

**STUDI POTENSI SAMPAH PLASTIK MENGAPUNG DI PULAU
KODINGARENG LOMPO MENGGUNAKAN CITRA MULTISPEKTRAL
SATELIT SENTINEL-2A**

**ARYA ARYANNI ARSYAD
D131201073**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

**STUDI POTENSI SAMPAH PLASTIK MENGAPUNG DI PULAU
KODINGARENG LOMPO MENGGUNAKAN CITRA MULTISPEKTRAL
SATELIT SENTINEL-2A**

ARYA ARYANNI ARSYAD

D131201073

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Teknik Lingkungan

pada

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

SKRIPSI
STUDI POTENSI SAMPAH PLASTIK MENGAPUNG DI PULAU
KODINGARENG LOMPO MENGGUNAKAN CITRA MULTISPEKSTRAL
SATELIT SENTINEL 2

ARYA ARYANNI ARSYAD
D131201073

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada 19 November 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan
pada

Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:

Pembimbing tugas akhir



Dr.Eng. Ir. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.T.
NIP. 197211192000121001

Mengetahui:

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



Dr.Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T., IPM., AER.
NIP. 197204242000122001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul **“Studi Potensi Sampah Plastik Mengapung Di Pulau Kodingareng Lompo Menggunakan Citra Multispektral Satelit Sentinel-2A”** adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Dr. Eng. Ir. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.T.). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 19 November 2024



Arya Aryanni Arsyad
NIM D131201073

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis kepada Allah SWT yang telah memberikan berkat atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan dan menyusun tugas akhir dengan judul “Studi Potensi Sampah Plastik Mengapung Di Pulau Kodingareng Lompo Menggunakan Citra Multispektral Satelit Sentinel-2A”. Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis diberikan banyak dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak yang senantiasa membantu penulis secara moral maupun material.

Penelitian yang dilakukan oleh penulis ini dapat terlaksanakan dengan baik dan dapat diselesaikan dalam bentuk tugas akhir berupa skripsi ini atas bimbingan dan arahan dari Bapak Dr. Eng. Ir. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu, arahan, dan waktunya. Serta ibu Ir. Annisa Dwi Damayanti, S.T., M.T. yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan dan bimbingan serta memberikan semangat untuk menyelesaikan tugas akhir dengan baik. Kemudian tak lepas juga ucapan terima kasih kepada Bapak maupun Ibu dosen dan staf Departemen Teknik Lingkungan yang juga telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini, baik berupa penyampaian diskusi dan pemenuhan dokumen berkas yang diperlukan.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak di Pulau Kodingareng Lompo yang telah membantu dalam pemasangan sampel penelitian dan perizinan lainnya. Selain itu, kepada semua teman-teman Teknik Lingkungan 2020 terutama Talak (Nisa, Nat, Naya, Ikka, Pute, Fitri, Lula, Oliv, Nade, Dinda, Wara, Fahir, Gup, Rifdan) yang memberikan banyak cerita, dukungan, dan menguatkan selama perkuliahan serta asisten Laboratorium Sanitasi dan Persampahan (Kak Vivi, Kak Nisa, Kak Danti, Kak Enjel, Kak Nuaz, Kak Buya, Naya, Airin, Pute, Aul, Cipa, Lola, Qolbi, Razan, Rendi, Rian, dan Arkel) yang memberikan banyak ilmu, pengalaman, kerja sama, dan keseruan selama lab. Selain itu, sahabat penulis sedari SD, Ica dan Ranti yang senantiasa mendoakan, mendukung, menghibur, dan memberikan kebahagiaan lainnya. Semoga sukses dan selalu bersama dunia akhirat.

Yang terakhir dan paling utama dalam segalanya, ucapan terima kasih kepada kedua orang tua dan kakak penulis, Muh. Arsyad, Arni Wahab, dan Aryandi Arsyad yang senantiasa mendoakan, mendukung, memberikan kasih sayang tak terbatas, dan memotivasi penulis dalam segala hal yang menjadi tujuan hidup penulis. Semoga penulis senantiasa dapat membahagiakannya dunia akhirat. Tanpa doa, dukungan, dan pengorbanan keluarga, penulis tidak akan bisa mencapai tahap ini.

ABSTRAK

ARYA ARYANNI ARSYAD. *Studi Potensi Sampah Plastik Mengapung Di Pulau Kodingareng Lompo Menggunakan Citra Multispektral Satelit Sentinel-2A* (dibimbing oleh Irwan Ridwan Rahim)

Latar Belakang. Permasalahan sampah laut telah menjadi isu global, di mana Indonesia berkontribusi besar terhadap pencemaran plastik di lautan. Sampah plastik mendominasi 60-80% dari sampah laut global, dengan Indonesia menyumbang hingga 1,29 juta ton per tahun, dan peringkat kelima dalam hal kontribusi sampah plastik ke laut. Pengelolaan sampah yang kurang efektif di daratan menyebabkan kebocoran sampah ke perairan. Dampak sampah plastik sangat luas, mengancam kehidupan laut, kesehatan manusia, dan memicu kerugian ekonomi yang cukup besar. Penginderaan jauh, seperti satelit Sentinel-2, memberikan solusi untuk mendeteksi dan memantau sampah laut secara lebih efisien. Penelitian ini menggunakan citra Sentinel-2 dengan beberapa indeks seperti NDVI, NDWI, PI, dan FDI untuk mengidentifikasi sampah plastik di Pulau Kodingareng Lompo. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan mengetahui kemampuan citra Sentinel-2 mendeteksi dan memetakan titik potensi sampel sampah plastik di Pulau Kodingareng Lompo. **Metode.** Penelitian ini dilakukan dengan melakukan penyesuaian hasil peta distribusi yang terbentuk oleh satelit Sentinel-2 berdasarkan penyebaran sampel sampah plastik di laut lepas yang divalidasi dengan menggunakan spectral view dan metode statistik SAV untuk indeks yang digunakan. **Hasil.** Berdasarkan hasil pengolahan data Sentinel-2 diperoleh bahwa 4 indeks yang berhasil mendeteksi sampel sampah plastik dengan nilai SAV 1.1, 0.1, 7.7, dan 2.3, dimana PI memiliki nilai tertinggi, menjadikannya paling representatif dalam mendeteksi sampah plastik mengapung. Selain itu, ditemukan lima hotspot distribusi sampah plastik yang divalidasi dengan spectral view yang sesuai karakteristik sampah plastik. **Kesimpulan.** Citra Sentinel-2 berhasil mendeteksi sampel sampah di Pulau Kodingareng dan dianalisis menggunakan indeks NDVI, NDWI, PI, dan FDI menunjukkan nilai *Sensitivity Analysis Value* (SAV) masing-masing 1.1, 0.1, 7.7, dan 2.3, dengan rentang reflektansi 0.04 – 0.06 pada panjang gelombang band 8 (842 nm) dan berhasil mendeteksi lima potensi hotspot distribusi sampah plastik di Pulau Kodingareng Lompo.

Kata kunci: Sampah Plastik Laut, Penginderaan Jauh, Satelit Sentinel-2A

ABSTRACT

ARYA ARYANNI ARSYAD. *Study of Floating Plastic Waste Potential in Pulau Kodingareng Lompo Using Multispectral Imagery from Sentinel-2A Satellite* (dibimbing oleh Irwan Ridwan Rahim)

Background. The issue of marine debris has become a global concern, with Indonesia significantly contributing to plastic pollution in the oceans. Plastic waste constitutes 60-80% of global marine debris, with Indonesia contributing up to 1.29 million tons annually, ranking fifth in terms of plastic waste entering the ocean. Ineffective waste management on land has led to the leakage of waste into the waters. The impact of plastic waste is extensive, threatening marine life, human health, and causing considerable economic losses. Remote sensing technologies, such as the Sentinel-2 satellite, offer solutions for more efficiently detecting and monitoring marine debris. This study utilizes Sentinel-2 imagery with various indices such as NDVI, NDWI, PI, and FDI to identify plastic debris around Pulau Kodingareng Lompo. **Objective.** This research aims to assess the capability of Sentinel-2 imagery in detecting and mapping potential plastic debris samples in Pulau Kodingareng Lompo. **Method.** The study involves adjusting the distribution maps generated by Sentinel-2 satellite based on the spread of plastic debris samples in the open sea, validated using spectral view and the SAV statistical method for the indices applied. **Results.** The Sentinel-2 data processing showed that four indices successfully detected plastic waste samples, with SAV values of 1.1, 0.1, 7.7, and 2.3, where PI had the highest value, making it the most representative in detecting floating plastic debris. Additionally, five plastic debris distribution hotspots were identified and validated using spectral view, which matched the characteristics of plastic waste. **Conclusion.** Sentinel-2 imagery successfully detected plastic debris samples in Pulau Kodingareng, with analysis using NDVI, NDWI, PI, and FDI indices showing SAV values of 1.1, 0.1, 7.7, and 2.3, with a reflectance range of 0.04 – 0.06 at the wavelength of band 8 (842 nm). The study also successfully identified five potential hotspots for plastic debris distribution around Pulau Kodingareng Lompo.

Keywords: Marine Plastic Debris, Remote Sensing, Sentinel-2A Satellite

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| PERNYAJUAN | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA | iv |
| UCAPAN TERIMA KASIH | v |
| ABSTRAK | vi |
| ABSTRACT | vii |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR PERSAMAAN | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xii |
| DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah Penelitian | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.5 Ruang Lingkup Penelitian | 4 |
| 1.6 Teori | 5 |
| 1.7 Penelitian terdahulu | 16 |
| BAB II METODE PENELITIAN/PERANCANGAN | 20 |
| 2.1 Diagram Alir Penelitian | 20 |
| 2.2 Waktu dan Lokasi Penelitian | 21 |
| 2.3 Kebutuhan Data | 22 |
| 2.4 Alat dan Bahan Penelitian | 22 |
| 2.5 Prosedur Tahapan Penelitian | 25 |
| BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN | 34 |
| 3.1 Deteksi Sampel Botol Plastik di Pulau Kodingareng Lompo | 34 |
| 3.2 Potensi Sampah Plastik di Pulau Kodingareng Lompo Menggunakan Data Citra Satelit Sentinel-2 | 43 |
| BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN | 49 |
| 4.1 Kesimpulan | 49 |
| 4.2 Saran | 49 |
| DAFTAR PUSTAKA | 50 |
| LAMPIRAN | 55 |

DAFTAR TABEL

| Nomor urut | Halaman |
|--|---------|
| 1. Spektral band satelit worldview-3..... | 10 |
| 2. Spektral band satelit MODIS..... | 11 |
| 3. Spektral band satelit Landsat 8 dan Landsat 9 | 12 |
| 4. Spektral band satelit PlanetScope | 13 |
| 5. Kelebihan dan kekurangan satelit..... | 13 |
| 6. Penelitian terdahulu mengenai deteksi sampah dengan Sentinel-2..... | 16 |
| 7. Kebutuhan data penelitian | 22 |
| 8. Daftar alat dan bahan | 22 |
| 9. Band sentinel 2 dan panjang gelombangnya | 29 |
| 10. Indeks - indeks yang digunakan peneliti sebelumnya | 30 |
| 11. Batasan nilai reflektansi indeks..... | 33 |
| 12. Data Sentinel-2 | 34 |
| 13. Sensivity Analysis Value (SAV) indeks | 42 |

DAFTAR GAMBAR

| Nomor urut | Halaman |
|---|---------|
| 1. Ukuran sampah plastik di perairan..... | 6 |
| 2. Ukuran sampah laut..... | 7 |
| 3. Sistem Penginderaan jauh dalam penyadapan, pengolahan, dan penggunaanya informasi permukaan bumi..... | 9 |
| 4. Konfigurasi orbital Sentinel-2 | 14 |
| 5. Model cakupan Sentinel-2 | 15 |
| 6. Diagram alir penelitian | 20 |
| 7. Peta lokasi penelitian | 21 |
| 8. Desain sampel botol plastik | 26 |
| 9 Proses pembuatan sampel botol plastik | 26 |
| 10. Sampel botol plastik..... | 27 |
| 11. Metode pengambilan data | 27 |
| 12. Bagan alir pengolahan data di SNAP..... | 28 |
| 13. Gambar lokasi sampel plastik penelitian | 35 |
| 14. (A) Lokasi sampel sampah botol plastik di Pulau Kodingareng dari gambar Sentinel 2 dengan RGB, (B) dan (C) Menampilkan lokasi persis titik lokasi sampel botol plastik dengan RGB | 36 |
| 15. (A) indeks NDVI, (B) Gambar persis titik lokasi sampel NDVI, dan Batasan NDVI | 37 |
| 16. (A) indeks NDWI, (B) Gambar persis titik lokasi sampel NDWI, dan (C) Batasan NDWI | 38 |
| 17. (A) indeks PI, (B) Gambar persis titik lokasi sampel PI, dan (C) Batasan PI..... | 39 |
| 18. (A) indeks FDI, (B) Gambar persis titik lokasi sampel FDI, dan (C) Batasan FDI | 40 |
| 19. Tanda spectral view target botol plastik..... | 41 |
| 20. Hasil threshold indeks dalam mendeteksi sampah plastik mengapung (A) NDVI (B) NDWI (C) PI (D) FDI | 43 |
| 21. Hasil Overlay 2 indeks dalam mendeteksi sampah plastik mengapung (I) A + B (II) A + C (III) A + D | 44 |
| 22. Hasil Overlay 3 indeks dalam mendeteksi sampah plastik mengapung (I) A+B+C (II) B+C+D..... | 45 |
| 23. Hasil overlay 4 indeks (NDVI, NDWI, PI, FDI)..... | 46 |
| 24. Plot titik potensi sampah plastik di Pulau Kodingareng Lompo | 46 |
| 25. Spectral View Overlay..... | 47 |

DAFTAR PERSAMAAN

| Nomor urut | Halaman |
|------------|---------|
| 1..... | 16 |
| 2..... | 25 |
| 3..... | 25 |
| 4..... | 29 |
| 5..... | 25 |
| 6..... | 25 |
| 7..... | 26 |
| 8..... | 26 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Nomor urut | Halaman |
|--|---------|
| 1. Pembuatan Sampel Botol Plastik | 55 |
| 2. Pemasangan Sampel Botol Plastik | 56 |
| 3. Pengumpulan Data | 57 |
| 4. Pemrosesan Data di SNAP | 58 |
| 5. Pengolahan Data di SNAP | 59 |

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

| Lambang/Singkatan | Arti dan Keterangan |
|-------------------|--|
| BOA | Bottom-Of-Atmosphere |
| DV | Discriminant Value |
| FDI | Floating Debris Index |
| NDVI | Normalized Difference Vegetation Index |
| NDWI | Normalized Difference Water Index |
| PI | Plastic Index |
| SAV | Sensitivity Analysis Value |
| SNAP | Sentinel Application Platform |
| TOA | Top-Of-Atmosphere |

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam mengatasi permasalahan sampah laut yang telah menjadi tantangan global maupun nasional (Cahyati, 2020; van Emmerik & Schwarz, 2020), maka Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) memfasilitasi komunitas internasional dengan 17 tujuan penting yang disebut SDGs (*Sustainable Development Goals*) (Chotimahet al., 2022). Salah satu tujuan SDGs yang berhubungan dengan permasalahan sampah laut yaitu SDGs 14 ekosistem lautan, yang memiliki sasaran pada tahun 2025 yaitu mengurangi polusi laut dalam menjaga pelestarian Samudera, laut, dan sumber daya kelautan secara berkelanjutan (Cahyati, 2020; Chotimah dkk., 2022; Löhr, 2017; Rachman I, 2023).

Menurut Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 83 Tahun 2018 Tentang Penanganan Sampah Laut, sampah laut adalah sampah yang berasal dari daratan, badan air, dan pesisir yang mengalir ke laut atau sampah yang berasal dari kegiatan di laut. Sampah laut adalah sampah yang masuk ke laut karena terbawanya oleh arus dan bergerak sesuai arah arus laut tersebut (Johan et al., 2020), sedangkan menurut (Patuwo et al., 2020) Sampah laut (*Marine Debris*) adalah material padat yang tidak sengaja atau sengaja dibuang dan tertinggal di lingkungan laut.

Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2023), timbulan sampah yang ada di Indonesia telah mencapai angka sebesar 19.281.377,75 ton/tahun atau setara dengan 52.825,69 ton/hari. Di Indonesia, proses pengelolaan sampah yang tidak terlalu efektif di darat menyebabkan kebocoran sampah ke perairan, sehingga menambah kompleksitas permasalahan sampah laut. Pada tahun 2010, Indonesia menyumbang 10% sampah plastik laut dunia dan tren distribusi serupa diperkirakan akan terus berlanjut hingga tahun 2025 (Our World in Data, 2018). Setiap tahunnya ada 1,29 juta ton sampah plastik, yang juga dipengaruhi oleh pasang surut air laut, masuk ke perairan Indonesia dan berkontribusi terhadap penumpukan sampah lokal (Sekretariat Rencana Aksi Nasional Penanganan Sampah Laut, 2019).

Secara global, sampah plastik adalah komposisi sampah yang paling banyak atau yang mendominasi permasalahan pencemaran laut yaitu mencapai 60-80% dari jumlah total (Sekretariat Rencana Aksi Nasional Penanganan Sampah Laut, 2019; Utama et al., 2023). Berdasarkan *International Coastal Cleanup* (ICC) menemukan bahwa botol plastik merupakan jenis sampah plastik yang paling umum yaitu sebesar 10% dari sampah laut global. Sampah plastik tersebut berasal dari daratan yang akan mengalir memasuki wilayah perairan (Pasquini et al., 2016; van Calcar & van Emmerik, 2019; van Emmerik & Schwarz, 2020). Beberapa penelitian serupa, yaitu berdasarkan (The World Bank, 2021) memperkirakan sebesar 83% sampah plastik tahunan yang mengalir dari darat ke laut. Sementara itu, 17% sampah plastik dibuang langsung dari wilayah pesisir Indonesia. Hal tersebut menjadikan Indonesia berada pada peringkat kelima penyumbang sampah plastik ke laut telah mencapai

sebesar 56 ribu ton dengan 4,8 hingga 12,7 metrik ton plastik masuk ke laut setiap tahunnya (The World Bank, 2021).

Berdasarkan data dari (Ocean Conservancy, 2019) telah ditemukan sampah laut seberat 10.584.041 kg dengan 97.457.984 item sampah yang dikumpulkan diantaranya berbahan plastik, seperti kantong plastik, sedotan/pengaduk, botol plastik, tas belanja, dan alat makan plastik. Sampah plastik laut menjadi masalah global yang diperkirakan 8 juta metrik ton sampah plastik mengalir ke laut setiap tahunnya, hal tersebut setara dengan satu truk sampah plastik penuh setiap menit dibuang ke laut yang akan berdampak pada lebih dari 800 spesies kehidupan laut.

Sampah plastik yang sulit terurai (Themistocleous et al., 2020) akan berdampak buruk bagi berbagai kehidupan, yakni kehidupan akuatik, ekosistem, spesies tanaman, kesehatan manusia, kerugian ekonomi; serta berdampak negatif pada kehidupan manusia, seperti meningkatnya risiko banjir karena penyumbatan infrastruktur drainase akibat sampah (van Calcar & van Emmerik, 2019; van Emmerik & Schwarz, 2020). Adapun penelitian berdasarkan *World Wildlife Fund* (WWF) Indonesia menunjukkan bahwa sebesar 25% spesies ikan laut mengandung mikroplastik, yang dimana bahan mikroplastik tersebut bersumber dari sampah laut yang dikonsumsi oleh plankton yang menjadi sumber makanan ikan di lautan, yang kemudian plastik memasuki rantai makanan dan hewan yang dapat mengancam kesehatan manusia serta ekosistem secara global (Barboza et al., 2018; Schwabl et al., 2019; van Calcar & van Emmerik, 2019). Hal tersebut didukung oleh PBB yang menyebutkan bahwa sebesar 70% sampah di perairan adalah sampah plastik, yang dapat terfragmentasi menjadi mikroplastik (Cahyati, 2020). Oleh sebab itu, menurut (UNEP, 2021) dampak ekonomi dalam penanganan plastik laut diperkirakan dapat mencapai US\$6-19 miliar secara global tahun 2018 dan diperkirakan dapat mencapai US\$100 miliar/tahun di 2040 mengenai kebocoran plastik ke lautan yaitu risiko finansial bagi dunia usaha apabila pemerintah mewajibkan para produsen menanggung biaya pengelolaan limbah sesuai perkiraan volume dan kemampuan daur ulang. Sebagai perbandingannya, pada tahun 2020 global pasar plastik diperkirakan sekitar US\$580 miliar sedangkan nilai moneter diperkirakan kerugian laut mencapai US\$2.500 miliar/tahun.

Pulau Kodingareng Lompo merupakan salah satu pulau yang ada di Kota Makassar yang memiliki jumlah penduduk sebesar 4.984 dengan luas wilayah daratan 14 Ha (BPS, 2023). Jumlah penduduk yang padat akan berdampak langsung dengan jumlah timbunan yang akan dihasilkan setiap harinya. Berdasarkan hasil penelitian (Yunus et al., 2023) diperoleh bahwa sebesar 56% masyarakat Pulau Kodingareng Lompo dalam menangani sampahnya yaitu dengan langsung membuang sampah ke laut dengan jenis sampah laut yang paling banyak ditemukan yaitu sampah plastik lunak. Hal ini didukung oleh Yayasan Konservasi Laut Indonesia (YKLI) Sulawesi Selatan, bahwa pada tahun 2022 sekitar 100 ton/hari sampah berakhir di laut dan pesisir Kota Makassar.

Pengumpulan puing-puing sampah di laut secara langsung sulit untuk dilakukan karena kondisi laut yang luas dan sulit terjangkau, maka adanya upaya untuk mendeteksi sampah mengapung di laut menggunakan penginderaan jauh yang dapat

menjadi solusi (Bierman L et al., 2020; Topouzelis et al., 2020). Dengan memanfaatkan penginderaan jarak jauh dalam mengatasi permasalahan sampah laut dapat memberikan pemantauan jangka panjang dengan skala global dan menghasilkan pemantauan eksplisit spasial pada rentang spasial yang besar serta hemat biaya dan waktu (Lavender, 2022; Veettil et al., 2022). Penginderaan jarak jauh mempunyai potensi dalam meningkatkan dan menstandarisasi upaya sebelumnya untuk mengukur pendistribusian makroplastik yang terbawa laut secara spasial (Veettil dkk., 2022).

Salah satu penyediaan data penginderaan jauh dalam pemantauan sampah laut yaitu Sentinel-2, dalam penelitian mengenai deteksi sampah plastik menggunakan sentinel-2 telah dilakukan oleh (Themistocleous et al., 2020) dengan menggunakan 4 indeks yaitu *Plastic Index* (PI) (Bierman L et al., 2020) dengan menggunakan indeks *Floating Debris Indeks* (FDI) yang mempunyai tujuan yang sama yaitu untuk mengetahui efektivitas sentinel-2 dalam mendeteksi sampah plastik di permukaan laut, indeks *Normalized Difference vegetation Index* (NDVI) digunakan untuk membedakan dari air laut, rumput laut, material kayu, busa laut, dan batu apung (Bierman et al, 2020) serta indeks Indeks NDWI digunakan untuk meningkatkan kontras antara air dan objek non air seperti sampah dengan memanfaatkan perbedaan karakteristik spektral (Themistocleous, 2020). Pengolahan data sentinel-2 tersebut dilakukan dengan menggunakan salah satu software yaitu *Sentinel Application Platform* (SNAP) yang memiliki kelebihan pengolahan dalam citra satelit, yaitu tersedia secara gratis dan resolusi spasial dan temporal yang tinggi (Puspitarini, 2022) sehingga mampu meningkatkan akurasi koreksi geometrik dan atmosfer (Hadi et al., 2023).

Berdasarkan uraian tersebut, maka penulis mengangkat judul Tugas Akhir “Studi Potensi Sampah Plastik Mengapung Di Pulau Kodingareng Lompo Menggunakan Citra Multispektral Satelit Sentinel-2A” yang bertujuan untuk memastikan deteksi sampah yang akurat dan metode analisis yang intuitif menggunakan Sentinel-2A serta mengetahui potensi hotspot sampah plastik di Pulau Kodingareng Lompo melalui pengolahan data Sentinel-2A menggunakan aplikasi SNAP (*Sentinel Application Program*).

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kemampuan citra satelit Sentinel-2A dalam mendeteksi sampel sampah botol plastik di Pulau Kodingareng Lompo?
2. Bagaimanakah potensi hotspot sampah plastik di Pulau Kodingareng berdasarkan analisis data citra satelit Sentinel-2A?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kemampuan citra satelit Sentinel-2A dalam mendeteksi sampah di Pulau Kodingareng Lompo.
2. Mengetahui dan memetakan hotspot potensi sampah plastik di Pulau Kodingareng Lompo berbasis data citra satelit Sentinel-2A.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini untuk beberapa pihak sebagai berikut:

1. Bagi Pemerintah
 - a. Penelitian ini dapat menjadi pertimbangan pemerintah Kota Makassar dalam memanfaatkan teknologi penginderaan jauh sebagai penanganan sampah laut terutama dalam perencanaan pemetaan distribusi sampah laut ke depannya.
 - b. Penelitian ini dapat meminimalisir pengeluaran biaya karena mengurangi penyelidikan manual di lapangan dalam penanganan sampah laut.
2. Bagi Masyarakat

Penelitian ini dapat menjadi informasi baru dalam penanganan sampah laut menggunakan penginderaan jauh sehingga meningkatkan kepedulian masyarakat dalam permasalahan pencemaran sampah di laut.
3. Bagi Mahasiswa

Penelitian ini dapat menjadi referensi untuk pengembangan ilmu mengenai penginderaan jauh dalam pencemaran sampah laut.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun batasan ruang lingkup pada penelitian ini yaitu:

1. Studi penelitian berfokus pada sampah plastik laut yang berlokasi di Pulau Kodingareng Lompo, Kecamatan Kepulauan Sangkarrang, Kota Makassar.
2. Jenis sampah plastik yang digunakan sebagai sampel validasi Sentinel-2A dalam penelitian ini yaitu sampah botol plastik berukuran 7 x 3 meter.
3. Penelitian ini memanfaatkan teknologi satelit Sentinel-2A dengan pemrosesan data menggunakan aplikasi SNAP (*Sentinel Application Platform*) version 10.0.0.
4. Penelitian ini menggunakan 4 indeks dalam mengolah data Sentinel 2A untuk mendeteksi sampah plastik mengapung yaitu NDVI, NDWI, FDI, dan PI.
5. Penelitian ini menggunakan SAV (*Sensitivity Analysis Value*) sebagai metode statistik untuk mengevaluasi sensitivitas dan efektivitas indeks.

1.6 Teori

1.6.1 Sampah

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang pengelolaan sampah, sampah adalah sisa kegiatan manusia sehari-hari atau proses alam yang berbentuk padat atau semi padat berupa zat organik maupun anorganik yang dapat terurai atau tidak dapat terurai yang sudah dianggap tidak berguna lagi dan dibuang ke lingkungan. Sedangkan menurut SNI 19-2452-2002 sampah adalah limbah yang bersifat padat terdiri dari bahan organik dan anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan.

Menurut *World Health Organization* (WHO) sampah adalah sesuatu yang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang yang berasal dari kegiatan manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya. Sedangkan, Menurut Kamus Istilah Lingkungan, 1994; sampah adalah bahan yang tidak mempunyai nilai atau tidak berharga untuk maksud biasa atau utama dalam pembikinan atau pemakaian barang rusak atau bercacat dalam pembikinan manufaktur atau materi berkelebihan atau ditolak atau buangan.

1.6.2 Sampah laut

Menurut (Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 83 Tahun 2018) tentang penanganan sampah laut, sampah laut adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat yang berasal dari daratan, badan air, dan pesisir yang mengalir ke laut atau sampah yang berasal dari kegiatan di laut. Selain itu, sampah laut menurut *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), sampah laut adalah suatu bahan padat persisten yang diproduksi atau diproses baik secara langsung maupun tidak langsung, sengaja atau tidak sengaja, dibuang atau dibiarkan mengalir ke lingkungan laut (Lippiatt et al., 2013). Sedangkan, menurut (Chin & Fung, 2018) sampah laut dianggap sebagai bahan padat dan persisten yang diproduksi atau diproses, dibuang, ditinggalkan di lingkungan laut dan pesisir serta termasuk bahan yang dibuang secara langsung ke laut, di pantai, atau secara tidak langsung terbawa melalui sungai, badai, ombak, dan angin menuju ke laut.

1.6.3 Jenis sampah laut

Adapun jenis sampah laut berdasarkan pedoman dari NOAA (Lippiatt et al., 2013), yaitu:

1. Plastik, termasuk pecahan plastik, pembungkus makanan, botol minuman, kendi/wadah, tutup botol dan wadah, ujung cerutu, kantong plastik, tali plastik, pelampung, tali pancing, cangkir plastik, alat makan, sedotan, balon, produk perawatan pribadi, lainnya.
2. Logam, termasuk aluminium, kaleng, pecahan logam, lainnya.

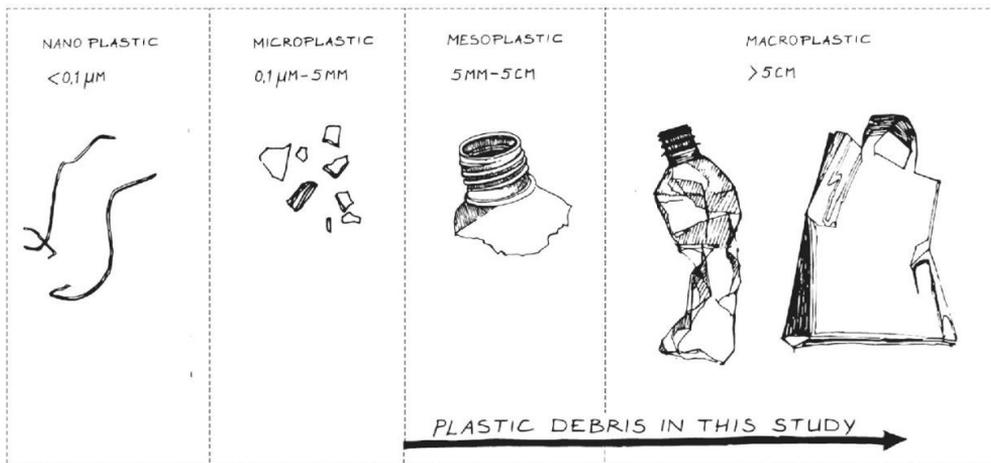
3. Kaca, termasuk botol minuman, stoples, pecahan kaca.
4. Karet termasuk sandal, sarung tangan, ban, pecahan karet.
5. Kayu olahan termasuk kardus, kertas dan karton, kantong kertas, kayu bangunan, lainnya.
6. Kain termasuk, pakaian dan sepatu, sarung tangan, handuk atau lap, potongan kain, lainnya.

Sedangkan menurut (UNEP, 2021), jenis sampah laut umum ditemukan pada perairanyaitu sampah kertas, kayu, tekstil, logam, kaca, keramik, karet, serta plastik.

1.6.4 Ukuran sampah laut

Ukuran sampah plastik di perairan terdiri dari sampah yang dikelompokkan sesuai kelas ukuran puing, berdasarkan (L. Lebreton et al., 2018; van Emmerik & Schwarz, 2020) ada 4 klasifikasi ukuran sampah di perairan yaitu:

1. Makroplastik merupakan sampah yang berukuran 5 – 50 cm
2. Mesoplastik merupakan sampah yang berukuran 0,5 – 5 cm
3. Mikroplastik merupakan sampah yang berukuran 0,05 – 0,5 cm
4. Nanoplastik merupakan sampah yang berukuran <0,05 cm



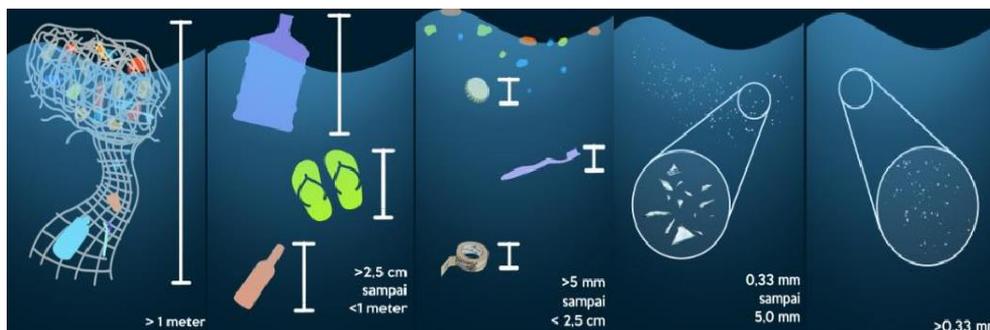
Gambar 1. Ukuran sampah plastik di perairan

Sumber: van Emmerik & Schwarz, 2020

Berdasarkan Tim Koordinasi Nasional Penangan Sampah Laut (TKN PSL), ukuran sampah laut terbagi menjadi 5 bagian yaitu:

1. Mega-debris yaitu ukuran sampah laut yang panjangnya lebih dari 1 m yang umum didapatkan di perairan lepas.
2. Macro-debris yaitu ukuran sampah laut yang panjangnya berkisar $>2,5 \text{ cm}$ hingga $< 1 \text{ m}$ yang umum ditemukan di dasar maupun permukaan perairan.
3. Meso-debris yaitu ukuran sampah laut yang panjangnya $> 5 \text{ mm}$ hingga $< 2,5 \text{ cm}$ yang umum terdapat di permukaan perairan maupun tercampur dengan sedimen.

4. Micro-debris yaitu ukuran sampah laut yang sangat kecil dengan panjangnya yang berkisar 0,33 mm hingga 5,0 mm.
5. Nano-debris yaitu ukuran sampah laut yang berukuran dibawah micro-debris < 0.33 mm yang sangat berbahaya karena dapat dengan mudah masuk ke dalam organ tubuh organisme.



Gambar 2. Ukuran sampah laut

Sumber: Tim Koordinasi Nasional Penangan Sampah Laut, 2020

1.6.5 Dampak sampah laut

Berbagai jenis sampah yang terdapat di perairan, tetapi sampah dengan jenis plastik adalah yang paling banyak ditemukan (Chin & Fung, 2018). Hal tersebut dikarenakan massa jenis yang lebih besar dari air seperti, jenis sampah berupa logam (7%), kaca (4%), serta kerak besi (1%) yang akan ditemukan di dasar laut (Chin & Fung, 2018). Selain itu, sampah berupa kain dan karton lebih mudah rusak. Akibatnya sampah plastik (41%) serta alat penangkap ikan yang berbahan plastik (34%) banyak ditemukan di perairan (Chin & Fung, 2018). Sampah plastik sangat berdampak terhadap lingkungan yang dibagi menjadi lima kategori tergantung pada ukuran dan bentuk benda tersebut, yaitu keterikatan pada plastik, menelan plastik, kebocoran bahan tambahan beracun dan akumulasi racun, kerusakan mikroplastik, dan mata pencaharian manusia (van Emmerik & Schwarz, 2020). Berdasarkan (Gall & Thompson, 2015) bahwa sebanyak 233 spesies vertebrata laut terpengaruh dengan mengonsumsi plastik dengan konsumsi tertinggi yaitu penyu. Selain itu, plastik banyak ditemukan pada hewan burung dan ikan dengan tingkat konsumsi sebesar 12,5% di perairan Prancis dan Swiss (Faure et al., 2015).

Sebanyak 690 spesies yang tercatat bahwa telah mengonsumsi plastik termasuk mamalia laut, burung laut, dan penyu (Chin & Fung, 2018). Plastik yang dikonsumsi oleh hewan dapat menimbulkan berbagai dampak serius seperti penyumbatan usus, adanya perubahan perilaku, dan akan mempengaruhi kualitas reproduksi serta pertumbuhannya (Chin & Fung, 2018; van Emmerik & Schwarz, 2020). Selain itu, konsumsi plastik yang berpotensi mengandung kontaminan beracun, dapat mempengaruhi rantai makanan seperti organisme yang mengonsumsi plastik lalu dimangsa oleh organisme lain (Chin & Fung, 2018; van Emmerik & Schwarz, 2020).

Selain dapat mencemari rantai makanan, alat pancing yang terbuang di perairan dengan bahan berupa plastik dapat mengganggu berbagai hewan laut yang dapat terjepit atau terbelit, seperti penyu, burung camar, mamalia lainnya yang mengakibatkan hewan tersebut mengalami infeksi bahkan kematian (Chin & Fung, 2018). Berdasarkan penelitian (Andrady, 2017) diperkirakan sebesar 99% seluruh spesies burung laut memiliki kandungan plastik pada saluran pencernaannya serta diperkirakan bahwa 95% individu pada spesies burung laut ini akan menelan sampah plastik pada tahun 2050.

Sampah plastik dapat berdampak pula pada mata pencaharian manusia, seperti berdampak pada kerugian ekonomi yaitu polusi plastik di sungai dapat mengakibatkan rusaknya kapal pengangkut dan pelayaran serta adanya risiko banjir di wilayah perkotaan karena sampah plastik dapat menyumbat saluran air dan infrastruktur hidrolis (L. C. M. Lebreton et al., 2017; van Emmerik & Schwarz, 2020). Sampah plastik yang cenderung dapat bertahan lama pada lingkungan perairan karena sifatnya yang sulit terdegradasi sehingga plastik cenderung terurai menjadi potongan-potongan kecil yang biasa disebut mikroplastik (Chin & Fung, 2018). Mikroplastik yang memiliki ukuran kecil, akan berdampak pada organisme laut seperti, ikan, burung laut, penyu, dan mamalia laut lainnya yang sangat rentan dikonsumsi oleh sampah plastik tersebut (Chin & Fung, 2018).

1.6.6 Regulasi terkait sampah laut

Berikut adalah regulasi yang terkait mengenai sampah di perairan Indonesia:

1. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah.
2. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 97 Tahun 2017 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Rumah tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.
3. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 83 Tahun 2018 tentang Penanganan Sampah Laut.
4. Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2010 tentang Perlindungan Lingkungan Maritim.
5. Peraturan Pemerintah 81 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.
6. Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2010 tentang Perlindungan Lingkungan Maritim.

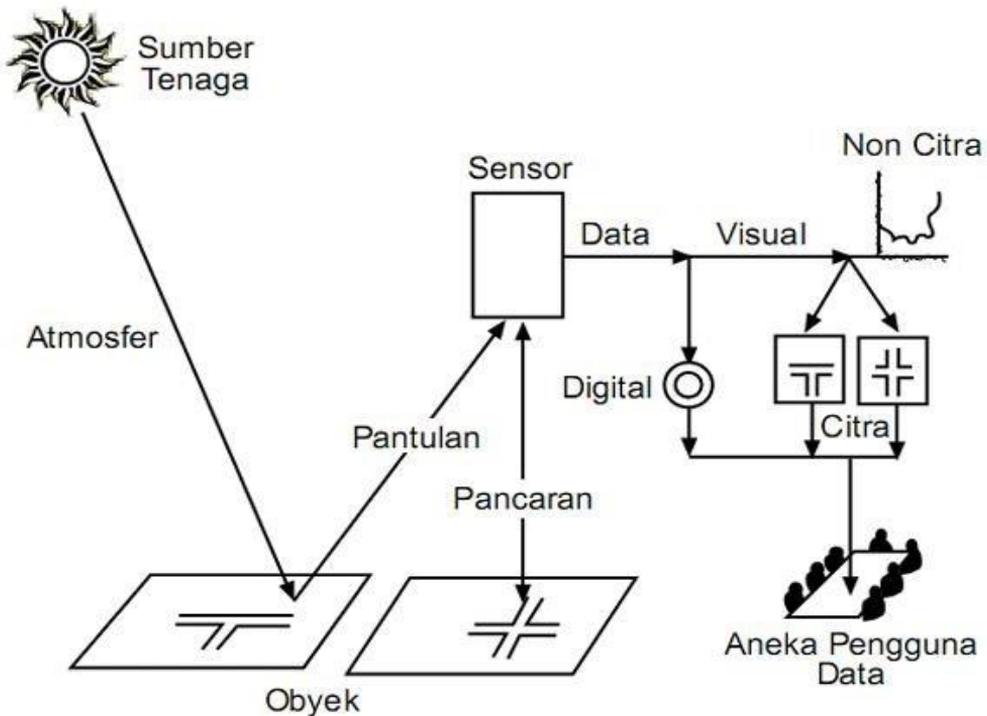
1.6.7 Penginderaan jauh

Penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah, atau fenomena yang dikaji (Lillesand et al., 2004). Penginderaan jauh atau sensor dapat berupa balon udara, pesawat terbang, atau satelit (Somantri, 2009). Menurut Lindgren (1985)

penginderaan jauh merupakan sebuah teknik yang dikembangkan untuk memperoleh dan melakukan analisis mengenai informasi bumi, dimana informasi tersebut berbentuk radiasi elektromagnetik yang dipancarkan atau dipantulkan dari permukaan bumi. Menurut (Bierman L et al., 2020) Penginderaan jauh merupakan suatu teknik terdepan yang berfungsi untuk mengumpulkan citra optik berstandar serta berkualitas tinggi dalam skala global

Dalam sistem penginderaan jauh komponen dasarnya ialah sumber energi, atmosfer, adanya interaksi yang unik antara tenaga dengan benda di permukaan bumi, sensor, sistem pengolahan data yang tepat waktu dan berbagai penggunaan data (Muhsoni, 2015). Energi menjadi fungsi sebagai media dalam meneruskan informasi dari benda ke suatu sensor dimana energi berinteraksi dengan benda. Sensor merupakan alat mencatat dan mengumpulkan radiasi elektromagnetik. Lalu, data tersebut akan dikirim ke stasiun penerima serta diproses menjadi format yang dapat langsung digunakan, diantaranya yaitu berupa citra (Lillesand et al., 2004).

Penginderaan jauh dapat dimanfaatkan untuk mengetahui sebaran dan konsentrasi sampah plastik yang mengambang dalam skala besar dengan menggunakan data satelit dan dapat membantu dalam mengidentifikasi suatu lokasi yang memiliki akumulasi plastik signifikan serta melacak perubahan waktu (Themistocleous et al., 2020).



Gambar 3. Sistem Penginderaan jauh dalam penyadapan, pengolahan, dan penggunaannya informasi permukaan bumi

Sumber: Sutanto, 2004

1.6.8 Jenis – jenis citra satelit

Citra satelit merupakan alat yang penting dalam penginderaan jauh, yang menyediakan data dan informasi vital tentang permukaan bumi melalui berbagai sensor yang berbeda. Beberapa jenis citra satelit yang dapat digunakan dalam pengumpulan data untuk pemantauan lingkungan yaitu sebagai berikut:

1. WorldView-3

Berdasarkan (Cantrell et al., 2021), WorldView-3 merupakan satelit pencitraan resolusi tinggi yang dioperasikan oleh Maxar Technologies yang diluncurkan pada 13 Agustus 2014 bertujuan untuk menyediakan data penginderaan jauh yang sangat rinci sehingga digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi seperti pemetaan, pemantauan lingkungan, perencanaan kota, pertahanan, dan tanggap darurat.

WorldView-3 memiliki 16 band multispectral yang mencakup 8 band multispectral standar serta tambahan 8 band *Shortwave Infrared* (SWIR) dan CAVIS (*Coastal, Aerosol, Water Vapor, Ice, Snow*) yang membantu meminimalisir gangguan atmosfer seperti kabut, asap, dan partikel aerosol, sehingga membuat citra ini lebih akurat dalam kondisi atmosfer yang beraviasi. Adapun revisit time Worldview-3 hanya berkisar antara 1 hingga 3 hari yang memungkinkan pengguna untuk memantau perubahan di lokasi tertentu dengan frekuensi tinggi. Namun, WorldView-3 memiliki beberapa kekurangan, yaitu memerlukan biaya yang sangat tinggi sehingga dapat menjadi kendala bagi pengguna dari sektor akademik atau lembaga yang memiliki anggaran terbatas dan cakupan area yang terbatas yang hanya cocok untuk pemantauan area spesifik. Worldview-3 dapat diakses di situs resmi Maxar melalui platform *SecureWatch* <https://www.maxar.com> dan di Earth Explorer (USGS) <https://earthexplorer.usgs.gov>.

Tabel 1. Spektral band satelit worldview-3

| <i>Spectral Band</i> | <i>Upper Band (µm)</i> | <i>Lower Band (µm)</i> |
|--------------------------|------------------------|------------------------|
| Band 1 – Coastal aerosol | 0.440 | 0.450 |
| Band 2 – Blue | 0.450 | 0.510 |
| Band 3 – Green | 0.510 | 0.580 |
| Band 4 – Yellow | 0.585 | 0.625 |
| Band 5 – Red | 0.630 | 0.690 |
| Band 6 – Red Edge | 0.705 | 0.745 |
| Band 7 – NIR 1 | 0.770 | 0.895 |
| Band 8 – NIR 2 | 0.860 | 1.040 |
| Band 9 – Panchromatic | 0.450 | 0.800 |
| SWIR 1 | 1.550 | 1.590 |
| SWIR 2 | 1.640 | 1.680 |
| SWIR 3 | 1.710 | 1.750 |

| <i>Spectral Band</i> | <i>Upper Band (μm)</i> | <i>Lower Band (μm)</i> |
|----------------------|------------------------|------------------------|
| SWIR 4 | 2.145 | 2.185 |
| SWIR 5 | 2.185 | 2.225 |
| SWIR 6 | 2.235 | 2.285 |
| SWIR 7 | 2.295 | 2.365 |

Sumber: (Cantrell et al., 2021)

2. MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*)

Berdasarkan (NASA MODIS, 2023), MODIS adalah instrument penginderaan jauh yang berada di dua satelit NASA, yaitu Terra dan Aqua, yang berperan penting dalam pemantauan lingkungan dan penelitian atmosfer. MODIS digunakan untuk mengamati permukaan bumi, atmosfer, serta samudera dengan cakupan global yang luas dan frekuensi pengamatan tinggi. Data ini akan meningkatkan pemahaman mengenai dinamika global dan proses yang terjadi di daratan, di lautan, dan di atmosfer bawah. MODIS memainkan peran penting dalam pengembangan model sistem Bumi global yang tervalidasi dan interaktif yang mampu memprediksi perubahan global dengan cukup akurat untuk membantu para pembuat kebijakan dalam keputusan yang tepat terkait perlindungan lingkungan.

Adapun resolusi spasial MODIS memiliki tiga tingkat resolusi dengan 36 band spektral yaitu untuk *band spectral red dan near-infrared* berada di 250 meter, band 3 hingga 7 multispektral di rentang 500 meter, dan untuk band 8 hingga 36 berada rentang 1000 meter. Untuk revisit time MODIS mencakup wilayah global setiap 1 hingga 2 hari yang dapat memberikan pengamatan rutin dengan frekuensi tinggi.

Tabel 2. Spektral band satelit MODIS

| <i>Spectral Band</i> | Panjang gelombang (μm) | Resolusi (m) |
|-------------------------------|------------------------|--------------|
| Band 1 – Blue | 0.620 – 0.670 | 250 |
| Band 2 – Green | 0.641 – 0.876 | 250 |
| Band 3 – Red | 0.620 – 0.670 | 500 |
| Band 4 – Near Infrared (NIR) | 0.841 – 0.876 | 500 |
| Band 5 – Shortwave infrared 1 | 1.230 – 1.252 | 500 |
| Band 6 – Shortwave infrared 2 | 1.628 – 1.652 | 500 |
| Band 7 – Shortwave infrared 3 | 2.100 – 2.250 | 500 |
| Band 8 – Panchromatic | 0.405 – 0.420 | 500 |
| Band 9 – Cirrus | 1.360 – 1.390 | 1.000 |
| Band 10 – Thermal Infrared 1 | 10.780 – 11.280 | 1.000 |
| Band 11 – Thermal Infrared 2 | 11.770 – 12.320 | 1.000 |

Sumber: (NASA., 2023).

3. Landsat 8

Berdasarkan (USGS, 2019), Landsat 8 diluncurkan pada 11 Februari 2013 yang merupakan bagian dari program landsat yang telah beroperasi sejak tahun 1972. Satelit ini dirancang untuk memberikan data citra bumi yang berkualitas tinggi untuk berbagai aplikasi, termasuk pertanian, kehutanan, manajemen air, perencanaan kota, dan pemantauan perubahan lingkungan. Landsat 8 dilengkapi dua instrument utama yaitu *Operational Land Imager (OLI)* dan *Thermal Infrared Sensor (TIRS)*

- a. OLI merekam data dalam 9 band spectral dari ultraviolet hingga inframerah dekat dengan resolusi 30 meter untuk band 1,2,3,4,5,6,7, dan 9; serta untuk band 8 (panchromatic) 15 meter.
- b. TIRS yaitu mengukur suhu permukaan bumi dalam dua band termal dengan resolusi 100 meter yaitu band 10 dan band 11.

Revisit time yang dimiliki Landsat 8 memiliki periode pengulangan 16 hari yang artinya satelit akan melewati lokasi yang sama setiap 16 hari. Selain itu, data landsat 8 tersedia secara gratis dan dapat diakses melalui EarthExplorer dan Glovis.

4. Landsat 9

Berdasarkan (USGS, 2022), landsat 9 diluncurkan pada 27 September 2021. Satelit ini bertujuan untuk melanjutkan pengumpulan, pengarsipan, dan pendistribusian citra multispektral yang menyediakan cakupan global, sinoptik, dan berulang dari permukaan daratan Bumi pada skala di mana perubahan alami dan yang disebabkan manusia dapat dideteksi, dibedakan, dicirikan, dan dipantau dari waktu ke waktu. Landsat merupakan satu-satunya sumber pengukuran resolusi spasial global, terkalibrasi, dan sedang dari permukaan bumi yang disimpan dalam arsip nasional dan tersedia secara bebas untuk umum.

Landsat 9 memiliki spesifikasi yang mirip dengan landsat 8 yang memiliki *revisit time* selama 16 hari dan memiliki 9 band OLI dan TIRS 2 band dengan peningkatan dalam kualitas dan pemrosesan citra sehingga memberikan pengurangan kesalahan pada pengukuran data.

Tabel 3. Spektral band satelit Landsat 8 dan Landsat 9

| <i>Spectral Band</i> | Panjang gelombang (μm) | Resolusi (m) |
|--------------------------|--|--------------|
| Band 1 – Coastal aerosol | 0.43 – 0.45 | 30 |
| Band 2 – Blue | 0.45 – 0.51 | 30 |
| Band 3 – Green | 0.53 – 0.59 | 30 |
| Band 4 – Yellow | 0.64 – 0.67 | 30 |
| Band 5 – Red | 0.85 – 0.88 | 30 |
| Band 6 – Red Edge | 1.57 – 1.65 | 30 |
| Band 7 – NIR 1 | 2.11 – 2.29 | 30 |
| Band 8 – NIR 2 | 0.50 – 0.68 | 30 |
| Band 9 – Panchromatic | 1.36 – 0.18 | 15 |

| <i>Spectral Band</i> | Panjang gelombang (μm) | Resolusi (m) |
|--|--|--------------|
| Band 10 – Thermal Infrared 1 (TIRS 1) | 10.60 – 11.19 | 100 |
| Band 11 – Thermal Infrared 2 (TIRS 2) | 11.50 – 12.51 | 100 |

Sumber: (USGS, 2022).

5. Planet Scope

Berdasarkan (Planet Labs, 2019), PlanetScope adalah sistem penginderaan jauh yang menggunakan konstelasi satelit kecil yang diluncurkan dan dioperasikan oleh Planet Labs. Sistem ini dirancang untuk menyediakan citra bumi dengan resolusi tinggi dan frekuensi pemantauan yang tinggi. Adapun resolusi citra ini yaitu dapat mencapai resolusi spasial 3 meter yang dapat digunakan untuk mendeteksi objek kecil di permukaan bumi, seperti vegetasi, pola air, atau penggunaan lahan dengan kelebihan dapat mencakup area secara global setiap hari.

Adapun kekurangan dari citra PlanetScope adalah bahwa data ini bersifat komersial, sehingga memerlukan biaya yang tinggi untuk mengaksesnya. Selain itu, PlanetScope hanya memiliki jumlah band spektral yang terbatas, yaitu band *blue, green, red, near-infrared (NIR)*. Citra PlanetScope dapat diakses melalui situs resmi Planet Labs <https://www.planet.com/>.

Tabel 4. Spektral band satelit PlanetScope

| <i>Spectral Band</i> | Panjang gelombang (nm) | Panjang gelombang (nm) | Resolusi (m) |
|----------------------|------------------------|------------------------|--------------|
| Band 1 – Blue | 455 – 515 | 464 – 517 | 3 |
| Band 2 – Green | 500 – 590 | 547 – 585 | 3 |
| Band 3 – Red | 590 – 670 | 650 – 682 | 3 |
| Band 4 – NIR | 780 – 860 | 846 – 888 | 3 |

Sumber: (Planet Labs, 2019)

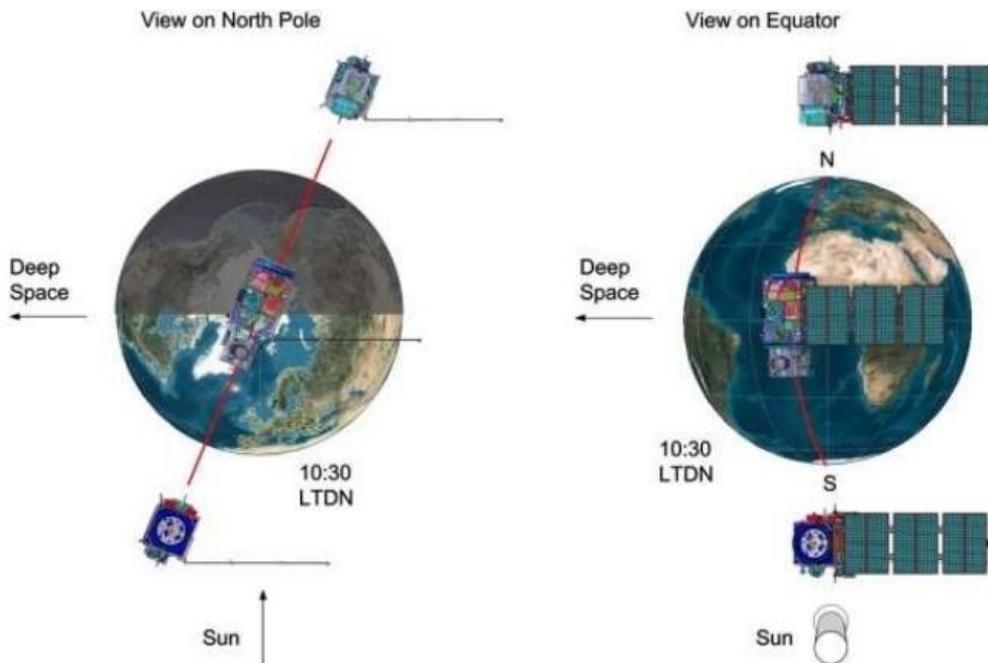
Tabel 5 Kelebihan dan kekurangan satelit

| Aspek | Sentinel-2 | World view-3 | MODIS | Landsat 8 | Landsat 9 | Planet Scope |
|---------------------|------------------|-------------------------|----------------|-------------------|------------------|---------------------|
| Biaya | <i>Free</i> | Berbayar | <i>Free</i> | <i>Free</i> | <i>Free</i> | Berbayar |
| Resolusi | 10 m, 20 m, 60 m | 31 cm | 250 m – 1 km | 15 m, 30 m, 100 m | 5 m, 30 m, 100 m | 3 m |
| <i>Revisit Time</i> | 5 hari | 1 – 3 hari | 1 – 2 hari | 16 hari | 16 hari | 1 hari |
| Spectral Band | 13 band | 16 band | 11 band | 11 band | 11 band | 4 band |
| Referensi | (ESA, 2013) | (Cantrell et al., 2021) | (NASA., 2023). | (USGS, 2022) | (USGS, 2022) | (Planet Labs, 2019) |

1.6.9 Citra satelit Sentinel 2

Sentinel 2 adalah misi dari ESA (European Space Agency's) Copernicus Program yang diluncurkan pada bulan Juni 23 tahun 2015 yang dirancang untuk memantau daratan dan wilayah pesisir bumi (Bierman L et al., 2020). Sentinel 2 ini memiliki resolusi tinggi pencitra multispektral yang dapat mengambil gambar di 13 pita spektral berbeda dengan terdiri dari 4 band dengan resolusi 10 m, 6 band dengan resolusi 20 m dan 3 band dengan resolusi 60 m dan dapat menjangkau peta hingga 290 km. Sentinel 2 menyediakan berbagai data observasi bumi seperti gambar radar, pemantauan atmosfer, dan pemantauan dari lautan dan garis pantai (ESA, 2013).

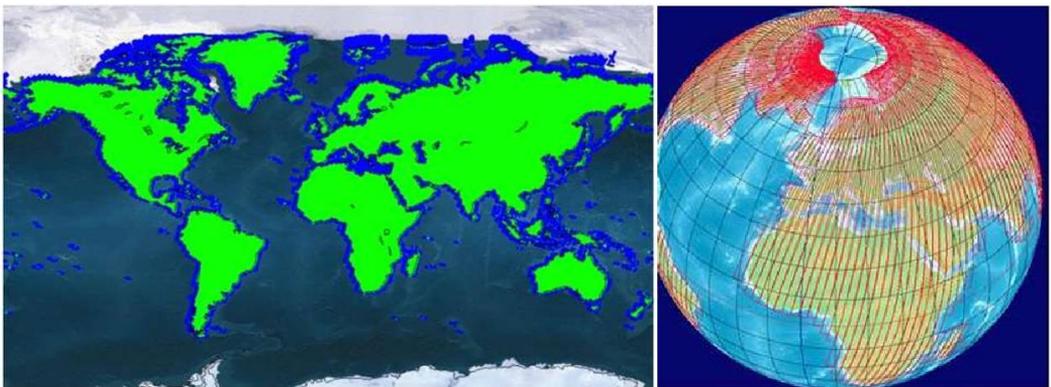
Sentinel-2 merupakan misi pencitraan multi-spektral yang memiliki cakupan luas dan mempunyai resolusi tinggi (ESA, 2013). Sentinel 2 yang terdiri dari dua satelit atau disebut dengan satelit kembar yang mengorbit kutub dengan orbit yang sama secara bertahap pada sudut 180 derajat dengan satu satelit akan kembali ke titik yang sama dalam waktu 10 hari sehingga dengan 2 satelit waktu keliling yaitu 5 hari (ESA, 2013). Sentinel-2 melakukan orbit sikron dengan matahari yang digunakan agar sudut sinar matahari pada permukaan bumi tetap terjaga dengan konsisten sehingga penempatan orbit satelit ke sudut matahari dapat meminimalkan terjadinya potensi bayangan dan tingkat pencahayaan di permukaan bumi (ESA,2013).



Gambar 4. Konfigurasi orbital Sentinel-2
(Sumber: ESA, 2013)

Sentinel-2 yang memiliki frekuensi kunjungan ulang yang tinggi dengan gambar resolusi tinggi yang mendukung program Copernicus dengan tata observasi dari misi Sentinel-2 yang dimanfaatkan oleh berbagai layanan seperti:

1. Pemantauan Lahan, yaitu dapat memberikan kontribusi pada layanan pemantauan lahan berupa data masukan mengenai pemetaan tutupan lahan serta perubahan tutupan lahan, dan mendukung penilaian parameter biogeofisika. Tujuan layanan ini yaitu untuk memberikan informasi mengenai tutupan lahan kepada pengguna di bidang lingkungan yang dirancang untuk memberikan informasi geografis terkait vegetasi atau siklus air, serta mendukung aplikasi di bidang termasuk perencanaan tata ruang, pengelolaan hutan, pengelolaan air, pertanian dan ketahanan pangan
2. Manajemen Darurat, yaitu mendukung perolehan dan pengiriman gambar yang cepat untuk mendukung upaya bantuan bencana karena orbital misi yang tinggi. Hal ini mencakup mengenai pemetaan kawasan perkotaan, termasuk bangunan-bangunan kompleks yang terancam, yang sebelumnya telah diidentifikasi dapat berisiko terkena bencana alam seperti banjir dan gempa bumi.
3. Keamanan, yaitu Sentinel-2 juga mendukung isu-isu mengenai pengawasan perbatasan, maritim, dan dukungan terhadap tindakan eksternal UE dengan tujuan utama yaitu mengurangi jumlah imigran ilegal yang memasuki UE tanpa terdeteksi, mengurangi jumlah kematian imigran ilegal, meningkatkan keamanan internal UE secara keseluruhan yang berkontribusi dalam pencegahan kejahatan lintas batas.
4. Perubahan Iklim



Gambar 5. Model cakupan Sentinel-2
(Sumber: ESA, 2013)

1.7 Penelitian terdahulu

Tabel 6. Penelitian terdahulu mengenai deteksi sampah dengan Sentinel-2

| No | Penulis | Judul Penelitian | Lokasi Penelitian | Tujuan Penelitian | Hasil Penelitian |
|----|-------------------------------|---|--|--|--|
| 1. | Themistocleous et al., (2020) | Investigating Detection of Floating Plastic Litter from Space Using Sentinel-2 Imagery | Laut Pelabuhan Tua Limassol, Cyprus | Mengetahui Citra Satelit Sentinel-2 dapat mengidentifikasi sampah plastik di permukaan laut | Botol plastik dapat diidentifikasi menggunakan sentinel-2 dengan memiliki reflektansi yang lebih tinggi pada Band 6, 7, dan 8. |
| 2. | Bierman et al., (2020) | Finding Plastic Patches in Coastal Waters using Optical Satellite Data | Perairan pesisir Ghana, Amerika Barat laut, Vietnam, dan Pantai Timur Skotlandia | Mengetahui bahwa makroplastik dapat dideteksi oleh Sentinel-2 dan mengklasifikasi makroplastik dan material alami lainnya | Sentinel-2 dalam mendeteksi makroplastik mampu mengklasifikasikan sebagai plastik dengan akurasi 86% |
| 3. | Sakti et al., (2023) | Identification of illegally dumped plastic waste in a highly polluted river in Indonesia using Sentinel-2 satellite imagery | Sungai Rancamanyar, Kabupaten Bandung, Jawa Barat, Indonesia | Mengidentifikasi pembuangan sampah ilegal menggunakan Sentinel-2 dan menggunakan data Adjusted Plastic Index (API) | Kawasan pembuangan sampah ilegal masih dapat diidentifikasi menggunakan Sentinel 2 namun memiliki tingkat akurasi yang rendah |
| 4. | Lavender S., (2022) | Detection of Waste Plastics in the Environment: Application of Copernicus | Bendungan Visegrad, Bosnia; Muara sungai Solo, Indonesia; TPA Srinagar, India; Mekan | Mendeteksi berbagai jenis sampah plastik di perairan dan darat dengan menggunakan data satelit EO serta menilai kesesuaian | Kumpulan data Sentinel-2 dapat mendeteksi sampah plastik. Namun, untuk penggunaan gabungan misi antara Sentinel-1 dan Sentinel-2 |

| No | Penulis | Judul Penelitian | Lokasi Penelitian | Tujuan Penelitian | Hasil Penelitian |
|----|-------------------------------|---|--|---|--|
| | | Earth Observatio n Data | ban, Kuwait; dan Almerria Greenhouse s, Spain | Sentinel 1 dan Senitinel 2 dalam mendeteksi sampah plastik | tidak cocok dalam mendeteksi plastik yang mengambang di perairan karena sampah yang bergerak |
| 5. | Damayanti et al., (2022) | Potential Marine Plastic Debris Detection using Sentinel-2 Multi- Spectral Instrument (MSI) | Wilayah pesisir di Makassar, Indonesia | Mendeteksi potensi sampah plastik dengan Sentinel-2 di laut Makassar menggunakan KNDVI dan FDI | Sentinel-2 mampu mendeteksi sampah plastik dengan menunjukkan KNDVI memiliki indeks (SE 0,38) yang lebih representatif dibandingkan dengan indeks FDI (SE 0,47) |
| 6. | Sannigrahi et al., (2021) | Developme nt of automated marine floating plastic detection system using Sentinel-2 imagery and machine learning models | Laut di Mytilene, Yunani; Limassol, Cypurs; Calabria, Italia; dan Beirut, Lebanon. | Mendeteksi dan mengklasifikasik an plastik terapung di 4 lokasi menggunakan Sentinel-2 dengan 2 model ML yaitu SVM (Support Vector Machine) dan RF (Random Forest) | Indeks KNDVI efektif dan meningkatkan kinerja 2 model tersebut yaitu 80 - 98% untuk model SVM dan 87 - 97% untuk RF sehingga mampu mendeteksi sampah yang mengapung akurasi 99% |
| 7. | Papageorgiou et al. (2022) | Sentinel-2 Detection of Floating Marine Litter Targets with Partial Spectral Unmixing and | Pantai Timur Pulau Levsos | Menganalisis spektral terhadap target FML dan puing- puing alami (papan kayu) serta melakukan perbandingan dan menyelidiki efek biofouling | Biofouling dapat mempengaruhi besaran dan bentuk sinyal FML pada pita RGB serta perendaman juga mempengaruhi sinyal FML |

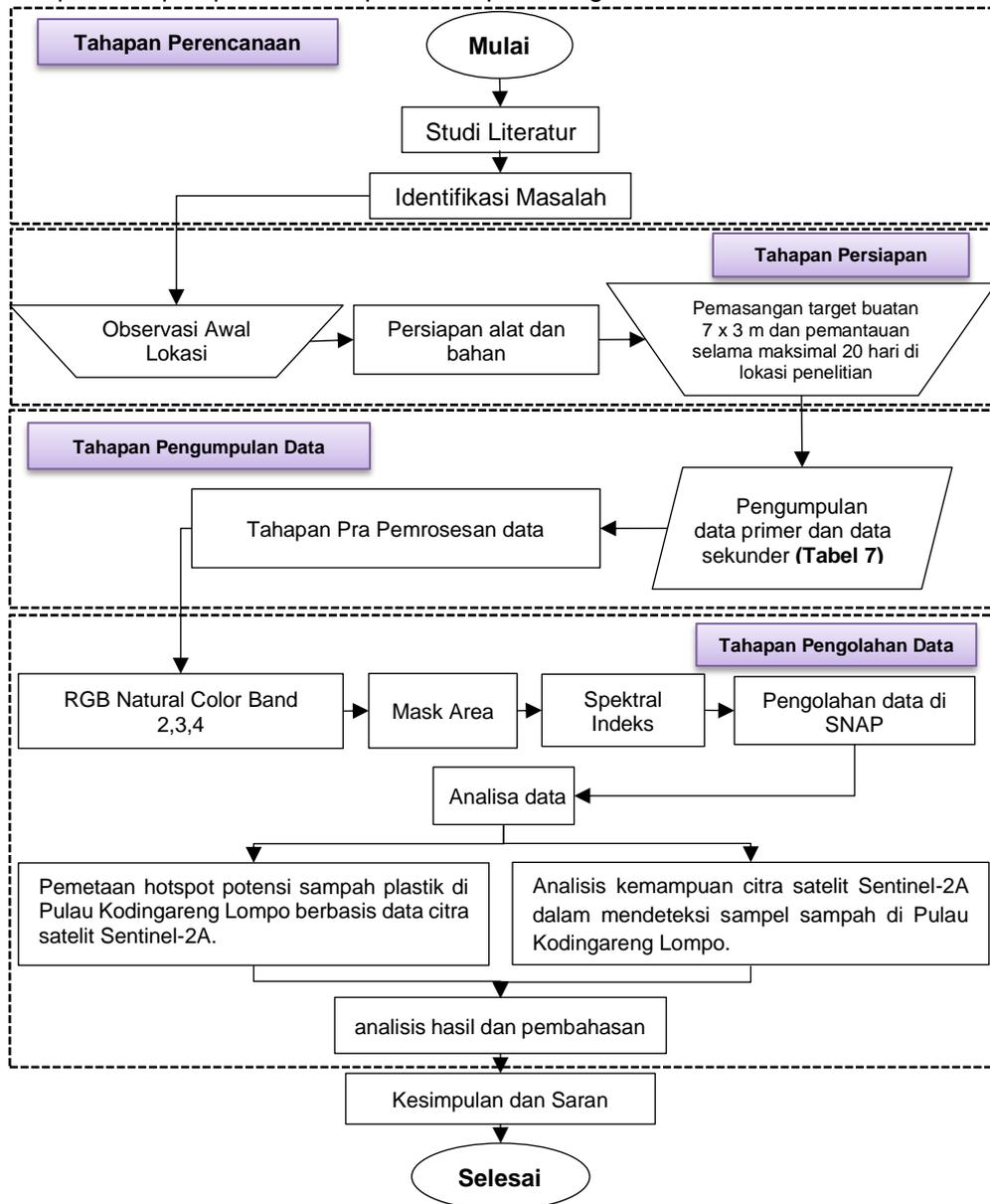
| No | Penulis | Judul Penelitian | Lokasi Penelitian | Tujuan Penelitian | Hasil Penelitian |
|----|----------------------------|---|---|--|---|
| | | Spectral Comparison with Other Floating Materials (Plastic Litter Project 2021) | | dan perendaman pada sinyal spektral FML dalam kondisi lapangan realistis dengan metodologi unmixing parsial | seluruh jangkauan sentinel-2, sedangkan deteksi FML menggunakan metode unmixing parsial berhasil dilakukan dengan fraksi kelimpahan 20% dalam kondisi yang wajar |
| 8. | Topouzelius et al., (2020) | Remote Sensing of Sea Surface Artificial Floating Plastic Targets with Sentinel-2 and Unmanned Aerial Systems (Plastic Litter Project 2019) | Perairan pesisir Lesvos, Yunani, di sekitar Pantai Tsamakia | Memeriksa visibilitas target plastik dari satelit Copernicus Sentinel-2 dan untuk mensimulasikan piksel satelit menggunakan resolusi UAS (Unmanned Aerial Systems) | Pendekatan metodologis tersebut dapat digunakan untuk mendeteksi piksel dengan fraksi kelimpahan PET 25%. Namun, metodologi ini juga tidak konsisten untuk membedakan berbagai jenis puing yang mengapung tetapi untuk deteksi semua jenis target menggunakan signature PET menunjukkan bahwa signature massal dapat digunakan dalam mendeteksi dan mengukur sampah laut yang mengapung |

| No | Penulis | Judul Penelitian | Lokasi Penelitian | Tujuan Penelitian | Hasil Penelitian |
|----|----------------------|---|--|---|--|
| 9. | Zuthi et al., (2023) | Study of Floating Debris in Coastal Water Using Satellite Data | Perairan pesisir dekat Pelabuhan Chittagong, Teluk Benggala, Pantai laut Cox's bazar, dan Chaktai Khal Bangladesh. | Untuk mengidentifikasi sebaran puing-puing yang mengapung di perairan pantai dan untuk menilai plastik dengan menggunakan berbagai indeks | Identifikasi puing-puing dapat terdeteksi akurasi 98% dengan machine learning Random Forest (RF) dan deteksi plastik dengan menggunakan indeks FDI, NDVI, dan PI dapat digunakan untuk membangun kumpulan data citra satelit. |
| 10 | Ciappa, A., (2022) | Marine Litter Detection by Sentinel-2: A Case Study in North Adriatic (Summer 2020) | Adriatik Utara | Untuk menyelidiki keberadaan sampah laut di Adriatik Utara menggunakan Sentinel-2 | Hasil yang diperoleh yaitu sebagian besar materi terapung yang ditemukan adalah tumbuhan dengan klasifikasi menghasilkan piksel vegetasi 59%, piksel terkontaminasi sampah laut 16%, dan 22 % piksel yaitu ambang batas yang berubah-ubah. |

BAB II METODE PENELITIAN/PERANCANGAN

2.1 Diagram Alir Penelitian

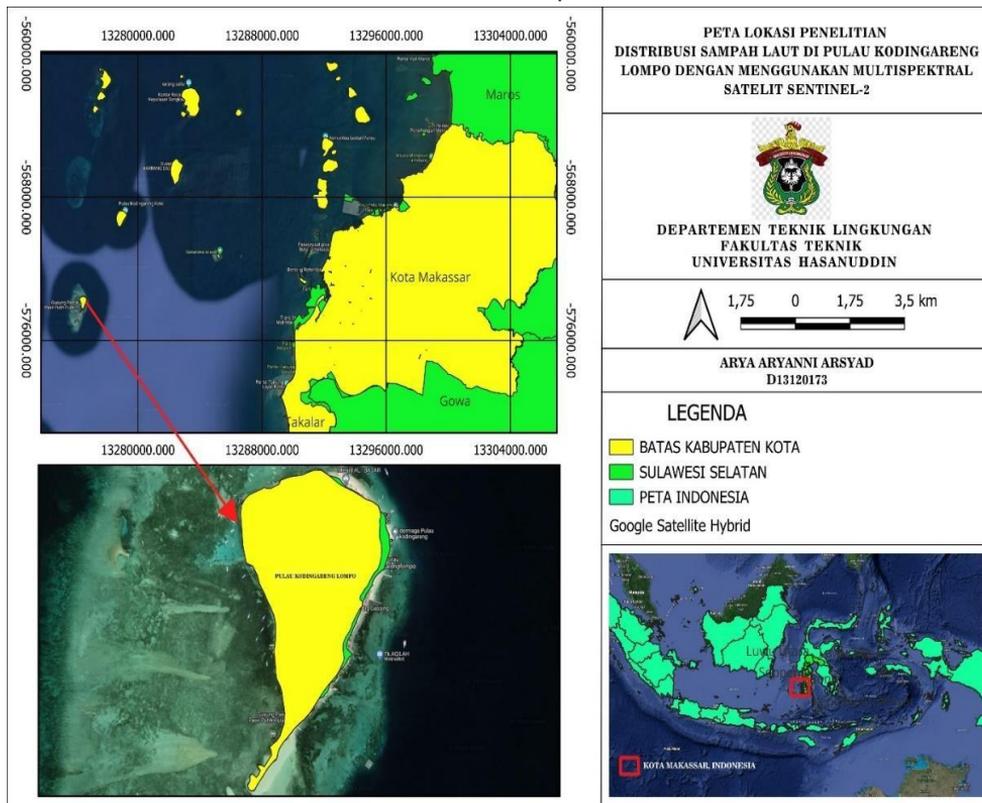
Adapun tahapan penelitian dapat dilihat pada diagram alir berikut:



Gambar 6. Diagram alir penelitian

2.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Waktu penelitian dimulai dari survei lokasi awal pada bulan Juni 2024 dan dilanjutkan dengan pemasangan sampel pada tanggal 17 Juli 2024 sedangkan pengambilan data satelit di Copernicus Open Hub Acces dilakukan setelah pemasangan sampel selama 20 hari yaitu dari tanggal 17 Juli 2024 hingga 1 Agustus 2024. Lokasi penelitian yaitu Pulau Kodingareng Lompo yang merupakan pulau dengan jumlah penduduk yang cukup padat yaitu sekitar 4.984 jiwa yang berpengaruh dalam timbulan sampah yang dihasilkan di pulau tersebut dengan berdasarkan hasil penelitian (Yunus et al., 2023), diperoleh bahwa sebesar 56% masyarakat Pulau Kodingareng Lompo dalam menangani sampahnya yaitu dengan langsung membuang sampah ke laut dengan jenis sampah laut yang paling banyak ditemukan yaitu sampah plastik keras dan sampah plastik lunak. Oleh karena itu, penulis memilih lokasi tersebut dalam mendeteksi sampah.



Gambar 7. Peta lokasi penelitian

Sumber: Qgis, 2024

2.3 Kebutuhan Data

Berikut kebutuhan data yang diperlukan dalam penelitian penulis dapat dilihat pada Tabel 7

Tabel 7. Kebutuhan data penelitian

| No | Jenis Data | Sumber | Keterangan |
|----|---|---------------------------------------|---------------|
| 1. | Data Sentinel-2 MSIL2A https://dataspace.copernicus.eu/ | Copernicus Open Acces Hub | Data Sekunder |
| 2. | Data Shapefile RBI Kota Makassar https://www.indonesia-geospasial.com/2020/01/shp-rbiprovinci-sulawesi-selatan.html | Indonesia-geospasial.com | Data Sekunder |
| 3. | Data Nilai Reflektansi Indeks sampel | Pemasangan sampel dilokasi penelitian | Data Primer |

2.4 Alat dan Bahan Penelitian

Tabel 8. Daftar alat dan bahan

| No | Alat dan bahan | Gambar |
|----|--|--|
| 1 | Jaring 7 x 3 meter yang digunakan sebagai perekat sampah botol plastik |  |
| 2 | Pipa 1½ inch digunakan untuk kerangka sampel |  |

| No | Alat dan bahan | Gambar |
|----|--|--|
| 3 | Bambu digunakan sebagai penopang kerangka pipa tidak patah |  A photograph showing a bundle of light-colored bamboo poles, standing upright and slightly curved, used as structural supports. |
| 4 | Tali 2 mm digunakan sebagai perekat sampel botol plastik dengan kerangka |  A photograph of a roll of bright blue, braided twine, used for binding samples. |
| 5 | Sampah botol plastik 1,5 L sebagai bahan penelitian |  A photograph of a wall constructed from numerous discarded 1.5-liter plastic bottles, used as a research material. |
| 6 | Meteran digunakan untuk pembuatan kerangka sampel |  A photograph of a yellow and black Stanley tape measure, used for measuring the sample frame. |

| No | Alat dan bahan | Gambar |
|----|--|--|
| 7 | Semen digunakan sebagai pemberat kerangka agar tetap di titik penelitian |  |
| 8 | Kerikil digunakan sebagai campuran semen untuk pemberat/jangkar |  |
| 9 | Gergaji digunakan untuk memotong pipa dan bambu |  |
| 10 | Lampu kapal sinyal yang digunakan untuk mencegah agar sampel tidak tertabrak oleh kapal melintas di malam hari |  |

| No | Alat dan bahan | Gambar |
|----|---|---|
| 11 | Pipa Konektor untuk menghubungkan antarapipa |  |
| 12 | Kamera digunakan untuk mengambil dokumentasi pembuatan hingga pemasangan sampel di laut |  |
| 13 | Perahu digunakan sebagai transportasi membawa sampel ke tengah laut |  |

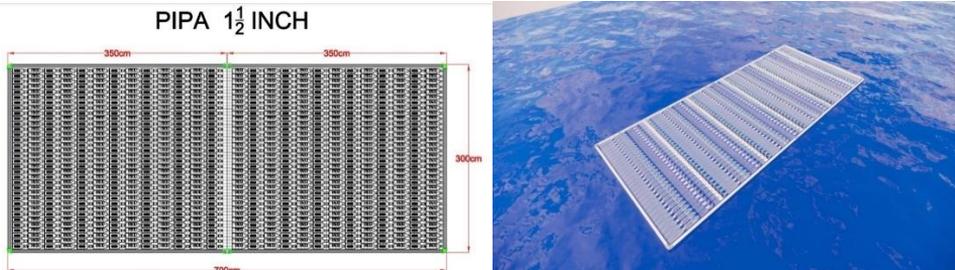
2.5 Prosedur Tahapan Penelitian

2.5.1 Perencanaan desain sampel

Perencanaan desain sampel dalam penelitian ini bertujuan untuk menentukan apakah sampah plastik dapat diidentifikasi menggunakan citra satelit Sentinel-2. Sentinel-2 memiliki resolusi spasial 10 x 10 meter, yang berarti mampu menangkap objek detail objek atau fitur berukuran kecil di permukaan bumi, termasuk di laut. Berdasarkan penelitian oleh (Bierman L et al., 2020), resolusi ini mampu untuk mendeteksi fitur-fitur kecil seperti sampah plastik yang terapung di lautan yang merupakan salah satu permasalahan lingkungan.

Berdasarkan (Themistocleous et al., 2020) yang menggunakan ukuran sampel 10 x 3 meter dan hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa sampel dengan ukuran tersebut dapat teridentifikasi dengan baik menggunakan citra satelit Sentinel-2 sehingga menyarankan untuk mengidentifikasi sensitivitas citra satelit

Sentinel-2 menggunakan target plastik lebih kecil dari 10 meter, sehingga berdasarkan hal tersebut penelitian ini menggunakan ukuran sampel 7 x 3 meter untuk menguji apakah fitur yang lebih kecil dapat terdeteksi oleh Sentinel-2. Pemilihan ukuran 7 x 3 meter juga mempertimbangkan *representative* untuk menggambarkan fitur plastik yang umum ditemukan di laut dan mempertimbangkan masalah kompleksitas di lapangan yang memiliki beberapa faktor yaitu arus dan gelombang yang dapat berpotensi menyebabkan pergeseran dan terpecah.



Gambar 8. Desain sampel botol plastik

Sumber: AutoCAD, 2024

2.5.2 Pembuatan sampel botol plastik

Untuk mengidentifikasi sampah plastik di permukaan laut maka dalam penelitian ini membuat target sampah plastik berukuran 7 x 3 meter yang terbuat dari kumpulan botol plastik 1,5 liter (Gambar 9) yang bertujuan untuk meniru kumpulan sampah plastik laut mengapung di laut. Target botol plastik yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 620 botol plastik yang diikat dengan tali dan dibingkai dengan pipa PVC serta bambu untuk memperkuat kerangka.

Berdasarkan (Sekretariat Rencana Aksi Nasional Penanganan Sampah Laut, 2019; Utama et al., 2023) menyatakan bahwa secara global sampah plastik adalah komposisi sampah yang paling banyak atau yang mendominasi permasalahan pencemaran laut yaitu mencapai 60-80% dari jumlah total dimana berdasarkan ICC menemukan bahwa sebesar 10% sampah laut adalah botol plastik.



Gambar 9 Proses pembuatan sampel botol plastik

Sumber: Dokumentasi penulis, 2024



Gambar 10. Sampel botol plastik
Sumber: Dokumentasi penulis, 2024

2.5.3 Metode pengambilan data

Berdasarkan Tabel 7, maka metode pengambilan data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan data sentinel 2 MSI dengan terdapat 2 data yaitu Level 2A dan Level 1C, masing-masing dengan perbedaan dalam koreksi atmosfer yang mempengaruhi jenis analisis yang dapat dilakukan. Level-1C adalah produk citra ortoimage dalam format *Top-Of-Atmosphere* (TOA) dan belum terkoreksi atmosfer. Data ini akan lebih ideal untuk aplikasi di mana kondisi atmosfer tidak mempengaruhi hasil analisis, seperti pemantauan pola luas vegetasi.

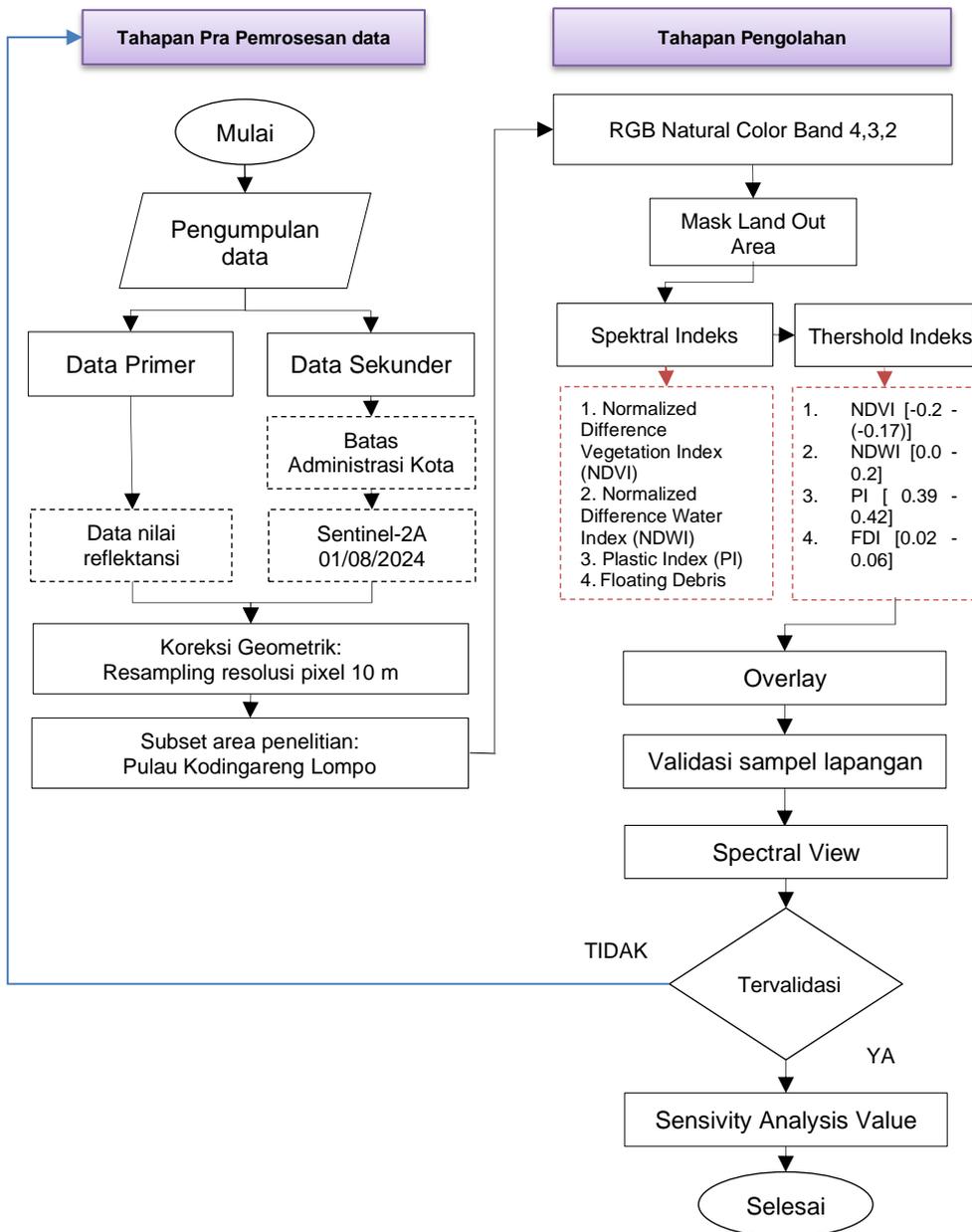
Sebaliknya, Level-2A menyediakan data yang telah melalui koreksi atmosfer dan klasifikasi pemandangan. Pemrosesan ini mencakup koreksi atmosfer pada data TOA Level-1C untuk menghasilkan produk *Bottom-Of-Atmosphere* (BOA). Produk BOA ini memberikan reflektansi yang lebih akurat di permukaan bumi (ESA, 2013). Data tersebut diperoleh dari web Copernicus Open Hub Acces <https://dataspace.copernicus.eu/>. Berikut alur pengambilan data dapat dilihat pada diagram berikut:



Gambar 11. Metode pengambilan data

2.5.4 Metode pengolahan data

Adapun metode pengolahan data dalam penelitian dapat dilihat pada diagram alir berikut:



Gambar 12. Bagan alir pengolahan data di SNAP

- a. Koreksi geometrik
Koreksi geometrik dilakukan agar menghasilkan citra dengan posisi piksel citra yang sesuai dengan koordinat geospasial yang benar, mengurangi kesalahan akibat distorsi, dan menyiapkan citra agar dapat digunakan sebagai peta yang ideal untuk analisis geospasial dan pemetaan serta memperbaiki posisi piksel agar mencerminkan lokasi objek yang sebenarnya sehingga citra yang telah dikoreksi geometrik menampilkan gambaran yang lebih akurat dari objek-objek yang ada (Lukiawan et al., 2019).
- b. Subset area
Subset area dalam penelitian ini berfungsi sebagai memotong citra agar fokus pada area penelitian dan mempermudah visualisasi dan interpretasi data serta mengurangi ukuran data yang akan diproses (Jaelani, 2020).
- c. RGB *Natural Color band 4,3,2*
Penggunaan RGB *natural color band 4,3,2* berfungsi untuk memberikan visualisasi citra satelit sentinel-2 menyerupai warna alami yang realistis sehingga membantu mengidentifikasi objek-objek yang terlihat jelas, seperti vegetasi, laut, bangunan, dan sebagainya (Papilaya, 2022).
- d. *Mask Land Out Area*
Mask Land/out area dilakukan untuk membedakan atau mengekstraksi area daratan dari lautan pada citra satelit sentinel-2 sehingga proses interpretasi spektral dapat lebih akurat dan mencegah nilai spektral dari objek daratan yang dapat mempengaruhi hasil analisis dalam penelitian (Pincta Milenia et al., 2021).
- e. *Spectral view*
Spectral view merupakan analisis yang sangat penting dalam penelitian ini yang berfungsi untuk menampilkan grafik respons spektral dari piksel atau area tertentu pada citra, sehingga memudahkan identifikasi karakteristik spektral objek penelitian ini yaitu sampah plastik pada panjang gelombang dan reflektan tertentu (ESA, 2023).
- f. Overlay
Overlay dilakukan untuk menggabungkan beberapa lapisan data, sehingga dapat meningkatkan keakuratan dan memberikan visualisasi data secara komprehensif dalam mendeteksi objek dalam penelitian ini yaitu sampah plastik mengapung (Erfani et al., 2023).

2.5.5 analisa data

Sentinel-2 memiliki 13 *band* dengan panjang gelombang yang berbeda-beda, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 9. Band sentinel 2 dan panjang gelombangnya

| Sentinel-2 | Band | Central (nm) | Resolution (m) |
|------------|----------------|--------------|----------------|
| B01 | <i>Aerosol</i> | 443 | 60 |
| B02 | <i>Blue</i> | 490 | 10 |

| Sentinel-2 | Band | Central (nm) | Resolution (m) |
|------------|---------------------|--------------|----------------|
| B03 | <i>Green</i> | 560 | 10 |
| B04 | <i>Red</i> | 665 | 10 |
| B05 | <i>Red Edge</i> | 705 | 20 |
| B06 | <i>Red Edge 2</i> | 740 | 20 |
| B07 | <i>Red Edge 3</i> | 783 | 20 |
| B08 | <i>NIR</i> | 842 | 10 |
| B8A | <i>VNIR</i> | 865 | 20 |
| B09 | <i>Water Vapour</i> | 940 | 60 |
| B10 | <i>SWIR Cirrus</i> | 1375 | 60 |
| B11 | <i>SWIR 1</i> | 1610 | 20 |
| B12 | <i>SWIR 2</i> | 2190 | 20 |

Sumber: SNAP, 2024

Beberapa indeks yang digunakan peneliti sebelumnya untuk mengekstraksi dalam mendeteksi sampah plastik mengapung di laut dapat dilihat seperti Tabel 5

Tabel 10. Indeks - indeks yang digunakan peneliti sebelumnya

| NDVI | NDWI | PI | FDI | WRI | MNDWI | AWEI | SR | RNDVI | Reference |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------------------------|
| x | | x | x | | | | | | Baral, 2023 |
| x | | | x | | | | | | Bierman L et al., 2020 |
| x | x | x | x | x | x | x | x | x | Themistocleous et al., 2020 |
| x | | x | | | | | | | Sakti et al, 2023 |
| x | x | | | | | | | | Lavender S, 2022 |
| | | | x | | | | | | Damayanti et al., 2022 |
| x | | x | x | | | | | | Sannigrahi et al., 2021 |
| x | | | x | | | | | | Papageorgiou et al., 2022 |
| x | | | x | | | | | | Mohsen A et al., 2023 |
| x | x | x | | x | x | x | x | x | Kalogorio, E et al., 2023 |
| 9 | 3 | 5 | 7 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | total |

Berdasarkan tabel 5 diperoleh bahwa terdapat 4 indeks spektral yang umum digunakan dalam mendeteksi sampah plastik di laut, sehingga dalam penelitian ini penulis memilih 4 indeks tersebut, yaitu sebagai berikut:

a. *Normalized Difference Vegetatiton Index* (NDVI)

Indeks NDVI sering digunakan dalam penelitian lingkungan untuk

membedakan antara berbagai jenis objek di permukaan bumi, termasuk air laut, rumput, material kayu, busa laut, dan batu apung (Bierman L et al., 2020). Berdasarkan penelitian oleh (Bierman L et al., 2020), NDVI mampu mengidentifikasi perbedaan karakteristik reflektansi dari objek-objek tersebut, sehingga berguna dalam analisis permukaan yang kompleks seperti lautan yang terkontaminasi oleh sampah plastik. NDVI memerlukan koreksi agar lebih sensitive terhadap fitur-fitur selain vegetasi, seperti sampah plastik yang memiliki sifat spectral yang berbeda. Hal ini berlaku dalam area yang terdapat vegetasi atau lahan terbuka, di mana reflektansi plastik dapat bercampur dengan reflektansi dari vegetasi yang tinggi. Menurut (Sakti et al., 2023) menunjukkan bahwa koreksi NDVI perlu diterapkan agar formula Plastic Index (PI) lebih sensitive terhadap jenis material yang berbeda, khususnya dalam perbedaan antara plastik dan material alam seperti vegetasi atau air.

Untuk mendeteksi sampah plastik lebih akurat, penelitian ini menggunakan rentang nilai batasan reflektansi spesifik NDVI dalam mendeteksi sampah plastik mengapung, yaitu berkisar 0.0 – 0.2 untuk mengidentifikasi area non-vegetasi. Berdasarkan (Ashby, 2023), menjelaskan bahwa rentang nilai NDVI adalah – 1 hingga 1. Nilai negatif NDVI (nilai mendekati -1) berhubungan dengan air. Nilai yang mendekati 0 (-0.1 hingga 0.1) umumnya berhubungan dengan daerah tandus berbatu, berpasir, atau bersalju. Dalam penelitian ini, menggunakan rentang NDVI antara 0.0 hingga 0.2 untuk mengidentifikasi area non vegetasi yang mungkin berisi sampah. Nilai positif yang rendah dalam rentang ini menunjukkan bahwa area tersebut tidak memiliki tutupan vegetasi yang signifikan dan dapat mencerminkan kondisi lahan yang terpengaruh oleh manusia. Nilai positif > 0.2 biasanya menunjukkan keberadaan vegetasi, seperti semak dan padang rumput, sehingga dalam penelitian ini rentang 0.0 – 0.2 sebagai indikator untuk deteksi sampah sebagai non vegetasi.

$$NDVI = \frac{(B08-B04)}{(B08+B04)} \quad (1)$$

Keterangan:

B04 = Red

B08 = NIR

b. *Normalized Difference Water Index (NDWI)*

Indeks NDWI digunakan secara luas dalam pemetaan wilayah perairan dan sangat efektif untuk meningkatkan kontras antara air dan objek non air termasuk sampah terapung. Berdasarkan (Themistocleous et al., 2020), NDWI membantu memperjelas perbedaan antara air yang memiliki nilai reflektansi rendah di panjang gelombang inframerah dekat (NIR) dan objek non air yang cenderung memiliki nilai reflektansi lebih tinggi dipanjang gelombang yang sama.

Dalam penelitian ini, deteksi sampah di perairan menggunakan nilai reflektansi pada rentang 0.0 - 0.2 untuk mengekstaksi deteksi sampah plastik.

Pemilihan rentang ini didasarkan pada hasil studi lapangan yang menunjukkan bahwa plastik memiliki sifat reflektansi unik, terutama dalam kondisi terapung di air, yang berbeda dari objek lain seperti vegetasi atau kayu yang mungkin juga terapung di permukaan air. Berdasarkan (Wikipedia Contributors, 2024), menjelaskan bahwa penerapan NDWI dengan fokus pada perbedaan reflektansi antara 0.0 hingga 0.2 membantu meningkatkan deteksi kontras antara air dan material non-air yang terapung.

$$NDWI = \frac{(B03 - B08)}{(B03 + B08)} \quad (2)$$

Keterangan:

B03 = *Green*

B08 = NIR

c. *Plastic Index (PI)*

Indeks PI digunakan untuk mengidentifikasi potensi keberadaan sampah plastik di permukaan air dengan memanfaatkan karakteristik spektral khas dari plastik. Menurut (Themistocleous et al., 2020), indeks PI mampu membedakan sampah plastik dari objek lain berdasarkan nilai reflektansi yang spesifik. Dalam penelitian ini deteksi sampah plastik menggunakan indeks PI memiliki nilai batasan reflektansi untuk mengekstraksi deteksi sampah plastik di perairan berkisar 0.39 – 0.42.

$$PI = \frac{B08}{(B08 + B04)} \quad (3)$$

Keterangan:

B04 = *Red*

B08 = NIR

d. *Floating Debris Index (FDI)*

Indeks FDI digunakan untuk mendeteksi sampah plastik yang mengapung di permukaan air dengan kinerja tinggi. Indeks ini bekerja dengan membandingkan perbedaan spektral antara berbagai Panjang gelombang, khususnya di spektrum inframerah dekar (NIR), yang dapat memperkuat deteksi objek terapung seperti plastik. Menurut (Bierman L et al., 2020), nilai FDI sangat bergantung pada komposisi material yang Menyusun piksel tertentu. Semakin tinggi konsentrasi material plastik dalam satu piksel, semakin tinggi pula nilai FDI yang dihasilkan.

Dalam penelitian ini, penggunaan indeks FDI untuk mendeteksi sampah plastik menggunakan nilai batasan untuk mengekstraksi deteksi sampah plastik yaitu berkisar 0.02 – 0.06 (Bierman L et al., 2020; Damayanti et al., 2022) . Rentang tersebut mencerminkan karakteristik reflektansi plastik pada Panjang gelombang tertentu, yang memungkinkan plastik untuk dibedakan dari objek lain seperti air, vegetasi, atau material lain yang ada di laut. Nilai batasan reflektansi ini digunakan untuk menyaring piksel yang mengandung plastik, meningkatkan akurasi deteksi, dan meminimalkan false positive dari

objek lain yang terlihat serupa dalam citra satelit.

$$FDI = R_{NIR} - R'_{NIR} \quad (4)$$

$$R'_{NIR} = R_{RE2} + (R_{SWIR1} - R_{RE2}) \times \frac{(\Delta NIR - \Delta RED)}{(\Delta SWIR - \Delta RED)} \quad (5)$$

$$FDI = B08 - (B06 + (B11 - B06) \times \frac{(842 - 665)}{(1610 - 665)}) \times 10 \quad (6)$$

Keterangan:

| | |
|-----|--------------|
| B04 | = Red |
| B06 | = Red Edge 2 |
| B08 | = NIR |
| B11 | = SWIR 1 |

Tabel 11. Batasan nilai reflektansi indeks

| Indeks | Nilai Reflectance | Referensi |
|--------|-------------------|--------------------------------|
| NDVI | 0.0 – 0.2 | (Ashby, 2023) |
| NDWI | 0.0 – 0.2 | (Wikipedia Contributors, 2024) |
| PI | 0.39 – 0.42 | (Themistocleous et al., 2020) |
| FDI | 0.02 – 0.06 | (Bierman L et al., 2020) |

e. *Sensitivity Analysis Value (SAV)*

Dalam mengukur tingkat akurasi indeks yang akan diterapkan dalam mendeteksi sampah plastik mengapung di laut maka penelitian ini menggunakan *Sensitivity Analysis Value (SAV)*. SAV yang digunakan untuk memvalidasi indeks yang memiliki kemampuan terbaik dalam mendeteksi sampah plastik di air dari indeks yang digunakan yang dihitung menggunakan nilai diskriminatif (DV) yang dikalikan dengan jumlah piksel yang terdeteksi (NPD) di area penelitian lalu dibagi dengan nilai maksimum (Dmax) dikurangi dengan nilai minimum (Dmin) yang terdeteksi untuk masing-masing indeks (Damayanti et al., 2022; Themistocleous et al., 2020). Persamaan tersebut dinyatakan dalam persamaan 7

$$SAV = \frac{(DV \times NPD)}{(D_{max} - D_{min})} \quad (7)$$

$$DV = \sqrt{(x_1 - x_2)^2} \quad (8)$$

Keterangan:

| | |
|------|-------------------------------------|
| DV | = Discriminant Value |
| NPD | = Number of Plastic Pixels Detected |
| Dmax | = Index Max Value |
| Dmin | = Index Min Value |
| X1 | = mean plastic |
| X2 | = mean air |