



Indeks Antropogenik Mangrove di Kota Tanjungpinang, Provinsi Kepulauan Riau

Mangrove Anthropogenic Index in Tanjungpinang City, Riau Archipelago Province

Sutran Sutran^{1✉}, Ani Suryanti¹, Andi Zulfikar²

¹Magister Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjungpinang, Indonesia 29111

²Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjungpinang, Indonesia 29111

Info Artikel:

Diterima: 4 Oktober 2023

Revisi: 27 Oktober 2023

Disetujui: 7 November 2023

Dipublikasi: 9 November 2023

Keyword:

Spasial, *Environmental Risk Surface* (ERS), Tekanan Antropogenik, Wilayah Pesisir, Mangrove

Penulis Korespondensi:

Sutran

Magister Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjungpinang, Indonesia 29111

Email: tp.sutran@gmail.com



This is an open access article under the [CC-BY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

Copyright © 2023 by Authors.

Published by Program Studi

Manajemen Sumberdaya Perairan

Universitas Maritim Raja Ali Haji.

ABSTRAK. Faktor antropogenik (aktivitas manusia) langsung ataupun tidak langsung menjadi salah satu penyebab utama terjadinya degradasi ekosistem mangrove. Pertumbuhan jumlah penduduk dan meningkatnya kegiatan di wilayah pesisir menyebabkan terjadinya tekanan terhadap ekosistem mangrove baik langsung ataupun tidak langsung. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui indeks risiko antropogenik kawasan mangrove di Kota Tanjungpinang. Penelitian ini dilakukan di Kota Tanjungpinang pada wilayah Kelurahan Dompok, Kelurahan Kampung Bugis dan Kelurahan Senggarang. Penelitian dilakukan dengan teknik penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. Aktivitas antropogenik diidentifikasi menggunakan data citra satelit (*google earth*) yang diverifikasi dengan survei lapangan melalui observasi langsung. Analisis indeks antropogenik menggunakan model *Environmental Risk Surface* (ERS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa di Kota Tanjungpinang, sumber tekanan antropogenik terdiri dari area permukiman, industri galangan kapal, jalan dan dermaga. Indeks risiko antropogenik sangat tinggi berada pada wilayah Kampung Bugis (pesisir selatan, sekitar Sungai Terusan dan sekitar Jembatan Gugus Sungai Carang), Kelurahan Dompok (wilayah sekitar Jembatan Dompok dan sekitar Jembatan Dompok Lama), dan Kelurahan Senggarang (wilayah sekitar Kampung Senggarang dan Tanjung Sebauk).

ABSTRACT. Anthropogenic factors (human activities) directly or indirectly are one of the main causes of mangrove ecosystem degradation. Population growth and increasing activities in coastal areas cause pressure on the mangrove ecosystem, either directly or indirectly. The aim of this research is to determine the anthropogenic risk index for mangrove areas in Tanjungpinang City. This research was conducted in Tanjungpinang City in the Dompok Village, Kampung Bugis Village and Senggarang Village. The research was carried out using remote sensing techniques and geographic information systems. Anthropogenic activities were identified using satellite image data (Google Earth) which was verified by field surveys through direct observation. Anthropogenic index analysis uses the Environmental Risk Surface (ERS) model. The research results show that in Tanjungpinang City, sources of anthropogenic pressure consist of residential areas, shipbuilding industries, roads and docks. The anthropogenic risk index is very high in the Bugis Village area (south coast, around the Kanan River and around the Carang River Cluster Bridge), Dompok Village (the area around the Dompok Bridge and around the Dompok Lama Bridge), and Senggarang Village (the area around Senggarang Village and Tanjung Sebauk).

How to cite this article:

Sutran, S., Suryanti, A., & Zulfikar, A. (2023). *Indeks Antropogenik Mangrove di Kota Tanjungpinang, Provinsi Kepulauan Riau*. Jurnal Akuatiklestari, 7(1): 44-51. DOI: <https://doi.org/10.31629/akuatiklestari.v7i1.6236>

I. PENDAHULUAN

Mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang memiliki fungsi dan manfaat yang beragam. Mangrove menyediakan berbagai jasa ekosistem seperti habitat untuk banyak biota, pemurnian air, stabilisasi garis pantai, keanekaragaman hayati, dan penting bagi industri rekreasi serta pariwisata (Chen *et al.*, 2017). Ekosistem mangrove terkenal karena layanan ekologis dan perannya dalam mendukung mata pencaharian manusia (Kesavan *et al.*, 2021). Ekosistem mangrove adalah ekosistem paling rentan dan terus mengalami degradasi akibat perubahan iklim dan intervensi manusia yang semakin tinggi (DasGupta & Shaw, 2013; Goldberg *et al.*, 2020). Ekosistem mangrove telah mengalami tekanan dan kerusakan sangat tinggi di beberapa wilayah yang diakibatkan oleh faktor lingkungan dan aktivitas manusia (antropogenik). Faktor antropogenik (aktivitas manusia) langsung ataupun tidak langsung menjadi

salah satu penyebab utama terjadinya degradasi ekosistem mangrove. Antropogenik yang banyak mempengaruhi ekosistem mangrove diantaranya adalah ekspansi agropolitan, permukiman, transportasi, industri dan pertambangan (Brown, 2007; Eddy *et al.*, 2016; Winarno *et al.*, 2016). Menurut Lestari (2014), luas ekosistem mangrove di Kota Tanjungpinang sekitar 1.300 hektar, namun mengalami kerusakan akibat kegiatan antropogenik seluas 100 hektar.

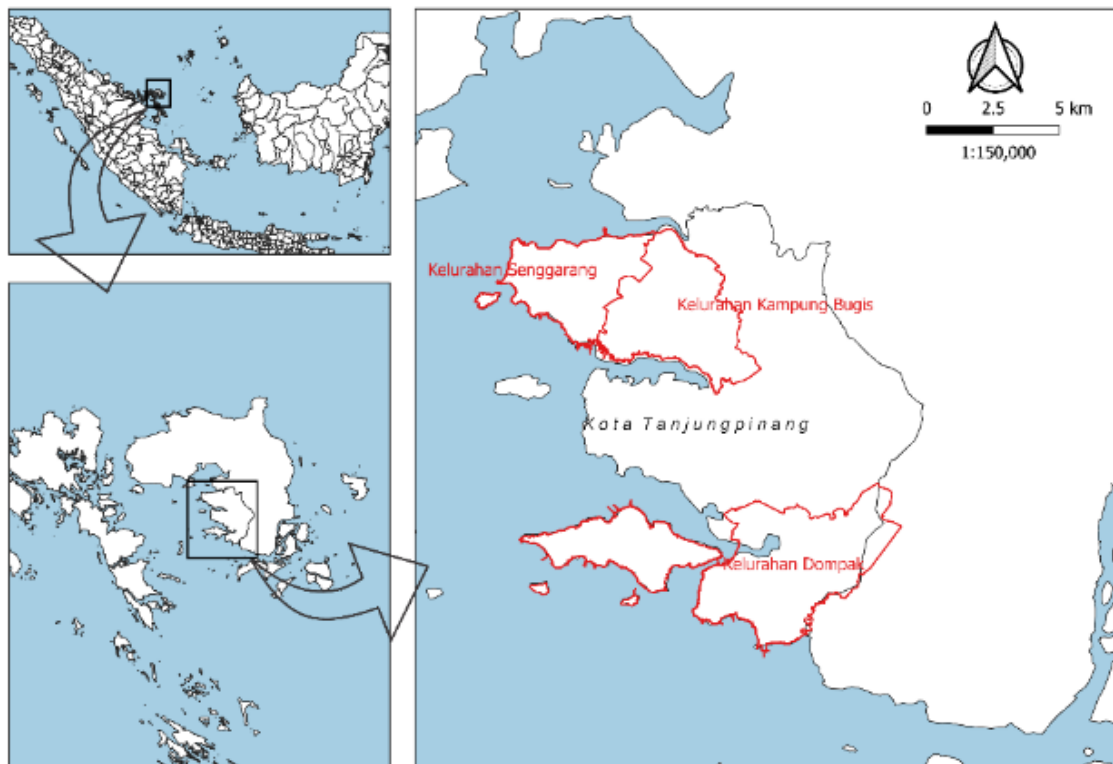
Kota Tanjungpinang merupakan salah satu daerah dengan kepadatan penduduk tertinggi di Provinsi Kepulauan Riau. Pada tahun 2022, jumlah penduduk Kota Tanjungpinang sekitar 239,85 ribu dengan luas wilayah 150,37 km² (BPS Kepulauan Riau, 2023). Permukiman penduduk di wilayah ini banyak berkembang di kawasan pesisir. Menurut Dewi *et al.* (2023), penggunaan lahan oleh bangunan permukiman kota pada tahun 2030 akan mengambil proporsi sebesar 23,97% dari luas wilayah Kota Tanjungpinang.

Pertumbuhan jumlah penduduk dan meningkatnya kegiatan di wilayah pesisir menyebabkan terjadinya tekanan terhadap ekosistem mangrove baik langsung ataupun tidak langsung. Untuk itu, diperlukan kajian yang dapat memberikan gambaran terkait potensi ancaman dari aktivitas manusia terhadap ekosistem mangrove. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui indeks risiko antropogenik kawasan mangrove di Kota Tanjungpinang, Provinsi Kepulauan Riau.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di Kota Tanjungpinang pada wilayah Kelurahan Dompok, Kelurahan Kampung Bugis dan Kelurahan Senggarang. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Juli-Agustus 2023. Peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Global Positioning System* (GPS), *Protected Area Tools* (PAT) version 3.0, ArcMap 10., QGIS 3.16, dan citra satelit. *Global Positioning System* (GPS) digunakan sebagai alat untuk mengambil posisi koordinat di lapangan. *Protected Area Tools* (PAT) merupakan program tambahan (*add-in*) untuk ArcMap yang digunakan dalam analisis indeks antropogenik. ArcMap dan QGIS merupakan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) yang digunakan dalam mengolah dan menganalisis data antropogenik secara spasial. Citra satelit digunakan dalam indentifikasi aktivitas antropogenik di wilayah penelitian.

2.3. Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan dengan teknik penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. Data utama yang digunakan adalah sebaran aktivitas antropogenik (kegiatan sosial-ekonomi) yang terdapat di wilayah penelitian. Data tersebut kemudian dianalisis untuk menghasilkan indeks antropogenik.

2.4. Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder, Data primer berupa aktivitas antropogenik pada wilayah darat yang diidentifikasi menggunakan data citra satelit (*google earth*) dan dilakukan verifikasi kebenaran hasil interpretasi dengan survei lapangan melalui observasi langsung. Data tersebut dipetakan secara spasial. Data sekunder berupa nilai intensitas dan jarak pengaruh aktivitas antropogenik diperoleh melalui tinjauan literatur.

2.5. Analisis Data

Analisis indeks antropogenik menggunakan *Environmental Risk Surface* (ERS). Model ERS bekerja berdasarkan sumber tekanan atau elemen risiko (kegiatan sosial-ekonomi) yang diidentifikasi memiliki dampak negatif terhadap habitat, spesies, atau sistem ekologi yang ditargetkan (Mcperson *et al.*, 2008; Schill & Raber, 2009).

Pembuatan model ERS terlebih dahulu memerlukan penyusunan serangkaian data GIS (*layer data*) yang digambarkan dalam bentuk vektor untuk mewakili sumber tekanan tertentu secara spasial. Selanjutnya, masing-masing vektor diberi nilai intensitas dan jarak pengaruh (*intensity and influence distance*). Intensitas merupakan tingkat risiko terhadap mangrove yang ditentukan dengan skala relatif 0-100, dimana 100 sebagai tingkat risiko tertinggi. Sementara jarak pengaruh merupakan jarak (meter) potensial pengaruh elemen risiko terhadap mangrove. Nilai intensitas dan jarak pengaruh elemen risiko terhadap mangrove diadopsi dari Mcpherson *et al.* (2008).

Tabel 1. Sumber Tekanan, Intensitas dan Jarak Pengaruh Antropogenik pada Ekosistem Mangrove

Sumber Tekanan	Deskripsi	Intensitas	Jarak Pengaruh (m)	Referensi
Permukiman dan/atau industri galangan kapal	Area permukiman	95	500	
Jalan	Arteri	30	60	Mcperson <i>et al.</i> (2008); Informasi dan pengamatan lapangan (2023)
	Kolektor	15	60	
	Lokal	10	30	
	Lingkungan	5	30	
Dermaga	Dermaga besar	70	1500	
	Dermaga kecil	50	700	

Sumber: Mcpherson *et al.* (2008); Informasi dan pengamatan lapangan (2023)

Sumber tekanan untuk permukiman dan/atau industri galangan kapal digambarkan dalam satu lapisan data vektor dengan tipe *polygon*, jalan dengan tipe *polyline*, dan dermaga dengan tipe *point*. *Overlay function* dalam model ERS yang digunakan adalah fungsi *sum* yang bekerja dengan menjumlahkan nilai intensitas masing-masing sumber tekanan untuk menghasilkan risiko kumulatif antropogenik mangrove. Fungsi *sum* merupakan fungsi yang lebih umum digunakan dalam analisis ERS (Schill & Raber, 2009). Hasil analisis ERS berbentuk data *raster*, kemudian diklasifikasi menjadi 5 (lima) kelas menggunakan metode *natural breaks (jenk)* yang didefinisikan sebagai nilai indeks antropogenik

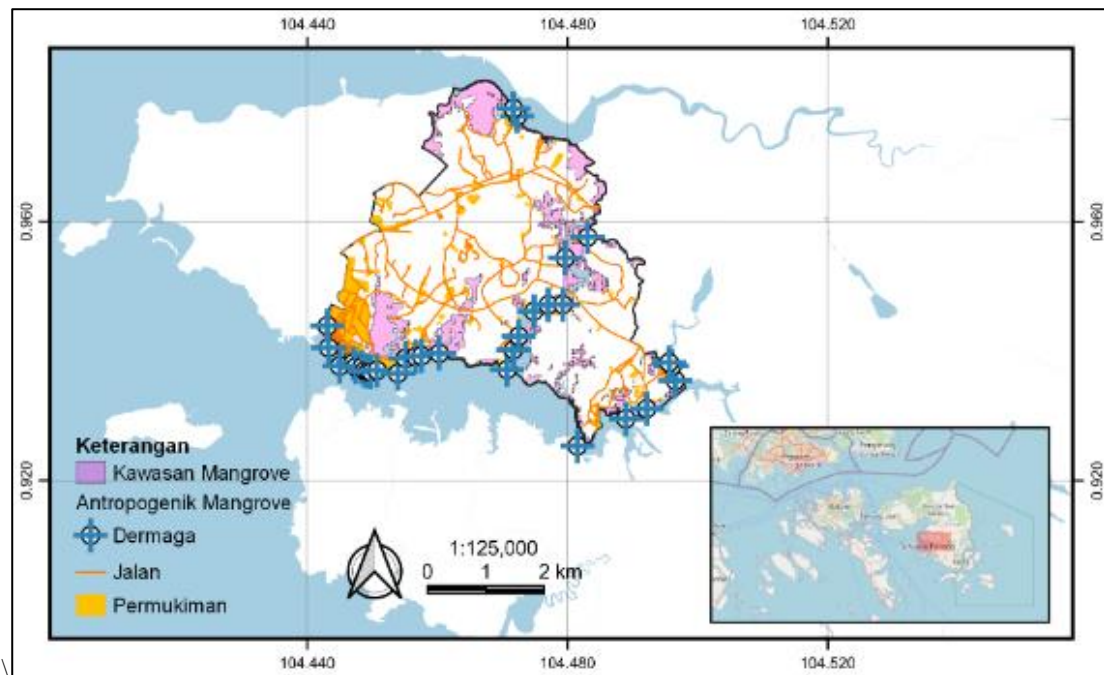
Tabel 2. Kriteria Rentang Nilai dan Kategori ERS

Rentang Nilai	Kategori
<1,73	Sangat Rendah
1,73-29,33	Rendah
29,34-62,19	Sedang
62,20-98,56	Tinggi
>98,56	Sangat Tinggi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Sebaran Sumber Tekanan Antropogenik Mangrove

Sumber tekanan antropogenik yang diidentifikasi memiliki dampak negatif terhadap ekosistem mangrove di 3 lokasi penelitian terdiri dari area permukiman, industri galangan kapal, jalan, dan dermaga. Antropogenik yang banyak mempengaruhi ekosistem mangrove diantaranya adalah ekspansi agropolitan, permukiman, transportasi, industri dan pertambangan (Brown, 2007; Eddy *et al.*, 2016; Winarno *et al.*, 2016). Sumber tekanan yang terdapat di sekitar mangrove pada wilayah Kelurahan Kampung Bugis disajikan pada Gambar 2, selanjutnya Kelurahan Senggarang disajikan pada Gambar 3 didominasi oleh area permukiman dan dermaga, sementara di Kelurahan Dompok disajikan pada Gambar 4 didominasi oleh jalan dan dermaga. Sumber tekanan yang didefinisikan sebagai elemen risiko dalam ERS masing-masing diberi nilai intensitas dan jarak pengaruh.

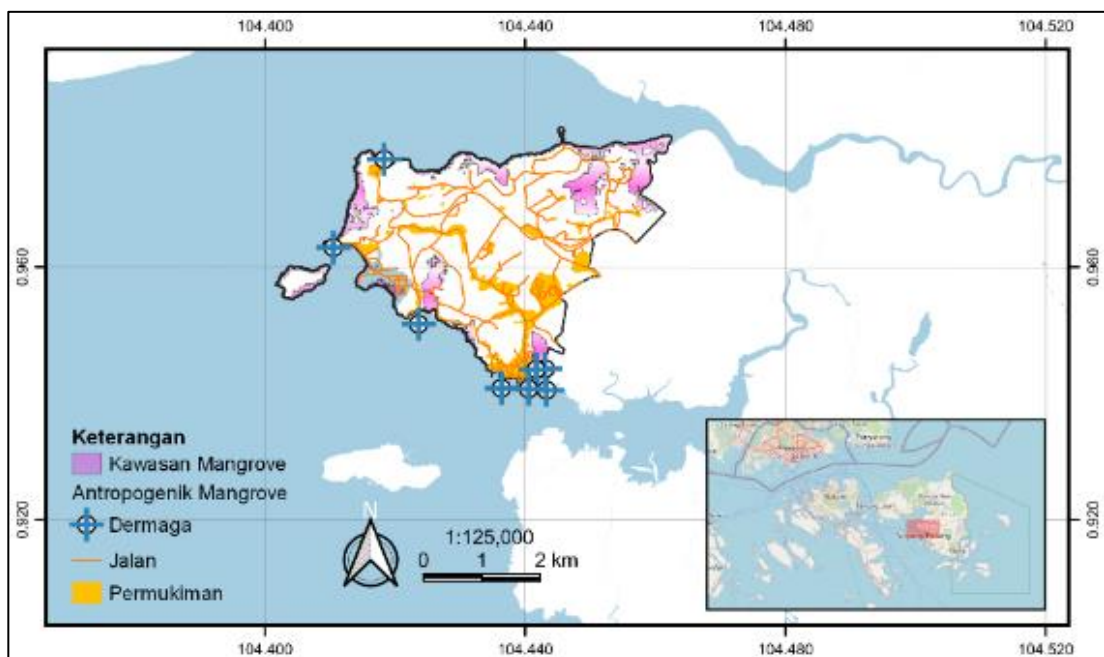


Gambar 2. Sebaran Sumber Tekanan Antropogenik Kelurahan Kampung Bugis

Sumber tekanan antropogenik mangrove di Kelurahan Kampung Bugis terdiri dari area permukiman dan/atau industri galangan kapal, jalan lingkungan, jalan lokal, jalan kolektor, jalan arteri, dermaga kecil dan dermaga besar. Secara rinci sumber tekanan antropogenik mangrove di Kelurahan Kampung Bugis disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Sumber Tekanan Antropogenik Mangrove di Kelurahan Kampung Bugis

Sumber Tekanan	Type Layer	Intensitas	Jarak Pengaruh (m)
Permukiman dan/atau industri galangan kapal	<i>polygon</i>	95	500
Jalan Lingkungan	<i>polyline</i>	5	30
Jalan Lokal	<i>polyline</i>	10	30
Jalan Kolektor	<i>polyline</i>	15	60
Jalan Arteri	<i>polyline</i>	30	60
Dermaga Besar	<i>point</i>	70	1500
Dermaga Kecil	<i>point</i>	50	700

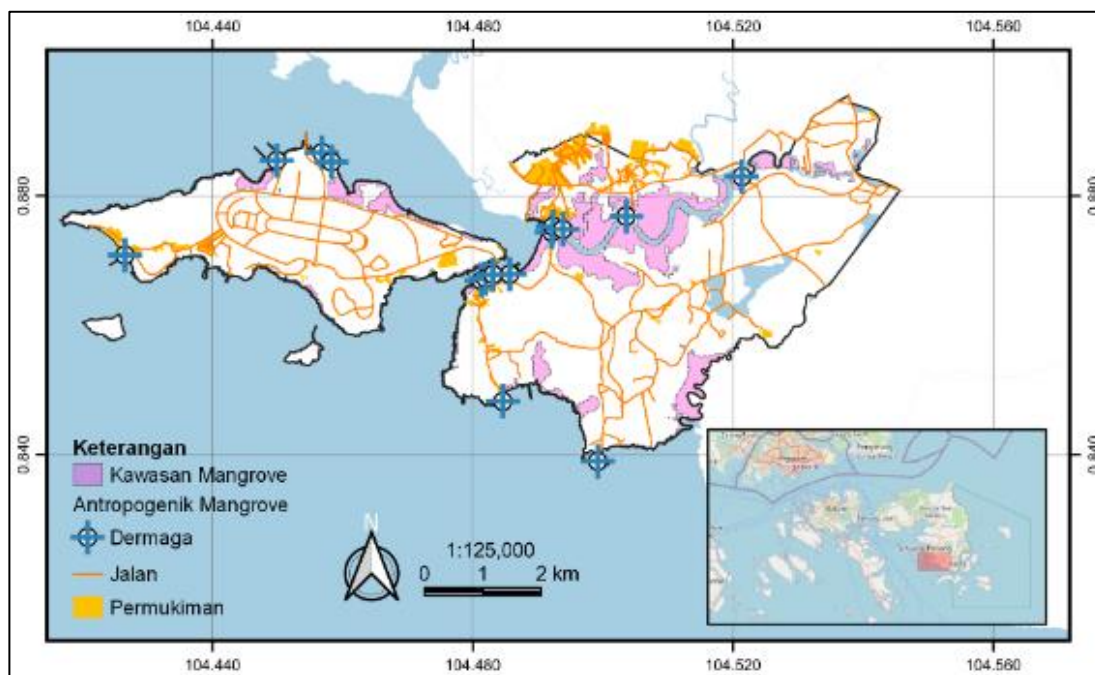


Gambar 3. Sebaran Sumber Tekanan Antropogenik Kelurahan Senggarang

Sumber tekanan antropogenik mangrove di Kelurahan Senggarang terdiri dari area permukiman, jalan lingkungan, jalan lokal, jalan kolektor, jalan arteri dan dermaga kecil. Secara rinci sumber tekanan antropogenik mangrove di Kelurahan Senggarang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Sumber Tekanan Antropogenik Mangrove di Kelurahan Senggarang

Sumber Tekanan	Type Layer	Intensitas	Jarak Pengaruh (m)
Permukiman	<i>polygon</i>	95	500
Jalan Lingkungan	<i>polyline</i>	5	30
Jalan Lokal	<i>polyline</i>	10	30
Jalan Kolektor	<i>polyline</i>	15	60
Jalan Arteri	<i>polyline</i>	30	60
Dermaga Kecil	<i>point</i>	50	700



Gambar 4. Sebaran Sumber Tekanan Antropogenik Kelurahan Dompok

Sumber tekanan antropogenik mangrove di Kelurahan Dompok terdiri dari area permukiman, jalan lingkungan, jalan lokal, jalan kolektor, jalan arteri, dermaga kecil dan dermaga besar. Secara rinci sumber tekanan antropogenik mangrove di Kelurahan Dompok disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Sumber Tekanan Antropogenik Mangrove di Kelurahan Dompok

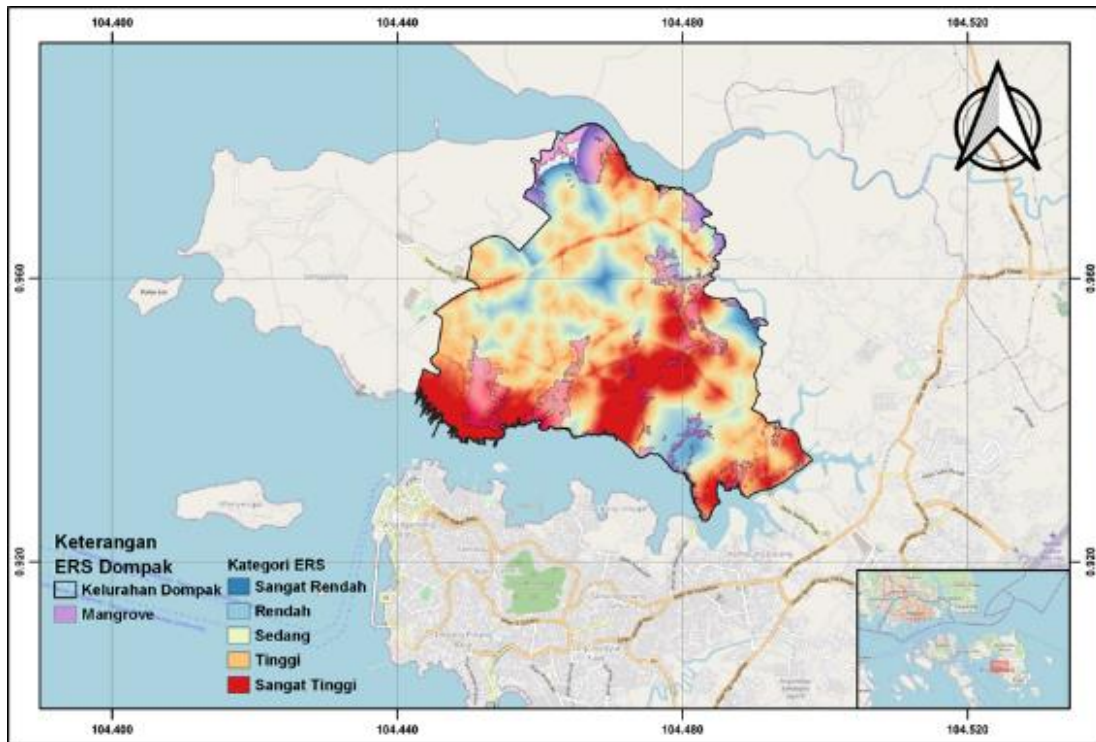
Sumber Tekanan	Type Layer	Intensitas	Jarak Pengaruh (m)
Permukiman	<i>polygon</i>	95	500
Jalan Lingkungan	<i>polyline</i>	5	30
Jalan Lokal	<i>polyline</i>	10	30
Jalan Kolektor	<i>polyline</i>	15	60
Jalan Arteri	<i>polyline</i>	30	60
Dermaga Besar	<i>point</i>	70	1500
Dermaga Kecil	<i>point</i>	50	700

3.2. Indeks Risiko Antropogenik Mangrove

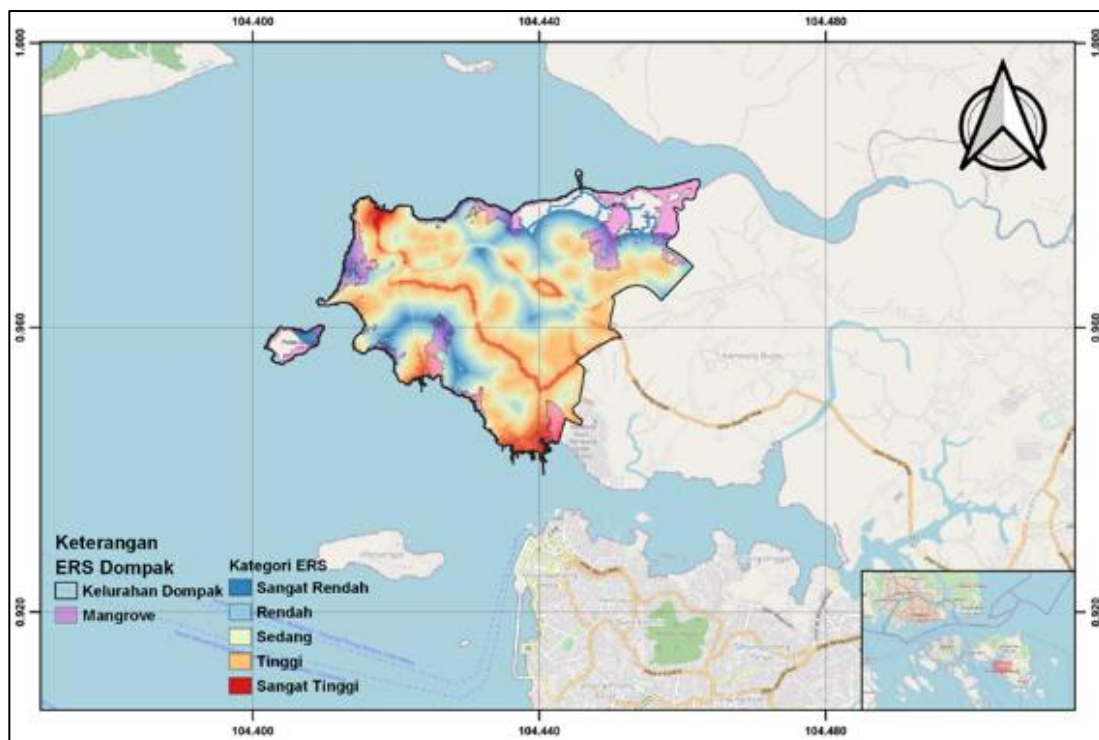
Analisis indeks risiko antropogenik dilakukan mengikuti kerangka kerja modul *Protected Area Tools* yaitu *Environmental Risk Surface* (ERS). Model ERS merupakan alat yang umum digunakan dalam perencanaan untuk mendukung penentuan kawasan konservasi (Mcpherson et al., 2008). Model ERS menganalisis sumber tekanan dilokasi penelitian yang telah diidentifikasi memiliki dampak negatif terhadap ekosistem mangrove.

Berdasarkan hasil analisis, wilayah Kelurahan Kampung Bugis, Kelurahan Senggarang dan Kelurahan Dompok termasuk dalam area dengan indeks risiko antropogenik mangrove kategori sangat rendah hingga sangat tinggi. Wilayah yang memiliki kategori sangat tinggi berada di pesisir selatan, sekitar Sungai Terusan dan sekitar Jembatan Gugus Sungai Carang Kelurahan Kampung Bugis disajikan pada Gambar 5, sekitar Kampung Senggarang dan Tanjung

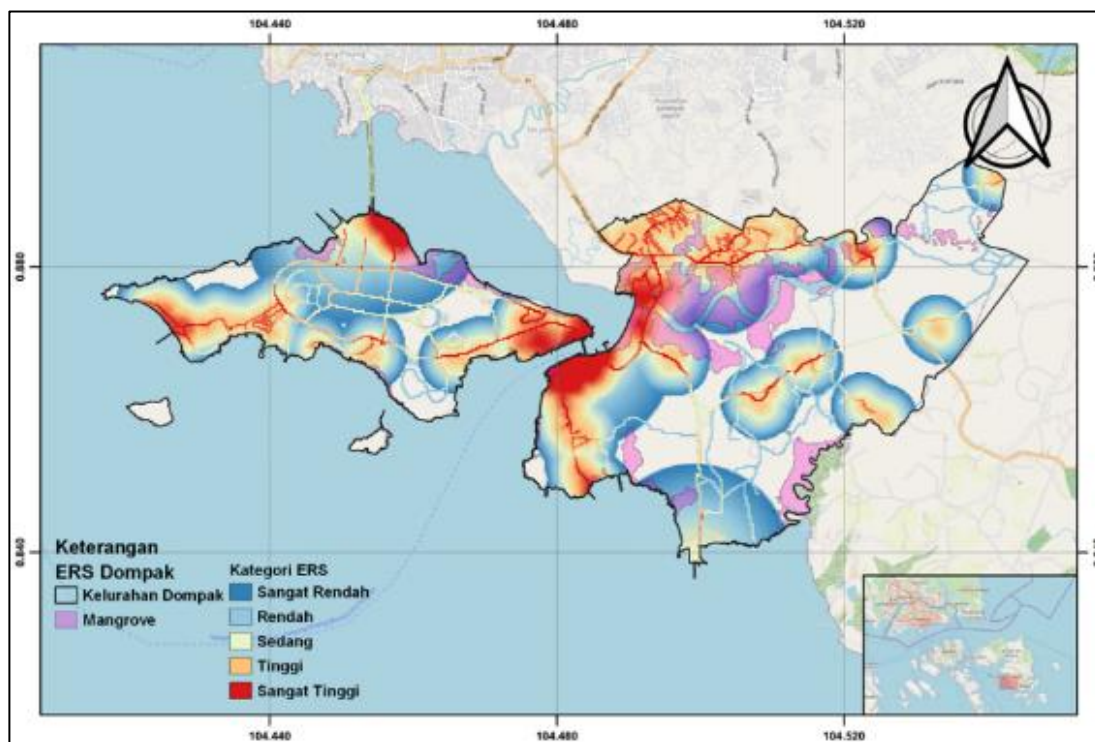
Sebaik Kelurahan Senggarang disajikan pada Gambar 6, sekitar Jembatan Dompok dan sekitar Jembatan Dompok Lama Kelurahan Dompok disajikan pada Gambar 7. Wilayah-wilayah tersebut termasuk dalam kategori sangat tinggi karena keberadaan sumber-sumber tekanan yang bersifat kumulatif. Ekosistem mangrove yang berada disekitar wilayah dengan risiko antropogenik sangat tinggi berpotensi mengalami degradasi. Meskipun tidak semua aktivitas manusia dapat dianggap memiliki risiko terhadap ekosistem mangrove, namun dari hasil analisis indeks risiko antropogenik ini memberikan gambaran bahwa dalam menentukan kawasan mangrove yang perlu dilakukan rehabilitasi yaitu wilayah yang memiliki risiko antropogenik sangat rendah. Hal ini didasari asumsi sederhana bahwa suatu habitat, spesies, atau sistem ekologi akan lebih mungkin bertahan dalam jangka panjang di wilayah dengan tingkat tekanan dari keberadaan aktivitas manusia yang rendah (Mcpheerson *et al.*, 2008).



Gambar 5. Peta Indeks Risiko Antropogenik Kelurahan Kampung Bugis



Gambar 6. Peta Indeks Risiko Antropogenik Kelurahan Senggarang



Gambar 7. Peta Indeks Risiko Antropogenik Kelurahan Dompak

Sangat tingginya indeks risiko antropogenik mangrove di beberapa wilayah pada lokasi penelitian berbanding lurus dengan tingginya kepadatan penduduk dan perkembangan permukiman di wilayah pesisir. Selama kurun waktu 10 tahun, kawasan permukiman menjadi jenis penggunaan lahan dengan penambahan luas terbesar di Kota Tanjungpinang (Dewi *et al.*, 2023). Peningkatan kawasan permukiman di wilayah pesisir akan memicu munculnya sarana-prasarana penunjang aktivitas manusia berupa akses transportasi jalan dan dermaga. Menurut Anugrah *et al.*, (2022), kompleksitas pengelolaan pesisir cenderung dibagi menurut batas administrasi yang umumnya tidak memiliki relevansi ekologis. Hal ini kemudian dapat terus meningkatkan tekanan yang mengkhawatirkan terhadap keberadaan ekosistem mangrove. Oleh karena itu, wilayah dengan risiko antropogenik mangrove sangat tinggi perlu dilakukan penataan untuk menekan perkembangan permukiman, industri, jalan dan dermaga yang mengarah ke kawasan mangrove.

4. SIMPULAN

Sumber tekanan antropogenik yang diidentifikasi memiliki dampak negatif terhadap ekosistem mangrove di 3 lokasi penelitian terdiri dari area permukiman, industri galangan kapal, jalan, dan dermaga. Secara umum, wilayah Kelurahan Kampung Bugis, Kelurahan Senggarang dan Kelurahan Dompak termasuk dalam area dengan indeks risiko antropogenik mangrove kategori sangat rendah hingga sangat tinggi. Wilayah yang memiliki kategori sangat tinggi berada di pesisir selatan, sekitar Sungai Terusan dan sekitar Jembatan Gugus Sungai Carang Kelurahan Kampung Bugis, sekitar Kampung Senggarang dan Tanjung Sebauk Kelurahan Senggarang, sekitar Jembatan Dompak dan sekitar Jembatan Dompak Lama Kelurahan Dompak. Wilayah-wilayah tersebut termasuk dalam kategori sangat tinggi karena keberadaan sumber-sumber tekanan yang bersifat kumulatif.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait atas partisipasinya yang telah berkontribusi dalam bentuk apapun, termasuk Program Magister Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Maritim Raja Ali Haji yang telah membantu dengan memberikan masukan dan saran dalam penelitian ini.

6. REFERENSI

- Anugrah, S., Sutran, S., Faisal, L.M., Andrial, A., Agrianty, R., Zulfikar, A., & Apdillah, D. (2022). Analisis Keselarasan Integrasi RZWP3K dan RTRW Provinsi Kepulauan Riau (Kasus: Lingkungan Pesisir Pulau Bintan). *Journal of Marine Research*. 11(3): 455-466. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i3.31691>
- BPS Kepulauan Riau. (2023). Provinsi Kepulauan Riau Dalam Angka 2023. BPS Kepulauan Riau. Tanjungpinang. 780p.
- Brown, B. (2007). *Resilience Thinking Applied to the Mangroves of Indonesia*. IUCN & Mangrove Action Project. Yogyakarta, Indonesia. 53p.
- Budiman, S., Prayoga, I. R., Karim, Z.A., & Junriana, J. (2023). Fungsi Koordinasi Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Provinsi Kepulauan Riau dan Dinas Lingkungan Hidup Kota Tanjungpinang dalam Pengawasan Hutan Mangrove di Kota Tanjungpinang. *Governance: Jurnal Ilmu Pemerintahan*. 11(1): 1-15. <https://doi.org/10.33558/governance.v11i1.5891>

- Chen, B., Xiao, X., Li, X., Pan, L., Doughty, R., Ma, J., ... & Giri, C. (2017). A mangrove forest map of China in 2015: Analysis of time series Landsat 7/8 and Sentinel-1A imagery in Google Earth Engine cloud computing platform. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 131: 104-120. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.07.011>
- DasGupta, R., & Shaw, R. (2013). Cumulative impacts of human interventions and climate change on mangrove ecosystems of South and Southeast Asia: an overview. *Journal of Ecosystems*. 2013(379429): 1-15. <https://doi.org/10.1155/2013/379429>
- Dewi, C.C., Pavitasari, A.E., & Pribadi, D.O. (2023). Arahan Pengembangan Kawasan Permukiman di Kota Tanjungpinang Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 25(1): 7-18. <https://doi.org/10.29244/jitl.25.1.7-18>
- Dharmawan, I.W.E., Suyarso, Yaya, I.U., Prayudha, B., & Pramudji. (2020). *Panduan Monitoring Struktur Komunitas Mangrove di Indonesia* (Cetakan I). Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. PT Media Sains Nasional. Bogor.
- Eddy, S., Mulyana, A., Ridho, M.R., & Iskandar, I. (2016). Dampak Aktivitas Antropogenik Terhadap Degradasi Hutan Mangrove di Indonesia. *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan*. 2(2): 292-306. <https://doi.org/10.31219/osf.io/xd9cb>
- Goldberg, L., Lagomasino, D., Thomas, N., & Fatoyinbo, T. (2020). Global declines in human-driven mangrove loss. *Global Change Biology*. 26: 5844-5855. <https://doi.org/10.1111/gcb.15275>
- Kesavan, S., Xavier, K.M., Deshmukhe, G., Jaiswar, A.K., Bhusan, S., & Shukla, S.P. (2021). Anthropogenic pressure on mangrove ecosystems: Quantification and source identification of surficial and trapped debris. *Science of the Total Environment*. 794: 148677. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148677>
- Lestari, F. (2014). Komposisi jenis dan sebaran ekosistem mangrove di kawasan pesisir Kota Tanjungpinang, Kepulauan Riau. *Jurnal Dinamika Maritim*. 4(1): 68-75.
- McPherson, G., Simpson, J., Marconett, D., Peper, P., & Aguaron, E. (2008). Urban Forestry and Climate Change. (from <http://www.fs.fed.us/ccrc/topics/urban-forests/>)
- Schill, S., & Raber, G. (2009). *Protected Area Tools (PAT) for ArcGIS 9.3 Version 3.0: User Manual and Tutorial*. The Inter-American Biodiversity Information Network (IABIN) and The World Bank Development Grant Facility (DGF). 75p.
- Winarno, S., Effendi, H., & Damar, A. (2016). Tingkat Kerusakan dan Estimasi Nilai Klaim Kerusakan Ekosistem Mangrove di Teluk Bintan, Kabupaten Bintan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 8(1): 115-128. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v8i1.12500>