

ANALISIS LOKASI PEMBANGKITAN GELOMBANG SOLITON INTERNAL DI SELAT ALOR BERDASARKAN DATA PASANG SURUT DAN CITRA SATELIT

ANALYSIS OF INTERNAL SOLITON WAVE GENERATION SITE IN THE ALOR STRAIT BASED ON TIDAL DATA AND SATELLITE IMAGERY

I. W. Sumardana E. Putra^{1,2}, Dian Adrianto³, Agus Iwan Santoso³, Novi Susetyo Adi³,
Widodo.S. Pranowo³, Okol Sri Suharyo³

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Sekolah Pascasarjana, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor, Indonesia

²Prodi Hidro-Oseanografi, Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL), DKI Jakarta, Indonesia

³Prodi Oseanografi, Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL), DKI Jakarta, Indonesia

e-mail : sumardanal24@gmail.com

ABSTRAK

Selat Alor memiliki karakteristik topografi kompleks dengan variasi kedalaman 400-2800 meter yang berpotensi mendukung pembangkitan gelombang soliton internal (GSI). Penelitian ini bertujuan menganalisis lokasi pembangkitan GSI di Selat Alor berdasarkan korelasi data pasang surut model OTIS dan citra satelit SAR Sentinel-1 periode 2010-2023. Metode analisis kualitatif deskriptif dan komparatif digunakan untuk mengevaluasi hubungan temporal antara kondisi pasang surut dan kemunculan signature GSI pada citra SAR. Hasil penelitian menunjukkan korelasi konsisten antara kondisi spring tide dan kemunculan pola pita gelap-terang karakteristik GSI pada citra SAR. Variabilitas musiman teramati dimana pembangkitan GSI tidak hanya bergantung pada kekuatan arus pasang surut, tetapi juga dipengaruhi stratifikasi massa air dan dinamika Arus Lintas Indonesia (Arlindo). Pengaruh Arlindo sebagai arus latar memberikan kontribusi energi tambahan yang memungkinkan pembangkitan GSI bahkan pada kondisi forcing pasang surut lemah. Karakteristik spasial gelombang menunjukkan multiple generation sites dengan fenomena interaksi antar paket gelombang. Temuan ini mengkonfirmasi bahwa Selat Alor merupakan *hotspot* pembangkitan GSI yang signifikan di sisi selatan kepulauan Indonesia dengan implikasi regional terhadap dinamika oseanografi timur Indonesia, mixing vertikal, dan transport massa air.

Kata kunci: gelombang soliton internal, Selat Alor, pasang surut, citra SAR, Arlindo.

ABSTRACT

The Alor Strait features complex topographical characteristics with depth variations of 400-2800 meters, potentially supporting internal solitary wave (ISW) generation. This study aims to analyze ISW generation sites in the Alor Strait based on correlation between OTIS tidal model data and Sentinel-1 SAR satellite imagery from 2010-2023. Qualitative descriptive and comparative analysis methods were employed to evaluate temporal relationships between tidal conditions and ISW signatures appearing on SAR imagery. Results demonstrate consistent correlation between spring tide conditions and the appearance of characteristic dark-light band patterns indicating ISW on SAR images. Seasonal variability was observed where ISW generation depends not only on tidal current strength but also on water mass stratification and Indonesian

Throughflow (ITF) dynamics. ITF influence as background current provides additional energy contribution enabling ISW generation even under weak tidal forcing conditions. Spatial wave characteristics reveal multiple generation sites with inter-wave packet interaction phenomena. These findings confirm that the Alor Strait represents a significant ISW generation hotspot on the southern side of the Indonesian archipelago with regional implications for eastern Indonesian oceanographic dynamics, vertical mixing, and water mass transport.

Keywords: *internal solitary waves, Alor Strait, tidal data, SAR imagery, Indonesian Throughflow.*

PENDAHULUAN

Selat Alor merupakan salah satu selat sempit di sisi selatan Kepulauan Indonesia (Gambar 1) yang memiliki karakteristik topografi menyerupai anak tangga, dimana pada sisi utara yang berbatasan dengan Laut Flores dan sisi selatan yang berbatasan langsung dengan Samudera Hindia memiliki batimetri yang lebih dalam daripada kanal selat bagian tengah. Hal ini memungkinkan selat tersebut berpotensi mendukung pembangkitan soliton internal di perairan Indonesia. Di sisi lain, hasil simulasi model numerik yang dikembangkan oleh Nagai & Hibiya (2015) menyatakan bahwa Selat Alor merupakan lokasi pembangkitan pasang surut internal (*internal tide*) dengan tipikal selat minor, dimana selat ini mempunyai nilai laju konversi energi barotropik ke baroklinik ~1,1 GigaWatt (GW) dan disipasi energi baroklinik ~1,8 GW. Nilai tersebut lebih kecil dibandingkan dengan Selat Ombai yang memiliki perbandingan nilai laju konversi energi barotropik ke baroklinik (~4,9 Gigawatt (GW)) yang lebih besar daripada laju disipasi energi baroklinik (~ 2,6 GW), hal tersebut serupa dengan yang terjadi di Selat Lombok (laju konversi ~4,0 GW dan laju disipasi ~3,3 GW), dimana kedua selat tersebut merupakan selat utama sirkulasi Arlindo (Arus Lintas Indonesia) (Gordon *et al.*, 2010; Putra *et al.*, 2024b) dan lokasi pembangkitan aktif Gelombang Soliton Internal /Internal Solitary Waves (GSI/ISW) yang telah banyak dikaji oleh peneliti terdahulu (Jayanti *et al.* 2024; Purwandana *et al.*, 2023; Putra *et al.* 2025;

Putra *et al.*, 2024).

Lebih lanjut, Hermansyah (2018); Purwandana *et al.* (2022); dan Putra *et al.* (2024) menyatakan bahwa lokasi yang memiliki nilai laju konversi energi barotropik ke baroklinik yang lebih tinggi daripada disipasi energi baroklinik mengindikasikan tingginya frekuensi pembangkitan GI dengan tipikal soliton dan menjadikan lokasi tersebut sebagai *hotspot* aktif pembangkitan GSI. Sebaliknya, jika nilai disipasi energi relatif besar atau dengan setara laju konversi energi mengindikasikan konsumsi energi pasut yang dilepas ke lingkungan juga tinggi sehingga berakibat menekan pembentukan paket soliton. Akan tetapi, hal tersebut tidak secara langsung menyatakan bahwa GSI tidak dapat terbentuk pada lokasi tersebut.

Selain itu, adanya pembangkitan GSI juga mempunyai dampak terhadap peningkatan(penurunan)prosespercampuran turbulen (*turbulen mixing*), dimana timbulnya proses mixing juga dapat dijadikan indikator eksistensi GSI di kolom air pada suatu wilayah perairan (Purwandana *et al.*, 2022). Pemantauan dan deteksi GSI di wilayah perairan sering kali menggunakan berbagai asimilasi data, seperti: penggabungan data pasut dan citra satelit (Chonnaniyah *et al.*, 2021; Karang *et al.*, 2020; Roustan *et al.*, 2025). Oleh karena itu, penelitian saat ini akan menerapkan gabungan kedua data diatas untuk mengetahui dan menyelidiki eksistensi GSI di Selat Alor yang masih jarang dikaji dalam penelitian sebelumnya.

BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Selat Alor, Nusa Tenggara Timur, yang memiliki karakteristik batimetri bervariasi dengan kedalaman berkisar antara 400 hingga 2.800 meter (Hariyanto *et al.*, 2023) (Gambar 1). Kondisi topografi bawah laut yang kompleks ini memberikan potensi yang signifikan untuk pembangkitan gelombang soliton internal akibat interaksi arus pasang surut dengan fitur topografi dasar laut.

Data Pasang Surut

Data pasang surut diperoleh melalui pemodelan menggunakan *Oregon State University Tidal Inversion Software* (OTIS) yang dikembangkan oleh Egbert dan Erofeeva (2002). Model prediksi pasang surut ini menggunakan konstanta harmonik pasang surut meliputi konstituant utama: M2, S2, N2, K1, O1, P1, Q1, M4, Ms4, Mn4, Mm, dan Mf (Purwandana & Cuypers, 2023). Penggunaan konstituant harmonik tersebut memungkinkan identifikasi periode spring tide dan neap tide, yang merupakan parameter kritis dalam pembangkitan gelombang soliton internal. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kemunculan gelombang soliton internal di kolom air umumnya terjadi selama

periode *spring tide*, khususnya pada fase air menuju pasang (Roustan *et al.*, 2025; Situmorang *et al.*, 2022).

Data Citra Satelit

Citra satelit radar (*Synthetic Aperture Radar - SAR*) Sentinel-1 digunakan sebagai sumber data primer untuk deteksi gelombang soliton internal permukaan. Dataset citra mencakup periode tahun 2010 hingga 2023, memberikan cakupan temporal yang memadai untuk analisis jangka panjang. Gelombang soliton internal dapat diidentifikasi pada citra SAR melalui pola karakteristik berupa pita gelap-terang yang terbentuk akibat modulasi kekasaran permukaan laut oleh konvergensi dan divergensi arus yang terkait dengan propagasi gelombang internal (Prasetya *et al.*, 2021).

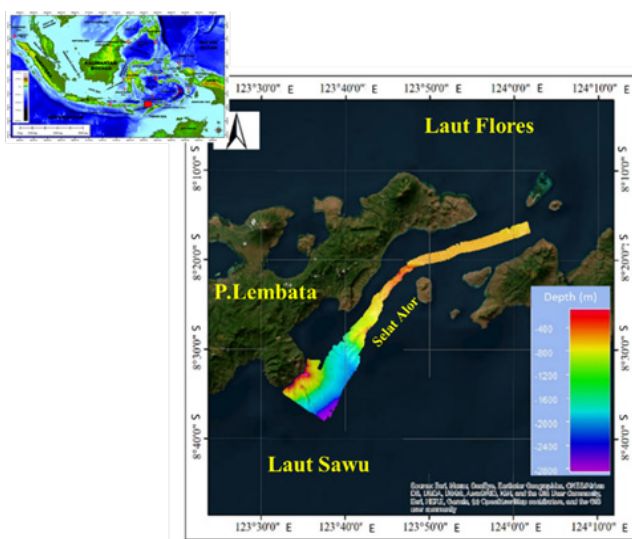
Metodologi Analisis

Penelitian ini mengadopsi pendekatan analisis kualitatif deskriptif dan komparatif. Pola pita karakteristik gelombang soliton internal yang teridentifikasi pada citra satelit SAR akan dikorelasikan dengan data pasang surut model OTIS. Validasi keberadaan gelombang soliton internal dilakukan melalui verifikasi temporal, dimana kemunculan pola gelombang pada citra satelit yang bersamaan dengan kondisi pasang pada periode spring tide akan dikonfirmasi sebagai indikasi keberadaan gelombang soliton internal di Selat Alor. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi dan karakterisasi spatio-temporal gelombang soliton internal berdasarkan korelasi antara kondisi dinamika pasang surut dan manifestasi permukaan yang terekam pada citra satelit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Korelasi Temporal Pasang Surut dan Deteksi Gelombang Soliton Internal

Analisis korelasi temporal antara data elevasi pasang surut model OTIS dan kemunculan pola gelombang soliton internal pada citra SAR Sentinel-1 menunjukkan



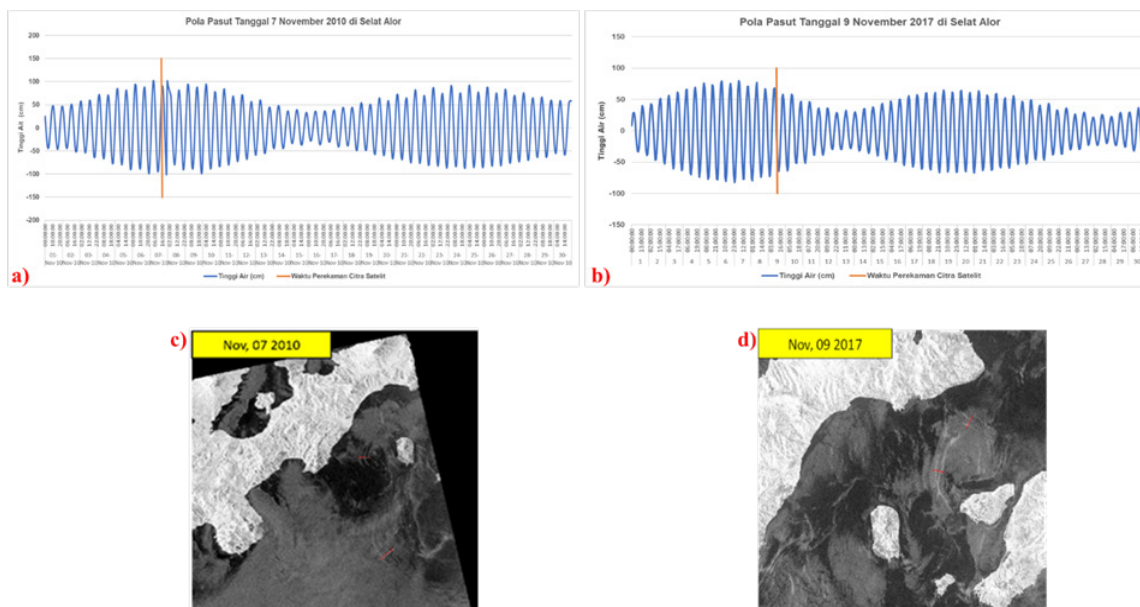
Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian.
Sumber: (Hariyanto *et al.*, 2023)

hubungan yang konsisten dengan teori pembangkitan gelombang internal di perairan bertopografi kompleks. Pada periode November 2010 dan November 2017 (Gambar 2c dan d), pola pasang surut menunjukkan amplitudo yang relatif tinggi dengan rentang elevasi mencapai ± 150 cm (Gambar 2a dan b), mengindikasikan kondisi spring tide yang kuat. Citra SAR pada kedua periode tersebut memperlihatkan signature gelombang soliton internal yang jelas berupa pola pita gelap-terang dengan orientasi yang konsisten terhadap arah propagasi gelombang. Elevasi pasang surut pada saat perekaman citra (ditandai dengan garis vertikal oranye) menunjukkan fase air menuju pasang, yang sesuai dengan penelitian Roustan *et al.* (2025) bahwa pembangkitan gelombang soliton internal optimal terjadi selama transisi dari kondisi subcritical ke supercritical flow. Massa air Arlindo yang memasuki perairan Selat Alor merupakan bifurkasi yang berasal dari Selat Makasar, dimana sebagian massa air ini akan melewati Laut Flores dan keluar melalui Laut Timor (menuju ke timur). Massa air Arlindo yang berada di Laut Flores inilah yang memasuki Selat Alor dengan debit $\sim -1,07$ Sv (menuju Laut Sawu/Samudera Hindia di sisi

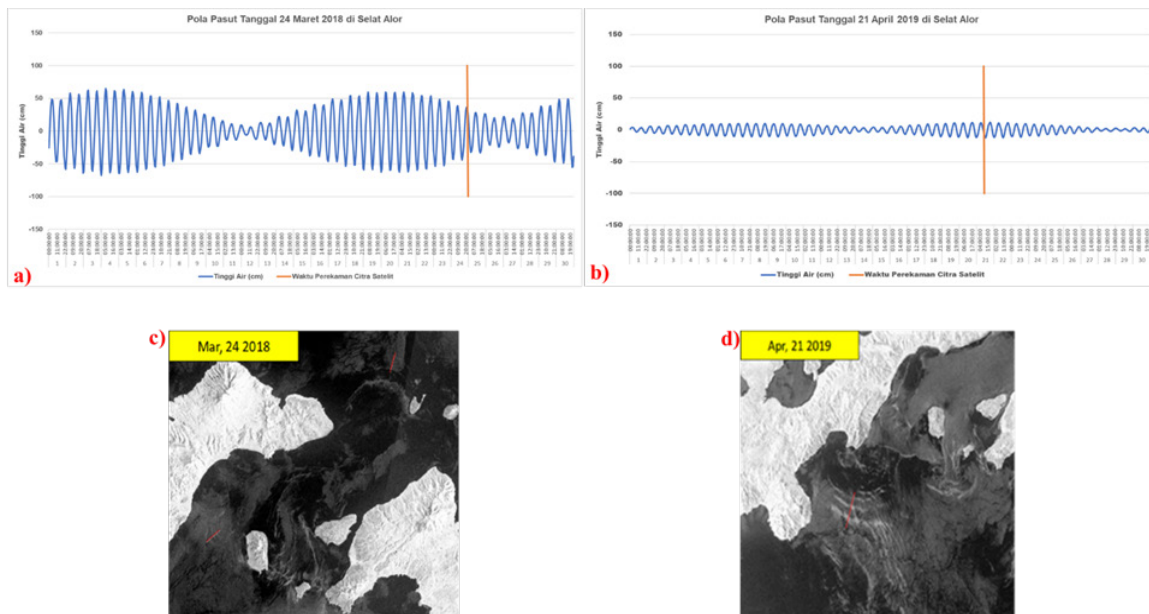
selatan wilayah Indonesia) (Purwandana *et al.*, 2014), akibat masuknya Arlindo memberikan pengaruh terhadap peningkatan kecepatan propagasi dan tinggi (rendah) amplitudo gelombang internal yang terjadi di kolom air (Putra *et al.*, 2025), yang nampak pada citra satelit SAR, gelombang internal terjadi di bagian selatan Selat Alor (menuju Laut Sawu/Samudera Hindia). Pola yang teramati pada citra SAR memiliki karakteristik spasial yang menunjukkan propagasi gelombang dari area dengan topografi curam menuju perairan yang lebih dalam, mengkonfirmasi mekanisme pembangkitan gelombang internal akibat interaksi arus pasang surut dengan bathimetri kompleks Selat Alor. Konsistensi temporal antara kondisi pasang surut maksimum dan kemunculan signature gelombang pada citra satelit memberikan bukti empiris yang kuat terhadap hipotesis bahwa Selat Alor merupakan lokasi aktif pembangkitan gelombang soliton internal.

Variabilitas Musiman dan Karakteristik Propagasi Gelombang Soliton Internal

Observasi pada periode Maret dan April 2018 (Gambar 3c dan d) menunjukkan variabilitas karakteristik gelombang soliton



Gambar 2. Elevasi pasut sesuai (a dan b) dengan waktu perekaman data citra dan kenampakan pola pita gelap-terang pada citra SAR (garis merah) yang mengindikasikan kemunculan GSI tahun 2010 (c) dan 2017 (d) di Selat Alor (bagian tengah dan selatan).



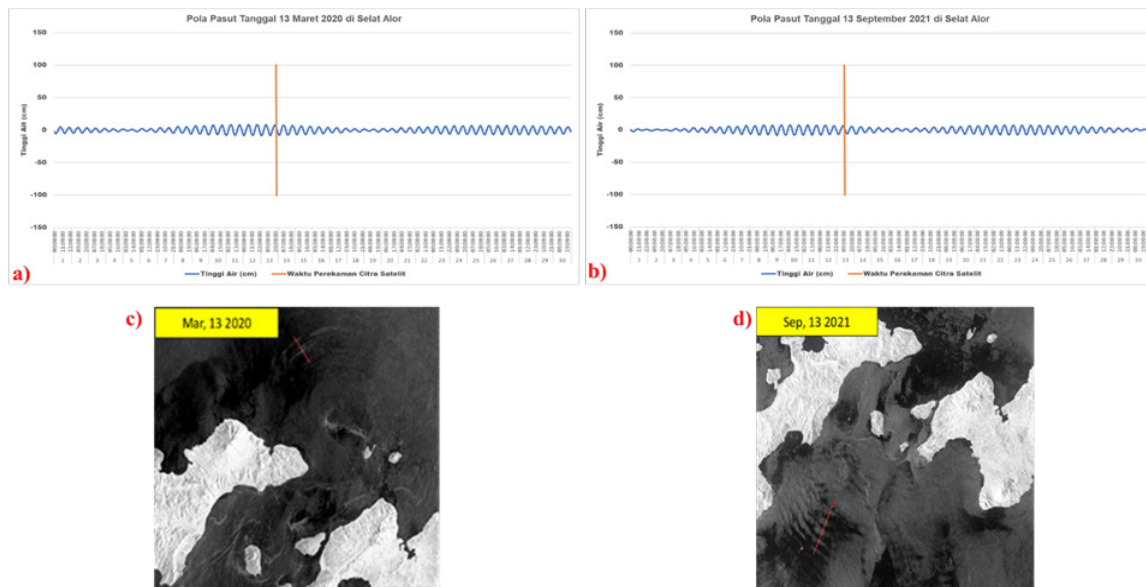
Gambar 3. Citra satelit SAR menampilkan kenampakan pola pita gelap-terang pada citra SAR yang mengindikasikan GSI di Selat Alor (sisi utara dan selatan) tahun 2018 (c) dan 2019 (d). Mengikuti waktu pasang (a dan b) (*spring tide*, yang disimbolkan oleh garis oranye).

internal yang berkaitan dengan perubahan kondisi oseanografi musiman. Pada Maret 2018, amplitudo pasang surut (Gambar 3 a dan b) menunjukkan penurunan signifikan dibandingkan periode November, dengan rentang elevasi yang lebih kecil (± 100 cm), mengindikasikan transisi menuju kondisi neap tide. Meskipun demikian, citra SAR masih menunjukkan keberadaan gelombang soliton internal, namun dengan intensitas dan kontinuitas pola yang berbeda. Pada April 2018, signature gelombang soliton internal pada citra SAR menunjukkan pola yang lebih terorganisir dengan *spacing* antar paket gelombang yang lebih konsisten, yang dapat dikaitkan dengan stabilitas stratifikasi massa air selama musim peralihan. Variabilitas ini mengindikasikan bahwa pembangkitan gelombang soliton internal di Selat Alor tidak hanya bergantung pada kekuatan arus pasang surut, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi stratifikasi vertikal massa air yang bervariasi secara musiman. Perubahan karakteristik propagasi gelombang yang teramati pada periode ini juga menunjukkan pengaruh Arlindo yang mengalami variabilitas musiman (Gordon *et al.*, 2010), dimana interaksi antara arus background dan gelombang internal

dapat memodifikasi kecepatan propagasi dan amplitudo gelombang. Fenomena ini konsisten dengan temuan penelitian di Selat Gibraltar yang menunjukkan bahwa variabilitas seasonal dalam stratifikasi massa air berpengaruh signifikan terhadap karakteristik gelombang soliton internal.

Pengaruh Arus Lintas Indonesia terhadap Dinamika Gelombang Soliton Internal

Data periode Maret 2020 dan September 2021 (Gambar 4e dan f) memberikan wawasan penting mengenai pengaruh Arlindo terhadap dinamika gelombang soliton internal di Selat Alor. Pada Maret 2020, kondisi pasang surut menunjukkan amplitudo yang relatif stabil dengan pola yang teratur (Gambar 4a dan b), namun citra SAR memperlihatkan signature gelombang soliton internal dengan karakteristik yang berbeda dari periode sebelumnya. Pola gelombang menunjukkan orientasi yang lebih sejajar dengan sumbu utama selat, mengindikasikan pengaruh arus latar yang kuat dari sistem Arlindo. September 2021 menunjukkan fenomena yang menarik dimana meskipun amplitudo pasang surut relatif rendah, signature gelombang soliton internal tetap terdeteksi dengan jelas pada



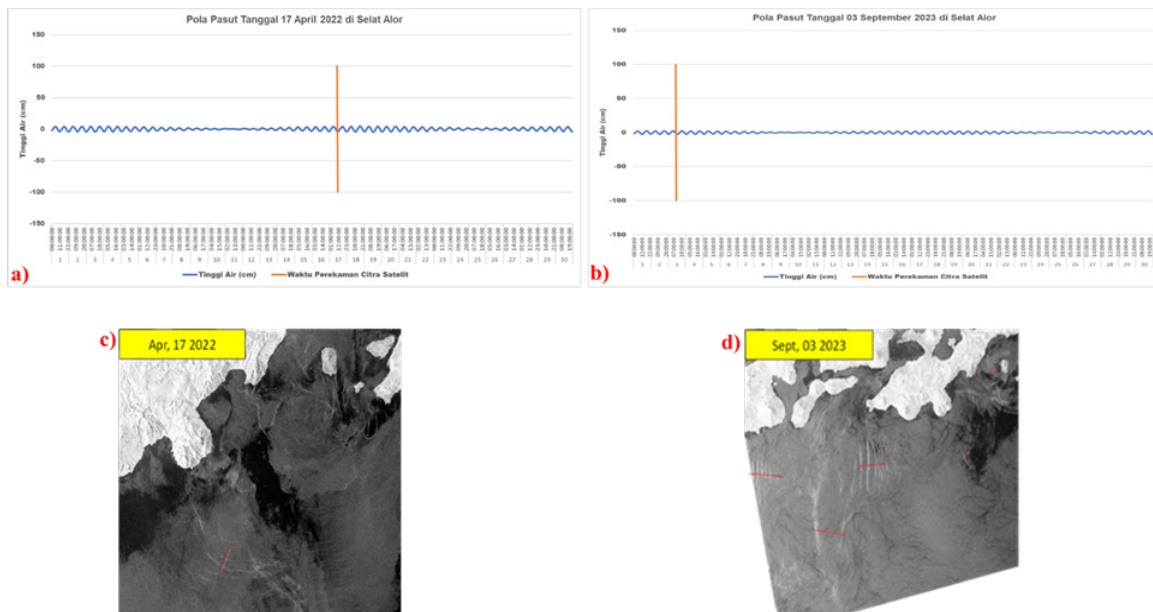
Gambar 4. Perekaman data citra SAR dan waktu pasut (a dan b) yang mengindikasikan GSI pada tahun 2020 (c) dan 2021 (d) di sisi selatan dan utara Selat Alor.

citra SAR. Hal ini mengindikasikan bahwa pada periode tersebut, Arlindo memberikan kontribusi energi tambahan yang memfasilitasi pembangkitan gelombang internal bahkan pada kondisi *forcing* pasang surut yang lemah. Interaksi antara arus pasang surut dan Arlindo menciptakan kondisi dinamis yang kompleks, dimana variabilitas temporal dan spasial dari kedua sistem arus tersebut menentukan karakteristik gelombang soliton internal yang terbangkit. Posisi strategis Selat Alor dalam sistem Arlindo, yang merupakan salah satu jalur utama transport massa air dari Pasifik ke Hindia, menciptakan kondisi unik dimana gelombang soliton internal dapat terbangkit secara kontinyu sepanjang tahun dengan variabilitas yang bergantung pada kekuatan relatif antara *forcing* pasang surut dan arus latar Arlindo.

Implikasi Dinamika Multi-Skala dan Karakteristik Spasial Gelombang Soliton Internal

Analisis komprehensif terhadap periode April 2022 dan September 2023 (Gambar 5g dan h) mengungkapkan kompleksitas dinamika multi-skala gelombang soliton internal di Selat Alor. Pada April 2022, signature gelombang pada citra SAR menunjukkan pola yang sangat terorganisir

dengan *multiple wave packets* yang terdistribusi secara spasial dengan spacing yang konsisten, mengindikasikan kondisi pembangkitan yang optimal. Karakteristik spasial gelombang menunjukkan propagasi dari *multiple source regions*, yang mengkonfirmasi bahwa topografi kompleks Selat Alor dengan variasi kedalaman ~400-2800 meter menyediakan *multiple generation sites* untuk gelombang soliton internal. September 2023 memperlihatkan evolusi temporal yang menarik, dimana signature gelombang menunjukkan interaksi antar paket gelombang yang berbeda, mengindikasikan fenomena *nonlinear wave interaction* yang dapat terjadi ketika gelombang dari sumber pembangkitan yang berbeda bertemu di area propagasi. Distribusi spasial gelombang yang teramati pada kedua periode ini menunjukkan bahwa Selat Alor tidak hanya berfungsi sebagai *generation site* tunggal, tetapi sebagai sistem kompleks *multiple generation-propagation sites* yang saling berinteraksi. Fenomena ini diperkuat oleh fakta bahwa gelombang soliton internal yang terbangkit di Selat Alor dapat menjalar hingga jarak yang signifikan menuju perairan Laut Banda dan Samudra Hindia, berpotensi mempengaruhi dinamika oseanografi regional. Karakteristik unik ini, dikombinasikan dengan posisi



Gambar 5. Perekaman data citra SAR dan waktu pasut (a dan b) yang mengindikasikan GSI pada tahun 2022 (c) dan 2023 (d) di sisi selatan Selat Alor

geografis strategis dalam sistem Arlindo dan pasut (Gambar 5a dan b), mengkonfirmasi bahwa Selat Alor merupakan *hotspot* pembangkitan gelombang soliton internal yang memiliki signifikansi tidak hanya lokal tetapi juga regional dalam konteks dinamika oseanografi Indonesia bagian timur.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis korelasi temporal antara data elevasi pasang surut model OTIS dan signature gelombang soliton internal pada citra SAR Sentinel-1 periode 2016-2023, penelitian ini mengkonfirmasi bahwa Selat Alor merupakan lokasi potensial yang sangat signifikan sebagai *hotspot* pembangkitan gelombang soliton internal di sisi selatan kepulauan Indonesia. Korelasi yang konsisten antara kondisi spring tide dan kemunculan pola pita gelap-terang karakteristik pada citra SAR menunjukkan bahwa interaksi arus pasang surut dengan topografi kompleks Selat Alor (kedalaman 400-2800 m) menciptakan kondisi optimal untuk pembangkitan gelombang soliton internal. Variabilitas musiman yang teramati mengindikasikan bahwa pembangkitan gelombang tidak

hanya bergantung pada kekuatan arus pasang surut, tetapi juga dipengaruhi oleh stratifikasi massa air dan dinamika Arus Lintas Indonesia (Arlindo) yang mengalami fluktuasi temporal. Pengaruh Arlindo sebagai arus latar memberikan kontribusi energi tambahan yang memungkinkan pembangkitan gelombang soliton internal bahkan pada kondisi *forcing* pasang surut yang relatif lemah, menciptakan sistem pembangkitan yang aktif sepanjang tahun. Karakteristik spasial gelombang yang menunjukkan multiple generation sites dan fenomena interaksi antar paket gelombang mengkonfirmasi kompleksitas dinamika gelombang soliton internal di lokasi ini. Temuan ini memiliki implikasi penting terhadap pemahaman dinamika oseanografi regional, mengingat gelombang soliton internal yang terbangkit di Selat Alor dapat menjangar hingga jarak yang signifikan dan mempengaruhi mixing vertikal, transport sedimen, serta distribusi massa air di perairan timur Indonesia. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap identifikasi *hotspot* gelombang soliton internal di perairan Indonesia dan menyediakan dasar ilmiah untuk pengembangan penelitian lanjutan mengenai dinamika gelombang internal di kawasan strategis Arlindo.

Penulis mengucapkan terima kasih pencipta aplikasi OTIS dan penyedia data citra SAR Sentinel-1, dan dukungan dari berbagai pihak tersebut sangat berkontribusi dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Chonnaniyah, Karang, I. W. G. A., & Osawa, T. (2021). Internal solitary waves propagation speed estimation in the northern-part of Lombok Strait observed by Sentinel-1 SAR and Himawari-8 images. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 944(1), 1–7, Article 012042. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/944/1/012042>
- Egbert, G. D., & Erofeeva, S. Y. (2002). Efficient inverse modeling of barotropic ocean tides. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 19(2), 183–204. [https://doi.org/10.1175/1520-0426\(2002\)019<0183:EIMOBO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0426(2002)019<0183:EIMOBO>2.0.CO;2)
- Gordon, A. L., Sprintall, J., Van Aken, H. M., Susanto, R. D., Wijffels, S., Molcard, R., Field, A., Pranowo, W., & Wirasantosa, S. (2010). The Indonesian throughflow during 2004–2006 as observed by the INSTANT program. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 50(2), 115–128. <https://doi.org/10.1016/j.dynatmoce.2009.12.002>
- Hariyanto, I. H., Putranto, A. W., Nurhidayat, N., Purwanto, B., Sobarudin, D. P., Saputro, P. D., Khair, D. R., & Wibowo, M. A. (2023). Volume Backscattering Strength Estimation of Plankton from Water Column Multibeam Echosounder Data at Alor Strait, East Nusa Tenggara, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1276(1), 1–9, Article 012065. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1276/1/012065>
- Hermansyah, H. (2018). *Kajian Dinamika dan Energetik Pembangkitan Gelombang Internal Di Laut Sulawesi* [Disertasi. IPB Bogor]. In IPB Bogor. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/95995>
- Jayanti, N., Wicaksono, A., & Purwandana, A. (2024). Characterization of solitary internal waves in the northern Bali waters. *BIO Web of Conferences*, 89, 1–11. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248901006>
- Karang, I. W. G. A., Chonnaniyah., & Osawa, T. (2020). Internal solitary wave observations in the Flores Sea using the Himawari-8 geostationary satellite. *International Journal of Remote Sensing*, 41(15), 5726–5742. <https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1693079>
- Nagai, T., & Hibiya, T. (2015). Internal tides and associated vertical mixing in the Indonesian Archipelago. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 120(5), 3373–3390. <https://doi.org/10.1002/2014JC010592>
- Prasetya, I. A., Atmadipoera, A. S., Budhiman, S., & Nugroho, U. C. (2021). Internal solitary waves in the Northwest Sumatra Sea-Indonesia: From observation and modeling. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 944(1), 1–17, Article 012056. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/944/1/012056>
- Purwandana, A., & Cuypers, Y. (2023). Characteristics of internal solitary waves in the Maluku Sea, Indonesia. *Oceanologia*, 65(2), 333–342. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2022.07.008>
- Purwandana, A., Cuypers, Y., Bourgault, D., Bouruet-Aubertot, P., & Santoso, P. D. (2022). Fate of internal solitary wave

- and enhanced mixing in Manado Bay, North Sulawesi, Indonesia. *Continental Shelf Research*, 245(104801). <https://doi.org/10.1016/j.csr.2022.104801>
- Purwandana, A., Cuypers, Y., Surinati, D., Iskandar, M. R., & Bouruet-aubertot, P. (2023). Observed internal solitary waves in the northern Bali waters, Indonesia. *Regional Studies in Marine Science*, 57(102764), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102764>
- Purwandana, A., Purba, M., Atmadipoera, A. S., Oseanografi-lipi, P., Perikanan, F., Bogor, I. P., & Darmaga, K. I. P. B. (2014). Distribusi Percampuran Turbulen di Perairan Selat Alor. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 19(1), 43–54.
- Putra, I. W. S. E., Atmadipoera, A. S., Manik, H. M., Harsono, G., & Purwandana, A. (2024a). Karakteristik Proses Pendangkalan Gelombang Soliter Internal Di Sisi Utara Perairan Laut Flores. *Jurnal Kelautan Nasional*, 19(2), 101–116. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15578/jkn.v19i2.14049>
- Putra, I. W. S. E., Atmadipoera, A. S., Manik, H. M., Harsono, G., & Purwandana, A. (2024b). Oceanographic Characteristics in the Three International Indonesian Archipelago Sea Lanes (IASLs) Region: Implications for Underwater Acoustics System. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan (JIPK)*, 17(2), 322–357. <https://doi.org/10.20473/jipk.v17i2.56045>
- Putra, I. W. S. E., Atmadipoera, A. S., Manik, H. M., Harsono, G., Purwandana, A., & Hascaryo, A. P. (2024). Distribution And Characteristics Of Internal Waves During Expedition Jalacitra 2-2022 “Banda.” *Indonesian Journal of Marine Sciences (IJMS)*, 29(3), 359–371. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.29.3.359-371>
- Putra, I. W. S. E., Atmadipoera, A. S., Manik, H. M., Harsono, G., Purwandana, A., & Purwanto, B. (2025). Distribution and characteristics of internal waves observed during The Expedition of Jalacitra 3-2023 “FLORES.” *BIO Web of Conferences*, 168, 1–17. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202516801007>
- Roustan, J. B., Bordoïs, L., García-Lafuente, J., Dumas, F., Auclair, F., & Carton, X. (2025). Can a single coastal tide gauge help predict internal solitary wave activity offshore. *Scientific Reports*, 15(1), 3551. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-83165-1>
- Situmorang, E., Manik, H. M., & Atmadipoera, A. S. (2022). Deteksi dan Kuantifikasi Internal Wave Menggunakan Instrumen Broadband Echosounder SIMRAD EK80 di Perairan Padang Bay Bali. *Positron*, 12(2), 132. <https://doi.org/10.26418/positron.v12i2.51854>

