

ANALISIS PERUBAHAN MORFOLOGI DENGAN MENGGUNAKAN CITRA SATELIT SENTINEL-1 PADA DELTA MAHAKAM, KALIMANTAN TIMUR

Azizul Hakim^{1)*}, Safaruddin¹⁾, Aji M. Rifqi A.¹⁾, Panggea Ghiyats Sabrian¹⁾

¹⁾Fakultas Teknik/Teknik Geologi/Universitas Mulawarman

E-mail: azizulhakm03@gmail.com

ABSTRAK

Seiring berjalannya waktu, proses geologi dapat mengubah morfologi suatu kawasan, termasuk morfologi Delta Mahakam. Oleh karena itu, penelitian ini membahas tentang perubahan morfologi Delta Mahakam berupa perubahan luas daratan dan badan air di sekitar Delta Mahakam. Proses pengolahan data ini menggunakan citra satelit Sentinel-1 secara bertahap yang meliputi *preprocessing*, pengolahan, dan analisis. Hasil analisis menunjukkan terdapat perubahan kelas daratan dan perairan yang signifikan pada musim hujan dan musim kemarau dengan perbandingan tahun 2016 dan 2024. Perubahan signifikan tersebut terjadi akibat perubahan iklim, erosi, transportasi sedimen, penyebaran sedimen, dan kenaikan dan penurunan tingkat permukaan air laut yang terjadi di sekitar Delta Mahakam. Perubahan tersebut terlihat jelas pada pengolahan dan analisis data yang dilakukan.

Kata Kunci: Delta Mahakam, Morfologi, Hujan, Kemarau

ABSTRACT

As time goes by, geological processes can alter the morphology of an area, including the morphology of the Mahakam Delta. Therefore, this study discusses the morphological changes of the Mahakam Delta in terms of changes in land area and water bodies around the Mahakam Delta. The data processing process uses Sentinel-1 satellite imagery in stages, including preprocessing, processing, and analysis. The analysis results show significant changes in land and water classes during the rainy and dry seasons when comparing the years 2016 and 2024. These significant changes occurred due to climate change, erosion, sediment transport, sediment dispersion, and the rise and fall of sea surface levels around the Mahakam Delta. These changes are clearly visible in the data processing and analysis conducted.

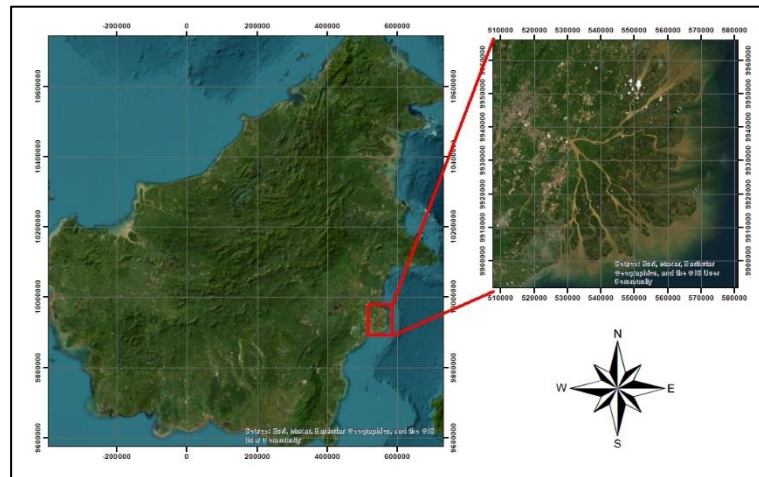
Keyword: Delta Mahakam, Morphology, Rain, Drought

1. Pendahuluan

Penginderaan jauh merupakan pengkajian atas informasi dengan menggunakan radiasi elektromagnetik dalam bagian tertentu dari spektrum elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi untuk mengumpulkan informasi tentang daratan dan permukaan air bumi dengan menggunakan gambar yang diperoleh dari sudut pandang atas (*overhead perspective*). Oleh karena itu, penginderaan jauh adalah salah satu cara untuk mengumpulkan data tentang permukaan bumi (Ilandayani dan Setiyadi, 2003). Sebagai teknik pengumpulan data permukaan bumi, penginderaan jauh secara umum dapat menampilkan bentang lahan yang disajikan melalui berbagai karakteristik citra. Untuk bidang geomorfologi, data penginderaan jauh berupa foto udara banyak digunakan, dan telah terbukti sangat membantu dalam mengidentifikasi karakteristik bentuk lahan.

Penelitian ini berlokasi pada Delta Mahakam yang berada di Cekungan Kutai, Kalimantan Timur. Delta Mahakam merupakan interaksi antara air tawar (*freshwater*) dari darat dan salinitas dari Selat Makassar yang dibawa oleh tenaga pasang surut saat pasang. Bahan dasar Delta tersebut berupa bahan padat atau cair yang dibawa oleh air hujan melalui sungai dan seterusnya ke muara atau ke perairan pantai yang berasal dari lokasi yang lebih tinggi. Pembentukan Delta Mahakam dipengaruhi oleh interaksi antara aliran air tawar dari Sungai Mahakam dan arus pasang surut yang masuk dari Selat Makassar. Estuari Mahakam merupakan daerah transisi tempat terjadinya pencampuran massa air tawar dari sungai yang bersifat tawar dan air laut yang bersalinitas tinggi. Kombinasi air tawar dan air laut tersebut akan menghasilkan komunitas khas dengan kondisi lingkungan

yang bervariasi. Pembentukan Delta Mahakam terjadi karena pemisahan daratan Kalimantan dari Sulawesi bagian barat sejak 40 juta tahun lalu atau 15 juta tahun lalu (*Eosen*), pembentukan delta Mahakam, yang terletak selebar 40 hingga 50 km di sisi barat selat Makassar, terkait dengan pembukaan selat Makassar. Delta Mahakam, yang terletak di 0°21' - 1°10' LS dan 117°15' - 117°40' BT mulai menunjukkan bentuknya saat ini kira-kira 5000 – 6000 yang lalu (Allen dan Chambers, 1998).



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Sumber Data: Basemap Citra Satelit ArcGIS)

Pengaruh interaksi antara aliran sungai, gelombang laut dan sedikit pengaruh pasang surut dengan energi rendah sampai sedang membentuk *lobate* dari Delta Mahakam yang banyak dialiri kanal-kanal sungai dan kanal pasang surut. Morfologi delta Mahakam dicirikan oleh tidak terdapatnya *alluvial floods*, endapan *alluvial levees*, *fluvial overbank*, dan *splay* deposit di delta plain yang merupakan ciri yang membedakan Delta Mahakam dengan tipe *fluvial-dominated delta* lainnya (Allen dan Mercier, 1994).

Seiring berjalannya waktu, morfologi suatu wilayah akan berubah akibat proses alam seperti geologi maupun aktivitas manusia, tidak terkecuali dengan morfologi Delta Mahakam. Sehingga dalam penelitian akan membahas perubahan morfologi delta Mahakam berupa perubahan dari wilayah daratan maupun wilayah perairan sekitar delta Mahakam.

2. Metode Penelitian

Alat Dan Data

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan laptop dengan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah SNAP 11.0 untuk melakukan *preprocessing* Citra Sentinel-1, ArcMap 10.8 untuk melakukan pemrosesan Citra Sentinel-1. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data citra satelit Sentinel 1 wilayah Delta Mahakam dengan tanggal akuisisi 5 Mei 2016, 20 Oktober 2016, 17 November 2024, dan 19 November 2024.

Tahap *Preprocessing*

Preprocessing Citra Sentinel-1 GRDH merupakan tahapan untuk melakukan koreksi sehingga citra Sentinel-1 GRDH dapat diproses lebih lanjut. Terdapat beberapa tahapan dalam *preprocessing* Citra Sentinel-1 GRDH, diantaranya adalah *apply orbit file*, *subset*, *radiometric calibrate*, *speckle filtering*, *terrain correction*, *conversion to dB*, dan ekstraksi data Citra Sentinel-1.

Tahap Pemrosesan

Tahap pemrosesan merupakan tahapan untuk memproses hasil dari *preprocessing* Citra Sentinel-1 yang meliputi tahapan *project raster*, *raster calculator*, *raster polygon*, pilih *polygon* Sungai. *Raster calculator* digunakan untuk memisahkan wilayah yang merupakan perairan dengan wilayah yang merupakan daratan. Adapun rumus yang digunakan:

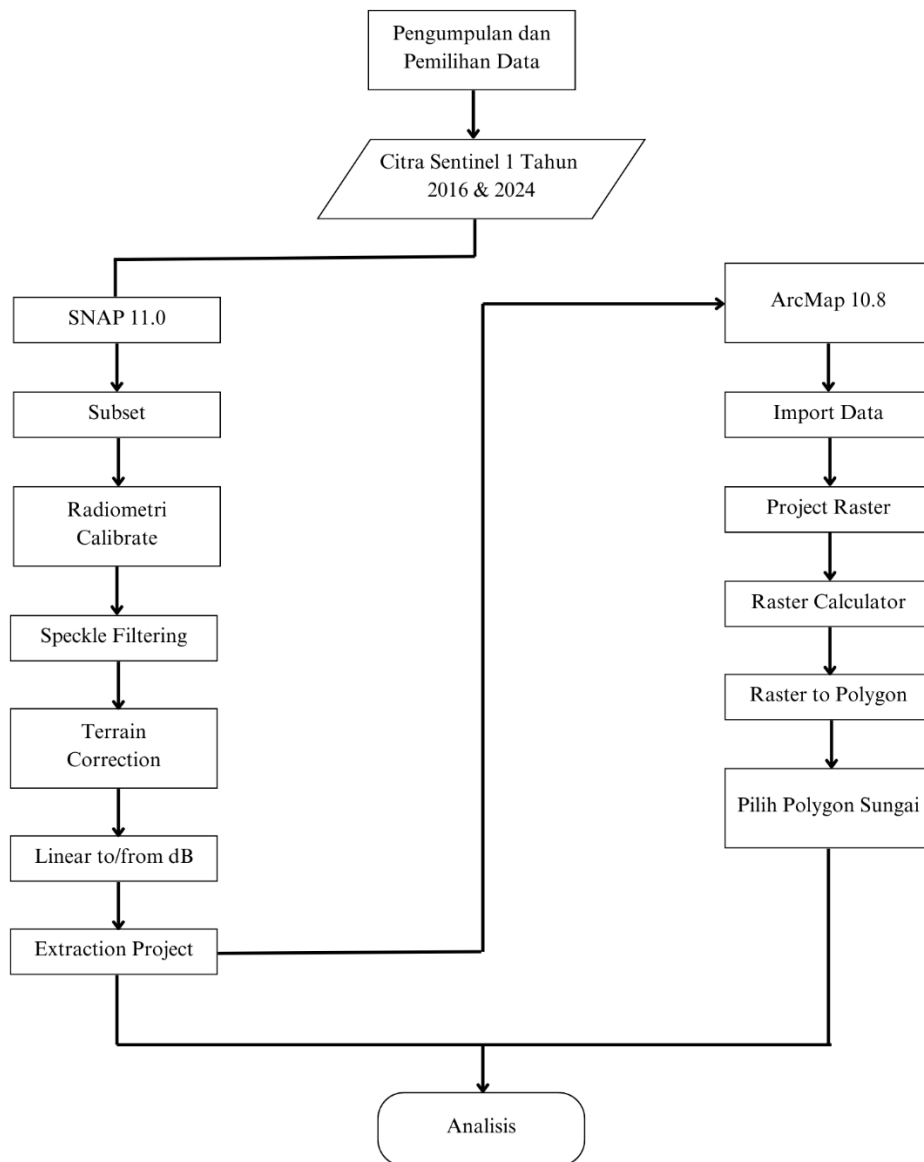
$$\text{con}(\text{"raster_vv"} < -15, 1, 0)$$

Tahap Analisis

Tahap analisis merupakan tahapan untuk menganalisis hasil klasifikasi Citra Sentinel-1 serta analisis perubahan morfologi pada wilayah Delta Mahakam. Analisis yang dilakukan yaitu menentukan perubahan

morfologi yang di klasifikasikan menjadi perairan dan daratan beserta dengan luasan wilayah perairan dan daratan pada kurun waktu tahun 2016 dan tahun 2020.

Diagram Alir

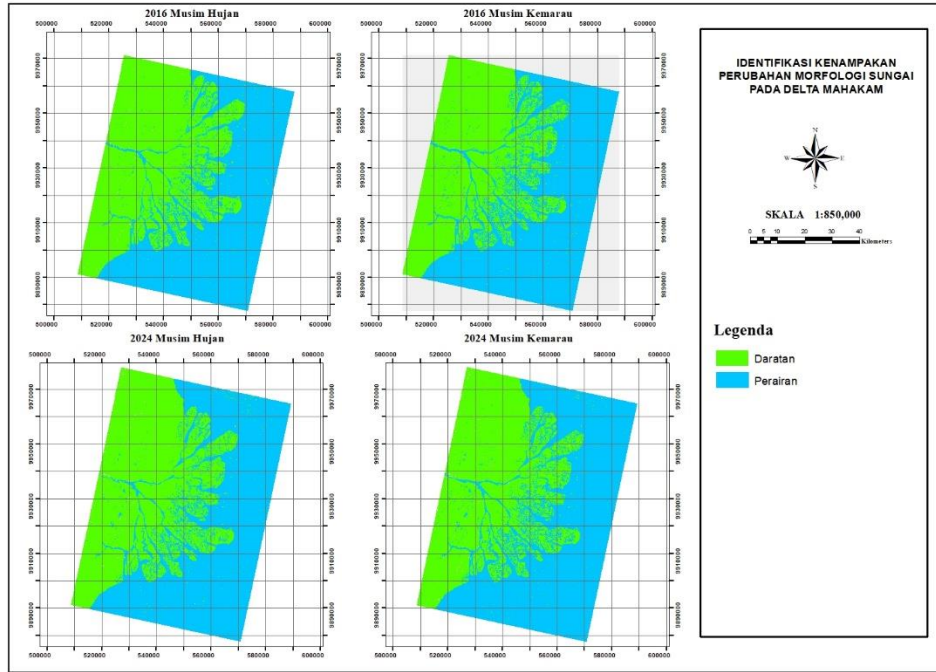


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil

Analisis perubahan morfologi dari Delta Mahakam menggunakan citra satelit Sentinel-1 yang didownload dan dilakukan pengolahan merupakan data citra satelit rekaman 5 Mei 2016, 20 Oktober 2016, 17 November 2014, dan 19 November 2014. Hasil Penelitian dengan objek pengamatan di Delta Mahakam yaitu berupa peta Perubahan Morfologi tahun 2016 musim hujan, tahun 2016 musim kemarau, tahun 2024 musim hujan, tahun 2024 musim kemarau. Secara lengkap hasil penelitian tersebut disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Perubahan Morfologi Delta Mahakam

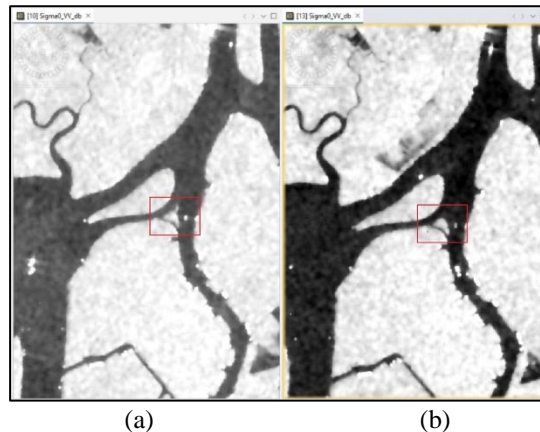
Hasil pengolahan data dari perubahan morfologi Delta Mahakam dapat diketahui luasan daerah perairan dan luasan daerah daratan. Hasil pengolahan tersebut dapat dilihat pada tabel 1:

Tabel 1. Data Perubahan Luasan Daratan & Perairan

| No. | Tahun | Musim | Luas Daratan (ha) | Luas Perairan (ha) |
|-----|-------|---------|-------------------|--------------------|
| 1 | 2016 | Hujan | 257.060,29 | 262.648,82 |
| 2 | 2016 | Kemarau | 266.174,33 | 253.534,78 |
| 3 | 2024 | Hujan | 268.518,60 | 296.219,70 |
| 4 | 2024 | Kemarau | 282.579,28 | 282.159,02 |

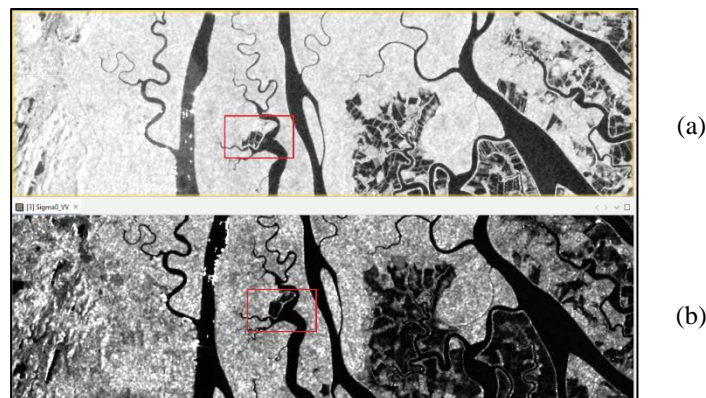
B. Pembahasan

Berdasarkan data yang telah diperoleh dari pengolahan data perubahan morfologi pada daerah Delta Mahakam yang dibagi ke dalam kelas daratan dan perairan, pada kelas daratan tahun 2016 terlihat perubahan dari morfologinya, yaitu pada tahun 2016 musim hujan memiliki luasan daratan sebesar 257.060,29 ha sedangkan pada tahun 2016 musim kemarau memiliki luasan daratan sebesar 266.174,33 ha. Berdasarkan dari data luasan dataran tersebut terdapat perbedaan sebesar 9.114,04 ha. Pada kelas perairan 2016 terlihat perbedaan luasannya yang dapat mencirikan terjadinya perubahan morfologi. Tahun 2016 musim hujan memiliki luasan perairan sebesar 262.648,82 ha, sedangkan tahun 2016 musim kemarau memiliki luasan perairan sebesar 253.534,78 ha sehingga terjadi perubahan sebesar 9.114,04 ha.



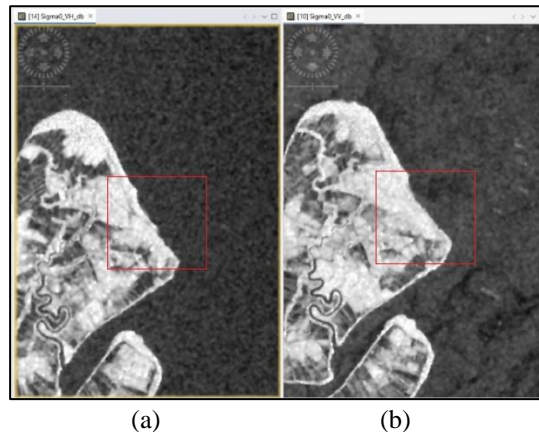
Gambar 4. Perubahan Morfologi (a) Tahun 2016 Hujan (b) Tahun 2016 Kemarau

Perbandingan selanjutnya pada perubahan morfologi Delta Mahakam pada kelas daratan dan perairan dapat dilihat dari hasil pengolahan data tahun 2024 musim hujan dan tahun 2024 musim kemarau. Pada kelas daratan tahun 2024 musim hujan luasan daratan sebesar 268.518,60 ha sedangkan pada tahun 2024 musim kemarau memiliki luasan daratan sebesar 282.579,28 ha. Berdasarkan dari data luasan dataran tersebut terdapat perbedaan sebesar 14.060,68 ha. Pada kelas perairan tahun 2024 terlihat perbedaan luasannya yang dapat mencirikan terjadinya perubahan morfologi. Tahun 2024 musim hujan memiliki luasan perairan sebesar 296.219,70 ha, sedangkan tahun 2024 musim kemarau memiliki luasan perairan sebesar 282.159,02 ha sehingga terjadi perubahan sebesar 14.060,68 ha.



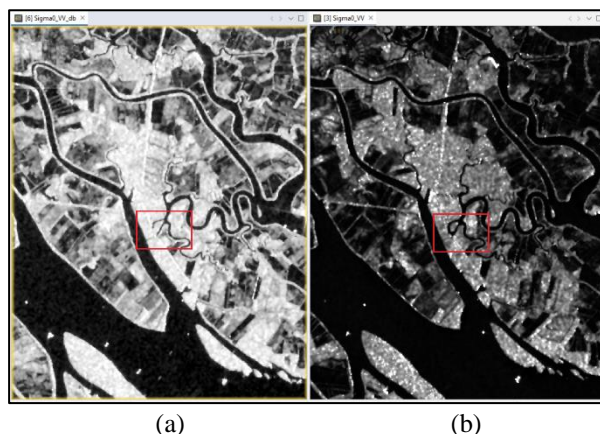
Gambar 5. Perubahan Morfologi (a) Tahun 2024 Hujan (b) Tahun 2024 Kemarau

Tahun 2016 musim hujan dan tahun 2024 musim hujan memiliki perbedaan luasan pada masing-masing kelasnya. Hal tersebut menunjukkan terjadi perubahan morfologi yang signifikan dikarenakan dalam kurun waktu delapan tahun proses geologi pada daerah Delta Mahakam terus berlangsung sehingga terjadinya banyak perubahan morfologi. Pada kelas daratan, tahun 2016 musim hujan memiliki luas daratan sebesar 257.060,29 ha, sedangkan pada tahun 2024 musim hujan memiliki luas daratan sebesar 268.518,60 ha. Kelas daratan pada musim kemarau tahun 2016 dan tahun 2024 memiliki perbedaan sebesar 11.458,31 ha. Pada kelas perairan, tahun 2016 musim hujan memiliki luas perairan sebesar 262.648,82 ha, sedangkan pada tahun 2024 musim hujan memiliki luas perairan sebesar 296.219,70 ha. Kelas perairan pada musim hujan tahun 2016 dan tahun 2024 memiliki perbedaan sebesar 33.570,88 ha. Gambar 6 (a) Tahun 2024 Hujan dan (b) Tahun 2016 Hujan pada kotak merah menunjukkan perbedaan kenampakan batas tepi daratan dan perairan, pada tahun 2024 musim hujan terlihat terdapat daratan yang menjorok ke laut yang menandakan adanya penambahan daratan pada garis pantai tersebut, sedangkan pada tahun 2016 musim hujan, daratan yang menjorok ke arah laut tersebut belum ada, yang menandakan terdapat pengendapan sedimen yang membuat daratan baru pada garis pantai tersebut.



Gambar 6. Perubahan Morfologi (a) Tahun 2024 Hujan (b) Tahun 2016 Hujan

Sama halnya dengan tahun 2016 musim hujan dan tahun 2024 musim hujan, perbandingan tahun 2016 musim kemarau dengan tahun 2024 musim kemarau memiliki perubahan yang signifikan dikarenakan jangka waktu delapan tahun terjadi banyak perubahan morfologi yang diakibatkan oleh proses geologi. Pada kelas daratan, tahun 2016 musim kemarau memiliki luas daratan sebesar 266.174,33 ha, sedangkan pada tahun 2024 musim kemarau memiliki luas daratan sebesar 282.579,28 ha. Kelas daratan pada musim kemarau tahun 2016 dan tahun 2024 memiliki perbedaan sebesar 16.404,95 ha. Pada kelas perairan, tahun 2016 musim kemarau memiliki luas perairan sebesar 253.534,78 ha, sedangkan pada tahun 2024 musim kemarau memiliki luas perairan sebesar 282.159,02 ha. Kelas perairan pada musim kemarau tahun 2016 dan tahun 2024 memiliki perbedaan sebesar 28.624,24 ha. Perbedaan pada gambar 7 di bawah ialah pada gambar (b) pada bagian lekukan sungai kecil tersebut masih terlihat jelas namun pada gambar (a) lekukan sungai tersebut tidak terlihat begitu jelas atau pada gambar sungai tersebut terlihat terputus.



Gambar 7. Perubahan Morfologi (a) Tahun 2024 Kemarau (b) Tahun 2016 Kemarau

Perubahan morfologi Delta Mahakam selama musim hujan berkaitan erat dengan kenaikan luas perairan dan penurunan luas daratan yang terjadi selama periode ini. Selama musim hujan, curah hujan yang tinggi menyebabkan volume aliran Sungai Mahakam meningkat drastis, yang memperbesar kapasitas aliran air untuk mengangkut sedimen dari hulu ke muara. Peningkatan aliran air ini menyebabkan meluapnya sungai dan memperluas area perairan di sekitar delta, yang mengakibatkan kenaikan luas perairan di delta Mahakam. Di sisi lain, aliran sungai yang lebih deras juga mempercepat proses erosi pada bagian-bagian delta yang lebih tinggi, mengurangi jumlah daratan yang ada. Selain itu, dengan tingginya volume air yang membawa sedimen, sebagian besar sedimen yang terangkut akan terendapkan di sepanjang delta, tetapi proses pengendapan ini sering terjadi di area yang lebih rendah dan subur, yang sudah terendam air. Oleh karena itu, meskipun ada pengendapan sedimen yang memperkuat delta di beberapa tempat, peningkatan volume air di musim hujan dapat menyebabkan penurunan luas daratan, karena banyak area daratan yang lebih rendah terendam air lebih lama atau bahkan menjadi lebih terendam oleh pasang surut air laut. Dengan demikian, musim hujan

memperbesar luas perairan di Delta Mahakam, sementara proses erosi dan pengendapan yang terjadi di waktu bersamaan menyebabkan penurunan luas daratan yang terbentuk.



Gambar 8. Sedimentasi Pada Delta Mahakam

Sedangkan perubahan morfologi Delta Mahakam pada musim kemarau berkaitan erat dengan proses kenaikan luas daratan dan penurunan perairan yang terjadi selama periode ini. Pada musim kemarau, curah hujan yang rendah menyebabkan aliran Sungai Mahakam berkurang secara signifikan, mengakibatkan penurunan volume air yang mengalir menuju delta. Berkurangnya aliran sungai ini mengurangi kemampuan sungai untuk mengangkut sedimen, sehingga proses erosi menjadi lebih lambat dan pengendapan sedimen juga berkurang. Namun, meskipun aliran air berkurang, daerah delta yang lebih rendah dan jarang terpapar air sungai tetap mengalami pengendapan sedimen, meskipun dengan intensitas yang lebih rendah dibandingkan dengan musim hujan. Dengan berkurangnya pasokan air dan penurunan aliran sungai, sebagian besar perairan yang ada di delta Mahakam juga mengalami penurunan, sehingga membentuk lebih banyak lahan yang sebelumnya tertutup oleh air, memperluas daratan di delta. Proses ini meningkatkan luas daratan di sepanjang delta, meskipun perubahan ini lebih terbatas jika dibandingkan dengan musim hujan, ketika volume air yang lebih besar memungkinkan proses pengendapan dan perluasan delta yang lebih cepat. Sebagai hasilnya, musim kemarau menyebabkan penurunan perairan di delta Mahakam, yang memunculkan lebih banyak daratan baru, tetapi dengan laju yang lebih lambat dan lebih stabil dibandingkan musim hujan.

4. Kesimpulan

Penelitian yang telah dilakukan pada wilayah Delta Mahakam yang merujuk pada perubahan morfologi Delta Mahakam menunjukkan bahwa pada wilayah daratan pada musim kemarau mengalami penambahan luas wilayah daratan. Sedangkan pada musim hujan, luas perairan pada Delta Mahakam terjadi penambahan luas perairan. Selama musim hujan, curah hujan yang tinggi menyebabkan volume aliran Sungai Mahakam meningkat drastis, yang memperbesar kapasitas aliran air untuk mengangkut sedimen dari hulu ke muara. Peningkatan aliran air ini menyebabkan meluapnya sungai dan memperluas area perairan di sekitar delta, yang mengakibatkan kenaikan luas perairan di delta Mahakam. Di sisi lain, aliran sungai yang lebih deras juga mempercepat proses erosi pada bagian-bagian delta yang lebih tinggi, mengurangi jumlah daratan yang ada. Pada musim kemarau, curah hujan yang rendah menyebabkan aliran Sungai Mahakam berkurang secara signifikan, mengakibatkan penurunan volume air yang mengalir menuju delta. Namun, meskipun aliran air berkurang, daerah delta yang lebih rendah dan jarang terpapar air sungai tetap mengalami pengendapan sedimen, meskipun dengan intensitas yang lebih rendah dibandingkan dengan musim hujan. Proses ini meningkatkan luas daratan di sepanjang delta. Interaksi antara kedua musim ini menciptakan dinamika yang terus berubah dalam pembentukan dan perubahan geologi Delta Mahakam.

5. Daftar Pustaka

- Aldiansyah, Septianto, dkk. (2024). Rapid Flood Inundation Mapping Using Multi-Temporal Sentinel-1 SAR: An Example from Kendari City. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing (JGRS)* 5(1), 15–26.
- Allen, G.P., and Chambers, J.L.C., 1998. *Sedimentation in the modern and Miocene Mahakam delta*: Indonesian Petroleum Association Field Guide, Indonesia, 236p.
- Allen, G.P., Mercier, F., 1994. *Reservoir facies and geometry in mixed tide and fluvial-dominated delta mout bars: Example from the modern Mahakam Delta (East Kalimantan)*. *Proceeding of the Indonesian Petroleum Association*, p. 261-273.

Bioresita, F., & Hayati, N. (2016). *Coastline Changes Detection Using Sentinel-1 Satellite Imagery in Surabaya, East Java, Indonesia*. *Geoid*, 11(2), 190–198.

Ilandayani, D., dan A. Setiyadi. (2003). *Remote Sensing* (Penginderaan Jauh). Jurnal Edisi Mei 2003 8.

Permana, Haryadi, dkk. (2008). Dinamika Morfologi Daerah Sisi Luar (Outer) Delta Mahakam, Kalimantan Timur, Indonesia. *Jurnal Geologi Kelautan*, 6(1), 23–35.

Sofiyani, Isniani, dkk. (2012). Analisis Perubahan Geomorfologi Dasar Laut Akibat Penambangan Pasir Laut Di Perairan Timur Pulau Karimun Besar Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 3(4), 327–336

Yuliardi, Amir Yarkhasy, dkk (2024). Analisis Variasi Musiman Suhu, Salinitas, dan Arus Permukaan di Perairan Madura. *Indonesian Journal of Oceanography (IJOCE)*, 6(4), 292–305.