

## **Pola Distribusi *Harmful Algal Bloom* (HAB) Menggunakan Data Satelit Aqua Modis Di Laut Jawa Saat Musim Peralihan**

**Delilla Suhand<sup>1</sup>, Fani Wulan Sari<sup>2</sup>, Muhamad Gilang Arindra Putra<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Sains Lingkungan Kelautan, Fakultas Sains, Institut Teknologi Sumatera

<sup>2</sup>Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran

<sup>3</sup>Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

Korespondensi: [delilla.suhand@sl.itera.ac.id](mailto:delilla.suhand@sl.itera.ac.id)

### **Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola distribusi Harmful Algal Bloom (HAB) di perairan Laut Jawa menggunakan data penginderaan jauh dari satelit Aqua MODIS pada musim peralihan I dan II tahun 2015–2016. Metode yang digunakan bersifat deskriptif dengan pendekatan spasial dan temporal untuk mengamati distribusi HAB, dikaitkan dengan parameter curah hujan dan arus laut. Data yang dianalisis meliputi konsentrasi klorofil-a, arus permukaan, dan curah hujan bulanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberadaan HAB di Laut Jawa memiliki pola distribusi yang bervariasi, dengan intensitas tertinggi terjadi di perairan selatan Kalimantan dan utara Jawa, terutama di musim peralihan. Secara spasial, konsentrasi klorofil-a mencapai nilai puncak 10 mg/m<sup>3</sup> di beberapa lokasi, sedangkan secara temporal, pola kemunculan HAB dipengaruhi oleh faktor musim dan curah hujan. Temuan ini menegaskan pentingnya pengelolaan sumber daya laut berbasis pemantauan spasial dan temporal untuk mitigasi dampak negatif HAB terhadap ekosistem laut.

**Kata kunci:** *Harmful Algal Bloom* (HAB), Laut Jawa, Klorofil-a, Aqua MODIS

### **Abstract**

*This study aims to analyze the distribution patterns of Harmful Algal Bloom (HAB) in the Java Sea using remote sensing data from the Aqua MODIS satellite during the transitional seasons I and II of 2015–2016. A descriptive method was employed with spatial and temporal approaches to observe HAB distribution in relation to rainfall and ocean currents. The analyzed data included chlorophyll-a concentration, surface currents, and monthly rainfall. The results show that HAB occurrences in the Java Sea exhibit varying distribution patterns, with the highest intensity observed in the southern Kalimantan and northern Java waters, particularly during transitional seasons. Spatially, chlorophyll-a concentrations peaked at 10 mg/m<sup>3</sup> in certain areas, while temporally, HAB patterns were influenced by seasonal and rainfall factors. These findings highlight the importance of spatial and temporal monitoring-based marine resource management to mitigate the negative impacts of HAB on marine ecosystems.*

**Key words:** *Harmful Algal Bloom* (HAB), Java Sea, Chlorophyll-a, Aqua MODIS

## **PENDAHULUAN**

Laut Jawa merupakan perairan dangkal yang sangat dipengaruhi oleh bagian daratan dan laut. Laut Jawa menjadi penghubung antara pulau-pulau besar diantaranya Pulau Kalimantan, Sumatera, Jawa, dan Sulawesi hal tersebut yang menyebabkan pengaruh besar dari daratan masuk ke perairan Laut Jawa. Selain itu, pengaruh besar

masuk dari Samudera Hindia dan Samudera Pasifik (Mujadida dkk.,2021). Perbatasan Laut Jawa di bagian timur dengan Laut Flores dan Laut Sulawesi melalui Selat Makassar, di sebelah barat dipengaruhi oleh Laut Cina melalui Selat Karimata, di sebelah selatan berbatasan dengan Samudera Hindia melalui Selat Bali dan Selat Sunda. Akibat letaknya yang berada di tengah perairan Indonesia, Laut Jawa cenderung menjadi tempat terjadinya fenomena pencampuran massa air laut.

Pencampuran masa air Laut Jawa juga dipengaruhi oleh perubahan musim/iklim sistem moonsoon atau yang lebih sering dikenal dengan nama musim timur dan musim barat yang diakibatkan oleh angin muson. Masa transisi dari musim barat ke musim timur ataupun sebaliknya disebut dengan musim peralihan. Musim ini memiliki karakteristik yang dapat mempengaruhi kondisi perairan laut. Kedua faktor ini dapat mengakibatkan dinamika pencampuran massa air laut sehingga mempengaruhi konsentrasi nutrisi di Laut Jawa. Tingginya konsentrasi nutrisi pada suatu perairan dapat memberi dampak meningkatnya fitoplankton pada daerah tersebut sehingga memungkinkan terjadinya *Harmful Algal Bloom* (HAB) (Piranti dkk.,2021).

HAB diakibatkan dari konsentrasi zat hara di suatu perairan mengalami peningkatan kemudian terjadi eutrofikasi, sehingga berkembangbiakan sel-sel fitoplankton yang bersifat racun secara cepat dapat mendominasi komunitas plankton pada suatu perairan yang bersifat merugikan. HAB merupakan fenomena yang dapat terjadi di perairan laut dan payau akibat peningkatan jumlah fitoplankton beracun yang dapat menyebabkan kerugian bagi manusia, biota, maupun ekosistem di sekitarnya akibat penurunan konsentrasi oksigen terlarut di perairan (Gurning dkk.,2020). Mengingat dampak HAB yang masif, dibutuhkan pemahaman lebih lanjut mengenai HAB. Sedangkan tingkat informasi mengenai HAB di masyarakat masih 57% (Hidayati, 2020). Sehingga pemantau HAB dibutuhkan untuk mengantisipasi dampak negatif dari HAB tersebut.

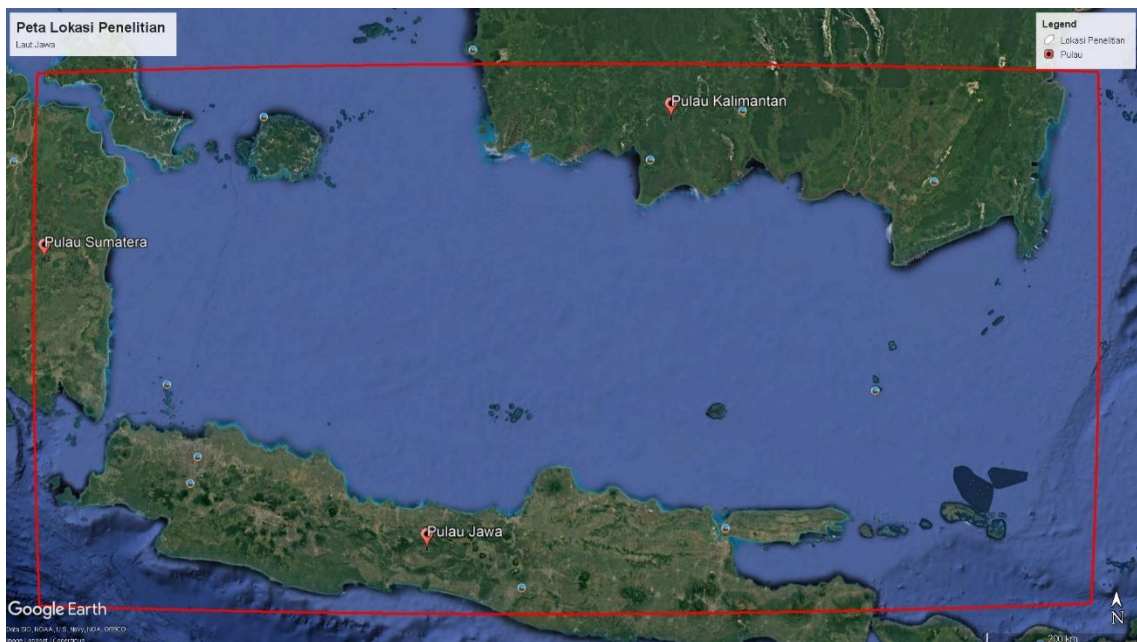
Pemantauan HAB dapat dimonitoring dengan menggunakan teknologi multisensor dan multikanal penginderaan jauh untuk pemantauan kondisi laut menjadi salah satu metode alternatif untuk penyediaan data secara rangkaian waktu yang bersifat sesuai dengan waktu nyata (*real time*). Disamping itu, teknologi penginderaan jauh memiliki kemampuan untuk memberikan informasi secara berkelanjutan. Pada waktu tertentu dan daerah yang sama wahana satelit telah diprogram untuk melintas dan mengambil data. Salah satu teknologi penginderaan jauh multitemporal adalah satelit MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) satelit ini dapat digunakan untuk pemantauan HAB di Laut Jawa.

Berdasarkan uraian yang telah dijabarkan diatas, tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui dan menganalisis pola distribusi dari HAB pada Perairan Laut Jawa menggunakan data penginderaan jauh yaitu dari satelit Aqua MODIS pada musim peralihan I dan II tahun 2015 – 2016.

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian meliputi wilayah perairan Laut Jawa dengan cakupan wilayah penelitian secara astronomis terletak pada  $2^{\circ}$  –  $8^{\circ}$  Lintang Selatan dan  $105^{\circ}$  –  $117^{\circ}$  Bujur Timur. Waktu penelitian dilakukan pada tahun 2024 dengan menggunakan data yang digunakan pada tahun 2015 - 2016 saat musim peralihan I meliputi bulan Maret, April, Mei dan musim peralihan II meliputi bulan September, Oktober, November.



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Laut Jawa, Indonesia

### Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat meliputi perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan adalah Personal Computer (PC), sedangkan perangkat lunak yang digunakan adalah SeaDAS 7.4, ArcGIS 10.4, Ocean Data View 4, dan Microsoft Excel 2010.

Bahan yang digunakan adalah data sekunder meliputi data citra satelit Aqua MODIS klorofil-a untuk mengamati kejadian HAB yang didapatkan dari situs web <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>, data arus permukaan dari Copernicus Marine Environmental Monitoring Service (CMEMS) diunduh dari website

<http://marine.copernicus.eu/>. Data yang digunakan merupakan data bulanan arus, klorofil-a, dan curah hujan pada bulan Januari 2015 – Desember 2016.

### **Metode Penelitian**

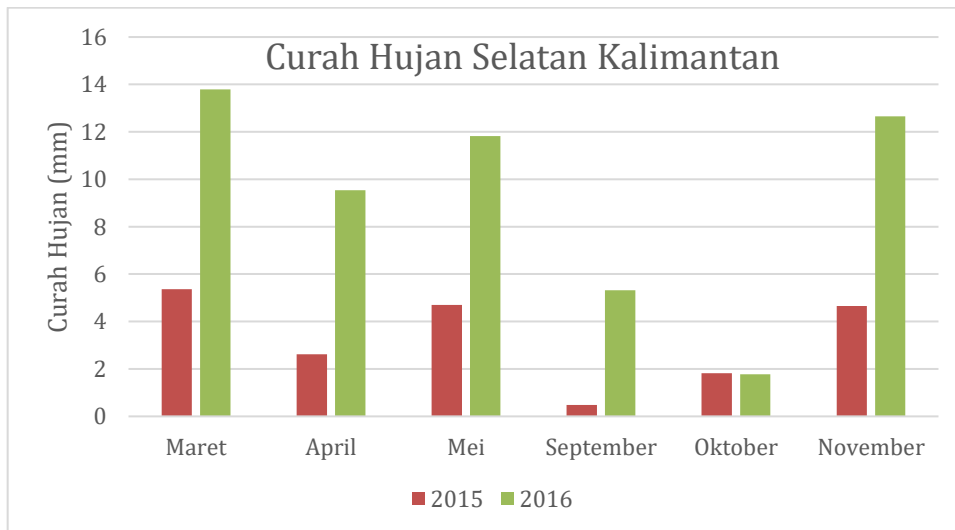
Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah deskriptif dengan interpretasi secara sistematis dan komprehensif. Metode pemilihan lokasi dilakukan dengan pertimbangan meninjau karakteristik wilayah yang disebut dengan purposive sampling. Metode analisis yang dilakukan meliputi analisis secara spasial dan temporal kemunculan HAB di Laut Jawa kemudian dikaitkan dengan arus dan curah hujan. Metode analisis spasial yaitu menganalisis suatu data berupa data spasial citra satelit yang sebelumnya telah diunduh dari situs resmi sumber dan data Klorofil-a di laut Jawa untuk mendapatkan informasi secara horizontal / kewilayahan. Informasi yang dituju dalam penelitian ini adalah mengenai lokasi daerah HAB dan pengaruhnya terhadap arus dan musim di Laut Jawa. Data spasial yang dianalisis adalah profil data spasial yang telah diolah menggunakan perangkat lunak berupa citra satelit suhu permukaan laut dan arus geostropik yang kemudian di-*overlay*. Metode analisis temporal adalah metode dengan menganalisis data temporal (waktu) hasil pengolahan data. Data yang diolah meliputi data citra satelit berupa data klorofil-a dan luas HAB. Analisis temporal ini berkaitan dengan analisis kondisi HAB pada setiap musim (musim barat, peralihan I, timur dan peralihan II).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Curah Hujan**

Curah hujan merupakan salah satu parameter penunjang untuk mengetahui keberadaan HAB, parameter curah hujan dapat mengidentifikasi tingkat konsentrasi material organik yang masuk ke perairan. Laut Jawa yang merupakan laut yang sangat di pengaruhi oleh 2 musim yaitu musim barat dan musim timur. Di Laut Jawa, angin monsun barat berhembus dari barat laut ke tenggara dan saat monsun timur bergerak dengan arah sebaliknya (Nagara dkk., 2007 dalam Haryanto dkk.,2020). Terdapat 3 lokasi pengamatan yang diambil yaitu perairan selatan Kalimantan, utara Jawa dan timur Sumatera. Lokasi ini di ambil untuk keterwakilan Laut Jawa untuk inputan aliran sungai yang masuk ke perairan Laut Jawa. Perubahan nilai curah hujan terlihat pada setiap tergantian musim yaitu setiap bulanan selama musim peralihan I. Musim peralihan I menggunakan data curah hujan bulan Maret April Mei, sedangkan musim peralihan II menggunakan data curah hujan bulan September, Oktober, November. Curah hujan

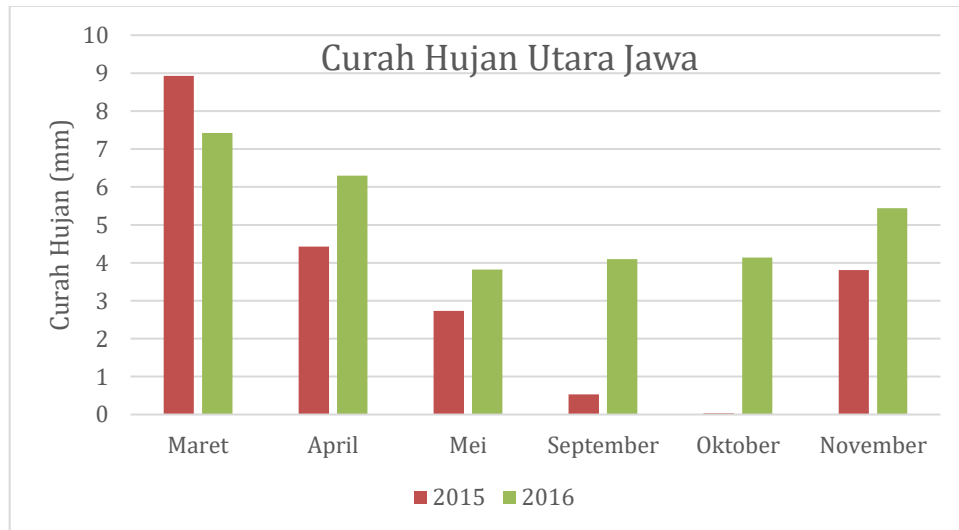
berubah sesuai dengan perubahan musim untuk melihat tinggi rendahnya curah hujan di Laut Jawa pada tahun 2015 - 2016 dapat saat musim peralihan I dan peralihan II tersaji pada Gambar 2 hingga Gambar 4.



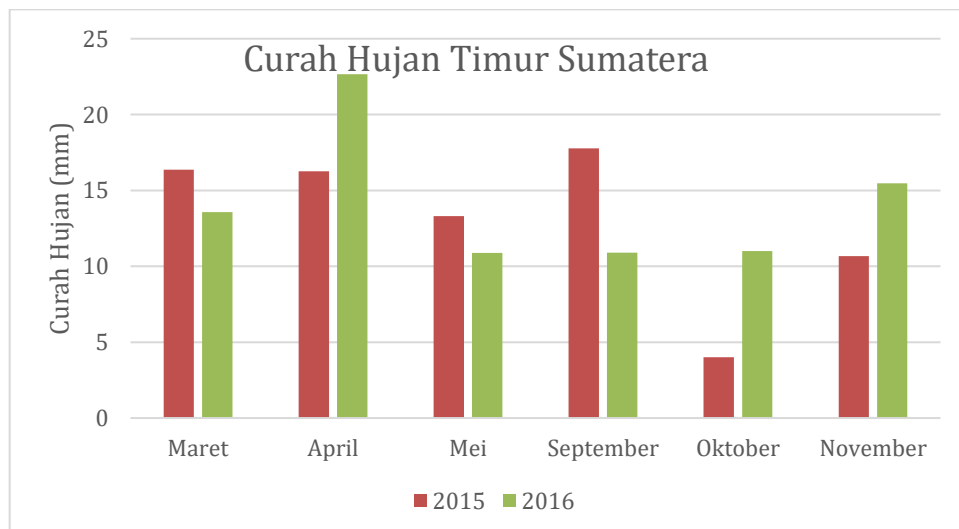
Gambar 2. Curah Hujan Bulanan Musim Peralihan I dan II pada Tahun 2015 dan 2016 di Selatan Kalimantan

Gambar 2. Merupakan curah hujan di selatan Kalimantan, data menunjukkan selama tahun 2015 curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Maret (musim peralihan I) dan terendah terjadi pada bulan September (musim peralihan II) dengan masing-masing nilai curah hujan 5,36 mm dan 0,48 mm. Sedangkan saat tahun 2016, curah hujan di selatan Kalimantan tertinggi terjadi pada bulan Maret (musim peralihan I) dan terendah terjadi pada bulan Oktober dengan masing-masing nilai curah hujan 13,79 mm dan 1,77 mm. Pada bulan Maret curah hujan di selatan Kalimantan memiliki nilai tertinggi hal ini dapat diakibatkan karena pada bulan tersebut, pengaruh dari musim barat masih lebih dominan dibandingkan dengan musim timur.

Gambar 3. Menunjukkan curah hujan di utara Jawa pada musim peralihan II tahun 2015 dan 2016. Hasilnya menunjukkan curah hujan tertinggi pada tahun 2015 dan 2016 terjadi pada bulan Maret (musim peralihan I) dengan nilai 8,93 mm dan 7,42 mm. Sedangkan nilai curah hujan terendah pada tahun 2015 dan 2016 secara berturut-turut terjadi pada bulan Oktober dengan nilai 0,03 mm dan bulan September dengan nilai 4,1 mm. Curah hujan akan sangat berhubungan terhadap inputan yang masuk ke perairan laut lewat aliran sungai, karena curah hujan dapat mempengaruhi fluktuasi debit sungai (Fadila Pradesi dkk.,2023).



Gambar 3. Curah Hujan Bulanan Musim Peralihan I dan II pada Tahun 2015 dan 2016 di Utara Jawa

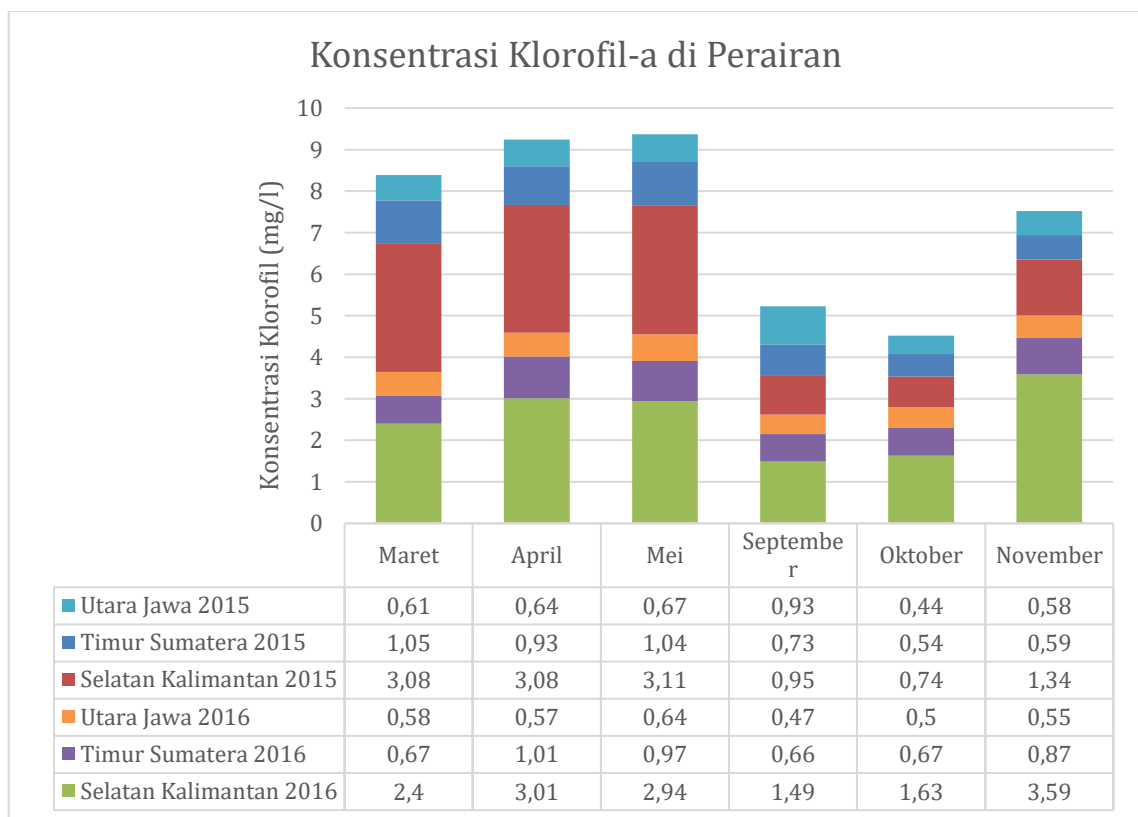


Gambar 4. Curah Hujan Bulanan Musim Peralihan I dan II pada Tahun 2015 dan 2016 di Timur Sumatera

Gambar 4. menunjukkan curah hujan di timur Sumatera pada tahun 2015 memiliki nilai paling tinggi terjadi pada bulan Maret dengan nilai curah hujan 16,37 mm dan terendah terjadi pada bulan Oktober. Sedangkan pada tahun 2016 nilai curah hujan nilai paling tinggi terjadi pada bulan April dengan nilai 22,66 mm dan terendah terjadi pada bulan September dengan nilai 10,9 mm. Intensitas curah hujan sangat dipengaruhi oleh faktor suhu permukaan laut dan fenomena klimatologi seperti ENSO (Nabillah dkk.,2017)

### Klorofil-a

Kelimpahan fitoplankton akan berkaitan erat dengan konsentrasi klorofil-a di perairan karena fitoplankton mengandung pigmen klorofil-a (Nybakken 1992 *dalam Anggriawan Maydwika dkk.,2020*). Klorofil-a merupakan parameter kesuburan fitoplakton suatu perairan. Menurut (Kurniawati dkk.,2015) terdapat variasi konsentrasi klorofil-a di perairan Laut Jawa terjadi pada setiap musim (musim barat, musim peralihan I , musim timur dan musim peralihan II). Gambar 5 hingga 7 menyajikan grafik telah di wilayah pengambilan data konsentrasi klorofil-a di bagi menjadi 3 wilayah Selatan Kalimantan, Utara Jawa, Timur Sumatera.



Gambar 5. Konsentrasi Klorofil-a Bulanan Musim Peralihan I dan II pada Tahun 2015 dan 2016

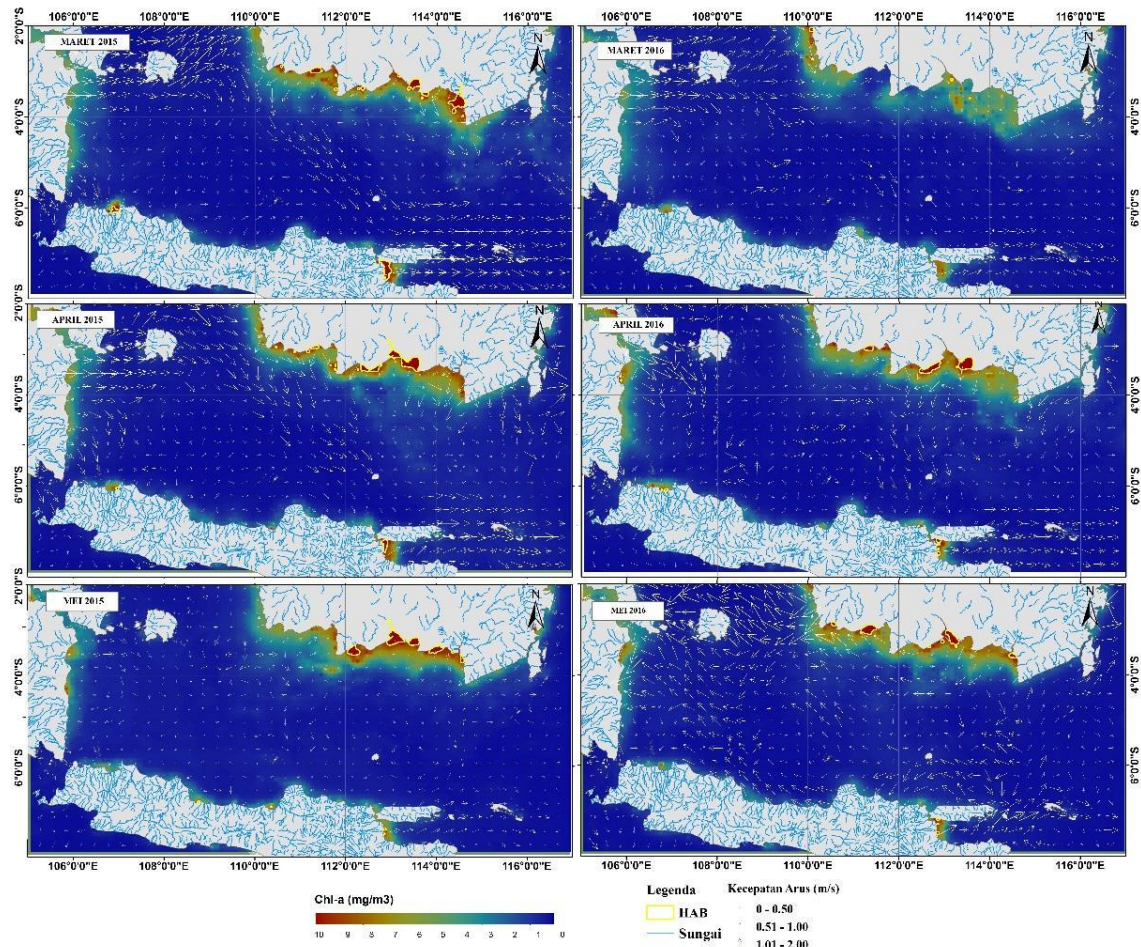
Nilai konsentrasi klorofil-a tahun 2015 dan 2016 saat musim peralihan I dan II divisualisasikan pada Gambar 5. Secara temporal, pada tahun 2015 konsentrasi klorofil-a tertinggi terjadi pada bulan Mei (musim peralihan I) di Selatan Kalimantan dengan nilai 3,11 mg/l, sedangkan konsentrasi klorofil-a terendah terjadi pada bulan Oktober (musim peralihan II) di Utara Jawa dengan nilai 0,44 mg/l. Tahun 2016, konsentrasi klorofil a tertinggi terjadi pada bulan November (musim peralihan II) di Selatan Kalimantan dengan nilai 3,59 mg/l dan terendah pada bulan 0,47 mg/l di Laut Jawa pada

bulan September (Musim Peralihan II). Konsentrasi klorofil-a sangat dipengaruhi oleh keberadaan bahan organik seperti fosfat dan nitrat. Penelitian yang dilakukan oleh (Maslukah dkk.,2017) menyatakan konsentrasi klorofil-a sebanding dengan pola sebaran nutrisi total nitrogen dan total fosfat. Hal ini diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh Timur dkk.,(2024) menyatakan hubungan antara klorofil-a dengan pasokan nutrisi yang masuk ke perairan seperti nitrat dan fosfat, selain itu juga dipengaruhi oleh faktor oseanografi.

### ***Harmful Alga Bloom (HAB)***

Sebaran HAB di pesisir lebih bervariasi dibandingkan di daerah lepas pantai. HAB dapat didominasi oleh fitoplankton dengan dari kelas *Dinoflagellata* yaitu *Alexandrium spp.*, *Gymnodinium spp.* dan *Dinophysis spp.*, selain itu dapat dari kelas *Diatom* adalah *Pseudonitzschia spp.* (Gurning dkk.,2020). Beberapa fitoplankton tersebut mengandung klorofil-a sehingga keberadaannya dapat diketahui. Menurut Muhammad et al. (2021) menyatakan jika ditinjau secara spasial atau horizontal sebaran konsentrasi klorofil-a memiliki nilai yang lebih tinggi di sekitar pantai dan nilainya semakin kecil ketika menjauhi pantai. Secara temporal keberadaan HAB digambarkan pada musim peralihan I dan peralihan II karena pada kedua musim tersebut merupakan waktu transisi pergantian musim barat dan musim timur.

Musim peralihan I terjadi waktu transisi musim barat ke musim timur yaitu pada bulan Maret April Mei. Pada musim ini masih terjadi curah hujan dengan intensitas tetap tinggi (Gambar 2 hingga 4). Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa data di tahun 2015 hingga 2016 saat musim peralihan I menunjukkan terjadinya HAB pada perairan Laut Jawa. Ditinjau dari Gambar 6, secara spasial keberadaan HAB memiliki intensitas yang tertinggi di Laut Jawa bagian utara tepatnya perairan Selatan Kalimantan. Selain itu, keberadaan HAB berada di perairan bagian timur Pulau Sumatera dan di perairan bagian utara Pulau Jawa. Di perairan Pulau Jawa keberadaan HAB tertinggi berada di selat Madura, hal ini didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Safitri (2015) yang melakukan estimasi klorofil-a saat musim timur mencapai 1,56 mg/L. Konsentrasi HAB dapat dipengaruhi juga dengan pergerakan arus karena dapat menyebarkan dan resuspensi nutrisi (Yogaswara, 2020). Pada selatan Kalimantan sebaran HAB terlihat menyebar ke arah selatan, sedangkan pada perairan Utara Jawa arah arus mengarah masuk menuju teluk Jakarta dan pada perairan Timur Jawa arah arus mengarah ke tenggara sehingga arus menumpuk pada perairan Timur Jawa.

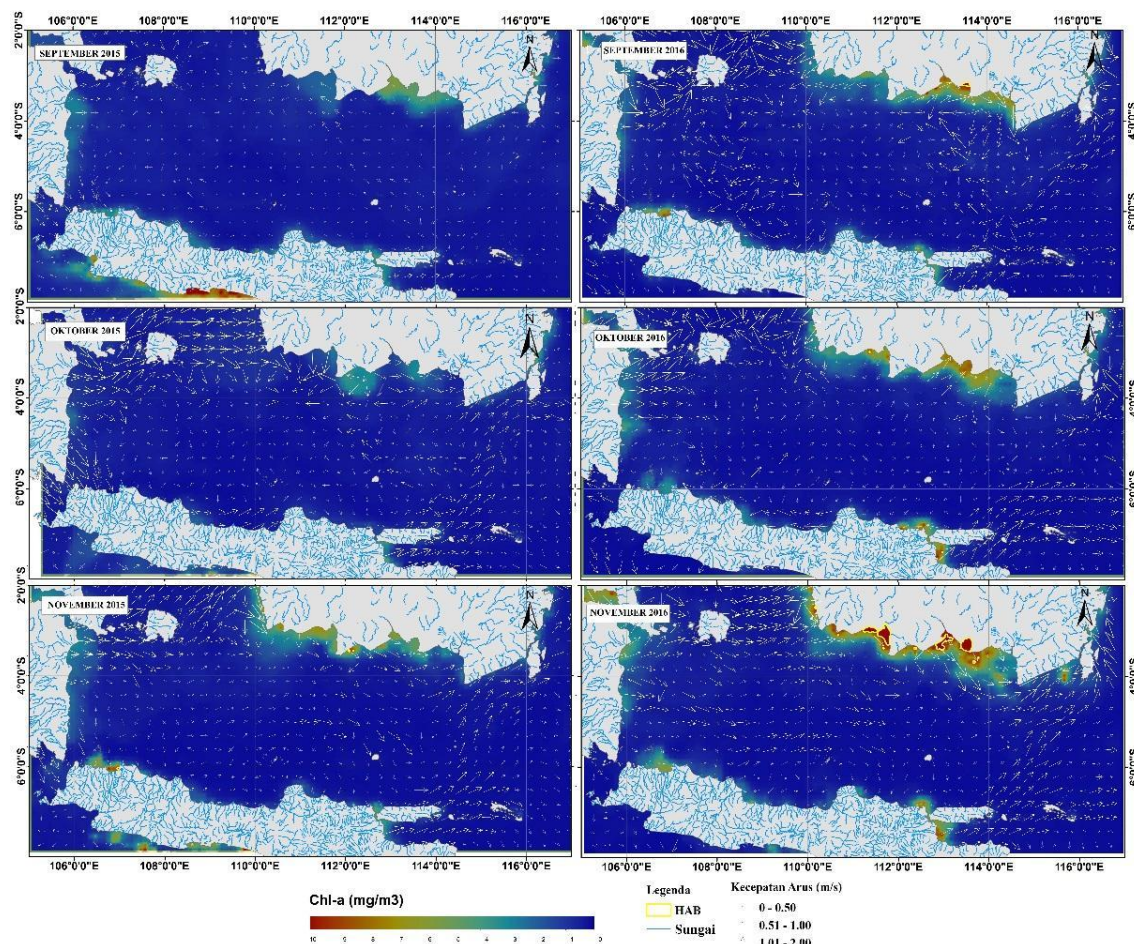


Gambar 6. Peta Spasial HAB Laut Jawa Musim Peralihan I 2015-2016

Secara temporal dengan membandingkan tahun 2015 dan 2016, menunjukkan keberadaan HAB selalu terjadi di wilayah perairan selatan Kalimantan, perairan bagian timur Sumatera, dan perairan bagian utara Jawa. Kondisi tersebut dapat diakibatkan karena banyaknya muara sungai di wilayah tersebut yang membawa bahan organik, sehingga meningkatkan konsentrasi klorofil-a yang dapat menimbulkan HAB. Ditinjau dari Gambar 6. pada tahun 2015 dan 2016, keberadaan HAB mengalami peningkatan menjadi  $10 \text{ mg/cm}^3$  dari bulan Maret hingga Mei di perairan Selatan Kalimantan. Sedangkan di perairan timur Sumatera dan perairan utara Jawa mengalami penurunan konsentrasi mencapai  $1 \text{ mg/m}^3$ .

Berbeda dengan musim peralihan I sebelumnya, pada musim peralihan II yaitu bulan September dan Oktober di bulan November kemunculan HAB ada pada setiap tahunnya dengan kondisi fluktuatif ini disebabkan pada bulan September dan Oktober masih dipengaruhi musim timur dimana curah hujan pada musim ini rendah sehingga nutrisi ataupun zat hara yang berasal dari daratan tidak tersuplai secara maksimal

keperairan pesisir pantai, sehingga fitoplankton tidak cukup tinggi dan berpengaruh pada kemunculan HAB. Konsentrasi HAB di Laut Jawa pada musim peralihan II tahun 2015 memiliki kisaran nilai konsentrasi 1 – 6 mg/m<sup>3</sup>, sedangkan pada musim peralihan II tahun 2016 memiliki kisaran nilai 1 – 10 mg/m<sup>3</sup>. Nilai konsentrasi tertinggi terjadi di wilayah perairan Selatan Kalimantan.



Gambar 7. Peta Spasial HAB Laut Jawa Musim Peralihan II 2015 – 2016

Kemunculan HAB pada bulan musim peralihan II tahun 2016 terdapat pada pesisir selatan laut Kalimantan dikarenakan banyaknya *run-off* di perairan Kalimantan. Pada bulan November luas HAB kembali mengalami peningkatan ini karena pengaruh dari pada musim barat yang menyebabkan sudah mulai adanya curah hujan yang masuk untuk mengakumulasi material organik non organik dari sungai ke pesisir laut. Pergerakan arus pada musim ini juga tidak beraturan sama seperti pada musim peralihan I penyebaran HAB tidak meluas dikarenakan arus yang datang juga tidak menunjukkan arah yang beraturan.

## KESIMPULAN

Keberadaan HAB di Laut Jawa memiliki pola distribusi yang bervariasi, intensitas keberadaan HAB di Laut Jawa berada pada wilayah perairan selatan Pulau Kalimantan. Keberadaan HAB sangat dipengaruhi oleh curah hujan dan klorofil-a. Secara spasial, keberadaan HAB di perairan intens terjadi di wilayah utara Laut Jawa yang berbatasan dengan Pulau Kalimantan dengan nilai mencapai 10 mg/m<sup>3</sup>. Sedangkan secara temporal, konsentrasi HAB berfluktuatif dan keberadaannya muncul sepanjang musim peralihan II.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kantor Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika atas bantuan penyediaan data yang penulis gunakan pada penelitian ini.

## REFERENSI

- Anggriawan Maydwika, D., Setyo Pranowo, W., Harsono, G., Budi Sukoco, N., & Putra, I. (2020). *Perencanaan Jadwal Patroli Keamanan Laut Berdasarkan Pola Sebaran Klorofil-a dan Hasil Tangkapan Skipjack Tuna di Perairan Laut Maluku* (Maydwika, et., al).
- Fadila Pradesi, R., Sumarsono, A., Emiliawati, A., Rawas, M., Pembangunan, J., Perkantoran, K., & Rawas, P. M. (2023). *Analisis Pengaruh Variabilitas Curah Hujan Terhadap Perubahan Debit Sungai, Karakteristik Hidrologis, Dan Resiko Banjir (Studi Kasus: Sungai Musi Desa Muara Kelingi)*. <https://ejurnal.unmura.ac.id/index.php/jsp>.
- Gurning, L. F. P., Nuraini, R. A. T., & Suryono, S. (2020). Kelimpahan Fitoplankton Penyebab Harmful Algal Bloom di Perairan Desa Bedono, Demak. *Journal of Marine Research*, 9(3), 251–260. <https://doi.org/10.14710/jmr.v9i3.27483>.
- Haryanto, Y. D., Agdialta, R., & Hartoko, A. (2020). ANALISIS MONSUN DI LAUT JAWA INFORMASI ARTIKEL. *Berkala Perikanan Terubuk*, 48.
- Hidayati, I. (2020). Pemahaman Masyarakat Pesisir Lampung akan Bahaya Harmful Algae Bloom pada Sumber Pangan Laut. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Geografi*, 5(2), 121–131. <http://ejournal.unikama.ac.id/index.php/JPIG/>
- Kurniawati, F., Sanjoto, T. B., & Geografi, J. J. (2015). Pendugaan Zona Potensi Penangkapan Ikan Pelagis Kecil Di Perairan Laut Jawa Pada Musim Barat Dan Musim Timur Dengan Menggunakan Citra Aqua Modis. *Geo Image*, 4(2), 9. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/geoimage>.
- Maslukah, L., Wulandari, Y., Indra, D., & Prasetyawan, B. (2017). *Konsentrasi Klorofil-a dan Keterkaitannya dengan Nutrient N, P di Perairan Jepara: Studi*

*Perbandingan Perairan Muara Sungai Wiso dan Serang. 20(2), 72–77.*  
[www.ejournal2.undip.ac.id/index.php/jkt](http://www.ejournal2.undip.ac.id/index.php/jkt).

- Muhammad, A., Marwoto, J., Maslukah, L., & Sri Yulina Wulandari, dan. (2021). Sebaran Spasial dan Temporal Klorofil-a di Perairan Teluk Semarang. *Indonesia Journal of Oceanography*, 03, 39–47.  
<https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/ijoceDiterima/>
- Mujadida, Z., Setiyono, H., Handoyo, G., & Jarot Marwoto, dan. (2021). Analisis Dinamika Permukaan Laut di Laut Jawa dengan Recurrent Neural Network. *Indonesian Journal of Oceanography*. <http://marine.copernicus.eu/>
- Nabilah, F., Prasetyo, Y., & Sukmono, A. (2017). Analisis Pengaruh Fenomena El Nino Dan La Nina Terhadap Curah Hujan Tahun 1998 - 2016 Menggunakan Indikator Oni (Oceanic Nino Index) (Studi Kasus : Provinsi Jawa Barat). *Jurnal Geodesi Undip Oktober*, 6(4).
- Piranti, A. S., Wibowo, D. N., & Rahayu, D. R. U. S. (2021). Nutrient Determinant Factor of Causing Algal Bloom in Tropical Lake (Case Study in Telaga Menjer Wonosobo Indonesia). *Journal of Ecological Engineering*, 22(5), 156–165.  
<https://doi.org/10.12911/22998993/135863>.
- Safitri, N. M. (2015). Estimasi Distribusi Klorofil-A di Perairan Selat Madura Menggunakan Data Citra Satelit Modis dan Pengukuran In Situ Pada Musim Timur. *RESEARCH JOURNAL OF LIFE SCIENCE*, 1(2), 117–126.  
<http://rjls.ub.ac.id>.
- Timur, G. S., Zainuri, M., & Wulandari, Y. (2024). Sebaran Klorofil-A dan Keterkaitannya dengan Kualitas Perairan Muara Sungai Kalikuto, Kendal. *Indonesian Journal of Oceanography*. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/ijoce>.
- Yogaswara, D. (2020). Distribusi dan siklus nutrient di perairan estuari serta pengendaliannya. *Jurnal Oseana*, 45(1), 28–39.