

Zonasi Daerah Estuari Berdasarkan Salinitas Permukaan di Teluk Tanjungpinang, Kepulauan Riau

Tia Oktavia, Elis Indrayanti*, Muh. Yusuf

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Jacub Rais, Tembalang Semarang, Jawa Tengah 50265 Indonesia
Email: elisindrayanti@yahoo.com

Abstrak

Estuari merupakan wilayah peralihan yang dinamis sebagai tempat keluar masuknya air laut. Teluk Tanjungpinang merupakan estuari dimana beberapa aliran sungai bermuara pada teluk ini, salah satunya adalah Sungai Carang. Aliran sungai ini akan mempengaruhi kondisi sebaran salinitas pada daerah estuari, oleh karena itu penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi sejauh mana konsentrasi salinitas dari air laut yang masuk hingga ke hulu sungai, serta sejauh mana pengaruh masukan air tawar ke dalam muara sungai. Penginderaan jauh optik merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui sebaran salinitas di muara, hubungan terbalik antara salinitas dan penyerapan CDOM di perairan yang didominasi sungai umumnya dianggap sebagai mekanisme yang mendasari penginderaan jauh optik salinitas. Penelitian ini dilakukan menggunakan algoritma Binding and Bowers tahun 2003 selama waktu 5 tahun yaitu 2018 - 2022, menggunakan citra satelit Sentinel-2 Level 1C dan divalidasi dengan pengukuran salinitas lapangan pada tanggal 24 Juli 2023. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Teluk Tanjungpinang termasuk ke dalam zona *polyhaline* dengan kisaran salinitas permukaan antara 23,3 - 30‰, area bagian tengah dari teluk memiliki nilai salinitas yang lebih tinggi dibandingkan area bagian pinggiran teluk. Curah hujan menjadi salah satu faktor yang memengaruhi sebaran salinitas di Teluk Tanjungpinang. Pemantauan zonasi sebaran salinitas perlu dilakukan secara berkesinambungan agar pemanfaatan lingkungan air dapat dilakukan secara tepat.

Kata kunci: Salinitas, Estuari, CDOM, Sentinel-2 level 1 C, Curah hujan

Abstract

Estuary Zonation Based on Surface Salinity in Tanjungpinang Bay Waters, Kepulauan Riau

The estuary is a dynamic transitional area that seawater flows in and out. Tanjungpinang bay, which is also an estuary area has many rivers, one of which is Carang river. The river affects the distribution of salinity in the estuary, therefore this research aims to identify how far the concentration of seawater salinity enters upstream, as well as the extent of the influence of freshwater input into the estuary. Optical remote sensing is one of the methods that can be used to determine the distribution of salinity at estuaries; the inverse relationship between salinity and CDOM absorption in the river is generally considered to be the underlying mechanism for optical remote sensing of salinity. This research was conducted in Tanjungpinang Bay using the Binding and Bowers 2003 algorithm for 5 years in 2018-2022, using Sentinel-2 Level 1C satellite imagery and validated using in situ data on 24 July 2023. Salinity values will be obtained by utilizing existing CDOM values in the waters which are inversely correlated with salinity values. The results indicated that Tanjungpinang Bay is the polyhaline zone with salinity ranging from 23.3 - 30‰, the central area of the bay has higher salinity values. Rainfall is one of the factors influencing the distribution of salinity in Tanjungpinang Bay. Continuous monitoring of salinity zonation needs to be carried out to ensure that the utilization of the aquatic environment can be managed appropriately.

Keywords: Salinity, Estuary, CDOM, Sentinel-2 level 1 C, Rainfall

PENDAHULUAN

Estuari merupakan lingkungan yang dinamis dan termasuk ke wilayah peralihan. Pada wilayah ini terjadi interaksi antara laut (air asin) dan sungai (air tawar) dimana pergerakan keluar masuknya air terus terjadi di

wilayah ini. Pada saat pasang, air laut yang memiliki salinitas tinggi masuk ke badan sungai dan air tawar dari sungai serta *run-off* dari daratan mengalir menuju lautan sehingga menciptakan perairan payau (Amalia *et al.*, 2015). Intrusi garam di estuari adalah proses masuknya air asin ke dalam sistem sungai dimana ekstraksi air tawar yang berlebihan di bagian hulu mengakibatkan berkurangnya debit sungai ke daerah dataran rendah. Fenomena ini selanjutnya memungkinkan air asin menyusup lebih jauh ke dalam sistem sungai. Oleh karena itu, monitoring di muara sangat penting untuk memastikan keberlanjutan pasokan air tawar dan melestarikan ekosistem muara. Karena pertumbuhan penduduk yang cepat, pembangunan di garis pantai dan di wilayah muara tidak dapat dihindari. Menipisnya muara juga memengaruhi pasokan air tawar atau stasiun pompa yang dapat dipengaruhi oleh air asin. Meskipun pasokan air terbatas, perubahan konsentrasi salinitas yang tinggi dan cepat juga merusak ekosistem di muara. Masalah salinitas meningkat dengan perubahan iklim dan bahaya yang terkait seperti kenaikan permukaan laut, angin topan dan badai telah memperburuk masalah intrusi air asin di banyak wilayah pesisir di seluruh dunia (Adnan & Jacqueline, 2021). Hal ini yang menjadi dasar penelitian zonasi daerah estuari berdasarkan salinitas. Selama bertahun-tahun, beberapa skema telah diusulkan untuk mengklasifikasikan muara berdasarkan definisi mereka sebagai badan air pantai semi-tertutup dimana air laut diencerkan oleh pelepasan air tawar yang berasal dari darat (Ladya *et al.*, 2015). Selain masukan dari sungai parameter fisik seperti angin, arus laut, dan curah hujan dapat juga memengaruhi nilai salinitas perairan secara horizontal (Rismayatika *et al.*, 2019).

Teluk Tanjungpinang yang terdapat di wilayah administrasi Kota Tanjungpinang merupakan kawasan yang padat penduduk disertai aktivitas masyarakat kota yang cukup tinggi (Azizah, 2017). Masyarakat memanfaatkan sungai sebagai sumber air baku. Beberapa sungai yang ada di Tanjungpinang antara lain adalah Sungai Gugus, Sungai Terusan, Sungai Papah, Sungai Senggarang, Sungai Payung, dan Sungai Dompok (Friady, 2021). Perbedaan persebaran salinitas di perairan Teluk Tanjungpinang ini dipengaruhi oleh aliran sungai Carang yang mengalir dan bermuara di Teluk Tanjungpinang. Pada lingkungan perairan Sungai Carang juga dapat ditemukan vegetasi pesisir berupa vegetasi alami mangrove (Yolanda *et al.*, 2020).

Salinitas memainkan peran penting dalam sistem kelautan bersama dengan suhu dan tekanan serta mengatur karakteristik fisik air laut. Perubahan kecil dalam salinitas dapat mengubah proses dinamis laut dan ekosistem laut. Pengukuran insitu salinitas permukaan laut seringkali mahal dan memakan waktu serta memiliki cakupan spasial dan temporal yang terbatas. Penginderaan jauh optik telah dikonfirmasi sebagai metode yang efektif untuk memantau salinitas di muara yang dapat memberikan informasi pada resolusi spasial yang tinggi. Hubungan terbalik antara salinitas dan penyerapan CDOM di perairan yang didominasi sungai umumnya dianggap sebagai mekanisme yang mendasari penginderaan jauh optik salinitas (Liu *et al.*, 2017). Salinitas tidak menghasilkan sinyal optik, sehingga tidak mungkin untuk mengukur salinitas secara langsung dari data satelit warna laut. Warna laut berasal dari sifat optik yang tampak (misalnya pancaran dan pantulan) dan berkorelasi terbalik dengan konstituen dalam air (misalnya Chl-a, sedimen tersuspensi dan CDOM) (Son *et al.*, 2012). Seperti pada penelitian sebelumnya dimana zat kuning dapat dikaitkan dengan salinitas melalui informasi warna laut di perairan lepas pantai barat Irlandia dan hubungan terbalik antara salinitas dan zat kuning di Laut Clyde, teori dan pengamatan *in situ* bahwa zat kuning dan salinitas, dapat diperkirakan dari sifat optik di daerah di mana zat kuning sebagai pengaruh utama pada warna laut (Binding dan Bowers, 2003). Warna lautan dapat didefinisikan sebagai komposisi spektral atau panjang gelombang pancaran yang keluar dari permukaan laut dalam pita gelombang tampak (sekitar 400-700 nm) (Holligan *et al.*, 1989).

CDOM atau disebut sebagai zat kuning menyerap sinar matahari dengan kuat di bagian biru spektrum, memberikan semburat kuning atau cokelat ke air. Di muara di mana CDOM adalah pewarna utama, penyerapan CDOM dapat diukur dari jarak jauh menggunakan rasio koefisien refleksi pada dua panjang gelombang. Jika serapan CDOM dapat diturunkan dari warna air, maka dapat diubah menjadi salinitas menggunakan Persamaan. Hubungan antara CDOM dan salinitas di muara berguna untuk penentuan salinitas dalam hal warna penginderaan jauh (Bowers dan Brett, 2008). Penelitian ini dilakukan menggunakan algoritma Binding dan Bowers. Penelitian mengenai salinitas permukaan yang dikorelasikan dengan CDOM pernah dilakukan di Indonesia, yaitu pengukuran salinitas di Teluk Jakarta oleh Sam Wouthuyzen pada tahun 2008, zonasi estuari yang dilakukan di Muara Gembong oleh Amalia tahun 2014 dan zonasi estuari di Ci Mandiri oleh Ladya pada tahun 2015. Pada penelitian yang dilakukan oleh Amalia pada tahun 2015 mengatakan bahwa perubahan sebaran salinitas yang dinamis di estuari dapat memengaruhi kualitas dan pemanfaatan air. Zonasi sebaran salinitas perlu dilakukan agar pemanfaatan lingkungan air dapat dilakukan secara tepat. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh sebaran nilai salinitas serta klasifikasi perairan berdasarkan nilai

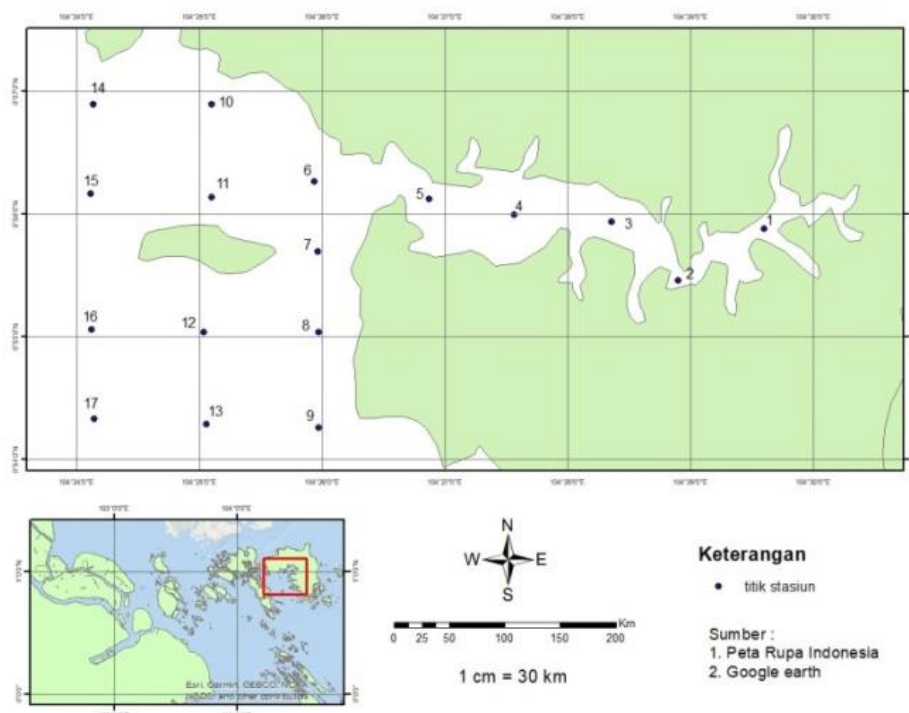
salinitas. Algoritma yang dipakai di beberapa daerah estuari Indonesia menjadi faktor alasan apakah algoritma tersebut dapat digunakan hanya di beberapa daerah Indonesia secara regional atau bisa digunakan secara menyeluruh di laut Indonesia. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis dan mengklasifikasikan pola sebaran salinitas tiap tahunnya berdasarkan nilai salinitas serta menganalisis pengaruh curah hujan terhadap nilai salinitas yang ada di Perairan Teluk Tanjungpinang.

MATERI DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di perairan Teluk Tanjungpinang dimulai dari ujung teluk hingga daerah Pulau Penyengat (Gambar 1). Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer berupa data salinitas permukaan hasil pengukuran menggunakan *portable salinity refractometer* dengan ketelitian 1‰ di 17 titik stasiun pada tanggal 24 Juli 2023 pukul 10.30 WIB. Pemilihan waktu pengukuran salinitas bersamaan dengan waktu lewatnya satelit. Data sekunder meliputi data salinitas tahun 2018 sampai tahun 2022 yang merupakan data Citra Sentinel 2 Level 1C dari Marine Copernicus (<https://dataspace.copernicus.eu/>). Selain itu digunakan data curah hujan tahun 2018 sampai 2022 yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Kelas III Raja Haji Fisabilillah BMKG.

Data Citra Salinitas

Analisis nilai salinitas dilakukan selama 5 tahun dari tahun 2018 sampai 2022. Dari data citra tidak bisa langsung diperoleh nilai salinitas. Data citra satelit diolah terlebih dahulu menggunakan ACOLITE. ACOLITE ini akan mengubah nilai dari *top of atmosphere* (TOA) menjadi nilai *Surface Reflectance*. Dari nilai *Surface Reflectance* inilah diperoleh nilai salinitas. Setelah melakukan pengolahan ACOLITE, dilakukan pengolahan nilai salinitas menggunakan python yang akan menghasilkan output persebaran salinitas. Menurut Rismasyatika (2019), untuk dapat diolah dan digunakan, citra terlebih dahulu dikoreksi secara radiometrik maupun atmosferik. Untuk koreksi atmosferik, koreksi yang dilakukan adalah mengekstrak nilai *Top of Atmospheric Reflectance* (TOA). Menurut Liu *et al.*, (2017), biasanya pengambilan konsentrasi CDOM didasari oleh pantulan pada pita biru dan hijau. Studi juga mengeksplorasi informasi spektral pada pita merah, yang mirip dengan pita yang dipilih untuk penelitian mereka (490 nm, 555 nm, 660 nm).



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel Salinitas

Kehadiran panjang gelombang lebih besar dari 600 nm dalam banyak hubungan mungkin terkait dengan koreksi efek klorofil pada nilai reflektansi. Berikut formula algoritma Binding and Browsers (2003) dibawah ini untuk menentukan nilai dari salinitas:

$$X = \frac{\text{Band 3}}{\text{Band 4}}$$

$$CDOM = 40,75e^{-2,463x}$$

$$\text{Salinitas} : -12,19 * CDOM(440) + 35,17$$

Sentinel 2 memiliki 13 band dimana ada beberapa band yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Dalam pemrosesan data salinitas dalam satelit membutuhkan band-band tertentu yaitu Band 3 (hijau) dan Band 4 (merah) untuk menampilkan produk salinitas. Zonasi perairan berdasarkan salinitas dapat diklasifikasikan menurut Mc Lusky dalam Purnomo (2013). Berikut klasifikasi perairan berdasarkan salinitas terdapat pada Tabel 1.

Data Curah Hujan

Data curah hujan diperlukan mengingat curah hujan sangat berpengaruh terhadap aliran debit sungai dan nilai salinitas. Aliran ini akan masuk ke laut dan memengaruhi nilai salinitas itu sendiri. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan keseluruhan di seluruh titik di daerah Senggarang serta daerah RRI Tanjungpinang. Data curah hujan diolah menggunakan microsoft excel. Data diperoleh tiap harinya dan kemudian di akumulasi per bulan. Setelah itu di akumulasi lagi menjadi data per tahun.

Verifikasi

Menurut Hernomo *et al.*, (2015), Data Verifikasi dilakukan dengan dua cara yakni secara kualitatif dan kuantitatif. Secara kualitatif dengan memplotkan data hasil model dengan data lapangan kemudian dibandingkan polanya, sedangkan secara kuantitatif dengan menghitung kesalahan (nilai error) tiap data menggunakan uji statistik maupun perhitungan. Berdasarkan Wang dan Lu (2018), persamaan RMSE sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (xi - yi)^2}{N}}$$

dengan N adalah jumlah data; xi adalah data citra; dan yi adalah data lapangan. Nilai RMSE rendah atau semakin mendekati nol menunjukkan bahwa variasi nilai yang dihasilkan oleh suatu model prakiraan mendekati variasi nilai obeservasinya. Batas imbang nilai RMSE itu adalah 0.4 atau 40% (Putro *et al.*, 2017). Berdasarkan Saefuddin *et al* (2009) persamaan korelasi pearson sebagai berikut:

$$r_{xy} = \frac{\sum (xi - \bar{x})(yi - \bar{y})}{\sqrt{\sum (xi - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (yi - \bar{y})^2}}$$

dimana xi adalah data citra dan yi adalah data lapangan. Besarnya koefisien korelasi berkisar antara +1 sampai dengan -1. Koefisien korelasi menunjukkan kekuatan hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak. Jika koefisien korelasi positif, maka kedua variabel mempunyai hubungan searah, artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan tinggi pula. Sebaliknya, jika koefisien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik, artinya jika variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan rendah, dan sebaliknya (Dewanti *et al.*, 2018). Nilai r : 0,00 - 0,19 = Sangat rendah; 0,20 - 0,39 = Rendah; 0,40 - 0,59 = Sedang; 0,60 - 0,79 = Tinggi; 0,80 - 1,00 = Sangat kuat

Bias digunakan untuk menyatakan apakah hasil data tersebut *underestimated* atau *overestimated*. Berdasarkan Santos *et al* (2011), persamaan bias sebagai berikut:

$$\text{Bias} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (xi - yi)$$

dimana xi adalah data citra dan yi adalah data Lapangan. Nilai bias memiliki rentang nilai dari $-\infty$ hingga ∞ , dengan 0 sebagai nilai sempurna yang berarti prakiraan yang dihasilkan baik. Prakiraan dikatakan overestimate apabila nilai bias lebih dari 0, sedangkan underestimate apabila nilai bias kurang dari 0 (Frakusya *et al.*, 2022).

Tabel 1. Klasifikasi perairan berdasarkan nilai salinitas

Indeks Salinitas ‰	Tipe Salinitas	
< 0,5 0,5 – 3,0	Air Tawar	Air tawar
		Oligohaline
3,0 – 16 16 – 30	Air Payau	Mesohaline
		Polyhaline
30 – 40	Air Asin	<i>Euryhaline</i>

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2 menunjukkan nilai salinitas lapangan dan nilai salinitas citra satelit yang diambil secara bersamaan. Berdasarkan hasil tersebut nilai salinitas tertinggi terdapat pada titik stasiun 9 yaitu 31‰ dan nilai salinitas terendah terdapat pada titik 1 yaitu sekitar 23‰. Sedangkan, nilai salinitas citra satelit tertinggi terdapat pada stasiun 11 yaitu 30.27‰ dan nilai salinitas terendah terdapat pada stasiun 1 dengan nilai salinitas berkisar sekitar 19.58‰.

Salinitas Citra Sentinel (Tahun 2018 – 2022)

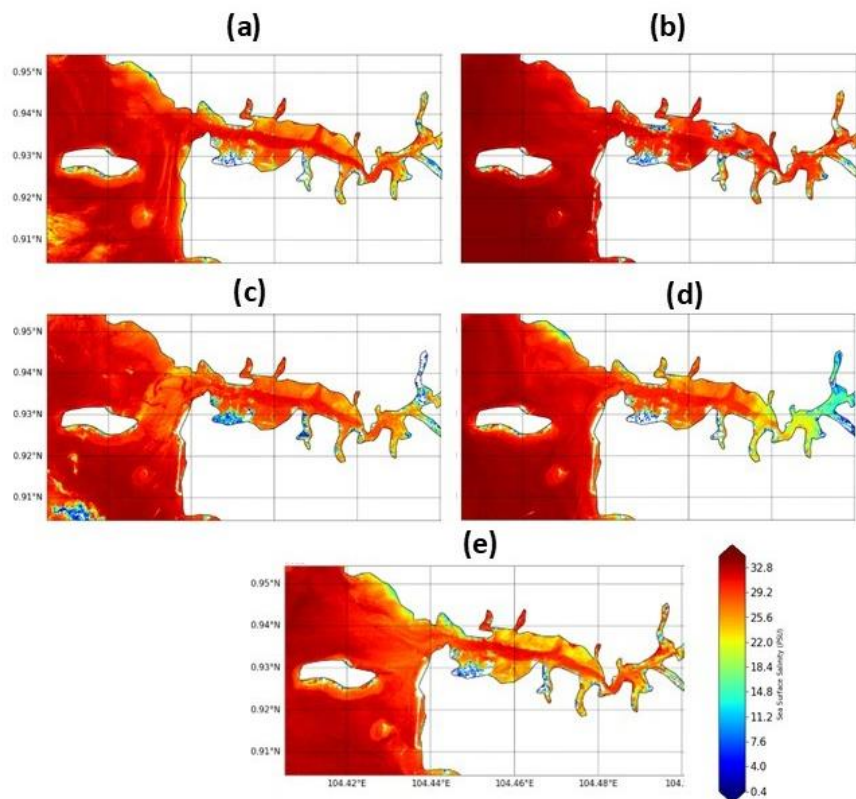
Hasil pengolahan data citra salinitas selama 5 tahun (2018 – 2022) tersaji pada Gambar 2. Perbedaan sebaran salinitas dan jangkauan nilai salinitas tiap tahun mengalami perubahan. Salinitas yang terdapat di perairan Teluk Tanjungpinang pada tahun 2018 berkisar antara 25 - 32‰. Nilai salinitas berkisar antara 23 - 32‰ pada tahun 2020. Terlihat perubahan yang terjadi di bagian mulut muara dengan nilai salinitas sekitar 26‰ yang sebelumnya pada tahun 2019 nilai salinitasnya cukup tinggi diatas 30‰. Pada tahun 2021 nilai salinitas yang ada di teluk ini menunjukkan perbedaan dari tahun-tahun sebelumnya sekitar 7 - 33‰, nilai salinitas di sepanjang teluk mengalami penurunan yang cukup drastis. Nilai salinitas berkisaran antara 22 - 32‰ pada tahun 2022.

Pada tahun 2018 nilai salinitas tersebut menunjukkan bahwa daerah teluk termasuk dalam zona *polyhaline* (payau) kisaran nilai salinitas antara 25 - 30‰ akan tetapi pada bagian tengah teluk nilai salinitas ini berbeda sekitar 30‰ ke atas yang berarti itu termasuk zona *Euryhaline* (air laut). Nilai salinitas pada tahun 2019 berkisar antara 29-34‰ menunjukkan bahwa daerah teluk termasuk ke dalam zona *polyhaline* dan mendekati zona *Euryhaline* (air asin). Nilai salinitas pada tahun 2020 termasuk ke dalam zona *polyhaline* yang berbeda dari tahun sebelumnya, zona ini menjangkau ke bagian yang mendekati pulau penyekat. Nilai salinitas pada tahun 2021 terlihat sangat berbeda dengan tahun-tahun sebelumnya. Berdasarkan nilai tersebut terdapat dua jenis zona air payau yaitu zona *mesohaline* dan zona *polyhaline*. Dimana nilai salinitas 3,0 - 16‰ termasuk *mesohaline* dan nilai salinitas 16 - 30‰ termasuk zona *polyhaline*. Nilai salinitas pada tahun 2022 termasuk pada zona *polyhaline*. Zona dengan konsentrasi yang tinggi akan berubah keberadaannya di estuari bergantung pada siklus pasang surut dan masuknya air tawar dari sungai (Jansen, 2016).

Berdasarkan peta sebaran salinitas selama lima tahun, pada tahun 2018 dan 2022 nilai salinitas di teluk seperti membuat sebuah jalur di tengahnya dalam artian di sepanjang teluk dibagian tengah memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan pinggiran teluk. Hal ini dikarenakan di pinggiran teluk terdapat pemukiman warga, terdapat transportasi untuk penyeberangan dan banyak aktivitas masyarakat di bagian daerah tersebut. Masyarakat disana sering memanfaatkan daerah tersebut untuk berbagai kegiatan, mereka juga sering membuang limbah ke daerah estuari. Hal ini menjadi salah satu penyebab nilai salinitas pada daerah pinggir teluk lebih rendah. Kemudian ada ekosistem mangrove yang sangat luas dari pertengahan teluk hingga ke ujung teluk. Pada umumnya mangrove hidup di daerah asin atau payau yang berkisar antara 11 - 25‰ (Matatula *et al.*, 2019). Pada tahun 2020 dan 2022 terlihat terjadi pencampuran di perairan dekat mulut muara sebelum masuk ke perairan teluk. Pencampuran ini bisa saja terjadi akibat adanya turbulensi yang terjadi secara berkala oleh faktor oseanografi seperti pasang surut, gelombang atau aktivitas manusia yang memanfaatkan daerah tersebut untuk melakukan penyeberangan dan aktivitas lainnya. Kondisi arus pasang surut diduga juga

Tabel 2. Nilai Salinitas *In situ* dan Citra Sentinel

No	Latitude	Longitude	<i>Insitu</i>	Citra satelit
1	0,931583	104,494563	23	19,58
2	0,924910	104,482872	25	22,31
3	0,932114	104,473805	26	23,01
4	0,935132	104,459847	27	26,48
5	0,935987	104,446756	28	27,41
6	0,935551	104,43272	29	26,00
7	0,925819	104,407808	28	25,72
8	0,935971	104,434000	29	25,43
9	0,909826	104,428157	31	26,86
10	0,943931	104,421219	27	25,33
11	0,935784	104,420241	29	30,27
12	0,918649	104,420241	30	28,53
13	0,909732	104,420496	30	28,13
14	0,944024	104,414654	25	26,07
15	0,918455	104,433824	29	28,39
16	0,918555	104,406734	30	28,11
17	0,909819	104,406891	30	28,63

**Gambar 2.** Zonasi Daerah Estuari berdasarkan Salinitas Permukaan di Teluk Tanjungpinang, Riau (a) Tahun 2018, (b) Tahun 2019, (c) Tahun 2020, (d) Tahun 2021, (e) Tahun 2022.

memengaruhi nilai salinitas. Menurut Ramadoni *et al.*, (2018), pada saat kondisi menuju surut arus yang kuat berasal dari hulu sungai kemudian mendorong air tawar sampai ke laut, sedangkan pada saat kondisi menuju pasang, arus hanya akan mendorong air laut sampai ke daerah muara.

Curah Hujan (Tahun 2018 – 2022)

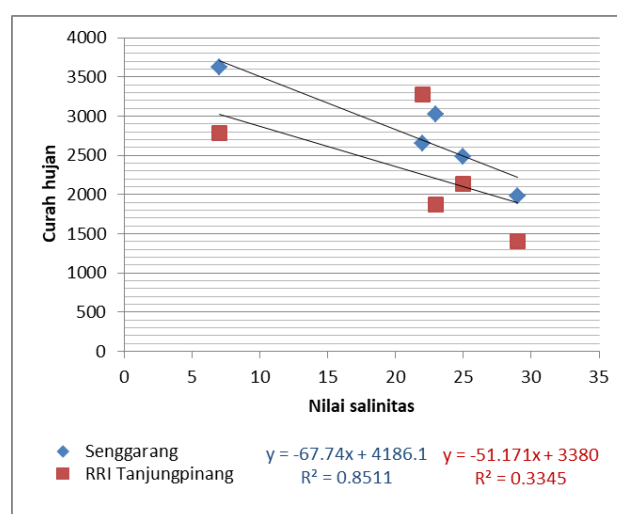
Curah hujan diamati perbedaannya pada tiap tahun. Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa di daerah Senggarang curah hujan terendah pada tahun 2019 yaitu sekitar 1977 mm dan curah hujan tertinggi itu terjadi pada tahun 2021 dengan kisaran 3621,5 mm. Pada tahun 2019 curah hujan terjadi lebih sedikit di pos RRI Tanjungpinang yaitu 1402 mm. Namun, untuk curah hujan tertinggi pada daerah tersebut terjadi di tahun 2022 sekitar 3279.3 mm. Secara keseluruhan curah hujan di Senggarang maupun RRI Tanjungpinang, terjadi di tahun 2019 dan tertinggi di tahun 2021.

Hubungan Nilai Salinitas dan Curah Hujan (Tahun 2018 – 2022)

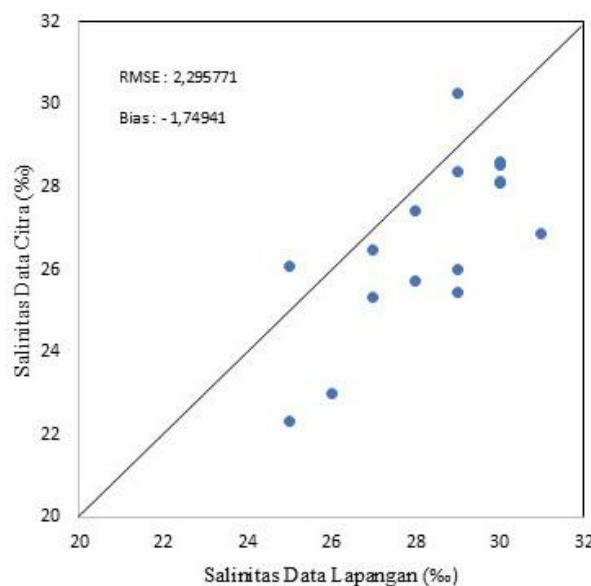
Berdasarkan grafik hubungan antara curah hujan dan salinitas (Gambar 3) bahwa korelasi yang terjadi antara curah hujan dan salinitas di pos senggarang itu sangat kuat karena bernilai 0.8511 sementara di RRI Tanjungpinang rendah karena nilai r nya sekitar 0.3345. Dapat dikatakan curah hujan yang terjadi di pos Senggarang memiliki pengaruh terhadap nilai salinitas di Teluk Tanjungpinang. Korelasi Pearson dan Bias yang dihitung menggunakan data lapangan dan data satelit menghasilkan nilai RMSE sekitar 2,2957 dimana nilai RMSE semakin mendekati nol maka semakin mendekati nilai sebenarnya di lapangan. Nilai r (korelasi pearson) yaitu + 0,9037 merupakan nilai yang sangat kuat menyatakan hubungan linear sempurna langsung antar variabel (korelasi positif). Sementara nilai Biasnya yaitu -1,7494 berdasarkan nilai bias tersebut didapatkan bahwa hasilnya termasuk *underestimated* (Gambar 4).

Tabel 3. Curah Hujan di daerah Senggarang dan RRI Tanjungpinang

Tahun	Senggarang	RRI Tanjungpinang
2018	2480	2141
2019	1977	1402
2020	3022	1876
2021	3621.5	2777.5
2022	2649.5	3279.3



Gambar 4. Grafik hubungan curah hujan dan nilai salinitas



Gambar 5. Korelasi Data Salinitas Lapangan dan Citra Satelit

Curah hujan menjadi salah satu faktor yang memengaruhi perbedaan zona salinitas pada tiap tahun di Teluk Tanjungpinang. Perbedaan curah hujan yang sangat signifikan terdapat pada tahun 2019 dan 2021. Dimana curah hujan terendah terjadi pada tahun 2019 berkisar 1977 mm pada pos Senggarang dan 1402 mm di pos RRI Tanjungpinang. Hal ini mengakibatkan nilai salinitas pada tahun tersebut mendekati salinitas air laut pada daerah teluk. Sedangkan tahun 2021 dimana curah hujan tertinggi berkisar 3621,5 mm di pos Senggarang dan 2777,5 mm di pos RRI Tanjungpinang. Hal ini menyebabkan pada tahun 2021 daerah teluk berada pada zona *mesohaline* dimana salinitas berkisar 3.0-16‰. Ketika curah hujan yang terjadi pada tahun tersebut lebih sedikit, maka volume air sungai yang masuk ke daerah teluk juga berkurang, sehingga air laut dapat masuk ke daerah hulu dan kemudian menyebabkan salinitas pada tahun tersebut meningkat. Sebaliknya pada tahun 2021 curah hujan yang terjadi lebih sering daripada curah hujan daripada tahun-tahun lainnya. Pada saat hujan ditahun 2021 terjadi begitu sering menyebabkan air tawar lebih banyak masuk ke wilayah estuari. Hal tersebut membuat daerah teluk memiliki salinitas yang rendah dibandingkan dengan tahun-tahun sebelumnya.

Curah hujan pada tahun 2019 dengan nilai salinitas yang cukup tinggi hingga ke ujung teluk menyebabkan daerah payau di daerah estuari bisa saja menjadi zona air laut (*Euryhaline*) dengan nilai salinitas 30‰ mengingat jika air asin terus menerus masuk ke daerah tersebut dan hal ini menyebabkan terjadinya intrusi air laut. Fenomena ini selanjutnya memungkinkan air asin menyusup lebih jauh ke dalam sistem sungai. Proses masuknya air laut ke estuari dikenal dengan istilah intrusi air laut. Semakin kecil debit sungai serta semakin tinggi pasang surut air laut, akan mengakibatkan intrusi air laut masuk lebih jauh ke badan sungai dan sebaliknya (Suprayogi, 2006). Pada tahun 2021 dikarenakan curah hujan yang tinggi terjadi di daerah Senggarang dan RRI Tanjungpinang mengakibatkan nilai salinitas banyak dipengaruhi oleh debit sungai akibat curah hujan tersebut. Debit sungai merupakan parameter penting dalam sirkulasi di estuari. Pada saat curah hujan yang tinggi, debit aliran menjadi lebih besar dibandingkan pada tahun dimana curah hujannya lebih sedikit. Pengaruh debit aliran lebih dominan di bagian hulu estuari dibandingkan dengan di bagian hilir.

KESIMPULAN

Estuari Tanjungpinang termasuk ke dalam zona *polyhaline* (air payau) dengan kisaran salinitas antara 23,3 - 30‰. Curah hujan memengaruhi nilai salinitas di Teluk Tanjungpinang, dimana curah hujan terendah terjadi pada tahun 2019 yaitu sebesar 1977 mm mengakibatkan nilai salinitas pada tahun 2019 mendekati zona air laut (*euryhaline*), sedangkan curah hujan tertinggi terjadi pada tahun 2021 sebesar 3621,5 mm menyebabkan teluk berada pada zona *mesohaline* dimana salinitas berkisar 3,0 - 16‰.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, S. S., & Gisen, J. I. A. 2021. Revisiting the salinity condition in the Kuantan Estuary. *Physics and Chemistry of the Earth*, 124: 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pce.2021.103066>
- Amalia, N., Supriatna., & Giok, T. 2015. Zonasi Estuaria Muara gembong Berdasarkan Salinitas Permukaan Perairan Menggunakan Penginderaan Jauh. *Jurnal Geosans Terapan*, 1(1): 29-35.
- Azizah, D. 2017. Kajian Kualitas Lingkungan Perairan Teluk Tanjungpinang Provinsi Kepulauan Riau. *Dinamika Maritim*, 6 (1): 40-46
- Binding, C. E., & Bowers, D. G. 2003. Measuring the salinity of the Clyde Sea from remotely sensed ocean colour. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57: 605-611. DOI: 10.1016/S0272-7714(02)00399-2
- Bowers, D. G., & Brett, H. L. 2008. The relationship between CDOM and salinity in estuaries: An analytical and graphical solution. *Journal of Marine Systems*, 73: 1–7. DOI: 10.1016/j.jmarsys.2007.07.001
- Dewanti, L. P. P., Putra, D. N. N., & Faiqoh, E. 2018. Hubungan Kelimpahan dan Keanekaragaman Fitoplankton dengan Kelimpahan dan Keanekaragaman Zooplankton di Perairan Pulau Serangan, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 4(2): 324-335
- Frakusya, Z. A., Virgianto, R. H., & Yuggotomo, M. E. 2022. Estimasi Konsentrasi PM10 Menggunakan Support Vector Regression. *Jurnal Riset Sains dan Teknologi*, 6(1): 1-11
- Friady, R. 2021. Analisis Statistik Sektor. Tanjungpinang: Dinas Komunikasi dan Informatika.
- Hernomo, A.D., Purwanto, & Marwoto, J. 2015. Pemodelan Distribusi Salinitas Dan Suhu Permukaan Laut Perairan Selat Bali Bagian Selatan Pada Musim Timur. *Jurnal Oseanografi*, 4(1): 64-73
- Holligan, P. M., Aarup., & Groom, S. B. 1989. The North Sea: Satellite Colour Atlas. *Continental Shelf Research*, 9(8): 667-765
- Jansen, T. 2016. Sedimentasi, Salinitas Da Intrusi Air Laut Pada Profil Muara Sungai Chikugo, Japan. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 6(2): 485 - 489
- Ladya, C. D., Supriatna & Rokhmatuloh. 2015. Zonasi estuari Ci Mandiri berdasarkan salinitas permukaan perairan. *Jurnal Geosians Terapan*, 1(2): 13 - 19
- Liu, R., Zhang, J., Yao, H., Cui, T., Zhang, Y., Lingjuan, W., & An, J. 2017. Hourly changes in sea surface salinity in coastal waters recorded by Geostationary Ocean Color Imager. *Coastal and Shelf Science*, 196: 227-236. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ccss.2017.07.004>
- Matatula, J., Poedjirahajoe, E., Pudyatmoko, S., & Sadono, R. 2019. Keragaman Kondisi Salinitas Pada Lingkungan Tempat Tumbuh Mangrove di Teluk Kupang, NTT. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(3): 425-434. <https://doi.org/10.14710/jil.17.3.425-434>.
- Purnomo, N. A. 2013. Studi Pengaruh Air Laut Terhadap Air tanah Di Wilayah Pesisir Surabaya Timur. *Jurnal Teknik POMTS*, 1(1): 1-6.
- Putro, P., Sukmono, A., & Wijaya, A. W. 2017. Pembuatan Peta Zona Nilai Ekonomi Kawasan Situs Ratu Boko Berdasarkan Willingness To Pay Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(4): 147-156.
- Ramadoni, R., Surbakti, H., Ulqodry, T. Z., Isnaini, I., & Aryawati, R. 2018. Karakteristik Massa Air dan Tipe Estuari Di Perairan Muara Sugihan Provinsi Sumatera Selatan. *Maspuri Journal*, 10(2): 169-178.
- Rismayatika, F., Ikhsanti, H., & N. R. Tirani. (2019). Identifikasi Perubahan Salinitas Air Di Perairan Sekitar Pembangunan Reklamasi Citraland City Kota Makassar Menggunakan Citra Landsat 8. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh Ke-6*, 41- 47
- Saefuddin, A., Notodiputro, K.A., Alamudi, A., & Sadik, K. 2009. Statistika Dasar. Jakarta: PT Grasindo.
- Santos, C. A. C. D., Silva, B. B. D., Rao, T. V. R. R., & Satyamurti, P., & Manzi, A. O. (2011). *Downward Longwave Radiation Estimates For Clear Sky Conditions Over Northeast Brazil*. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 26(3): 443 - 450
- Son, Y. B., Gardner, W.D., Richardson, M. J., J. Ishizaka, Ryu, J.H., Kim S.H., & Lee, S.H. 2012. Tracing offshore low-salinity plumes in the Northeastern Gulf of Mexico during the summer season by use of multispectral remote-sensing data. *Journal of Oceanography*, 8(5): 743-760. <https://doi.org/10.1007/s10872-012-0131-Y>
- Suprayogi, I., Anwar, N., Edijatno, & Irawan, M. I. 2006. Fenomena Intrusi Air Laut Di Estuari Akibat Pengaruh Tinggi Pasang Air Laut Dengan Debit Hulu Sungai Menggunakan Pendekatan Model Fisik. *Jurnal Purifikasi*, 7(2): 133 -138

- Wang, W., & Lu, Y. 2018. Analysis of the Mean Absolute Error (MAE) and the Root Mean Square Error (RMSE) in Assessing Rounding Model. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 324(1): 1-10
- Yolanda, O. A. P., Melani, W.R., & Muzammil, W. 2020. Karakteristik sedimen pada Perairan Sei Carang, Kota Tanjungpinang. *Habitus Aquatica*, 1(2): 11-20. <https://doi.org/10.29244/HAJ.1.2.11>