengan indeks vegetasi cenderung rendah. Nilainya bervariasi antara -0.200 hingga 0.217. Pada Mei 2018, terdapat perubahan hubungan menjadi negatif pada lag-0 hingga lag+2. Kondisi ini terus berlanjut dan memperlihatkan suatu nilai yang besar mulai dari lag-2 hingga lag+0 dengan nilai negatif cukup kuat. Bahkan, pada lag-1 (bulan Maret) nilainya mencapai -0.537.

Berkaitan dengan fluktuasi nilai NDVI, wilayah dengan NDVI fluktuatif dimungkinkan merupakan wilayah dengan perubahan luasan hutan terbesar. Hal ini dikarenakan wilayah hutan secara umum memiliki indeks relatif stabil baik pada awal musim penghujan maupun akhir musim penghujan.



Gambar 4.8 Wilayah dengan nilai NDVI fluktuatif berwarna merah.

4.2 Pembahasan

Indeks vegetasi menggambarkan bagaimana dinamika vegetasi dalam suatu siklus. Siklus ini sangat dipengaruhi oleh ketersediaan hujan serta fluktuasi suhu. Curah hujan yang tinggi terjadi dalam kurun waktu yang lebih panjang (*consecutive wet days*) memungkinkan tanaman untuk melakukan pertumbuhan sel secara optimal. Musim dikenal menentukan ketebalan lingkaran pohon dan tingkat kehijauan dari tanaman. Keadaan kurang air mengakibatkan pertumbuhan terjadi secara lambat. Jika kekurangan air bersamaan dengan suhu tinggi, maka transpirasi yang berasal dari daun akan mempercepat kehilangan air dari batang pohon.

NDVI yang tinggi mengindikasikan keberadaan vegetasi yang baik, padat, dan subur (Zhou and Wang, 2011). Nilai NDVI mendekati 1 menunjukkan adanya daerah yang ditumbuhi oleh vegetasi yang sangat padat dan baik. NDVI yang rendah atau negatif mengindikasikan kemungkinan adanya kerusakan lingkungan akibat penggundulan hutan atau perubahan dari vegetasi menuju nonvegetasi (Zhang et al., 2021). Nilai NDVI digunakan untuk acuan penentuan ambang batas area vegetasi dan non vegetasi (Wang et al., 2023).

Variasi NDVI berkaitan erat dengan parameter iklim seperti presipitasi, suhu, dan radiasi bersih (Zhang et al., 2018). NDVI merupakan indikator sensitif untuk melihat variasi curah hujan. Hubungan tersebut diperkuat dengan penelitian di Malaysia (Sa'adi et al., 2024), bahwa kejadian *El Nino* berakibat pada menurunnya indeks vegetasi. Korelasi antara NDVI dengan curah hujan bersifat positif, tetapi negatif dengan suhu permukaan (Garai et al., 2022), terutama pada lag+1 (Campos et al., 2021). NDVI cenderung lebih stabil pada tutupan hutan. Akan tetapi, indeks vegetasi bersifat fluktuatif untuk tutupan berupa semak, sabana, padang rumput (Ghebrezgabher et al., 2020). Berdasarkan hal tersebut, hutan merupakan pelindung dan sistem mitigasi untuk menghalangi kekeringan (Staal et al., 2018).

Perubahan hutan terbukti mengakibatkan penurunan curah hujan. Besarnya penurunan hujan adalah untuk 1% reduksi hujan, maka hujan turun sebesar sekitar 0.25 mm/ bulan (Smith et al., 2023). Meskipun hujan berdampak pada penurunan

NDVI, perubahan tutupan hutan berdampak pada penurunan curah hujan, evapotranspirasi potensial. Kondisi ini berdampak pada peningkatan limpasan permukaan (Ma et al., 2024).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini antara lain:

1. Pola indeks vegetasi mengikuti kerapatan vegetasi. Indeks tertinggi terjadi pada bulan April tahun 2021. Indeks menunjukkan angka lebih tinggi pada akhir musim penghujan dibandingkan awal musim penghujan. Pola perubahan lahan tampak dimulai pada tahun 2018 dengan nilai indeks menurun secara stabil.
2. Hubungan antara curah hujan dengan indeks vegetasi paling tinggi pada lag-2 terutama untuk bulan Mei. Mulai tahun 2018 hubungan berubah menjadi negatif, mulai lag-2 hingga lag+2.

5.2 Saran

Perlu adanya penelitian tentang pola perubahan hutan pada wilayah fluktuasi yang besar. Wilayah ini terletak pada grid bagian selatan. Selain itu, penelitian berkaitan dengan perubahan luasan hutan perlu dilakukan pada skala yang lebih lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- Campos, B. O. O., Paredes, F., Rey, J. C., Lobo, D., & Galvis-Causil, S. (2021). The relationship between the normalized difference vegetation index, rainfall, and potential evapotranspiration in a banana plantation of Venezuela. *SAINS TANAH - Journal of Soil Science and Agroclimatology*, 18(1), Article 1. <https://doi.org/10.20961/stjssa.v18i1.50379>
- Carvalho, S. et al. (2020). A Changing Amazon Rainforest: Historical Trends and Future Projections under Post-Paris Climate Scenarios. *Global and Planetary Change*. Volume 195, 103328.
- Funk, C. C., Peterson, P. J., Landsfeld, M. F., Pedreros, D. H., Verdin, J. P., Rowland, J. D., Romero, B. E., Husak, G. J., Michaelsen, J. C. dan Verdin, A. P. (2014) "A Quasi-Global Precipitation Time Series for Drought Monitoring," *U.S. Geological Survey Data Series*, 832, hal. 4. doi: <http://dx.doi.org/110.3133/ds832>.
- Funk, C. C., Peterson, P. J., Landsfeld, M. F., Pedreros, D. H., Verdin, J. P., Rowland, J. D., Romero, B. E., Husak, G. J., Michaelsen, J. C., & Verdin, A. P. (2014). A Quasi-Global Precipitation Time Series for Drought Monitoring. *U.S. Geological Survey Data Series*, 832, 4. <http://dx.doi.org/110.3133/ds832>
- Garai, S., Khatun, M., Singh, R., Sharma, J., Pradhan, M., Ranjan, A., Rahaman, S. M., Khan, M. L., & Tiwari, S. (2022). Assessing correlation between Rainfall, normalized difference Vegetation Index (NDVI) and land surface temperature (LST) in Eastern India. *Safety in Extreme Environments*, 4(2), 119–127. <https://doi.org/10.1007/s42797-022-00056-2>
- Ghebregabher, M. G., Yang, T., Yang, X., & Eyassu Sereke, T. (2020). Assessment of NDVI variations in responses to climate change in the Horn of Africa. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 23(3), 249–261. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2020.08.003>
- Lawrence, D. and Vanceca, K. (2015). Effects of Tropical Deforestation on Climate and Agriculture. *Nature Climate Change*. Volume 5, 27-36.
- Lufilah, S.N., Makalew, A.D.N., Sulistyantara, B. 2017. Pemanfaatan Citra Landsat 8 untuk Analisis Indeks Vegetasi di DKI Jakarta. *Jurnal Lanskap Indonesia* 9, 1, 73-80.
- Ma, S., Zhou, S., Yu, B., & Song, J. (2024). Deforestation-induced runoff changes dominated by forest-climate feedbacks. *Science Advances*. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adp3964>
- Ma, S., Zhou, S., Yu, B., Song, J. (2024). Deforestation-induced Runoff Changes Dominated the Forest-Climate Feedbacks. *Science Advances*. Vol 10, Issue 3.
- Mandala, M., Indarto, I., Rodhi, N.N., Saputra, A.A., Hakim, F.L. 2024. Land Use and Land Cover Change in East Java from 2015 to 2021: Use Optical

Imagery and Google Earth Engine. *Environ. Socio.-econ. Stud*, 12, 1, 69-80.

- NASA. (2003). *Landsat 7 Science Data Users Handbook*. USA: NASA
- Sa'adi, Z., Alias, N. E., Yusop, Z., Mazilamani, L. S., Houmsi, M. R., Houmsi, L. N., Shahid, S., Aris, A., Ramli, M. W. A., Khan, N., & Shukla, P. (2024). Examining the NDVI-Rainfall Relationship Under High Enso Event Influence Using Geographically Weighted Regression in Peninsular Malaysia. *IGARSS 2024 - 2024 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 1908–1913. <https://doi.org/10.1109/IGARSS53475.2024.10642469>
- Smith, C., Baker, J. C. A., & Spracklen, D. V. (2023). Tropical deforestation causes large reductions in observed precipitation. *Nature*, 615(7951), 270–275. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05690-1>
- Smith, C., Baker, J.C.A., Spracklen, D.V. (2023). Tropical Deforestation Causes Large Reductions in Observed Precipitation. *Nature*. Volume 615, 270-275.
- Staal, A., Tuinenburg, O. A., Bosmans, J. H. C., Holmgren, M., van Nes, E. H., Scheffer, M., Zemp, D. C., & Dekker, S. C. (2018). Forest-rainfall cascades buffer against drought across the Amazon. *Nature Climate Change*, 8(6), 539–543. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0177-y>
- USGS. (2013a). Landsat- A Global Land-Imaging Mission. *Diterima tanggal 10 Januari 2018*, dari <http://pubs.usgs.gov/fs/2012/3072/fs2012-3072.pdf>.
- USGS. (2013b). Landsat 8. *Diterima tanggal 10 Januari 2018*, dari <http://pubs.usgs.gov/fs/2013/3060/pdf/fs2013-3060.pdf>
- Wang, Q., Moreno-Martínez, Á., Muñoz-Marí, J., Campos-Taberner, M., & Camps-Valls, G. (2023). Estimation of vegetation traits with kernel NDVI. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 195, 408-417. Doi:<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2022.12.019>
- Weiskopf, S.R. et al. Climate Change Effects on Biodiversity, Ecosystems, Ecosystem Services, and Natural Resources Management in the United States. *Science of The Total Environment*. Volume 733, 137782.
- Zhang, Y., Migliavacca, M., Penuelas, J., & Ju, W. (2021). Advances in Hyperspectral Remote Sensing of Vegetation Traits and Functions. *Remote Sensing of Environment*, 252, 112121. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112121>
- Zhang, Y., Wang, X., Li, C., Cai, Y., Yang, Z., & Yi, Y. (2018). NDVI dynamics under changing meteorological factors in a shallow lake in future metropolitan, semiarid area in North China. *Scientific Reports*, 8(1), 15971. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-33968-w>
- Zhou, X., & Wang, Y.-C. (2011). Spatial–Temporal Dynamics of Urban Green Space in Response to Rapid Urbanization and Greening Policies. *Landscape and Urban Planning*, 100(3), 268-277. Doi:<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.12.013>

Submission Confirmation for RELATIONSHIP BETWEEN VEGETATION INDEX AND PRECIPITATION OVER FORESTED AREAS IN INDONESIA - [EMID:2b78435861ca5c5b]

ES

em.environ.091c32e.a92e65de@editorialmanager.com on behalf of Environmental & Socio-Economic Studies <em@editorialmar

To: herimulyanti

Sat 3/1/2025 4:56 PM

Dear Mrs. Mulyanti,

Your submission entitled "RELATIONSHIP BETWEEN VEGETATION INDEX AND PRECIPITATION OVER FORESTED AREAS IN INDONESIA" has been received by journal Environmental & Socio-economic Studies

You will be able to check on the progress of your paper by logging on to Editorial Manager as an author. The URL is <https://www.editorialmanager.com/environ/>.

Your manuscript will be given a reference number once an Editor has been assigned.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,

Environmental & Socio-economic Studies



In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. (Use the following URL: <https://www.editorialmanager.com/environ/login.asp?a=r>). Please contact the publication office if you have any questions.