

Valuasi Keberadaan dan Manfaat Ruang Terbuka Hijau (Studi Kasus: Kebun Raya Tua Tunu, Kota Pangkal Pinang)

Valuation of the Existence and Benefits of Green Open Space (Case Study: Tua Tunu Botanical Garden, Pangkal Pinang City)

Muhammad Yusuf Caesar*, Divina Aufa Widiani, Sahda Kholisah,
Khoirul Tamami & Hadi Fitriansyah

Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Sains dan Teknik,
Universitas Bangka Belitung, Indonesia

Diterima: 2025-08-21; Direview: 2025-09-05; Disetujui: 2025-10-22

*Corresponding Email: khirkiri@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menilai nilai ekonomi jasa ekosistem di Kebun Raya Tua Tunu, Kota Pangkalpinang, dengan fokus pada fungsi penyediaan air dan penyerapan karbon. Pendekatan yang digunakan mengombinasikan *market price approach* dan *benefit transfer*, didukung oleh analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG), survei lapangan, serta teknik geotagging untuk menentukan batas dan zonasi aktual kawasan. Berdasarkan hasil survei, kawasan seluas 60,85 hektare terbagi dalam enam zona utama, koleksi, pengembangan, pariwisata, pengelola, penerima, dan jalan yang memiliki kontribusi berbeda terhadap fungsi ekologis. Hasil analisis menunjukkan kemampuan infiltrasi sekitar 767,6 juta m³ air per tahun dengan nilai ekonomi Rp611,54 miliar per tahun, serta penyerapan karbon sebesar 10.627 ton CO₂ per tahun bernilai Rp17,45 miliar per tahun. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian sebelumnya karena perbedaan luasan, kepadatan vegetasi, dan kapasitas infiltrasi kawasan. Temuan ini menegaskan peran strategis Kebun Raya Tua Tunu sebagai penyangga ekologis perkotaan. Rekomendasi utama penelitian ini adalah integrasi hasil valuasi ke dalam kebijakan konservasi dan *green budgeting* daerah untuk mendukung pengelolaan ruang terbuka hijau secara berkelanjutan.

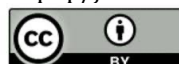
Kata Kunci: Valuasi Ekonomi; Cadangan Karbon; Jasa Air; Kebun Raya

Abstract

This study aims to evaluate the economic value of ecosystem services in the Tua Tunu Botanical Garden, Pangkalpinang City, focusing on water provision and carbon sequestration. The research employed a combination of market price and benefit transfer approaches, supported by GIS-based spatial analysis, field surveys, and geotagging techniques to determine accurate boundaries and zoning. The 60.85-hectare area was classified into six main functional zones: collection, development, tourism, management, reception, and road, each contributing differently to ecological functions. The analysis revealed an infiltration capacity of approximately 767.6 million m³ of water per year valued at IDR 611.54 billion annually, and carbon sequestration of 10,627 tons of CO₂ per year worth IDR 17.45 billion annually. These values exceed those reported in previous studies due to larger area coverage, denser vegetation, and higher soil infiltration capacity. The findings highlight the strategic ecological role of the Tua Tunu Botanical Garden as an urban environmental buffer. The study recommends integrating these valuation results into local conservation and green budgeting policies to strengthen sustainable urban green space management.

Keywords: Economic Valuation; Carbon Stock; Water Service; Botanical Garden

How to Cite: Caesar, M.Y., Widiani, D.A., Kholisah, S., Tamami, K. & Fitriansyah, H. (2025), Valuasi Keberadaan dan Manfaat Ruang Terbuka Hijau (Studi Kasus: Kebun Raya Tua Tunu, Kota Pangkal Pinang), *Journal of Education, Humaniora and Social Sciences (JEHSS)*, 8(2): 782-793



PENDAHULUAN

RTH berfungsi sebagai penyerap panas, mengurangi efek pulau panas urban dan meningkatkan kualitas udara serta kesehatan lingkungan di kota-kota yang semakin padat (Liu & Russo, 2021; Mokhtari et al., 2022). Selain itu, keberadaan RTH dapat menurunkan suhu permukaan tanah dan mengurangi efek pulau panas perkotaan dengan menyediakan zona pendinginan yang mengurangi suhu lingkungan (Fahed et al., 2020; Veetil et al., 2023).

Fenomena urbanisasi yang pesat di kota-kota, terutama di Asia Tenggara dan Indonesia, secara signifikan menyebabkan konversi lahan dan penurunan ketersediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH). Urbanisasi dipicu oleh migrasi yang tinggi ke daerah perkotaan, dengan peningkatan populasi perkotaan diperkirakan mencapai 68% pada tahun 2050 (Mensah et al., 2020). Urbanisasi yang cepat seringkali menyebabkan penurunan kualitas lingkungan melalui konversi lahan yang masif untuk pembangunan kawasan hunian dan pertanian komersial, seperti yang terjadi di Vhembe (Nuwarinda et al., 2021).

Valuasi ekonomi dan sosial terhadap ruang terbuka hijau (RTH) memainkan peran penting dalam mengukur manfaat yang sering kali tidak terdaftar dalam sistem pasar. Dengan menerapkan metode evaluasi layanan ekosistem, pemangku kebijakan dapat lebih memahami dan mengatur penggunaan RTH yang lebih berkelanjutan dan inklusif dalam perencanaan kota (Beckmann-Wübbelt et al., 2021; Feng et al., 2023). Metode Penilaian Kontingen yang dikembangkan pada tahun 1970-an dan 1980-an, terbukti efektif dalam menilai nilai ekonomi dari berbagai layanan ekosistem, termasuk ruang terbuka hijau (LITYŃSKI, 2020). Sementara itu, WTP digunakan untuk mengevaluasi berapa banyak individu bersedia membayar untuk meningkatkan atau mempertahankan layanan dari RTH, yang berhubungan langsung dengan kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan (Beckmann-Wübbelt et al., 2021; Ding et al., 2022).

Kota Pangkalpinang, sebagai pusat administrasi dan perekonomian Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, terus mengalami pertumbuhan spasial yang pesat, khususnya pada sektor perumahan, perdagangan, dan infrastruktur (Fitriansyah & Zulkia, 2023). Kawasan Kebun Raya Tua Tunu berperan penting sebagai ruang terbuka hijau yang mendukung ketahanan lingkungan kota melalui penyediaan jasa ekosistem seperti suplai air baku dan penyerapan karbon di tengah tekanan urbanisasi (Rizka Zulkia et al., 2024).

Kebun Raya Tua Tunu merupakan salah satu aset RTH penting di Pangkal Pinang, berfungsi sebagai ruang konservasi, penelitian, edukasi lingkungan, serta destinasi ekowisata. Keberadaan kebun raya ini memiliki nilai strategis tidak hanya bagi pelestarian keanekaragaman hayati, tetapi juga sebagai penyedia jasa ekosistem (ecosystem services), termasuk fungsi ekologis (penyerap karbon, penahan banjir), sosial (rekreasi, interaksi publik), dan ekonomi (daya tarik wisata, peluang ekonomi lokal). Hingga kini, nilai keberadaan dan manfaat Kebun Raya Tua Tunu belum banyak dinilai secara ekonomi maupun sosial, sehingga potensinya belum sepenuhnya diintegrasikan ke dalam perencanaan pembangunan kota.

Sebagian besar studi Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Indonesia cenderung berfokus pada aspek ekologis dan tata ruang, seperti dampak terhadap keanekaragaman hayati dan pengelolaan ruang kota. Hal ini evident dalam beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa penilaian kualitas lingkungan dan ekosistem menjadi perhatian utama dalam banyak studi terkait RTH (Fulazzaky et al., 2022; Niknam et al., 2024). Penekanan pada integrasi antara penelitian ekologis dan valuasi ekonomi-sosial akan mengarah pada pengelolaan RTH yang lebih berkelanjutan dan memadai untuk kebutuhan masyarakat perkotaan (Novianto et al., 2022).

Meningkatnya tekanan urbanisasi dan keterbatasan ruang terbuka hijau di Kota Pangkal Pinang menuntut adanya pengelolaan RTH yang berbasis data dan bukti ilmiah. Kebun Raya Tua Tunu sebagai salah satu aset ekologis strategis kota memiliki potensi besar dalam mendukung fungsi ekologis, sosial, dan ekonomi, namun nilai keberadaannya belum sepenuhnya diukur dan diintegrasikan ke dalam kebijakan pembangunan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan valuasi keberadaan dan manfaat RTH di Kebun Raya Tua Tunu dengan pendekatan ekonomi dan sosial, sehingga dapat memberikan kontribusi ilmiah bagi pengayaan literatur valuasi ruang terbuka hijau di kota pesisir serta menyediakan dasar informasi yang kuat bagi pengambilan keputusan dalam pengelolaan kota berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan campuran (mixed-method) yang mengintegrasikan analisis kualitatif dan kuantitatif untuk menilai nilai ekonomi jasa ekosistem di Kebun Raya Tua Tunu, Kota Pangkalpinang. Pendekatan ini dipilih karena mampu menggambarkan keterkaitan antara persepsi sosial-ekologis, kondisi biofisik aktual, dan nilai ekonomi yang dihasilkan dari fungsi ekologis kawasan. Secara kualitatif, penelitian ini melibatkan Focus Group Discussion (FGD) dan survei lapangan untuk memperoleh data primer mengenai fungsi ekologis, zonasi ruang, serta persepsi pemangku kepentingan terhadap potensi jasa lingkungan (Syafuruddin & Yurike, 2020). FGD dilakukan bersama pihak pengelola Kebun Raya, Dinas Lingkungan Hidup Kota Pangkalpinang, akademisi, dan perwakilan masyarakat lokal untuk memvalidasi fungsi kawasan serta menilai kontribusi ekologis dan sosialnya terhadap keberlanjutan kota. Sementara itu, survei lapangan digunakan untuk mengamati kondisi tutupan vegetasi, mengidentifikasi karakteristik biofisik zona, serta memastikan kesesuaian data spasial dengan kondisi aktual di lapangan. Dari sisi kuantitatif, penelitian ini memanfaatkan analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (GIS) untuk menghitung luas vegetasi, area infiltrasi, serta zonasi ekologis kebun raya. Data spasial diperoleh dari survei lapangan dan diskusi FGD dengan koreksi citra satelit peta dasar yang dikalibrasi dengan hasil observasi lapangan (Ratnaningsih et al., 2023).

Instrumen utama yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) ArcMap 10.8, telepon genggam dengan aplikasi geotag, serta peta zonasi Kebun Raya Tua Tunu sebagai media diskusi dan analisis spasial (Arini et al., 2024). Aplikasi ArcMap 10.8 digunakan sebagai alat utama dalam analisis spasial untuk mengolah data citra, melakukan digitasi batas kawasan, menghitung luasan tiap zona, serta memetakan distribusi tutupan vegetasi yang berkaitan dengan jasa ekosistem air dan karbon (Betani et al., 2016). Melalui perangkat ini, proses kuantifikasi terhadap luas vegetasi, area infiltrasi, serta estimasi penyerapan karbon dioksida dapat dilakukan secara akurat berdasarkan parameter biofisik dan kondisi aktual di lapangan.

Sementara itu, aplikasi geotag pada telepon genggam digunakan selama kegiatan survei lapangan untuk merekam titik koordinat geografis (latitude-longitude) di seluruh area Kebun Raya Tua Tunu. Setiap titik koordinat menandai lokasi patok batas kawasan, zona koleksi, area vegetasi padat, dan titik-titik pengamatan ekologis lainnya (Ichwan K, 2021). Data koordinat tersebut berfungsi sebagai data primer untuk pemetaan batas spasial yang kemudian diimpor ke dalam ArcMap 10.8 guna dilakukan proses georeferensi dan validasi spasial, memastikan kesesuaian antara hasil pemetaan dan kondisi nyata di lapangan. Dengan cara ini, batas zona yang diperoleh dari survei lapangan dapat dikonfirmasi secara empiris melalui posisi geografis yang tepat (Easteria et al., 2022).



Gambar 1. Proses Pemetaan dan Pengumpulan Data Lokasi Batas Zonasi Kebun Raya Tua Tunu

Selain itu, peta zonasi Kebun Raya Tua Tunu digunakan sebagai instrumen penting dalam kegiatan Focus Group Discussion (FGD) bersama Dinas Lingkungan Hidup Kota Pangkalpinang,

pengelola Kebun Raya, akademisi, dan perwakilan masyarakat. Melalui FGD, peneliti memperoleh data kualitatif berupa hasil wawancara, persepsi, dan kesepakatan batas spasial yang mencerminkan fungsi dan arah pengelolaan Kawasan (Hafli et al., 2024). Hasil pemetaan batas kawasan yang diperoleh melalui survei lapangan dan analisis geotag kemudian divalidasi dan diuji melalui kegiatan FGD bersama Dinas Lingkungan Hidup dan pihak pengelola Kebun Raya. Dalam forum tersebut, peta hasil pemetaan ditinjau ulang untuk memastikan kesesuaiannya dengan kondisi eksisting dan rencana pengelolaan kawasan. Apabila ditemukan perbedaan atau ketidaksesuaian, batas zonasi disesuaikan berdasarkan hasil kesepakatan Bersama.

Dengan demikian, data yang dikumpulkan dalam penelitian ini terdiri dari data primer, yakni hasil survei geotag lapangan dan hasil FGD yang mencakup titik koordinat, batas zona, serta konfirmasi fungsi ekologis kawasan; dan data sekunder berupa peta dasar Kebun Raya Tua Tunu, data zonasi dari Dinas Lingkungan Hidup, serta parameter ekologis seperti indeks infiltrasi dan serapan karbon yang diperoleh dari literatur dan penelitian terdahulu (Wahyudi, 2021). Kombinasi instrumen digital, data spasial, dan hasil partisipatif melalui diskusi FGD menjadikan penelitian ini tidak hanya akurat secara spasial, tetapi juga representatif terhadap kondisi ekologis dan sosial aktual kawasan Kebun Raya Tua Tunu, sehingga dapat dijadikan dasar kuat dalam analisis valuasi jasa ekosistem.

Adapun dalam menganalisis valuasi lingkungan pada batas batas zona yang telah ditetapkan melalui diskusi dan survey lapangan, dalam hal ini digunakan metodologi valuasi jasa lingkungan. Metodologi valuasi jasa lingkungan yang digunakan dalam penelitian ini mengombinasikan beberapa pendekatan, khususnya *market price approach* (pendekatan harga pasar) dan metode *benefit transfer*, untuk menghitung nilai guna tidak langsung dari ruang terbuka hijau dalam bentuk penyediaan air baku dan penyerapan karbon. Untuk komponen penyediaan air baku, perhitungan didasarkan pada fungsi ekologis vegetasi di kebun raya sebagai kawasan infiltrasi air. Langkah pertama dilakukan dengan menentukan volume infiltrasi air tahunan (m^3/tahun), yang dihitung atau diestimasi berdasarkan luas ruang terbuka hijau dan parameter infiltrasi atau kapasitas serapan yang diperoleh dari literatur hidrologi (Wahyudi, 2021). Volume tersebut kemudian dikalikan dengan harga pasar air per meter kubik (Rp/m^3), menggunakan tarif resmi dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) atau sumber harga air baku lain yang relevan (Bank Mega Syariah, 2024). Hasil perkalian ini menghasilkan nilai ekonomi tahunan, yang mencerminkan manfaat finansial ekuivalen dari jasa ekosistem penyediaan air baku, yakni jumlah biaya yang harus dibayar masyarakat untuk memperoleh volume air yang sama dari sumber komersial (Hayati & Wakka, 2016; Winarno et al., 2019).

Tabel 1. Metode Valuasi Ekonomi Jasa Penyediaan Air Baku

Deskripsi	Luas(Ha)	Standar / Sumber
Volume infiltrasi air (m^3/tahun)	...	1,261 (m^3/tahun)/ m^2 Area
Hargaair (Rp/m^3)		Rp 800 – 2,600/ m^3 (Tarif PDAM)
Nilai ekonomi penyediaan air baku (Rp/tahun)		...

Untuk komponen penyerapan karbon, metode yang digunakan adalah *benefit transfer approach*, yaitu memanfaatkan indeks penyerapan karbon ($\text{ton}/\text{ha}/\text{tahun}$) yang diperoleh dari penelitian terdahulu (Prerana Bhat, 2021; Wahyudi, 2021). Indeks tersebut merepresentasikan kapasitas rata-rata vegetasi hutan kota dalam menyerap karbon dioksida (CO_2) per satuan luas per tahun (Bean et al., 2025; Farahisah et al., 2021). Nilai indeks kemudian dikalikan dengan luas area berhutan (ha) pada lokasi penelitian untuk memperoleh total potensi penyerapan karbon tahunan (Farahisah et al., 2021; Hafli et al., 2024; Irawan Johari et al., 2022; Siagian & Arifin, 2022). Selanjutnya, nilai ini dikonversikan ke dalam bentuk moneter dengan cara mengalikan jumlah total karbon yang terserap ($\text{ton CO}_2/\text{tahun}$) dengan harga karbon per ton (Rp/ton), berdasarkan nilai pasar karbon yang berlaku atau harga acuan pemerintah pada tahun penelitian (Auliansyah et al., 2020; Masyruroh & Rahmawati, 2021; Sribianti et al., 2023). Perhitungan ini menghasilkan nilai ekonomi tahunan dari jasa ekosistem dalam mengurangi emisi gas rumah kaca, yang secara langsung relevan dengan upaya mitigasi perubahan iklim.

Tabel 1 Metode Valuasi Ekonomi Jasa Penyerapan Karbon

Deskripsi	Luas (Ha)	Standard / Sumber
Indeks penyerapan karbon (tons/ha/tahun)	...	174.6 tons/ha (Prerana Bhat, 2021; Wahyudi, 2021)
Luas Hutan Kota (ha)	...	
Harga KArbon (Rp/ton)		Rp 1,649,000/ton (2021)
Nilai Ekonomi penyerapan karbon (Rp/tahun)	...	

Penelitian ini dilaksanakan dengan memperhatikan prinsip-prinsip etika penelitian lingkungan dan sosial. Seluruh kegiatan lapangan, termasuk survei geotag, observasi batas kawasan, serta pelaksanaan Focus Group Discussion (FGD), dilakukan dengan izin dan sepengetahuan pihak pengelola Kebun Raya Tua Tunu serta Dinas Lingkungan Hidup Kota Pangkalpinang. Setiap kegiatan yang melibatkan narasumber dan pemangku kepentingan dilakukan secara sukarela dan transparan, di mana peserta FGD diberikan penjelasan mengenai tujuan penelitian serta bagaimana hasilnya akan digunakan untuk kepentingan ilmiah dan perencanaan lingkungan.

Data spasial yang dikumpulkan melalui aplikasi geotag dan pengolahan di ArcMap 10.8 digunakan hanya untuk kepentingan akademik dan perencanaan berkelanjutan, tanpa menampilkan informasi pribadi atau data sensitif. Seluruh hasil diskusi dan data lapangan dijaga kerahasiaannya serta disajikan dalam bentuk agregat atau spasial tanpa menimbulkan dampak negatif bagi pihak yang terlibat. Penelitian ini juga menjunjung prinsip non-eksploitasi, transparansi, dan tanggung jawab ilmiah, sehingga setiap informasi yang digunakan telah melalui proses konfirmasi, validasi, dan persetujuan bersama dengan pihak-pihak terkait.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemetaan Zonasi Kebun Raya Tua Tunu

Kebun Raya Tua Tunu, yang sebelumnya dikenal sebagai Hutan Kota Tua Tunu, merupakan ruang terbuka hijau strategis yang berlokasi di Kota Pangkalpinang, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Kawasan ini memiliki luas sekitar 60,857 hektare (setara dengan 608.577,71 m²) dan telah ditetapkan secara resmi melalui Keputusan Wali Kota Pangkalpinang No. 292/KEP/DLH/IV/2020 sebagai bagian dari sistem taman hutan kota dengan fungsi ekologis, edukatif, konservasi, dan sosial budaya. Sejak tahun 2022, kawasan ini mengalami perkembangan signifikan melalui kerja sama antara Pemerintah Kota Pangkalpinang dan PT Pertamina Patra Niaga dalam program *Tropical Garden and Plant Nursery*, yang mencakup pembangunan Kebun Anggrek seluas 0,63 hektare sebagai bagian dari inisiatif Tanggung Jawab Sosial dan Lingkungan (TJSL) perusahaan.

Kebun Raya Tua Tunu merupakan kawasan konservasi dan ruang terbuka hijau yang pada awal perencanaannya, berdasarkan dokumen Detailed Engineering Design (DED), memiliki luas lebih dari 100 hektare. Namun, seiring dengan proses penataan ruang, kebijakan lingkungan daerah, dan penyesuaian terhadap kebutuhan perlindungan sumber daya air, kawasan ini telah mengalami perubahan batas resmi. Berdasarkan Keputusan Wali Kota Pangkalpinang No. 292/KEP/DLH/IV/2020, sebagian lahan di bagian utara kawasan yang semula termasuk dalam perencanaan awal kebun raya telah dikeluarkan dari area pengelolaan dan ditetapkan sebagai zona tata perlindungan air. Zona ini berfungsi untuk menjaga keseimbangan hidrologis, mendukung daerah tangkapan air, serta mengendalikan limpasan permukaan.



Gambar 2. Detailed Engineering Design (DED) Batas Kebun Raya Tua Tunu Sebelum Berubah

Dengan adanya penyesuaian tersebut, luas resmi Kebun Raya Tua Tunu saat ini menjadi sekitar 60,85 hektare, yang mencakup area inti dengan fungsi utama konservasi vegetasi tropis, penelitian botani, edukasi lingkungan, serta penyediaan jasa ekosistem karbon dan air. Proses pembaruan batas kawasan ini dikonfirmasi melalui survei lapangan dengan geotag, pemetaan menggunakan ArcMap 10.8, serta verifikasi dalam Focus Group Discussion (FGD) bersama Dinas Lingkungan Hidup Kota Pangkalpinang dan pihak pengelola kebun raya. Dengan demikian, seluruh analisis spasial dan valuasi ekonomi dalam penelitian ini didasarkan pada luasan aktual 60,85 hektare sebagaimana tercantum dalam keputusan resmi pemerintah kota tersebut.

Melalui hasil pemetaan perubahan batas kawasan tersebut, dilakukan proses penzonasian ulang untuk menyesuaikan fungsi ekologis dan tata ruang kebun raya sesuai dengan kondisi aktual di lapangan. Survei lapangan dilakukan untuk mengidentifikasi karakteristik fisik tiap area, termasuk tutupan vegetasi, landmark dan kemiringan lahan untuk kemudian memetakan batas batas zonasi baru. Dalam proses ini, penzonasian dirancang dengan mempertimbangkan hilangnya sebagian area fungsi jasa air yang sebelumnya tercantum dalam DED awal akibat pelepasan lahan di bagian utara kawasan yang kini menjadi zona perlindungan air. Oleh karena itu, wilayah inti kebun raya difokuskan kembali pada dua fungsi utama, yaitu penyediaan jasa air pada zona yang masih memiliki potensi infiltrasi dan penyerapan karbon pada area dengan vegetasi rapat dan pohon berkanopi lebat.



Gambar 3. Diskusi dan Validasi Batas Zonasi Kebun Raya Tua Tunu

Pemetaan hasil survei ini menghasilkan pembagian zona yang lebih terarah, meliputi zona koleksi tanaman, pariwisata, penerima, pengembangan, serta pengelolaan, yang masing-masing memiliki kontribusi berbeda terhadap jasa ekosistem. Penyesuaian dan validasi zonasi dilakukan secara partisipatif melalui FGD bersama Dinas Lingkungan Hidup dan pengelola Kebun Raya, untuk memastikan bahwa rancangan zonasi baru tidak hanya sesuai dengan kondisi fisik lapangan, tetapi juga mendukung fungsi ekologis utama kawasan sebagai ruang konservasi vegetasi tropis dan penyangga keseimbangan hidrologis Kota Pangkalpinang.

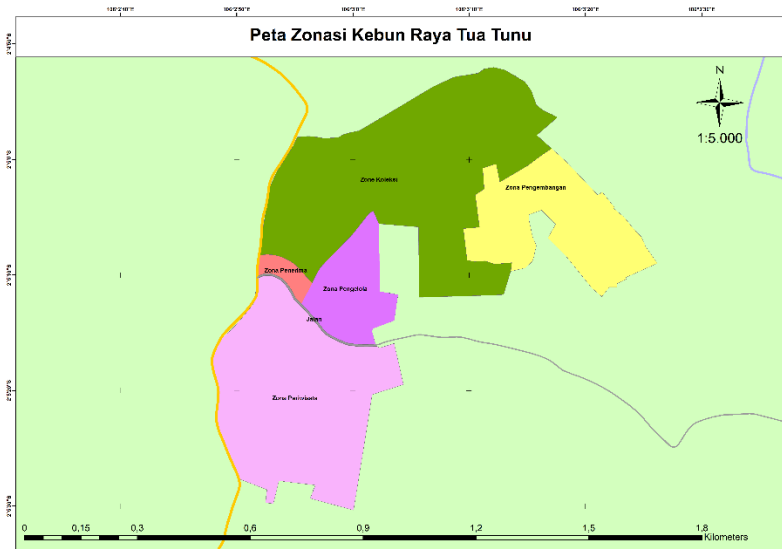
Tabel 2. Hasil Analisa Pemetaan Zonasi Kebun Raya Tua Tunu, Kota Pangkalpinang

No	Zonasi	m2
1	Jalan	2366
2	Zona Pariwisata	189409
3	Zona Penerima	8273
4	Zona Pengelola	49716
5	Zona Pengembangan	101051
6	Zona Koleksi	257760

Hasil analisis spasial berdasarkan pemetaan dan survei lapangan menunjukkan bahwa Kebun Raya Tua Tunu terbagi ke dalam enam zona fungsional utama dengan total luas sekitar 606.575 m² atau 60,65 hektare. Akan tetapi, ditemukan terdapat perbedaan 0,01 Ha batas utama eksisting dengan Keputusan wali kota, Dimana setelah dianalisa pada SK terdapat satu titik hilang yaitu titik ke 74. Adapun, terkait zonasi ini Setiap zona memiliki fungsi spesifik yang berkontribusi terhadap keseimbangan ekologis kawasan dan penyediaan jasa ekosistem, terutama infiltrasi air dan penyerapan karbon.

Dari analisa didapatkan bahwa zona jalan seluas sekitar 2.366 m² berfungsi sebagai jalur sirkulasi utama yang menghubungkan berbagai area dalam kawasan, mendukung aksesibilitas kegiatan pengelolaan, penelitian, dan wisata. Selanjutnya, Zona Pariwisata memiliki luas sekitar 189.409 m², yang difungsikan sebagai area rekreasi dan edukasi lingkungan bagi masyarakat. Zona ini menjadi ruang interaksi publik yang tetap mempertahankan tutupan vegetasi alami sehingga tetap memberikan kontribusi terhadap kenyamanan iklim mikro dan penyerapan karbon. Zona Penerima dengan luas 8.273 m² berperan sebagai pintu masuk utama kawasan, tempat pengunjung memperoleh informasi awal sebelum memasuki area koleksi atau wisata, sekaligus menjadi simpul orientasi aktivitas di kebun raya.

Sementara itu, Zona Pengelola yang mencakup area seluas 49.716 m² digunakan sebagai pusat kegiatan operasional dan administrasi pengelolaan, termasuk area perawatan tanaman dan fasilitas staf. Di sisi lain, Zona Pengembangan dengan luas 101.051 m² merupakan area yang direncanakan untuk kegiatan perluasan fungsi kebun raya di masa depan, seperti pembibitan, penelitian tanaman, atau taman tematik, sehingga berpotensi besar dalam peningkatan fungsi penyerapan karbon melalui revegetasi. Adapun Zona Koleksi menjadi zona inti sekaligus yang terluas, mencapai 257.760 m², berfungsi sebagai pusat konservasi spesies tanaman tropis, baik endemik maupun langka. Tutupan vegetasi yang padat di zona ini menjadikannya penyumbang utama terhadap fungsi ekologis kawasan, terutama dalam penyerapan karbon dioksida (CO₂) dan peningkatan kapasitas infiltrasi air tanah.



Gambar 1. Hasil Pemetaan Zonasi Kebun Raya Tua Tunu Kota Pangkalpinang Baru

Valuasi Ekonomi Jasa Penyediaan Air Baku Kebun Raya Tua Tunu

Hasil analisis valuasi jasa lingkungan menunjukkan bahwa Kebun Raya Tua Tunu memiliki peran ekologis yang sangat penting dalam penyediaan air baku melalui fungsi infiltrasi air hujan ke dalam tanah. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan standar kapasitas infiltrasi sebesar $1,261 \text{ m}^3/\text{tahun}/\text{m}^2$ area, diperoleh estimasi total volume infiltrasi mencapai sekitar 767,6 juta m^3 per tahun. Nilai ini merepresentasikan kemampuan ekosistem kebun raya dalam menyerap dan menyalurkan air hujan ke lapisan tanah sebagai bagian dari proses pengisian kembali cadangan air tanah (groundwater recharge). Jika dikonversikan ke nilai ekonomi dengan menggunakan kisaran harga air bersih PDAM sebesar Rp800–Rp2.600 per m^3 , maka total nilai ekonomi jasa penyediaan air baku di kawasan ini diperkirakan mencapai sekitar Rp611,54 miliar per tahun.

Tabel 3. Valuasi Ekonomi Jasa Penyediaan Air Baku di Kebun Raya Tua Tunu, Kota Pangkalpinang Per Zona

Deskripsi	Standard	Zona				
		Zona Pariwisata	Zona Penerima	Zona Pengelola	Zona Pengembangan	Zone Koleksi
Volume Infiltrasi	1,261 ($\text{m}^3/\text{year}/\text{m}^2$ Area)	238844749	10432253	62691876	127425311	325035360
Harga Air	Rp. 800 - 2.600/ m^3 (Tarif PDAM)	1910757992 00,00	834580240 0,00	5015350080 0,00	101940248800 00	2600282880 00,00
Nilai Penyediaan Air Baku (Rp/tahun) Total	Ekonomi Secara Total	Rp. 611.543.639.200				

Kontribusi terbesar terhadap fungsi penyediaan air baku berasal dari Zona Koleksi dengan volume infiltrasi mencapai lebih dari 325 juta m^3 per tahun, setara nilai ekonomi sekitar Rp260,03 miliar per tahun, diikuti oleh Zona Pengembangan sebesar Rp101,94 miliar, dan Zona Pariwisata dengan nilai sekitar Rp191,07 miliar per tahun. Ketiga zona tersebut memiliki karakteristik tutupan vegetasi yang rapat dan struktur tanah berpori, sehingga berperan signifikan dalam proses infiltrasi. Sementara itu, Zona Pengelola dan Zona Penerima, meskipun luasnya lebih kecil, tetap memberikan kontribusi terhadap total nilai ekonomi air melalui limpasan terkontrol dan infiltrasi pada area bervegetasi di sekitarnya.

Jika dilihat pada penelitian sebelumnya yang mengangkat tema serupa oleh Wahyudi (2021) di Taman Hutan Kota Penjarangan, penelitian ini menunjukkan perbedaan signifikan baik dalam metodologi maupun hasil valuasi ekonomi jasa penyediaan air baku. Penelitian Diki Wahyudi menggunakan pendekatan *market price* dan *benefit transfer* dengan tarif air eksisting pada saat penelitian dilakukan di tahun 2021, sedangkan penelitian ini menerapkan pendekatan hidrologis berbasis SIG (ArcMap 10.8) yang didukung oleh data hasil survei geotag lapangan terbaru serta menggunakan tarif PDAM terbaru sebesar Rp800/m³ untuk estimasi konservatif nilai air. Hasilnya, nilai ekonomi penyediaan air baku di Kebun Raya Tua Tunu mencapai Rp611,54 miliar per tahun, jauh lebih besar dibandingkan dengan hasil penelitian Wahyudi yang hanya sebesar Rp224,56 juta per tahun. Perbedaan ini disebabkan oleh luas kawasan yang lebih besar, kondisi vegetasi yang lebih padat, serta daya infiltrasi tanah yang lebih tinggi di Kebun Raya Tua Tunu.

Valuasi Ekonomi Stok Karbon Kebun Raya Tua Tunu

Hasil analisis valuasi ekonomi jasa lingkungan menunjukkan bahwa Kebun Raya Tua Tunu memiliki potensi penyerapan karbon yang sangat tinggi, menjadikannya salah satu kawasan ruang terbuka hijau strategis di Kota Pangkalpinang dalam mendukung mitigasi perubahan iklim. Berdasarkan indeks penyerapan karbon sebesar 174,6 ton per hektare per tahun dan harga karbon tahun 2021 sebesar Rp1.649.000 per ton, total nilai ekonomi penyerapan karbon di kawasan ini diperkirakan mencapai Rp17,45 miliar per tahun.

Tabel 4 Valuasi Ekonomi Stok Karbon di Kebun Raya Tua Tunu, Kota Pangkalpinang Per Zona

Deskripsi	Standard	Zona				
		Zona Pariwisata	Zona Penerima	Zona Pengelola	Zona Pengembangan	Zone Koleksi
Indeks Penyerapan Karbon (ton/ha)	174,6 ton/ha	3307,08114	144,44658	868,04136	1764,35046	4500,4896
Harga Karbon (Rp/ton)	Rp. 1.649.000/ton (2021)	5453376799,86	238192410,42	1431400202,64	2909413908,54	7421307350,40
Economic Value of Carbon Sequestration (Rp/year)		Rp. 17.453.690.671				

Nilai Rp17,45 miliar ini diperoleh dari akumulasi penyerapan karbon pada beberapa zona utama kebun raya, di mana Zona Koleksi memberikan kontribusi terbesar dengan total nilai sekitar Rp7,42 miliar per tahun, disusul oleh Zona Pariwisata sebesar Rp5,45 miliar, dan Zona Pengembangan sebesar Rp2,91 miliar. Ketiga zona tersebut memiliki tutupan vegetasi pohon yang rapat dan bervariasi, sehingga berperan dominan dalam menyerap karbon dioksida (CO₂) dari atmosfer. Sementara itu, Zona Pengelola dan Zona Penerima berkontribusi relatif kecil, masing-masing dengan nilai sekitar Rp1,43 miliar dan Rp238 juta per tahun, karena luasannya lebih sempit serta sebagian besar digunakan untuk fasilitas bangunan dan area terbuka non-vegetatif. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa fungsi ekologis Kebun Raya Tua Tunu tidak hanya terbatas pada penyediaan jasa air baku, tetapi juga memiliki nilai ekonomi tinggi dalam jasa sekuestrasi karbon. Dengan tutupan vegetasi tropis yang beragam dan area konservasi yang luas, kawasan ini berperan penting dalam menekan emisi karbon perkotaan dan memperkuat ketahanan lingkungan jangka panjang di Kota Pangkalpinang.

Jika dibandingkan dengan penelitian Masyrurroh & Rahmawati (2021) tentang *Valuasi Ekonomi Hutan Kota Serang*, penelitian ini menunjukkan nilai ekonomi stok karbon yang jauh lebih tinggi. Penelitian di Hutan Kota Serang memperkirakan nilai ekonomi serapan karbon sebesar Rp4,97 juta per tahun dengan luas kawasan hanya 1,4 hektar, dihitung berdasarkan biomassa tegakan pohon dan asumsi kandungan karbon sebesar 50% dari biomassa total. Sementara itu, penelitian ini di Kebun Raya Tua Tunu dengan luas 60,85 hektar menghasilkan nilai ekonomi

penyerapan karbon sebesar Rp17,45 miliar per tahun, menggunakan indeks penyerapan 174,6 ton/ha dan harga karbon Rp1.649.000/ton (2021). Perbedaan signifikan ini dipengaruhi oleh luasan kawasan yang lebih besar, kepadatan dan keragaman vegetasi tropis yang lebih tinggi, serta penggunaan analisis spasial berbasis SIG (ArcMap 10.8) yang memungkinkan pemetaan penyerapan karbon per zona secara detail per zonasi yang ditentukan melalui survei lokasi.

Kelemahan dan Keterbatasan Riset

Secara metodologis, penelitian ini masih memiliki beberapa kelemahan, terutama karena penggunaan indeks rata-rata infiltrasi dan penyerapan karbon yang bersumber dari literatur terstandar, sehingga hasil valuasi bersifat estimatif dan general. Instrumen yang digunakan juga masih cukup sederhana berupa survei geotag dan pemetaan menggunakan ArcMap 10.8, sehingga ketelitian spasial terhadap variasi topografi dan vegetasi mungkin terbatas. Selain itu, proses penetapan zonasi melalui FGD berpotensi mengandung subjektivitas dari partisipan. Dari sisi hasil, nilai ekonomi yang diperoleh cenderung tinggi karena dihitung berdasarkan tarif ekonomi aktual dan luasan kawasan yang besar, sementara verifikasi terhadap data biofisik dan dinamika musiman belum dilakukan. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan gambaran awal yang komprehensif tentang nilai jasa ekosistem Kebun Raya Tua Tunu, namun masih perlu penguatan melalui pengukuran empiris dan analisis temporal untuk meningkatkan akurasi dan ketepatan hasil valuasi di masa mendatang.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa kawasan seluas 60,85 hektare ini memiliki peran ekologis penting dengan kemampuan infiltrasi sebesar $\pm 767,6$ juta m^3 per tahun yang bernilai ekonomi sekitar Rp611,54 miliar per tahun, serta kapasitas penyerapan karbon sebesar ± 10.627 ton CO_2 per tahun dengan nilai ekonomi Rp17,45 miliar per tahun. Zona Koleksi dan Zona Pengembangan menjadi area paling produktif secara ekologis karena dominasi vegetasi tropis rapat dan kondisi tanah berpori tinggi. Secara praktis, hasil penelitian ini menegaskan bahwa Kebun Raya Tua Tunu berpotensi berfungsi sebagai penyangga ekologis perkotaan yang mendukung ketersediaan air bersih dan mitigasi emisi karbon, sehingga pengelolaannya perlu diarahkan pada konservasi vegetasi dan penguatan fungsi resapan air. Pemerintah daerah dapat memanfaatkan hasil valuasi ini sebagai dasar perencanaan kebijakan ekonomi lingkungan dan penganggaran hijau (green budgeting) untuk mendukung pembangunan berkelanjutan pada kebun ray aini dengan tetap melestarikan jasa air dan karbonnya.

Adapun, untuk penelitian berikutnya disarankan dilakukan pengukuran empiris langsung terhadap infiltrasi tanah, biomassa, dan kandungan karbon agar hasil valuasi lebih akurat, serta analisis temporal untuk melihat dinamika perubahan jasa ekosistem akibat perkembangan kawasan dan perubahan tutupan lahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Bangka Belitung atas dukungan pendanaan melalui skema Kuliah Luar Kampus. Dukungan ini sangat berarti dalam mendorong pengembangan pembelajaran berbasis pengalaman lapangan, serta memperkuat keterlibatan mahasiswa dalam memahami isu-isu nyata di masyarakat secara langsung. Semoga kerja sama ini terus berlanjut dan memberikan dampak positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan pengabdian kepada masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Arini, D. I. D., Kinho, J., Amru, K., Damanik, M., Tumoka, E. E., Matitaputty, D. R., & Kafiari, Y. (2024). Keragaman Pohon dan Nilai Ekonomi Potensi Karbon Taman Kehati Kaki Dian, Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(2), 421–430. <https://doi.org/10.14710/jil.22.2.421-430>
- Auliansyah, Kusumastanto, T., Sadelie, A., Aprianti, Y., Sulindrina, A., & Nurfadillah. (2020). Valuasi Ekonomi Dan Penilaian Kerusakan Kawasan Ekosistem Mangrove Di Pulau Tanakeke Kabupaten Takalar. *Inovasi*, 16(1), 72–83. <http://journal.feb.unmul.ac.id/index.php/INOVASI>

- Bank Mega Syariah. (2024, November 10). *Panduan Cara Menghitung Tarif PDAM dan Simulasinya*. https://www.megasyariah.co.id/id/artikel/edukasi-tips/digital-banking/cara-menghitung-tarif-pdam?utm_source=chatgpt.com
- Bean, F. X. C. T., Marimpan, L. S., & Sinaga, P. S. (2025). Potensi Simpanan Biomassa dan Karbon di Jalur Hijau Kota Kupang (Studi Kasus: Jalan Piet A. Tallo, Jalan Frans Seda dan Jalan El Tari). *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*, 20(2).
- Beckmann-Wübbelt, A., Fricke, A., Sebesvari, Z., Yakouchenkova, I. A., Fröhlich, K., & Saha, S. (2021). High public appreciation for the cultural ecosystem services of urban and peri-urban forests during the COVID-19 pandemic. *Sustainable Cities and Society*, 74, 103240. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103240>
- Betani, A., Sribudiani, E., & Mukhamadun. (2016). Economic Carbon Valuation In The Stands Level Poles And Trees At Forest For Special Purpose (Khdtk) Jungle Training Bukit Suligi Regency Rokan Hulu. *JomFaperta UR*, 3(2).
- Ding, A., Cenci, J., & Zhang, J. (2022). Links between the pandemic and urban green spaces, a perspective on spatial indices of landscape garden cities in China. *Sustainable Cities and Society*, 85, 104046. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104046>
- Easteria, G., Imran, Z., & Yulianto, G. (2022). Estimasi Stok Karbon Mangrove Rehabilitasi Di Pulau Harapan Dan Kelapa, Taman Nasional Kepulauan Seribu, Jakarta. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 14(2).
- Fahed, J., Kinab, E., Ginestet, S., & Adolphe, L. (2020). Impact of urban heat island mitigation measures on microclimate and pedestrian comfort in a dense urban district of Lebanon. *Sustainable Cities and Society*, 61, 102375. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102375>
- Farahisah, H., Yulianda, F., & Effendi, H. (2021). Struktur Komunitas, Cadangan Karbon, dan Estimasi Nilai Ekonomi Mangrove di Muara Sungai Musi. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(2), 228–234. <https://doi.org/10.18343/jipi.26.2.228>
- Feng, H., Lei, X., Yu, G., & Changchun, Z. (2023). Spatio-temporal evolution and trend prediction of urban ecosystem service value based on CLUE-S and GM (1,1) compound model. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(11), 1282. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11853-y>
- Fitriansyah, H., & Zulkia, D. R. (2023). Penentuan Sistem Pusat Pelayanan Perkotaan Berdasarkan Data Point of Interest di Kota Pangkalpinang Determination of Urban Functional Areas Based on Point of Interest data : Pangkalpinang City. *Journal of Education, Humaniora and Social Sciences (JEHSS)*, 6(2), 853–862. <https://doi.org/10.34007/jehss.v6i2.1951>
- Fulazzaky, M. A., Ismail, I., Harlen, H., Sukendi, S., Roestamy, M., & Siregar, Y. I. (2022). Evaluation of change in the peat soil properties affected by different fire severities. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(10), 783. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10430-z>
- Hafli, R. D. M., Samiaji, J., & Windarti. (2024). *Profil Stok Karbon dan Valuasi Ekonomi Ekosistem Mangrove di Kabupaten Tapanuli Tengah, Provinsi Sumatera Utara*.
- Hayati, N., & Wakka, A. K. (2016). Valuasi Ekonomi Manfaat Air Di Taman Nasional Bantimurung Bulusaraung, Sulawesi Selatan. *Jurnal Penelitian Sosial Dan Ekonomi Kehutanan*, 12(1).
- Ichwan K, M. (2021). Nilai Ekonomi Simpanan Karbon Kebun Raya Jompie Kota Parepare. *Gorontalo Journal of Forestry Research*, 4(2).
- Irawan Johari, H., Sukuryadi, Mas'ad, & Ibrahim. (2022). Valuasi Manfaat Tidak Langsung Mangrove Di Kecamatan Jerowaru Kabupaten Lombok Timur Nusa Tenggara Barat. *Geography: Jurnal Kajian, Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan*, 10(1), 55–72. <http://journal.ummat.ac.id/index.php/geography>
- LITYŃSKI, P. (2020). SUBURBAN VS. URBAN FRINGES ENTITIES' WILLINGNESS TO PAY FOR AMENITIES: EMPIRICAL RESEARCH IN CRACOW CITY, POLAND. *Journal of Urban and Regional Analysis*, 7(1). <https://doi.org/10.37043/JURA.2015.7.1.2>
- Liu, O. Y., & Russo, A. (2021). Assessing the contribution of urban green spaces in green infrastructure strategy planning for urban ecosystem conditions and services. *Sustainable Cities and Society*, 68, 102772. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102772>
- Masyuroh, A., & Rahmawati, I. (2021). Valuasi Ekonomi Hutan Kota Serang. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 6(1), 16–23. <https://doi.org/10.33084/mitl.v6i1.2017>
- Mensah, C., Atayi, J., Kobo-bah, A. T., Švik, M., Acheampong, D., Kyere-Boateng, R., Prempeh, N., & Marek, M. V. (2020). Impact of Urban Land Cover Change on the Garden City Status and Land Surface Temperature of Kumasi. *Sustainable Environment*, 6(1). <https://doi.org/10.1080/23311843.2020.1787738>

- Mokhtari, Z., Barghjelveh, S., Sayahnia, R., Karami, P., Qureshi, S., & Russo, A. (2022). Spatial pattern of the green heat sink using patch- and network-based analysis: Implication for urban temperature alleviation. *Sustainable Cities and Society*, 83, 103964. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103964>
- Niknam, A., Sarli, R., Taherizadeh, M., Attarroshan, S., & Pourmansouri, F. (2024). REDD implementation for greenhouse gas reduction and climate change mitigation in Hyrcanian forests: a case study of the Kojoor Watershed, Northern Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(5), 474. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12616-z>
- Novianto, D., Koerniawan, M. D., Munawir, M., & Sekartaji, D. (2022). Impact of lifestyle changes on home energy consumption during pandemic COVID-19 in Indonesia. *Sustainable Cities and Society*, 83, 103930. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103930>
- Nuwarinda, H., Ramoelo, A., & Adelabu, S. (2021). Assessing natural resource change in Vhembe biosphere and surroundings. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(7), 404. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09053-7>
- Prerana Bhat. (2021). *Carbon needs to cost at least \$100/tonne now to reach net zero by 2050: Reuters poll.* https://www.reuters.com/business/cop/carbon-needs-cost-least-100tonne-now-reach-net-zero-by-2050-2021-10-25/?utm_source=chatgpt.com
- Ratnaningsih, A. T., Aisyah, S., Warningsih, T., Saam, Z., Zulkarnaini, Z., & Syahza, A. (2023). Valuasi Ekonomi Karbon Pada Tegakan Tingkat Tiang Dan Pohon Di Hutan Adat Ghimbo Pomuan Kabupaten Kampar Provinsi Riau. *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*, 18(2), 71–83. <https://doi.org/10.31849/forestrav18i2.14075>
- Rizka Zulkia, D., Yusuf Caesar, M., & Haya Aqilah Maulidya. (2024). *Strategi Pemenuhan Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau Di Kota Pangkalpinang Menuju Green City.* 10–16.
- Siagian, A. W., & Arifin, A. H. (2022). Perlindungan Hutan Mangrove Melalui Valuasi Ekonomi Jasa Karbon Sebagai Upaya Pertambahan Pendapatan Negara. *Kajian*, 27(2). <https://doi.org/10.20886/jpsek.2019>
- Sribianti, I., Sultan, Hasanuddin, Muthmainnah, & Jusmiati. (2023). Valuasi Ekonomi Pada Berbagai Penutupan Lahan Di Kebun Raya Massenrempulu Kabupaten Enrekang. *Jurnal Hutan Tropis*, 11(2).
- Syafruddin, Y. S., & Yurike. (2020). Valuasi Nilai Ekonomi Karbon Mangrove Di Kawasan Mandeh Kecamatan Koto XII Tarusan Kabupaten Pesisir Selatan. *Jurnal Spasial: Penelitian, Terapan Ilmu Geografi Dan Pendidikan Geografi*, 7(1), 2020. <http://ejournal.stkip-pgri-sumbar.ac.id/index.php/spasial>
- Veettil, B. K., Puri, V., Van, D. D., & Quảng, N. X. (2023). Variations in Land Surface Temperatures in Small-Scale Urban Areas in Vietnam During Covid-19 Restrictions: Case Studies From Da Nang, Hue and Vinh City. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(7). <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11332-4>
- Wahyudi, D. (2021). *Nilai Keberadaan Ruang Terbuka Hijau Di Taman Hutan Kota Penjaringan, Jakarta Utara.*
- Winarno, G. D., Harianto, S. P., Syafei, R., Charles, Y., & Sutarno. (2019). *Valuasi Jasa Lingkungan Berbasis Masyarakat Di Desa Sekitar Taman Nasional Bukit Barisan Selatan Provinsi Lampung.* Pusaka Media.