

# BAB I

## PENDAHULUAN UMUM

### 1.1. Latar Belakang

Tumbuhan lamun merupakan tumbuhan tingkat tinggi yang memiliki rhizoma (rimpang), daun, dan akar. Tumbuhan ini dari kelas Monocotyledoneae yang berevolusi dari tumbuhan daratan dan secara fisiologis telah beradaptasi di perairan laut (Mishra & Deepak, 2021) dan dapat membentuk padang lamun yang luas pada semua perairan kecuali pada perairan kutub (Mckenzie et al., 2020). Tumbuhan lamun sangat penting bagi lingkungan sekitar maupun biota yang ada didalamnya karena mampu menghasilkan oksigen terlarut yang dapat digunakan oleh biota laut (Thangaradjou & Bhatt, 2017), dan mendukung habitat pakan dari biota penyu (BPSP Pontianak, 2015), dugong (Salim et al., 2016). Tumbuhan ini juga dapat menfilter kolom perairan (Ruiz-Frau et al., 2017) dan menyaring patogen dari perairan pesisir, sehingga membantu mengurangi kontaminasi pada makanan laut dan penyakit bakteri terumbu karang (Unsworth & Cullen-unsworth, 2018). Selain itu, dapat mentransfer nutrisi dan bahan organik (karbon) ke perairan lebih dalam dari lautan (Duarte & Krause-Jensen, 2017) dan menangkap partikel suspensi (Jiang et al., 2019).

Pertumbuhan lamun sangat dipengaruhi beberapa faktor lingkungan diantaranya kedalaman, substrat, ukuran butir substrat, bahan organik, suhu perairan dan cahaya (Meysick et al., 2019; Jahnke et al., 2019), ketersediaan nutrisi (Murphy et al., 2021), energi gelombang (Uhrin et al., 2018), salinitas (Ontoria, 2020), dan kekeruhan (Amri et al., 2021). Ketidakseimbangan faktor-faktor ini pada habitat lamun akan mengakibatkan tumbuhan lamun mengalami degradasi hingga mengalami kepunahan (Unsworth et al., 2018). Banyak ekosistem di belahan dunia telah mengalami degradasi. Tidak hanya mengancam biodiversitas namun secara global mengancam kapasitasnya sebagai penyerap karbon jangka panjang (Waycott et al., 2009; Mazarrasa et al., 2018).

Khogkhaio et al. (2017), menjelaskan distribusi *Cymodocea rotundata* dan *Halophila ovalis* di Pulau Talibong-Thailand dipengaruhi oleh faktor kedalaman, salinitas dan suhu. Suonan et al. (2017), menemukan bahwa peningkatan frekuensi air tawar zona intertidal dapat meningkatkan frekuensi berbunga dan fekunditas



an meningkatkan reproduksi seksualnya. Artika et al. (2020), a bibit *Enhalus acoroides* sangat bergantung pada cadangan peningkatan suhu dapat menghasilkan perkembangan bibit yang ang et al. (2018), pada eksperimennya menyimpulkan bahwa ari bibit *E. acoroides* kurang dipengaruhi oleh hipersalinitas dingkan dengan hiposalinitas. Selain itu, efisiensi fotosintesis dap pergeseran salinitas. Hou et al. (2020), dalam penelitian

kombinasi survei dan laboratorium, menemukan bahwa salinitas 20 ppt dan kekeruhan dibawah 50 NTU cocok untuk pertumbuhan *Zostera japonica*. Biomassa menurun secara signifikan saat kekeruhan meningkat hingga > 50 NTU. Salinitas yang tinggi (> 25 ppt) dan sangat keruh (> 100 NTU) merupakan lingkungan yang tidak kondusif untuk pertumbuhan anakan lamun. Namun, pada kondisi kekeruhan tinggi, pertumbuhan lebih bagus pada salinitas yang rendah daripada salinitas tinggi. Amri et al. (2021), mengatakan bahwa *Enhalus acoroides* mengembangkan plastisitas morfologis dalam menanggapi kekeruhan di atas >50 NTU.

Secara umum, perairan Kabupaten Tanah Bumbu merupakan perairan yang menghadap langsung dengan Laut Jawa dan Selat Makassar. Laut Jawa berada di sisi selatan daratan utama Kalimantan dan di sisi timur daratan utama terletak Selat Makassar. Perairan ini juga berbatasan langsung dengan daratan utama Pulau Laut atau Kabupaten Kotabaru, Kalimantan Selatan. Segala aktivitas pesisir, baik yang berada di darat maupun perairan memberikan dampak langsung terhadap ekosistem pantai yang ada di daerah ini dan salah satu yang terdampak adalah ekosistem lamun yang letaknya sangat dekat dengan daratan. Berdasarkan studi pendahuluan, keberadaan habitat lamun di perairan Kabupaten Tanah Bumbu ditemukan di perairan terbuka (Laut), perairan semi tertutup (Selat) dan perairan tertutup (Tambak). Habitat lamun di perairan laut tersebar di beberapa gugusan Gosong Karang (GK) seperti GK Katoang, GK Penyulingan, GK Anugrah, dan Tanjung Kandang Haur. Adapun habitat lamun di perairan selat tersebar mulai di sisi selatan Pulau Burung dan sisi timur dari daratan Kabupaten Tanah Bumbu. Pada perairan tambak, habitat lamun ditemukan di beberapa kolam budidaya nelayan yang tersebar di Kabupaten Tanah Bumbu. Tambak yang ada di daerah ini merupakan tambak sistem tradisional dengan memanfaatkan pasang surut untuk memasukkan dan mengeluarkan air yang ada di dalam tambak.

Keberadaan tumbuhan lamun di perairan ini terbilang unik, karena mampu hidup dan beradaptasi di perairan yang didominasi dengan perairan keruh disebabkan tekanan secara kontinu baik berasal dari darat maupun dari laut itu sendiri. Habitat lamun ini berada sangat dekat dengan bibir pantai dan sudah lama di bawah ancaman perubahan lahan di daerah aliran sungai, aktivitas industri dan tambang batubara (aktivitas pelabuhan khusus terminal batubara dan kelapa sawit), masukan nutrisi (budidaya tambak, limbah perkebunan sawit dan sungai), banjir, kegiatan penangkapan ikan dan ancaman lainnya (Salim et al., 2024). Keunikan lainnya adalah ditemukannya spesies lamun dari genus *Ruppia* (Salim et al., 2025), tumbuhan lamun ini dianggap sebagian punah di beberapa perairan Indonesia dan hanya tercatat dalam koleksi herbarium yang diambil pada tahun 1847 oleh



mans pada tahun 1962 di Herbarium Bogoriense (Kuriandewa sarkan hal tersebut, informasi status tumbuhan lamun di nyak dikaji dan masih sedikit data yang valid baik itu di dalam iah dan laporan progresif dari pemerintah yang sudah a, sangat penting untuk melakukan lebih banyak penelitian untuk mengisi kesenjangan pemahaman tumbuhan lamun di khususnya di perairan Kalimantan Selatan.

## 1.2. Rumusan Masalah

Perairan Kabupaten Tanah Bumbu sangat dipengaruhi oleh masukan Daerah Aliran Sungai (DAS) yang ada di Kabupaten Tanah Bumbu, yakni DAS Satui, DAS Kusan, DAS Batulicin dan DAS Cantung. Dari arah laut, perairan ini sangat dipengaruhi oleh massa air Laut Jawa dan Selat Makassar (DLH Prov. Kalsel, 2018). Salah satu potensi terbesar ancaman daerah pesisir dan ekosistem di daerah ini adalah banjir dari sungai dan masuk ke perairan laut (Pratama et al., 2021), akibatnya perairan dekat pantai cenderung selalu keruh karena sedimen mengalami siklus sedimentasi dan resuspensi (Asmawi, 2020). Proses sedimentasi dan resuspensi ini semakin meningkat pada musim barat atau musim hujan yang terjadi daerah ini (Pratama et al., 2021; Jamal et al., 2020) yang mengakibatkan kualitas perairan menjadi buruk dan menyebabkan hilangnya atau degradasi sebagian padang lamun (Unsworth et al., 2018).

Adanya pergerakan dan pertemuan massa air laut (Laut Jawa dan Selat Makassar) serta masukan DAS ke perairan akan mengubah karakteristik perairan baik secara fisik maupun kimia. Dengan kondisi seperti ini, perairan terus berfluktuasi tergantung pada pencampuran air laut dan air tawar dari sungai, apalagi dipengaruhi oleh arus pasang surut dan pengadukan oleh angin pada masing-masing musimnya (musim barat, musim peralihan 1, musim timur dan musim peralihan 2) (DKP Prov. Kalsel, 2020). Pada musim hujan atau banjir musiman meningkatkan aliran air tawar ke muara yang dapat menurunkan salinitas dan meningkatkan kekeruhan (Proum et al., 2018). Pada penelitian eksperimen, pada salinitas rendah (tanpa kekeruhan) menunjukkan *Zoostera japonica* tidak mampu bertahan hidup secara efektif. Pada masa juvenil, spesies ini lebih sensitif namun pada masa dewasa memiliki toleransi yang lebih kuat terhadap cekaman salinitas (Hou et al., 2020). Li et al. (2020), dalam eksperimennya bahwa peningkatan kekeruhan dapat menyebabkan peningkatan sedimen halus pada daun sehingga menurunkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup *Z. marina*. Adaptasi tumbuhan lamun juga diamati, bahwa spesifik spesies *Halodule pinifolia* toleran dan mampu beradaptasi pada berbagai salinitas dan sedimen pada Teluk Brunei, Borneo (Lamit & Yasuaki, 2019).

Baru-baru ini, dilaporkan kembali keberadaan spesies lamun dari *Ruppia brevipedunculata* di Danau Laut Mati, Pulau Rote, Nusa Tenggara Timur, Indonesia. Habitat lamun di daerah ini memiliki salinitas perairan dengan tingkat yang lebih tinggi dibandingkan dengan air laut pada umumnya (40 - 42 ppt) dan minim dipengaruhi oleh aliran sungai, serta masih belum diketahui pengaruh dari al., 2024). Hal ini berbeda dengan spesies yang sama di Tanah Bumbu, dimana spesies ini hanya ditemukan di perairan yang masih dikelola secara tradisional. Keberadaan spesies an Indonesia sangat penting mendapat perhatian untuk banyak mengenai bioekologinya. Berdasarkan uraian-uraian anyaan dapat dikemukakan dalam penelitian ini:



1. Bagaimana potensi ancaman tumbuhan lamun di perairan Kabupaten Tanah Bumbu Kalimantan Selatan?
2. Bagaimana sebaran tumbuhan lamun di perairan Kabupaten Tanah Bumbu Kalimantan Selatan?
3. Bagaimana kondisi tumbuhan lamun (tutupan dan komposisi jenis lamun, tutupan makroalga, morfometrik per spesies) sebagai respon terhadap kondisi lingkungan di perairan Kabupaten Tanah Bumbu Kalimantan Selatan?
4. Bagaimana kondisi spesies lamun *Ruppia brevipedunculata* di perairan tambak?

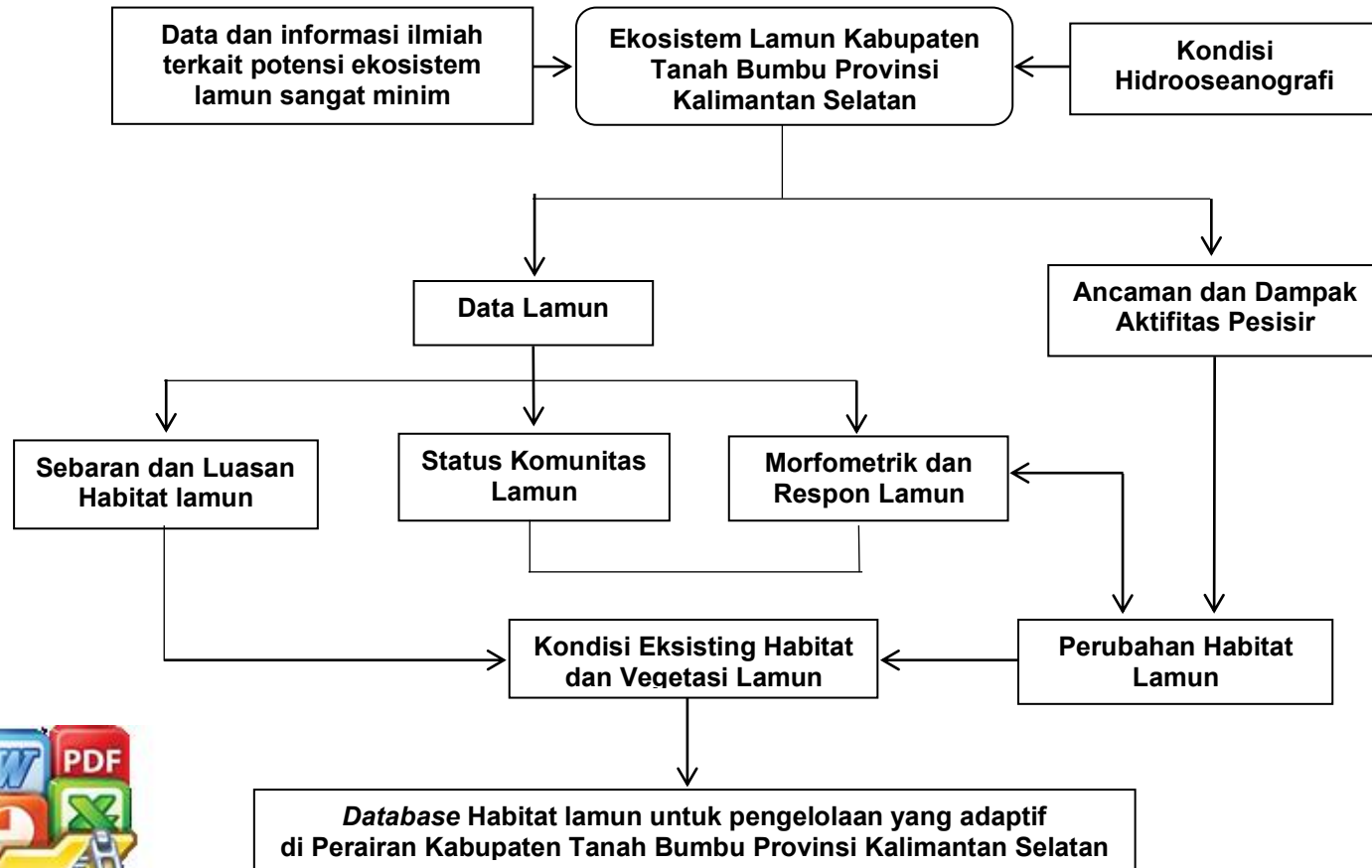
### 1.3. Tujuan Penelitian

1. Menjelaskan objektivitas potensi ancaman tumbuhan lamun di perairan Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan
2. Menganalisis sebaran dan luasan habitat lamun di perairan Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan.
3. Memahami status komunitas dan respon tumbuhan lamun terhadap karakteristik lingkungan berdasarkan lokasi dan musim yang berbeda di perairan Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan.
4. Menganalisis tumbuhan lamun *Ruppia* berdasarkan morfologi dan filogenetik, sebagai spesies yang masih jarang ditemukan di perairan tambak Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan.

### 1.4. Kebaruan Penelitian

1. Peta sebaran spasial dan luasan lamun di perairan Kalimantan Selatan
2. Kondisi tumbuhan lamun di perairan Kalimantan Selatan dengan musim yang berbeda.
3. Keberadaan spesies lamun *Ruppia brevipedunculata* di perairan tambak.





Gambar 1.1. Kerangka pikir penelitian



## 1.5. Daftar Pustaka

- Amri, K., Supriadi, M., Dody, P., Nurjannah, N., & Mahatma, L., 2021. Impact of water turbidity to seagrass (*Enhalus acoroides*) morphology. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 860, 012020. doi:10.1088/1755-1315/860/1/012020.
- Artika, S.R., Ambo-Rappe, R., Teichberg, M., Moreira-Saporiti, A., & Viana, I.G., 2020. Morphological and physiological responses of *Enhalus acoroides* seedlings under varying temperature and nutrient treatment. *Frontiers in Marine Science*. 7:325. doi: 10.3389/fmars.2020.00325.
- Asmawi, S., 2020. Kesehatan terumbu karang di perairan sekitar terminal batubara Kabupaten Tanah Bumbu. Disertasi Program Pasca Sarjana Universitas Lambung Mangkurat.
- [BPSPL] Balai Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Laut Pontianak. 2015. Laporan Akhir: Survey dan Monitoring Potensi Jenis Ikan yang Dilindungi di Kalimantan Selatan.
- [DKP] Dinas Kelautan Perikanan Provinsi Kalimantan Selatan. 2020. Laporan Akhir: Rencana Pengelolaan dan Zonasi Kawasan Konservasi Perairan; Taman Wisata Perairan Angsana, Sungai Loban, Pulau Laut-Pulau Sembilan, Kepulauan Sambargelap, dan Laut Sekitarnya di Provinsi Kalimantan Selatan.
- [DLH] Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Kalimantan Selatan. 2018. Laporan Akhir: Identifikasi Potensi Kerusakan Pantai dan Laut Provinsi Kalimantan.
- Duarte, C.M., & Krause-Jensen, D., 2017. Export from seagrass meadows contributes to marine carbon sequestration. *Frontiers in Marine Science*. 4:1-7. doi: 10.3389/fmars.2017.00013.
- Hou, C., Jie, S., Jiaguo, Y., Kun, W., Chunhui, L., & Yujun, Y., 2020. Growth indicator response of *Zostera japonica* under different salinity and turbidity stresses in the Yellow River Estuary, China. *Marine Geology*. 424, 106169. doi: 10.1016/j.margeo.2020.106169.
- Jahnke, M., Daniela, D., Luigi, O., Antonella, L., Emanuela, D., Fabio, B., Silvia, M., Gabriele, P., & Luisa, O., 2019. Adaptive responses along a depth and a latitudinal gradient in the endemic seagrass *Posidonia oceanica*. *Heredity*. 122: 233-243. doi: 10.1038/s41437-018-0103-0.
- Jamal, R., Zubair, H., Yanuarita, G., Budimawan, Rasyid, A., & Idrus, M.R., 2020. Strategy management area coral viewed from threat level in Tanah Bumbu Regency South Kalimantan. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 473, 012053. doi:10.1088/1755-1315/473/1/012053.
- Jiang, Z., Zhao, C., Yu, S., Liu, S., Cui, L., Wu, Y., Fang, Y., & Huang, X., 2019. Contrasting root length, nutrient content and carbon sequestration of seagrass growing in offshore carbonate and onshore terrigenous sediments in the South China Sea. *Science of the Total Environment*. 662:151-159. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.01.175
- Ji, H., Piyalap, T., & Anchana, P., 2017. A preliminary study of species composition and their relationship with salinity at different depths in Trang Province, Thailand. *Proceeding of the 4<sup>th</sup> National Diversity Management in Thailand*. 4:11-16.
- Juwana, W., Hutomo, M., & Soemodihardjo, S., 2003. The seagrass diversity in Indonesia. In: Green EP, Short FT (eds). *World Atlas of Seagrass*. Elsevier, Amsterdam.



- Seagrasses. Prepared by UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press. Berkeley, USA.
- Kurniawan, F., Digdo, A.A., Darus, R.F., Anggraini, N.P., Ismet, M.S., Wicaksono, P., & Kiswara, W., 2024. First record of *Ruppia brevipedunculata* in Indonesia. *Aquatic Botany*. 195: 103806. Doi: 10.1016/j.aquabot.2024.103806.
- Kongrueang, P., Pimchanok, B., & Peerapat, R., 2018. Physiological responses of *Enhalus acoroides* to osmotic stress. *Botanica Marina*. doi: 10.1515/bot-2017-0108.
- Lamit, N., & Yasuaki, T., 2019. Species-specific distribution of intertidal seagrasses along environmental gradients in a tropical estuary (Brunei Bay, Borneo). *Regional Studies in Marine Science*. 29, 100671. doi: 10.1016/j.rsma.2019.100671.
- Li, C., Yan-Hao, Z., Xiao-Xiao, W., Yu-Shan, J., Wen-Tao, L., & Pei-Dong, Z., 2020. Changes in survival and growth in response to different combinations of turbidity and duration in eelgrass *Zostera marina* plants. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 249, 107108. doi: 10.1016/j.ecss.2020.107108.
- Mazarrasa, I., Samper-Villarreal, J., Serrano, O., Lavery, P.S., Lovelock, C.E., Marbà, N., Duarte, C.M., & Cortés, J., 2018. Habitat characteristics provide insights of carbon storage in seagrass meadows. *Marine Pollution Bulletin*. 134: 106-117. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.01.059
- McKenzie, L.J., Nordlund, L.M., Jones, B.L., Cullen-Unsworth, L.C., Roelfsema, C.M., & Unsworth, R.K.F., 2020. The global distribution of seagrass meadows. *Environmental Research Letters*. 15:1-13. doi: 10.1088/1748-9326/ab7d06.
- Meysick, L., Tom, Y., Anna, J., Francesc, M., Sebastian, V., Anna, V., Christoffer, B., Joanna, N., & Alf, N., 2019. Context-dependent community facilitation in seagrass meadows along a hydrodynamic stress gradient. *Journal of Sea Research*. 150-151: 8-23. doi: 10.1016/j.seares.2019.05.001.
- Mishra, A.K., & Deepak, A., 2021. The current status of *Halophila beccarii*: An ecologically significant, yet vulnerable seagrass of India. *Ocean and Coastal Management*. 200, 1055484. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2020.105484.
- Murphy, G.E.P., Dunic, J.C., Adamczyk, E.M., Bittick, S.J., Côté, I.M., Cristiani, J., Geissinger, E.A., Gregory, R.S., Lotze, H.K., O'Connor, M.I., Araújo, C.A.S., Rubidge, E.M., Templeman, N.D., & Wong, M.C., 2021. From coast to coast: ecology and management of seagrass ecosystems across Canada: A review. *FACETS* 6: 139-179. doi: 10.1139/facets-2020-0020.
- Ontoria, Y., Webster, C., Said, N., Ruiz, J.M., Perez, M., Romero, J., & McMahon, K., 2020. Positive effects of high salinity can buffer the negative effects of experimental warming on functional traits of the seagrass *Halophila ovalis*. *Marine Pollution Bulletin*. 158, 111404. doi: 10.1016/j.marpolbul.2020.111404.
- Prati, D., & Ismail, N.A., 2021. Hydro-meteorological aspects of flood with Kalimantan flood: topography, tides, and precipitation. *Journal of Remote Sensing and Earth Science*. 18(1): 73-90. doi: 10.1016/j.jreses.2021.v18.a3539.
- Reynolds, J.H., Lim, L.H., & Marshall, D.J., 2018. Tidal and seasonal carbonate chemistry, pH and salinity for a mineral-acidified estuarine system. *Regional Studies in Marine Science*. 17: 17-27. doi: 10.1016/j.rsma.2017.11.004.



- Ruiz-Frau, A., Gelcich, S., Hendriks, I.E., Duarte, C.M., & Marba, N., 2017. Current state of seagrass ecosystem services: research and policy integration. *Ocean and Coastal Management*. 149: 107-115. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2017.10.004.
- Salim, D., Ambo-Rappe, R., Mashoreng, S., Kadir, N.N., Zakaria, M.H., & Kiswara, W., 2025. New distribution record of seagrass *Ruppia brevipedunculata* from intertidal cultivation ponds in South Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas*. 26(5): 2088-2096. doi: 10.13057/biodiv/d260507.
- Salim, D., Ambo-Rappe, R., Mashoreng, S., & Kadir, N.N., 2024. Short Communication: Potential threats to seagrass in the waters of Tanah Bumbu District, South Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas*. 25(5): 1882-1889. doi: 10.13057/biodiv/d250504
- Salim, D., Baharuddin, Hehanussa, G.M., Alkadrie, S.I.T., Saputra, A., & Prasetyo, D.E., 2016. Penemuan ekosistem lamun sebagai observasi habitat pakan dugong di perairan Kabupaten Tanah Bumbu Kalimantan Selatan. *Proceeding. Bunga Rampai*. IPB Press. Bogor.
- Suonan, Z., Kim, S.H., Qin, L.Z., Lee, K.S., 2017. Reproductive strategy of the intertidal seagrass *Zostera japonica* under different levels of disturbance and tidal inundation. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 197: 185–193. doi: 10.1016/j.ecss.2017.08.031.
- Thangaradjou T, & Bhatt J.R. 2017. Status of seagrass ecosystems in India. *Ocean and Coastal Management*. 159:7-15. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2017.11.025.
- Uhrin, A.V., & Turner, M.G., 2018. Physical drivers of seagrass spatial configuration: the role of thresholds. *Landscape Ecology* 33 : 2253–2272. doi: 10.1007/s10980-018-0739-4.
- Unsworth, R.K.F., & Cullen-unsworth, L.C., 2018. A call for seagrass protection. *Science*. 361(6401): 446-448. doi: 10.1126/science.aat7318.
- Unsworth, R.K.F., Ambo-Rappe, R., Jones, B.L., La Nafie, Y.A., Irawan, A., Hernawan, U.E., Moore, A.M., & Cullen-Unsworth, L.C., 2018. Indonesia's globally significant seagrass meadows are under widespread threat. *Science of the Total Environment*. 634:279-286. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.315
- Waycott, M., Duarte, C. M., Carruthers, T. J. B., Orth, R. J., Dennison, W. C., Olyarnik, S., Calladine, A., Fourqurean, J. W., Heck, K. L., Hughes, A. R., Kendrick, G. A., Kenworthy, W. J., Short, F. T., & Williams, S.L., 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. doi: 10.1073/pnas.0905620106



## BAB II

### POTENSI ANCAMAN HABITAT LAMUN DI PERAIRAN KABUPATEN TANAH BUMBU KALIMANTAN SELATAN

#### 2.1. Abstrak

Padang lamun merupakan salah satu komunitas pesisir yang paling produktif, namun mudah terdegradasi atau hilang akibat penurunan kualitas fisik kimia perairan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi ancaman terhadap habitat lamun di perairan Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan. Survei lapangan dan studi literatur dilakukan pada penelitian ini untuk mengumpulkan data primer dan sekunder (penunjang) seperti tutupan lahan, laju sedimentasi, kekeruhan, pola arus, iklim, curah hujan dan spesies invasif. Hasil penelitian menunjukkan potensi ancaman terbesar habitat lamun di perairan Kabupaten Tanah Bumbu adalah sedimentasi dan kekeruhan yang meningkat akibat adanya perubahan lahan di daerah aliran sungai (DAS) Kabupaten Tanah Bumbu. Lima area yang difokuskan dalam pengamatan perubahan lahan (area 1-5), memperlihatkan dominasi alih fungsi menuju area pertambangan atau lahan terbuka. Faktor iklim, curah hujan, dan dinamika arus turut memperkuat mobilisasi sedimen dari hulu ke muara dan perairan pesisir, sehingga berpotensi menekan ketahanan dan layanan habitat lamun. Hasil ini juga menegaskan perlunya pengendalian sedimen berbasis Daerah Aliran Sungai (DAS), penerapan praktik pertambangan yang lebih ketat, penataan zona penyangga, serta pemantauan kekeruhan dan laju sedimentasi secara berkala. Studi ini menyediakan dasar ilmiah bagi pemerintah daerah dan pemangku kepentingan untuk merancang strategi mitigasi dan adaptasi yang menjaga keberlanjutan habitat lamun di Kabupaten Tanah Bumbu.

Kata Kunci: Lamun, sedimentasi dan kekeruhan, Tanah Bumbu, perubahan lahan,

#### 2.2. Pendahuluan

Lamun adalah tumbuhan tingkat tinggi (Anthophyta) yang hidup dan tumbuh terendam di perairan laut. Ekosistem lamun dikenal sebagai salah satu ekosistem yang paling produktif di Bumi (Azcarate-Garcia et al., 2020). Lamun berevolusi dari tumbuhan terestrial yang telah beradaptasi secara fisiologis dengan perairan laut (Mishra & Deepak, 2021). Mereka dapat membentuk komunitas



di perairan (Mishra & Deepak, 2021). Mereka dapat membentuk komunitas dikenal sebagai padang lamun) di hampir semua lintang kecuali kutub (Kenzie et al., 2020). Padang lamun merupakan salah satu ekosistem pesisir yang paling produktif dan memberikan layanan ekosistem yang bernilai di ekosistem laut, laguna, dan estuaria (Espeland et al., 2017). Padang lamun melepaskan oksigen terlarut yang digunakan oleh organisme lain (Thangaradjou & Bhatt, 2017), menyaring kolom air (Ruiz-Villa et al., 2017) dan menyaring patogen dari perairan pesisir, membantu

mengurangi kontaminasi produk laut dan bakteri pada terumbu karang (Cullen-Unsworth & Unsworth, 2018). Tumbuhan ini juga dapat memindahkan nutrisi dan bahan organik (karbon) ke perairan yang lebih dalam di lautan (Duarte & Krause-Jensen, 2017) serta menangkap partikel tersuspensi (Jiang et al., 2019). Namun, lamun mudah terdegradasi atau hilang akibat penurunan kualitas air (Schrameyer et al., 2018; Espel et al., 2019), polusi, budidaya perairan, spesies invasif, dan penangkapan ikan (Murphy et al., 2019). Mereka juga dapat terpengaruh oleh fenomena perubahan iklim, seperti peningkatan suhu air, serta sedimentasi, erosi, dan pengasaman laut (Wilson & Lotze, 2019; Artika et al., 2020; Artika et al., 2021).

Keberadaan lamun sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan, seperti kedalaman, ukuran butir substrat, bahan organik, suhu air, dan cahaya (Jahnke et al., 2019; Meysick et al., 2019), ketersediaan nutrisi (Bulmer et al., 2018; Murphy et al., 2021), energi gelombang (Uhrin & Turner, 2018), salinitas (Ontoria, 2020), dan kekeruhan (Bulmer et al., 2018; Li et al., 2020). Penurunan kualitas air, yang sering kali ditunjukkan dengan tingginya kekeruhan, dapat menjadi penyebab degradasi padang lamun dan terumbu karang (Yamamoto et al., 2019). Polusi berupa debu batubara di perairan dapat berdampak langsung pada pertumbuhan lamun akibat penurunan penetrasi cahaya, yang membatasi aktivitas fotosintesis pada lamun (Berry et al., 2016; Tretyakova et al., 2021). Beberapa fenomena lain juga dapat meningkatkan kekeruhan perairan pesisir, termasuk banjir, erosi, limpasan hujan, dan peristiwa atmosfer akibat perubahan iklim serta operasi pengerukan periodik (Zhou et al., 2017; Li et al., 2020).

Kekeruhan di daerah pesisir dipengaruhi oleh muatan sedimen terestrial yang berasal dari beberapa daerah aliran sungai yang berdekatan (Yamamoto & Nadaoka, 2018). Muatan sedimen di daratan meningkat akibat aktivitas manusia, seperti intensifikasi pertanian dan kehutanan, yang membuat permukaan tanah lebih rentan terhadap erosi tanah (Yamamoto et al., 2019). Konversi hutan mangrove menjadi kolam budidaya perairan payau juga berkontribusi terhadap peningkatan kekeruhan di daerah pesisir karena kolam-kolam ini dapat menjadi sumber bahan organik dan input nutrisi, yang memicu pertumbuhan fitoplankton yang masif (*blooming alga*) dan meningkatkan kekeruhan di perairan sekitarnya (Yamamoto et al., 2019).

Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan, merupakan salah satu daerah di Indonesia yang semakin tertekan oleh perubahan penggunaan lahan, termasuk ekspansi perkebunan kelapa sawit, pertambangan batu bara, dan operasi pelabuhan. Kegiatan-kegiatan tersebut menyebabkan sedimentasi tanah dan bahan-bahan lain yang berasal dari daratan terbawa oleh limpasan ke sungai-sungai di perairan laut, yang menyebabkan penurunan kualitas air laut dan peningkatan kekeruhan perairan (Jamal et al., 2020; Pratama et al. 2021). Salah satu kejadian tahun 2019 yang pernah dilakukan di perairan laut, yaitu penemuan spesies invasif dari kelas bivalvia (*Dreissena spp.*) yang sudah ada di bagian-bagian tumbuhan lamun, keberadaan spesies ini diduga berkaitan dengan tingginya aktivitas pelayaran (ballast kapal) yang ada di perairan tersebut (al., 2024). Dalam jangka panjang, ancaman aktivitas pesisir ini



dapat merusak habitat laut, termasuk padang lamun dan terumbu karang (Unsworth et al., 2018; Jamal et al., 2020). Berangkat dari konteks tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis potensi ancaman habitat lamun di perairan Kabupaten Tanah Bumbu dengan mengidentifikasi sumber-sumber tekanan darat-laut utama dan mengevaluasi indikator penurunan kualitas perairan (kekeruhan dan laju sedimentasi), serta keterkaitannya dengan kondisi habitat lamun. Temuan penelitian ini diharapkan menjadi dasar ilmiah bagi pemerintah daerah dan pemangku kepentingan dalam merancang strategi pencegahan, mitigasi, dan prioritas restorasi habitat lamun yang adaptif dan berbasis bukti di Kabupaten Tanah Bumbu.

## 2.3. Metode Penelitian

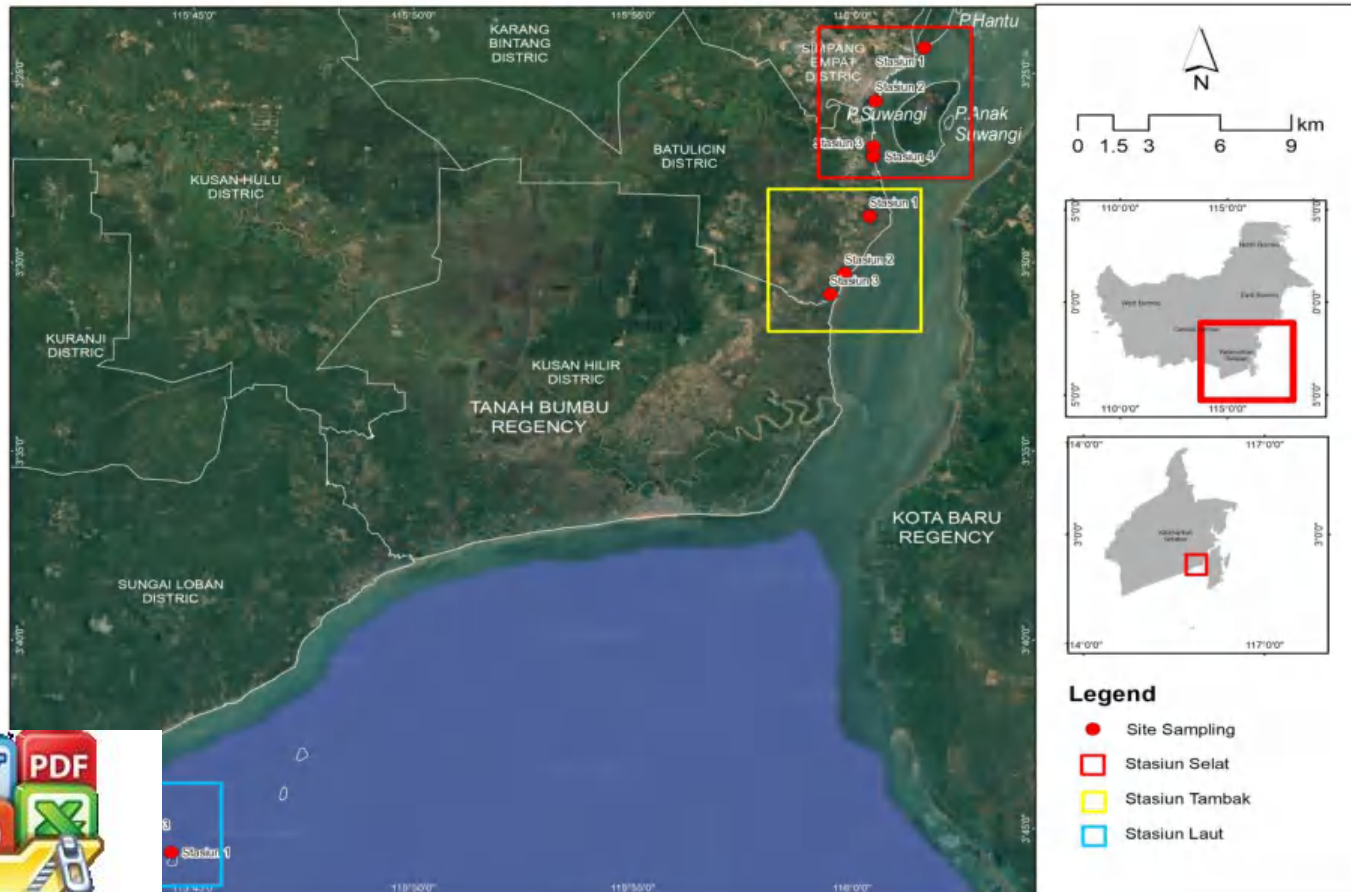
### 2.3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2023 - September 2024 dengan penentuan lokasi berdasarkan adanya habitat lamun yang ditemukan. Habitat lamun di perairan terbuka (laut) ditemukan di zona subtidal di tepi bagian luar dari gosong karang (GK). Sedangkan di perairan semi tertutup (selat) dan tertutup (tambak), habitat lamun ditemukan pada daerah intertidal. Penelitian ini dilakukan di tiga lokasi di perairan pesisir Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan meliputi perairan laut, perairan selat dan perairan tambak (Tabel 2.1) (Gambar 2.1).

**Tabel 2.1.** Lokasi titik sampling habitat lamun

Perairan	Stasiun	Titik Koordinat
Laut	Stasiun 1	3°45'37,75"LS; 115°44'28,56"BT
	Stasiun 2	3°45'42,86"LS; 115°43'34,81"BT
	Stasiun 3	3°45'15,65"LS; 115°43'20,44"BT
	Stasiun 4	3°44'45,44"LS; 115°43'20,74"BT
Selat	Stasiun 1	3°24'19,38"LS; 116°1'38,30"BT
	Stasiun 2	3°25'43,94"LS; 116°0'32,18"BT
	Stasiun 3	3°26'56,23"LS; 116°0'28,76"BT
	Stasiun 4	3°27'12,20"LS; 116°0'29,30"BT
Tambak	Stasiun 1	3°28'47,33"LS; 116°00'23,91" BT
	Stasiun 2	3°30'17,60"LS; 115°59'49,50"BT
	Stasiun 3	3°30'51,23"LS; 115°59'30,05"BT





Gambar 2.1. Peta lokasi penelitian

## 2.3.2. Pengumpulan Data

### 2.3.2.1. Perubahan Tutupan Lahan dan Aktivitas Pesisir

Perubahan tutupan lahan dihitung dengan menganalisis citra yang diunduh dari aplikasi *Google Earth Pro* yang mencakup periode tertentu. Hal ini menggunakan metode kuantitatif spasial-temporal, yakni proses pemetaan dan perhitungan luas lahan berdasarkan ruang dan waktu (Daswin & Kumar 2023). Tahapan penelitian diawali dengan mempersiapkan data *Google Earth* yang akan dianalisis, dilanjutkan dengan digitasi pada layar komputer menggunakan fasilitas *Google Earth Pro*.

Seluruh analisis perubahan dilakukan melalui interpretasi visual dengan digitasi pada layar komputer (*on-screen digitizing*) pada aplikasi *Google Earth Pro*. Ukuran luas dari setiap poligon hasil digitasi dihitung dengan menggunakan fasilitas *polygon measurement* dari *Google Earth Pro*. Survei lapangan dilakukan di beberapa titik untuk melihat kondisi sebenarnya di lapangan (*ground truth*), mengambil beberapa foto, dan melakukan interview tentang perubahan lahan. Data satelit yang diperoleh dari aplikasi *Google Earth Pro* adalah data dalam kurun waktu  $\pm 15$  tahun terakhir, dimulai dari tahun awal sebagai baseline, dan tahun akhir sebagai pembandingan. Tahun citra dan bulan pada area yang dinilai perubahannya ini tergantung pada ketersediaan data (bebas awan) yang terdapat pada *Google Earth Pro* (Suwandana, 2019). Pada area 1 ketersediaan citra awal dimulai tahun 2008 dan perubahannya pada tahun 2019, area 2 hingga area 4 masing-masing tersedia citra tahun 2010 dan 2021, dan area 5 adalah citra tahun 2016 dan 2024.

*Google Earth Pro* sudah menyediakan fasilitas digitasi secara langsung melalui fitur "*add Polygon*", untuk memudahkan proses interpretasi dan digitasi. Hasil digitasi kemudian disimpan dalam format KML (*Keyhole Markup Language*) yang dapat dikonversi menjadi file SHP (*Shapefile*), sehingga dapat diolah menggunakan software ArcGis 10.8. Berikut adalah tahapan analisis perubahan lahan melalui perangkat lunak *Google Earth Pro* dan ArcGis 10.8 (Suwandana, 2019; Malarvizhi, 2016):

1. Dimulai dengan pengambilan citra historis dari *Google Earth Pro*. Citra satelit yang digunakan untuk penelitian ini diambil dari periode waktu yang berbeda ( $\div 15$  tahun terakhir), *Google Earth Pro* menyediakan fitur *Historical Imagery* yang memungkinkan untuk memilih citra dari tahun yang diinginkan.
2. Setelah memilih citra yang sesuai, langkah berikutnya adalah interpretasi visual terhadap tutupan lahan yang ada pada citra tersebut. Tutupan lahan



kan berdasarkan tutupan hutan, semak belukar, *aquaculture* permukiman, perkebunan sawit, mangrove, tambang terbuka, sungai dan perkebunan karet.

Setelah interpretasi visual selesai, proses digitasi manual menggunakan fitur *Polygon Tool* di *Google Earth Pro*. Dengan fitur ini setiap kategori tutupan lahan digambar secara manual pada

citra untuk mendefinisikan area yang termasuk dalam setiap kategori. Hasil digitasi disimpan dalam format KML, yang kemudian dapat diekspor ke dalam ArcGis 10.8 dalam bentuk SHP untuk analisis lebih lanjut.

4. Setelah file KML berhasil diimpor ke dalam ArcGis 10.8., langkah berikutnya adalah proyeksi ulang data agar sesuai dengan sistem koordinat yang tepat, misalnya UTM (*Universal Transverse Mercator*). Proyeksi ulang ini penting untuk memastikan bahwa perhitungan luas dan analisis spasial dilakukan dalam satuan yang tepat, seperti meter atau hektar.
5. Setelah proyeksi dilakukan, langkah berikutnya adalah perhitungan luas area untuk setiap kategori tutupan lahan pada masing-masing tahun. Ini dapat dilakukan menggunakan *Field Calculator* di ArcGis 10.8. untuk menghitung luas dari setiap polygon yang telah digambar. Luas dihitung dalam satuan meter persegi, yang kemudian dikonversi menjadi hektar untuk memudahkan interpretasi. Untuk masing-masing kategori lahan, data luas dicatat dalam tabel untuk membandingkan perubahan yang terjadi.
6. Setelah data luas untuk setiap kategori tutupan lahan dihitung, langkah berikutnya adalah analisis perubahan. Perubahan tutupan lahan dapat dianalisis dengan membandingkan hasil pengukuran luas dari kedua tahun tersebut. Proses ini dapat dilakukan dengan menghitung selisih antara luas masing-masing kategori tutupan lahan di kedua tahun tersebut, untuk mengidentifikasi perubahan positif (penambahan area) dan negatif (pengurangan area).
7. Untuk mempermudah pemahaman dan menyajikan hasil analisis secara lebih jelas, dibuatkan visualisasi peta yang ditampilkan berdampingan. Peta perubahan tutupan lahan, yang menunjukkan area yang mengalami perubahan selama kurun waktu  $\pm 15$  tahun, juga dibuat untuk menggambarkan pergeseran penggunaan lahan secara spasial. Selain itu, tabel perubahan luas dapat ditampilkan dari program *Excel*.

Pengamatan segala aktivitas pesisir yang berdampak pada habitat lamun dilakukan secara deskriptif dengan berusaha mendeskripsikan dan menggambarkan aktivitas di lokasi penelitian sesuai dengan keadaan yang sebenarnya, mendetail dan apa adanya (Prasetyo, 2014). Metode pengamatan pada parameter ini adalah dengan cara melakukan pengamatan secara visual dan studi literatur juga dilakukan tanpa melakukan analisis dengan membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum secara sistematis, faktual dan akurat berdasarkan fakta dan karakteristik objek yang diteliti (Sugiyono, 2006;



## rologi

an data parameter hidro-meteorologi terdiri dari iklim (curah hujan dan arah angin) dan arus. Data curah hujan memerlukan data yang konsisten yang diambil dalam jangka waktu yang lama (10 tahun) (Pratama et al.,

2021). Oleh karena data observasi sangat terbatas, maka diperlukan data curah hujan lokasi penelitian yang diperoleh melalui portal online Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dan dengan mempertimbangkan lokasi penelitian, maka data Stasiun BMKG Gusti Syamsir Alam Meteorologi Kabupaten Kotabaru yang digunakan. Untuk data angin selain data diperoleh dari BMKG Gusti Syamsir Alam Meteorologi Kabupaten Kotabaru, juga digunakan data dari ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) selama 10 tahun (2015-2024). Adapun pola arus digunakan data sekunder atau studi pustaka baik laporan terbaru maupun jurnal terkait dengan lokasi kajian.

#### a. Iklim (curah hujan)

Tahapan memperoleh data curah hujan dari situs resmi BMKG adalah sebagai berikut, (<https://www.bmkg.go.id/>):

1. Masuk ke halaman data iklim dan dipilih menu “Data dan Informasi” atau “Data Iklim”. Kemudian memilih opsi “Data Curah Hujan” yang relevan seperti data bulanan, tahunan, atau harian berupa tabel.
2. Memilih rentang waktu 10 tahun (2015 - 2024) pada lokasi Stasiun BMKG Gusti Syamsir Alam Meteorologi Kabupaten Kotabaru.
3. Memilih format data berupa format *Excel* untuk diolah dan dianalisis lebih lanjut.
4. Kemudian mengunduh data curah hujan yang sudah dipilih dan akan tersimpan di perangkat komputer. Setelah data diunduh kemudian dianalisis dan memplot data dalam bentuk grafik untuk melihat kecenderungan curah hujan selama 10 tahun terakhir dan rata-rata curah hujan bulanan atau tahunan (musim) serta membandingkannya untuk memahami perubahan iklim.

#### b. Angin

Data angin diunduh dari situs resmi BMKG dan ECMWF untuk mewakili lokasi penelitian di perairan laut dan perairan selat. Data angin kemudian digunakan sebagai input dalam prediksi gelombang permukaan suatu perairan (Van der Mheen et al., 2020; Wattimena & Salamena, 2022). Estimasi gelombang permukaan akibat angin dilakukan untuk menganalisis seberapa signifikan kontribusi angin permukaan terhadap sirkulasi permukaan perairan di lokasi penelitian. Untuk mengetahui kondisi/gelombang permukaan air berdasarkan kekuatan angin permukaan digunakan skala *Beaufort* (Tabel 2.2) (Bakri et al., 2017; Wattimena & Salamena, 2022).

Tabel 2.2 Skala Beaufort



Optimized using  
trial version  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

Kategori Kualitatif kecepatan Angin	Kecepatan Angin (knot)	Ketinggian Gelombang Permukaan (m)
1	< 1	0
sepoi	1 - 3	0,1
ringan	4 - 6	0,3
sedang	7 - 10	1
tepat kembang	11 - 16	1,5

Skala Beaufort	Deskripsi Kualitatif Permukaan Air Laut	Kecepatan Angin (knot)	Ketinggian Gelombang Permukaan (m)
B5	Angin kencang	17 - 21	2,5
B6	Angin sangat kencang	22 - 27	4
B7	Angin kencang sekali	28 - 33	5,5
B8	Angin kencang penuh	34 - 40	7,5
B9	Kecang sekali	41 - 47	10
B10	Badai	48 - 55	12,5
B11	Badai kuat	56 - 63	16
B12	Angin topan	64 atau lebih	>16

### 2.3.2.3. Laju Sedimentasi

Pengukuran sedimentasi menggunakan perangkat sedimen (*sedimen trap*) yang diletakkan pada titik lokasi pengamatan (habitat lamun). *Sedimen trap* terbuat dari wadah plastik dengan berukuran panjang 17 cm dan berdiameter 8,5 cm dengan luas penampang 56,74 cm<sup>2</sup> dan dipasang sebanyak 3 unit per stasiun pengamatan, jumlah total *sedimen trap* pada perairan laut dan selat (masing-masing 4 stasiun) sebanyak 24 unit sedangkan di perairan tambak (3 stasiun) sebanyak 9 unit.



1. *Sediment Trap* (modifikasi dari Fernando et al., 2019)

capai dengan karet sebagai pengikat dan besi patok dengan agar dapat berdiri dan tidak terbawa arus (Gambar 2.2). ng selama 3 hari (3 x siklus pasang surut) secara tegak lurus ngan jarak antara masing-masing *sedimen trap* dalam satu

stasiun pengamatan adalah 30 m, dan jarak dari dasar perairan berkisar  $\pm 20$  cm (Hidayat et al., 2014).

#### 2.3.2.4. Kekeruhan

Pengukuran parameter ini dilakukan untuk mengukur sejauh mana partikel-partikel tersuspensi dalam air dapat menghalangi cahaya. Pengukuran kekeruhan dilakukan secara langsung di lapangan dengan menggunakan *Turbidity Meter* (Lutron TU-2016). Adapun pengambilan air dan pengukuran langsung di lapangan dilakukan pada waktu pasang dan atau surut. Pengukuran kekeruhan dilakukan dengan menggunakan turbidimeter dengan satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Units*). (APHA, 2017). Sampel yang diambil di lokasi kajian mewakili masing-masing perairan (perairan laut, selat, dan tambak). Pada perairan laut dan selat, pengambilan air dilakukan pada kedalaman 0,5 hingga 1 m dari permukaan air dengan 3 kali pengulangan untuk memastikan hasil yang konsisten. Pengambilan pada kedalaman ini dilakukan untuk mewakili kondisi perairan dan dianggap sebagai zona permukaan yang lebih mudah dipengaruhi oleh aktivitas manusia (seperti polusi atau sedimentasi) dan kondisi alam seperti gelombang dan arus. Pada perairan tambak, pengambilan air dilakukan pada kedalaman 0,3 - 0,5 m (tergantung kedalaman tambak) dengan tiga kali pengulangan, perairan ini tidak banyak dipengaruhi pasang surut kecuali saat pergantian air oleh nelayan.

### 2.3.3. Analisa Data

#### 2.3.3.1. Perubahan Tutupan Lahan

Untuk menghitung perubahan area tutupan lahan antara dua periode waktu, luas area yang mengalami perubahan dibagi dengan luas total area, kemudian dikalikan 100 untuk mendapatkan persentase perubahan (Daswin & Kumar 2023):

$$\text{Perubahan Area} = \frac{A_{\text{perubahan}}}{A_{\text{total}}} \times 100$$

#### 2.3.3.2. Iklim (curah hujan)

Indeks curah hujan dapat dihitung dengan rumus (Asdak, 2010):



$$P_{avg} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n P_i$$

Dimana:

- $P_{avg}$  adalah curah hujan rata-rata bulanan (dalam mm).
- $P_i$  adalah curah hujan harian pada hari ke- $i$  (dalam mm).
- $N$  adalah jumlah hari dalam bulan tersebut.

### 2.3.3.3. Angin

Penentuan distribusi arah dan kecepatan angin dalam suatu periode waktu tertentu dapat digambarkan melalui mawar angin (*wind rose*) (Masseran, 2015). Dalam penelitian ini, analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak WRPLOT View versi 8.0.2 yang dikembangkan oleh *Lakes Environmental*. WRPLOT digunakan untuk menyajikan data meteorologi dalam bentuk *windrose*, sehingga memudahkan dalam mengidentifikasi arah angin dominan serta karakteristik kecepatan angin di lokasi pengamatan. *Windrose* disusun berdasarkan data arah dan kecepatan angin yang diolah melalui beberapa tahapan sebagai berikut (Keintjem et al., 2023; Ceswaraningrat et al., 2023):

1. Frekuensi arah angin dihitung menggunakan rumus:

$$F_i = \frac{n_i}{N} \times 100\%$$

Dimana:

- $F_i$  adalah frekuensi angin dari arah tertentu (%).
- $n_i$  adalah jumlah data dari arah tersebut, dan
- $N$  adalah jumlah total data angin yang valid.

2. Rata-rata kecepatan angin untuk setiap arah dihitung dengan rumus:

$$v_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} v_{ij}}{n_i}$$

Dimana:

- $V_i$  adalah rata-rata kecepatan angin dari arah tertentu
- $V_{ij}$  adalah rata-rata kecepatan angin dari arah tertentu pada pengamatan ke -  $ij$
- $n_i$  adalah rata-rata jumlah pengamatan



klas kecepatan angin dihitung untuk masing-masing arah s:

$$F_{ij} = \frac{n_{ij}}{N} \times 100\%$$

4. Persentase kondisi angin tenang (*calm*), yaitu saat kecepatan angin = 0 m/s, dihitung sebagai berikut:

$$F_{cstm} = \frac{n_{calm}}{N} \times 100\%$$

#### 2.3.3.4. Laju Sedimentasi

Akumulasi sedimen yang dihitung adalah berat dan volume sedimen yang terendapkan persatuan luas area per waktu dengan perhitungan (Fernando et al., 2019):

$$\text{Laju Berat Akumulasi} = \frac{w/L}{t}$$

Dimana:

- Laju Berat Akumulasi = (gram/cm<sup>2</sup>/hari),
- w adalah berat kering sedimen (gram),
- L adalah luas penampang *sedimen trap* (cm<sup>2</sup>),
- t adalah waktu pemasangan *sedimen trap* (hari)

#### 2.3.3.5. Kekeruhan

Pengukuran kekeruhan air dilakukan dengan menggunakan turbidimeter, yang mengukur intensitas cahaya yang dipantulkan oleh partikel-partikel dalam air. Hasil pengukuran kekeruhan air diberikan dalam satuan *Nephelometric Turbidity Units* (NTU), dengan rumus sebagai berikut (APHA, 2017):

$$NTU = \frac{I_r}{I_0} \times 100$$

Dimana:

- $I_r$  adalah intensitas cahaya yang dipantulkan oleh partikel dalam air, diukur oleh turbidimeter.
- $I_0$  adalah intensitas cahaya yang diteruskan (*input light*) yang dipancarkan ke dalam sampel air.

## 2.4. Hasil



### Tutupan Lahan

hasil analisis terhadap citra *Google Earth* (Tabel 2.3 dan seterusnya) menunjukkan setidaknya ada 5 lokasi yang mengalami perubahan lahan hutan. Tahun awal dan tahun akhir pengambilan citra masing-masing lokasi mengalami perubahan disesuaikan dengan ketersediaan citra

*Google Earth* yang cukup jelas perubahannya. Secara keseluruhan, hasil perubahan tutupan lahan yang dianalisis berdasarkan analisis citra *Google Earth* ditampilkan pada tabel berikut,

**Tabel 2.3.** Perubahan tutupan lahan berdasarkan citra *Google Earth*

Lokasi	Tutupan Lahan (T0)	Luasan awal (ha)	Perubahan Tutupan Lahan (T1)	Luasan akhir (ha)	%
Area 1 (2008 - 2019)	Hutan	575,02	1. Perkebunan Karet	15,60	2,20
	Semak Belukar	106,28	2. Perkebunan Sawit	559,42	78,89
			1. Perkebunan Karet	31,08	4,38
	Tambak	27,78	2. Perkebunan Sawit	75,19	10,60
			1. Perkebunan Sawit	16,73	2,36
2. Tambak	11,05	1,56			
<b>Total</b>	<b>709,08</b>	<b>709,07</b>	<b>100</b>		
Area 2 (2010 - 2021)	Hutan	252,92	Hutan	252,92	8,31
	Perkebunan Karet	69,17	Semak Belukar	69,17	2,27
	Perkebunan Sawit	1223,73	Perkebunan Sawit	1223,73	40,22
	Permukiman	42,48	Permukiman	42,48	1,40
	Semak Belukar	360,19	Semak Belukar	360,19	11,84
	Tambang/Tanah Terbuka	1094,28	1. Perkebunan Sawit	1078,19	35,43
			2. Tambang/Tanah Terbuka	16,09	0,53
<b>Total</b>	<b>3042,78</b>	<b>3042,78</b>	<b>100</b>		
Area 3 (2010 - 2021)	Hutan	9,36	Tambang/Tanah Terbuka	9,36	0,93
	Mangrove	108,45	1. Mangrove	84,20	8,36
			2. Tambang/Tanah Terbuka	24,25	2,41
	Perkebunan Sawit	180,55	Perkebunan Sawit	180,55	17,93
	Permukiman	9,55	Permukiman	9,55	0,95
	Tambang/Tanah Terbuka	29,50	Tambangan/Tanah Terbuka	29,50	2,93
			Sungai	76,96	7,64
	Tambak	592,71	1. Tambak	498,94	49,54
2. Tambang/Tanah Terbuka			93,77	9,31	
<b>Total</b>	<b>1007,07</b>	<b>1007,07</b>	<b>100</b>		
Area 4 (2010 - 2021)	Hutan	49,09	1. Hutan	14,60	0,59
			2. Perkebunan Karet	22,86	0,92
			3. Pemukiman	2,27	0,09
			4. Tambangan/Tanah Terbuka	9,35	0,37
	Mangrove	109,43	1. Mangrove	65,84	2,64
			2. Tambang/Tanah Terbuka	43,59	1,75
	Perkebunan Karet	59,12	Perkebunan Karet	59,12	2,37
	Tambak	1982,30	1. Perkebunan Sawit	209,50	8,40
			2. Perkebunan Karet	19,34	0,77
			3. Tambang/Tanah Terbuka	847,70	33,98

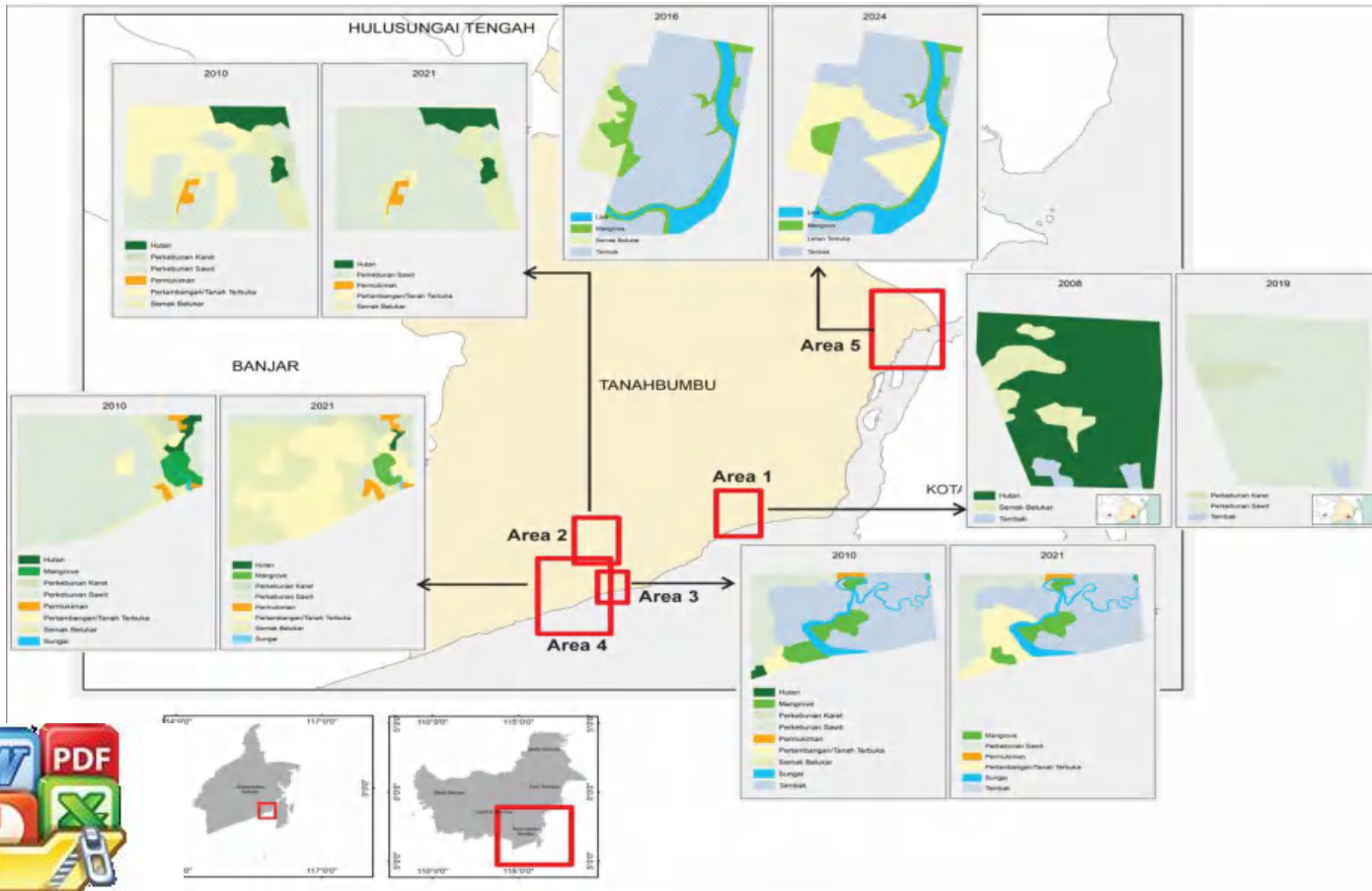


		4. Semak Belukar	905,76	36,30
Permukiman	44,14	Permukiman	44,14	1,77
Tambang/Tanah Terbuka	70,94	1. Tambang/Tanah Terbuka	56,08	2,25
		2. Semak Belukar	14,85	0,60
Semak Belukar	170,26	1. Semak Belukar	139,24	5,58
		2. Pemukiman	13,02	0,52
		3. Tambang/Tanah Terbuka	18,00	0,72
Sungai	9,80	Sungai	9,80	0,39
<b>Total</b>	<b>2495,08</b>		<b>2495,07</b>	<b>100</b>
Laut	146,31	1. Laut	146,31	11,76
Mangrove	145,17	1. Tambang/Tanah Terbuka	31,89	2,56
		2. Mangrove	79,48	6,39
		3. Laut	14,28	1,15
		4. Tambak	19,52	1,57
Area 5 (2016 - 2024)		1. Tambang/Tanah Terbuka	105,50	8,48
Semak Belukar	127,16	2. Mangrove	10,70	0,86
		3. Tambak	10,95	0,88
Tambak	825,40	1. Tambak	621,32	49,94
		2. Tambang/Tanah Terbuka	204,07	16,40
<b>Total</b>	<b>1244,04</b>		<b>1244,04</b>	<b>100</b>

Secara umum tutupan lahan yang terjadi di lokasi penelitian menunjukkan adanya perubahan lahan yang masif dalam kurun waktu  $\pm 15$  tahun terakhir, dimana perubahan ini lebih banyak terjadi pada daerah aliran sungai hingga ke daerah pesisir Kabupaten Tanah Bumbu (Gambar 2.3). Jenis penggunaan lahan yang mengalami ekspansi cukup pesat di kawasan pesisir meliputi kegiatan pertambangan batu bara atau lahan terbuka, pengembangan perkebunan dan pembangunan permukiman.

Transformasi skala besar pada struktur lanskap di wilayah studi ini, berimplikasi langsung terhadap kondisi lingkungan, kecenderungan penggunaan lahan khususnya pada sektor pekebunan dan pertambangan yang sangat dekat dengan perairan laut dan muara sungai yang diduga kuat berkaitan dengan peningkatan sedimentasi dan kekeruhan di perairan pesisir.



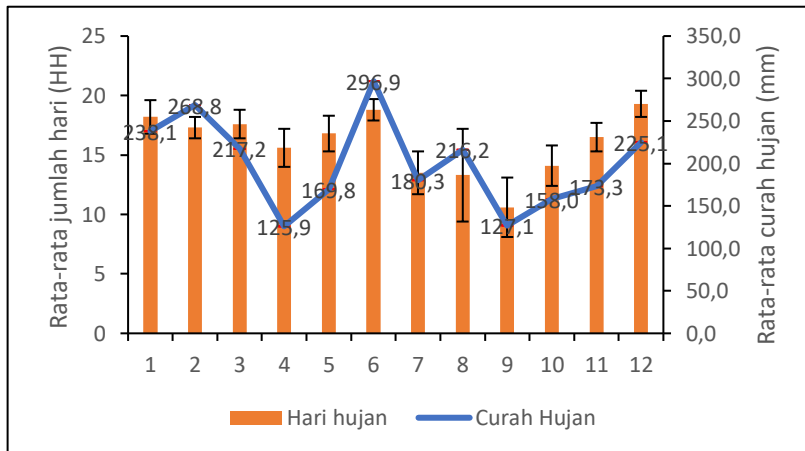


Optimized using trial version  
www.balesio.com

Perubahan tutupan lahan di Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan dalam kurun waktu  $\pm$  15 tahun

### 2.4.2. Iklim (curah hujan)

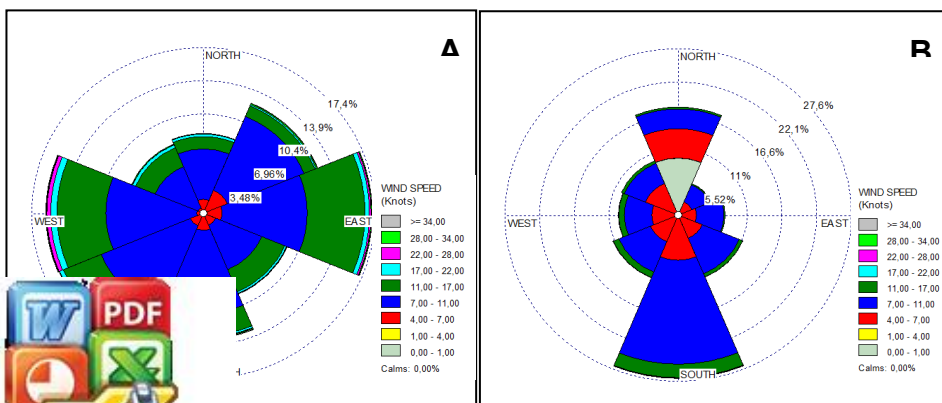
Hasil analisis curah hujan selama 10 tahun (2015-2024) yang diunduh dari Stasiun BMKG Gusti Syamsir Alam Meteorologi Kabupaten Kotabaru didapatkan nilai rata-rata curah dan jumlah hari hujan perbulan ditampilkan pada gambar 2.4 berikut,



Gambar 2.4. Nilai rata-rata curah dan jumlah hari hujan selama 10 tahun (2015-2024)

### 2.4.3. Angin

Berdasarkan lokasi penelitian, hasil analisis angin terbagi atas 2 yakni analisis angin yang berada di sekitar perairan selat dan analisis angin yang berada di perairan laut, kedua analisis angin beserta skala *Beaufort* selama 10 tahun (2015-2024) ditampilkan pada gambar 2.5 berikut,



Gambar 2.5. Pola arah dan kecepatan angin dengan skala *Beaufort* pada perairan laut (A) dan perairan selat (B) selama 10 tahun (2015-2024)

#### 2.4.4. Laju Sedimentasi dan Tingkat Kekeruhan

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan rata-rata hasil laju sedimentasi, tipe substrat dan kekeruhan selama penelitian pada perairan selat, tambak dan laut yang ditampilkan pada tabel 2.4 berikut,

**Tabel 2.4.** Rata-rata nilai laju sedimentasi dan kekeruhan (n=36 untuk perairan laut dan selat; n=27 untuk perairan tambak)

Perairan	Laju sedimentasi ( $\pm$ se) (mg/cm <sup>2</sup> /hari)	Tipe substrat	Kekeruhan ( $\pm$ se) (ntu)
Laut	60,06 $\pm$ 7,8	Pasir/rubble	4,94 $\pm$ 0,3
Selat	34,41 $\pm$ 3,7	Lumpur	39,80 $\pm$ 3,9
Tambak	11,15 $\pm$ 1,8	Lumpur	33,5 $\pm$ 4,5

### 2.5. Pembahasan

#### 2.5.1. Perubahan Tutupan Lahan dan Aktivitas Pesisir

Pada area 1, perubahan nilai tutupan lahan yang mencolok yakni adanya perubahan nilai luasan dari tutupan hutan sebesar 575,02 ha pada tahun 2008 menjadi perkebunan kelapa sawit dengan luasan 559,42 ha atau 78,9% dari total luasan tutupan lahan pada area 1. Pada area 2, sebagian besar tutupan lahan tidak mengalami perubahan lahan dan luasan (2010-2021), namun pada tutupan lahan perkebunan sawit mengalami penambahan luasan (1078,19 ha) dari alih fungsi lahan pertambangan/lahan terbuka (1078,19 ha) atau sebesar 35,43% perubahannya dari total luasan area 2. Area 3, 4 dan 5 merupakan area yang tutupan lahannya lebih banyak mengalami perubahan menjadi lahan pertambangan. Pada area 3, tutupan lahan hutan sebesar 9,36 ha pada tahun 2010 mengalami perubahan total menjadi areal pertambangan/lahan terbuka sebesar 9,36 ha. Pada area ini juga tutupan mangrove dan tambak tahun 2010 menjadi areal pertambangan pada tahun 2021 dengan perubahan masing-masing 2,5% dan 9,3% dari total luasan area 3. Hal yang sama pada area 4 dan 5, hampir semua tutupan lahan pada tahun 2010 (hutan, ekosistem mangrove, perkebunan sawit, tambak dan semak belukar) menjadi areal pertambangan atau lahan tak bervegetasi (Gambar 2.3, hal. 22)

Penurunan luas hutan dan mangrove memperlihatkan degradasi ekosistem vegetatif, perubahan ini sangat berpotensi meningkatkan laju erosi tanah karena hilangnya vegetasi pelindung, sehingga mempercepat aliran sedimen. Aktivitas pertambangan yang intensif membuka permukaan tanah yang erodibel, memungkinkan partikel sedimen terbawa lebih mudah ke perairan, sehingga meningkatkan sedimentasi di perairan pesisir. Peningkatan erosi tanah dan lahan permukiman juga berkontribusi terhadap perubahan tutupan lahan. Hilangnya hutan primer dan ekosistem mangrove



mengurangi kapasitas daerah tangkapan air untuk menahan dan menyaring sedimen, sehingga memperparah kekeruhan air di wilayah pesisir. Berkurangnya luas lahan tambak pada area 1, 3 dan 5 (Gambar 2.3, hal. 22) menunjukkan adanya dinamika penggunaan lahan di kawasan pesisir yang dapat memengaruhi struktur dan fungsi ekosistem di sekitarnya. Sebagian besar lahan tambak yang berkurang tersebut telah mengalami konversi menjadi perkebunan kelapa sawit dan area pertambangan/lahan terbuka, yang keduanya merupakan bentuk pemanfaatan lahan dengan intensitas tinggi dan berpotensi memberikan dampak ekologis yang besar. Di sisi lain, beberapa lahan tambak menunjukkan temuan yang penting, yakni adanya habitat lamun yang didominasi dari jenis *Ruppia*. Tidak menutup kemungkinan sebagian besar tambak yang telah atau sedang dikonversi tersebut mengalami degradasi habitat lamun *Ruppia*. Temuan ini dapat memberikan perspektif baru terhadap nilai ekologis dari lahan tambak dengan kehadiran tumbuhan ini dan nilai ekonomis dari lamun *Ruppia* itu sendiri.

Pratama et al., (2021), dalam penelitiannya terkait Hydro-meteorologi di Kalimantan Selatan, menyatakan bahwa transformasi lahan menjadi perkebunan, area pertambangan, serta infrastruktur pesisir perlu mendapat perhatian khusus karena diduga memiliki keterkaitan yang erat dengan peningkatan laju sedimentasi dan tingginya tingkat kekeruhan di wilayah perairan pesisir. Beberapa penelitian mengkaji dampak langsung perubahan lahan terhadap ekosistem lamun, diantaranya Supriyadi et al. (2018), menganalisis perubahan tutupan lahan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Kawal terhadap kondisi padang lamun di perairan timur Pulau Bintan, menunjukkan bahwa konversi lahan menjadi lahan terbuka, perkebunan, dan semak belukar menyebabkan penurunan tutupan lamun dari 46% pada tahun 2006 menjadi 41% pada tahun 2015. Di Vietnam, penelitian lain yang menggunakan citra *Landsat images* untuk melihat hubungan antara tutupan vegetasi daratan dengan ekosistem padang lamun, menunjukkan bahwa tercatat hilangnya area lamun sebesar 307,3 ha di Kawasan Perlindungan Laut (MPA) Ly Son, 268,4 ha di MPA Nha Trang, dan 13.225,6 ha di MPA Phu Quoc dalam waktu tahun 2001 - 2018 (Tin et al., 2023). Padang lamun yang berdekatan dengan daerah pengembangan pesisir dan lahan pertanian memiliki jumlah sedimentasi paling banyak di perangkap sedimen, tingkat visibilitas (kejernihan air) yang lebih rendah, proporsi sedimen halus yang lebih besar, serta keanekaragaman spesies lamun, persentase tutupan, kerapatan tunas, dan panjang tunas yang paling rendah (Quiros 2016). Berdasarkan hal tersebut, perubahan lahan dapat dijadikan sebagai alat prediksi kondisi kesehatan tumbuhan lamun yakni dengan melihat seberapa besar tingkatan aktivitas pertanian, urbanisasi, dan deforestasi dalam hal



an nutrien ke perairan pesisir, yang berdampak negatif pada (Quiros 2017).

la aktivitas di pelabuhan termasuk pembangunan pelabuhan di  
babkan peningkatan pada kandungan bahan organik sedimen  
n sedimen, terutama pasir halus dan ketersediaan cahaya juga  
imen tersuspensi di air. Berdasarkan hasil penelitian Roca et  
sedimen tersuspensi dan penetrasi cahaya kembali ke tingkat

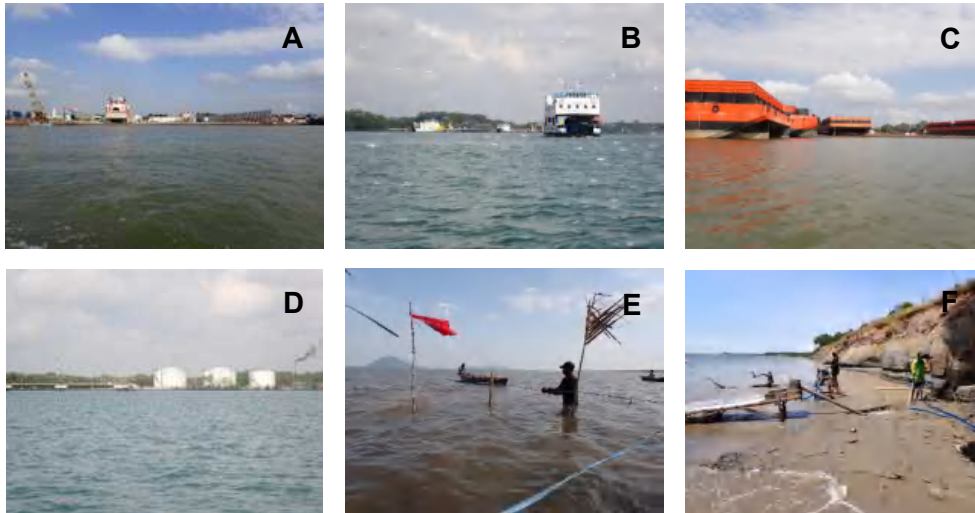
normal setelah 5 dan 15 bulan pasca pembangunan pelabuhan di suatu pantai. Respon tumbuhan lamun dengan adanya perubahan ini terlihat oleh penurunan kerapatan tunas yang nyata. Selain itu terdapat peningkatan signifikan kandungan logam berat dalam jaringan tanaman. Lebih lanjut dikatakan, bahwa dari tiga tahun setelah pembangunan pelabuhan selesai, struktural tumbuhan lamun belum menunjukkan tanda-tanda pemulihan. Dalam penelitian Jamal et al. (2020), di perairan pesisir Kabupaten Tanah Bumbu, ditemukan bahwa setidaknya terdapat 20 pelabuhan dan dermaga yang teridentifikasi di sepanjang pantai Kabupaten Tanah Bumbu. Ini termasuk pelabuhan feri dan pelabuhan transportasi antarpulau nasional (PELNI), pelabuhan perikanan, terminal penumpang (dengan layanan kapal cepat), serta pelabuhan khusus yang dimiliki dan dioperasikan oleh perusahaan swasta (seperti terminal kelapa sawit, semen, dan batubara) (Gambar 2.6A-D). Tentunya, keberadaan pelabuhan-pelabuhan di daerah pesisir ini khususnya di dekat area lokasi kajian dapat memberi dampak langsung terhadap ekosistem di sekitarnya seperti ekosistem terumbu karang (Asmawi, 2020) dan padang lamun (Supriyadi et al., 2018; Rindriawaty et al., 2025).

Salah satu kegiatan perikanan tangkap secara tradisional yang langsung dapat merusak tumbuhan lamun di lokasi kajian adalah aktivitas nelayan saat menangkap udang terutama di perairan selat. Dalam pengamatan lapangan yang dilakukan selama penelitian, teridentifikasi dua metode penangkapan udang yang umum digunakan oleh masyarakat lokal, yaitu metode dorong manual dan metode jaring menggunakan perahu bermotor. Metode pertama dilakukan dengan menggunakan alat tangkap tradisional yang dikenal sebagai "Sorong". Alat ini terdiri dari rangka jala yang dipasang pada bingkai berbentuk persegi atau trapesium, kemudian didorong secara manual oleh nelayan yang berjalan kaki di perairan dangkal. Aktivitas dorong dilakukan tepat di atas area vegetasi lamun berada, di mana alat sorong menyapu permukaan dasar perairan untuk menangkap udang yang berada di antara substrat dan vegetasi lamun. Penggunaan alat Sorong secara langsung menimbulkan gangguan mekanis terhadap padang lamun. Dorongan alat yang bersentuhan langsung dengan substrat dapat menyebabkan daun dan batang lamun tertekuk, tercabut, atau bahkan rusak secara permanen, terutama jika dilakukan secara berulang pada area yang sama. Kerusakan ini berdampak pada kemampuan lamun untuk melakukan fotosintesis, regenerasi, serta menjaga kestabilan sedimen dasar. Metode kedua melibatkan penggunaan jaring yang dioperasikan dari atas perahu bermesin kecil, di mana nelayan memasang jaring melintasi area vegetasi lamun (Gambar 2.6E). Aktivitas ini menimbulkan gangguan yang lebih besar karena *propeller* dari mesin perahu



bersinggungan dengan vegetasi lamun. Hasil pengamatan ini menunjukkan banyak daun dan batang lamun yang terpotong atau tidak ada bukti fisik kerusakan akibat dari pergerakan perahu dan diseret. Salah satu alasan, penangkapan udang di lokasi ini tidak ditemukan mangrove, padahal keberadaan vegetasi lamun merupakan penyedia habitat bagi udang dan nelayan lokal belum

menyadari manfaat vegetasi ini bahkan keberadaan vegetasi lamun baru saja mereka mengetahuinya setelah dilaksanakannya penelitian ini.



**Gambar 2.6.** Aktivitas pesisir di lokasi kajian. Aktivitas pelabuhan swasta, docking kapal dan batubara (A); Aktivitas pelabuhan kapal ferry dan PELNI (B); Aktivitas kapal tongkang batubara (C); Pelabuhan perusahaan kelapa sawit (D); Penangkapan udang dan ikan diatas tumbuhan lamun yang ditandai (E); Aktivitas tambang emas tradisional di pantai yang terabrasi (F)

Kerusakan muka pantai juga terpantau, akibat temuan logam emas yang ditambang secara tradisional oleh masyarakat sekitar lokasi pengamatan penelitian (Desa Sungai Dua Laut, Kecamatan Sebamban). Temuan ini bermula dari aktivitas warga setempat yang secara tidak sengaja menemukan material berkilau saat mengambil pasir untuk keperluan konstruksi. Informasi mengenai keberadaan logam emas ini dengan cepat menyebar ke masyarakat luas, memicu gelombang penambangan rakyat yang dilakukan secara tradisional. Metode yang digunakan umumnya bersifat manual dan sederhana, seperti penggunaan dulang, sekop, dan karung, tanpa dukungan teknologi modern (Gambar 2.6F). Aktivitas ini dilakukan secara sporadis oleh masyarakat sekitar maupun pendatang yang terdorong oleh potensi nilai ekonomi dari emas tersebut. Kawasan pantai yang menjadi lokasi aktivitas ini sebelumnya telah mengalami abrasi yang cukup signifikan, ditandai dengan mundurnya garis pantai dan hilangnya sebagian vegetasi pelindung di



lisis ini menunjukkan bahwa lingkungan pantai sudah berada an, dan masuknya kegiatan penambangan tradisional tanpa nsi memperburuk laju kerusakan dan percepatan degradasi n pada ekosistem pantai terutama terumbu karang dan lamun ngan pantai yang ditambang, serta risiko konflik kepentingan

## 2.5.2. Hidro-Meteorologi

### 2.5.2.1. Faktor Curah Hujan

Curah hujan merupakan salah satu parameter klimatologis utama yang secara signifikan mempengaruhi dinamika lingkungan pesisir. Fluktuasi intensitas dan distribusi curah hujan dapat memicu perubahan dalam aliran air permukaan, tingkat sedimentasi, hingga variasi salinitas, yang pada akhirnya berdampak terhadap kondisi ekosistem pesisir seperti padang lamun. Perubahan ekstrem dari pola cuaca juga dapat menyebabkan banjir, yang menyebabkan peningkatan kekeruhan perairan dan laju sedimentasi. Oleh karena itu, pemahaman terhadap pola curah hujan menjadi penting dalam mengevaluasi tekanan lingkungan terhadap habitat pesisir.

Berdasarkan analisis data curah hujan selama 10 tahun (2015-2024) (Gambar 2.4 hal. 23), didapatkan adanya fluktuasi curah hujan dan jumlah hari hujan sepanjang tahun. Nilai rata-rata curah hujan bulanan berkisar antara 125,9 mm hingga 296,9 mm, sedangkan jumlah hari hujan berkisar antara 13,3 hingga 19,3 hari per bulan. Curah hujan tertinggi tercatat pada bulan Juni sebesar 296,9 mm dengan jumlah hari hujannya sebesar 18,8 hari, hal ini mengindikasikan intensitas hujan yang tinggi dalam periode singkat. Sebaliknya, nilai rata-rata curah hujan terendah terjadi pada bulan April sebesar 125,9 mm, dengan jumlah hari hujannya sebesar 15,6 hari. Jumlah hari hujan tertinggi tercatat pada bulan Desember (19,3 hari) meskipun curah hujannya bukan yang paling tinggi (225,1 mm), menunjukkan frekuensi hujan yang sering namun kemungkinan dengan intensitas lebih rendah. Bulan-bulan dengan curah hujan di atas 200 mm antara lain Januari, Februari, Maret, Juni, Agustus, dan Desember. Sebaliknya, bulan dengan curah hujan paling rendah berada pada rentang April - Mei dan September hingga November, dengan nilai di bawah 180 mm.

Tren curah hujan di lokasi kajian menunjukkan adanya pola musiman yang khas, di mana awal tahun hingga pertengahan tahun mengalami hujan lebih tinggi, sedangkan pertengahan hingga akhir tahun menunjukkan kecenderungan curah hujan menurun, meskipun masih dengan jumlah hari hujan yang cukup sering. Fluktuasi curah hujan yang tercatat dalam setahun menunjukkan potensi tekanan lingkungan yang signifikan terhadap ekosistem di wilayah pesisir. Peningkatan curah hujan, khususnya pada bulan-bulan seperti Juni (296,9 mm), Februari (268,8 mm), dan Januari (238,1 mm), dapat menyebabkan peningkatan limpasan permukaan (*surface runoff*) dari daratan ke laut. Proses ini membawa serta n (nitrogen dan fosfor), serta bahan organik yang berlebihan an dampaknya adalah peningkatan kekeruhan (turbiditas) air i intensitas cahaya yang menembus ke dasar perairan. ar dan kecil yang langsung bermuara mengarah ke arah laut, peningkatan input dari daratan (*river plume*) ke perairan laut hujan (Tarya et al., 2018; Pratama et al., 2021) dan



mengakibatkan sedimentasi dan kekeruhan di perairan pesisir Kabupaten Tanah Bumbu (DKP, 2020; Jamal et al., 2020).

Beberapa studi, seperti Quiros (2016) dan Fortes et al. (2018), menunjukkan bahwa peningkatan input daratan akibat curah hujan tinggi berkorelasi negatif dengan tumbuhan lamun yakni kepadatan tunas, biomassa, dan keanekaragaman spesies lamun. Penurunan kualitas lingkungan karena sedimentasi dan perubahan salinitas akibat limpasan juga dapat menyebabkan dominansi spesies lamun yang lebih toleran terhadap gangguan lingkungan, sementara spesies yang lebih sensitif cenderung menghilang. Selain itu, sedimentasi yang tinggi juga dapat menyebabkan penimbunan (*burial*) pada permukaan tumbuhan lamun, sehingga menghambat pertumbuhan tunas baru dan mengurangi kelangsungan hidup lamun dewasa. Studi oleh Adams et al. (2016), menyoroti bahwa lamun berperan dalam menstabilkan sedimen dan mempengaruhi dinamika transportasi sedimen di lingkungan pesisir. Namun, peningkatan beban sedimen akibat curah hujan yang tinggi dapat mengganggu fungsi ini, menyebabkan peningkatan resuspensi sedimen dan mengurangi efektivitas lamun dalam menstabilkan substrat. Lebih lanjut, penelitian oleh Donatelli et al. (2018), menunjukkan bahwa kehilangan lamun dapat meningkatkan konsentrasi sedimen di seluruh teluk, mempengaruhi sedimen *budget* dan keseimbangan ekosistem pesisir. Hal ini menunjukkan bahwa curah hujan yang tinggi, dengan meningkatkan beban sedimen, dapat mempercepat degradasi ekosistem lamun.

### 2.5.2.2. Faktor Angin

Berdasarkan data iklim yang tercatat, di lokasi kajian termasuk katagori iklim tipe Munson, dimana tipe ini sangat dipengaruhi oleh angin Munson yang selalu berubah menurut musim. Terdapat dua analisis angin di lokasi kajian, pertama di perairan selat yang didominasi oleh pengaruh Selat Makassar dan kedua di perairan laut yang didominasi oleh pengaruh Laut Jawa. Hasil analisis berupa windrose menunjukkan arah dan kecepatan angin yang disesuaikan dengan skala *Beaufort* (Gambar 2.4, hal 23).

Distribusi arah dan kecepatan angin di perairan laut (Gambar 2.4A, hal 23), mengindikasikan bahwa angin dominan berasal dari arah Timur sebanyak 623 kejadian (17,05%), disusul arah Barat (15,93%) dan Barat Daya (15,82%) (Lampiran 2.1). Sebagian besar kecepatan angin berada pada kategori 7 - 17 knot, yakni 2173 kejadian (59,49%) pada rentang 7 - 11 knot dan 889 kejadian (24,34%) pada rentang 11 - 17 knot. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan angin terbanyak



ng skala *Beaufort* 3 hingga 4, yang dikenal sebagai angin cukup kencang. Menurut klasifikasi skala *Beaufort*, kecepatan ampu membentuk gelombang dengan tinggi 0,5 - 1,0 meter, - 17 knot berpotensi membangkitkan gelombang setinggi 1,0– an pada perairan selat, distribusi arah dan kecepatan angin ambar 2.4B, hal. 23), menunjukkan angin dari Selatan lebih 888 kejadian (27,03%) dan kemudian dari arah Utara dengan

588 kejadian (17,90%) (Lampiran 2.1). Kedua arah angin ini mendominasi karena letaknya tepat berada di Selat Laut yang bagian baratnya terlindung dari daratan utama Kalimantan Selatan dan sebelah timur terlindung dari daratan Pulau Laut atau daratan Kabupaten Kotabaru. Sebagian besar kecepatan angin berada pada kecepatan 4 - 11 knot, yakni 1205 kejadian (36,68%) pada skala 4 - 7 knot dan 1562 kejadian (47,55%) pada skala 7 - 11 knot. Berdasarkan nilai skala tersebut, perairan selat termasuk kategori *angin ringan* dan *angin sedang* yang dapat menimbulkan gelombang hingga 1 m. Gelombang yang terbentuk pada lokasi penelitian ini tidak hanya berkontribusi terhadap dinamika permukaan laut, tetapi juga mampu mengaduk kolom air, khususnya di lokasi kajian sebagai perairan dangkal. Proses pengadukan ini dapat menyebabkan resuspensi sedimen dari dasar perairan ke lapisan atas, yang kemudian meningkatkan tingkat kekeruhan (turbiditas) dan konsentrasi sedimen tersuspensi.

### 2.5.2.3. Pola Arus

Angin permukaan merupakan salah satu faktor dominan yang memengaruhi dinamika perairan laut, terutama dalam pembentukan pola arus laut. Di lokasi kajian angin musiman sangat berperan dalam memberikan dorongan signifikan terhadap permukaan laut, menciptakan arus laut yang bergerak searah dengan arah tiupan angin dominan. Proses ini menyebabkan lapisan atas air laut terdorong dan membentuk arus permukaan. Arus permukaan di sekitar perairan Laut Jawa dan Selat Makassar didominasi oleh arus yang dibangkitkan oleh angin, selain faktor pasang surut.

Berdasarkan studi literatur, pada musim barat (Desember-Maret), angin muson barat bertiup dari Asia menuju Australia, mendorong massa air dari barat ke timur - tenggara. Di Laut Jawa, hal ini memicu arus permukaan yang mengalir ke arah timur, sedangkan di Selat Makassar, terjadi pergerakan arus dari Laut Sulawesi menuju Laut Flores, akibat pengaruh dari pergerakan massa dari Samudera Pasifik (Arlindo atau Arus Lintas Indonesia) yang selalu bergerak ke arah selatan. Sebaliknya, pada musim timur (Juni-September), arah angin berubah dari Australia menuju Asia, menghasilkan arus permukaan dari timur ke barat di Laut Jawa. Di Selat Makassar, arus tetap dominan mengalir dari utara ke selatan dan barat, namun kecepatan dan intensitasnya meningkat karena dorongan angin timur dan perbedaan tekanan antara Laut Sulawesi dan Laut Flores (Gordon et al., 2008; Shinoda et al., 2012; Sprintall et al., 2014; Bappeda Kab. Kotabaru, 2024).

Selain itu, pola arus di lokasi kajian juga terbentuk oleh pengaruh pasang surut. Kecepatan arus pasang surut ini dianalisis berdasarkan model (*tidal current system*), dimana model ini menggunakan persamaan keseimbangan momentum dengan perata-rataan kedalaman dalam menentukan kecepatan arus pasang surut (Bappeda Kab. Kotabaru, 2024). Hasil analisis pola arus saat pasang dan pola arus saat surut. Pada saat pasang (Laut Jawa) arus bergerak memasuki perairan pantai dan pada saat surut (Laut Jawa) arus bergerak meninggalkan pantai. Pada saat surut (Selat Makassar) arus juga bergerak



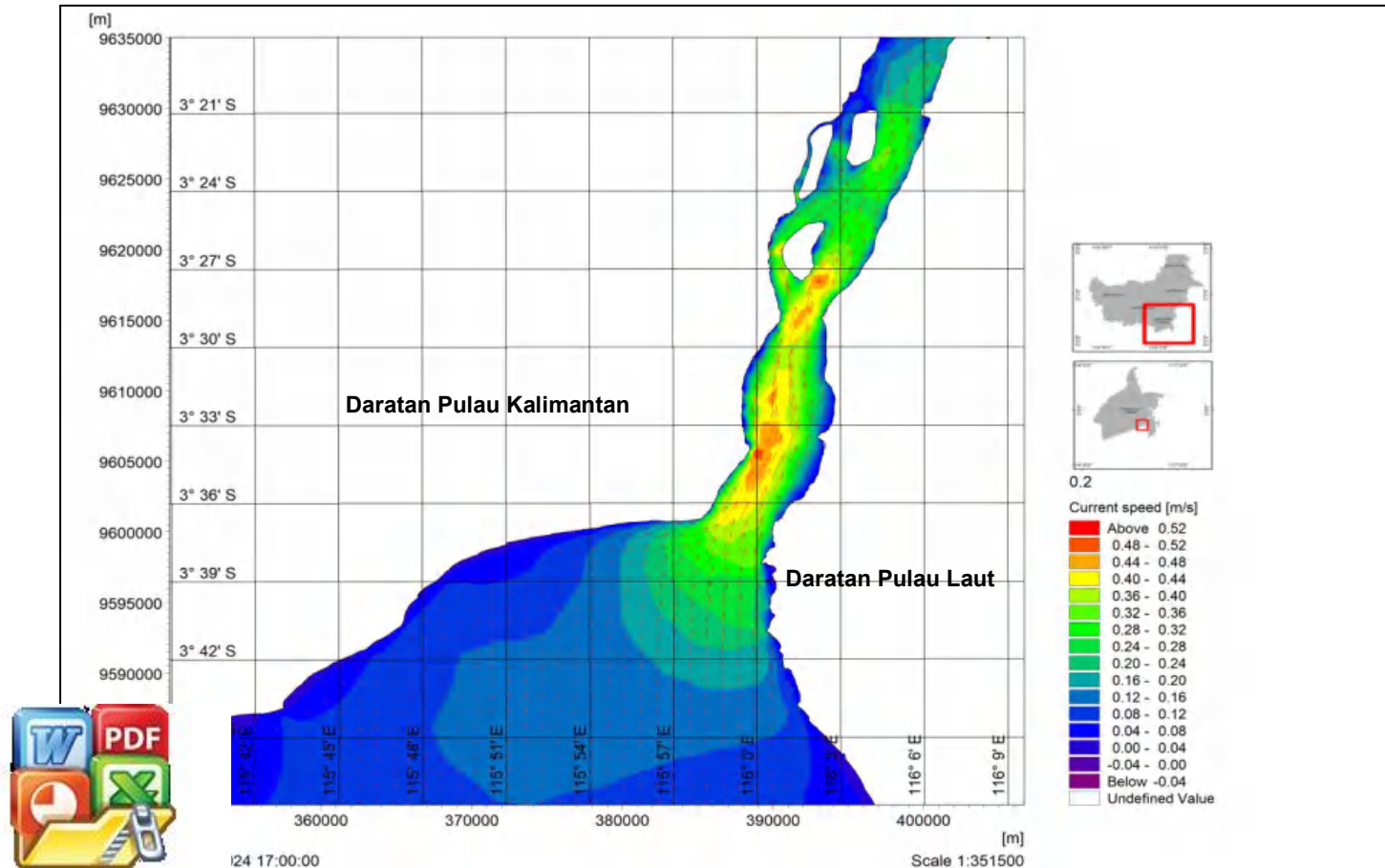
memasuki perairan pantai melalui Selat Laut bagian utara (Gambar 2.7). Demikian halnya pada saat surut, arus bergerak meninggalkan pantai dan Selat Laut, di mana dari arah utara akan bergerak menuju Selat Makassar dan dari arah selatan bergerak menuju Laut Jawa (Gambar 2.8).

Secara umum, kedua pola arus (Gambar 2.7 dan 2.8), sangat erat berkaitan dengan proses pertukaran massa air dan sedimentasi di area lokasi kajian, terutama pertemuan pola arus pasang surut yang terjadi di perairan Selat Laut, dengan demikian jika massa air dari Laut Jawa dan Selat Makassar membawa bahan sedimen dasar (*bedload*), sedimen tersuspensi (*suspended load*) maupun bahan pencemar maka akan terakumulasi di perairan selat ini, sehingga banyak terjadi pengendapan sedimen atau pendangkalan di perairan Selat Laut (Bappeda Kab. Kotabaru, 2024). Selain itu, efek dari pola arus musiman ini juga dapat menyebabkan peningkatan kekeruhan air, perubahan suhu, salinitas, transportasi sedimen dan penyebaran polutan yang berisiko menurunkan kualitas habitat pesisir, seperti habitat lamun dan organisme benthik lainnya. Selain pengaruh pola arus tersebut, wilayah perairan Kabupaten Tanah Bumbu sangat dipengaruhi oleh masuknya air dari sungai yang banyak terdapat di wilayah ini. Hal ini juga dapat memungkinkan penambahan sedimen dan terendapkan di daerah-daerah muara sungai maupun selat.

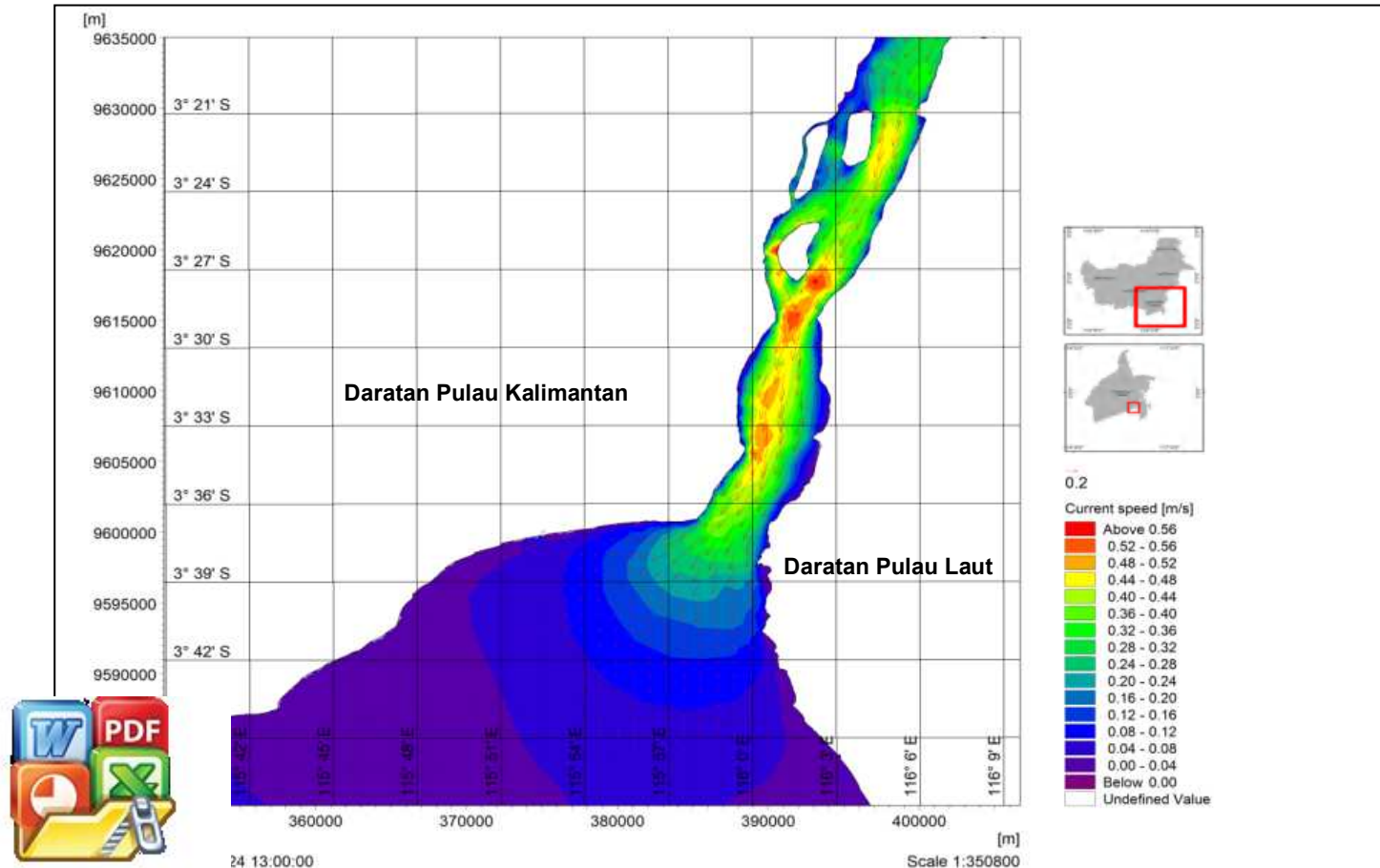
### 2.5.3. Laju Sedimentasi dan Kekeruhan

Laju sedimentasi dan kekeruhan merupakan dua parameter yang saling berkaitan erat dalam menggambarkan dinamika lingkungan perairan, khususnya dalam konteks sistem pesisir yang kompleks seperti di wilayah lokasi kajian. Keduanya mencerminkan proses fisik yang melibatkan pergerakan, pengendapan, dan suspensi partikel di kolom air yang sangat dipengaruhi oleh faktor hidrodinamika seperti pasang surut, arus, dan angin. Berdasarkan hasil pengamatan, didapatkan laju sedimentasi pada perairan laut sebesar  $60,06 \pm 7,8$  mg/cm<sup>2</sup>/hari dengan nilai kekeruhan  $4,94 \pm 0,3$  NTU (Tabel 2.4, hal. 24). Nilai laju sedimentasi yang didapatkan lebih besar dari nilai yang pernah didapatkan pada penelitian sebelumnya yakni sebesar  $46,66$  mg/cm<sup>2</sup>/hari (DKP, 2020), hal ini berarti ada peningkatan laju sedimentasi pada perairan laut terutama di daerah gosong karang yang juga terdapat habitat lamun. Meskipun nilai laju sedimentasi tergolong tinggi namun nilai kekeruhan pada lokasi kajian tergolong rendah yakni dibawah 5 NTU (Kepmen. LH. No. 51/2004). Hasil yang didapatkan ini, mengindikasikan bahwa meskipun terjadi pengendapan partikel dalam jumlah signifikan, sebagian besar sedimen bertekstur pasir (Tabel 2.4, hal. 23) tidak tertahan lama, sehingga tidak menyebabkan peningkatan kekeruhan yang





Gambar 2.7. Pola arus saat pasang (Bappeda Kab. Kotabaru, 2024)



Gambar 2.8. Pola arus saat surut (Bappeda Kab. Kotabaru, 2024)



Pada perairan selat tercatat laju sedimentasi sebesar  $34,41 \pm 3,7$  mg/cm<sup>2</sup>/hari dengan nilai kekeruhan yaitu  $39,80 \pm 3,9$  NTU. Hal ini menunjukkan bahwa proses sedimentasi di perairan selat berlangsung secara simultan dengan tingginya partikel tersuspensi dalam air. Interaksi antara arus pasang surut yang kuat dan morfologi selat yang sempit menyebabkan terjadinya resuspensi sedimen dari dasar perairan. Saat surut, lapisan air yang lebih dangkal memperbesar potensi pengadukan sedimen oleh arus dan angin, yang selanjutnya meningkatkan kekeruhan. Pada perairan tambak, laju sedimentasi tercatat sebesar  $11,15 \pm 1,8$  mg/cm<sup>2</sup>/hari, sementara nilai kekeruhan yaitu  $33,5 \pm 4,5$  NTU (Tabel 2.4, hal. 24). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun hanya sebagian partikel tersuspensi yang benar-benar terperangkap dan mengendap ke dasar (laju sedimentasi relatif rendah), konsentrasi partikel yang tetap berada dalam kolom air masih tinggi. Kondisi tersebut kemungkinan terkait dengan dominasi fraksi sedimen halus yang memiliki kecepatan pengendapan rendah serta adanya pengadukan lokal di dalam tambak (misalnya aktivitas budidaya, angin dan bioturbasi organisme dasar) yang mempertahankan partikel halus tetap tersuspensi, sementara pertukaran dan sirkulasi air secara horizontal relatif terbatas.

Peningkatan kekeruhan di perairan Kabupaten Tanah Bumbu tidak terlepas dari aktivitas penggunaan lahan, khususnya perkebunan kelapa sawit, pertambangan batubara, dan aktivitas pesisir lainnya. Secara spasial, kekeruhan di perairan sekitar gosong karang di Kabupaten Tanah Bumbu diklasifikasikan dalam kategori sedang hingga berat (Jamal et al., 2020). Aktivitas pesisir sangat berkontribusi terhadap permasalahan lingkungan di wilayah pesisir dengan menyebabkan sedimentasi serta membawa material dari daratan yang terbawa oleh air hujan mengalir ke sungai dan akhirnya bermuara ke laut (Jamal et al., 2020; Pratama et al., 2021). Selain itu, arus laut dari Laut Jawa dan Selat Makassar yang melintasi perairan di wilayah studi juga membawa sedimen sebagai beban dasar dan beban tersuspensi, serta polutan, yang dapat terakumulasi di perairan pesisir dan menyebabkan degradasi ekosistem terumbu karang dan lamun (Unsworth et al., 2018; Jamal et al., 2020). Laju sedimentasi tersebut dapat berdampak negatif yang cukup besar terhadap biota laut, termasuk penurunan kepadatan spesies, laju pertumbuhan, laju rekrutmen, dan jumlah spesies, serta peningkatan invasi oleh spesies oportunistik (Magris & Ban, 2019; Zabarte-Maeztu et al., 2020). Erosi dan pengangkutan sedimen juga mengurangi penetrasi cahaya dan dapat menyebabkan hilangnya lamun karena terhambatnya pertumbuhan (Browne et al. 2017).



## dan Saran

ran lamun di perairan Kabupaten Tanah Bumbu menghadapi aman, terutama dari peningkatan sedimentasi dan kekeruhan ngan perubahan penggunaan lahan di wilayah DAS, hal ini area fokus yang didominasi alih fungsi menjadi pertambangan Penurunan luasan tambak juga merupakan ancaman

berkurangnya habitat lamun *Ruppia*, dimana tumbuhan ini hanya dapat hidup di perairan tambak. Implikasi ekologisnya ialah berkurangnya ketahanan dan layanan ekosistem habitat lamun di perairan Kabupaten Tanah Bumbu. Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan DAS yang ramah lingkungan, pengetatan praktik pertambangan dan pemantauan tingkat kekeruhan dan laju sedimentasi di daerah yang terdapat habitat lamun yang disertai dengan rehabilitasi habitat dan spesies lamun yang mengalami degradasi. Integrasi tata kelola darat-laut dan penelitian lanjutan tentang ambang toleransi kekeruhan-sedimentasi bagi spesies lamun setempat (serta potensi pengaruh spesies invasif) diperlukan guna memastikan keberlanjutan habitat lamun di wilayah ini.

## 2.7. Daftar Pustaka

- Adams, M.P., Hovey, R.K., Hipsey, M.R., Bruce, L.C., Ghisalberti, M., Lowe, R.J., Gruber, R.K., RuizMontoya, L., Maxwell, P.S., Callaghan, D.P., Kendrick, G.A., & O'Brien, K.R., 2016. Feedback between sediment and light for seagrass: Where is it important? *Limnology and Oceanography*. 61(5): 1937-1953. doi: 10.1002/lno.10319.
- [APHA] American Public Health Association. 2017. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
- Artika, S.R., Ambo-Rappe, R., Samawi, M.F., Teichberg, M., Moreira-Saporiti, A., & Viana, I.G., 2021. Rising temperature is a more important driver than increasing carbon dioxide concentrations in the trait responses of *Enhalus acoroides* seedlings. *Applied Science*. 11: 2730. doi: 10.3390/app11062730.
- Artika, S.R., Ambo-Rappe, R., Teichberg, M., Moreira-Saporiti, A., & Viana, I.G., 2020. Morphological and physiological responses of *Enhalus acoroides* seedlings under varying temperature and nutrient treatment. *Frontiers in Marine Science*. 7:325. doi: 10.3389/fmars.2020.00325.
- Asdak, C., 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Penerbit: Gajah Mada University Press.
- Asmawi, S., 2020. *Kesehatan terumbu karang di perairan sekitar terminal batubara Kabupaten Tanah Bumbu*. Disertasi Program Pasca Sarjana Universitas Lambung Mangkurat.
- Azcarate-Garcia, T., Beca-Carretero, P., Villamayor, B., Stengel, D.B., & Winters, G., 2020. Responses of the seagrass *Halophila stipulacea* depth and spatial gradients in its native region (Red Sea): Morphology, in situ growth and biomass production. *Aquatic Botany*. 165: 103252. doi: 10.1016/j.aquabot.2020.103252.
- ..., & Doherty, F., 2017. Along-channel winds in Howe Sound: analysis and case studies. *Atmosphere-Ocean* 55, 12-30. 055900.2016.1233094.
- Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Kotabaru. Akhir: *Kajian Potensi Penanggulangan Abrasi Pantai Di Pulau Sebuku*. Kabupaten Kotabaru.



- Berry, K.L., Hoogenboom, M.O., Flores, F., & Negri, A.P., 2016. Simulated coal spill causes mortality and growth inhibition in tropical marine organisms. *Scientific Reports*. 6 (1): 1 - 8.
- Browne, N.K., Yaakub, S.M., Tay, J.K.L., & Todd, P.A., 2017. Recreating the shading effects of ship wake induced turbidity to test acclimation responses in the seagrass *Thalassia hemprichii*. *Estuarine, Coastal Shelf Science* 199 : 87-95. doi: 10.1016/j.ecss.2017.09.034
- Bulmer, R.H., Townsend, M., Drylie, T., & Lohrer, A.M., 2018. Elevated turbidity and the nutrient removal capacity of seagrass. *Frontiers in Marine Science*. 5: 462. doi: 10.3389/fmars.2018.00462.
- Ceswaraningrat, I.B.G.Y., Aryashta, D., & Hermansyah, M., 2023. Analisis angin permukaan menggunakan diagram *wind rose* untuk keselamatan penerbangan di Bandara Internasional Juwata. *Euler: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi*. 12(1): 1-10.
- Cullen-Unsworth, L.C., & Unsworth, R., 2018. A call for seagrass protection. *Science*. 361 (6401): 446-448. doi: 10.1126/science.aat7318.
- Daswin, E.M., & Kumar, M., 2023. Coastline change rate estimation on the southern coastal districts of Tamil Nadu, India using the multi temporal google earth images and gis based statistical approach. *Research Square*. <https://www.researchsquare.com/article/rs-1916432/v1>.
- [DKP] Dinas Kelautan Perikanan Provinsi Kalimantan Selatan. 2020. Laporan Akhir: Rencana Pengelolaan dan Zonasi Kawasan Konservasi Perairan; Taman Wisata Perairan Angsana, Sungai Loban, Pulau Laut-Pulau Sembilan, Kepulauan Sambargelap, dan Laut Sekitarnya di Provinsi Kalimantan Selatan.
- Donatelli, C., Ganju, N.K., & Fagherazzi, S., 2018. Seagrass impact on sediment exchange between tidal flats and salt marsh, and the sediment budget of shallow bays. *Geophysical Research Letters*. 45(10): 4933 - 4943. doi:10.1029/2018GL078056
- Duarte, C.M., & Krause-Jensen, D., 2017. Export from seagrass meadows contributes to marine carbon sequestration. *Frontiers in Marine Science*. 4:1-7. doi: 10.3389/fmars.2017.00013.
- Espel, D., Diepens, N.J., Boutron, O., Buffan-Dubau, E., Chérain, Y., Coulet, E., Grillas, P., Probst, A., Silvestre, J., & Elger, A., 2019. Dynamics of the seagrass *Zostera noltei* in a shallow Mediterranean lagoon exposed to chemical contamination and other stressors. *Estuarine, Coastal Shelf Science*. 222: 1-12.
- Fernando, R., Melani, R.W., & Kurniawan, D., 2019. Pengaruh laju sedimentasi terhadap kerapatan lamun di perairan Beloreng Kelurahan Tembeling Tanjung Kabupaten Bintan. *Akuatiklestari*. 3 (1) : 10-17. doi: 10.31629/akuatiklestari.v3i1.936.
- Fortes, M.D., Gai, L.S., Tan, Y.M., Prathep, A., Bujang, J.S., & Yaakub, S.M., 2018. Seagrass in Southeast Asia: a review of status and knowledge gaps, and a call for conservation. *Botanica Marina*. 61(3): 269 - 288. doi: 10.1515/bot-2018-0008.
- Field, D.L., Field, A., Huber, B.A., Pranowo, W., & Wirasantosaet, 2008. The Makassar strait throughflow, 2004 to 2006. *Geophysical Research Letters*. 35: 14605. doi:10.1029/2008GL036372.



- Hidayat, M., Ruswahyuni, & Widyorini, N., 2014. Analisis laju sedimentasi di daerah padang lamun dengan tingkat kerapatan berbeda di Pulau Panjang, Jepara. *Management of Aquatic Resources Journal*. 3 (3): 73-79.
- Jahnke, M., Daniela D'., Luigi, O., Antonella, L., Emanuela, D., Fabio, B., Silvia, M., Gabriele, P., & Luisa, O., 2019. Adaptive responses along a depth and a latitudinal gradient in the endemic seagrass *Posidonia oceanica*. *Heredity*. 122: 233 - 243. doi: 10.1038/s41437-018-0103-0.
- Jamal, R., Zubair, H., Yanuarita, G., Budimawan, Rasyid, A., & Idrus, M.R., 2020. Strategy management area coral viewed from threat level in Tanah Bumbu Regency South Kalimantan. *IOP Conference Series: Earth and Environment Science*. 473, 012053. doi:10.1088/1755-1315/473/1/012053.
- Jiang, Z., Zhao, C., Yu, S., Liu, S., Cui, L., Wu, Y., Fang, Y., & Huang, X., 2019. Contrasting root length, nutrient content and carbon sequestration of seagrass growing in offshore carbonate and onshore terrigenous sediments in the South China Sea. *Science of the Total Environment*. 662:151-159. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.01.175.
- Keintjem, R.G., Baskoro, W.T., Buana, M.C., & Nurmalarari, N., 2023. Analisis arah dan kecepatan serta besar persentase fase angin menggunakan WRPLOT tahun 2015-2020 di Stasiun Klimatologi Kelas II Paniki Atas Minahasa Utara. *Kappa Journal*. 7(3): 531-537.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut. Baku mutu air laut untuk biota laut.
- Li, C., Yan-Hao, Z., Xiao-Xiao, W., Yu-Shan, J., Wen-Tao, L., & Pei-Dong, Z., 2020. Changes in survival and growth in response to different combinations of turbidity and duration in eelgrass *Zostera marina* plants. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 249, 107108. doi:10.1016/j.ecss.2020.107108.
- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., & Moran, E., 2004. Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 25(12): 2365-2407.
- Magris, R.A., & Ban, N.C., 2019. A meta-analysis reveals global patterns of sediment effects on marine biodiversity. *Global Ecology and Biogeography* 00: 1-20. doi: 10.1111/geb.12990.
- Malarvizhi, K., Kumar, S.V., & Porchelvan, P., 2016. Use of high resolution *Google Earth* satellite imagery in landuse map preparation for urban related applications. *Procedia Technology* 24: 1835-1842.
- Masseran, N., 2015. Markov chain model for the stochastic behaviors of wind-direction data. *Energy Conversion and Management*. 92: 266-274. doi: 10.1016/j.enconman.2014.12.045.
- McKenzie, L.J., Nordlund, L.M., Jones, B.L., Cullen-Unsworth, L.C., Roelfsema C.M., & Unsworth, R.K.F., 2020. The global distribution of seagrass meadows. *Environmental Reserach Letters*. 15:1-13. doi: 10.1088/1748-9326/ab7d06.
- Meysick, L., Tom, Y., Anna, J., Francesc, M., Sebastian, V., Anna, V., Christoffer, , & Alf, N., 2019. Context-dependent community facilitation in dows along a hydrodynamic stress gradient. *Journal of Sea* -151: 8-23. doi: 10.1016/j.seares.2019.05.001.
- pak, A., 2021. The current status of *Halophila beccarii*: An jnificant, yet vulnerable seagrass of India. *Ocean and Coastal* 200, 1055484. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2020.105484.
- ic, J.C., Adamczyk, E.M., Bittick, S.J., Côté, I.M., Cristiani, J., A., Gregory, R.S., Lotze, H.K., O'Connor, M.I., Araújo, C.A.S.,



- Rubidge, E.M., Templeman, N.D., & Wong, M.C., 2021. From coast to coast to coast: ecology and management of seagrass ecosystems across Canada: a review. *FACETS* 6: 139-179. doi:10.1139/facets-2020-0020.
- Murphy, G.E.P., Wong, M.C., & Lotze, H.K., 2019. A human impact metric for coastal ecosystems with application to seagrass beds in Atlantic Canada. *FACETS* 4: 210-237. doi:10.1139/facets-2018-0044.
- Ontoria, Y., Webster, C., Said, N., Ruiz, J.M., Perez, M., Romero, J., & McMahon, K., 2020. Positive effects of high salinity can buffer the negative effects of experimental warming on functional traits of the seagrass *Halophila ovalis*. *Marine Pollution Bulletin*. 158, 111404. doi:10.1016/j.marpolbul.2020.111404.
- Prasetyo, B., 2014. Metode penelitian kuantitatif, teori dan aplikasi. Depok: PT Rajagrafindo Persada.
- Pratama, M.B., Rafida, M.W., & Ismail, N.A., 2021. Hydro-meteorological aspects of the 2021 South Kalimantan flood: topography, tides, and precipitation. *International Journal of Remote Sensing and Earth Science*. 18 (1): 73-90. doi: 10.30536/ijjreses.2021.v18.a3539.
- Quiros, T.E.A., Croll, D., Tershy, B., Fortes, M.D., & Raimondi, P., 2017. Land use is a better predictor of tropical seagrass condition than marine protection. *Biological Conservation*. 209: 454 -463. doi: 10.1016/j.biocon.2017.03.011.
- Quiros, T.E.A., 2016. Linking terrestrial and marine protected areas at the coastal interface. PhD. University of California, Santa Cruz.
- Rindriawaty, Ramli, M., & Nur, A.I., 2025. Kondisi ekosistem lamun pada zona pemanfaatan kawasan konservasi daerah Teluk Moramo Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Sains dan Inovasi Perikanan*. 9(1): 61 - 72.
- Roca, G., Romero, J., Columbu, S., Farina, S., Pages, J.F., Gera, A., Inglis, G., & Alcoverro, T., 2014. Detecting the impacts of harbour construction on a seagrass habitat and its subsequent recover. *Ecological Indicators*. 45: 9 - 17. doi:10.1016/j.ecolind.2014.03.020.
- Ruiz-Frau, A., Gelcich, S., Hendriks, I.E., Duarte, C.M., & Marba, N., 2017. Current state of seagrass ecosystem services: research and policy integration. *Ocean and Coastal Management*. 149: 107-115. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2017.10.004.
- Schrammeyer, V., York, P.H., Chartrand, K., Ralph, P.J., Kühl, M., Brodersen, K.E., & Rashee, M.A., 2018. Contrasting impacts of light reduction on sediment biogeochemistry in deep and shallow-water tropical seagrass assemblages (Green Island, Great Barrier Reef). *Marine Environmental Research*. 136: 38-47.
- Shinoda, T., Han, W., Metzger, E.J., & Hurlburt, H.E., 2012. Seasonal variation of the Indonesian throughflow in Makassar Strait. *Journal of Physical Oceanography*. 42(7): 1099 - 1123. doi: 10.1175/JPO-D-11-0120.1.
- Sprintall, J., Gordon, A.L., Koch-Larrouy, A., Lee, T., Potemra, J.T., Pujana, K., & Wijffels, S.E., 2014. Indonesian seas and their role in the coupled ocean-. *Nature Geoscience*. 7: 487 - 492. doi: 10.1038/ngeo2188.
- etode penelitian kuantitatif kualitatif dan R&D. Bandung: sitasari, R., & Iswari, M.Y., 2018. Dampak perubahan iklim terhadap kondisi padang lamun di perairan timur Pulau Riau. *Jurnal Segara*. 14(1): 1 – 10.
- Metodologi Penelitian. Jakarta: PT Raja Grafando Persaja.



- Thangaradjou, T., & Bhatt, J.R., 2017. Status of seagrass ecosystems in India. *Ocean and Coastal Management*. 159:7-15. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2017.11.025.
- Suwandana, E., 2019. Pemanfaatan data *Google Earth* resolusi spasial tinggi untuk pemetaan perubahan morfologi pantai. *Depik Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*. 8(3): 193-206.
- Tarya, A., Hoitink, A.J.F., Van der Vegt, M., van Katwijk, M.M., Hoeksema, B.W., Bouma, T.J., Lamers, L.P.M., & Christianen, M.J.A., 2018. Exposure of coastal ecosystems to river plume spreading across a near-equatorial continental shelf. *Continental Shelf Research*. 153: 1-15. Doi: 10.1016/j.csr.2017.12.003.
- Tin, H.C., Tu Uyen, N., Chi Tu, N.H., Huu Binh, N., & Khanh Ni, T.N., 2023. Dynamics of seagrass beds and land use-land cover characteristics in Vietnamese Marine Protected Areas. *Regional Studies in Marine Science*. 59, 102794. doi: 10.1016/j.rsma.2022.102794.
- Tretyakova, M.O., Vardavas, A.I., Vardavas, C.I., Iatrou, E.I., Stivaktasis, P.D., Burykina, T.I., Mezhuev, Y.O., Tsatsakis, A.M., & Golokhvast, K.S., 2021. Effects of coal microparticles on marine organisms: A review. *Toxicology Reports*. 8 : 1207-1219. doi: 10.1016/j.toxrep.2021.06.006.
- Uhrin, A.V., & Turner, M.G., 2018. Physical drivers of seagrass spatial configuration: the role of thresholds. *Landscape Ecology* 33 : 2253–2272. doi: 10.1007/s10980-018-0739-4.
- Unsworth, R.K.F., Ambo-Rappe, R., Jones, B.L., La Nafie, Y.A., Irawan, A., Hernawan, U.E., Moore, A.M., & Cullen-Unsworth, L.C., 2018. Indonesia's globally significant seagrass meadows are under widespread threat. *Science of the Total Environment*. 634:279-286. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.315.
- Van der Mheen, M., Pattiaratchi, C., Cosoli, S., & Wandres, M., 2020. Depth-dependent correction for wind-driven drift current in particle tracking applications. *Frontiers in Marine Science*. 7: 305. doi:10.3389/fmars.2020.00305.
- Wattimena, M., & Salamena, G., 2022. Karakteristik angin permukaan di Teluk Ambon Maluku. *Jurnal Laut Pulau* 1(2): 19-36.
- Wilson, K.L., & Lotze, H.K., 2019. Climate change projections reveal range shifts of seagrass *Zostera marina* in Northwest Atlantic. *Marine Ecology Progress Series*. 620: 47-62. doi: 10.3354/meps12973.
- Yamamoto, T., & Nadaoka, K., 2018. Analyzing coastal turbidity under complex terrestrial loads characterized by a 'stress connectivity matrix' with an atmosphere watershed-coastal ocean coupled model. *Estuarine, Coastal Shelf Science* 203: 44-58. doi: 10.1016/j.ecss.2018.01.025.
- Yamamoto, T., Malingin, M.A.C.L., Pepino, M.M., Yoshikai, M., Campos, W., Miyajima, T., Watanabe, A., Tanaka, Y., Morimoto, N., Ramos, R., Paqkalinawan, H., & Nadaoka, K., 2019. Assessment of coastal turbidity potential by terrigenous sediment load reduction and its effect on seagrass inhabitable area in Banate Bay, central Philippines. *Total Environment*. 656 : 1386–1400.
- Matheson, F.E., Manley-Harris, M., Davies-Colley, R.J., Oliver, I., 2020. Effects of fine sediment on seagrass meadows: A case study of *Zostera muelleri* in Pātūtāhanui Inlet, New Zealand. *Journal of Marine Research and Engineering*. 8 (9): 645. doi: 10.3390/jmse8090645.



Zhou, Z., Ouyang, Y., Li, Y., Qiu, Z., & Moran, M., 2017. Estimating impact of rainfall change on hydrological processes in Jianfengling rainforest watershed, China using BASINS HSPF-CAT modeling system. *Ecological Engineering*. 105: 87-94. doi: 10.1016/j.ecoleng.2017.04.051.



Optimized using  
trial version  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

## 2.8. Lampiran

Lampiran 2.1. Frekuensi arah angin tahun 2015-2024 dan skala *Beaufort* di Laut Jawa dan Selat Laut

### Laut Jawa

Arah Angin	0 - 1 knot		1 - 4 knot		4 - 7 knot		7 - 11 knot		11 - 17 knot		17 - 22 knot		22 - 28 knot		28 - 34 knot		≥ 34,00		Total	
	Frek	%	Frek	%	Frek	%	Frek	%	Frek	%	Frek	%	Frek	%	Frek	%	Frek	%	Frek	%
Utara	0,0	0,0	0,0	0,0	55	1,5	192	5,3	47	1,3	10	0,3	0	0,0	0	0,0	2	0,1	306	8,4
Timur Laut	0,0	0,0	0,0	0,0	97	2,7	305	8,3	44	1,2	5	0,1	0	0,0	4	0,1	2	0,1	457	12,5
Timur	0,0	0,0	0,0	0,0	70	1,9	314	8,6	213	5,8	16	0,4	6	0,2	3	0,1	1	0,0	623	17,1
Tenggara	0,0	0,0	0,0	0,0	51	1,4	184	5,0	91	2,5	7	0,2	1	0,0	2	0,1	0	0,0	336	9,2
Selatan	0,0	0,0	0,0	0,0	67	1,8	316	8,7	85	2,3	7	0,2	2	0,1	3	0,1	3	0,1	483	13,2
Barat Daya	0,0	0,0	0,0	0,0	54	1,5	356	9,7	151	4,1	15	0,4	0	0,0	2	0,1	0	0,0	578	15,8
Barat	0,0	0,0	0,0	0,0	26	0,7	335	9,2	180	4,9	23	0,6	14	0,4	2	0,1	2	0,1	582	15,9
Barat Laut	0,0	0,0	0,0	0,0	23	0,6	171	4,7	78	2,1	12	0,3	1	0,0	3	0,1	0	0,0	288	7,9
<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>443</b>	<b>12,1</b>	<b>2173</b>	<b>59,5</b>	<b>889</b>	<b>24,3</b>	<b>95</b>	<b>2,6</b>	<b>24</b>	<b>0,7</b>	<b>19</b>	<b>0,5</b>	<b>10</b>	<b>0,3</b>	<b>3653</b>	<b>100</b>

### Selat Laut

Arah Angin	0 - 1 knot		1 - 4 knot		4 - 7 knot		7 - 11 knot		11 - 17 knot		17 - 22 knot		22 - 28 knot		28 - 34 knot		≥ 34,00		Total	
	Frek	%	Frek	%	Frek	%	Frek	%	Frek	%	Frek	%	Frek	%	Frek	%	Frek	%	Frek	%
Utara	311	9,5	1	0,0	158	4,8	108	3,3	10	0,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	588	17,9
Timur Laut	0	0,0	0	0,0	80	2,4	100	3,0	7	0,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	0,0	188	5,7
Timur	0	0,0	0	0,0	98	3,0	143	4,4	6	0,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	247	7,5
Tenggara	0	0,0	3	0,1	135	4,1	209	6,4	19	0,6	0	0,0	0	0,0	1	0,0	0	0,0	367	11,2
Selatan	0	0,0	0	0,0	248	7,5	563	17,1	73	2,2	1	0,0	1	0,0	0	0,0	2	0,1	888	27,0
Barat Daya	0	0,0	0	0,0	159	4,8	178	5,4	32	1,0	2	0,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	371	11,3
Barat	0	0,0	1	0,0	139	4,2	143	4,4	29	0,9	2	0,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	314	9,6
Barat Laut	0	0,0	0	0,0	188	5,7	118	3,6	16	0,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	322	9,8
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>0,2</b>	<b>5</b>	<b>0,2</b>	<b>1205</b>	<b>36,7</b>	<b>1562</b>	<b>47,5</b>	<b>192</b>	<b>5,8</b>	<b>5</b>	<b>0,2</b>	<b>1</b>	<b>0,0</b>	<b>1</b>	<b>0,0</b>	<b>3</b>	<b>0,1</b>	<b>3285</b>	<b>100</b>

