

Tersedia online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jkpt>

Estimating Population Abundance of Seahorse in Sebong Bay, Bintan Island

Pendugaan Kelimpahan Populasi Kuda Laut di Perairan Teluk Sebong, Pulau Bintan

Supradianto Nugroho^{1*}, Nur Fadhilah², dan Tri Nur Sujatmiko²

¹Loka Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Laut (LPSPL) Serang

Jl. Raya Carita Km 4.5, Caringin, Labuan, Pandeglang

²Balai Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Laut (BPSPL) Padang

Jl. Raya Pertanian, Sei Duo-Sungai Lareh, Lubuk Minturun, Koto Tangah, Padang

E-mail: supradianto.nugroho@kkp.go.id

(Diterima: 20 Oktober 2022; Diterima setelah perbaikan: 10 Januari 2023; Disetujui: 24 Agustus 2023)

ABSTRACT

The decline in seahorse populations in the wild due to high fishing activity and habitat degradation prompted the inclusion of all seahorse species in Appendix II of CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) in 2002. By being included in Appendix II of CITES, data and information on the abundance of seahorse populations become crucial as the basis for determining the quota for fishing and trade. Estimating population abundance of seahorse requires knowledge of habitat area, which can be modeled using the MaxEnt (maximum entropy). In this study, an estimation of the abundance of seahorses was carried out in the waters of Sebong Bay, Bintan Island. MaxEnt modeling was implemented with data on seahorse presence locations and environmental parameter maps consisting of chlorophyll-a as primary productivity parameter, benthic habitat as habitat type parameter, and dissolved oxygen, salinity, and pH as physiological parameters. From this model, the value of the area of suitable habitat for seahorses is 54,6 ha, while the density of seahorse in this area is 60 ind/ha, so it can be determined that the abundance of seahorses in the Sebong Bay is 3.276 individuals. Therefore, seahorse population in Sebong Bay is critically endangered since it is below the number of individuals that required to prevent the loss of quantitative genetic variation in a species.

KEYWORDS: Seahorse abundance; habitat suitability; MaxEnt; Sebong Bay

ABSTRAK

Penurunan populasi kuda laut di alam akibat tingginya aktivitas penangkapan dan degradasi habitat mendorong dimasukkannya semua spesies kuda laut ke dalam Appendix II CITES (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*) pada tahun 2002. Masuknya kuda laut ke dalam Appendix II CITES, data dan informasi mengenai kelimpahan populasinya dapat menjadi dasar penentuan kuota pengambilan dan perdagangannya. Pendugaan kelimpahan populasi kuda laut memerlukan informasi luasan habitatnya, yang dapat dimodelkan menggunakan metode MaxEnt (*maximum entropy*). Pada kajian ini, dilakukan pendugaan kelimpahan kuda laut di perairan Teluk Sebong, Pulau Bintan. Pemodelan MaxEnt dilakukan dengan data titik lokasi perjumpaan kuda laut dan peta parameter lingkungan yang terdiri dari klorofil-a sebagai parameter produktivitas primer, habitat bentik sebagai parameter jenis habitat, serta oksigen terlarut, salinitas, dan pH sebagai parameter fisiologi. Berdasarkan model ini, didapatkan nilai luasan habitat yang sesuai untuk kuda laut sebesar 54,6 ha, sedangkan kepadatan kuda laut di perairan Teluk Sebong sebesar 60 ind./ha, sehingga dapat ditentukan nilai kelimpahan kuda laut di perairan Teluk Sebong sebesar 3.276 individu. Oleh karena itu, populasi kuda laut di perairan Teluk

* Korespondensi: Loka Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Laut (LPSPL) Serang
E-mail: supradianto.nugroho@kkp.go.id

Sebong tergolong kritis karena jumlahnya di bawah jumlah minimal individu yang diperlukan untuk mencegah hilangnya variasi genetik.

KATA KUNCI: Kelimpahan kuda laut; kesesuaian habitat; MaxEnt; Teluk Sebong

PENDAHULUAN

Kuda laut banyak diperdagangkan, lokal maupun internasional, untuk bahan obat tradisional dan ikan hias akuarium (Giles et al., 2006). Kebanyakan kuda laut merupakan hasil tangkapan sampingan dari alat tangkap *non-selective* yang umumnya dilakukan oleh nelayan tradisional. Selain adanya ancaman oleh penangkapan berlebih, populasi kuda laut juga terancam oleh hilangnya habitat karena kerusakan karang, habitat lamun, dan makroalga (Vincent et al., 2011). Degradasi habitat dan tekanan yang timbul dari penangkapan kuda laut di seluruh dunia mendorong dimasukkannya semua spesies kuda laut, yaitu 41 spesies dalam genus tunggal *Hippocampus* (Lourie et al., 2016), ke dalam Appendix II CITES (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*) sejak tahun 2002. Kuda laut merupakan jenis ikan pertama yang diusulkan ke dalam kategori Appendix II CITES. Dengan masuknya kuda laut ke dalam Appendix II CITES, data dan informasi mengenai populasi kuda laut menjadi sangat penting untuk penentuan kuota pengambilan dan perdagangannya.

Kajian mengenai populasi kuda laut telah dilakukan menggunakan metode survey, seperti ikan demersal pada umumnya, yaitu *Underwater Visual Census* (UVC) yang menghasilkan informasi berupa kepadatan kuda laut dalam satuan individu per luas area (Saraswati & Pebriani, 2016; Putri et al., 2019). Informasi ini sulit diimplementasikan dalam penentuan kuota pengambilan karena sulit menentukan luasan habitat kuda laut sebenarnya, di mana kuda laut dikenal sebagai jenis ikan yang memiliki mobilitas rendah dan wilayah jelajah kecil (Foster & Vincent, 2004) yang membuat kuda laut terdistribusi tidak merata di perairan (Perera et al., 2017). Untuk itu, diperlukan peta sebaran habitat yang akurat sehingga dapat dihitung nilai luasan habitat kuda laut yang jika dikalikan dengan nilai kepadatannya akan didapatkan estimasi kelimpahan populasinya (Zeng et al., 2015).

Peta sebaran suatu spesies dapat dibuat menggunakan model sebaran spesies (*Species Distribution Model*). Model ini dibangun berdasarkan berbagai algoritma yang menghubungkan kemunculan spesies dan kovariat ekologi (sebagai model prediktor) berdasarkan konsep relung ekologi (*ecological niche*), yaitu spesies memilih habitatnya berdasarkan kesesuaiannya dengan berbagai faktor lingkungan sekitarnya (Zhang & Vincent, 2018). Tantangan dalam membuat peta sebaran kuda laut yaitu keterbatasan

data. Salah satu model sebaran spesies yang dapat digunakan dengan data yang terbatas yaitu MaxEnt (*maximum entropy*) di mana hanya membutuhkan input berupa beberapa set data lingkungan dan titik perjumpaan yang terbatas untuk memodelkan probabilitas distribusi spesies spesifik sesuai dengan kondisi lingkungannya (Phillips et al., 2017).

Kajian ini bertujuan untuk memprediksi kepadatan populasi dan memetakan habitat kuda laut di perairan untuk kemudian dihitung estimasi kelimpahannya. Informasi mengenai kelimpahan populasi ini diharapkan dapat digunakan sebagai dasar penentuan kuota pengambilan dan perdagangan kuda laut, serta untuk mengetahui status kelestariannya.

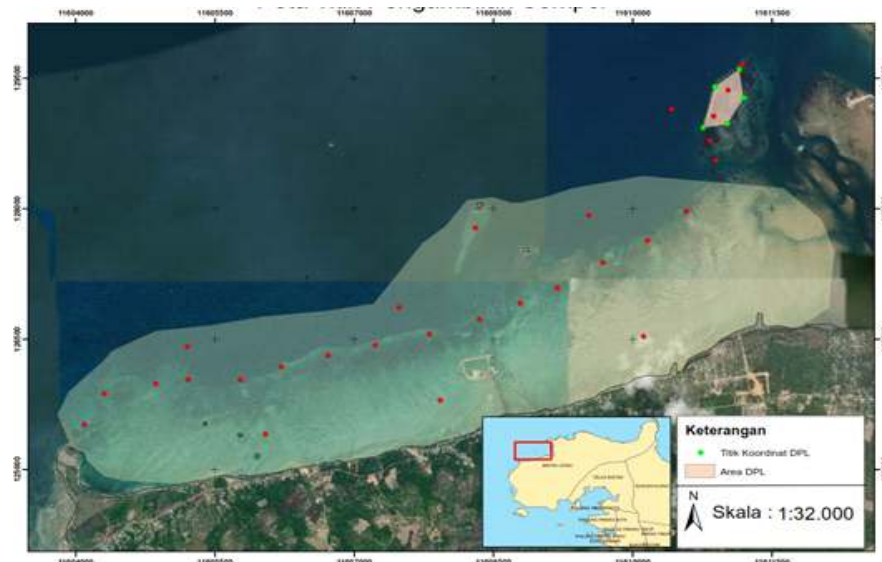
BAHAN DAN METODE

Kajian dilaksanakan di perairan Teluk Sebong, Pulau Bintan, di mana terdapat nelayan yang menangkap kuda laut di alam untuk dijual dalam bentuk kering sebagai bahan obat tradisional. Aktivitas perikanan kuda laut di sini dilakukan dengan cara tradisional, yaitu menangkap langsung dengan tangan, kuda laut yang menempel di rumput laut dan lamun ketika kondisi perairan surut. Kuda laut yang ditemukan yaitu dari jenis kuda laut ekor macan (*Hippocampus comes*).

Pemetaan habitat kuda laut dengan pemodelan sebaran spesies dilakukan menggunakan *software* MaxEnt versi 3.4.3 (Phillips, 2017), dengan input data berupa titik lokasi perjumpaan kuda laut dan peta parameter lingkungan. Survey pendataan lokasi perjumpaan kuda laut dilakukan pada tanggal 29 – 30 November 2020 (musim hujan) dan 11 Februari 2021 (musim kering). Parameter lingkungan yang digunakan yaitu: klorofil-a sebagai parameter produktivitas primer, habitat bentik sebagai parameter jenis habitat, serta oksigen terlarut, salinitas dan pH sebagai parameter fisiologi (Zhang, 2019). Peta klorofil-a didapat dari pengolahan citra Sentinel-2 menggunakan algoritma *normalized difference chlorophyll index* (NDCI) yang dijelaskan oleh Buma & Lee (2020) sebagai berikut:

$$NDCI = (\text{band5}) - (\text{band4}) / (\text{band5}) + (\text{band4})$$

Untuk membuat peta parameter lingkungan lainnya, dilakukan pengambilan data habitat bentik, oksigen terlarut, salinitas, dan pH di beberapa titik pengamatan (Gambar 1) pada tanggal 29 November 2020. Penentuan titik pengamatan secara acak berdasarkan keterwakilan kedalaman perairan serta rona penampakan citra satelit. Pengambilan data oksigen



Gambar 1. Peta titik pengambilan sampel

Figure 1. Sampling points map

terlarut, salinitas, dan pH menggunakan alat multimeter AquaCombo HM3070. Analisis interpolasi dengan metode kriging dilakukan untuk membuat peta oksigen terlarut, salinitas, dan pH. Metode kriging merupakan metode analisis geostatistika untuk menduga suatu titik yang tidak tersampel berdasarkan titik sampel yang berada di sekitarnya. Model yang digunakan adalah model *structural semivariogram*. Metode kriging merupakan metode untuk menginterpolasi suatu kandungan atau nilai berdasarkan titik sampel yang diambil secara acak pada titik-titik yang tidak beraturan (al Aswant, 2016).

Untuk membuat peta habitat bentik, dilakukan pengamatan habitat bentik secara visual, dengan mengelompokkan dasar perairan menjadi empat yaitu makroalga (*Sargassum* sp) dan terumbu karang, lamun, pasir, dan perairan sebagai input dalam pengolahan citra dengan metode klasifikasi tertimbang. Klasifikasi tertimbang (*supervised classification*) merupakan cara yang dilakukan untuk mengelompokkan setiap piksel-piksel yang memiliki karakteristik yang sama untuk diidentifikasi dan ditetapkan dalam satu warna (Sampurno & Thoriq, 2016). Klasifikasi tertimbang (*supervised classification*) memiliki beberapa metode, penelitian ini menggunakan klasifikasi *supervised maximum likelihood*. Metode klasifikasi *maximum likelihood* menggunakan nilai statistik probabilitas pada setiap sampel kelas objek dibandingkan dengan kelas objek lainnya untuk mengurangi piksel yang tidak terklasifikasi melalui pengaturan nilai batas (Hafizt et al., 2017). Menurut Marini et al. (2014) nilai piksel yang terdapat pada citra menjadi pedoman untuk klasifikasi *maximum likelihood* selanjutnya membuat training sampel untuk dikategorikan menjadi beberapa kelas namun pemilihan training sampel yang kurang

tepat akan mengakibatkan tidak maksimalnya nilai akurasi. Pengolahan citra Sentinel-2 dan analisis spasial dilakukan menggunakan *software* QGIS 3.8.

Pemodelan sebaran spesies dengan *software* MaxEnt memerlukan input berupa data titik lokasi perjumpaan dalam format *comma separated file* (*.csv) dan peta parameter lingkungan dalam format ASCII raster (*.asc). Peta parameter lingkungan ini harus dalam resolusi dan dimensi yang seragam. MaxEnt menggunakan pendekatan *machine learning* di mana dalam membangun model data dibagi secara acak menjadi 2 kategori, *training data* (75%) dan *test data* (25%). *Training data* digunakan untuk membangun model, sedangkan *test data* digunakan untuk menguji tingkat keakuratan model yang diperoleh. Kesesuaian model ditentukan dari nilai *area under the curve* (AUC), yaitu model sesuai jika nilai AUC mendekati 1. Model dibangun dengan menggunakan *default value* untuk *regulation parameters* (1), *maximum iteration* (5.000), dan *automatic feature class selection* (Phillips, 2017). *Cross-validation procedure* digunakan untuk mengevaluasi kinerja model, serta *jackknife procedure* dilakukan untuk mengetahui parameter lingkungan apa yang paling berpengaruh dalam sebaran kuda laut (Merow et al., 2013).

Berdasarkan hasil analisis MaxEnt, kesesuaian habitat kuda laut dibagi menjadi lima kategori seperti tertera pada Tabel 1 (Latifiana, 2018). Luasan habitat

Tabel 1. Sea horse's habitat suitability category

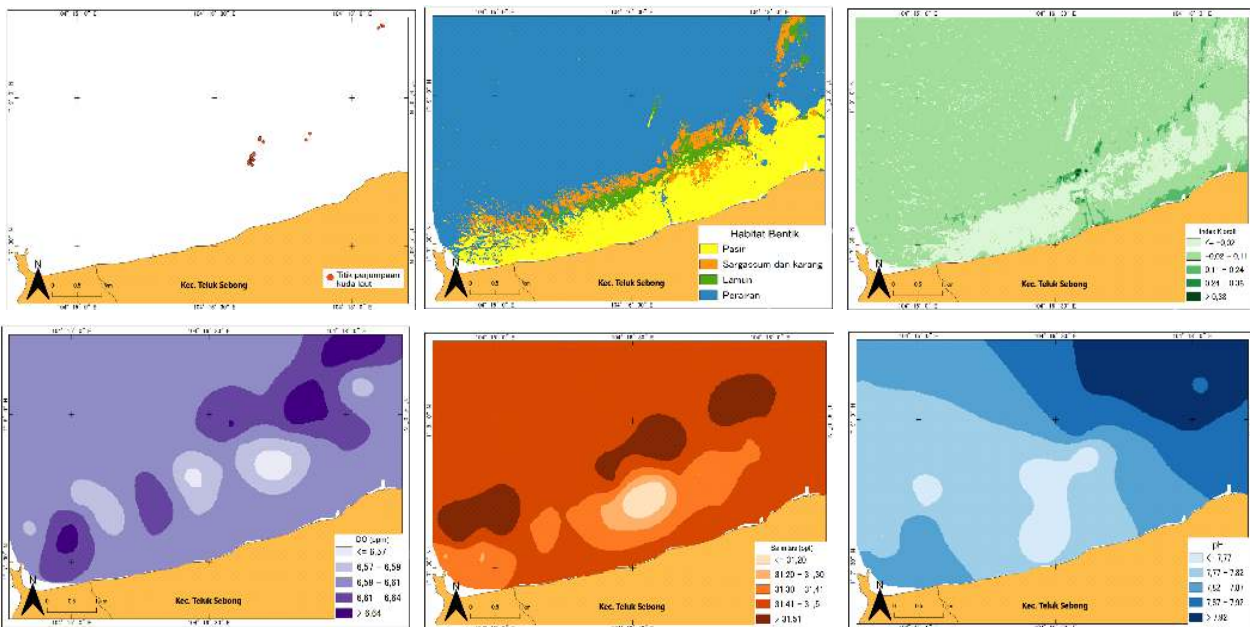
Nilai MaxEnt	Kesesuaian Habitat
0 – 0,25	Tidak sesuai
0,26 – 0,50	Kurang sesuai
0,51 – 0,75	Sesuai
0,76 – 1,00	Sangat sesuai

kuda laut ditetapkan sebagai area yang masuk dalam kategori sesuai dan sangat sesuai. Kemudian, estimasi populasi kuda laut dihitung dengan mengalikan luas habitat dengan nilai kepadatan populasinya.

HASIL DAN BAHASAN

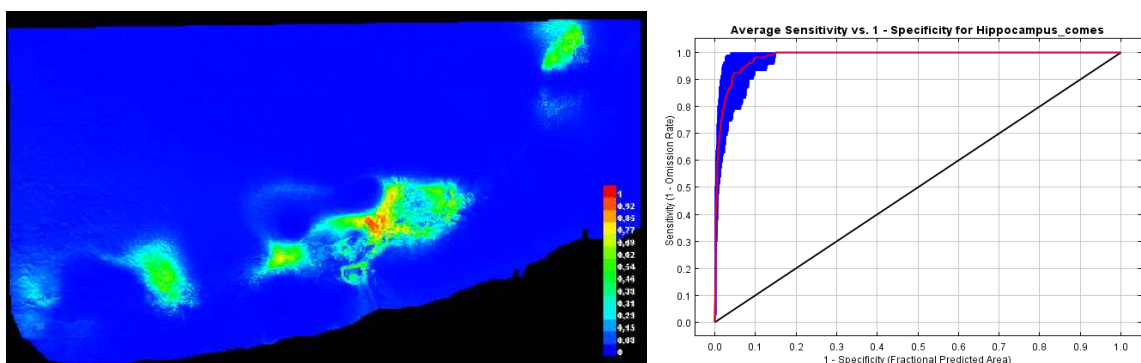
Berdasarkan survey titik perjumpaan kuda laut didapatkan 50 ekor kuda laut dengan sebaran seperti yang tersaji pada Gambar 2a, sedangkan hasil klasifikasi tertimbang untuk habitat benthik tersaji pada Gambar 2b. Pengolahan citra Sentinel-2 dengan algoritma NDCI menghasilkan nilai yang berkisar antara -0,02 hingga 0,38 (Gambar 2c). Pengukuran parameter oksigen terlarut berkisar antara 5,6 hingga 7,5 ppm, salinitas berkisar antara 30,7 hingga 31,6 ppt, dan pH berkisar antara 7,7 hingga 7,97 (Gambar 2d-2f).

Pemodelan habitat menggunakan metode MaxEnt dinilai mampu untuk memetakan sebaran spesies di mana nilai setiap piksel merepresentasikan kemungkinan kehadiran spesies di habitat yang sesuai (Windyoningrum, 2013). Peta sebaran kuda laut di perairan Teluk Sebong berdasarkan model MaxEnt tersaji pada Gambar 3a, di mana terlihat bahwa kuda laut tersebar mengelompok. Uji akurasi model tersebut dapat dilihat pada Gambar 3b, dengan nilai AUC yang dihasilkan yaitu 0,985 dengan standar deviasi 0,011. Hasil ini menggambarkan tingkat akurasi model yang sangat baik karena nilai AUC lebih dari 0,9 (Pi, 2016). Garis merah menunjukkan nilai rerata AUC, sedangkan garis biru menunjukkan nilai rerata standar deviasi. Semakin kecil standar deviasi menunjukkan semakin baik kinerja model.



Gambar 2. Data input untuk analisis MaxEnt: a) Titik perjumpaan kuda laut; b) Habitat benthik; c) Klorofil (NDCI); d) Oksigen terlarut; e) Salinitas; dan f) pH

Figure 2. Data input for MaxEnt analysis: a) presence points of sea horse; b) Benthic habitat; c) Chlorophyll (NDCI); d) Dissolved oxygen; e) Salinity; f) pH



Gambar 3. Hasil pemodelan MaxEnt: a) Peta potensi sebaran kuda laut; b) Hasil uji akurasi model

Figure 3. MaxEnt modelling result: a) Sea horse distribution map; b) Model accuracy test

Tabel 2. Persentase kontribusi dan parameter penting dalam membangun model

Table 2. Variable contribution and variable importance of model

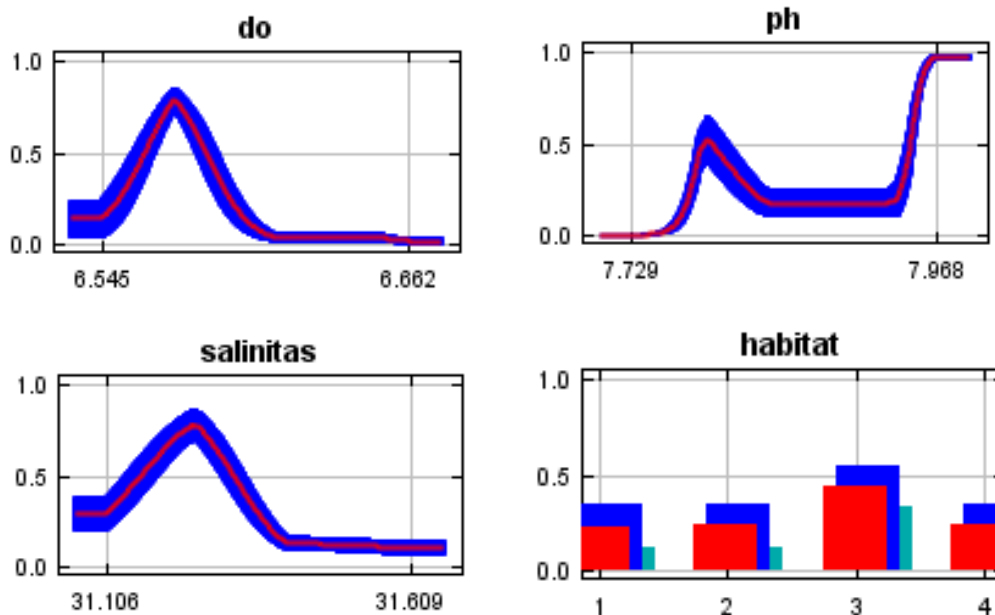
Parameter	Persentase Kontribusi (%)	Parameter Penting
Oksigen terlarut	38,8	46,1
pH	21,5	41,3
Salinitas	18,1	8,1
Habitat bentik	14,7	1,3
Klorofil-a	6,8	3,2

Dalam membangun model habitat, terdapat parameter yang dianggap penting dan memberikan kontribusi terhadap model yang dihasilkan (Tabel 2). Terdapat empat parameter yang berkontribusi menghasilkan persentase di atas 10% yaitu oksigen terlarut, pH, salinitas, dan habitat bentik. Parameter oksigen terlarut memiliki nilai penting tertinggi daripada parameter lainnya yaitu sebesar 46,1%, sedangkan parameter habitat bentik memiliki nilai penting terendah yaitu hanya 1,3%. Hal ini menunjukkan bahwa faktor fisiologis lebih berpengaruh terhadap sebaran kuda laut dibandingkan faktor jenis habitat dan produktivitas primer perairan. Hubungan antara probabilitas kehadiran kuda laut dengan parameter lingkungan ditunjukkan dengan grafik respon tiap parameter. Pada Gambar 4 dapat dilihat variasi parameter lingkungan untuk mempengaruhi prediksi kehadiran kuda laut di perairan Teluk Sebong, di mana daerah yang berpotensi sebagai habitat kuda laut di perairan Teluk Sebong memiliki karakteristik yaitu oksigen terlarut sebesar 6,57 ppm, pH sebesar 7,97, salinitas sebesar 31,25 g/l, dan habitat bentik berupa padang lamun.

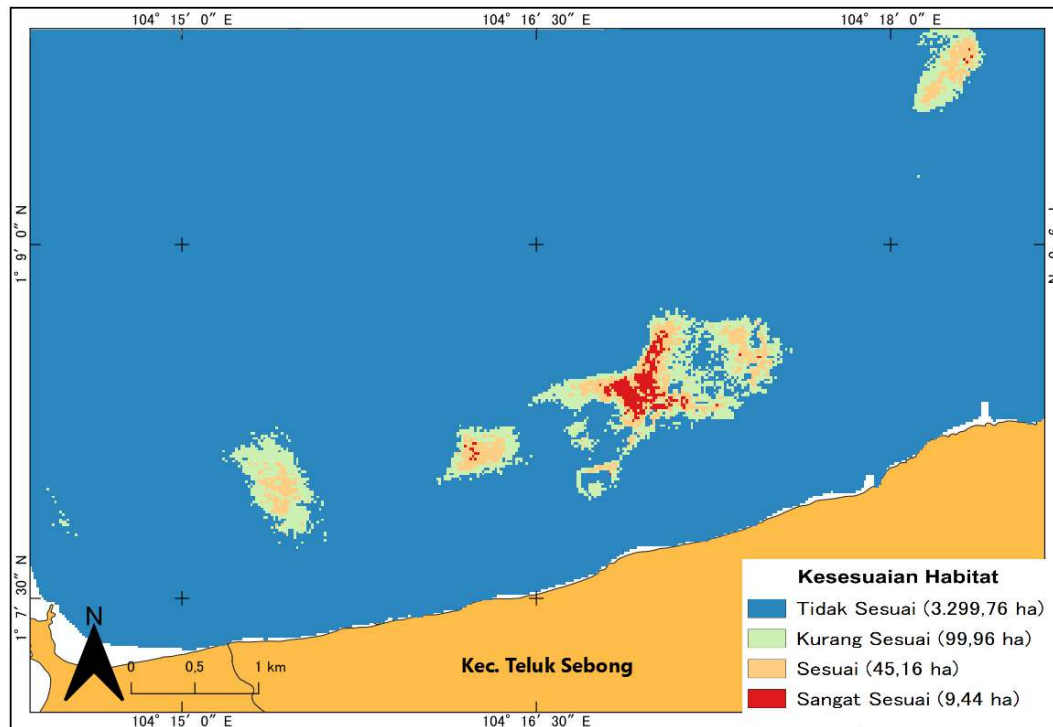
Peta kesesuaian habitat kuda laut berdasarkan model MaxEnt (Gambar 3a) yang telah dikategorikan berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat pada Gambar 5. Luasan habitat yang sesuai dan sangat sesuai yaitu sebesar 54,6 ha. Berdasarkan hasil monitoring BPSPL Padang (2020), kepadatan populasi kuda laut di perairan Teluk Sebong yaitu 60 ind/ha. Oleh karena itu, populasi kuda laut di perairan Teluk Sebong diestimasi sebesar 3.276 individu. Studi menunjukkan bahwa 500 individu diperlukan untuk mempertahankan potensi evolusi spesies (Jamieson & Allendorf, 2012) dan populasi keseluruhan 5.000 individu akan diperlukan untuk mencegah hilangnya variasi genetik dalam suatu spesies (Frankham, 1995). Oleh karena itu, populasi kuda laut di perairan Teluk Sebong tergolong kritis karena jumlahnya di bawah jumlah minimal individu yang diperlukan untuk mencegah hilangnya variasi genetik. Informasi terkait populasi kuda laut ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam penentuan kuota pengambilan kuda laut.

KESIMPULAN

Hasil kajian ini menyoroti penggunaan model sebaran spesies untuk menduga kelimpahan populasinya. Berdasarkan model ini, didapatkan nilai luasan habitat yang sesuai untuk kuda laut di perairan Teluk Sebong yaitu 54,6 ha, sedangkan kepadatannya sebesar 60 ind./ha, sehingga dapat diestimasi nilai kelimpahan kuda laut di perairan Teluk Sebong sebesar 3.276 individu. Oleh karena itu, populasi kuda laut di perairan Teluk Sebong tergolong kritis karena jumlahnya di bawah jumlah minimal individu yang diperlukan untuk mencegah hilangnya variasi genetik.



Gambar 4. Kurva respon untuk parameter yang berkontribusi tinggi dalam membangun model
Figure 4. Response curve of each environmental variable affects the Maxent prediction



Gambar 5. Peta kesesuaian habitat kuda laut berdasarkan model MaxEnt

Figure 5. Sea horse's habitat suitability map

UCAPAN TERIMA KASIH

Makalah ini merupakan bagian dari kegiatan “Monitoring Biota Laut Dilindungi (kuda laut)” yang dibiayai dari DIPA Balai Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Laut (BPSPL) Padang tahun anggaran 2020. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada nelayan pendamping yang terlibat dalam pengumpulan data.

DAFTAR PUSTAKA

- al Aswant, I. (2016). *Analisis Perbandingan Metode Interpolasi untuk Pemetaan pH Air pada Sumur Bor di Kabupaten Aceh Besar Berbasis SIG* [Skripsi]. Universitas Syiah Kuala.
- BPSPL Padang. (2020). *Laporan Monitoring Kuda Laut di Pulau Bintan*.
- Buma, W. G., & Lee, S. il. (2020). Evaluation of Sentinel-2 and Landsat 8 images for estimating Chlorophyll-a concentrations in Lake Chad, Africa. *Remote Sensing*, 12(15). <https://doi.org/10.3390/RS12152437>
- Foster A N, S. J., & Vincent, D. A. C. J. (2004). Life history and ecology of seahorses: implications for conservation and management. *Journal of Fish Biology*, 65, 1–61. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2004.00429.x>
- Frankham, R. (1995). Effective population size/adult population size ratios in wildlife: A review. *Genetical Research*, 66(2), 95–107. <https://doi.org/10.1017/S0016672300034455>

- Giles, B. G., Ky, T. S., Hoang, D. H., & Vincent, A. C. J. (2006). The catch and trade of seahorses in Vietnam. *Biodiversity and Conservation*, 15(8), 2497–2513. <https://doi.org/10.1007/s10531-005-2432-6>
- Hafizt, M., Iswari, M. Y., & Prayudha, B. (2017). Kajian Metode Klasifikasi Citra Landsat-8 untuk Pemetaan Habitat Bentik di Kepulauan Padaido, Papua. *Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia*, 2(1), 1–13.
- Jamieson, I. G., & Allendorf, F. W. (2012). How does the 50/500 rule apply to MVPs? *Trends in Ecology and Evolution*, 27(10), 578–584. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.07.001>
- Latifiana, K. (2018). Pemetaan Habitat Potensial Herpetofauna pada Daerah Terdampak Erupsi Gunung Merapi 2010. *Seminar Nasional Geomatika*, 497–510.
- Lourie, S. A., Pollom, R. A., & Foster, S. J. (2016). A global revision of the Seahorses Hippocampus Rafinesque 1810 (Actinopterygii: Syngnathiformes): Taxonomy and biogeography with recommendations for further research. *Zootaxa*, 4146(1), 1–66. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4146.1.1>
- Marini, Y., Emiyati, Hawariyah, S., & Hartuti, M. (2014). Perbandingan Metode Klasifikasi Supervised Maximum Likelihood dengan Klasifikasi Berbasis Objek untuk Inventarisasi Lahan Tambak di Kabupaten Maros. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh*, 505–516.

- Merow, C., Smith, M. J., & Silander, J. A. (2013). A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: What it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, 36(10), 1058–1069. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.07872.x>
- Perera, N., Dahanayaka, D. D. G. L., & Udagedara, S. (2017). Habitat Preference and Population Structure of Two Data Deficient Seahorse (Syngnathidae) Species. *OUSL Journal*, 12(2), 75. <https://doi.org/10.4038/ouslj.v12i2.7408>
- Phillips, S. J. (2017). *A Brief Tutorial on Maxent* (3.2.0). AT&T Labs-Research. http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., Dudík, M., Schapire, R. E., & Blair, M. E. (2017). Opening the black box: an open-source release of Maxent. *Ecography*, 40(7), 887–893. <https://doi.org/10.1111/ecog.03049>
- Pi, D. V. (2016). *Applying species distribution models in conservation biology* [Programa de Doctorat en Biodiversitat]. Universitat de Barcelona.
- Putri, M. R. A., Suryandari, A., & Haryadi, J. (2019). Sumberdaya Kuda Laut (*Hippocampus* spp.) di Perairan Pulau Bintan, Teluk Lampung dan Pulau Tanakeke. *Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia*, 4(1), 27. <https://doi.org/10.14203/oldi.2019.v4i1.194>
- Sampurno, R. M., & Thoriq, A. (2016). Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) di Kabupaten Sumedang. *Teknotan*, 10(2), 61–70.
- Saraswati, S. A., & Pebriani, D. A. A. (2016). Monitoring Populasi Kuda Laut di Perairan Pantai Padang Bai, Karangasem Bali. *Samakia*, 7(2), 100–105.
- Vincent, A. C. J., Foster, S. J., & Koldewey, H. J. (2011). Conservation and management of seahorses and other Syngnathidae. *Journal of Fish Biology*, 78(6), 1681–1724. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2011.03003.x>
- Windyoningrum, A. (2013). *Estimating Habitat Loss and Identifying Refugee Area for Javan Langur (Tracyphitecus auratus) as Impact of Merapi Eruption 2010* [Master Thesis]. Universitas Gadjah Mada.
- Zeng, Q., Zhang, Y., Sun, G., Duo, H., Wen, L., & Lei, G. (2015). Using species distribution model to estimate the wintering population size of the endangered scaly-sided merganser in China. *PLoS ONE*, 10(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117307>
- Zhang, X. (2019). *Conservation Prioritization and Ecology of Data-poor Marine Species under Human Pressures* [Doctoral Thesis]. The University of British Columbia.
- Zhang, X., & Vincent, A. C. J. (2018). Predicting distributions, habitat preferences and associated conservation implications for a genus of rare fishes, seahorses (*Hippocampus* spp.). *Diversity and Distributions*, 24(7), 1005–1017. <https://doi.org/10.1111/ddi.12741>