

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan sebuah negara maritim dengan kawasan laut yang lebih luas daripada daratannya. Keuntungan memiliki kawasan laut yang lebih luas yaitu dapat menjadikan Indonesia sebagai negara poros maritim dunia. Tercatat dalam Undang-Undang Nomor 6 Tahun 1996 tentang Perairan Indonesia, luas lautan yang dimiliki yaitu kurang lebih mencapai 6,4 juta km² dibandingkan dengan wilayah daratannya yang luasnya hanya 1,9 juta km² (Hidayat, 2024). Sebagai negara yang memiliki kawasan laut yang luas, Indonesia juga memiliki potensi sumber daya laut yang melimpah baik berupa sumber daya terbarukan (*renewable resource*), sumber daya tidak terbarukan (*non-renewable resource*), dan jasa lingkungan (*environmental service*) sehingga menjadi wilayah yang strategis dalam bidang maritim dunia, salah satu contohnya sebagai arah lajur perdagangan laut global serta rekayasa pesisir dan lepas pantai lainnya karena didukung dengan lokasi geografis yang strategis serta berbentuk kepulauan dan diapit oleh benua Asia dan Benua Australia termasuk oleh Samudera Hindia dan Samudera Pasifik (Agung & Arief, 2017; Syahrin, 2018; Ali dkk., 2020).

Keadaan maritim Indonesia yang memiliki banyak wilayah lautan dapat menjadi potensi yang baik untuk dikembangkan secara masif, hal tersebut dikarenakan banyaknya potensi sumber daya alam yang sangat strategis seperti pengembangan ekowisata bawah laut, eksplorasi energi bawah laut, dan pengembangan infrastruktur penunjang ekonomi lautan lainnya seperti pelabuhan baik dalam skala kecil maupun besar. Salah satu wilayah yang berpotensi dapat mengembangkan hal tersebut yaitu Pulau Laut. Pulau Laut merupakan pulau yang termasuk bagian administratif dari Kabupaten Kotabaru serta memiliki potensi untuk dikembangkan dalam berbagai bidang yang saat ini belum dapat dioptimalkan (Baharuddin dkk., 2011; Sofia & Baharuddin, 2020).

Kabupaten Kotabaru terbagi menjadi dua wilayah utama, yaitu berada di Pulau Kalimantan yang memiliki potensi industri perkebunan dan juga berada di Pulau Laut yang menjadi pusat kota dan memiliki potensi dari segi perkebunan, pertambangan, dan kawasan pesisir yang potensial untuk dikembangkan seperti

halnya Teluk Tamiang. Teluk Tamiang terletak di sebelah selatan Pulau Laut dan menjorok ke arah daratan Tanjung Selayar serta memiliki potensi yang strategis dalam aspek sumberdaya laut dan pesisir seperti pengembangan pelabuhan, ekowisata bawah laut, dan budidaya perikanan tangkap (Jannah dkk., 2019; Salim dkk., 2021).

Teluk Tamiang memiliki tipe wilayah perairan semi tertutup dan dangkal yang terbagi menjadi kawasan teluk utama serta perairan bagian barat yang mana memiliki hubungan masukan dengan Selat Jawa di sebelah selatan. Perairan Teluk Tamiang memiliki profil kedalaman laut yang dangkal serta memiliki distribusi sedimen *fluvial* dan *marine* yang menyebabkan warna perairannya berwarna coklat muda (tidak jernih) dan biru muda (jernih). Berdasarkan penelitian oleh Pratiwi dkk (2020), profil kedalaman di Teluk Tamiang memiliki profil yang datar dengan kedalaman 0 – 9 meter dengan dominasi kontur interval kemiringannya berada pada angka 0 – 1 meter, sehingga berdasarkan klasifikasi yang dituangkan oleh Van Zuidam (1985) termasuk dalam kelas datar (0 – 2 %) dan tidak ada denudasi di dalam perairannya. Hal tersebut menunjukkan bahwasanya kondisi eksistingnya sesuai dengan pengamatan berdasarkan citra pada platform *Google Earth* yang menunjukkan pesisir sepanjang Pulau Laut terutama Teluk Tamiang termasuk ke dalam tipe perairan dangkal (Pratiwi dkk., 2020; Syaefudin, 2006).

Profil kedalaman suatu perairan menjadi sebuah informasi yang penting untuk mengidentifikasi potensi awal suatu lautan khususnya untuk pengembangan budidaya ikan tampak, ekowisata, dan rekayasa pembangunan kepelabuhan bahkan jalur laut untuk perdagangan maupun transportasi (Afifa dkk., 2018; Purwanto dkk., 2018). Kedalaman laut juga merupakan indikator komprehensif yang berguna untuk mengidentifikasi bentuk serta karakteristik perairan dangkal maupun perairan dalam, baik pesisir maupun laut teritorial. Proses untuk mendapatkan data kedalaman laut, diperlukan teknik ekstraksi data batimetri (kedalaman dan karakteristik) baik pengukuran secara langsung dengan menerjunkan rambu ke dalam laut dan pengukuran menggunakan gelombang sonar seperti survei hidrografi (*insitu*) maupun dengan cara jarak jauh tanpa datang langsung ke lapangan (*remote*) menggunakan citra satelit penginderaan jauh (Anida dkk., 2020; Nurkhayati & Khakhim, 2013).

Pengukuran secara langsung seperti survei hidrografi merupakan teknik yang dilakukan dengan cara mengukur kedalaman dan karakteristik lautan menggunakan alat hidroakustik seperti *Single-Beam Echo Sounders* (SBES), *Multi-Beam Echo Sounders* (MBES), *Airbone Lidar Bathymetry* (ALB), dan perangkat yang berteknologi LiDAR. Penggunaan alat survei hidrografi teknologi *sounding* dan *sonar* banyak menemui kendala yang harus dihadapi. Kendala terbesar yaitu pada estimasi biaya yang tinggi untuk dapat mengoperasikan alat tersebut dengan cakupan area pemetaan yang tidak luas atau sempit. Selain biaya yang tinggi, waktu yang diperlukan sangatlah panjang. Selain itu, proses membawa alat menuju wilayah yang akan dipetakan juga menjadi faktor pertimbangan lainnya dapat dipastikan akan memakan biaya yang besar serta waktu perjalanan yang tentunya juga lama (Munawaroh dkk., 2023; Qolbiyatun dkk., 2023).

Alternatif dari survei hidrografi yaitu ekstraksi menggunakan data penginderaan jauh yang dikenal dengan nama *satellite-derived bathymetry* (SDB) atau “ekstraksi batimetri dari satelit” yang dilakukan dari jarak jauh (*on studio*) tanpa perlu datang ke lokasi pengukuran. *Satellite-derived bathymetry* memanfaatkan pengolahan citra multispektral dan hyperspektral ataupun citra sensor pasif lainnya untuk mendapatkan informasi mengenai kedalaman perairan laut, terutama pada kajian perairan dangkal. Teknik ini memiliki beberapa macam algoritma salah satunya yang muncul semenjak pertama kali dilakukan penelitian mengenai *Satellite Derived Bathymetry* menggunakan *spectral band* (Gao, 2009; Jupp, 1988) atau *band ratio* pada *multispectral imagery* (Kanno & Tanaka, 2012; Lyzenga, 1978; Stumpf dkk., 2003).

Satellite-derived bathymetry berhasil memetakan kawasan perairan dangkal sebelah utara pulau Jawa, Sumatera, maupun Bali dan Nusa Tenggara dengan menggunakan citra resolusi menengah seperti Landsat-8 dan Sentinel-2, hingga resolusi sangat tinggi seperti Pleiades-1 dan Worldview-3 dengan band tampak dan band NIR berdasarkan pada beberapa penelitian terdahulu. Hasilnya, teknik ekstraksi data oleh citra hanya bisa optimal menembus sampai dengan kedalaman 20 meter di bawah permukaan air laut. Ketelitian yang dihasilkan memiliki rentang geostatistik *root mean square error* (RMSE) antara 1 hingga 10. Data titik kedalaman terutama dalam uji *root mean square error* (RMSE) harus

memakai data titik kedalaman *insitu* atau menggunakan data *sounding* untuk mendapatkan data empiris yang terpercaya. Penggunaan citra resolusi yang tinggi dan *processing* seperti menghilangkan *sunlint* (efek kilau matahari) serta algoritma empiris layaknya algoritma batimetri empiris Stumpf juga dapat meningkatkan kualitas data sehingga dapat dipercaya sebagai hipotesis awal (Bayuaji dkk., 2022; Nugraha dkk., 2022; Prayogo & Basith, 2020).

Proses ekstraksi data kedalaman empiris merupakan cara dalam *satellite-derived bathymetry* yang umum digunakan. Ekstraksi tersebut menggunakan komputasi algoritma yang dikembangkan pada penelitian Stumpf (2003) yaitu algoritma Stumpf. Algoritma Stumpf menggunakan pendekatan rasio dalam pengoperasiannya dengan penggabungan dua band tampak dan direferensikan pada band NIR. Secara persamaan yang telah dibangun, band yang digunakan merupakan band biru dan band hijau. Hasil dari algoritma tersebut dapat mendeteksi kedalaman perairan sampai pada kedalaman tertentu yang pastinya masih dalam kategori perairan dangkal dan tidak lebih dari kedalaman 20 meter (Aji dkk., 2020; Bayuaji dkk., 2022; Safi'i & Dewi, 2020).

Data kedalaman haruslah dibagi menjadi dua sampel dengan keberuntukkan berbeda, yaitu data *training* dan uji ketelitian. Keduanya memiliki peruntukkan yang berbeda sehingga dapat dibedakan pula jenis datanya. Data *training* dibutuhkan untuk dapat mengekstrak kedalaman berdasarkan *pixel value* pada citra, kemudian data uji ketelitian digunakan untuk menguji secara geostatistik seberapa besar error yang dihasilkan dari ekstraksi *satellite-derived bathymetry*. Data kedalaman sebaiknya memakai data kedalaman *insitu* hasil pemeruman SBES yang terkoreksi *mean sea level* dan telah ditransfer level pada acuan *chart datum*. Namun, terdapat data kedalaman perairan terkoreksi seperti *Navionics Sonarchart* sebagai alternatif data *training* jika data *insitu* belum mampu memenuhi kebutuhan dari *purposive sampling* dalam penelitian (Akhrianti dkk., 2019; Mahestro dkk., 2023; Prayogo & Basith, 2020).

Navionics Sonarchart sebagai alternatif data *training* memiliki bentuk yang hampir serupa dengan peta *electic nautical chart* (ENC) dengan menampilkan kontur kedalaman 0,5 meter dan telah terkoreksi *lower low water level* (LLWL). Data tersebut dikeluarkan oleh Garmin dengan cara mengumpulkan data dari

beberapa penyedia hidrografi pada setiap negara di seluruh dunia. Sejauh ini, data *Navionics Sonarchart* lebih sering dipakai oleh para pelaut yang ada di Indonesia sebagai pengganti peta *electric nautical chart* (ENC) yang dikeluarkan oleh Pusat Hidro-Oceanografi TNI Angkatan Laut sehingga dapat dipertimbangkan untuk dijadikan sebagai data *training sample* untuk menghasilkan estimasi kedalaman (Raguso, 2020).

Proses yang dilakukan diakhir setelah estimasi kedalaman yang akan menjadi sebuah model kedalaman tidak terlepas dari adanya proses pendugaan. Pendugaan dalam geospasial dibentuk melalui geostatistik sehingga menghasilkan sebuah bentuk model yang utuh karena konsep suatu wilayah dilokasi tertentu biasanya dipengaruhi oleh wilayah sekitarnya. Pada *satellite-derived bathymetry*, hasil estimasi kedalaman menggambarkan bentuk kedalaman yang variatif dan tidak lazim sebagai layaknya profil kedalaman karena estimasi yang dihasilkan hanya mengandalkan kekuatan band yang mampu menembus air, sedangkan ketika citra menembus air, maka pada setiap titiknya akan terjadi pembiasan dan menghasilkan ketidakrataan yang signifikan pada setiap piksel kedalamannya. Oleh karena itu, proses pendugaan dapat dijadikan sebagai metode untuk menghasilkan pemetaan awal bentuk profil kedalamannya, salah satunya yaitu pendugaan interpolasi kriging yang menggunakan nilai lokasi terukur untuk menduga nilai pada lokasi yang tidak terukur dengan menggunakan semivariogram untuk memperoleh nilai pembobot yang optimal (Adelia, 2017; Anselin & Rey, 2010).

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan termasuk kajian lokasi serta meningkatnya kebutuhan ekstraksi data kedalaman secara cepat dan murah pada kawasan strategis di Teluk Tamiang, maka peneliti mencoba metode estimasi dengan cara menguji teori persamaan algoritma batimetri empiris Stumpf yang hasilnya diinterpolasikan dengan Kriging dan dipilih berdasarkan satu diantara tiga model semivariogram terbaik (*exponential, gaussian, speherical*) berdasarkan uji *root mean square error* (RMSE) untuk menghasilkan peta kedalaman awal. Oleh karena itu, peneliti akan melakukan penelitian dengan judul “Pemetaan Awal Kedalaman Perairan Dangkal di Teluk Tamiang Kabupaten Kotabaru Kalimantan Selatan Menggunakan *Pleïades 1B Satellite-Derived Bathymetry*”.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana algoritma batimetri Stumpf pada *Pleiades 1B Satellite-Derived Bathymetry* dapat mengekstraksi kedalaman perairan dangkal di Teluk Tamiang Kabupaten Kotabaru?
2. Bagaimana hasil ketelitian *Pleiades 1B Satellite-Derived Bathymetry* berdasarkan tiga model semivariogram interpolasi kriging dalam memetakan kedalaman perairan dangkal di Teluk Tamiang Kabupaten Kotabaru?
3. Bagaimana estimasi awal dari *Pleiades 1B Satellite-Derived Bathymetry* berdasarkan semivariogram interpolasi kriging terbaik untuk pemetaan kedalaman perairan dangkal di Teluk Tamiang Kabupaten Kotabaru?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis hasil algoritma batimetri Stumpf pada *Pleiades 1B Satellite-Derived Bathymetry* untuk mengekstraksi kedalaman perairan dangkal di Teluk Tamiang Kabupaten Kotabaru.
2. Membandingkan hasil ketelitian *Pleiades 1B Satellite-Derived Bathymetry* berdasarkan tiga model semivariogram interpolasi kriging untuk memetakan kedalaman perairan dangkal di Teluk Tamiang Kabupaten Kotabaru.
3. Menganalisis hasil estimasi awal dari *Pleiades 1B Satellite-Derived Bathymetry* berdasarkan semivariogram interpolasi kriging terbaik untuk pemetaan kedalaman perairan dangkal di Teluk Tamiang Kabupaten Kotabaru.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat merupakan aspek yang penting dalam penelitian, karena penelitian bisa dianggap berguna jika memiliki manfaat didalamnya. Maka dari itu, hasil penelitian ini diharapkan memiliki beberapa manfaat yaitu sebagai berikut:

1. Manfaat Teoretis
 - a) Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa informasi dan pengetahuan baru mengenai pemanfaatan citra untuk kajian *satellite-derived bathymetry* menggunakan algoritma batimetri empiris Stumpf yang dapat menjadi sebuah rujukan pustaka dalam penelitian-

penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan pemetaan kedalaman laut pada perairan dangkal di wilayah lainnya.

- b) Penelitian ini dapat menjadi sumber referensi dan modul bagi mahasiswa Sains Informasi Geografi khususnya untuk pengembangan *satellite-derived bathymetry* pada mata kuliah Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Pesisir, Pulau-Pulau Kecil, dan Perikanan yang dihubungkan dengan Survei Hidrografi.

2. Manfaat Praktis

- a) Bagi penulis, dapat menjadi wadah untuk mengimplementasikan ilmu yang didapatkan selama perkuliahan serta menambah pengetahuan baru yang belum diajarkan sehingga dapat menjadi bekal ilmu yang luas untuk kedepannya.
- b) Bagi universitas, dapat memperkaya kategori penelitian yang sebelumnya belum dan/atau baru dikembangkan sehingga menjadi rujukan literatur yang berhubungan dengan penelitian dibidang Sains Informasi Geografi terutama pengaplikasian Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Pesisir, Pulau-pulau kecil, dan Perikanan.
- c) Bagi masyarakat, dapat menjadi pengetahuan baru akan pentingnya data kedalaman laut dalam berkehidupan terutama bagi masyarakat pesisir yang rata-rata bermata pencaharian sebagai nelayan, budidaya terumbu karang, dan operator dermaga kapal.
- d) Bagi pemerintah, dapat menjadi bahan pertimbangan untuk melakukan pembangunan khususnya tata ruang pesisir dan laut demi meningkatkan pendapatan daerah dan memperluas kesempatan pekerjaan bagi masyarakat sekitar yang diberdayakan oleh pemerintah.
- e) Bagi peneliti selanjutnya, dapat menjadi sumber untuk mengembangkan penelitian penginderaan jauh mengenai *satellite-derived bathymetry* sehingga terdapat keterbaruan (*novelty*) pada proyek penelitian kedepannya dan mendapatkan akurasi ketelitian yang jauh lebih baik.

3. Manfaat Kebijakan

Penelitian ini secara empiris diharapkan dapat menjadi salah satu acuan pembangunan dan pengembangan bagi pemerintah setempat untuk memaksimalkan potensi yang ada di Teluk Tamiang seperti pembangunan pelabuhan berstandar internasional baik konvensional maupun terminal jasa, penetapan kawasan budidaya ikan dan terumbu karang, serta pembangunan kawasan pesisir lainnya yang dapat meningkatkan nilai ekonomi daerah pesisir khususnya daerah Kabupaten Kotabaru bagian selatan yang menjadi persimpangan antara Indonesia bagian barat, Indonesia bagian timur, dan arah menuju Ibu Kota Nusantara yang berada di Kalimantan Timur.

1.5. Definisi Operasional

Definisi operasional merupakan sebuah penjelasan mengenai variabel yang akan digunakan pada sebuah penelitian. Definisi operasional berfungsi untuk menafsirkan istilah-istilah yang akan dipakai pada suatu penelitian (Amelia, 2023). Oleh karena itu, dirumuskan definisi operasional yang telah disesuaikan dengan judul “Pemetaan Awal Kedalaman Perairan Dangkal di Teluk Tamiang Kabupaten Kotabaru Kalimantan Selatan Menggunakan *Pleiades 1B Satellite-Derived Bathymetry*” sehingga dapat ditafsirkan dengan mudah, yaitu sebagai berikut:

1. Pemetaan Awal

Pemetaan merupakan ilmu yang mempelajari mengenai bentuk permukaan bumi secara fisik dengan menggunakan alat dan metode sehingga menghasilkan informasi yang akurat. Pemetaan awal akan membahas mengenai pemodelan bumi berdasarkan pendugaan geostatistik untuk mendapat model yang diinginkan dan mendekati keadaan sebenarnya tanpa perlu ke lapangan (Ambarwati & Johan, 2016).

2. Kedalaman Perairan Dangkal

Kedalaman perairan dangkal merupakan kawasan perairan yang memiliki kedalaman 0 – 200 meter di bawah permukaan air laut yang masuk ke dalam kajian pesisir laut. Dalam kajian penginderaan jauh, perairan dangkal termasuk ke dalam batas pantai sampai dengan ambang batas kemampuan cahaya matahari menembus ke dalam kolom perairan,

yang berkisar antara 15 – 20 meter tergantung pada bentuk fisik gelombang di perairan saat waktu perekaman (Mumby dkk., 2004; Siregar dkk., 2020).

3. *Pleiades 1B Satellite-Derived Bathymetry*

Satellite Derived Bathymetry merupakan sebuah teknik ekstraksi kedalaman menggunakan data Penginderaan Jauh yang akan digunakan untuk estimasi kedalaman laut. Dalam penelitian ini digunakan citra *Pleiades 1B* sehingga tergabung menjadi *Pleiades 1B Satellite-Derived Bathymetry*. Teknik ini lebih efisien karena tidak perlu mengeluarkan biaya besar untuk mendapatkan data kedalaman perairan suatu wilayah. Ekstraksi data kedalaman menggunakan citra penginderaan jauh optik dihitung berdasarkan prinsip bahwa jumlah total energi elektromagnetik yang dipantulkan dari kolom air adalah fungsi dari kedalaman air (Casal dkk., 2019; Safi'i & Dewi, 2020).

1.6. Struktur Organisasi

Struktur organisasi bertujuan untuk mempermudah struktur kepenulisan yang disajikan pada sebuah laporan skripsi. Struktur organisasi terdiri dari lima kajian pembahasan berdasarkan bab-bab yang sudah diatur sebagai berikut:

BAB I Merupakan bab yang terdiri dari pendahuluan. Bab ini berisikan pemaparan dari latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, definisi operasional, struktur organisasi, dan penelitian terdahulu.

BAB II Merupakan bab yang terdiri dari tinjauan pustaka yang meliputi sumber, referensi, dan landasan teori yang mendukung kajian yang dibahas pada skripsi. Tinjauan pustaka yang dimasukkan terdiri dari pengertian, klasifikasi, dan teknik pengukuran kedalaman laut, *satellite-derived bathymetry*, *navionics sonarchart*, dan citra *Pleiades 1B* beserta pengaplikasiannya pada ekstraksi data kedalaman perairan dangkal.

BAB III Merupakan bab yang terdiri dari metode yang dipakai pada penelitian. Secara isian yaitu meliputi metode penelitian, lokasi dan

waktu, alat dan bahan, populasi dan sampel, variabel, teknik pengumpulan data, teknik pengolahan data, teknik analisis data, dan diagram alur dari penelitian yang dilakukan.

BAB IV Merupakan bab yang terdiri dari hasil dan pembahasan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan. Hasil yang dijabarkan merupakan jawaban dari rumusan masalah yang sudah disebutkan dan berdasarkan beberapa teori penguat beserta perbandingan penelitian sebelumnya.

BAB V Merupakan bab yang terdiri dari penutup. Bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan secara keseluruhan.

1.7. Penelitian Terdahulu

Sebelum membuat penelitian, langkah awal yaitu dimulai dengan mengkaji penelitian terdahulu yang digunakan sebagai acuan serta mencari keterbaruan dan masalah yang belum terjawab pada penelitian sebelumnya. Peneliti menggunakan beberapa penelitian yang berkaitan dengan ekstraksi data kedalaman laut dangkal menggunakan *satellite-derived bathymetry* pada berbagai citra dan lokasi direntang tahun 2018 – 2024, dengan rincian seperti pada **Tabel 1.1.** sebagai berikut:

Tabel 1.1 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul	Rumusan Masalah	Tujuan	Metode	Hasil
1	Ali Nurul Hasan, Ir. Abdul Basith, S.T., M.Si., Ph.D. Electronic Theses & Dissertations (ETD) : <i>Skripsi</i> E-Repository UGM (Universitas Gadjah Mada) Tahun 2020	Estimasi Kedalaman Perairan Dangkal Dengan Metode Empiris Menggunakan Citra Satelit Worldview-3 dan SPOT-7	1. Bagaimana hasil estimasi kedalaman dari citra Worldview-3 dan SPOT-7 dengan metode empiris SDB? 2. Bagaimana ketelitian hasil estimasi kedalaman dan citra Worldview-3 dan SPOT-7 menggunakan metode empiris SDB? 3. Bagaimana ketelitian kedalaman hasil estimasi dari citra Worldview-3 dan SPOT-7 menggunakan metode empiris pada kondisi terkoreksi <i>sunglint</i> dan tidak terkoreksi <i>sunglint</i> ?	1. Menentukan kedalaman perairan dangkal dari citra satelit Worldview-3 dan SPOT-7 menggunakan metode empiris SDB. 2. Membandingkan ketelitian kedalaman hasil estimasi dari citra satelit Worldview-3 dan SPOT-7 menggunakan metode empiris SDB. 3. Menentukan perbandingan ketelitian hasil estimasi kedalaman dari citra Worldview-3 dan SPOT-7 menggunakan metode empiris SDB pada kondisi citra terkoreksi <i>sunglint</i> dan tidak terkoreksi <i>sunglint</i> .	Metode SDB menggunakan dua algoritma yaitu Lyzenga dan Stumpf. Dilakukan koreksi <i>sunglint</i> untuk menghilangkan bias kilauan matahari, lalu dilakukan klasifikasi <i>Decision Tree</i> untuk memisahkan daratan dan perairan. Metode empiris adalah bentuk sederhana dari algoritma Lyzenga dan Stumpf untuk menghasilkan pemodelan regresi linear dan pemodelan estimasi kedalaman.	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil estimasi kedalaman menggunakan metode Lyzenga (2006) lebih baik dibandingkan dengan metode Stumpf (2003). • Ketelitian dapat memberikan nilai RMSE mencapai 2,264 meter untuk estimasi dari citra Worldview-3 dan 2,471 meter untuk estimasi dari citra SPOT-7 dengan rentang kedalaman 0 - 20 meter. • Penggunaan koreksi <i>sunglint</i> pada citra Worldview-3 dan SPOT-7 belum menunjukkan ketelitian hasil estimasi kedalaman yang lebih baik. • Nilai ketelitian pada penggunaan citra tanpa koreksi <i>sunglint</i> cenderung lebih baik.

2	<p>Jeremi Benito Sihombing, Dr. Bambang Kun Cahyono, S.T., M.Sc.</p> <p>Electronic Theses & Dissertations (ETD) : <i>Skripsi</i> E-Repository UGM (Universitas Gadjah Mada) Tahun 2023</p>	<p>Analisis Kedalaman Perairan yang Diturunkan dengan Pendekatan Satellite Derived Bathymetry Metode Lyzenga dan Stumpf Menggunakan Google Earth Engine dan Citra Sentinel 2 (Studi Kasus: Perairan selatan Pulau Bangka Belitung)</p>	<p>1. Bagaimana hasil estimasi kedalaman perairan dari citra Sentinel-2A di perairan bagian selatan Pulau Bangka Belitung?</p> <p>2. Bagaimana akurasi ketelitian kedalaman perairan menggunakan citra Sentinel-2A yang diuji perbandingan menggunakan <i>Navionics Nauticalchart</i>?</p> <p>3. Bagaimana ketelitian dari pemodelan SDB dalam SNI 8202 Tahun 2015 tentang Ketelitian Peta Dasar untuk pembuatan LPI?</p>	<p>1. Mendapatkan hasil estimasi kedalaman perairan dari citra Sentinel-2 di sekitar perairan bagian selatan Pulau Bangka Belitung.</p> <p>2. Menentukan akurasi ketelitian kedalaman perairan menggunakan citra Sentinel-2 yang diuji perbandingan menggunakan <i>Navionics Nauticalchart</i>.</p> <p>3. Mengevaluasi hasil uji ketelitian dari pemodelan SDB dalam SNI 8202 Tahun 2015 tentang Ketelitian Peta Dasar untuk pembuatan LPI.</p>	<p>Metode SDB diekstraksi menggunakan algoritma Lyzenga dan Stumpf, citra Sentinel-2 terkoreksi atmosfer dan <i>sunglint</i> diolah menggunakan <i>Google Earth Engine</i> dan <i>Navionics Nauticalchart</i> digunakan sebagai pembanding data dikarenakan interval kontur yang lebih teliti.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model Stumpf (2003) memberikan nilai ketelitian yang lebih baik dibanding dengan model Lyzenga (2006) pada rentang kedalaman 0 – 10 m. Sedangkan pada kedalaman 10 – 25 m model Lyzenga (2006) menghasilkan nilai ketelitian yang lebih baik dibanding model Stumpf (2003). • Nilai korelasi terbaik diperoleh dengan model Lyzenga (2006) sebesar 0,841. Sedangkan nilai korelasi model Stumpf (2003) sebesar 0,753. RMSE terbaik diperoleh sebesar 1,7 m dengan rentang kedalaman 0 – 5 m dengan metode Stumpf. • Hasil evaluasi ketelitian dari kedua model empirik batimetri memenuhi syarat dari SNI 8202 Tahun 2015 Tentang Ketelitian Peta Dasar untuk pembuatan peta LPI dan LLN skala 1 : 50.000 dengan interval kontur 20 m.
---	--	--	---	---	--	---

3	<p>Conor Cahalane, Aidan Magee, Xavier Monteys, Gema Casal, Jennifer A. Hanafin, Harris P</p> <p>Remote Sensing of Environment (Elsevier) Tahun 2019</p>	<p><i>A comparison of Landsat 8, RapidEye and Pleiades products for improving empirical predictions of satellite-derived bathymetry</i></p> <p>(Bahasa Indonesia: Perbandingan Citra Landsat 8, RapidEye, dan Pleiades untuk Meningkatkan Kualitas Prediksi Empiris Pada Ekstraksi Batimetri Oleh Citra)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bagaimana cara menentukan statistik prediktor batimetri yang terbaik pada <i>Satellite Derived Bathymetry</i> di Setiap Citra? 2. Bagaimana Hasil Perbandingan Regresi Linier dan Regresi Krigging untuk memprediksi akurasi <i>Satellite Derived Bathymetry</i> bersama dengan nilai signifikansi parameter masing-masing model? 3. Bagaimana pentingnya mengintegrasikan tipe dasar laut dan kekeruhan terhadap hasil prediksi akurasi? 4. Bagaimana langkah yang harus dilakukan untuk mendapatkan nilai ketelitian dari keseluruhan wilayah pesisir teluk Atlantik Utara? 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menentukan macam statistik prediktor batimetri yang terbaik pada <i>Satellite Derived Bathymetry</i> di Setiap Citra. 2. Mendapatkan Hasil Perbandingan Regresi Linier dan Regresi Krigging untuk memprediksi akurasi <i>Satellite Derived Bathymetry</i> bersama dengan nilai signifikansi parameter masing-masing model. 3. Mengintegrasikan tipe dasar laut dan kekeruhan terhadap hasil prediksi akurasi. 4. Mengetahui langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mendapatkan nilai ketelitian dari keseluruhan wilayah pesisir teluk Atlantik Utara. 	<p><i>Satellite Derived Bathymetry</i> menjadi metode secara luas digunakan dengan metodologi berupa prosesing data seperti koreksi atmosferik, koreksi sunglint, penentuan empiris (Stumpf), menghitung nilai kekeruhan menggunakan NDTI, mengintegrasikan data batimetri dari LiDAR, yang kemudian dihitung statistik spasialnya hingga diinterpolasikan serta dikorelasikan menggunakan regresi linier dan regresi kriging pada beberapa variabel.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ketiga citra satelit yaitu Landsat 8, RapidEye dan Pleiades dapat memberikan hasil yang baik dan berarti untuk menilai akurasi prediksi SDB pada setiap resolusi spasial dan spektralnya di area perairan Teluk Tralee • Akurasi prediksi SDB pada citra Landsat 8 menunjukkan nilai yang lebih akurat pada model spasial regresi kriging, namun pada menghasilkan selisih prediksi yang lebih jauh ketika menggunakan model non-spasial yaitu regresi linier. • Citra Pleiades memberikan hasil prediksi yang baik pada kedua model spasial sehingga menunjukkan kecocokan yang tinggi untuk SDB pada resolusi spasial yang tinggi • Dalam penelitian ini, pemodelan spasial regresi kriging menghasilkan ambang batas yang baik pada prediksi SDB seiring dengan bertambahnya kedalaman perairan, sedangkan regresi linier memiliki hasil yang kurang baik dalam pemodelan tersebut.
---	--	--	---	--	---	---

4	<p>Antoine Collin, Dorothée James, Eric Feunteun</p> <p>Environmental Sciences Proceedings (MDPI) Tahun 2024</p>	<p><i>Pléiades Neo-Derived Bathymetry in Coastal Temperate Waters: The Case Study of Bay of Saint-Malo</i></p> <p>(Bahasa Indonesia: Ekstraksi Batimetri Pada Citra Pleiades Neo di Pesisir Perairan Beriklim Sedang: Studi Kasus Teluk Saint-Malo)</p>	<p>Bagaimana kontribusi masing-masing pita band dari Citra Pleiades Neo dapat mengekstraksi data batimetri di pesisir perairan Teluk Saint-Malo?</p>	<p>Secara inovatif mengukur kontribusi masing-masing pita band dari Pleiades Neo untuk mengekstraksi data batimetri di pesisir perairan Teluk Saint-Malo</p>	<p>Metode yang digunakan yaitu SDB pada citra Pleiades Neo dengan memahami spesifikasi dari pita band citra. Prosesing dilakukan dengan koreksi radiometrik pada 5 tipe level citra PNEO-4 meliputi <i>top-of-atmosphere</i> (TOA) <i>digital number</i> (DN), <i>TOA radiance</i>, <i>TOA reflectance</i>, <i>bottom-of-atmosphere</i> (BOA) <i>maritime reflectance</i>, dan <i>BOA tropospheric reflectance</i> (FLAASH modeling) kemudian diuji menggunakan data <i>point cloud</i> batimetri dari LiDAR agar terjadi penyesuaian terhadap dimensi dan resolusi spasial dari citra Pleiades. lalu pemodelan spasial <i>Neural Network</i> dengan membagi rata 90 stasiun, 30 stasiun yang digunakan secara acak untuk data training, validasi, dan pengujian.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dengan menggunakan data LiDAR dan pemodelan <i>Neural Network</i>, kemampuan pita band citra PNEO mampu mengekstrak data batimetri di perairan Teluk Saint-Malo dibandingkan dengan Pleiades-1 BGRIR. • Hasil dari koreksi radiometrik menjadikan warna biru tua yang menggantikan warna biru semakin bertambah banyak sehingga menghasilkan peningkatan akurasi senilai 0,02 dan ketika menggunakan 6 band menghasilkan nilai 0,06 dengan uji R^2 sebesar 0,79. • TOA Radiance, TOA Reflectance, dan Toa Digital Number mendapatkan nilai radiometrik terbaik di angka pada uji R^2 sebesar 0,81.
---	--	---	--	--	---	--

5	<p>Yan Xu, Bin Cao, Ruru Deng, Bincai Cao, Hui Liu, Jiayi Li</p> <p>International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation (Elsevier) Tahun 2023</p>	<p><i>Bathymetry over broad geographic areas using optical high-spatial-resolution satellite remote sensing without in-situ data</i></p> <p>(Bahasa Indonesia: Batimetri Pada Area Geografis yang Luas Menggunakan Satelit Penginderaan Jauh Optik Resolusi Tinggi Tanpa Data Insitu)</p>	<p>Bagaimana cara mendapatkan data batimetri menggunakan citra dengan pendekatan analitis dan empiris dengan tingkat akurasi yang baik tanpa memerlukan data insitu yang berkualitas tinggi?</p>	<p>Untuk menghasilkan data batimetri menggunakan citra dengan pendekatan analitis dan empiris dengan tingkat akurasi yang baik tanpa memerlukan data insitu yang berkualitas tinggi.</p>	<p>Metode yang digunakan yaitu SDB dengan menggunakan model empiris berupa kumpulan data kalibrasi yang dihasilkan oleh pita band dari citra. Kelompok data yang paling sesuai diuji pada masing-masing pita band. Kedalaman diestimasi piksel per piksel dengan memilih salah satu model batimetri rasio band dan diterapkan pada citra yang beresolusi tinggi seperti Sentinel-2B, MSI, dan Ziyuan3-01 MSI. Kemudian diakhir dilakukan analisis data batimetri dan faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja dari pendekatan model empiris.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pendekatan menggunakan metode analitis dan empiris menggunakan dua jenis citra resolusi tinggi dapat mencapai akurasi yang serupa dengan estimasi SDB menggunakan data insitu. • Pendekatan menggunakan metode analitis dan empiris dapat dipakai dengan baik jika tidak memiliki data validasi dan kalibrasi dari lapangan (insitu).
---	---	---	--	--	---	--

6	<p>Pramaditya Wicaksono, Setiawan Djody Harahap, Rani Hendriana</p> <p>Remote Sensing Applications: Society and Environment (Elsevier) Tahun 2024</p>	<p><i>Satellite-derived bathymetry from WorldView-2 based on linear and machine learning regression in the optically complex shallow water of the coral reef ecosystem of Kemujan island</i></p> <p>(Bahasa Indonesia: Satellite Derived Bathymetry pada Citra Worldview-2 Berbasis Regresi Linier dan Machine Learning di Perairan Dangkal yang Kompleks Secara Optik di Ekosistem Terumbu Karang di Pulau Kemujan.</p>	<p>Bagaimana model ekstraksi data batimetri menggunakan citra optik dengan regresi linier dan machine learning untuk mengestimasi topografi dalam perairan dangkal kompleks di Ekosistem Terumbu Karang Pulau Kemujan?</p>	<p>Mengetahui hasil dari model ekstraksi data batimetri menggunakan citra optik dengan regresi linier dan machine learning untuk mengestimasi topografi dalam perairan dangkal kompleks di Ekosistem Terumbu Karang Pulau Kemujan.</p>	<p>Metode SDB yang digunakan yaitu dengan menggunakan citra Worldview-2 terorthorektifikasi yang kemudian dilakukan koreksi atmosferik, koreksi sunglint. Pada masing-masing rasio band dimodelkan yang mana terdapat model sampel berdasarkan data survei lapangan dan terdapat sampel lain yang dimodelkan menggunakan <i>Random Forest Regression</i> (RGR) dan <i>Support Vector Regression</i> (SVR). Pada tahap evaluasi akurasi diuji menggunakan metode RMSE, Data profil topografi bawah perairan, dan plot titik 1 : 1 yang pada akhirnya menghasilkan analisis model performa dari ekstraksi data batimetri menggunakan SDB.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Random Forest Regression</i> (RGR) mampu mereplikasi profil melintang bawah air secara akurat dan tepat di tiga lokasi dengan berbagai variasi topografi bawah air dan komposisi habitat bentik serta terbukti efektif dalam menghasilkan data ekstraksi SDB yang akurat tanpa memerlukan rasio band, bahkan di area dengan tutupan bentik yang beragam.
---	---	--	--	--	---	---

7	<p>Kristina Putri, Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M.Sc., Ph.D.</p> <p><i>Skripsi E-Repository ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) Tahun 2018</i></p>	<p>Pemetaan Batimetri Perairan Dangkal Menggunakan Data Satelit Pleiades-1B Dengan <i>Geographically Weighted Regression</i> (Studi Kasus: Perairan Gili Iyang, Jawa Timur)</p>	<p>1. Bagaimana kedalaman perairan Gili Iyang berdasarkan hasil pengolahan citra satelit Pleiades-1B dengan <i>geographically weighted regression</i> (GWR)</p> <p>2. Bagaimana kesesuaian algoritma model dalam mengestimasi kedalaman perairan dangkal menggunakan data Pleiades-1B?</p> <p>3. Bagaimana akurasi kedalaman perairan dangkal berdasarkan hasil pengolahan citra satelit Pleiades-1B terhadap data in situ?</p>	<p>1. Membuat peta informasi kedalaman perairan Gili Iyang berdasarkan data satelit Pleiades-1B.</p> <p>2. Menganalisis kesesuaian algoritma model dalam mengestimasi kedalaman perairan menggunakan Pleiades-1B.</p> <p>3. Menganalisis tingkat akurasi kedalaman perairan yang dihasilkan citra satelit Pleiades-1B terhadap data insitu.</p> <p>4. Menganalisis rentang kedalaman perairan minimum dan maksimum yang dihasilkan berdasarkan citra Pleiades-1B.</p>	<p>Metode ekstraksi data batimetri menggunakan citra Pleiades-1B meliputi kalibrasi, koreksi, dan masking pada citra. Pemodelan spasial yang dipakai merupakan Algoritma Van Hengel & Spitzer, Algoritma Rasio Band, dan Pemodelan <i>Geographically Weighted Regression</i> (GWR). Hasilnya dianalisis dan diuji akurasi menggunakan RMSE dan NMAE yang pada akhirnya dilakukan <i>layouting</i>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Citra satelit Pleiades-1B menghasilkan peta batimetri perairan Gili Iyang, Jawa Timur dengan skala 1 : 5.000 yang terbagi menjadi 9 NLP. • Citra Pleiades-1B memberikan rentang kedalaman absolut terbaik pada rentang kedalaman 6 – 16 meter. Sementara kedalaman absolut lebih dari 16 meter dan kurang dari 6 meter tidak dapat diestimasi dengan baik oleh citra satelit Pleiades-1B. Sedangkan algoritma lain memberikan nilai kedalaman yang tidak dapat dipercaya. • Hasil uji akurasi estimasi kedalaman absolut menunjukkan nilai NMAE yang memenuhi syarat hanya pada hasil pengolahan berdasarkan algoritma VHS dengan koreksi atmosfer 6SV (27,490 %) dengan RMSE 2,460 m, sedangkan koreksi atmosfer FLAASH menunjukkan nilai NMAE 37,290 % dengan RMSE 3,330 m. Dari hasil tersebut diketahui bahwa korelasi antara dua data adalah rendah baik untuk data yang dapat diterima ($NMAE \leq 30 \%$).
---	---	---	---	---	--	--

8	<p>Munawaroh, Pramaditya Wicaksono, AW Rudiastuti</p> <p>Majalah Geografi Indonesia (Universitas Gadjah Mada) Tahun 2022</p>	<p>Pemetaan Cepat Batimetri Perairan Dangkal</p> <p>Menggunakan Citra Sentinel-2 dan Google Earth Engine di Perairan Tanjung Kelayang – Pulau Belitung</p>	<p>Bagaimana keandalan metode pemetaan cepat batimetri dengan menggunakan data komposit citra satelit Sentinel-2, klorofil-a dan algoritma band-ratio pada platform GEE?</p>	<p>Mengetahui keandalan metode pemetaan cepat batimetri dengan menggunakan data komposit citra satelit Sentinel-2, klorofil-a dan algoritma band-ratio pada platform GEE.</p>	<p>Pengukuran batimetri, Ekstraksi batimetri perairan dangkal menggunakan metode SDB, dan mencari nilai rerata konsentrasi klorofil-a dari citra MODIS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Metode pra-pemrosesan untuk membangun komposit <i>clean coastal water</i> dan metode band-ratio dengan menggunakan nilai klorofil-a sebagai tuning parameter memiliki rentang kedalaman hingga 5 m memiliki RMSE yang lebih rendah dan nilai R2 yang cukup tinggi. • Kondisi ideal untuk mengaplikasikan metode algoritma komposit <i>clean coastal water</i> secara optimal adalah pada perairan dangkal (0 – 15 m) dan jernih. • Keakuratan pengambilan SDB berkurang seiring dengan bertambahnya kedalaman di atas 5 m dan keandalan kedalaman yang diambil untuk menjamin keselamatan navigasi pelaut.
---	--	--	--	---	--	--

9	<p>Syifa'ul Qolbiyatun Nisa', I Wayan Gede Astawa Karang, dkk.</p> <p>Journal of Marine Research and Technology (Universitas Udayana) Tahun 2023</p>	<p>Perbandingan Akurasi Metode Empiris untuk Pemetaan Batimetri Perairan Benoa, Bali, Menggunakan Citra Satelit SPOT</p>	<p>Bagaimana perbandingan nilai akurasi menggunakan beberapa metode empiris untuk mengetahui kedalaman perairan Benoa, Bali?</p>	<p>Mengetahui hasil perbandingan nilai akurasi menggunakan beberapa metode empiris untuk mengetahui kedalaman perairan Benoa, Bali.</p>	<p><i>Satellite Derived Bathymetry</i> (SDB) menggunakan 5 metode (Metode Stumpf, Metode Polinomial, Metode Multilinear Regression (MLR), Metode Lyzenga, Metode Van Hengel dan Spitzer (VHS).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Metode Stumpf menghasilkan persamaan regresi $y = -180,74X + 207,46$ dan RMSE sebesar 5,72 meter. • Metode Lyzenga menghasilkan persamaan regresi multilinear sebesar $y = 7,29X_1 - 11,01X_2 + 2,69X_3$ dan hasil RMSE sebesar 7,66 meter. • Metode Multilinear Regression menghasilkan persamaan multilinear sebesar $y = 38,830X_1 - 522,46X_2 + 216,19X_3 + 2,32$ dan besaran RMSE sebesar 5,75 meter. • Nilai akurasi tertinggi dalam memprediksi kedalaman Perairan Teluk Benoa yaitu menggunakan Metode Stumpf dengan nilai RMSE terkecil yakni 5,72 meter.
---	--	--	--	---	--	--

10	<p>Asih Sekar Sesama</p> <p><i>Skripsi</i> E-Repository Universitas Brawijaya (Universitas Brawijaya) Tahun 2021</p>	<p>Penilaian Akurasi Algoritma <i>Satellite-Derived Bathymetry</i> Data Citra PlanetScope</p>	<p>Bagaimana perbandingan tingkat akurasi antara algoritma Stumpf dan Lyzenga dalam estimasi batimetri menggunakan data citra satelit PlanetScope?</p>	<p>Membandingkan tingkat keakurasian antara algoritma Stumpf dan Lyzenga dalam estimasi batimetri menggunakan data citra satelit PlanetScope.</p>	<p>Citra satelit PlanetScope dari SAS Planet dilakukan koreksi dan pemisahan darat dan laut. Metode yang dipakai yaitu algoritma Lyzenga dan Stumpf dan uji ketelitian menggunakan matriks konfusi.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Kemampuan estimasi menggunakan algoritma Stumpf adalah hingga 17,97 m apabila menggunakan algoritma Lyzenga mampu mengestimasi hingga 33 m. • Pada hasil uji statistika didapatkan hasil pada masing-masing algoritma yaitu Lyzenga sebesar 0,81 dan Stumpf 0,76. • Perhitungan akurasi dengan Confusion Matrix menunjukkan nilai akurasi keseluruhan algoritma Lyzenga sebesar 83% dan Stumpf sebesar 76%.
----	---	---	--	---	---	---

Sumber: (Hasil Analisis, 2024)