

Kontribusi Massa Air Tawar dari Estuari Banyuasin ke Perairan Selat Bangka pada Musim Peralihan II

Freshwater Outflow from Banyuasin Estuary to Bangka Island Strait during the 2nd Transitional Monsoon Period

Heron Surbakti^{a,c*}, I Wayan Nurjaya^b, Dietrieck G Bengen^b, Tri Prartono^b

^aProgram Pascasarjana, Program Studi Ilmu Kelautan, FPIK-IPB, Bogor

^bDepartemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, FPIK-IPB, Bogor

^cJurusan Ilmu Kelautan, FMIPA- Universitas Sriwijaya, Palembang

*Email : heronsurbakti@gmail.com

(Diterima 26 Februari 2022; Disetujui 18 Mei 2022; Dipublikasikan 31 Mei 2022)

Abstrak

Perairan Selat Bangka banyak mendapat pasokan air tawar dari sungai-sungai di pesisir timur Provinsi Sumatera Selatan, termasuk estuari Banyuasin. Percampuran air tawar dan air laut menentukan kondisi lingkungan estuaria, khususnya pola salinitas, termasuk pembentukan habitat yang kompleks untuk komunitas tumbuhan dan hewan yang khas di dalamnya. Tujuan penelitian ini adalah mengestimasi besarnya masukan air tawar dari empat muara sungai di estuari Banyuasin ke Perairan Selat Bangka pada bulan Oktober (musim peralihan II). Pengukuran data lapangan dilakukan di 23 lokasi pada bulan Oktober 2018 menggunakan Valeport Midas CTD+ Model 606. Selanjutnya, data salinitas digunakan untuk mengetahui kisaran nilai salinitas, menganalisis nilai anomali, fraksi air tawar dan stabilitas massa air dari masing-masing sungai. Kisaran salinitas massa air di perairan Selat Bangka pada musim peralihan II adalah 2,19 sampai 31,42 psu dengan nilai anomali salinitas sebesar -30,23 sampai -1,00 psu. Masukan massa air tawar dari empat sungai adalah berbeda satu sama lain sehingga terbentuk kontur lidah salinitas di mulut estuari dan nilai salinitas bervariasi secara spasial di Selat Bangka. Fraksi air tawar yang paling dominan berasal dari Sungai Musi dengan kontribusi sebesar 31,2 %, selanjutnya diikuti Sungai Air Saleh (21,9%), Sungai Banyuasin (20,5%) dan Sungai Upang (20,3%).

Kata kunci: Selat Bangka, estuari, salinitas, fraksi air tawar, musim peralihan II

Abstract

Bangka Island strait waters is strongly influenced by freshwater input from nearby rivers in the east coasts of South Sumatera Province, including Banyuasin estuary. Mixing process of fresh and saline waters defines estuarine features, particularly salinity patterns, thus creating complex habitats for distinct plant and animal communities therein. The objective of this study is to estimate freshwater discharge from four rivers in Banyuasin estuary to Bangka Strait waters in October (2nd Transitional Monsoon period). Field measurement was conducted in October 2018 at 23 stations with Valeport Midas CTD+Model 606. Further data analysis to obtain salinity range, analyze anomalous events, determine freshwater fraction, and water mass stability contributed from nearby rivers. The range of salinity in Bangka Strait waters was 2.19 to 31.42 psu during Transitional Monsoon II, with anomaly value of -30.23 to -1.00 psu. Freshwater outflow from each tributary differs one another, thus reflecting the presence of river plume in front of estuary mouth and spatial variability of salinity in the Bangka Strait. The highest fraction of fresh water in Bangka Strait was contributed by Musi river (31.2%), followed by Air Saleh river (21.9%), Banyuasin river (20.5%), and Upang river (20.3%).

Keywords: Bangka Strait, estuary, salinity, fresh water fraction, transitional monsoon II

1. Latar Belakang

Daerah estuari merupakan perairan yang berhubungan langsung dengan laut. Kondisi ini menyebabkan air laut dengan salinitas tinggi bercampur dengan air tawar yang berasal dari

hulu yang secara periodik berubah-ubah [1-5]. Dinamika pertemuan arus antara sungai yang membawa masukan massa air dari hulu sungai dan arus pasang yang berlawanan menyebabkan pengaruh besar pada kondisi oseanografi di daerah estuari. Percampuran ini menyebabkan

zona lingkungan di kawasan estuari menjadi labil. Resultan pengaruh air laut dan air tawar tersebut menghasilkan habitat yang kompleks untuk komunitas tumbuhan dan hewan yang khas dengan dinamika lingkungan yang bervariasi [6–8]. Interaksi antara massa air tawar yang berasal dari muara dan massa air laut yang bergerak dapat dijelaskan dengan metode fraksi air tawar.

Metode fraksi air tawar adalah metode yang banyak digunakan untuk mengestimasi besarnya masukan air tawar di perairan estuari. Fraksi air tawar dihitung dengan membandingkan nilai rata-rata salinitas perairan estuari yang memiliki nilai lebih kecil dengan salinitas air laut. Metode ini dapat menggambarkan interaksi antara massa air tawar yang berasal dari muara dan massa air laut serta menggunakan nilai salinitas sebagai indeks untuk menggambarkan tentang pencampuran massa air tersebut [9,10]. Penelitian dengan metode fraksi air tawar yang dilakukan di perairan Teluk Balikpapan pada tahun 2006 mampu memperlihatkan bahwa bulan Mei merupakan periode dengan nilai fraksi air tawar tertinggi di mulut Teluk Balikpapan, yaitu sebesar 7,22% dan besarnya volume transpor massa air tawar adalah sebesar $135,52 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ [11].

Selat Bangka merupakan perairan yang berada di antara pesisir timur Pulau Sumatera Selatan dan Pulau Bangka dengan luas perairan mencapai $11.543,142 \text{ km}^2$. Perairan ini memiliki peranan yang sangat penting sebagai jalur transportasi umum, pelabuhan dan aktivitas penangkapan ikan [12]. Di sisi lain, perairan Selat Bangka banyak mendapat masukan air tawar melalui sungai-sungai besar khususnya di wilayah pesisir Pantai Timur Sumatera Selatan (Kabupaten Banyuasin maupun Kabupaten Ogan Komering Ilir) yang bermuara di sepanjang Selat Bangka. Masukan massa air di estuari akan membawa massa air dengan salinitas rendah, partikel sedimen, serta nutrisi dari hulu sungai. Masukan massa air dari hulu sungai ini akan mengalami pencampuran dengan massa air laut sehingga mempengaruhi dinamika dan kualitas perairan di perairan Selat Bangka.

Perairan estuari Banyuasin memiliki kedalaman yang bervariasi, dengan morfologi perairan dibentuk oleh hasil endapan sedimen dari sungai. Konfigurasi dasar laut akan mempengaruhi arah dan kecepatan arus, sebaliknya arus memiliki pengaruh yang besar terhadap transpor salinitas, sedimen, dan nutrisi di daerah estuari [13]. Pola

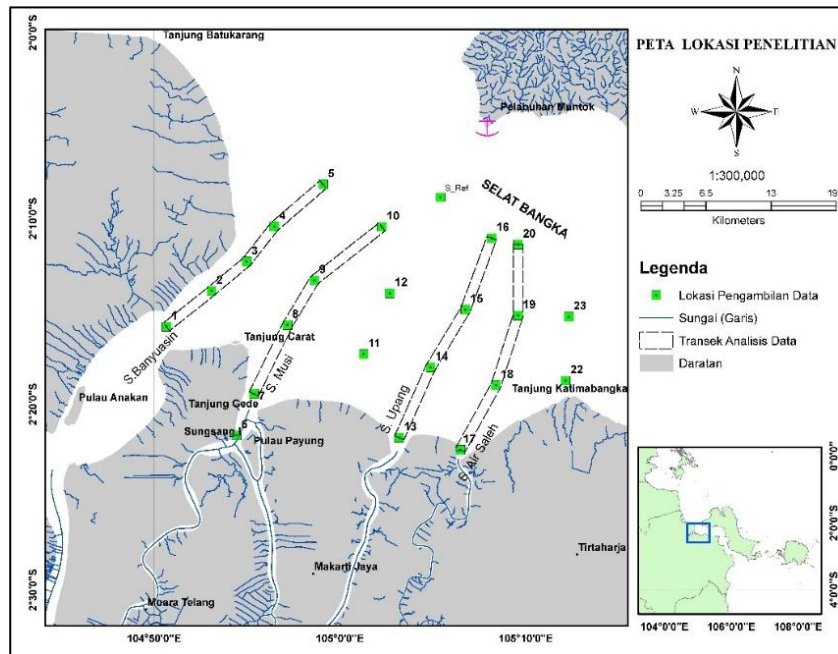
arus di perairan Selat Bangka cenderung didominasi oleh pengaruh pasang surut. Saat kedudukan muka air berada pada MSL (*mean sea level*) menuju pasang tertinggi massa air bergerak menuju ke muara-muara sungai, selanjutnya arah massa air berbelok menuju Selat Bangka pada saat kondisi MSL menuju surut terendah dimana massa air bergerak dari muara-muara sungai menuju perairan Selat Bangka dengan rata-rata kecepatan sebesar $0,2146 \text{ m/s}$ [14].

Adanya masukan massa air tawar masing-masing sungai ke perairan Selat Bangka dapat mempengaruhi dinamika dan kualitas perairan karena membawa massa air dengan salinitas rendah, partikel sedimen, serta nutrisi dari daerah estuari ke perairan Selat Bangka. Namun, belum ada penelitian yang mengkaji tentang kontribusi masukan massa air tawar ke perairan Selat Bangka. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengestimasi besarnya masukan air tawar dari empat muara sungai di estuari Banyuasin ke Perairan Selat Bangka pada bulan Oktober (musim peralihan II) serta menerangkan pencampurannya dengan massa air laut di perairan Selat Bangka menggunakan metode fraksi air tawar.

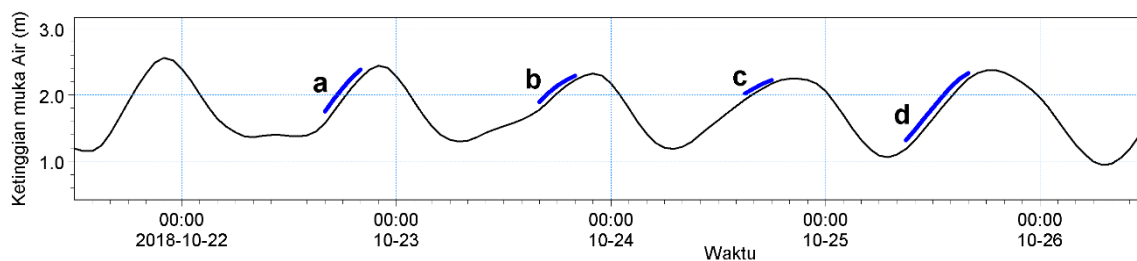
2. Metodologi

Kegiatan pengambilan data lapangan dilaksanakan pada tanggal 22–25 Oktober 2018. Pengukuran salinitas dan temperatur per kedalaman dilakukan di 23 lokasi pengamatan. Lokasi pengukuran parameter oseanografi ditampilkan pada Gambar 1. Pengambilan data pada masing-masing lokasi dilakukan pada saat kedudukan muka air laut berada pada kondisi menuju pasang tertinggi. Periode pengambilan pada waktu yang sama menjadi dasar untuk perbandingan kontribusi dari masing-masing sungai ke selat Bangka. Gambaran terkait waktu pengambilan data pada masing-masing transek ditampilkan pada Gambar 2.

Pengukuran salinitas dan temperatur pada setiap kedalaman dilakukan dengan menggunakan Valeport Midas CTD+ Model 606. Alat CTD (*conductivity, temperature, depth*) diturunkan ke kolom perairan secara perlahan hingga dasar kemudian ditarik kembali ke permukaan. CTD memiliki tiga sensor utama, yakni sensor tekanan, sensor temperatur, dan sensor untuk mengetahui daya hantar listrik air laut (salinitas). Pengukuran tekanan pada CTD menggunakan *strain gauge pressure monitor* atau *quartz crystal*



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan data.



Gambar 2. Periode pengambilan data berdasarkan kondisi pasang surut. a transek Sungai Musi; b transek Sungai Banyuasin; c transek Sungai Upang; d transek Sungai Air saleh. Garis warna biru menunjukkan periode pengambilan data pada transek.

2.1 Analisis Data

2.1.1 Anomali Salinitas

Anomali salinitas digunakan untuk menggambarkan pencampuran massa air laut dengan massa air tawar yang berasal dari hulu sungai. Analisis ini menggunakan nilai salinitas referensi (salinitas air laut yang jauh dari muara sungai dan diasumsikan sudah tidak mendapatkan pengaruh suplai air tawar yang mengalir dari muara sungai) dan salinitas yang diukur pada setiap titik stasiun pengamatan. Perhitungan anomali salinitas mengacu pada persamaan (1) [15,16]:

$$S'(x, h) = S(x, h) - S_{ref}(h) \quad (1)$$

dengan $S'(x, h)$ adalah nilai anomali salinitas (psu), $S(x, h)$ adalah nilai salinitas yang diukur pada setiap stasiun x dan kedalaman h (psu) serta $S_{ref}(h)$ adalah salinitas referensi pada kedalaman h (psu).

Nilai salinitas referensi yang digunakan pada penelitian ini adalah 32.46 psu, nilai ini berasal dari stasiun penelitian yang letaknya jauh dari muara sungai.

2.1.2 Fraksi Air Tawar

Analisis fraksi air tawar digunakan untuk menggambarkan secara kuantitatif massa air tawar yang mengalami intrusi ke perairan laut dan selanjutnya akan mengalami pencampuran dengan massa air laut. Perhitungan fraksi air tawar mengacu pada persamaan (2) [15,16]

$$F(x, h) = \frac{S_{ref}(h) - S(x, h)}{S_{ref}(h)} \quad (2)$$

dengan $F(x, h)$ adalah nilai fraksi air tawar.

Rata-rata nilai fraksi air tawar sepanjang transek didefinisikan pada persamaan (3)

$$F_r = \frac{1}{h} \int_0^h \frac{S_{ref} - S}{S_{ref}} dz \quad (3)$$

dengan F_r adalah nilai rata-rata fraksi air tawar sepanjang transek, h adalah kedalaman perairan pada setiap kedalaman stasiun (m). Nilai rata-rata fraksi air tawar selanjutnya dikuantifikasi dan dinyatakan dalam persen dengan nilai $F_r \times 100\%$.

2.1.3 Brunt Vaisala Frequency (N^2)

Massa air laut secara vertikal memiliki lapisan-lapisan yang terdiri dari parameter oseanografi seperti suhu, salinitas, densitas dan tekanan. Fenomena pelapisan massa air ini akan mempengaruhi kestabilan massa air [17]. Gerakan naik turunnya fluida untuk mencapai posisi stabil dikenal dengan *bouyancy frequency* atau *Brunt Vaisala frequency*. Perhitungan *Brunt Vaisala frequency* diperoleh dari data salinitas, dan temperatur per kedalaman stasiun pengamatan di perairan Selat Bangka. Nilai N^2 dihitung untuk mendapatkan nilai stratifikasi menggunakan persamaan (4) [18,19]

$$N^2 = - \frac{g}{\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial z} \quad (4)$$

dengan N adalah *Brunt Vaisala frequency*; g adalah percepatan gravitasi; ρ adalah densitas; z adalah kedalaman; dan ρ_0 adalah densitas rata-rata massa air.

Data salinitas, anomali salinitas, fraksi air tawar dan *Brunt Vaisala frequency* yang diperoleh kemudian disajikan dalam bentuk sebaran melintang dengan perangkat lunak ODV (*Ocean Data View*) dan Microsoft Excel.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Salinitas dan Anomali Salinitas

Data hasil pengukuran di lapangan diperoleh nilai salinitas di lokasi penelitian berkisar antara 2,19 hingga 31,42 psu. Variasi salinitas terbesar diperoleh pada transek Sungai Musi ke arah Selat Bangka sebesar 28,89 psu (dengan panjang lintasan 21,44 kilometer) sedangkan variasi salinitas pada transek Sungai Banyuasin, Sungai Upang dan Sungai Air Saleh berturut-turut adalah 8,00 psu (sepanjang 21,17 kilometer); 21,55 psu (sepanjang 22,00 kilometer) dan 12,78 (sepanjang 21,74 kilometer). Nilai salinitas terendah dijumpai di muara Sungai Musi (2,19 psu), selanjutnya nilai salinitas rendah berikutnya berturut-turut adalah muara Sungai Upang (9,87 psu), muara Sungai Air

Saleh (18,26 psu) dan muara Sungai Banyuasin (23,03 psu). Semua nilai salinitas rendah berada di mulut sungai pada masing-masing transek lokasi penelitian. Gambaran terkait kondisi salinitas di empat lokasi estuari yang berbeda ditampilkan pada Tabel 1.

Perbedaan nilai salinitas di masing-masing muara sungai timbul akibat adanya perbedaan masukan air tawar dari hulu yang masuk ke perairan dan memberikan pengaruh terhadap penurunan nilai salinitas pada bagian muara sungai. Selain pengaruh masukan air tawar dari hulu, sebaran salinitas di daerah estuari secara umum juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti pola sirkulasi air, penguapan (*evaporasi*), dan curah hujan [20].

Perairan estuari di mana aliran sungai bermuara akan memiliki nilai salinitas yang rendah. Nilai salinitas tersebut juga bervariasi terhadap kedalaman. Sedangkan nilai salinitas air laut cenderung lebih tinggi, sehingga kondisi ini menyebabkan air laut umumnya bergerak di dasar perairan dan air tawar berada di bagian permukaan. Fenomena ini mengakibatkan terjadinya sirkulasi massa air di muara [21,22].

Perbedaan masukan air tawar dari sungai dan air laut di muara sungai menyebabkan adanya stratifikasi salinitas pada berbagai kedalaman di lokasi penelitian seperti yang ditampilkan pada Gambar 3. Lapisan permukaan cenderung memiliki salinitas lebih rendah dibandingkan dengan lapisan di bawahnya. Salinitas rendah ini terlihat lebih menonjol hingga kedalaman 4 meter. Hasil gambaran sebaran melintang, diperoleh gambaran bahwa stratifikasi salinitas tidak hanya terjadi secara vertikal namun juga terjadi secara horizontal. Stasiun yang letaknya jauh dari muara mempunyai salinitas lebih tinggi dari pada stasiun yang berada di muara.

Namun, pola stratifikasi secara horizontal ini tidak terjadi di sekitar muara Sungai Air Saleh. Nilai salinitas tinggi sebesar 31,42 psu ditemukan di pertengahan transek, sedangkan nilai salinitas yang lebih rendah dijumpai pada kedua ujung transek. Tingginya nilai salinitas di pertengahan transek sangat signifikan dipengaruhi oleh kondisi pasang surut saat pengambilan data. Pengambilan data pada transek ini dilakukan pada periode surut terendah hingga mendekati pasang tertinggi (Gambar 2) dan dimulai dari stasiun terluar menuju ke arah mulut sungai. Sehingga saat mendekati

mulut sungai, nilai salinitas didominasi pengaruh massa air laut dengan nilai salinitas yang lebih tinggi. Fenomena ini terlihat jelas dari kontur salinitas pada Gambar 3d. Massa air dengan salinitas tinggi terdorong ke arah muara sungai

terutama di kedalaman lebih dari 2 meter. Sedangkan di mulut sungai, akibat adanya masukan air tawar dari hulu sungai menyebabkan nilai salinitas cenderung rendah.

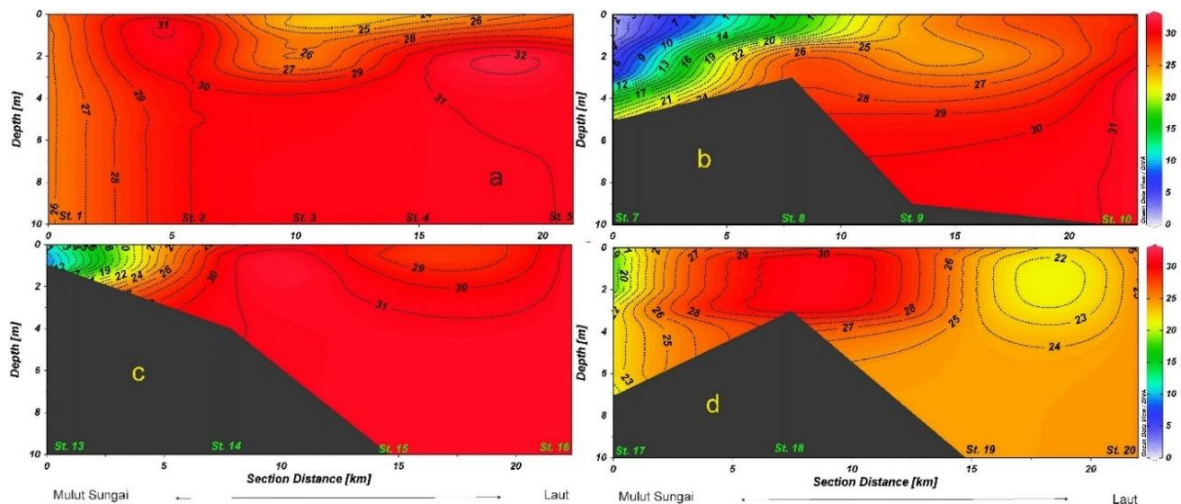
Tabel 1. Karakteristik massa air di empat lokasi estuari yang berbeda

Sungai	Kedalaman (m)	Panjang Transek (km)	Salinitas (psu)	Anomali Salinitas (psu)
Banyuasin	12,5 s.d 17,5	21,17	23,03 s.d 31,03	-9,39 s.d -1,38
Musi	2,5 s.d 23,5	21,44	2,19 s.d 31,08	-30,23 s.d -1,33
Upang	1,0 s.d 27,5	22,00	9,87 s.d 31,42	-22,54 s.d -1,00
Air Saleh	3,0 s.d 23,0	21,74	18,26 s.d 31,04	-14,16 s.d -1,38

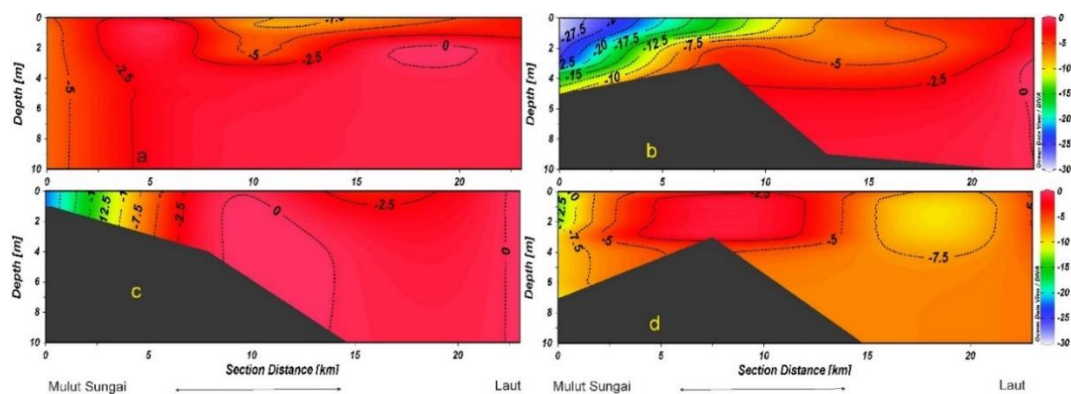
Nilai anomali salinitas di lokasi penelitian adalah -30,23 s.d -1,00 psu. Nilai anomali terbesar dijumpai di muara Sungai Musi dengan nilai mencapai 30,23 psu. Gambaran terkait kondisi anomali salinitas di masing-masing lokasi ditampilkan pada Tabel 1 dan Gambar 4. Sama seperti pola sebaran salinitas, nilai anomali salinitas terbesar berada pada mulut sungai pada masing-masing transek lokasi penelitian. Hal ini terkait dengan daerah yang berada di mulut sungai akan mendapat masukan air tawar terbesar dari hulu sungai dengan nilai salinitas yang rendah. Sehingga bila nilai tersebut dibandingkan dengan

nilai salinitas air laut yang tidak mendapatkan pengaruh masukan dari sungai akan menghasilkan nilai anomali yang besar.

Sebaran anomali salinitas secara melintang menunjukkan pengaruh masukan air tawar ke kolom perairan. Pengaruh masukan air tawar tersebut semakin melemah ketika semakin menjauh dari mulut sungai serta dengan semakin bertambahnya kedalaman perairan. Pola kontur anomali salinitas yang terbentuk akan sama dan mengikuti pola kontur sebaran salinitas di lokasi penelitian.



Gambar 3. Sebaran melintang salinitas dari mulut sungai ke arah laut. (a) Sungai Banyuasin, (b) Sungai Musi, (c) Sungai Upang dan (d) Sungai Air Saleh.



Gambar 4. Sebaran melintang anomali salinitas dari mulut sungai ke arah laut. (a) Sungai Banyuasin, (b) Sungai Musi, (c) Sungai Upang dan (d) Sungai Air Saleh.

3.2 Fraksi Air Tawar

Hasil analisis fraksi air tawar yang dilakukan berdasarkan data salinitas pengukuran, diperoleh bahwa fraksi air tawar yang masuk ke kolom perairan pada transek Sungai Banyuasin sebesar 0,0427 s.d 0,2896. Nilai fraksi air tawar ini menunjukkan persentase massa air tawar yang melewati transek Stasiun 1 s.d Stasiun 5. Rata-rata fraksi air tawar yang melewati transek Sungai Banyuasin adalah sebesar 20,5 % (Gambar 5 dan Gambar 6a). Fraksi air tawar yang masuk pada transek Sungai Musi sebesar 0,0411 s.d 0,9325 dengan rata-rata fraksi air tawar yang melalui transek adalah 31,2%. Dominansi fraksi air tawar pada transek Sungai Musi dominan terlihat hingga jarak 10 kilometer dari mulut sungai. Dominansi fraksi air tawar ini terlihat jelas di lapisan permukaan dan jarak penyebaran ini akan cenderung menurun dengan bertambahnya kedalaman (Gambar 5 dan Gambar 6b).

Gambar 6c memperlihatkan fraksi air tawar pada transek Sungai Upang sebesar 0,0308 s.d 0,6955 yang terbawa ke arah tengah Selat Bangka dengan rata-rata fraksi air tawar pada transek ini adalah 20,3 %. Nilai dominansi fraksi tawar terlihat pada jarak hingga 2,5 kilometer dari mulut sungai dengan fraksi tawar dapat mencapai 0,50. Nilai fraksi air tawar pada transek Sungai Air Saleh sebesar 0,0425 s.d 0,4368 yang terbawa ke arah tengah Selat Bangka dengan nilai rata-rata fraksi air tawar pada transek ini adalah 21,9 % (Gambar 5 dan Gambar 6d). Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, Sungai Musi memberikan kontribusi rata-rata fraksi air tawar tertinggi pada musim peralihan II yakni sebesar 31,2 %, selanjutnya diikuti Sungai Air Saleh (21,9%), Sungai Banyuasin (20,5%) dan Sungai Upang (20,3%).

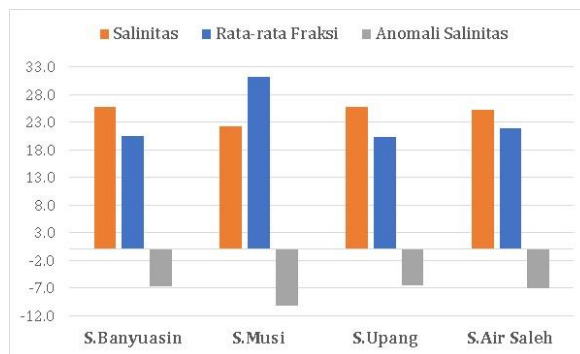
Kondisi dominannya fraksi air tawar dari Sungai Musi terlihat jelas hingga kedalaman 4 meter berdasarkan sebaran mendatar pada masing-masing kedalaman (Gambar 7).

Perbedaan nilai fraksi air tawar di masing-masing lokasi dipengaruhi oleh proses pencampuran massa air akibat adanya osilasi pasut, bentuk saluran dan kemiringan batimetri, arus yang keluar dari muara ke tengah teluk dan faktor oseanografi lainnya. Beberapa penelitian lain menyatakan bahwa transpor air tawar di daerah estuari dipengaruhi oleh perbedaan arus yang mengarah ke dalam maupun keluar muara, variasi massa air tawar dari *run off* sungai di daerah tersebut [10,23–25]. Hasil penelitian terdahulu yang dilakukan di lokasi penelitian diperoleh gambaran bahwa energi gerak air di muara Sungai Musi jauh lebih tinggi dibanding dengan muara Sungai Upang, Sungai Banyuasin dan Sungai Air Saleh [26,27]. Besarnya energi gerak air muara Sungai Musi tersebut diduga kuat sebagai faktor dominan yang menyebabkan lokasi tersebut memberikan kontribusi rata-rata fraksi air tawar tertinggi pada musim peralihan II.

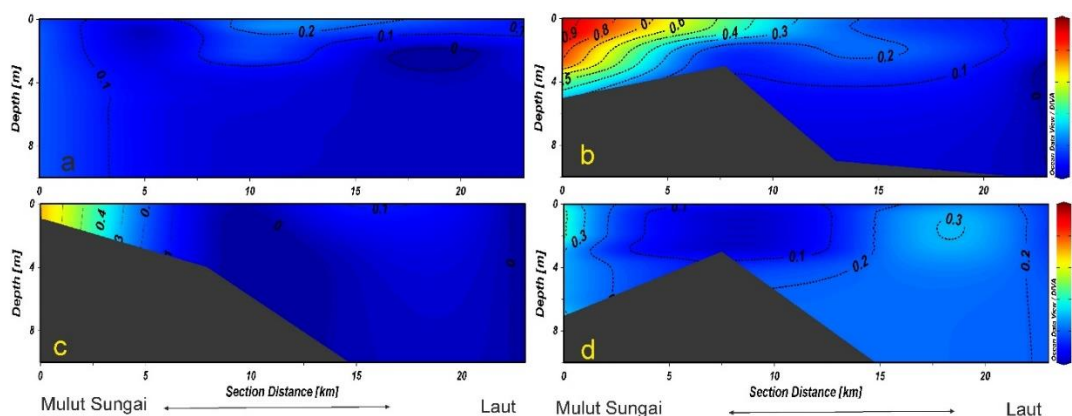
Proses naik turunnya muka laut secara teratur merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi arus di sekitar pantai serta berbagai proses oseanografi di sekitar perairan muara, serta berpengaruh besar terhadap geomorfologi muara. Perairan Selat Bangka dan estuari Banyuasin memiliki tipe pasang surut tunggal yaitu dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dengan periode fase pasut 12 jam. Dengan demikian, periode pasut yang terjadi selama 12 jam, serta akibat pengadukan oleh gelombang saat mendekati perairan muara, ditambah kondisi batimetri yang berbeda di tiap muara, akan

mempengaruhi sebaran nilai fraksi air tawar pada kolom perairan di masing-masing muara sungai.

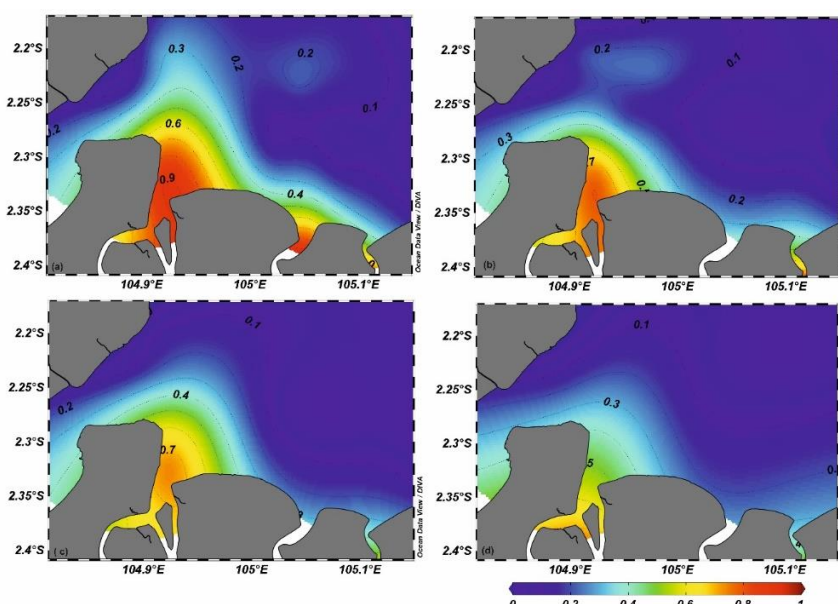
Kondisi ini akan semakin kompleks dengan adanya *tidal asimetris* yang terjadi di daerah estuari Banyuasin, yaitu waktu yang dibutuhkan menuju pasang (9–10 jam) jauh lebih cepat dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan menuju surut (14–15 jam). Kondisi ini menyebabkan pada saat surut waktu yang dibutuhkan relatif lebih lama [28]. Dampak dari kejadian ini akan membuat periode masuknya air tawar dari sungai lebih lama dibandingkan dengan masuknya massa air laut dari Selat Bangka ke muara sungai dan akan mempengaruhi sebaran fraksi air tawar pada kolom perairan di estuari Banyuasin.



Gambar 5. Perbandingan salinitas, anomali salinitas dan fraksi air tawar dari masing-masing sungai.



Gambar 6. Sebaran melintang fraksi air tawar dari mulut sungai ke arah laut. (a) Sungai Banyuasin, (b) Sungai Musi, (c) Sungai Upang dan (d) Sungai Air Saleh.



Gambar 7. Sebaran mendatar fraksi air tawar dari mulut sungai ke arah laut. (a) lapisan permukaan, (b) kedalaman 2 meter, (c) kedalaman 3 meter (d) kedalaman 4 meter .

3.3 Stabilitas Massa Air

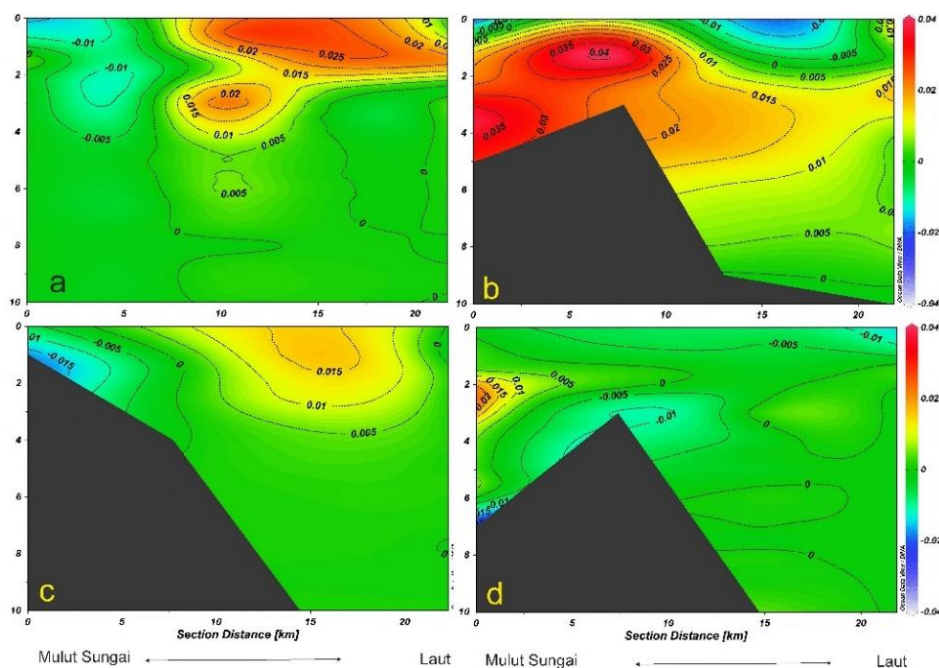
Tanda negatif pada nilai frekuensi Brunt Vaisala seperti yang ditampilkan pada Gambar 8 menunjukkan kondisi kolom perairan yang tidak stabil, sedangkan jika frekuensi Brunt Vaisala bernilai positif merupakan suatu indikasi bahwa perairan dengan stabilitas statis dimana massa air densitas rendah berada di atas massa air dengan densitas yang lebih tinggi. Jika perbedaan nilai densitas terhadap kedalaman semakin besar, maka lapisan perairan akan semakin stabil [17,29]. Nilai frekuensi Brunt Vaisala di lokasi penelitian sebesar -0,031 s.d 0,0388 Cycl/s dengan nilai terkecil dijumpai di muara Sungai Banyuasin, sedangkan nilai terbesar berada di muara Sungai Musi.

Nilai frekuensi Brunt Vaisala di muara Sungai Banyuasin adalah -0,031 s.d 0,027 Cycl/s (Gambar 8a). Nilai yang paling besar terdapat pada Stasiun 4 sebesar 0,027 Cycl/s sedangkan nilai terendah terdapat pada Stasiun 1 yaitu -0,031 Cycl/s. Nilai yang diperoleh dapat memberikan gambaran bahwa ketidakstabilan massa air lebih besar terjadi pada Stasiun 1 hingga jarak 5 kilometer dari mulut sungai. Ketidakstabilan massa air pada muara Sungai Banyuasin cenderung homogen secara vertikal dan akan semakin stabil ketika menjauhi muara sungai.

Kondisi stabilitas di muara Sungai Banyuasin ini relatif berbeda dengan kondisi stabilitas yang

terjadi di muara Sungai Musi. Ketidakstabilan di sekitar mulut Sungai Musi sebagai sumber masukan air tawar hanya berada di lapisan permukaan dan membentuk stratifikasi secara vertikal. Semakin jauh dari sumber masukan air tawar, kondisi ketidakstabilan perairan yang terbentuk akan membentuk stratifikasi yang lebih dalam. Gambaran terkait kondisi ini ditampilkan pada Gambar 8b. Besarnya frekuensi Brunt Vaisala pada muara Sungai Musi adalah sebesar -0,0102 s.d 0,0388 Cycl/s.

Frekuensi Brunt Vaisala pada muara Sungai Upang (Gambar 8c) memberikan informasi ketidakstabilan kolom permukaan perairan yang terjadi karena pengaruh masukan air tawar hingga jarak 7,5 kilometer dari mulut sungai dan pola sebarannya mengikuti pola sebaran salinitas di wilayah tersebut. Nilai frekuensi Brunt Vaisala di perairan muara Sungai Upang adalah sebesar -0,0019 s.d 0,0168 Cycl/s dengan kondisi perairan yang dominan stabil, sedangkan pada lapisan dasar perairan cenderung netral. Nilai frekuensi Brunt Vaisala pada muara Sungai Air Saleh adalah -0,0136 s.d 0,0251 Cycl/s (Gambar 8d). Ketidakstabilan massa air di sekitar Sungai Air Saleh hanya berada di lapisan permukaan hingga kedalaman satu meter. Hasil perhitungan frekuensi Brunt Vaisala ini dapat memberikan informasi tentang ketidakstabilan massa air di daerah estuari



Gambar 8. Sebaran melintang frekuensi Brunt Vaisala dari mulut sungai ke arah laut. (a) Sungai Banyuasin, (b) Sungai Musi, (c) Sungai Upang dan (d) Sungai Air Saleh.

Banyuasin. Daerah yang dekat mulut sungai memiliki tingkat kestabilan yang paling rendah dibandingkan dengan wilayah yang jauh dari pengaruh masukan air tawar. Hal ini disebabkan akibat pertemuan dua massa air yang berbeda karakteristiknya akan membuat stabilitas kolom perairan akan terganggu [30,31]. Massa air dengan tingkat kestabilan yang rendah ini memicu terjadinya pencampuran massa air tawar dan massa air laut di daerah estuari. Kondisi ini terlihat jelas di muara Sungai Banyuasin, sebagai akibat adanya pencampuran massa air menyebabkan nilai fraksi air tawar dari Sungai Banyuasin menjadi kecil.

4. Kesimpulan

Nilai salinitas yang diperoleh pada musim peralihan II adalah 2,19 s.d 31,42 psu dengan nilai anomali salinitas sebesar -30,23 psu s.d -1,00 psu. Pengaruh masukan yang kuat dari sungai menyebabkan turunnya nilai salinitas dan meningkatkan nilai rata-rata fraksi air tawar dari sungai ke perairan Selat Bangka. Sungai Musi memberikan kontribusi rata-rata fraksi air tawar tertinggi pada musim peralihan II ke perairan Selat Bangka, yakni sebesar 31,2 %, diikuti Sungai Air Saleh, Sungai Banyuasin, dan Sungai Upang.

Hasil perhitungan frekuensi Brunt Vaisala memberikan gambaran bahwa daerah yang dekat dengan mulut sungai memiliki tingkat kestabilan yang paling rendah dibandingkan dengan wilayah yang jauh dari pengaruh masukan air tawar. Tingkat kestabilan yang rendah ini menyebabkan terjadinya pencampuran massa air tawar dan massa air laut di daerah estuari.

5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis sampaikan kepada Laboratorium Oseanografi, Jurusan Ilmu Kelautan, Universitas Sriwijaya untuk bantuan peminjaman peralatan penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada asisten laboratorium dan mahasiswa yang telah membantu selama pengambilan data di lapangan.

Daftar Pustaka

[1] Dyer, K. R. , Sediment processes in estuaries: future research requirements, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, **94**(C10), pp.14327–14339, 1989.

[2] Nayak, G. N. and D'mello, C. A. N. , Estuarine Mudflat and Mangrove Sedimentary Environments along Central West Coast of India, *SF J Environ Earth Sci*. 2018; 1 (1),

10132018.

[3] Potter, I. C. , Chuwen, B. M. , Hoeksema, S. D. , and Elliott, M. , The concept of an estuary: a definition that incorporates systems which can become closed to the ocean and hypersaline, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **87**(3), pp.497–500, 2010.

[4] Pritchard, D. W. *In What is an estuary: physical viewpoint*, American Association for the Advancement of Science: 1967.

[5] Wolanski, E. , Andutta, F. , Deleersnijder, E. , Li, Y. , and Thomas, C. J. , The Gulf of Carpentaria heated Torres Strait and the Northern Great Barrier Reef during the 2016 mass coral bleaching event, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **194**pp.172–181, 2017.

[6] Alongi, D. M. , Pfitzner, J. , Trott, L. A. , Tirendi, F. , Dixon, P. , and Klumpp, D. W. , Rapid sediment accumulation and microbial mineralization in forests of the mangrove *Kandelia candel* in the Jiulongjiang Estuary, China, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **63**(4), pp.605–618, 2005.

[7] Dahuri, R. , *Keanekaragaman hayati laut: aset pembangunan berkelanjutan Indonesia*, Gramedia Pustaka Utama, 2003.

[8] Hayes, M. A. , Jesse, A. , Tabet, B. , Reef, R. , Keuskamp, J. A. , and Lovelock, C. E. , The contrasting effects of nutrient enrichment on growth, biomass allocation and decomposition of plant tissue in coastal wetlands, *Plant and Soil*, **416**(1–2), pp.193–204, 2017.

[9] Sheldon, J. E. and Alber, M. , The calculation of estuarine turnover times using freshwater fraction and tidal prism models: A critical evaluation, *Estuaries and Coasts*, **29**(1), pp.133–146, 2006.

[10] Regnier, P. and O'kane, J. P. , On the mixing processes in estuaries: the fractional freshwater method revisited, *Estuaries*, **27**(4), pp.571–582, 2004.

[11] Sulardi, A., Nurjaya, I. W., and Hartanto, M. T. *In Seasonally volume, heat, salt and freshwater transports within Balikpapan Bay to Makassar Strait*, IOP Publishing: 2020.

[12] Fauziyah , Setiawan, A. , Agustriani, F. , Rozirwan , Melki , Nurjuliasti Ningsih, E. , and Ulqodry, T. Z. , Distribution pattern of potential fishing zones in the Bangka Strait waters: An application of the remote sensing technique, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, **25**(1), pp.257–265, 2022.

[13] DKP , Coastal Zone Area Optimisation Desain for Development of Brakish-water Pond, SPL-OECF. Directorate General Fisheries, Department of Fisheries and Marine Affair. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta,

- 2001.
- [14] Surbakti, H. , Purba, M. , and Nurjaya, I. W. , Pemodelan Pola Arus di Perairan Pesisir Banyuasin , Sumatera Selatan, Maspari Journal, **03**pp.9–14, 2011.
- [15] Gilbert, P. S. , Lee, T. N. , and Podesta, G. P. , Transport of anomalous low-salinity waters from the Mississippi River flood of 1993 to the Straits of Florida, *Continental Shelf Research*, **16**(8), pp.1065–1085, 1996.
- [16] Nurjaya, I. W. . Behavior of Low Salinity Water near the Mouth of Tokyo Bay. 東京水産大学. 2001, 2001.
- [17] Pond, S. and Pickard, G.L. *Introductory dynamical oceanography*. Butterwothr Heinemann. (1983).
- [18] Rao, T. V. N. , Spatial distribution of upwelling off the central east coast of India, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **54**(2), pp.141–156, 2002.
- [19] Griffiths, R. W. , Gravity currents in rotating systems, *Annual Review of Fluid Mechanics*, **18**(1), pp.59–89, 1986.
- [20] Sanusi, H. S. , Karakteristik kimiawi dan kesuburan perairan Teluk Pelabuhan Ratu pada musim barat dan timur, *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*, **11**(2), pp.93–100, 2004.
- [21] Hormann, V. , Centurioni, L. R. , and Gordon, A. L. , Freshwater export pathways from the Bay of Bengal, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, **168**pp.104645, 2019.
- [22] Loganathan, J. , Narasimha, R. D. , Joseph, I. , Parambil, A. M. , Rachuri, V. , Swarnaprava, B. , and Kalathil, B. K. , Role of riverine inputs, low saline plume advection and mesoscale physical processes in structuring the Chlorophyll a distribution in the western Bay of Bengal during Fall Inter Monsoon, *Oceanologia*, **63**(4), pp.403–419, 2021.
- [23] Fong, D. A. and Geyer, W. R. , The alongshore transport of freshwater in a surface-trapped river plume, *Journal of Physical Oceanography*, **32**(3), pp.957–972, 2002.
- [24] Lee, J. and Valle-Levinson, A. , Influence of bathymetry on hydrography and circulation at the region between an estuary mouth and the adjacent continental shelf, *Continental Shelf Research*, **41**pp.77–91, 2012.
- [25] Gustafsson, B. and Stigebrandt, A. , Dynamics of the freshwater-influenced surface layers in the Skagerrak, *Journal of Sea Research*, **35**(1–3), pp.39–53, 1996.
- [26] Affandi, A. K. and Surbakti, H. , Distribusi sedimen dasar di perairan pesisir Banyuasin, Sumatera Selatan, *Maspari Journal*, pp.33–39, 2012.
- [27] Surbakti, H. , Pemodelan sebaran sedimen tersuspensi dan pola arus di perairan pesisir Banyuasin, Sumatera Selatan [tesis], Bogor: Intitut Pertanian Bogor, 2010.
- [28] Surbakti, H. , Karakteristik Pasang Surut dan Pola Arus di Muara Sungai Musi, Sumatera Selatan, *Jurnal Penelitian Sains*, **15**(1), 2012.
- [29] Stewart, R. H. , *Introduction to physical oceanography*, Texas A & M University College Station, 2008.
- [30] Rudels, B. , Arctic Ocean stability: The effects of local cooling, oceanic heat transport, freshwater input, and sea ice melt with special emphasis on the Nansen Basin, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, **121**(7), pp.4450–4473, 2016.
- [31] Haine, T. W. N. , Curry, B. , Gerdes, R. , Hansen, E. , Karcher, M. , Lee, C. , Rudels, B. , Spreen, G. , Steur, L. de , and Stewart, K. D. , Arctic freshwater export: Status, mechanisms, and prospects, *Global and Planetary Change*, **125**pp.13–35, 2015.