POLICY BRIEF

Prof. Dr. Tri Retnaningsih Soeprobowati, MAppSc.; Dr. R.B. Sularto, S.H., M.Hum.; Prof. Dr. Hadiyanto, MSc; Prod. Dr. Sri Puryono, MP.; Aulia Rahim,; Dr. Jumari, SSi. MSi.; Prof. Peter Gell
Universtas Diponegoro

MEMPERKUAT MITIGASI PERUBAHAN IKLIM MELALUI PROGRAM BLUE CARBON JAWA TENGAH: BUKTI ILMIAH DARI RESTORASI MANGROVE PASARBANGGI

Ringkasan Eksekutif

Penelitian ini menunjukkan bahwa ekosistem mangrove hasil restorasi di Pasarbanggi memiliki kapasitas penyimpanan karbon yang tinggi, dengan **Total Ecosystem Carbon (TEC) rata-rata sebesar 393,82 ± 77,57 Mg C ha^{-1}**. Sebagian besar karbon (**65,79%**) tersimpan dalam sedimen, sedangkan biomassa atas permukaan, biomassa akar, dan serasah memberikan kontribusi yang lebih kecil. Temuan ini menegaskan bahwa sedimen merupakan komponen utama penyimpanan karbon jangka panjang pada ekosistem mangrove hasil restorasi.

Penelitian ini memberikan landasan ilmiah yang kuat bagi penetapan dan pengelolaan **Kawasan Ekosistem Esensial (KEE) Mangrove Pasarbanggi–Tireman** melalui **Keputusan Gubernur Jawa Tengah Nomor 552.52/31 Tahun 2020**. Dominasi karbon yang tersimpan pada sedimen menunjukkan bahwa restorasi mangrove tidak hanya berhasil memulihkan tutupan vegetasi, tetapi juga mengembalikan fungsi ekosistem sebagai penyerap dan penyimpan karbon jangka panjang. Temuan ini mendukung pengembangan **Program Blue Carbon Jawa Tengah** dalam kerangka **Nature-based Solutions (NbS)** melalui integrasi restorasi mangrove, konservasi sedimen karbon, inventarisasi stok karbon, dan pemantauan jangka panjang. Lebih jauh, keberhasilan Pasarbanggi dalam memulihkan fungsi ekologi sekaligus meningkatkan kapasitas penyimpanan karbon menjadikan kawasan ini **model nasional restorasi mangrove berbasis ilmu pengetahuan** untuk mitigasi perubahan iklim. Model ini dapat direplikasi di kawasan pesisir Indonesia lainnya sebagai pendekatan yang mengintegrasikan konservasi keanekaragaman hayati, penyerapan karbon (*blue carbon*), peningkatan ketahanan pesisir, dan pemberdayaan masyarakat dalam mendukung pencapaian target **Nationally Determined Contributions (NDC)** Indonesia.

PESAN UTAMA (*KEY POLICY MESSAGES*)

	Pesan Kebijakan
	Restorasi ekosistem mangrove merupakan solusi berbasis alam (*Nature-based Solutions*) yang efektif untuk mitigasi perubahan iklim.
	Sedimen menyimpan 65,79% stok karbon ekosistem sehingga perlindungan sedimen harus menjadi bagian dari kebijakan pengelolaan mangrove.
ID	Pasarbanggi layak dikembangkan sebagai model nasional restorasi mangrove berbasis ilmu pengetahuan yang dapat direplikasi di wilayah pesisir Indonesia.
	Program Blue Carbon Jawa Tengah perlu dikembangkan melalui integrasi restorasi mangrove, konservasi sedimen karbon, inventarisasi stok karbon, dan pemantauan jangka panjang.
	Pengelolaan *blue carbon* mendukung pencapaian target NDC Indonesia, memperkuat ketahanan pesisir, dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

PENDAHULUAN

Mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang paling efektif dalam mendukung mitigasi perubahan iklim melalui kemampuannya menyerap dan menyimpan karbon (*blue carbon*), sekaligus melindungi wilayah pesisir dari abrasi, banjir rob, dan kenaikan muka air laut. Selain memberikan manfaat iklim, mangrove juga mendukung keanekaragaman hayati, produktivitas perikanan, dan keberlanjutan mata pencaharian masyarakat pesisir. Sebagai negara yang memiliki sekitar 20% luas mangrove dunia, Indonesia memiliki peluang strategis untuk menjadikan restorasi mangrove sebagai bagian dari implementasi **Nature-based Solutions (NbS)** dalam mendukung pembangunan rendah karbon dan pencapaian target **Nationally Determined Contributions (NDC)**.

Penelitian pada ekosistem mangrove hasil restorasi di Pasarbanggi, Kabupaten Rembang, menunjukkan bahwa restorasi tidak hanya berhasil memulihkan tutupan vegetasi, tetapi juga mengembalikan fungsi ekosistem sebagai penyerap dan penyimpan karbon jangka panjang. Total stok karbon ekosistem (*Total Ecosystem Carbon*; TEC) mencapai **393,82 ± 77,57 Mg C ha^{-1}**, dengan **65,79% karbon tersimpan dalam sedimen**, yang menegaskan bahwa keberhasilan restorasi harus diukur dari pemulihan fungsi ekosistem, bukan hanya peningkatan tutupan mangrove.

Temuan ini memberikan dasar ilmiah yang kuat untuk memperkuat pengelolaan **Kawasan Ekosistem Esensial (KEE) Mangrove Pasarbanggi–Tireman** serta mendorong pengembangan **Program Blue Carbon Jawa Tengah**. Melalui integrasi restorasi ekosistem mangrove, konservasi sedimen karbon, inventarisasi stok karbon, pemantauan jangka panjang, dan pemberdayaan masyarakat, Jawa Tengah berpeluang menjadi pelopor pengelolaan *blue carbon* berbasis ilmu pengetahuan di Indonesia. Oleh karena itu, **policy brief** ini menyajikan bukti ilmiah dan rekomendasi kebijakan untuk mendukung pengembangan program tersebut sebagai bagian dari strategi mitigasi perubahan iklim, peningkatan ketahanan pesisir, dan pembangunan berkelanjutan.

DESKRIPSI MASALAH

Penelitian di kawasan mangrove Pasarbanggi, Kabupaten Rembang, menunjukkan bahwa restorasi mangrove telah berhasil memulihkan fungsi ekosistem sebagai penyerap dan penyimpan karbon jangka panjang. Total stok karbon ekosistem (*Total Ecosystem Carbon, TEC*) mencapai **393,82 ± 77,57 Mg C ha^{-1}**, dengan kontribusi terbesar berasal dari **sedimen (65,79%)**, diikuti biomassa atas permukaan (20,23%), biomassa bawah permukaan (13,93%), dan serasah (0,05%). Temuan ini menunjukkan bahwa sedimen merupakan komponen utama penyimpanan karbon pada ekosistem mangrove yang telah direstorasi (Tabel 1).

Tabel 1. Temuan utama penelitian dan implikasi kebijakan

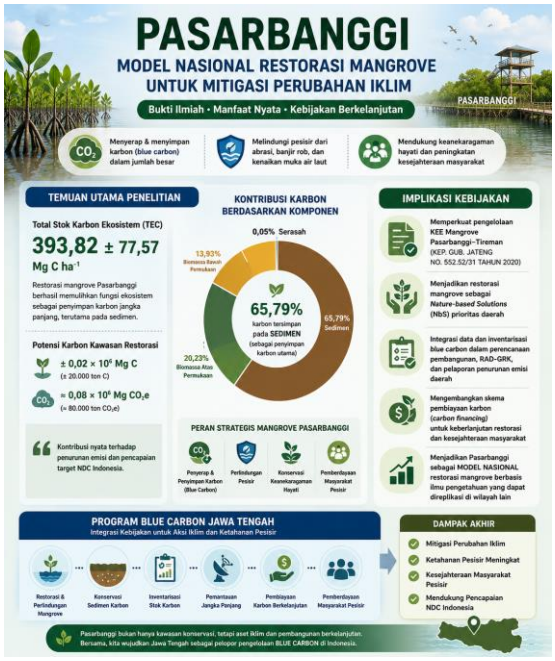
Temuan Penelitian	Bukti Ilmiah	Implikasi Kebijakan
Total stok karbon ekosistem (TEC) mencapai **393,82 ± 77,57 Mg C ha^{-1}**	Menunjukkan kapasitas penyimpanan karbon yang tinggi pada mangrove Pasarbanggi	Menjadikan mangrove sebagai aset strategis mitigasi perubahan iklim daerah
65,79% karbon tersimpan pada sedimen	Sedimen merupakan penyimpan karbon jangka panjang terbesar	Perlindungan sedimen perlu menjadi bagian dari kebijakan restorasi mangrove
Restorasi berhasil memulihkan fungsi ekosistem	Tidak hanya meningkatkan tutupan vegetasi tetapi juga fungsi penyimpanan karbon	Restorasi mangrove diarahkan sebagai **Nature-based Solutions (NbS)**
Potensi karbon kawasan restorasi ± **0,02 × 10^{6} Mg C** (≈ **0,08 × 10^{6} Mg CO_2e**)	Kontribusi nyata terhadap penurunan emisi	Mendukung target **NDC Indonesia** dan pembangunan rendah karbon
Pasarbanggi merupakan bagian dari **KEE Mangrove Pasarbanggi–Tireman**	Kawasan memiliki nilai konservasi dan iklim yang tinggi	Layak dikembangkan sebagai **model nasional restorasi mangrove** dan dasar **Program Blue Carbon Jawa Tengah**

Dominasi karbon pada sedimen menunjukkan bahwa keberhasilan restorasi mangrove tidak hanya ditunjukkan oleh pertumbuhan vegetasi, tetapi juga oleh pemulihan fungsi ekosistem dalam mengakumulasi

karbon secara berkelanjutan. Dengan demikian, perlindungan sedimen menjadi sama pentingnya dengan perlindungan tegakan mangrove karena gangguan terhadap sedimen berpotensi melepaskan karbon yang telah tersimpan selama puluhan hingga ratusan tahun.

Hasil penelitian ini juga memperkuat posisi **Pasarbanggi** sebagai kawasan strategis konservasi pesisir. Selain telah ditetapkan sebagai bagian dari **Kawasan Ekosistem Esensial (KEE) Mangrove Pasarbanggi–Tireman**, kawasan ini menunjukkan bukti ilmiah bahwa restorasi mangrove mampu memberikan manfaat nyata bagi mitigasi perubahan iklim melalui peningkatan kapasitas penyimpanan **blue carbon**. Oleh karena itu, Pasarbanggi layak dikembangkan sebagai **model nasional restorasi mangrove berbasis ilmu pengetahuan** (*science-based mangrove restoration*), yang mengintegrasikan konservasi ekosistem, mitigasi perubahan iklim, dan peningkatan kesejahteraan masyarakat pesisir.

Temuan ini memberikan dasar ilmiah yang kuat bagi **Pemerintah Provinsi Jawa Tengah** untuk mengembangkan **Program Blue Carbon Jawa Tengah** sebagai bagian dari implementasi **Nature-based Solutions (NbS)**. Program tersebut dapat mencakup restorasi dan perlindungan mangrove, konservasi sedimen karbon, inventarisasi stok karbon pesisir, pemantauan jangka panjang, serta pengembangan skema pembiayaan karbon. Integrasi kebijakan tersebut tidak hanya mendukung pencapaian target **Nationally Determined Contributions (NDC)** Indonesia, tetapi juga memperkuat ketahanan pesisir terhadap abrasi, banjir rob, dan kenaikan muka air laut, sekaligus menjadikan Jawa Tengah sebagai pelopor pengelolaan **blue carbon** di Indonesia (Gambar 1).



Gambar 1. Infografis Temuan Penelitian dan Implikasi Kebijakan Pengembangan Program Blue Carbon Jawa Tengah

REKOMENDASI KEBIJAKAN

Pemerintah Provinsi Jawa Tengah perlu menjadikan Pasarbanggi sebagai pusat pengembangan ***Program Blue Carbon Jawa Tengah*** dan model nasional restorasi mangrove berbasis ilmu pengetahuan. Program ini dibangun atas lima pilar utama sebagai berikut.

1. Restorasi Mangrove
2. Konservasi Sedimen Karbon
3. Monitoring Blue Carbon
4. Pengembangan Carbon Financing
5. Pemberdayaan Masyarakat



Gambar 2. *Road map* kebijakan *blue carbon* Jawa Tengah

Program Riil untuk Masyarakat Pesisir

Program Blue Carbon Jawa Tengah perlu diterjemahkan ke dalam program pemberdayaan masyarakat yang memberikan manfaat ekonomi langsung, terutama bagi masyarakat pesisir. Program prioritas yang dapat diimplementasikanmeliputi: **(1)** padat karya restorasi dan pemeliharaan mangrove; **(2)** pengembangan *silvofishery* dan perikanan berkelanjutan; **(3)** pengembangan ekowisata dan desa wisata mangrove; **(4)** penguatan UMKM dan produk ekonomi berbasis mangrove; dan **(5)** pemberian insentif berbasis keberhasilan konservasi melalui jasa lingkungan/carbon financing. **Pasarbanggi dapat menjadi lokasi percontohan yang selanjutnya direplikasi pada kawasan pesisir prioritas lainnya di Jawa Tengah.**

Masyarakat pesisir harus menjadi aktor utama dalam pengelolaan mangrove melalui **Program Desa Blue Carbon**, yang mengintegrasikan restorasi dan pemantauan mangrove dengan pengembangan **ekowisata, silvofishery, perikanan berkelanjutan, UMKM produk mangrove, dan jasa lingkungan**. Pemerintah Provinsi Jawa Tengah perlu menyediakan pelatihan, pendampingan usaha, akses pembiayaan, serta insentif berbasis kinerja konservasi agar manfaat ekonomi blue carbon dapat diterima langsung oleh masyarakat pesisir.

Implementasi Program Blue Carbon Jawa Tengah, dengan **Pasarbanggi sebagai lokasi percontohan**, perlu diarahkan untuk menghasilkan manfaat ekologis sekaligus ekonomi melalui **lapangan kerja restorasi mangrove, pengembangan desa wisata blue carbon, silvofishery, penguatan UMKM pesisir, dan skema insentif jasa lingkungan/carbon financing**. Model ini selanjutnya dapat direplikasi pada kawasan pesisir prioritas lainnya di Jawa Tengah.

REFERENSI

Alongi, D. M. (2014). Carbon cycling and storage in mangrove forests. *Annual Review of Marine Science, 6*, 195–219. https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010213-135020

Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience, 4*(5), 293–297. https://doi.org/10.1038/ngeo1123

Griscom, B. W., Adams, J., Ellis, P. W., Houghton, R. A., Lomax, G., Miteva, D. A., Schlesinger, W. H., Shoch, D., Siikamäki, J. V., Smith, P., Woodbury, P., Zganjar, C., Blackman, A., Campari, J., Conant, R. T., Delgado, C., Elias, P., Gopalakrishna, T., Hamsik, M. R., … Fargione, J. (2017). Natural climate solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 114*(44), 11645–11650. https://doi.org/10.1073/pnas.1710465114

Howard, J., Sutton-Grier, A., Herr, D., Kleypas, J., Landis, E., Mcleod, E., Pidgeon, E., & Simpson, S. (2017). Clarifying the role of coastal and marine systems in climate mitigation. *Frontiers in Ecology and the Environment, 15*(1), 42–50. https://doi.org/10.1002/fee.1451

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2020). *Global Standard for Nature-based Solutions: A User-Friendly Framework for the Verification, Design and Scaling Up of Nature-based Solutions*. IUCN.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2022). *Indonesia's Enhanced Nationally Determined Contribution*. Jakarta: Ministry of Environment and Forestry, Republic of Indonesia.

Macreadie, P. I., Costa, M. D. P., Atwood, T. B., Friess, D. A., Kelleway, J. J., Kennedy, H., Lovelock, C. E., Serrano, O., & Duarte, C. M. (2021). Blue carbon as a natural climate solution. *Nature Reviews Earth & Environment, 2*(12), 826–839. https://doi.org/10.1038/s43017-021-00224-1

Pendleton, L., Donato, D. C., Murray, B. C., Crooks, S., Jenkins, W. A., Sifleet, S., Craft, C., Fourqurean, J. W., Kauffman, J. B., Marbà, N., Megonigal, P., Pidgeon, E., Herr, D., Gordon, D., & Baldera, A. (2012). Estimating global "blue carbon" emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems. *PLoS ONE, 7*(9), e43542. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043542

Pemerintah Provinsi Jawa Tengah. (2020). *Keputusan Gubernur Jawa Tengah Nomor 552.52/31 Tahun 2020 tentang Penetapan Kawasan Ekosistem Esensial (KEE) Lahan Basah Mangrove di Jawa Tengah*. Semarang.

Pemerintah Provinsi Jawa Tengah. (2024). *Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 1 Tahun 2024 tentang Rencana Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (RPPLH) Provinsi Jawa Tengah*. Semarang.

Sejati, A. W., Buchori, I., Kurniawati, S., Brana, Y. C., & Fariha, T. I. (2020). Quantifying the impact of industrialization on blue carbon storage in the coastal area of Metropolitan Semarang, Indonesia. *Applied Geography, 124*, 102319. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102319

Soeprobowati, T. R., Sularto, R. B., Hadiyanto, H., Puryono, S., Rahim, A., Jumari, J., & Gell, P. (2024). The carbon stock potential of the restored mangrove ecosystem of Pasarbanggi, Rembang, Central Java. *Marine Environmental Research, 193*, 106257. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2023.106257