



**Karakteristik pasang surut dan pergerakan massa air di Teluk Kao bagian dalam, Kabupaten Halmahera Utara. Indonesia**

*The Characteristic of tidal and water mass movement in inner Kao Bay, North Halmahera District. Indonesia*

**Mohammad Ridwan Lessy<sup>1,2</sup>, Jefry Bemba<sup>\*2</sup>, Nurhalis Wahiddin<sup>3</sup>**

<sup>1\*</sup>Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Khairun, Ternate

<sup>2</sup>Laboratorium Hidrooseanografi, Universitas Khairun, Ternate

<sup>3</sup>Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Universitas Khairun, Ternate

Email: [mrlessy8375@gmail.com](mailto:mrlessy8375@gmail.com)

Diterima: 1 Juni 2021; Disetujui: 17 Desember 2021

**ABSTRAK**

Perairan Teluk Kao terletak di Pulau Halmahera, merupakan teluk yang unik karena terdiri dari dua bagian yakni Teluk Kao bagian luar dan Teluk Kao bagian dalam yang dipisahkan oleh ambang Wasilei. Keunikan ini cukup mempengaruhi kondisi oseanografi termasuk pola pergerakan massa air dan pola pasang surut. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji fenomena oseanografis dari Teluk Kao bagian dalam terutama khususnya pergerakan arah dan kecepatan arus serta pasang surut. Pengukuran arah dan kecepatan arus dilakukan pada permukaan dan kedalam 10 meter pada awal musim peralihan II (September-November), sedangkan pasang surut dilakukan selama 2 piantan (48 jam). Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa arus yang berkembang di perairan Teluk Kao bagian dalam dipengaruhi oleh pergerakan angin dan pasang surut. Kecepatan arus pada saat air gerak pasang dan air bergerak surut berbeda begitu pula dengan arah pergerakan arus. Kecepatan pergerakan arus yang terukur berkisar antara 2cm/det – 40 cm/det yang tergolong dalam kecepatan arus lemah. Pola pasang surut yang teranalisis di Teluk Kao memperlihatkan tipe campuran condong semi diurnal.

**Kata Kunci:** Pasang surut, Pergerakan Arus, Teluk Kao.

**ABSTRACT**

*The Kao Bay, located on Halmahera Island, is a unique bay due to it consists of two parts; the outer Kao Bay and the inner Kao Bay which are separated by the Wasilei threshold. This complexity topography is quite influence oceanographic conditions, including tide and tidal current. This study aims to examine the oceanographic phenomena of the inner Kao Bay, especially the direction and velocity of currents and tidal type. Measurement of current direction and velocity was carried out at the surface and 10 meters depth at the second transitional season (September-November), while the tides were carried out for 48 hours. The results of this study indicate that the currents in the study location are influenced by wind and tidal movements. The current velocity at high tide and low tide is different in the direction and velocity. The measured current speed ranges from 2cm/s - 40 cm/s, which is classified as the weak flow. The tidal pattern analyzed in Kao Bay shows its type is mixed which is predominated by semi-diurnal.*

**Key words:** Tide, Water mass movement, Kao Bay



## I. Pendahuluan

Beberapa wilayah perairan teluk yang berada di Pulau Halmahera merupakan wilayah perairan dengan kandungan sumberdaya yang sangat melimpah salah satunya adalah Teluk Kao. Teluk ini merupakan teluk semi tertutup yang dibagi menjadi dua bagian yakni Teluk Kao bagian dalam dan Teluk Kao bagian luar. Pemisahan ini karena adanya sebuah ambang yang terletak disekitar wilayah perairan Wasilei. Keberadaan ambang ini membuat pergerakan massa air antara kedua bagian di Teluk Kao sangat menarik untuk dipelajari.

Pergerakan massa air atau yang dikenal juga sebagai arus merupakan pergerakan air secara horizontal maupun vertical dari massa air laut secara kontinyu (Lestari *et.al.*, 2015]. Pergerakan arus umumnya dibangkitkan oleh angin dan pasang surut (Geyer, 1997; Lewis, 1997). Angin akan menggerakkan permukaan air untuk ikut bergerak bersama-sama. Menurut Knauss (1997), angin memberikan kecepatan pergerakan arus di bagian permukaan sekitar 2%, dan arah angin sedikit dibelokkan ke kanan (pada belahan bumi Utara) dan dibelokkan ke kiri (pada belahan bumi Selatan) sebagai efek Coriolis.

Sementara itu, fenomena lainnya yang selalu terjadi di laut termasuk di wilayah teluk adalah pasang surut. Pasang surutair laut terjadi karena gaya tarik menarik (gravitasi) antara bumi terhadap benda-benda angkasa yakni bulan dan matahari. Sementara, kontribusi gaya tarik menarik planet-planet lainnya cukup kecil. Pola pergerakan naik dan turun permukaan laut tergantung pada kedudukan bumi terhadap bulan dan matahari (Wibisono, 2011). Gerakan ini disertai gerakan horizontal dari massa air laut secara periodik dan tipe pasang surut suatu perairan ditentukan oleh frekuensi air pasang dan surut per hari (Widyantoro, 2014). Fenomena pasang surut merupakan salah satu gejala laut yang besar pengaruhnya terhadap biota laut khususnya di wilayah pesisir (Wismadi dan Handayani, 2014).

Mempelajari pergerakan massa air yang meliputi pergerakan arus dan pasang surut sangat penting untuk mengetahui fenomena oseanografi yang terjadi disuatu perairan. Hal ini dikarenakan arus dan pasang surut berperan dalam berbagai aktivitas di laut. Sebagai contohnya adalah pergerakan organisme laut. Menurut Aramita *et.al* (2015) Phytoplankton, organisme laut yang tidak mampu bergerak-pindah sendiri, memanfaatkan pergerakan arus untuk berdistribusi sesuai dengan pola arus. Distribusi phytoplankton ini sangat berpengaruh terhadap distribusi organisme lainnya seperti ikan serta oorganisme lainnya yang terhubung dalam rantai makanan. Selain berpengaruh terhadap distribusi organisme, pola pergerakan massa air juga mempengaruhi sebaran kualitas air serta bahan-bahan polutan yang sulit terurai misalnya botol-botol plastic, logam berat, dan minyak. Indrayana *et.al* (2014) mengungkapkan bahwa sebaran parameter parameter fisika-kimia meliputi temperatur, salinitas, kekeruhan, kecerahan, pH, DO, COD dan logam berat cadmium di perairan Genuk Semarang dipengaruhi oleh pola arus dan pasang surut yang berkembang.

Berbagai penelitian telah dilakukan di Teluk Kao, akan tetapi lebih banyak penelitian yang di fokuskan pada issue pencemaran dan sumberdaya perikanan. Sebagai contoh penelitian tentang kandungan logam berat merkuri, sianida, dan cadmiumbaik di dalam air laut maupun dalam organisme (Husein, 2016; Pertiwi, 2018; Edward, 2019). Sementara penelitian terkait sumberdaya perairan telah dilakukan antara lain Taeran dan Karman (2019) tentang status biologi ikan hasil tangkapan dan laju pancing rawai dasar yang beroperasi di Teluk Kao Halmahera Provinsi Maluku Utara serta Jutan

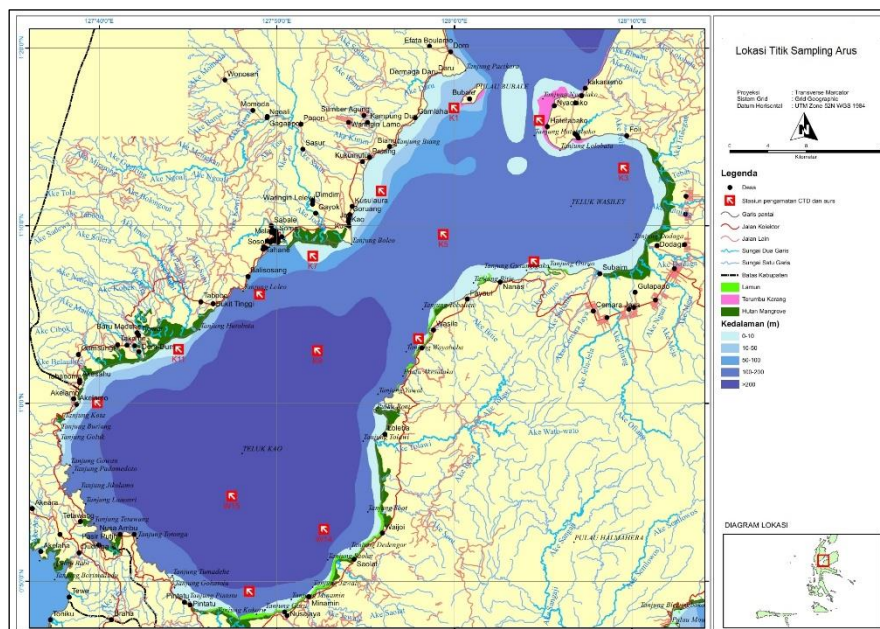
et. al (2017) tentang kondisi ikan hiu berjalan Halmahera (*hemiscyllium halmahera*) di perairan Teluk Kao, Halmahera Utara Provinsi Maluku Utara. Namun demikian penelitian tentang fenomena oseanografi khususnya pola sebaran arus dan pasang surut belum terpublikasikan.

Oleh karena itu penelitian ini akan bermanfaat untuk memberikan data dan informasi tentang dinamika perairan di Teluk Kao yang sangat diperlukan untuk menjelaskan fenomena oseanografi yang terjadi wilayah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji fenomena oseanografi dari Teluk Kao bagian dalam khususnya pergerakan arah dan kecepatan arus serta pola pasang surut yang berkembang. Untuk mempelajari kedua parameter tersebut, metode yang digunakan adalah dengan melakukan pengukuran langsung di lapangan (*insitu*). Dengan pendekatan metode insitu diharapkan dapat memberikan gambaran secara jelas fenomena pergerakan arah dan kecepatan arus serta pola pasang surut di wilayah studi.

## II. Metode Penelitian

### 2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus-September 2014 berlokasi di perairan Teluk Kao bagian dalam. Lokasi ini dipilih sebagai lokasi kajian dikarenakan kondisi batimetri dan geomorfologi yang merupakan selat sempit dan terhalang ambang Wasileisehingga pergerakan massa air di wilayah ini sangat unik untuk di pelajari (gambar1).



Gambar 1. Lokasi Penelitian dan Titik Sampling Arus

### 2.2 Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini bersifat deskriptif, yakni penelitian yang bertujuan untuk menggambarkan yang lebih jelas tentang kondisi tertentu (Nasution, 2009). Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer dikumpulkn



secara langsung dilapangan dengan metode survei yang meliputi pergerakan massa air (arus) dan pasang surut. Sedangkan data sekunder dikumpulkan dari literature atau hasil penelitian sebelumnya, buku, dan informasi dari instansi terkait dengan riset ini.

Pengukuran pergerakan pasang surut di lakukan secara *insitu* di pantai Desa Bobanehena dengan menggunakan palem pasut. Palem ini ditancapkan di perairan yang tidak kering pada saat surut terendah. Periode pengukuran pasang surut dilakukan selama 2 piamtan atau 48 jam dan pembacaan tinggi air pada palem pasut akan dilakukan untuk setiap jamnya. Data pola pasang surut yang terukur akan dibandingkan dengan pola pasang surut perairan Ternate yang diperoleh dari data DISHIDROS.

Penentuan tipe pasang surut dilakukan secara numeris dengan menggunakan periode dominan dari pasang surut yang diamati. Hal ini didasarkan pada bilangan *Formzahl (F)*, yaitu perbandingan jumlah amplitudo dua komponen diurnal utama (*AS1* dan *AOI*) terhadap jumlah amplitudo dua komponen semi-diurnal utama (*AM2* dan *AS2*) (Tanto *et.al.* 2016); (Supriyadi *et.al.*, 2019).

Berikut ini adalah rentang *F* yang digunakan dalam menentukan tipe pasang surut:

- $F \leq 0,25$  : Pasang surut tipe ganda (*semidiurnal tides*)
- $0,25 < F \leq 1,5$  : Pasang surut tipe campuran condong harian ganda/semidiurnal (*mixed mainly semidiurnal tides*)
- $1,50 < F \leq 3,0$  : Pasang surut tipe campuran condong harian tunggal/diurnal (*mixed mainly diurnal tides*)
- $F > 3,0$  : Pasang surut tipe tunggal (diurnal tides)

Pengukuran pergerakan massa air atau arus dilakukan dengan menggunakan *self recording current meter* merek Valeport 106 dimana alat ini dapat merekam kecepatan dan arah arus pada saat bersamaan. Untuk mempelajari pergerakan arus di seluruh area Teluk Kao bagian dalam maka pengukuran arus di lakukan pada 15 titik sampling (Gambar 1). Pada setiap titik sampling, alat pengukur arus diturunkan pada kedalaman 1, 3, 5 dan 10 meter. Untuk mengkaji pola aliran massa air pada periode air pasang maupun periode air surut di buat peta tematik untuk kedalaman 1, 5 dan 10 meter.

### III. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Secara geografis, Teluk Kao terletak pada koordinat  $1^{\circ}25' \text{ U} - 0^{\circ}50' \text{ U}$  dan  $127^{\circ}40' \text{ T} - 128^{\circ}10' \text{ T}$  serta berhadapan langsung dengan samudera Pasifik [Tarigan dan Edward 2003]. Sedangkan secara administrative, perairan Teluk Kao merupakan bagian dari tiga kabupaten di Provinsi Maluku Utara yaitu Kabupaten Halmahera Utara, Kabupaten Halmahera Barat, dan Kabupaten Halmahera Timur.

Teluk Kao yang membentang dari Barat Daya ke Timur Laut Pulau Halmahera merupakan teluk yang semi tertutup dengan topografi dasar laut yang sangat unik. Teluk ini terdiri dari tiga bagian dengan karakter oseanografi yang sangat berbeda. Bagian pertama di sebelah Utara atau dikenal dengan Teluk Kao bagian luar, merupakan bagian yang dalam yang ditempati oleh massa air dari Samudera Pasifik yang masuk melalui Laut Halmahera. Bagian kedua atau bagian tengah adalah bagian yang sangat dangkal ditandai dengan adanya ambang yang terbentuk di sekitar wilayah Wasile dan pulau Bubale. Kedalaman pada daerah ambang ini hanya sekitar 40 meter. Bagian ketiga di sebelah selatan atau dikenal sebagai Teluk Kao bagian dalam merupakan daerah yang

terlindung dengan kedalaman maksimum sekitar 600 meter (BLH Provinsi Maluku Utara, 2014).

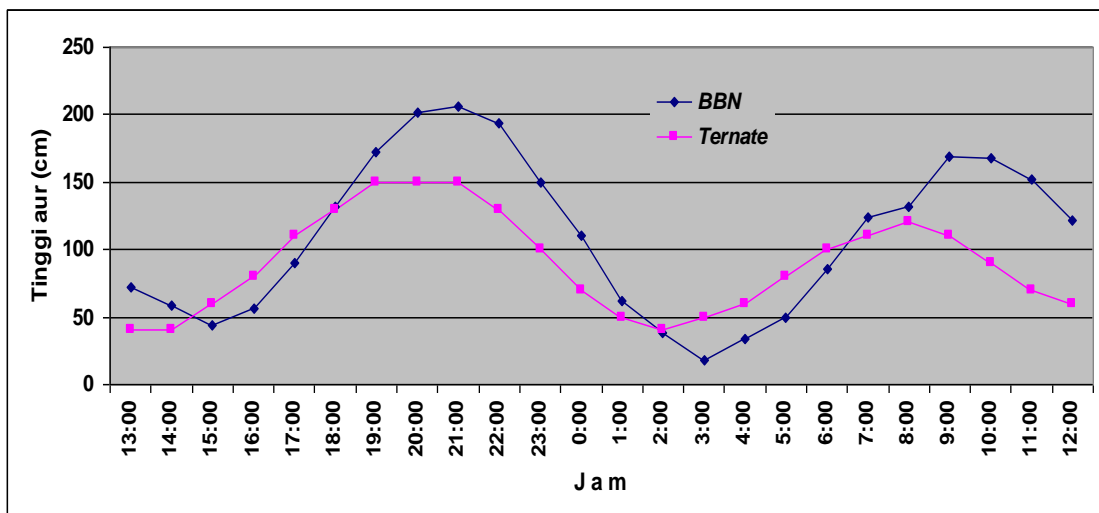
Selain itu, Teluk Kao dikenal merupakan daerah penangkapan bagi nelayan setempat berupa ikan dan udang. Menurut Hatim (2010) waktu penangkapan ikan di Teluk Kao terjadi sepanjang tahun dengan puncak waktu penangkapan pada musim utara (Desember – April). Namun demikian proses penangkapan maupun keberadaan sumberdaya perikanan di Teluk Kao sangat dipengaruhi oleh kondisi dinamika perairan setempat (Taeran dan Karman, 2019).

### 3.2 Pola Pasang Surut

Hasil pencatatan tinggi muka air pasang surut pada pelem pasut selama 4 piantan di desa Bobaniego bagian dalam Teluk Kao, menunjukkan bilangan amplitudo diurnal utama yang diperoleh untuk  $AS1 = 18$ ;  $AO1 = 14$ ; dan bilangan amplitudo semi-diurnal utama diperoleh  $AM2 = 27$ ; dan  $AS2 = 22$ . Dari hasil tersebut maka dilakukan perhitungan terhadap bilangan formzahl diperoleh bilangan sebagai berikut:

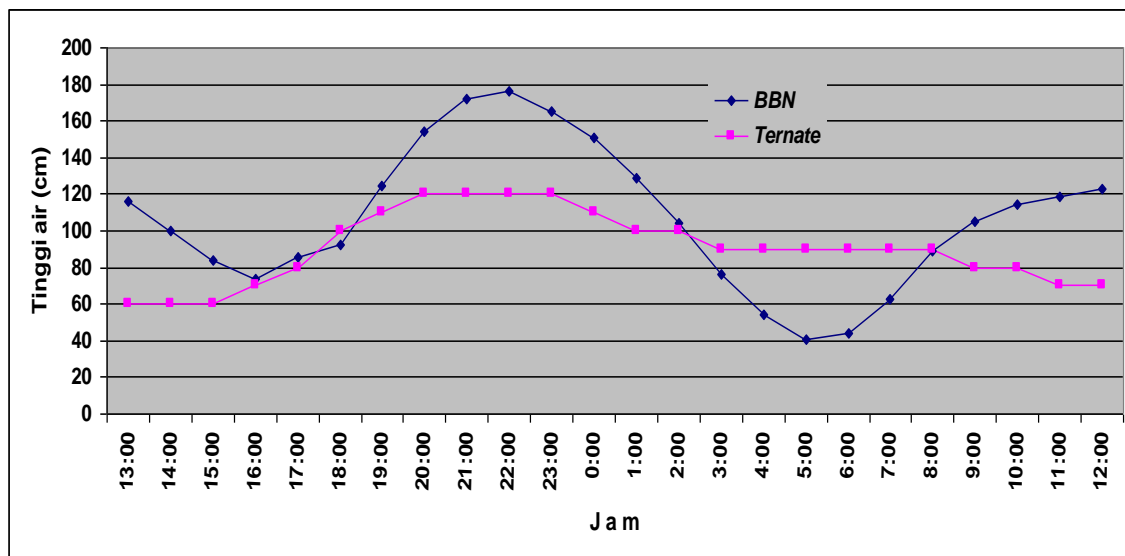
$$\frac{O1 + S1}{S2 + M2} = \frac{14 + 18}{22 + 27} = \frac{32}{49} = 0.65$$

Berdasarkan hasil tersebut maka menurut kriteria tipe pasang surut dimana  $0.25 \leq F < 1.5$  maka tipe pasang surut di lokasi studi adalah campuran condong harian ganda. Pasang surut dengan tipe ini memperlihatkan bahwa dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dimana bentuk gelombang pasang pertama tidak sama dengan gelombang pasang kedua (asimetris) dengan bentuk condong semi diurnal (Gambar 2).



(a)





(b)

Gambar 2. Pola Pasang Surut di Lokasi Studi

Sementara itu, hasil analisis data Dishidros untuk parameter pasang surut di Kota Ternate memperlihatkan bahwa tipe pasang surut di Kota Ternate sama dengan di lokasi studi yaitu campuran condong harian ganda. Penelitian Djainal (2017) di pantai gamalama dan pantai Kalumata serta penelitian Pasomba *et.al.*(2019) di pantai Tobololo Kota Ternate juga melaporkan bahwa tipe pasang surut yang di wilayah perairan Kota Ternate adalah campuran condong harian ganda. Dengan demikian, tipe pasang surut di Teluk Kao dan Pulau Ternate termasuk dalam kategori campuran mirip harian ganda sebagaimana umumnya tipe pasang surut di perairan bagian timur Indonesia.

Namun dari hasil pengamatan di pasang surut di kedua lokasi menunjukkan ada perbedaan yang nampak antararentang pergerakan air pasang dan air surut yang terjadi Teluk Kao bagian dalam dan perairan Ternate. Perbedaan-perbedaan tersebut adalah bahwa tunggang air (amplitudo pasang surut) lebih tinggi 10 – 30 cm dari yang tercatat di Ternate. Pada saat bulan purnama atau bulan mati perbedaan tersebut hanya sekitar 10 cm namun pada saat umur bulan mencapai kuartir I dan III, atau bersamaan dengan pasang mati (*neep tide*) perbedaan yang terjadi semakin signifikan. Selain perbedaan pada tunggang air, perbedaan lain yang juga terlihat pada fase pasang surut yang cirikan dengan keterlambatan momen pasang dan surut di Ternate terhadap perairan Teluk Kao. Perbedaan fase atau keterlambatan tersebut tampak jelas pada periode pasang purnama (sekitar 2 jam) tetapi pada periode *neep tide* hanya sekitar 1 jam ada satu lebih kecil. Perbedaan rantang pasang surut di kedua lokasi diperkirakan terjadi karena kondisi lokasi keduanya yang berbeda dimana Perairan Teluk Kao berbentuk teluk sempit setengah tertutup yang dikelilingi daratan Halmahera Utara dan Halmahera Timur sedangkan perairan Ternate merupakan perairan terbuka. Selain itu juga dipengaruhi oleh batimetri sebagaimana yang dikemukakan oleh Surinati (2007) bahwa rantang pasang surut di berbagai lokasi mempunyai ciri yang berbeda karena dipengaruhi oleh topografi dasar laut (*Batimetri*), lebar selat, bentuk teluk dan perairan terbuka.

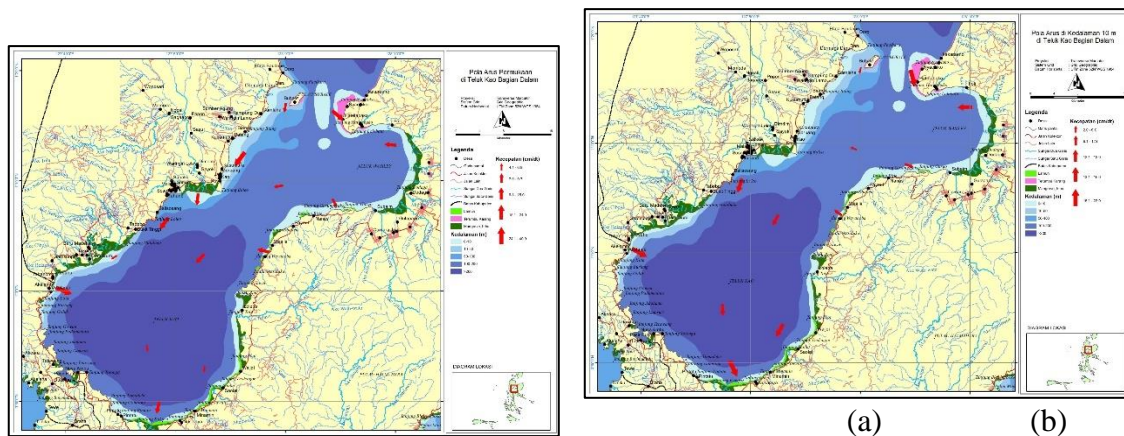


#### 4 Pola Pergerakan Massa Air

Hasil pengukuran arah dan kecepatan arus pada permukaan laut di Teluk Kao bagian dalam mendapatkan bahwa pola arus yang berkembang selama penelitian bertepatan dengan awal musim peralihan II (September – November) lebih mencerminkan karakter arus pasang surut. Kecepatan arus minimum pada permukaan di lokasi studi tercatat antara 4 – 7 cm/det dan kecepatan arus maksimum tercatat sebesar 25-40 cm/det. Arah dominan pergerakan arus di permukaan dari Timur laut menyusuri pesisir pantai Timur Teluk Kao menuju arah Barat Daya. Sementara pergerakan arus dari wilayah pesisir Barat Teluk Kao memperlihatkan bahwa arah pergerakan dari Barat menuju ke Timur di bagian tengah teluk dan kemudian berbelok ke arah Selatan (Gambar 3a). Hasil ini menunjukkan bahwa pada saat penelitian, pasang surut menjadi lebih dominan dalam mempengaruhi pergerakan massa air sebagaimana yang diungkapkan oleh Triatmodjo (1999) bahwa di perairan sempit dan semi tertutup seperti teluk, pasang surut merupakan penggerak utama sirkulasi massa airnya. Sementara Dahuri *et.al.* (2001) menjelaskan bahwa arus yang disebabkan oleh pasang surut dapat mencapai kecepatan 1 m/det dan arahnya akan berbalik 180° dalam kurun waktu tertentu sesuai sifat pasang surutnya.

Sedangkan hasil pengukuran arah dan kecepatan arus pada kedalaman 10-meter memperlihatkan bahwa pola arus yang berkembang pada umumnya identik dengan yang tercatat pada permukaan laut. Hanya saja kecepatan arus minimum yang tercatat lebih kecil dibandingkan dengan kecepatan arus di permukaan yakni 2 – 4 cm/det dan kecepatan arus maksimum tercatat 16 - 23 cm/detik (Gambar 3b). Hal ini memperlihatkan bahwa kecepatan arus di bagian dalam mengalami perlambatan karena pengaruh berkurangnya gesekan dengan angin dan tahanan dasar. Menurut Wibisono (2011) bahwa pergerakan arus secara vertikal di pengaruhi oleh faktor berupa tahanan dasar, angin, dan pasang surut. Sementara, diperkirakan bahwa pergerakan massa air di Teluk Kao bagian dalam lebih banyak didominasi oleh pergerakan pasang surut. Hal ini terlihat dari kecepatan arus maksimum tercatat bertepatan dengan saat tinggi muka air pada posisi duduk tengah (*mean sea level*) sedangkan kecepatan arus minimum tercatat bersamaan dengan momen air pasang tinggi maupun air surut rendah. Penurunan kecepatan arus di daerah kedalaman juga dipengaruhi oleh adanya ambang Wasilei yang memisahkan Teluk Kao bagian dalam dan Teluk Kao bagian luar. Menurut Barmawidjaya *et al.*, (1989) Teluk Kao merupakan sebuah cekungan dari dua lengan bagian utara Pulau Halmahera, melalui sebuah ambang dengan kedalaman lebih kurang 40 m yang berbatasan dengan Laut Filipina bagian selatan. Keberadaan ambang ini tentu saja akan meningkatkan tahanan dasar yang mengurangi pergerakan massa air.

Hasil pengukuran kecepatan arus di lokasi studi yang berkisar antara 2-40 cm/det memperlihatkan bahwa kecepatan arus tergolong arus dengan kategori arus lemah. Menurut Van Rijn (2011), kecepatan arus dibagi menjadi 2 kategori sebagai berikut yakni <100 cm/det merupakan arus lemah, dan > 100 cm/det merupakan arus kuat. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan arus di beberapa perairan teluk memperlihatkan kecepatan arus yang tergolong lemah (tabel 1).



Gambar 3. Pola Pergerakan arah dan Kecepatan Arus Pada Saat di Permukaan (a) dan Kedalaman 10 meter (b).

Tabel 1. Kecepatan dan Arah Arus dari Beberapa Perairan Teluk di Indonesia

No	Lokasi	Kec. Arus Maksimum (cm/det)	Arah Arus dominan	Sumber
1	Teluk Sasah, Pulau Bintan	32	Barat menuju Tenggara	Irawan, (2017)
2	Teluk Amurang, Minahasa Selatan	42 - 95	Ke arah Barat Laut dan Tenggara	Polii, (2012)
3	Perairan Pantai Sumatera Barat	35.8 – 39.7	Ke Tenggara hingga Selatan	Sugianto dan agus , (2007)
4	Teluk Tahuna, Kabupaten Sangihe	20		Wuaten <i>et.al.</i> (2018)
5	Teluk Banten, Banten	41	Ke Tenggara hingga Selatan	Wisha, <i>et.al.</i> (2015)
6	Teluk Bungus, Kota Padang	52,4	Ke Tenggara hingga Selatan	Tanto <i>et.al.</i> , (2016)
7	Teluk Kao, Maluku Utara`	2 - 40	Selatan dan Barat Daya	Penelitian ini.

#### IV. Kesimpulan

Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa pola pasang surut yang teranalisis di Teluk Kao bagian dalam memperlihatkan tipe campuran condong semi diurnal dimana terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan ketinggian yang berbeda. Sedangkan pola pergerakan arus yang berkembang di perairan Teluk Kao bagian dalam lebih dipengaruhi oleh pergerakan pasang surut. Kecepatan arus pada saat air gerak pasang dan air bergerak surut berbeda begitu pula dengan arah pergerakan arus. Kecepatan pergerakan arus yang terukur berkisar antara 2 cm/det – 40 cm/det yang tergolong dalam kecepatan arus lemah.

Fenomena oseanografi di perairan teluk Kao bagian dalam berdasarkan hasil kajian sangat dipengaruhi oleh bentuk perairan yang sempit dan semi tertutup dengan





topografi dasar laut yang dangkal di bagian pesisir dan keberadaan ambang wasilei yang meningkatkan tahanan dasar dan mempengaruhi pergerakan massa air.

Selanjutnya untuk pengembangan riset di masa depan, perlu adanya suatu riset terpadu di tentang waktu tinggal massa air di tiap kedalaman antara wilayah Teluk Kao bagian dalam dan Teluk Kao bagian luar sehingga dapat diprediksi kemungkinan pencampuran massa air yang terjadi antara kedua bagian teluk tersebut dan dapat mempelajari pergerakan bahan pencemar yang tertinggal di wilayah kedalaman Teluk Kao.

### Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Lingkungan Hidup Provinsi Maluku Utara, Yayasan Pelestarian Lingkungan Hidup dan Bapak (alm) Hi M. Wenno atas dukungan dan kontribusinya selama penelitian ini dilakukan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh tim peneliti atas peran sertanya dalam kajian ini.

### Daftar Pustaka

- Aramita, G.I, Zainuri, M, dan Ismunarti, D.H. 2015. Pengaruh Arus Terhadap Persebaran Fitoplankton di Perairan Morosari Demak. *Jurnal Oseanografi*, 4 (1) :: 124-31.
- Badan Lingkungan Hidup Provinsi Maluku Utara. 2014. Studi Kualitas dan Sumberdaya Perairan Teluk Buli, Teluk Kao dan Teluk Weda di Propinsi Maluku Utara.
- Barmawidjaya, D.M., A.F.M De jong, K. Van der Borg, W.A. Van der Kaars and W.J. Zachariasse, 1989. Kao bay, Halmahera, alate guarternary palaeo Environmental Record of a poorly ventilated Net. *J. Sea Res*, 24 (4) : 591-605.
- Dahuri, R., J. Rais., S.P. Ginting., dan M.J. Sitepu. 2001. Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Laut Secara Terpadu. PT Pradnya Paramita. Jakarta
- Djainal, H. 2017. Analisis Reklamasi Pantai Kota Ternate dan Pengaruhnya Terhadap Lingkungan Fisik Kawasan Pesisir. *Jurnal Teknologi*, 16 (2) ; 2099 -2104
- Edward. 2019. Pengamatan Kadar Logam Berat Merkuri (Hg) Dan Tembaga (Cu) Pada Daging Ikan Di Teluk Kao, Halmahera. *Jurnal Pro-Life*, 6 (2) : 122-135
- Geyer, W.R. 1997. Influence of wind on dynamics and flushing of shallow estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 44(6): 713-722.
- Hatim, F. 2010. Analisis Depresiasi Sumberdaya Ikan Teri (*Stelphorus spp*) di Teluk Kao, Kabupaten Halmahera Utara Provinsi Maluku Utara. Tesis. Program Studi Ekonomi Sumberdaya Kelautan Tropik. IPB.
- Husein, A. 2016. Analisis Kualitas Air Sungai Yang Bermuara Di Perairan Teluk Kao Halmahera Utara. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*. 9 (1) : 9-15
- Indrayana, R. Yusuf, M. dan Rifai, A. 2014. Pengaruh Arus Permukaan Terhadap Sebaran Kualitas Air Di Perairan Genuk Semarang. *Jurnal Oseanografi*. 3 (4) : 651- 659. <http://ejournal-S1.undip.Ac.Id/Index.Php/Jose>
- Irawan, S. 2017. Kondisi Hidro-Oseanografi Perairan Pulau Bintan (Studi Kasus Perairan Teluk Sasah). *Jurnal Kelautan*, 10(1) : 1907-9931 <http://doi.org/10.21107/jk.v10i1.2145>
- Knauss, J.A. 1997. *Inroduction to Physical Oceanography*. Prentice Hall, Upper Sadle River.



- Lestari.W.N, Lizalidiawati, Suwarsono, dan Ekawita.R. 2015. Sebaran Arus Permukaan Laut Pada Periode Terjadinya Fenomena Penjalaran Gelombang Kelvin Di Perairan Bengkulu. *Jurnal Gradien*, 11 (2) : 1128-1132.
- Lewis, R. 1997. *Dispersion in Estuaries and Coastal Waters*. Wiley, Chichester.
- Nasution, S. 2009. *Metode Research (Penelitian Ilmiah)*. Bumi Aksara, Jakarta.
- Pasomba T, Jasin, M.I, Jansen,T. 2019. Analisis Pasang Surut Pada Daerah Pantai Tobololo Kelurahan Tobololo Kota Ternate Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Sipil Statik* Vol.7 No.11 November 2019 (1515-1526) ISSN: 2337-6732.
- Pertiwi, R, T,A. 2018. Kandungan Merkuri dan Asam Sianida Pada Kerang Polymesoda sp di Teluk Kao Halmahera Utara. *Techno: Jurnal Penelitian* <http://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/Techno> Volume 07 Nomor 01 Mei 2018.
- Polii, J.F. 2012. Oseanografi Fisika Teluk Amurang Menurut Peiode Umur Bulan. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis*. VIII-2, April 2012.
- Sugianto, D, N, and Agus. 2007. “Studi Pola Sirkulasi Arus Laut di Perairan Pantai Provinsi Sumatera Barat.” *Ilmu Kelautan* 12 (2): 79–92
- Supriyadi, E., Siswanto<sup>1</sup>, Pranowo, W.S. 2019. Analisis Pasang Surut Di Perairan Pameungpeuk, Belitung, Dan Sarmi Berdasarkan Metode Admiralty. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 19 NO. 1 Tahun 2018 : 29 – 38
- Surinati, D. 2007. Pasang Surut dan Energinya. *Oseana*, Volume XXXII, Nomor 1, 15-22.ISSN 0216-1877. sumber:[www.oseanografi.lipi.go.id](http://www.oseanografi.lipi.go.id)
- Taeran,I dan Karman, A. 2019. Status Biologi Ikan Hasil Tangkapan Dan Laju Pancing Rawai Dasar Yang Beroperasi Di Teluk Kao Halmahera Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis* Vol. 11 No. 2, Hlm. 347-356, August 2019. P-ISSN: 2087-9423 [Http://Journal.Ipb.Ac.Id/Index.Php/Jurnalikt](http://Journal.Ipb.Ac.Id/Index.Php/Jurnalikt). DOI: [Http://Doi.Org/10.29244/Jitkt.V11i2.24326](http://Doi.Org/10.29244/Jitkt.V11i2.24326)
- Tanto,T,A, Husrin,S, Wisna, U.J Putra,A, Putrr.K2, Ilham, 2016. Karakteristik Oseanografi Fisik (Batimetri, Pasang Surut, Gelombang Signifikan Dan Arus Laut) Perairan Teluk Bungus. *Jurnal Kelautan* Volume 9, No. 2, Oktober 2016 ISSN: 1907-9931 (print), 2476-9991 (online).
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta
- Van Rijn, L. C. (2013), “Local Scour Near Structures” hal. 3-6 [www.leovanrijn-sediment.com](http://www.leovanrijn-sediment.com)
- Wuaten,J. Tatontos, Y.T., Kumaseh, E,I. 2018.Analisis Kondisi Hidro Oseanografi Di Perairan Teluk Tahuna Kabupaten Kepulauan Sangihe. *JURNAL ILMIAH TINDALUNG*, Volume 4, Nomor 2, November 2018 hlm. 50 – 52.
- Wibisono, S,M. 2011. *Pengantar Ilmu Kelautan*. Grasindo, Jakarta
- Widyantoro, B.T. 2014. Karakteristik Pasang Surut Laut di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 20 (1): 65-72.
- Wisna,U,J., Husrin,S., Prihantono,J. 2015. Hidrodinamika Perairan Teluk Banten Pada Musim Peralihan (Agustus–September). *ILMU KELAUTAN* Juni 2015 Vol 20(2):101-112 ISSN 0853-7291.
- Wismadi, T. & Handayani, S. (2014). Karakteristik Pasang Surut Laut di Raja Ampat, Indonesia. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 20 (1): 73-78