



POTENSI PENGEMBANGAN KARBON BIRU DI PESISIR GUNUNG KIDUL: KAJIAN LITERATUR DAN OBSERVASI LAPANGAN

Ikrom Mustofa¹, Nur Indah Islami², Rifcha Ayu Dian Puspitasari³, M. Al Khaidar⁴, Naila Syafa'atul Udzma⁵, Rafli Eka Rizky⁶

^{1,2,3,4,5,6}*Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang KM 14,5, Krawitan, Umbulmartani, Ngemplak, Sleman, Yogyakarta 55584*

Korespondensi email: ikrommustofa@uii.ac.id

Abstrak	Informasi Artikel
<p><i>Blue carbon refers to carbon stored in coastal and marine ecosystems such as mangroves, seagrass meadows, and salt marshes, which play an important role in climate change mitigation. This study aims to assess the potential for blue carbon development in the coastal area of Gunung Kidul Regency, which is dominated by karst landforms. The methods used include a review of literature related to blue carbon potential in Indonesia and field observations carried out at six coastal sites. The results show that the blue carbon potential in this area is limited due to physical characteristics such as steep karst cliffs and the absence of mangroves, salt marshes, and seagrass ecosystems caused by unsuitable coastal morphology. However, coastal vegetation such as Pandanus tectorius and Casuarina equisetifolia demonstrates relatively high carbon storage capacity and may serve as alternatives for local blue carbon strategies. These findings indicate that blue carbon development efforts in Gunung Kidul should focus on optimizing coastal vegetation adapted to the physical environment. In conclusion, although the limited presence of typical blue carbon ecosystems reduces the region's storage capacity, opportunities still exist through enhancing the role of resilient coastal vegetation as part of ecosystem-based climate mitigation solutions.</i></p>	<p>Diterima: 11 Agustus 2025 Direvisi: 26 Agustus 2025 Dipublikasikan: 26 September 2025</p>
	<p>Keywords: Gunung_Kidul; Karbon_Biru; Mitigasi Iklim; Pesisir; Vegetasi Pantai</p>

I. Pendahuluan

Perubahan iklim telah menjadi isu global yang mempengaruhi berbagai sektor kehidupan, termasuk ekosistem pesisir dan laut [1]. Salah satu pendekatan mitigasi yang semakin mendapatkan perhatian adalah pengelolaan karbon biru, yaitu karbon yang tersimpan di ekosistem pesisir dan laut [2]. Ekosistem karbon biru memiliki kemampuan signifikan dalam menyerap dan menyimpan karbon dioksida dari atmosfer, sehingga berkontribusi terhadap penurunan konsentrasi gas rumah kaca [3]. Selain itu, ekosistem ini juga memberikan berbagai manfaat ekosistem lainnya, seperti perlindungan garis pantai, peningkatan keanekaragaman hayati, dan penyediaan sumber mata pencaharian bagi masyarakat pesisir [4].

Ekosistem penyimpan karbon biru meliputi mangrove, padang lamun, dan rawa asin [2]. Mangrove, misalnya, dapat menyimpan karbon dalam jumlah besar pada biomassa di atas permukaan, akar, serta sedimen [5]. Padang lamun, meskipun lebih tersebar di area perairan dangkal, juga memiliki potensi signifikan dalam menyimpan karbon organik dalam jangka panjang. Demikian pula, rawa asin yang terbentuk di area intertidal menyimpan karbon dalam lapisan sedimen yang stabil [6]. Kombinasi ketiga ekosistem ini menjadikan kawasan pesisir sebagai salah satu kunci dalam strategi mitigasi perubahan iklim berbasis ekosistem.

Karbon biru ditangkap dan disimpan melalui proses fotosintesis oleh mangrove, padang lamun dan rawa asin [7]. Produk hasil berupa glukosa dan disimpan dalam biomassa pada daun, batang, akar, dan bagian lainnya, fungsinya sebagai sumber energi dan bahan pembentukan tumbuhan. Tumbuhan yang sudah mati dan terdekomposisi akan menjadi bahan organik pada sedimen. Bahan organik yang tersimpan pada sedimen, proses penguraian terjadi dalam kondisi anaerob yang lama, karbon yang terperangkap disimpan pada jangka yang panjang dan membantu mencegah kembalinya karbon ke atmosfer [8]. Karbon yang disimpan dalam sedimen dapat disebut karbon organik yang tersusun 45-60% dari massa bahan organik tanah dan memiliki kapasitas simpanan karbon terbesar di permukaan bumi [9].

Di Indonesia, pengelolaan karbon biru memiliki signifikansi strategis dalam mendukung target penurunan emisi gas rumah kaca yang tertuang dalam dokumen Nationally Determined Contribution (NDC). Komitmen terbaru Indonesia dalam Second NDC dengan memasukkan karbon biru (sektor kelautan) sebagai *nature-based solution* [10]. Indonesia merupakan negara kepulauan dengan garis pantai terpanjang kedua di dunia, sehingga memiliki potensi besar dalam pengembangan ekosistem penyerap karbon biru. Pemerintah bersama akademisi dan masyarakat mulai menginisiasi berbagai program konservasi dan rehabilitasi ekosistem pesisir untuk mendukung ketahanan iklim. Namun, sebagian besar studi dan program tersebut masih berfokus pada wilayah dengan ekosistem mangrove dan lamun yang luas, sementara kawasan pesisir dengan karakteristik geomorfologi unik, seperti pesisir berbatu karst, belum banyak dikaji.

Pesisir Kabupaten Gunung Kidul di Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki karakteristik geomorfologi yang khas, yaitu dominasi batuan karst dan garis pantai dengan tebing curam [11]. Kondisi ini membatasi pembentukan ekosistem karbon biru konvensional, seperti mangrove, padang lamun, atau rawa asin. Minimnya tutupan vegetasi pesisir dan sulitnya akses pada beberapa titik pengamatan membuat kawasan ini

jarang menjadi fokus kajian karbon biru. Padahal, terdapat vegetasi pantai seperti pandan laut (*Pandanus tectorius*) dan cemara laut (*Casuarina equisetifolia*) yang berpotensi menjadi komponen penting dalam upaya penyimpanan karbon di kawasan ini.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi potensi pengembangan karbon biru di pesisir Gunung Kidul. Kajian ini menggunakan pendekatan studi literatur dan observasi lapangan pada enam titik pengamatan pesisir. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dasar mengenai potensi pengembangan karbon biru yang sesuai dengan karakteristik geomorfologi lokal, sekaligus menjadi dasar rekomendasi pengelolaan pesisir berbasis ekosistem yang mendukung mitigasi perubahan iklim di kawasan pesisir karst.

II. Metodologi

2.1 Desain Penelitian

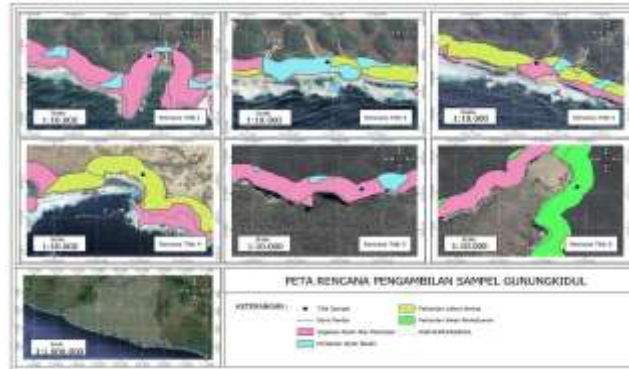
Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan dukungan data kuantitatif untuk menjelaskan potensi ekosistem karbon biru di pesisir Gunung Kidul. Secara umum, penelitian deskriptif bertujuan untuk menggambarkan fenomena yang terjadi di lapangan tanpa melakukan manipulasi variabel, melainkan menekankan pada pemahaman karakteristik, kondisi, dan potensi ekosistem yang ada. Pendekatan ini sesuai dengan konteks pesisir Gunung Kidul yang memiliki bentang alam karst unik, sehingga kajian diarahkan pada pemetaan kondisi fisik, tanah, dan vegetasi pesisir yang berperan sebagai penyimpan karbon biru. Analisis dilakukan secara kualitatif dengan kategorisasi tingkat potensi (rendah, sedang, tinggi) serta didukung data kuantitatif berupa kadar air tanah, pH, dan kandungan bahan organik pada setiap lokasi pengamatan.

Untuk memastikan gambaran yang lebih menyeluruh, penelitian ini memadukan dua sumber data utama: (1) studi literatur, yang menelaah hasil penelitian terdahulu mengenai ekosistem karbon biru di Indonesia, khususnya pada ekosistem mangrove, padang lamun, dan rawa asin; serta (2) observasi lapangan, yang dilakukan pada enam titik pengamatan pesisir Gunung Kidul. Observasi lapangan mencakup pengukuran kondisi edafik (kelembaban tanah, pH, dan bahan organik), identifikasi jenis vegetasi dominan, serta karakteristik geomorfologi pantai. Pendekatan triangulasi data ini memungkinkan peneliti menilai potensi karbon biru secara kontekstual, sekaligus menekankan pentingnya vegetasi pantai lokal seperti pandan laut (*Pandanus tectorius*) dan cemara laut (*Casuarina equisetifolia*) sebagai alternatif strategi pengembangan karbon biru pada wilayah pesisir berbasis karst.

2.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ditentukan di enam titik pengamatan pesisir Kabupaten Gunung Kidul yang mewakili variasi kondisi geomorfologi, tipe substrat, dan vegetasi pantai. Pemilihan lokasi dilakukan dengan pertimbangan purposif, yaitu memilih titik-titik yang menunjukkan karakteristik berbeda, sehingga dapat menggambarkan heterogenitas pesisir karst Gunung Kidul. Secara umum, pesisir Gunung Kidul didominasi oleh tebing karst yang terjal, pantai berpasir sempit, serta sedikit area landai dengan substrat pasir. Kondisi tersebut menjadikan kawasan ini relatif kurang mendukung terbentuknya ekosistem karbon biru khas, seperti mangrove, padang lamun, dan rawa asin. Namun, hasil observasi menunjukkan bahwa beberapa titik pesisir masih memiliki vegetasi pantai

yang adaptif, seperti pandan laut, cemara laut, waru laut, dan katang-katang, yang berpotensi menjadi penyerap karbon alternatif dalam konteks lokal.



Gambar 1. Peta lokasi sampel di Pesisir Gunung Kidul

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai kondisi lapangan, Tabel 1 menyajikan deskripsi setiap lokasi penelitian, meliputi koordinat geografis, kondisi fisik utama, jenis vegetasi dominan, serta kategori potensi ekosistem karbon biru yang dimiliki. Selain itu, peta lokasi pengamatan ditampilkan untuk memperlihatkan distribusi spasial enam titik penelitian di sepanjang pesisir Gunung Kidul. Penyajian tabel dan peta ini diharapkan dapat memberikan konteks visual dan deskriptif mengenai keragaman kondisi pantai, sekaligus memperkuat dasar analisis potensi pengembangan karbon biru pada kawasan pesisir berbasis karst.

Tabel 1. Deskripsi Lokasi Pengamatan di Pesisir Gunung Kidul

No	Lokasi (Pantai)	Koordinat (\pm)	Kondisi Fisik Utama	Vegetasi Dominan	Potensi Ekosistem Karbon Biru
1	Pantai Ngrenehan	8°07' LS, 110°30' BT	Teluk kecil, pasir	Pandan laut, kacang tanah	Sedang
2	Pantai Sanglen	8°12' LS, 110°51' BT	Tebing karst, pasir sempit	Cemara laut, katang-katang	Sedang-Tinggi
3	Pantai Seruni	8°15' LS, 110°63' BT	Tebing karst, pasir	Pandan laut, Waru laut	Rendah-Sedang
4	Pantai Siung	8°18' LS, 110°68' BT	Karst terbuka, berbatu	Pandan laut, singkong	Rendah
5	Pantai Tebing Ngungap	8°19' LS, 110°76' BT	Tebing curam, karst	Pandan laut, <i>Hyptis suaveolens</i>	Sedang
6	Pantai Sadeng	8°18' LS, 110°80' BT	Tebing karst, pasir, batu	<i>Rottboellia cochinchinensis</i> , pepaya	Sedang-Tinggi

2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui dua pendekatan utama, yaitu studi literatur dan observasi lapangan. Studi literatur dilakukan dengan menelaah publikasi ilmiah, laporan teknis, dan dokumen kebijakan yang berkaitan dengan potensi karbon biru di Indonesia. Analisis literatur ini berfokus pada karakteristik ekosistem penyimpan karbon biru seperti mangrove, padang lamun, dan rawa asin, serta meninjau bagaimana pengelolaan ekosistem tersebut dapat diadaptasikan pada wilayah dengan kondisi geomorfologi berbeda, termasuk pesisir karst seperti di Gunung Kidul. Selain itu, studi literatur juga memberikan dasar konseptual untuk menilai relevansi keberadaan ekosistem lokal non-konvensional (vegetasi pantai khas karst) sebagai alternatif penyerap karbon.

Sementara itu, observasi lapangan dilakukan pada enam titik pengamatan pesisir di Kabupaten Gunung Kidul, yaitu Pantai Ngrenahan, Pantai Sanglen, Pantai Seruni, Pantai Siung, Tebing Ngungap, dan Pantai Sadeng. Setiap lokasi diamati secara sistematis dengan mencatat kondisi geomorfologi pantai (berpasir, berbatu karst, tebing curam, maupun kawasan muara sungai) untuk menilai kesesuaiannya terhadap potensi penyimpanan karbon biru. Selain itu, identifikasi jenis vegetasi pesisir dominan dilakukan dengan fokus pada spesies yang berpotensi berperan sebagai penyerap karbon, seperti pandan laut (*Pandanus tectorius*) dan cemara laut (*Casuarina equisetifolia*). Observasi juga mencakup pencatatan indikasi keberadaan ekosistem karbon biru khas, meskipun terbatas, seperti lamun atau vegetasi rawa asin pada area tertentu. Dokumentasi lapangan berupa foto, catatan deskriptif, dan pengukuran sederhana kondisi tanah (pH, kadar air, dan kandungan bahan organik) juga dikumpulkan untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai keterkaitan antara kondisi fisik pantai, vegetasi, dan potensi penyimpanan karbon di kawasan pesisir karst.

2.4 Analisis Data

Data yang dikumpulkan dianalisis dengan menggunakan pendekatan penilaian kualitatif potensi karbon biru. Analisis ini bertujuan untuk memahami sejauh mana kondisi geomorfologi pantai dan vegetasi lokal berkontribusi terhadap kapasitas penyimpanan karbon di pesisir karst Kabupaten Gunung Kidul. Proses penilaian dilakukan dengan mempertimbangkan dua parameter utama, yaitu kondisi fisik wilayah dan vegetasi dominan yang tumbuh di setiap lokasi pengamatan.

Pertama, kondisi fisik wilayah dievaluasi berdasarkan jenis substrat dan bentuk morfologi pantai. Pantai berpasir yang cukup luas dan terlindung, dengan kemampuan menahan kelembapan tanah, dinilai memiliki potensi sedang hingga tinggi dalam penyimpanan karbon karena mampu mendukung pertumbuhan vegetasi pantai yang lebih rapat. Sebaliknya, pantai berbatu karst dengan substrat tipis atau tebing curam dinilai memiliki potensi rendah, karena keterbatasan media tumbuh dan minimnya akumulasi bahan organik.

Kedua, parameter vegetasi dominan menjadi kunci dalam menentukan kapasitas simpanan karbon. Lokasi dengan vegetasi pantai padat dan adaptif—seperti pandan laut (*Pandanus tectorius*) dan cemara laut (*Casuarina equisetifolia*)—dikelompokkan ke dalam kategori tinggi, karena keberadaan vegetasi tersebut tidak hanya menyimpan

karbon dalam biomassa, tetapi juga meningkatkan akumulasi serasah organik di tanah. Sementara itu, lokasi dengan vegetasi jarang atau didominasi oleh spesies ruderal (seperti *Tridax procumbens* atau *Cynodon dactylon*) dinilai memiliki potensi rendah. Lokasi dengan kombinasi vegetasi terbatas namun masih ada spesies dominan ditempatkan pada kategori sedang.

Untuk memperjelas dasar penilaian, kriteria analisis ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 2. Kriteria Penilaian Potensi Karbon Biru

Kategori Potensi	Deskripsi Kondisi Fisik & Vegetasi
Tinggi	Pantai berpasir luas dengan vegetasi pantai padat (misalnya pandan laut, cemara laut) dan kondisi tanah relatif stabil.
Sedang	Pantai dengan kombinasi pasir dan batuan; vegetasi terbatas namun masih terdapat jenis dominan dengan peran ekologis signifikan.
Rendah	Pantai berbatu karst atau tebing curam dengan minim sedimen; vegetasi jarang atau tidak signifikan dalam fungsi penyimpanan karbon.

Dengan pendekatan ini, setiap lokasi pengamatan dapat dikategorikan sesuai kapasitas simpanan karbonnya, sebagaimana tercermin dalam hasil penelitian yang menunjukkan variasi nilai dari kategori rendah hingga tinggi. Analisis ini juga memungkinkan perbandingan antar-lokasi, sehingga dapat disimpulkan bahwa meskipun ekosistem karbon biru khas (mangrove, padang lamun, rawa asin) tidak berkembang di Gunung Kidul, vegetasi pantai lokal tetap memiliki kontribusi penting dalam penyimpanan karbon.

III. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik fisik pesisir Gunung Kidul

Pesisir selatan Kabupaten Gunungkidul memiliki karakteristik geomorfologi yang khas dibandingkan wilayah pesisir lainnya di Indonesia, karena didominasi oleh bentang alam karst yang terbentuk dari batuan gamping Formasi Wonosari [11] [12]. Kondisi geomorfologi ini menghasilkan morfologi pantai yang bervariasi, mulai dari teluk kecil berpasir yang terlindung, pantai dengan hamparan pasir putih dan vegetasi pionir, hingga tebing curam yang langsung berbatasan dengan Samudra Hindia. Keunikan ini memberikan pengaruh signifikan terhadap kondisi tanah, ketersediaan air, dan akumulasi bahan organik yang menjadi faktor penting dalam mendukung vegetasi pesisir. Secara umum, tanah di kawasan pesisir Gunungkidul cenderung tipis, bertekstur porous, dengan pH netral hingga basa, serta kadar bahan organik yang beragam tergantung pada posisi topografi dan intensitas aktivitas manusia. Variasi kondisi edafik tersebut menentukan tingkat kesuburan lahan dan keberagaman vegetasi pantai yang tumbuh. Oleh karena itu, kajian karakteristik fisik di enam titik pengamatan ini menjadi dasar penting untuk memahami potensi penyimpanan karbon biru di wilayah karst pesisir, sekaligus

menegaskan perbedaan mendasar dengan ekosistem karbon biru klasik seperti mangrove, padang lamun, maupun rawa asin.

Pantai Ngrehenan (Lokasi 1), yang terletak di Kanigoro, Kecamatan Saptosari, merupakan teluk kecil berpasir yang terlindung oleh tebing karst. Kondisi geografis ini menjadikannya lokasi strategis untuk aktivitas nelayan, khususnya sebagai tempat berlabuh perahu. Secara edafik, tanah di kawasan ini memiliki kadar air sedang (9–16%), pH basa sekitar 8–8,08, serta kandungan bahan organik relatif tinggi, yakni 24,9–27,4%. Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa meskipun lapisan tanahnya tipis, kawasan ini masih mampu mendukung pertumbuhan vegetasi pantai, seperti pandan laut (*Pandanus tectorius*), kacang tanah (*Arachis repens*), dan berbagai jenis semak seperti *poa bulbosa*. Substrat utama di Ngrehenan adalah batugamping dari Formasi Wonosari yang mudah mengalami pelarutan, sehingga membentuk kantong-kantong tanah pada cekungan. Dengan kondisi ini, ekosistem pesisir di Ngrehenan memiliki potensi keanekaragaman vegetasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi lain yang memiliki kesuburan tanah lebih rendah.



Gambar 2. Pantai Ngrehenan

Pantai Sanglen (Lokasi 2) yang berada di Kemadang, Kecamatan Tanjungsari merupakan salah satu pantai yang relatif masih alami dan juga kawasan ini memiliki bentang lahan berpasir putih dengan tekstur tanah yang longgar, serta berada pada topografi khas karst. Dari segi karakteristik tanah, kadar air menunjukkan kisaran (4–15%), yang tergolong rendah hingga sedang, sehingga mencerminkan kondisi tanah yang cepat meresapkan air. Nilai pH tanah di kawasan ini berada pada kisaran (7,83–8,50), menunjukkan sifat netral hingga agak basa yang umumnya dipengaruhi oleh dominasi batuan karbonat (gamping) di wilayah karst. Kandungan bahan organik relatif tinggi yakni (23,8–42,9%), yang mengindikasikan adanya proses dekomposisi yang cukup intensif di lahan sekitarnya. Vegetasi pantai juga cukup beragam, dengan dominasi jenis pionir pantai seperti cemara laut (*Casuarina equisetifolia*), serta semak pantai yang tumbuh secara alami di sekitar pantai, misalnya Katang-katang (*Ipomea pes-caprae* L.) yang berfungsi sebagai penahan abrasi pasir, dan Rumpun minjangan (*Chromolaena odorata*) yang berkembang di area terbuka. Kombinasi kondisi tanah dan vegetasi ini mencerminkan ekosistem pantai yang masih terjaga keseimbangannya.



Gambar 3. Pantai Sanglen

Pantai Seruni (Lokasi 3) di Kecamatan Tepus merupakan pantai kecil yang masih alami dengan akses yang cukup sulit karena dikelilingi tebing karst yang curam. Karakteristik tanah di kawasan ini sangat bervariasi, mulai dari kadar air rendah sekitar 4% pada titik terbuka hingga mencapai 14% di area terlindung. Nilai pH tanah cenderung basa, berkisar antara 7,88–8,78, dengan kandungan bahan organik yang menunjukkan kontras ekstrem, yakni 17,5% di area terbuka dan mencapai 43,7% pada cekungan yang lebih terlindung. Perbedaan ini menggambarkan tingginya heterogenitas mikrohabitat, di mana tanah pada cekungan mampu menahan serasah dan menjadi kaya bahan organik, sedangkan tanah di lereng terbuka cenderung cepat kering serta miskin hara. Substrat penyusunnya berupa batugamping terumbu yang keras dan masif, dengan banyak rekahan akibat proses erosi laut. Secara ekologis, kondisi tersebut mendukung pertumbuhan vegetasi pantai yang adaptif terhadap lingkungan ekstrem, seperti waru laut (*Thespesia populnea*), rumput panggung jepang (*Microstegium vimineum*), dan semak benggala (*Panicum maximum*). Sementara itu, pada kantong tanah yang lebih terlindung, vegetasi dengan biomassa lebih besar dapat berkembang karena ketersediaan bahan organik yang lebih melimpah.



Gambar 4. Pantai Seruni

Pantai Siung (Lokasi 4) di Purwodadi, Kecamatan Tepus dikenal sebagai kawasan wisata yang ikonik dengan tebing karst menjulang dan garis pantai berbatu yang khas, menjadikannya daya tarik utama bagi wisatawan. Jika ditinjau berdasarkan karakteristik tanah, kadar air berkisar antara (10–15%), yang menunjukkan tingkat kelembapan sedang dan sesuai dengan kondisi tanah berpasir campuran yang cepat meresapkan air namun tetap mampu menyimpan kelembapan tertentu, nilai pH tanah berada pada rentang (7,86–8,50) tergolong netral hingga agak basa, kondisi yang dipengaruhi oleh dominasi batuan

karbonat di kawasan karst. Sifat tanah tersebut mendukung pertumbuhan vegetasi pesisir yang umumnya adaptif terhadap tanah ber-pH basa dan kadar garam rendah. Kandungan bahan organik pada Pantai Siung relatif lebih rendah dibandingkan Pantai Sanglen, yaitu hanya berkisar (10,6–15,7%). Rendahnya kandungan ini diduga dipengaruhi oleh tingginya intensitas aktivitas manusia di kawasan wisata, terbatasnya penutupan vegetasi, serta rendahnya akumulasi serasah organik akibat area pantai yang lebih terbuka dan sering terpapar angin serta gelombang. Jenis vegetasi yang ditemukan di kawasan Pantai Siung meliputi tumbuhan singkong (*Manihot esculenta*), rumput gajah (*Cenchrus purpureus*), dan gletang (*Tridax procumbens L*). Kehadiran vegetasi tersebut mencerminkan dominasi tumbuhan ruderal dan spesies adaptif yang mampu bertahan pada kondisi tanah miskin hara serta lingkungan pesisir yang dinamis.



Gambar 5. Pantai Siung

Pantai Tebing Ngungap (Lokasi 5) di Pucung, Kecamatan Girisubo, memiliki morfologi khas berupa tebing laut yang curam dan langsung berbatasan dengan Samudra Hindia. Tanah di kawasan ini sangat terbatas, dengan kadar air cukup rendah (12–13%), pH basa sekitar (8,04–8,17) serta kandungan bahan organik pada kisaran sedang, yakni (25,5–28,7%). Substrat penyusunnya berupa batugamping kristalin yang keras dan merupakan bagian dari sistem karst Gunungkidul, ditandai dengan banyak rekahan dan patahan akibat proses geologi. Kondisi edafik yang tipis, cepat mengering, dan miskin hara menyebabkan vegetasi di Tebing Ngungap tumbuh jarang dan terbatas pada spesies yang mampu beradaptasi dengan tekanan lingkungan, seperti pandan laut (*Pandanus tectorius*), Semak gringsingan (*Hyptis suaveolens*), dan rumput grinting (*Cynodon dactylon*). Secara ekologis, kawasan ini lebih berperan sebagai habitat marginal yang hanya dapat mendukung tumbuhan dengan toleransi tinggi terhadap kekeringan dan paparan salinitas laut.



Gambar 6. Pantai Tebing Ngungap

Pantai Sadeng (Lokasi 6) di Songbanyu, Kecamatan Girisubo merupakan salah satu pantai yang berfungsi sebagai pelabuhan perikanan di pesisir selatan Kabupaten Gunungkidul. Aktivitas masyarakat cukup intensif di kawasan ini, baik dalam bentuk kegiatan perikanan tangkap maupun aktivitas ekonomi lainnya. Meskipun demikian, sebagian area di sekitar pantai masih ditumbuhi vegetasi alami yang beradaptasi dengan kondisi lahan berpasir dan berbatu. Karakteristik tanah pada lokasi tersebut memiliki kadar air berkisar (10–13%) yang menunjukkan kelembaban sedang. Nilai ini sejalan dengan sifat tanah berpasir yang cepat meloloskan air, sehingga daya simpan kelembaban relatif terbatas meskipun masih cukup menopang pertumbuhan vegetasi pantai tertentu. Berdasarkan karakteristik tanah, pH di Pantai Sadeng tercatat pada kisaran (7,83–8,19) yang termasuk kategori netral hingga agak basa. Serta memiliki kandungan bahan organik dengan nilai yang cukup tinggi, yaitu (25,7–29,7%). Tingginya kandungan bahan organik ini dapat dihubungkan dengan adanya akumulasi serasah dari vegetasi sekitar maupun sisa-sisa aktivitas biotik lainnya, sehingga memberikan kontribusi penting bagi ketersediaan nutrisi dalam tanah. Jenis vegetasi yang dominan di antaranya adalah *Rottboellia cochinchinensis*, yang ditemukan berulang kali di beberapa titik pengamatan, kehadiran spesies ini menunjukkan kemampuan adaptasi tinggi pada lahan terbuka dan berpasir, selain itu kehadiran spesies pepaya (*Carica papaya*) juga ditemukan yang mencerminkan adanya interaksi langsung antara aktivitas manusia dengan ekosistem pantai. Campuran antara vegetasi alami, invasif, dan budidaya ini memberikan gambaran bahwa Pantai Sadeng merupakan kawasan pesisir yang tidak hanya berfungsi secara ekologis, tetapi juga dimanfaatkan untuk kebutuhan masyarakat sekitar.



Gambar 7. Pantai Saden

3.2 Potensi ekosistem karbon biru

Hasil analisis menunjukkan bahwa potensi ekosistem karbon biru di pesisir Gunungkidul bervariasi antar lokasi pengamatan, dipengaruhi langsung oleh kombinasi kondisi geomorfologi pantai dan vegetasi dominan yang tumbuh di atasnya [13]. Secara umum, pantai dengan substrat pasir relatif luas dan terlindung memiliki potensi lebih tinggi dibandingkan pantai berbatu karst dengan substrat tipis atau tebing curam. Hal ini karena ketersediaan substrat sedimen memungkinkan akumulasi bahan organik dan mendukung pertumbuhan vegetasi pantai yang lebih rapat, sehingga berkontribusi terhadap kapasitas penyimpanan karbon [14].

Dari sisi vegetasi, lokasi dengan keberadaan spesies adaptif seperti pandan laut (*Pandanus tectorius*) dan cemara laut (*Casuarina equisetifolia*) menunjukkan potensi sedang hingga tinggi, karena kedua jenis ini berperan penting dalam menahan pasir, mengurangi erosi, dan menghasilkan serasah organik yang berkontribusi pada cadangan karbon tanah [15]. Sebaliknya, lokasi yang vegetasinya jarang, didominasi tanaman ruderal, atau lahan terbuka berbatu cenderung memiliki potensi rendah. Dengan demikian, interaksi antara kondisi geomorfologi dan vegetasi pantai menjadi indikator utama dalam penilaian kualitatif potensi karbon biru di wilayah ini.

Namun, perlu dicatat bahwa keterbatasan mendasar di kawasan pesisir karst Gunungkidul adalah absennya ekosistem karbon biru khas seperti mangrove, padang lamun, maupun rawa asin yang umumnya menjadi penyimpan karbon utama di kawasan pesisir tropis. Ketiadaan ekosistem khas ini membuat potensi karbon biru di pesisir Gunungkidul relatif lebih rendah dibandingkan kawasan pesisir lain di Indonesia yang memiliki mangrove dan lamun. Walaupun demikian, keberadaan vegetasi pantai adaptif di teluk berpasir tetap memberikan kontribusi penting, khususnya sebagai ekosistem penyangga (*supporting ecosystem*) yang mampu menyimpan karbon dalam skala terbatas dan sekaligus menjaga stabilitas ekosistem pesisir.

Berdasarkan hasil penilaian dengan menggunakan kriteria kondisi fisik wilayah dan vegetasi dominan, ringkasan potensi karbon biru di enam titik pengamatan ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 3. Hasil Analisis Potensi Karbon Biru di Pesisir Gunungkidul

No	Lokasi (Pantai)	Kondisi Fisik Utama	Vegetasi Dominan	Potensi Karbon Biru
1	Ngrenehan	Teluk kecil berpasir, terlindung	Pandan laut, kacang tanah	Sedang
2	Sanglen	Pasir sempit, tebing karst terbuka sebagian	Cemara laut, katang-katang	Sedang–Tinggi
3	Seruni	Pasir sempit di antara tebing karst	Pandan laut, waru laut	Rendah–Sedang
4	Siung	Karst terbuka, substrat berbatu dominan	Pandan laut, singkong	Rendah
5	Tebing Ngungap	Tebing curam karst, substrat tipis	Pandan laut, Hyptis suaveolens	Sedang
6	Sadeng	Kombinasi pasir dan karst, dekat muara kecil	Rottboellia cochinchinensis, pepaya	Sedang–Tinggi

Secara keseluruhan, Pantai Sanglen dan Pantai Sadeng dinilai memiliki potensi karbon biru tertinggi di antara lokasi penelitian karena kombinasi substrat pasir dengan vegetasi pantai yang relatif padat. Pantai Ngrenehan dan Tebing Ngungap berada pada kategori sedang, sedangkan Pantai Seruni dan terutama Pantai Siung memiliki potensi relatif lebih rendah karena keterbatasan substrat sedimen dan vegetasi yang jarang. Variasi ini mengindikasikan bahwa meskipun kawasan karst pesisir Gunungkidul tidak memiliki ekosistem karbon biru klasik, beberapa titik pantai masih berperan dalam penyimpanan karbon melalui vegetasi pantai adaptif, meskipun kapasitasnya terbatas.

3.3 Vegetasi pantai lokal sebagai alternatif karbon biru

Hasil analisis pada sub-bab sebelumnya menunjukkan bahwa potensi ekosistem karbon biru di pesisir Gunungkidul relatif terbatas karena ketiadaan ekosistem khas seperti mangrove, lamun, maupun rawa asin. Meskipun demikian, beberapa lokasi dengan substrat pasir dan vegetasi pantai adaptif tetap menunjukkan kapasitas sedang hingga tinggi dalam mendukung penyimpanan karbon. Kondisi ini membuka peluang untuk melihat vegetasi pantai lokal bukan sekadar sebagai elemen pendukung, melainkan sebagai alternatif penting dalam fungsi penyerap karbon di wilayah pesisir karst. Jenis-jenis vegetasi seperti pandan laut (*Pandanus tectorius*) dan cemara laut (*Casuarina equisetifolia*) terbukti memiliki kontribusi signifikan melalui akumulasi biomassa dan serasah organik, sekaligus berperan dalam menjaga stabilitas pantai. Oleh karena itu, sub-bab ini akan membahas secara lebih detail peran vegetasi pantai lokal sebagai alternatif karbon biru yang dapat menjadi strategi komplementer bagi pengelolaan pesisir Gunungkidul.

Tabel 4. Komposisi Vegetasi Pantai Lokal di Enam Lokasi Pengamatan

Lokasi	Vegetasi Utama (Kode A)	Vegetasi Sekunder (Kode B)	Vegetasi Pendukung (Kode C)
1. Ngrenehan	<i>Pandanus tectorius</i> , <i>Poa bulbosa</i> , <i>Arachis repens</i>	<i>Tridax procumbens</i>	<i>Thespesia populnea</i>
2. Sanglen	<i>Chromolaena odorata</i> , <i>Ipomea pes-caprae</i>	<i>Macroptilium atropurpureum</i> , <i>Dactyloctenium aegyptium</i>	<i>Chromolaena odorata</i>
3. Seruni	<i>Ipomea pes-caprae</i> , <i>Panicum maximum</i> , <i>Pandanus tectorius</i>	<i>Microstegium vimineum</i> , <i>Arachis repens</i>	<i>Casuarina equisetifolia</i>
4. Siung	<i>Synedrella nodiflora</i> , <i>Manihot esculenta</i>	<i>Dichantheium clandestinum</i> , <i>Tridax procumbens</i>	<i>Manihot esculenta</i>
5. Tebing Ngungap	<i>Pandanus tectorius</i> , <i>Manihot esculenta</i>	<i>Cyperus polystachyos</i> , <i>Cynodon dactylon</i>	<i>Cynodon dactylon</i>
6. Sadeng	<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	<i>Acalypha rhomboidea</i>	<i>Mollugo verticillata</i> , <i>Chloris virgata</i>

Komposisi vegetasi di enam lokasi pengamatan menunjukkan adanya dominasi spesies pionir dan adaptif yang mampu tumbuh pada lingkungan pesisir karst yang keras. Pandan laut (*Pandanus tectorius*) dan cemara laut (*Casuarina equisetifolia*) muncul sebagai spesies kunci karena keduanya berperan ganda: selain mampu menyerap karbon dalam biomassa, keduanya juga efektif dalam memperkuat struktur tanah berpasir, mengurangi erosi, serta meningkatkan akumulasi serasah organik. Di lokasi Ngrenehan, keberadaan pandan laut berpadu dengan *Arachis repens* dan *Thespesia populnea* menunjukkan potensi ekosistem yang lebih stabil, di mana kombinasi vegetasi berkayu dan penutup tanah memberi kontribusi positif terhadap fungsi penyerapan karbon.

Pada Pantai Sanglen dan Seruni, vegetasi didominasi oleh *Ipomea pes-caprae* dan *Chromolaena odorata*, yang dikenal sebagai spesies pionir dengan peran ekologis penting dalam melindungi lapisan pasir dari abrasi dan erosi. Kehadiran pandan laut dan cemara laut di Seruni memperkuat kapasitas ekosistem ini, menjadikan lokasi tersebut berpotensi tinggi untuk penyimpanan karbon dibandingkan dengan lokasi lain. Vegetasi pionir ini meskipun berumur relatif pendek, tetap berperan dalam siklus karbon melalui produksi biomassa cepat dan penyumbangan serasah organik ke tanah.

Sementara itu, lokasi Siung, Tebing Ngungap, dan Sadeng lebih banyak ditumbuhi vegetasi ruderal dan tanaman yang berasosiasi dengan aktivitas manusia, seperti *Manihot esculenta* (singkong), *Cynodon dactylon*, dan *Rottboellia cochinchinensis*. Jenis-jenis ini cenderung memiliki peran terbatas dalam penyimpanan karbon jangka panjang karena biomassa di atas tanah relatif rendah dan siklus hidupnya cepat. Namun demikian, adaptasi mereka terhadap kondisi miskin hara membuatnya penting dalam mempertahankan tutupan vegetasi minimum yang mencegah degradasi lebih lanjut.

Dengan kata lain, meskipun kontribusi karbonnya rendah, keberadaan spesies ruderal ini tetap menopang fungsi ekologis dasar di kawasan pesisir karst.

Secara keseluruhan, analisis menunjukkan bahwa vegetasi pantai lokal dapat berperan sebagai alternatif karbon biru, terutama pada lokasi dengan dominasi pandan laut dan cemara laut. Strategi konservasi yang berfokus pada pemeliharaan spesies kunci ini, disertai rehabilitasi dengan jenis pionir adaptif seperti *Ipomea pes-caprae*, akan memperkuat peran pesisir Gunungkidul dalam mitigasi perubahan iklim. Selain itu, keberadaan vegetasi ruderal dan tanaman budidaya di beberapa lokasi perlu dikelola secara hati-hati, agar fungsi ekologisnya tetap berjalan tanpa mengurangi potensi restorasi dengan vegetasi karbon biru alternatif yang lebih optimal.

3.4 Implikasi pengembangan

Penguatan vegetasi lokal adaptif merupakan strategi penting untuk mitigasi perubahan iklim dalam skala nasional maupun global. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah restorasi vegetasi pada lokasi-lokasi dengan akumulasi karbon rendah. Restorasi ini tidak hanya meningkatkan kapasitas simpanan karbon, tetapi juga memperbaiki fungsi ekosistem pesisir yang terdegradasi. Pemilihan jenis vegetasi harus disesuaikan dengan kondisi edafik dan iklim setempat, di mana faktor seperti salinitas, ketersediaan air, dan intensitas angin pesisir menjadi kriteria utama. Vegetasi yang memiliki daya adaptasi tinggi terhadap kondisi ekstrim seperti pandan laut (*Pandanus tectorius*), waru laut (*Thespesia populnea*), cemara laut (*Casuarina equisetifolia*), dan kelapa (*Cocos nucifera*) dapat dijadikan prioritas dalam program rehabilitasi. Melalui pendekatan *eco-engineering*, restorasi vegetasi tidak hanya berfungsi untuk menahan abrasi dan menyerap karbon, tetapi juga membuka peluang pengembangan ekowisata berbasis alam yang mendukung keberlanjutan sosial-ekonomi masyarakat pesisir [16].

Dalam konteks nasional, strategi ini sejalan dengan program pemerintah Indonesia seperti rehabilitasi pesisir, Gerakan Nasional Rehabilitasi Mangrove, serta penguatan Program Kampung Iklim (ProKlim) yang berbasis adaptasi ekosistem. Meskipun kawasan pesisir karst seperti Gunungkidul tidak memiliki ekosistem karbon biru utama seperti mangrove atau lamun, penguatan vegetasi lokal dapat menjadi bentuk komplementer dalam mendukung target Nationally Determined Contribution (NDC) Indonesia. Integrasi vegetasi lokal adaptif ke dalam kebijakan adaptasi berbasis ekosistem (EbA) juga memberi ruang bagi inovasi lokal dalam mendukung agenda FOLU Net Sink 2030 [17]. Hal ini sekaligus menjawab kesenjangan pengelolaan di kawasan pesisir non-mangrove, di mana potensi penyimpanan karbon sering kali belum diperhitungkan dalam perencanaan iklim nasional [18].

Secara global, strategi ini juga berkontribusi terhadap pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB/SDGs), khususnya tujuan 13 (Penanganan Perubahan Iklim), tujuan 14 (Ekosistem Lautan), dan tujuan 15 (Ekosistem Daratan). Rehabilitasi lahan terdegradasi dengan vegetasi asli tidak hanya meningkatkan kualitas tanah dan memperkuat struktur ekosistem, tetapi juga menjaga keanekaragaman hayati yang penting untuk stabilitas ekosistem. Di sisi lain, keberlanjutan vegetasi pesisir harus dijaga melalui pengendalian alih fungsi lahan akibat tekanan pembangunan dan aktivitas wisata. Oleh karena itu, pemberdayaan masyarakat lokal menjadi kunci utama, karena keterlibatan aktif masyarakat dapat meningkatkan rasa memiliki serta menjamin

keberlanjutan program konservasi. Dengan demikian, penguatan vegetasi lokal adaptif tidak hanya menjadi strategi mitigasi berbasis ekologi, tetapi juga jalan menuju pembangunan pesisir yang lebih inklusif, berketahanan, dan berkelanjutan.

IV. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa potensi pengembangan karbon biru di pesisir Kabupaten Gunung Kidul relatif terbatas. Kondisi geomorfologi khas berupa tebing karst curam, substrat tipis, serta minimnya sedimen menyebabkan ekosistem karbon biru utama seperti mangrove, padang lamun, dan rawa asin hampir tidak ditemukan. Hal ini membatasi kapasitas wilayah dalam menyediakan layanan ekosistem penyimpanan karbon yang setara dengan kawasan pesisir lain di Indonesia yang memiliki morfologi lebih mendukung. Namun demikian, analisis di enam lokasi pengamatan memperlihatkan adanya variasi potensi, di mana pantai berpasir dengan tutupan vegetasi relatif rapat menunjukkan kapasitas penyimpanan karbon yang lebih tinggi dibandingkan pantai berbatu karst yang miskin vegetasi.

Di tengah keterbatasan ekosistem khas karbon biru, vegetasi pantai lokal seperti pandan laut (*Pandanus tectorius*) dan cemara laut (*Casuarina equisetifolia*) menjadi peluang strategis sebagai alternatif penyerap karbon. Vegetasi adaptif ini tidak hanya berperan dalam penyerapan karbon melalui biomassa dan serasah organik, tetapi juga penting untuk stabilisasi lahan, perlindungan garis pantai, serta ketahanan ekosistem terhadap tekanan lingkungan. Oleh karena itu, rekomendasi pengelolaan yang dapat diajukan adalah penguatan strategi berbasis ekosistem dengan fokus pada konservasi dan rehabilitasi vegetasi pantai adaptif sesuai karakteristik lokal. Integrasi strategi ini dengan program nasional seperti ProKlim, rehabilitasi pesisir, dan FOLU Net Sink 2030 akan memperkuat kontribusi wilayah pesisir karst seperti Gunungkidul dalam mitigasi perubahan iklim sekaligus mendukung pembangunan berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- [1] R. Guild, X. Wang, and P. A. Quijón, "Climate change impacts on coastal ecosystems," *Environ. Res. Clim.*, vol. 3, no. 4, p. 42006, 2025.
- [2] F. Difa, "Peran blue karbon sebagai solusi berkelanjutan untuk penyerapan karbon di wilayah pesisir," *Maliki Interdiscip. J.*, vol. 2, no. 8, pp. 377–382, 2024.
- [3] H. Macreadie, P. I., Costa, M. D., Atwood, T. B., Friess, D. A., Kelleway, J. J., & Kennedy, "Blue carbon as a natural climate solution," *Clim. Change*, 2021.
- [4] M. Vierros, "Communities and blue carbon: the role of traditional management systems in providing benefits for carbon storage, biodiversity conservation and livelihoods," *Clim. Change*, vol. 1(140), pp. 89–100, 2017.
- [5] T. K. Ray, R., Ganguly, D., Chowdhury, C., Dey, M., Das, S., Dutta, M. K., & Jana, "Carbon sequestration and annual increase of carbon stock in a

- mangrove forest,” *Atmos. Environ.*, vol. 45(28), pp. 5016–5024, 2011.
- [6] T. Mustofa, I. Wacano, D. Setyawan, B. D. Faradis, I. Nabil, H. Al Khaidar, M., & van Minnen, “Blue Carbon Potential of Salt Marshes in Kulon Progo for Climate Change Mitigation in Indonesia: english,” *AJIE (Asian J. Innov. Entrep.)*, 2025.
- [7] S. Tang, J., Ye, S., Chen, X., Yang, H., Sun, X., Wang, F., & Chen, “Coastal blue carbon: Concept, study method, and the application to ecological restoration,” *Sci. China Earth Sci.*, vol. 61(6), pp. 637–646, 2018.
- [8] A. S. Paramadani, “Peran Penting Karbon Biru dalam Mitigasi Perubahan Iklim di Wilayah Pesisir Indonesia,” *J. Relasi Publik*, vol. 1(4), pp. 23–36, 2024.
- [9] & T. K. Kamisah, “ANALISIS PENENTUAN C-ORGANIK PADA SAMPEL TANAH SECARA SPEKTROFOTOMETER UV-Vis,” *J. Indobiosains*.
- [10] T. Koreshi, J. M., Noak, P. A., & Erviantono, “Dinamika Kebijakan Luar Negeri Indonesia dalam Isu Perubahan Iklim: Kajian Literatur tentang Diplomasi dan Kepentingan Nasional,” *Triwikrama J. Multidisiplin Ilmu Sos.*, vol. 11(2), 2025.
- [11] A. Marfai, M. A., Fatchurohman, H., & Cahyadi, “Pesisir Gunungkidul,” *UGM Press*, 2020.
- [12] D. Fatchurohman, H., Cahyadi, A., Nugraha, H., & Wacano, “Strategi Adaptasi Masyarakat Terhadap Bencana Kekeringan di Kawasan Karst Kecamatan Panggang, Kabupaten Gunungkidul,” 2015.
- [13] A. Kurniawan, “Coastal vulnerability and ecosystem services in karstic coastal areas of Gunungkidul, Yogyakarta.”
- [14] S. Purnama, “Soil organic carbon in coastal karst ecosystems of southern Java, Indonesia. Environmental Monitoring and Assessment.” 2023.
- [15] I. R. Dewi, “Coastal vegetation and organic carbon stocks in sandy beach ecosystems of Java, Indonesia.” 2022.
- [16] S. E. Morris, R. L., Konlechner, T. M., Ghisalberti, M., & Swearer, “The role of eco-engineering in building coastal resilience and climate adaptation,” *Nat. Sustain.*, vol. 3(11), pp. 853–864, 2020.
- [17] KLHK, “Laporan Implementasi NDC Indonesia 2022,” *Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan*, 2022.
- [18] D. M. Alongi, “Carbon balance and management of coastal ecosystems in the Anthropocene,” *Sci. Total Environ.*, 2020.