Jurnal Litbang:
Media Informasi Penelitian, Pengembangan dan IPTEK
http://ejurnal-litbang.patikab.go.id
Vol. 19 No. 2 Desember 2023 Hal 113-126

Analisis Perubahan Kerapatan Vegetasi Pegunungan Kendeng Utara Kabupaten Pati Menggunakan Citra Sentinel-2A

Analysis of Vegetation Density Change in North Kendeng Mountain of Pati Regency using Sentinel Images-2A

Wildansyah Firdaus Adiguna[1) a)]*, Devi Ega Agista[1 1) a)]
[1)] Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Pati
[a)] Jl. P. Sudirman No. 66. Pati, 59114. Jawa Tengah
*Email: wildansyahfirdausadiguna@gmail.com

Naskah Masuk: 12 Juni 2023 Naskah Revisi: 20 Juli 2023 Naskah Diterima: 8 November 2023

ABSTRACT

The landform of Pati Regency's part of North Kendeng Mountains which is located on the south of Pati Regency (DONE). Land use in this area is dominated by forest areas and dry agricultural land. Reduced vegetation due to misuse of space and resources is a problem that causes geological and hydrological disasters in these mountains and the areas below them. This study aims to determine changes and condition of vegetation area in the North Kendeng Mountains in Pati Regency. The method used to determine the density of vegetation in this study is based on the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) analysis using Sentinel-2A imagery recording in 2017 and 2022. Vegetation conditions are divided into dense, fairly dense, non-dense, non-vegetative, and water/cloud vegetation classifications. Based on the results of image processing, the dense vegetation class did not experience the highest increase in area of 359.68 hectares. The highest decrease in area was found in the fairly dense vegetation class with an area of 243.34 hectares. The decrease in vegetation class decreased by 175.12 hectares. The non-vegetation class increased by 58.51 hectares and the body of water/cloud area increased by 0.27 hectares. The results of the research on the case of land use change in the North Kendeng Mountains in Pati Regency.

***Keywords**: NDVI, North Kendeng Mountain, Pati Regency, vegetation density*

ABSTRAK

Kabupaten Pati memiliki bentang alam berupa Pegunungan Kendeng Utara yang berada di sisi selatan Kabupaten Pati. Penggunaan lahan di wilayah ini didominasi oleh kawasan hutan dan lahan pertanian kering. Vegetasi yang berkurang akibat kesalahan pemanfaatan ruang dan sumber daya menjadi permasalahan yang menyebabkan timbulnya bencana geologi maupun hidrologi di pegunungan ini dan kawasan di bawahnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan luas dan kondisi vegetasi di Pegunungan Kendeng Utara di Kabupaten Pati. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu analisis indeks vegetasi Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dengan memanfaatkan citra Sentinel-2A tahun perekaman 2017 dan 2022. Kondisi vegetasi dibagi dengan klasifikasi vegetasi rapat, cukup rapat, tidak rapat, non vegetasi, dan air/awan. Berdasarkan hasil pengolahan citra, kelas vegetasi tidak rapat mengalami penambahan luas tertinggi, sebesar 359,68 hektar. Penurunan luas tertinggi terdapat pada kelas vegetasi cukup rapat dengan pengurangan seluas 243,34 hektar. Penurunan kelas vegetasi rapat berkurang seluas 175,12 hektar. Kelas non vegetasi bertambah 58,51 hektar dan luas badan air/awan bertambah 0,27 hektar. Hasil penelitian menunjukkan terjadinya peralihan fungsi lahan Pegunungan Kendeng Utara di Kabupaten Pati.

***Kata kunci**: NDVI, Pegunungan Kendeng Utara, Kabupaten Pati, kerapatan vegetasi*

PENDAHULUAN

Kabupaten Pati merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Tengah yang terletak di sisi utara dan berbatasan langsung dengan Laut Jawa. Kabupaten Pati memiliki bentang alam yang beragam, dari pegunungan hingga dataran rendah dan pesisir. Salah satu bentang alam yang berada di bagian selatan Kabupaten Pati yaitu Pegunungan Kendeng Utara atau juga disebut sebagai Pegunungan Kapur Utara. Pegunungan ini terhampar di Kabupaten Pati, Kabupaten Grobogan, Kabupaten Rembang, Kabupaten Blora, sebagian kecil Kabupaten Kudus

dan hingga Kabupaten Tuban Provinsi Jawa Timur. Pegunungan Kendeng Utara merupakan jajaran pegunungan kapur/gamping yang banyak memberikan manfaat bagi masyarakat.

Pegunungan Kendeng Utara di Kabupaten Pati terletak di beberapa kecamatan, dari Kecamatan Sukolilo, Kecamatan Kayen, Kecamatan Tambakromo, Kecamatan Winong, Kecamatan Jakenan, serta Kecamatan Pucakwangi. Sebagian besar pegunungan ini berupa kawasan hutan, baik hutan produksi tetap dan hutan produksi terbatas yang dikelola oleh Perum Perhutani. Luas hutan yang dikelola Perum Perhutani sekitar 22.625 hektar, sedangkan luas hutan rakyat sekitar 34.683 hektar (Solidaridad, & Business Watch Indonesia, 2019).

Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 2641 K/40/MEM/2014 tentang Penetapan Kawasan Bentang Alam Karst (KBAK) Sukolilo menyatakan sebagian pegunungan ini juga ditetapkan sebagai kawasan lindung geologi karst. KBAK Sukolilo berada di Kecamatan Sukolilo, Kecamatan Kayen, dan Kecamatan Tambakromo. Berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Pati Nomor 2 Tahun 2021 tentang Perubahan atas Peraturan Daerah Kabupaten Pati Nomor 5 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Pati Tahun 2010-2030, luas KBAK Sukolilo kurang lebih 6.906 hektar. Berdasarkan Perda RTRW tersebut, ketentuan umum zonasi kawasan lindung diantaranya mengatur bahwa diperbolehkan melakukan kegiatan penghijauan atau reboisasi, diperbolehkan bersyarat untuk kegiatan pertanian, perkebunan, kehutanan dan wisata alam yang tidak mengganggu fungsi kawasan, namun tidak diperbolehkan untuk kegiatan pertambangan.

Pemanfaatan ruang dan sumber daya di pegunungan ini belum memperhatikan rencana tata ruang, meskipun telah ditetapkan sebagai kawasan lindung geologi. Kerusakan vegetasi menjadi salah satu penyebab terjadinya bencana banjir yang sering terjadi di Kabupaten Pati akibat luapan sungai-sungai yang berhulu di Pegunungan Kendeng Utara (Adiguna & Wahyono, 2021). Banjir bandang dan genangan air yang sering terjadi di Kabupaten Pati disebabkan oleh kerusakan ekosistem lingkungan di daerah tangkapan air dan kurangnya kesadaran masyarakat untuk tanggap bencana (Prayitno, 2017). Penambangan kapur/gamping (*limestone*) secara ilegal di kawasan Pegunungan Kendeng Utara menyebabkan hutan mengalami penurunan kualitas, menjadikan lahan kritis yang dapat menyebabkan bencana banjir bandang pada kawasan di bawahnya (Setiawan, Sudarsono, & Awaluddin, 2013). Eksploitasi batu kapur juga berdampak pada rusaknya habitat di alam berupa berkurangnya sumber mata air dan biodiversitas (Irsyad, Jumari, & Murningsih, 2013; Adiguna & Wahyono, 2021).

Pembukaan lahan di kawasan pegunungan kapur dapat mengakibatkan polusi air, tanah, dan udara, berkurangnya keanekaragaman hayati, tanah longsor, perubahan bentang alam, serta degradasi lingkungan lainnya (Lamare & Singh, 2016; Haule dkk., 2016). Sistem tata air di pegunungan kapur dapat berubah dan berdampak pada sulitnya akses air bersih sehingga diperlukan upaya pengelolaan yang baik, serta rehabilitasi lingkungan untuk memitigasi terjadinya deforestasi dan penurunan kualitas lingkungan.

Perubahan bentang alam terjadi karena perubahan hutan/lahan akibat aktivitas manusia. Hal ini mengakibatkan fragmentasi habitat dan akan mengubah siklus ekologi suatu ekosistem (Yanti dkk., 2020), sehingga dibutuhkan suatu upaya untuk memelihara kelestarian ekologi. Salah satunya dengan menjaga kerapatan vegetasi. Vegetasi memiliki fungsi penting dalam memelihara kelestarian ekologi. Selain itu, penurunan kerapatan vegetasi di suatu wilayah juga dapat mengakibatkan berbagai permasalahan seperti bencana banjir, longsor, kekeringan, erosi yang dapat menurunkan kualitas lingkungan dan dapat menyebabkan perubahan iklim lingkungan global (Julianto, Putri, & Safi'i, 2020).

Penelitian ini akan menganalisis kondisi dan tingkat kerapatan vegetasi di Pegunungan

Kendeng Kabupaten Pati tahun 2017 dan 2022 melalui pengamatan penginderaan jauh. Penginderaan jauh digunakan untuk melakukan pemantauan terhadap wilayah yang luas untuk mengetahui informasi kondisi vegetasi baik kerapatannya maupun jenisnya dengan memanfaatkan data citra satelit (Dasuka, Sasmito, & Haniah, 2016). Metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dapat digunakan untuk melihat perubahan kerapatan vegetasi dengan memanfaatkan data citra Sentinel-2A. Metode NDVI adalah sebuah metode yang mengolah citra melalui penajaman *spectral* untuk menganalisis kondisi vegetasi pada suatu wilayah (Yanti dkk., 2020). Klasifikasi kerapatan vegetasi pada suatu wilayah melalui metode NDVI didasarkan pada tingkat kehijauan dari tanaman atau vegetasi yang ada dalam wilayah penelitian. Lahan yang bervegetasi baik dan tidak bervegetasi akan terdeteksi dari tumbuhan berdasarkan perhitungan data *near infrared* dengan *red* (Hardianto, Dewi, Feriansyah, Sari, & Rifiana, 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan luasan dan vegetasi di Pegunungan Kendeng Utara Kabupaten Pati dengan memanfaatkan citra Sentinel-2A pada tahun 2017 dan 2022, serta menggunakan perhitungan indeks kerapatan vegetasi NDVI. Penelitian kondisi vegetasi di Pegunungan Kendeng Utara di Kabupaten Pati dapat menjadi bahan pertimbangan dalam menentukan kebijakan dalam pengelolaan wilayah. Informasi dan gambaran terkait upaya peningkatan kondisi dan luasan vegetasi di Pegunungan Kendeng Utara dapat menciptakan kondisi ekologi yang lebih lestari dan memberi manfaat dalam keseimbangan ekosistem secara berkelanjutan.

TINJAUAN PUSTAKA

Penginderaan Jauh

Saat ini informasi mengenai kerapatan vegetasi menjadi sangat penting karena mempunyai pengaruh besar untuk mendukung analisis kehutanan, analisis kebencanaan, analisis perubahan penggunaan lahan (*land use*), analisis perencanaan wilayah dan lingkungan serta analisis lainnya yang menjadikan vegetasi sebagai data utamanya. Tingkat kerapatan vegetasi dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi *remote sensing*/penginderaan jauh menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Pemetaan sumber daya telah banyak dilakukan dengan memanfaatkan data satelit penginderaan jauh (Philiani, Saputra, Harvianto, & Muzaki, 2016).

Penginderaan jauh adalah cabang ilmu dalam bidang geografi yang dimanfaatkan untuk mendapatkan informasi dari sebuah objek pada muka bumi tanpa melakukan kontak langsung atau berada pada lokasi dengan objek yang akan dikaji (Humam dkk., 2020). *Remote sensing*/penginderaan jauh dapat menggambarkan objek di permukaan bumi beserta letaknya. Sedangkan SIG pada dasarnya merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengolah, memetakan informasi spasial, dan menganalisis data hasil penginderaan jauh.

Salah satu bentuk penginderaan jauh adalah melalui pemanfaatan citra satelit. Citra satelit merupakan hasil dari proses perekaman atau pemotretan permukaan bumi dengan bantuan sensor penginderaan jauh. Sampai saat ini, data dan informasi dari citra satelit/foto udara merupakan teknologi yang paling mutakhir, dengan memiliki sifat stereoskopis yang sangat baik serta dan resolusi yang tinggi. Salah satu citra satelit yang dapat digunakan dalam analisis kerapatan vegetasi adalah Sentinel-2A. Citra Sentinel-2A merupakan produk satelit penginderaan jauh sensor pasif yang dibuat di Eropa. Resolusi spektralnya menghasilkan multispektral dengan 13 band.

Analisis Kerapatan Vegetasi

Analisis kerapatan vegetasi dapat dilakukan dengan berbagai metode. Salah satu metode yang dilakukan melalui metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Danoedoro (2012) menjelaskan bahwa indeks vegetasi merupakan penentuan algoritma pada suatu citra agar dapat memunculkan aspek vegetasi maupun aspek lain sehingga diperoleh citra baru yang lebih representatif sesuai

dengan kebutuhan. Algoritma NDVI memanfaatkan pantulan gelombang dari dedaunan. NDVI memiliki rentang nilai berkisar antara -1 hingga +1 (Danoedoro, 2012). Nilai kehijauan NDVI didapatkan melalui perbandingan pantulan vegetasi yang diperoleh oleh sensor pada panjang gelombang merah (*RED*) dan dekat inframerah (*Near Infrared/* NIR). Prosesnya yaitu cahaya *red* diserap klorofil, sedangkan cahaya *near infrared* dipantulkan oleh jaringan mesofil daun.

Berdasarkan hal ini, selain untuk menganalisis kondisi vegetasi melalui tingkat kerapatan, NDVI juga dapat dimanfaatkan untuk mengkaji kondisi tanaman lebih lanjut. Menurut Aftriana, Parman, & Sanjoto (2013), penyerapan klorofil dapat memengaruhi hasil pengukuran. Kondisi ini memudahkan proses dalam mengidentifikasi lahan yang memiliki tutupan hijau, lahan tak bervegetasi, air, dan lahan yang tertutup awan, serta lahan yang peka pada biomassa vegetasi. Penginderaan jauh melalui identifikasi citra ini dapat memberikan data kondisi tutupan lahan, luas lahan, dan vegetasi. Oleh karena itu, dengan membandingkan citra multi temporal dapat mengetahui perubahan kondisi lahan tutupan hijau di suatu wilayah.

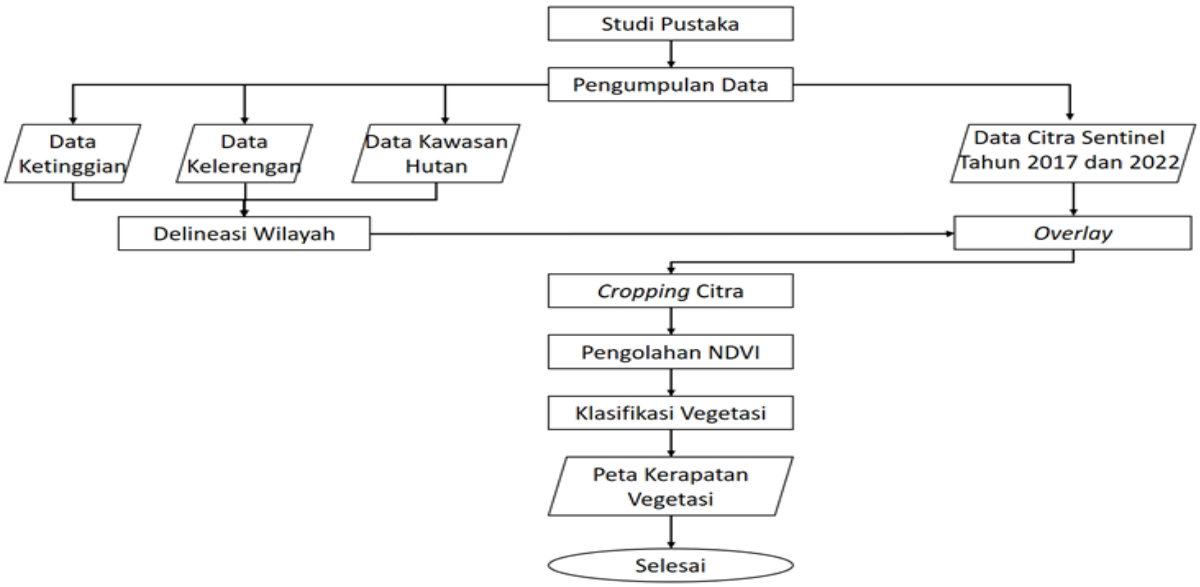
Nuarsa & Nishio (2007) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa usia tanaman memiliki keterkaitan dengan nilai NDVI. Dijelaskan juga bahwa tanaman yang bertumbuh akan menunjukkan nilai NDVI yang semakin meningkat dan dapat mencapai nilai puncak dan optimal. Saat tanaman menurun kondisinya dan akhirnya mati, nilai NDVI akan cenderung menurun. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi tanaman dan klorofil yang terkandung menjadi indikator besar kecilnya nilai NDVI. Hakim, Ismail, & Faisal (2017) dalam penelitiannya menyatakan bahwa temperatur permukaan juga dapat memengaruhi hasil analisis kerapatan vegetasi. Suhu permukaan yang tinggi ditunjukkan dengan kerapatan vegetasi yang rendah. Nilai NDVI juga dapat dipengaruhi oleh musim. Pada tanaman yang mempunyai tipe meranggas di musim kemarau cenderung mempunyai nilai NDVI yang rendah. Oleh karena itu keberagaman jenis tanaman, suhu permukaan, dan musim memengaruhi tingkat kerapatan vegetasi di suatu wilayah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah Pegunungan Kendeng Utara yang terletak di wilayah administratif Kabupaten Pati. Wilayah tersebut terletak di 6 kecamatan, yaitu terdiri atas Kecamatan Sukolilo, Kecamatan Kayen, Tambakromo, Kecamatan Winong, Kecamatan Pucakwangi, dan Kecamatan Jaken. Penelitian dilaksanakan pada Desember 2022 hingga Maret 2023.

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, dimulai dari studi pustaka terkait analisis vegetasi menggunakan penginderaan jauh. Kemudian melakukan pengumpulan data, baik data citra yang terdiri atas data citra tahun 2017 dan tahun 2022 sebagai bahan analisis, maupun data terkait kondisi fisik yang terdiri atas data berbentuk *shapefile* ketinggian, kelerengan, dan peta kawasan hutan yang akan digunakan untuk menentukan delineasi wilayah penelitian. Tahap selanjutnya dilakukan *overlay* antara delineasi wilayah penelitian dengan data citra yang diperoleh, kemudian dilanjutkan dengan *cropping* citra. Setelah itu, dilakukan pengolahan NDVI pada citra yang telah dipotong menggunakan perangkat lunak pemetaan ArcMap 10.4 sesuai delineasi wilayah penelitian. Selanjutnya, dilakukan pengklasifikasian vegetasi berdasarkan kelas-kelas yang telah ditentukan, dan kemudian dilakukan penyusunan peta kerapatan vegetasi dengan membandingkan kondisi vegetasi di antara 2 tahun yang akan dilakukan analisis. Untuk kemudian diinterpretasikan data hasil analisis pengolahan citranya. Adapun diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 1 .

Delineasi wilayah penelitian dilakukan dengan melakukan tumpeng tindih (*overlay*) peta ketinggian, dan peta kelerengan yang bersumber dari data *Digital Elevation Model*/DEM Nasional (DEMNAS) TerraSAR-X produksi Badan Informasi Geospasial, peta garis kontur



Gambar 1.
Diagram Alir Penelitian

yang bersumber dari Peta Rupa Bumi Indonesia yang diproduksi oleh Badan Informasi Geospasial, serta peta kawasan hutan berdasarkan Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 8100/ MenLHK-PKTL/KUH/PLA.2/11/2018 tanggal 23 November 2018 Tentang Perkembangan Pengukuhan Kawasan Hutan sampai dengan tahun 2017 Provinsi Jawa Tengah. Berdasarkan tumpang tindih 4 (empat) peta tersebut, diperoleh wilayah penelitian yang mencakup 6 kecamatan di Kabupaten Pati. Penelitian ini menggunakan data citra Sentinel-2A akuisisi 18 Juni 2017 dan 2 Juni 2022 yang diperoleh dari Sentinel-Hub EO. Penelitian ini menggunakan *band* 4 *red* dan *band* 8 *Near Infrared* untuk dapat melakukan analisis NDVI pada pengolahan data citra. Data diolah menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.4. Selanjutnya, data dasar penentuan delineasi wilayah penelitian disajikan pada Gambar 2, sedangkan delineasi wilayah penelitian tersaji peta pada Gambar 3.

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan melakukan interpretasi hasil olahan citra Sentinel-2A dengan menggunakan perangkat *Geographic Information System* (GIS). Data citra satelit yang digunakan yaitu data tahun 2017 dan data tahun 2022. Tahap pertama diawali dengan pengolahan citra Sentinel yang meliputi pemotongan citra sesuai dengan wilayah penelitian di 6 (enam) kecamatan yang terletak di sisi selatan Kabupaten Pati. Selanjutnya dilakukan analisis NDVI untuk mendapatkan nilai sebaran kerapatan vegetasi. Sensitifitas aktivitas fotosintesis oleh klorofil dimanfaatkan dalam memperoleh klasifikasi nilai NDVI (Lufilah, Makalew, & Sulistyantara, 2017). Perhitungan nilai NDVI untuk citra Sentinel tersaji pada formula berikut:

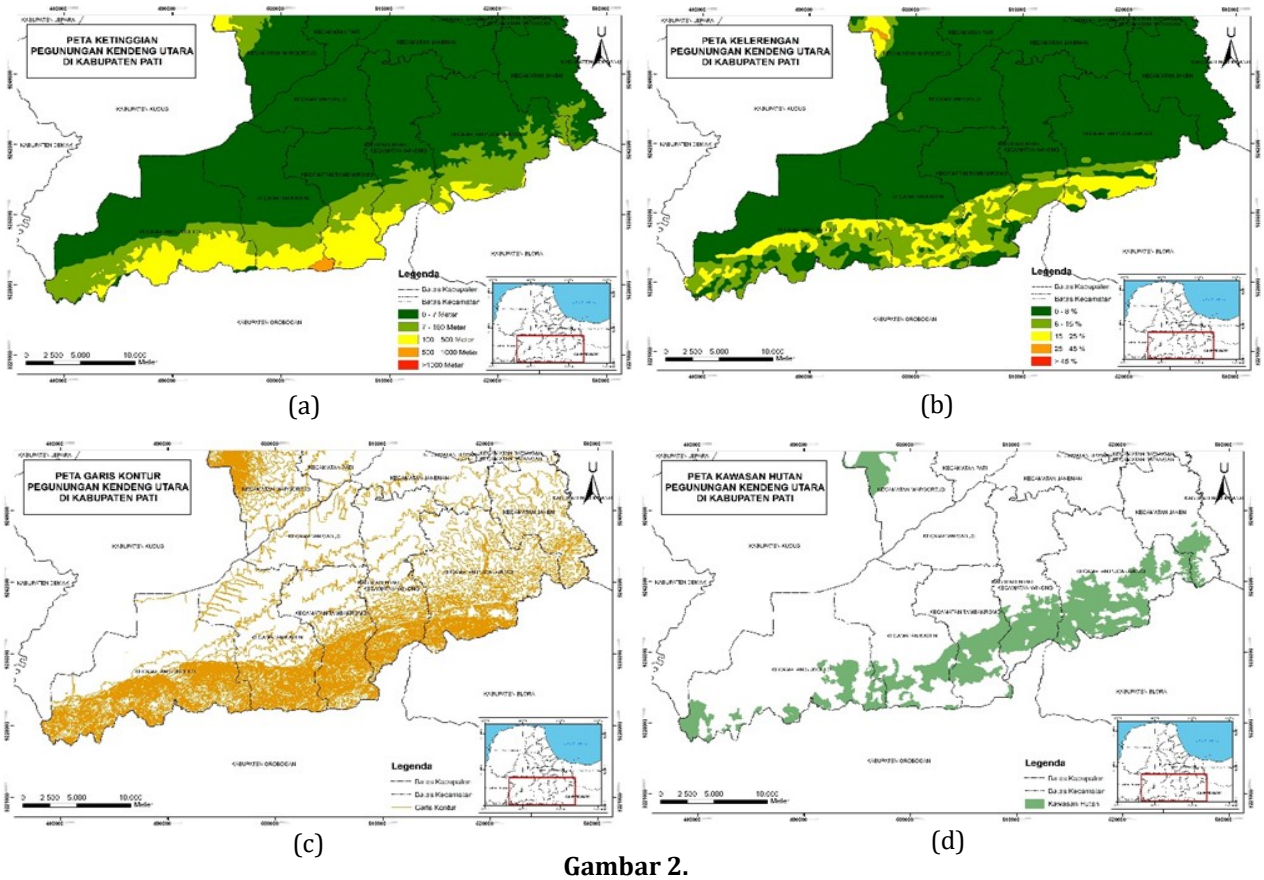
$$\text{NDVI} = \frac{\text{kanal NIR (band 8)} - \text{kanal Red (band 4)}}{\text{kanal NIR (band 8)} + \text{kanal Red (band 4)}}$$

Setelah memperoleh nilai NDVI, dilakukan proses penentuan pengelompokan kelas kerapatan. Danoedoro dalam Hardianto dkk. (2021) menyebutkan bahwa NDVI berentang nilai pada kisaran -1,0 hingga 1,0. Pengklasifikasian nilai mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh Sunaryo & Iqmi (2015) seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1.
Klasifikasi Nlai NDVI

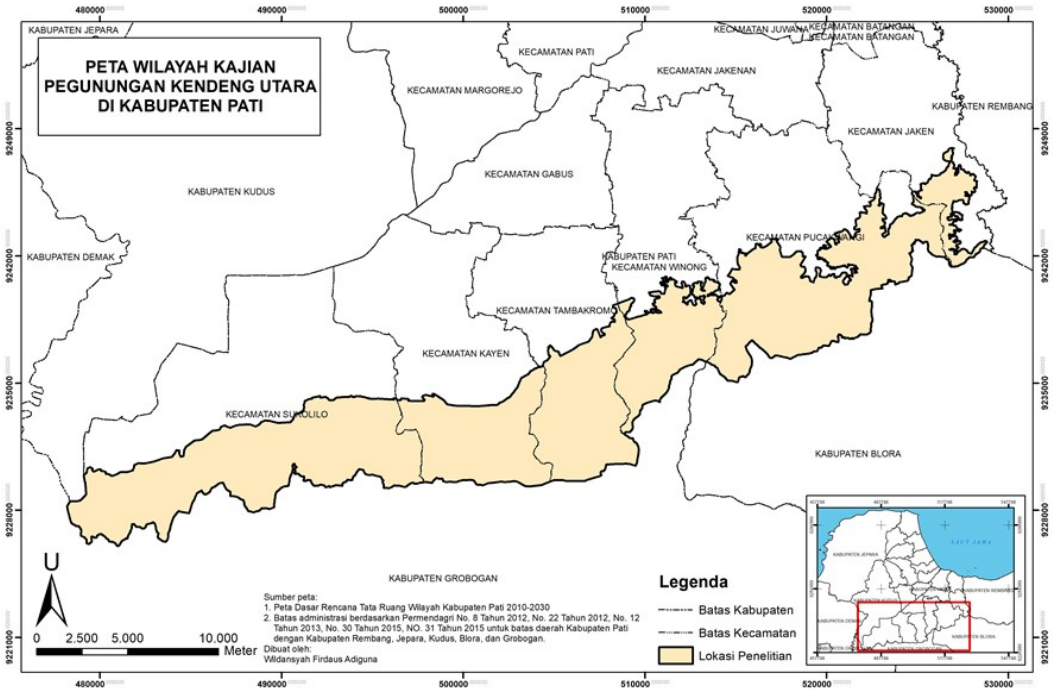
Klasifikasi	Nilai NDVI
Awan dan Air	-2,00-0,00
Non Vegetasi	0,00-0,21
Tidak Rapat	0,21-0,42
Cukup Rapat	0,42-0,63
Rapat	0,63-0,85

Sumber: Sunaryo & Iqmi, 2015



Gambar 2.

Peta Dasar Penentuan Deleniasi Wilayah Penelitian
(a) Peta Ketinggian; (b) Peta Kelerengan;
(c) Peta Garis Kontur; dan (d) Peta Kawasan Hutan
Sumber: Peta dasar Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Pati, 2021



Gambar 3.

Peta Wilayah Kajian Pegunungan Kendeng Utara di Kabupaten Pati
Sumber: Pengolahan Data, 2023

Gelombang *Red* akan terserap pada vegetasi yang baik dalam melakukan fotosintesis, sedangkan gelombang NIR akan terpantulkan lebih banyak. Gelombang *Red* dan NIR akan terpantul lebih rendah apabila vegetasi telah mati atau tidak sehat (Hardianto dkk., 2021). Vegetasi sehat akan memiliki nilai indeks vegetasi yang tinggi ditandai dengan rentang yang lebih tinggi (Lillesand & Kiefer, 1997).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Pegunungan Kendeng Utara di Kabupaten Pati

Kondisi vegetasi Pegunungan Kendeng Utara yang terhampar di sisi selatan Kabupaten Pati didominasi tutupan vegetasi berupa hutan jati. Di pegunungan ini juga terdapat kawasan lindung geologi atau cagar budaya geologi yaitu KBAK Sukolilo. KBAK Sukolilo merupakan bentang alam dengan keunikan komponen geologi dan memiliki fungsi sebagai pengatur alami air tanah. Kawasan karst memiliki fungsi yang penting bagi ekosistem, karena banyak jasa lingkungan yang diberikan, antara lain mengandung banyak sumber air melalui sungai-sungai bawah tanah dan gua-gua, penyerap air, dan pencegah atau dapat mengurangi banjir (Purnaweni, 2014). Wilayah ini memiliki mata air permanen dan mampu mengalirkan air sepanjang musim dengan debit yang relatif tetap. Gua alam banyak terdapat di wilayah ini dan memiliki nilai potensi pariwisata. Beberapa potensi yang ada di Pegunungan Kendeng Utara di Kabupaten Pati berupa destinasi wisata dan gua alam dapat dilihat pada Gambar 4.

(a)

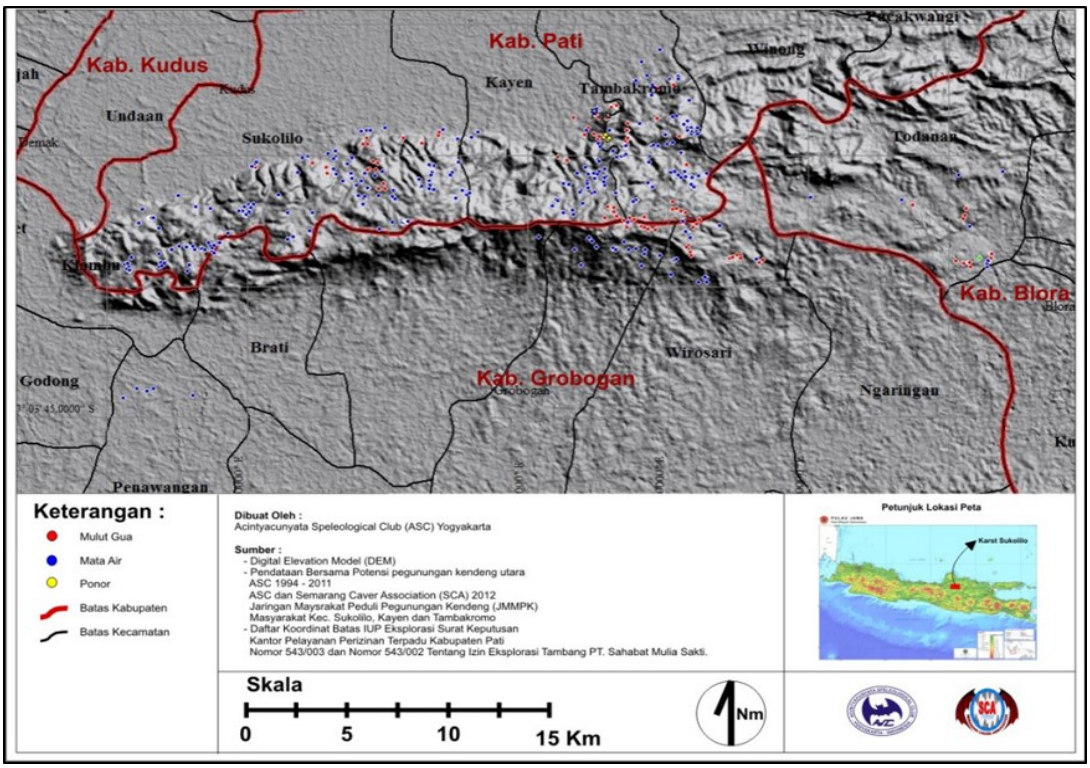
(b)

Gambar 4.
(a) Destinasi Wisata Lorodan Semar di Kecamatan Kayen; dan
(b) Gua Alam di Kecamatan Sukolilo
Sumber: Dokumentasi Penulis

Secara umum, potensi simpanan air bersih di Pegunungan Kendeng Utara sangat melimpah karena memiliki potensi gua dan mata air yang sangat tinggi. Berdasarkan pendataan potensi gua dan mata air yang dilakukan dalam rentang tahun 1994-2012, ditemukan 99 gua dan 313 sumber air di pegunungan ini. Selain itu, terdapat dua sistem sungai bawah tanah dengan jaringan hidrologi terpisah, yaitu sistem Urang-Kembang dan Pakel-Ngeposan (Acintacunyata Speleological Club, 2012). Sebaran mata air terbanyak di Kabupaten Pati, berada di Kecamatan Sukolilo. Mata air tersebut merupakan mata air karst yang memiliki sifat permanen dan memiliki debit yang relatif tetap. Masyarakat banyak memanfaatkan limpahan air dari sumber mata air ini untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari dan juga sebagai pengairan untuk lahan pertanian milik masyarakat. Sebaran gua dan mata air di Pegunungan Kendeng Utara dapat dilihat padan Gambar 5.

Benturan kepentingan antara konservasi wilayah dengan upaya pememanfaatan sumber daya alam secara ekonomi menimbulkan beberapa masalah. Perbukitan kapur di beberapa titik berfungsi sebagai lahan pertanian tanaman jagung. Berkurangnya kualitas tutupan lahan menyebabkan erosi dan hilangnya lapisan tanah yang subur, serta menyebabkan terjadinya limpasan air ke wilayah yang berada di bawahnya. Kondisi ini menyebabkan bencana banjir yang terjadi pada wilayah di bawah Pegunungan Kendeng, seperti Kecamatan Winong, Kecamatan Tambakromo, Kecamatan Kayen, dan Kecamatan Sukolilo.

Kegiatan penambangan batu kapur ilegal juga menjadi masalah karena dilakukan dengan mengeksploitasi batu gamping dengan mengikis kubah-kubah karst. Padahal berdasarkan Kepmen ESDM terkait penetapan KBAK Sukolilo, wilayah ini merupakan kawasan lindung geologi. Hal ini memberikan penegasan bahwa wilayah yang ditetapkan sebagai KBAK Karst tidak dapat dieksploitasi untuk kegiatan penambangan dan merubah kondisi fisik pegunungan ini.



Gambar 5.
Sebaran Gua dan Mata Air di Pegunungan Kendeng Utara
Sumber: Acintacunyata Speleological Club, 2012

Analisis Kerapatan Vegetasi Pegunungan Kendeng Utara di Kabupaten Pati

Vegetasi lahan berkurang akibat perubahan penggunaan dan tutupan lahan yang disebabkan oleh perkembangan kota. Kualitas lingkungan dapat terindikasi dari kerapatan vegetasi. Informasi mengenai kondisi vegetasi dalam suatu wilayah bermanfaat bagi kegiatan perencanaan wilayah, untuk memprediksi perkembangan wilayah dan juga memitigasi dampak yang dapat ditimbulkannya. Perubahan tata guna lahan diakibatkan oleh kebutuhan pembangunan yang semakin meningkat namun berbanding terbalik dengan daya dukung wilayah yang tidak mampu menampung jumlah penduduk yang semakin bertambah. Penurunan kondisi lahan juga menjadi masalah bagi masyarakat secara global.

Penurunan kualitas lahan dan lingkungan akibat perkembangan wilayah juga berpeluang terjadi di Kabupaten Pati. Hal ini dapat dilihat dari menurunnya kondisi vegetasi dan sering terjadinya bencana hidrologi dalam kurun waktu terakhir. Salah satu penyebabnya dapat diindikasikan dari menurunnya kondisi kerapatan vegetasi yang menyebabkan kemampuan lahan dan tanah berkurang dalam mengatur tata guna air.

Vegetasi yang cukup rapat dibutuhkan untuk meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah dan memperlambat laju limpasan permukaan, terutama pada daerah hulu yang mempunyai kemiringan tanah relatif lebih curam. Jika bagian hulu pegunungan yang berfungsi sebagai daerah tangkapan air tidak dapat melakukan fungsi sebagaimana seharusnya maka dapat menyebabkan terjadinya limpahan air pada kawasan di bawahnya. Oleh karena itu, siklus hidrologi berkaitan erat dengan vegetasi dan lingkungan.

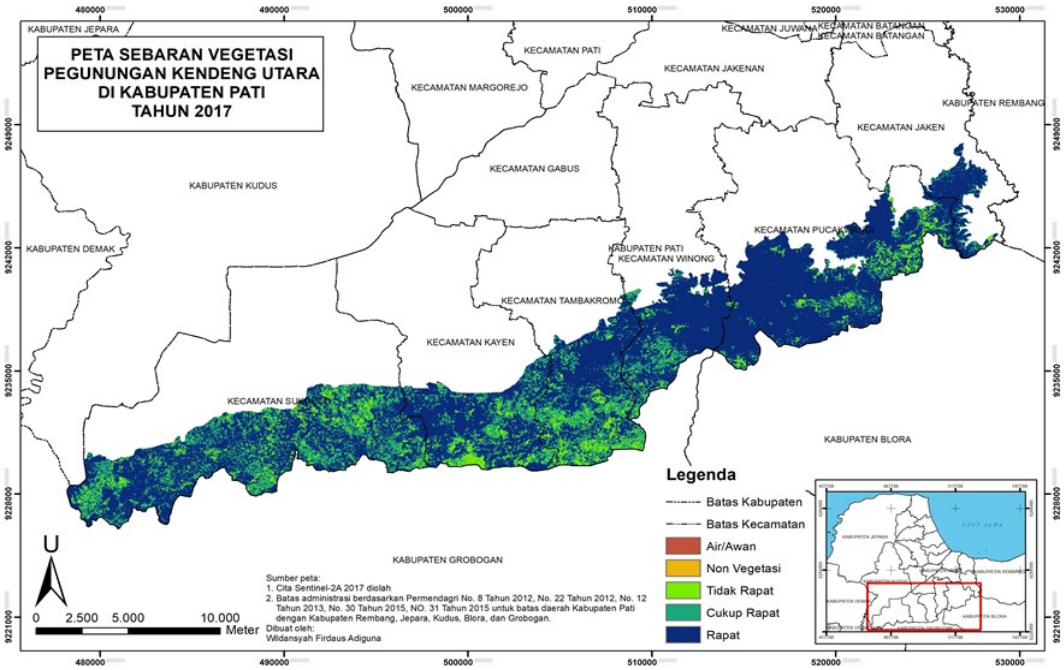
Perubahan fungsi lahan disebabkan alih fungsi lahan, baik lahan milik masyarakat maupun lahan kawasan hutan. Kawasan hutan di Kabupaten Pati, mengalami penurunan kualitas vegetasi akibat pembalakan yang dilakukan pada masa lalu dan masih belum dapat direboisasi (Setiawan, Sudarsono, & Awaluddin, 2013).

Nilai kerapatan vegetasi berdasarkan hasil analisis data dan olahan citra di Pegunungan Kendeng di Kabupaten Pati pada tahun 2017 dan 2022 terdiri atas air dan awan, non vegetasi, vegetasi tidak rapat, vegetasi cukup rapat, dan vegetasi rapat. Nilai kerapatan vegetasi hasil olahan citra Sentinel-2A dengan kombinasi band 4 (*Red*) dan band 8 (NIR), yang diperoleh berdasarkan analisis NDVI pada tahun 2017 berada pada rentang nilai -0,12 hingga 0,90. Sebaran tingkat kerapatan vegetasi tahun 2017 disajikan spasial pada Gambar 6, dan data tabular pada Tabel 2.

Tabel 2.
Tingkat Kerapatan Vegetasi Tahun 2017

Klasifikasi Kerapatan Vegetasi	Nilai NDVI	Luas (Ha)	Persentase (%)	Dominasi Penggunaan Lahan
Air dan awan	-0,12 – 0	1,24	0,01	danau/kolam
Non vegetasi	0 - 0,21	23,20	0,10	permukiman padat
Tidak rapat	0,21 - 0,42	1801,86	7,63	permukiman jarang-sedang, lahan pertanian kering
Cukup rapat	0,42 - 0,63	5684,89	24,06	lahan pertanian kering, hutan produksi
Rapat	0,63 - 0,90	16106,43	68,20	hutan produksi

Sumber: Pengolahan Data, 2023



Gambar 6.
Peta Sebaran Vegetasi Pegunungan Kendeng Utara di Kabupaten Pati Tahun 2017
Sumber: Pengolahan Data, 2023

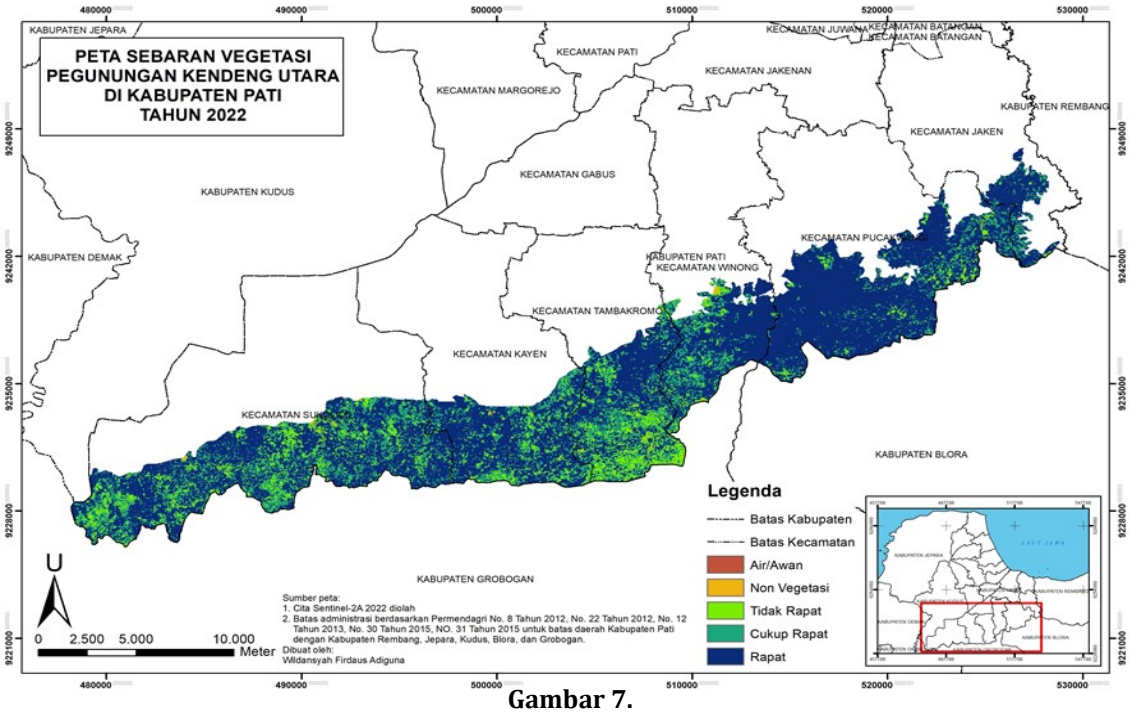
Hasil pengolahan citra Sentinel tahun 2017 menunjukkan bahwa lahan didominasi kelas vegetasi rapat seluas 68,20% tersebar di kawasan hutan produksi. Tutupan lahan paling kecil berupa air dan awan. Lahan terbangun berdasarkan hasil pengamatan citra dan pengamatan lapang terdapat pada klasifikasi non vegetasi dan vegetasi tidak rapat dengan persentase masing-masing sebesar 0,10% dan 7,63%. Kelas vegetasi tidak rapat banyak tersebar di Kecamatan Tambakromo, Kecamatan Kayen dan Kecamatan Sukolilo.

Selanjutnya, analisis dilakukan untuk melihat perubahan vegetasi di Pegunungan Kendeng Utara. Pada penelitian ini, analisis dilakukan dengan membandingkan kondisi vegetasi di tahun 2017 dengan tahun 2022. Sebaran nilai kerapatan vegetasi pada tahun 2022 berdasarkan hasil olahan citra Sentinel-2A dengan kombinasi band 4 (*Red*) dan band 8 (NIR), memiliki rentang -0,33 hingga 0,94. Selanjutnya, sebaran tingkat kerapatan vegetasi tahun 2022 dapat dilihat pada Gambar 7 dan Tabel 3.

Tabel 3.
Tingkat Kerapatan Vegetasi Tahun 2022

Klasifikasi Kerapatan Vegetasi	Nilai NDVI	Luas (Ha)	Persentase (%)	Dominasi Penggunaan Lahan
Air dan awan	-0,33-0	1,51	0,01	danau/kolam
Non vegetasi	0-0,21	81,71	0,35	permukiman padat
Tidak rapat	0,21-0,42	2161,54	9,15	permukiman jarang-sedang, lahan pertanian kering
Cukup rapat	0,42-0,63	5441,55	23,03	lahan pertanian kering, hutan produksi
Rapat	0,63 - 0,94	15931,31	67,46	hutan produksi

Sumber: Pengolahan Data, 2023



Gambar 7.
Peta Sebaran Vegetasi Pegunungan Kendeng Utara di Kabupaten Pati Tahun 2022
Sumber: Pengolahan Data, 2023

Berdasarkan hasil olahan citra, pada tahun 2022 kondisi vegetasi rapat dengan luas sebesar 67,46% mengalami penurunan dibandingkan dari tahun 2017. Penurunan luasan juga terjadi pada vegetasi cukup rapat. Luas terkecil berada pada tutupan berupa air dan awan sebesar 0,01%, dengan luas yang sama dengan tahun 2017. Penambahan luasan terjadi pada non vegetasi sebesar 0,10% menjadi 0,35%, dan vegetasi tidak rapat pada tahun 2017 sebesar 7,63% menjadi 9,15% pada tahun 2022. Hal ini mengindikasikan adanya perubahan lahan dari kondisi vegetasi rapat dan cukup rapat menjadi lebih terbuka dengan penggunaan lahan berupa permukiman/lahan terbangun, dan pembukaan lahan menjadi tegalan. Perubahan kondisi vegetasi antara tahun 2017 dengan 2022 dapat dilihat pada Tabel 4.

Kelas vegetasi tidak rapat mengalami penambahan luas tertinggi, yaitu sebesar 359,68 ha dengan laju perubahan sebesar 71,936 ha per tahun. Sedangkan penurunan luas tertinggi pada kelas vegetasi cukup rapat dengan pengurangan seluas 243,34 ha dengan laju perubahan sebesar 48,668 ha per tahun. Penurunan kelas vegetasi rapat berkurang 175,12 ha dengan laju perubahan per tahun seluas 35,024 ha. Perubahan ini diindikasikan dengan berubahnya tutupan lahan berupa hutan menjadi lahan pertanian di beberapa lokasi di Pegunungan Kendeng Utara. Berkurangnya luas vegetasi dapat menyebabkan berbagai dampak negatif, seperti risiko bencana alam banjir dan tanah longsor hingga perubahan iklim dengan terjadinya kekeringan panjang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di atas, dengan menggunakan citra Sentinel dapat dimanfaatkan untuk mengetahui kondisi vegetasi yang ada di Pegunungan Kendeng Utara. Sebaran nilai kerapatan vegetasi berdasarkan hasil analisis NDVI pada tahun 2017 yaitu pada rentang -0,12 hingga 0,90, sedangkan pada tahun 2022 pada rentang -0,33 hingga 0,94. Kondisi vegetasi di Pegunungan Kendeng Utara masih didominasi dengan kelas vegetasi rapat dengan persentase di atas 60%.

Tabel 4.
Tingkat Kerapatan Vegetasi Tahun 2022

Kerapatan	Luas (ha)		Perubahan		Laju Perubahan/ Tahun (ha)
	Tahun 2017	Tahun 2022	Bertambah	Berkurang	
Air dan Awan	1,24	1,51	0,27		0,054
Non Vegetasi	23,20	81,71	58,51		11,702
Tidak Rapat	1801,86	2161,54	359,68		71,936
Cukup Rapat	5684,89	5441,55		243,34	48,668
Rapat	16106,43	15931,31		175,12	35,024
Jumlah			**418,46**	**418,46**	
Total Laju Perubahan/ Tahun (ha)			**83,692**	**83,692**	

Sumber: Pengolahan Data, 2023

Saran

Diharapkan kepada seluruh pemangku kepentingan dan seluruh masyarakat untuk menjaga kelestarian lingkungan di kawasan Pegunungan Kendeng Utara, karena apabila terjadi kerusakan lingkungan dan hilangnya vegetasi di kawasan ini dapat berpengaruh pada kawasan di bawahnya. Selain itu, Pegunungan Kendeng Utara juga menjadi habitat bagi keanekaragaman hayati yang ada di kawasan ini.

Perlu adanya kolaborasi kelembagaan antarlembaga dalam pengelolaan wilayah Pegunungan Kendeng Utara di Kabupaten Pati. Serta perlu adanya upaya perlindungan, rehabilitasi, dan reboisasi di pegunungan ini. Terkait kawasan lindung geologi KBAK Sukolilo, perlu dilakukan upaya perlindungan keunikan geologi agar tidak mengalami perubahan bentuk lahan di kawasan bentang alam karst ini.

Berkaitan dengan pengembangan penelitian selanjutnya, ruang lingkup penelitian dapat dilakukan pada ruang yang lebih luas dengan menggunakan metode analisis yang berbeda dan data citra satelit yang berbeda agar diketahui kondisi vegetasi Pegunungan Kendeng Utara yang lebih luas. Walaupun penelitian ini belum sesuai dengan standar, namun penelitian ini dapat menjadi rujukan bagi penelitian serupa dan tidak mengulangi kekurangan yang sama. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan validasi lapangan untuk memastikan tingkat kerapatan vegetasi Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 8100/ MenLHK-PKTL/KUH/PLA.2/11/2018 tanggal 23 November 2018 Tentang Perkembangan Pengukuhan Kawasan Hutan sesuai kondisi sesungguhnya.

DAFTAR PUSTAKA

Acintacunyata Speleological Club. (2012). Karst Sukolilo. Diakses 30 Juli 2023, dari asc.or.id. website: http://asc.or.id/asc-jogja/karst-sukolilo/.

Adiguna, W. F., & Wahyono, H. (2021). Interaksi Kelembagaan dalam Pengelolaan dan Pemanfaatan Kawasan Ekologis Bentang Alam Karst Sukolilo di Kabupaten Pati. *Journal Of Biology Education*, 4(1), 1. https://doi.org/10.21043/ jobe.v4i1.10249.

Aftriana, C. V., Parman, S., & Sanjoto, T. B. (2013). Analisis Perubahan Kerapatan Vegetasi Kota Semarang Menggunakan Aplikasi Penginderaan Jauh. *Geo Image* 2 (1), 1-7.

Dasuka, Y. P., Sasmito, B., & Haniah. (2016). Analisis Sebaran Jenis Vegetasi Hutan Alami Menggunakan Sistem Penginderaan Jauh (Studi Kasus: Jalur Pendakian Wekas dan Selo). *Jurnal Geodesi Undip*, 5(2), 1-8.

Danoedoro. (2012). *Pengantar Penginderaan Jauh Digital.* Yogyakarta: CV Andi Offset.

Hardianto, A., Dewi, P. U., Feriansyah, T., Sari, N. F. S., & Rifiana, N. S. (2021). Pemanfaatan Citra Landsat 8 Dalam Mengidentifikasi Nilai Indeks Kerapatan Vegetasi (NDVI) Tahun 2013 dan 2019 (Area Studi: Kota Bandar Lampung). *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 2(1), 8–15. https://doi.org/10.23960/jgrs.2021.v2i1.38.

Hakim, L., Ismail, N., & Faisal, F. (2017). Kajian Awal Penentuan Daerah Prospek Panas Bumi di Gunung Bur Ni Telong berdasarkan Analisis Data DEM SRTM dan Citra Landsat 8. *Jurnal Rekayasa Elektrika,* 13 (3), 125-132. https://doi.org/10.17529/jre.v13i3.8332

Humam, A., Hidayat, M., Nurrochman, A., Anestatia, A. I., Yuliantina, A., & Aji, S. P. (2020). Identifikasi Daerah Kerawanan Kebakaran Hutan dan Lahan Menggunakan Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh di Kawasan Tanjung Jabung Barat Provinsi Jambi. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*, 1(1), 32-42.

Julianto, F. D., Putri, D. P. D., & Safi'i, H. H. (2020). Analisis Perubahan Vegetasi dengan Data Sentinel-2 menggunakan Google Earth Engine (Studi Kasus Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta). *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia*, 2(2), 13-18. https://doi.org/10.20527/jht.v9i3.12335.

Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 2641 K/40/MEM/2014 tentang Penetapan Kawasan Bentang Alam Karst (KBAK) Sukolilo.

Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 8100/MenLHK-PKTL/KUH/PLA.2/11/2018 tentang Perkembangan Pengukuhan Kawasan Hutan.

Lillesand, T. M., & Kiefer, R. W. (1997). *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra* (Dulbahri, Terjemahan), Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Irsyad, M. I., Jumari, & Murningsih. (2013). Studi Etnobotani Masyarakat Desa Sukolilo Kawasan Pegunungan Kendeng Pati Jawa Tengah. *Bioma*, 15(1), 27-34. https://doi.org/10.14710/bioma.15.1.27-34.

Lamare, R. E., & Singh, O. P. (2016). Limestone Mining and Its Environmental Implications in Meghalaya, India. *ENVIS Bulletin Himalayan Ecology*, 24, 87–100.

Lufilah, S. N., Makalew, A. D., & Sulistyantara, B. (2017). Pemanfaatan Citra Landsat 8 Untuk Analisis Indeks Vegetasi di DKI Jakarta. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 73–80. https://doi.org/10.29244/jli.2017.9.1.73-80.

Nuarsa, I. W., & Nishio, F. (2007). Relationships Between Rice Growth Parameters and Remote Sensing Data. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, 4, 102-112, http://dx.doi.org/10.30536/j.ijreses.2007.v4.a1221.

Peraturan Daerah Kabupaten Pati Nomor 2 Tahun 2021 tentang Perubahan atas Peraturan Daerah Kabupaten Pati Nomor 5 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Pati Tahun 2010-2030.

Philiani, I., Saputra, L., Harvianto, L., & Muzaki, A. A. (2016). Pemetaan Vegetasi Hutan Mangrove menggunakan Metode Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) di Desa Arakan, Minahasa Selatan, Sulawesi Utara. *Surya Octagon Interdisciplinary Journal of Technology*, 1(2), 211-222. https://doi.org/ 10.31219/osf.io/c8k6j.

Prayitno, H. T. (2017). Kajian Banjir Bandang di Desa Sukolilo Melalui Tinjauan Peta Sungai. *Jurnal Litbang*, XIII (1), 13–23. https://doi.org/10.33658/jl.v13i1.89.

Purnaweni, H. (2014). Kebijakan Pengelolaan Lingkungan di Kawasan Kendeng Utara Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 12(1), 53–65. https://doi.org/10.14710/jil.12.1.53-65.

Haule, H., Ringo, J., Luvinga, K., Kawonga, S., Mayengo, G., & Morsardi, L. (2016). Effects of Limestone Mining on Deforestation and Land Degradation in Mbeya Region, Tanzania. *International Journal of Modern Social Sciences*, 5(2), 117–132.

Setiawan, H., Sudarsono, B., & Awaluddin, M. (2013). Identifikasi Daerah Prioritas Rehabilitasi Lahan Kritis Kawasan Hutan Dengan Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus: Kabupaten Pati). *Jurnal Geodesi Undip*, 2 (3), 31-41.

Solidaridad, & Business Watch Indonesia. (2019). *Kendeng: Kawasan yang Jadi Rebutan* (No. 12). Retrieved from http://www.sustainable-landscape.org/data/foto_berita/24648-Newsletter Juni 2019 - ID.pdf

Sunaryo, D. K., & Iqmi, M. Z. (2015). Pemanfaatan Citra Landsat 8 Untuk Pendeteksian Dan Mengetahui Hubungan Kerapatan Vegetasi Terhadap Suhu Permukaan. *Spectra*, 13(25), 55–72.

Yanti, D., Megantara, I., Akbar, M., Meiwanda, S., Izzul, S., Sugandi, M. D., & Ridwana, R.. (2020). Analisis Kerapatan Vegetasi di Kecamatan Pangandaran melalui Citra Landsat 8. *Jurnal Geografi, Edukasi Dan Lingkungan (JGEL)*, 4(1), 32–38. https://doi.org/10.29405/jgel.v4i1.4229.

BIODATA PENULIS

Wildansyah Firdaus Adiguna, lahir pada tanggal 27 Desember 1995 di Kabupaten Wonogiri. Magister Perencanaan Wilayah dan Kota Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Bekerja sebagai Penata Ruang Ahli Pertama di Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Pati.

Devi Ega Agista, lahir pada tanggal 30 Agustus 1998 di Kabupaten Pati. Sarjana dari Program Studi Geografi Lingkungan Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Bekerja sebagai Penata Kadastral Ahli Pertama di Kantor Pertanahan Kabupaten Pati, Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional.