

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Setiap penelitian memiliki metode atau cara penelitiannya masing-masing, sehingga metode penelitian ditetapkan berdasarkan permasalahan dari masalah dan tujuan penelitian itu sendiri. Dengan kata lain, metode penelitian merupakan metode atau teknik dalam menjawab permasalahan penelitian dengan baik, dimana pada suatu penelitian bisa menggunakan lebih dari satu metode dengan penggunaan yang tepat (Somantri, 2022).

Penelitian *satellite-derived bathymetry* untuk estimasi kedalaman perairan dangkal menggunakan metode penginderaan jauh (*remote sensing*) karena *satellite-derived bathymetry* merujuk pada ekstraksi batimetri menggunakan satelit untuk menciptakan hasil dan analisis profil pada penelitian. Pendekatan multispektral akan menjadi fokus utama karena penelitian ini memiliki kaitan dengan penggunaan spektrum panjang gelombang untuk mendapatkan kedalaman perairan. Pendekatan metode laporan penelitian menggunakan metode kuantitatif untuk menciptakan sebuah laporan yang bersifat angka sehingga dapat dipahami pembaca dari pendahuluan hingga penutup.

Penginderaan jauh dalam ekstraksi data kedalaman perairan dapat meliputi tahap pengolahan awal seperti koreksi citra yang dilanjutkan dengan pengolahan berdasarkan algoritma batimetri empiris Stumpf sehingga menciptakan nilai kedalaman pada setiap piksel yang mewakili kolom air berdasarkan penetrasi dari band citra dengan data *training* dari *navionics sonarchart*. Setiap nilai piksel lalu diekstraksi untuk dimodelkan pada bentuk pendugaan kriging menggunakan tiga model semivariogram dan masing-masing diuji ketelitiannya. Untuk mendapatkan nilai ketelitiannya, maka digunakan data kedalaman hasil *sounding* pada Peta Lingkungan Pantai Indonesia dengan uji geostatistik *root mean square error* (RMSE). Kemudian, dipilih model semivariogram terbaik berdasarkan angka RMSE terkecil yang dilanjutkan pada pemodelan batas darat dan laut melalui garis pantai berdasarkan Peta Lingkungan Pantai Indonesia Lembar Nomor 1811-03. Sehingga di akhir dilakukan visualisasi Peta Estimasi Kedalaman Perairan Dangkal Berdasarkan Citra Pleiades 1B di Teluk Tamiang Kabupaten Kotabaru Tahun 2024.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

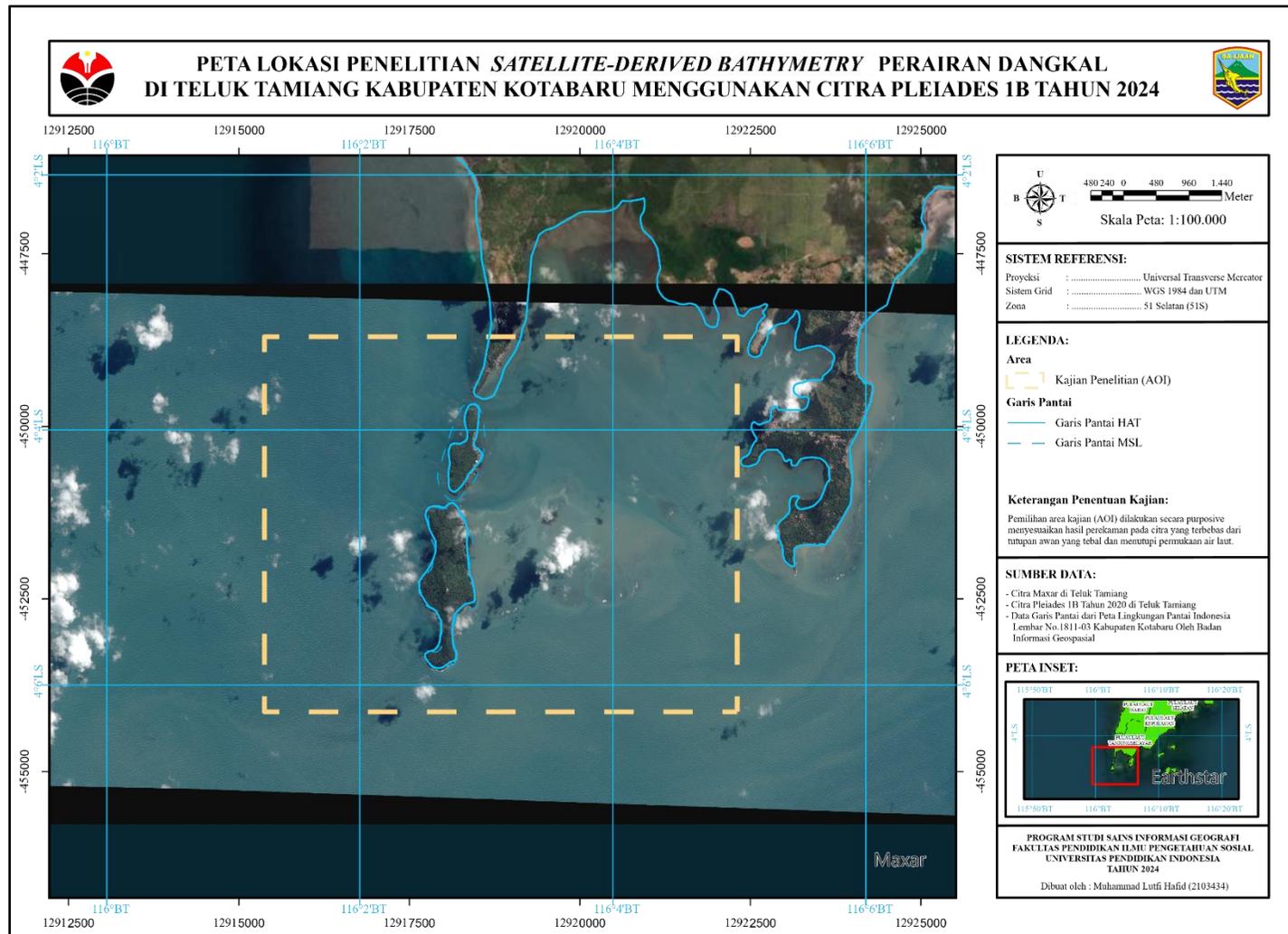
3.2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian tentang *satellite-derived bathymetry* berlokasi di Teluk Tamiang, Kabupaten Kotabaru, Provinsi Kalimantan Selatan. Teluk Tamiang merupakan perairan yang langsung menjorok ke daratan Tanjung Selayar yang secara administratif masuk ke dalam desa Gosong Panjang dan desa Teluk Tamiang, Kecamatan Pulau Laut Tanjung Selayar, Kabupaten Kotabaru, Provinsi Kalimantan Selatan. Perairan ini masuk ke dalam perairan dangkal dengan rentang kedalaman antara 0 – 20 meter.

Kawasan perairan dangkal Teluk Tamiang memiliki banyak potensi untuk bisa dikembangkan dan memenuhi persyaratan untuk pemetaan perairan dangkal menggunakan *satellite-derived bathymetry* karena memiliki karakteristik perairan yang sedikit jernih dan memiliki kedalaman yang tidak lebih dari 20 meter. Lokasi penelitian lebih jelasnya disajikan dalam **Gambar 3.1.** dengan pemilihan area kajian secara *purposive* menyesuaikan hasil perekaman pada citra yang terbebas dari tutupan awan yang tebal dan menutupi permukaan air laut.

3.2.2 Waktu Penelitian

Secara keseluruhan, penelitian ini dilakukan selama 6 bulan. Peneliti mengatur jadwal sesuai dengan tahapan-tahapan tertentu, mencakup pra penelitian, pelaksanaan penelitian, dan pasca penelitian. Persiapan penelitian dimulai pada periode Juli, sementara pelaksanaan penelitian dilaksanakan dari bulan Agustus hingga November. Kegiatan pasca penelitian dimulai pada bulan Desember. Rincian waktu pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada **Tabel 3.1.**



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian, Sumber: (*Hasil Analisis, 2024*)

Muhammad Lutfi Hafid, 2024

PEMETAAN AWAL KEDALAMAN PERAIRAN DANGKAL DI TELUK TAMIANG KABUPATEN KOTABARU KALIMANTAN SELATAN MENGGUNAKAN PLEIADES 1B SATELLITE-DERIVED BATHYMETRY

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Tabel 3.1 Waktu Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan	Juli				Agustus				September				Oktober				November				Desember			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pra Penelitian																								
Penentuan Masalah dan Judul Penelitian																								
Pencarian Sumber Literatur																								
Pembuatan Proposal Penelitian																								
Pelaksanaan Penelitian																								
Penyusunan BAB 1																								
Penyusunan BAB 2																								
Penyusunan BAB 3																								
Pengumpulan Data Primer dan Sekunder																								
Pengolahan Data dan Uji Ketelitian																								
Penyusunan BAB 4																								
Pembuatan Peta <i>Satellite-Derived Bathymetry</i>																								
Penyusunan BAB 5																								
Pasca Penelitian																								
Penyempurnaan Laporan Keseluruhan/ <i>Review Draft</i>																								
Ujian Sidang																								

Sumber: (Hasil Analisis, 2024)

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

Alat dalam penelitian ini dapat berupa *hardware* maupun *software* dengan penggunaan secara berulang-ulang. Alat berfungsi untuk mempermudah suatu pekerjaan dalam penelitian ini. Alat-alat yang digunakan saat penelitian yaitu:

Tabel 3.2 Alat Penelitian

No	Nama Alat	Fungsi
1	SNAP 7.0	Mengolah data citra Pleiades 1B termasuk koreksi dan penggunaan <i>tools processing Sen2Coral Empirical Bathymetry</i> (Stumpf)
2	ArcGIS Pro 3.0.1	Melakukan <i>processing</i> pendugaan kedalaman menggunakan <i>Geostatistical Wizard Kriging Interpolation</i> dan visualisasi peta kedalaman perairan
3	Garmin Navionics Sonarchart	Mengunduh data kedalaman terkoreksi <i>lower low water level</i> sebagai data <i>training</i> untuk mendapatkan nilai kedalaman
4	Microsoft Excel	Menganalisis uji geostatistik dari ekstraksi <i>satellite-derived bathymetry</i> pada masing-masing model semivariogram kriging
6	Microsoft Word	Membuat laporan penelitian hasil ekstraksi <i>satellite-derived bathymetry</i>
7	Laptop Acer Aspire 5 Spin 14 (Intel Core i7)	Menunjang proses penelitian, mulai dari pengolahan data, analisis data, hingga penyusunan proposal beserta laporan

Sumber: (Hasil Analisis, 2024)

3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan penelitian atau data berfungsi sebagai objek yang akan diolah dalam penelitian ini. Data tersebut memiliki fungsi dan tahun akuisisi yang berbeda. Data yang digunakan saat penelitian ini yaitu:

Tabel 3.3 Bahan Penelitian

No	Bahan	Sumber	Jenis	Fungsi
1	Citra Pleiades-1B Teluk Tamiang dengan Tutupan Awan 6,9% (10 Juni 2020)	Badan Riset dan Inovasi Nasional	Raster	Data yang diekstraksi untuk estimasi kedalaman perairan dangkal
2	Peta Kedalaman <i>Sonarchart</i> (2024)	Garmin Navionics Sonarchart	Raster	Data <i>training</i> kedalaman perairan dangkal

3	Data Kedalaman <i>Sounding</i> Terkoreksi (2010)	Badan Informasi Geospasial	Vektor	Sebagai data uji ketelitian <i>root mean square error</i> (RMSE) kedalaman perairan dangkal
4	Data Pasang Surut 30 hari di Stasiun Kotabaru (2024)	Badan Informasi Geospasial	Tabular	Koreksi nilai <i>mean sea level</i> (MSL) dan <i>chart datum</i> (CD)
5	Data Garis Pantai dari Peta Lingkungan Pantai Indonesia Lembar No. 1811-03 (2010)	Badan Informasi Geospasial	Vektor	Data penerapan garis pantai untuk pembatas daratan dengan perairan pada peta saat <i>mean sea level</i> (MSL)

Sumber: (Hasil Analisis, 2024)

3.4 Desain Penelitian

3.4.1 Pra Penelitian

Tahapan pra penelitian merupakan langkah awal saat akan melakukan penelitian. Pada tahapan ini mencakup langkah-langkah sebagai berikut:

1. Penentuan masalah dan judul penelitian

Tahap menentukan permasalahan merupakan tahap mengumpulkan permasalahan-permasalahan yang ada pada suatu lokasi dan perlu dilakukan penelitian untuk mengatasi masalah tersebut. Permasalahan yang telah ditentukan tersebut selanjutnya dibuat sebuah judul yang mencakup intisari penelitian.

2. Pencarian sumber literatur

Sumber-sumber literatur dikumpulkan sesuai dengan judul penelitian serta literatur yang sesuai dengan prosedur penelitian yang dilakukan. Kemudian sumber-sumber literatur tersebut dijadikan sebagai dasar acuan untuk menentukan metode dalam penelitian.

3. Pembuatan proposal

Proposal penelitian berisi penjelasan mengenai usulan penelitian dan dibuat secara sistematis yang terdiri dari judul penelitian, latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, definisi

operasional, penelitian terdahulu, tinjauan pustaka, dan metodologi penelitian.

3.4.2 Pelaksanaan Penelitian

1. Tahap pengumpulan data

Pada tahap pengumpulan data, data yang dikumpulkan yaitu meliputi citra Pleiades 1B, data Peta Lingkungan Pantai Indonesia termasuk garis pantai dan *sounding* kedalaman, data titik kedalaman dari *navionics sonarchart*, dan data pasang surut 29 hari stasiun pasang surut terdekat. Data tersebut diperoleh dari beberapa instansi seperti Badan Informasi Geospasial, Badan Riset dan Inovasi Nasional, serta software Garmin Navionics.

2. Tahap pengolahan data

Pada tahap pengolahan data, digunakan dua software pemetaan. Software yang dimaksud yaitu software ArcGIS Pro 3.0.1 (Pengolahan *geoprocessing*, interpolasi kriging, pengolahan titik kedalaman, dan *layout*) dan software SNAP 7.0 (pengolahan data citra).

3. Tahap analisis data

Pada tahap analisis data, digunakan software ArcGIS Pro 3.0.1 untuk melakukan proses *geostatistical wizard* yaitu interpolasi kriging sebagai pendugaan kedalaman berdasarkan titik sampel yang telah dibangun termasuk input fungsi persamaan dari masing-masing model semivariogram kriging. Selain itu, Microsoft Excel digunakan untuk mendapatkan nilai *root mean square error* (RMSE). Pengolahan pasang surut juga dilakukan dengan memakai beberapa formula dan *tools macro* yang ada pada Microsoft Excel sehingga selanjutnya bisa dianalisis untuk dilakukan *input* koreksi pada setiap poin *value* kedalaman dari ekstraksi *satellite-derived bathymetry*.

3.4.3 Pasca Penelitian

Setelah proses pelaksanaan penelitian selesai, maka tahapan selanjutnya adalah penyusunan laporan akhir penelitian. Laporan ini nantinya dapat digunakan dalam berbagai bidang terkait dengan pemetaan kedalaman perairan dangkal menggunakan *satellite-derived bathymetry* serta menjadi pembuktian teori praktis pada algoritma batimetri empiris Stumpf dengan menguji ketelitian berdasarkan

model prediksi pada semivariogram interpolasi kriging yang berguna untuk banyak kepentingan dan pengembangan keilmuan Penginderaan Jauh.

3.5 Populasi dan Sampel

3.5.1 Populasi

Menurut Zuriyah (2009) populasi adalah seluruh bagian data yang menjadi titik perhatian peneliti dalam suatu ruang lingkup wilayah dan waktu tertentu. Ruang lingkup kajian yaitu berada di perairan Teluk Tamiang dan sekitarnya yang ada di sebelah selatan Pulau Laut di Kabupaten Kotabaru, Kalimantan Selatan. Kajian hanya terfokus pada area perairan dangkal dan tidak memasukkan area perairan di daratan. Wilayah kajian yang ditampilkan yaitu wilayah yang minim tutupan awan saat perekaman citra sesuai pada **Gambar 3.1**.

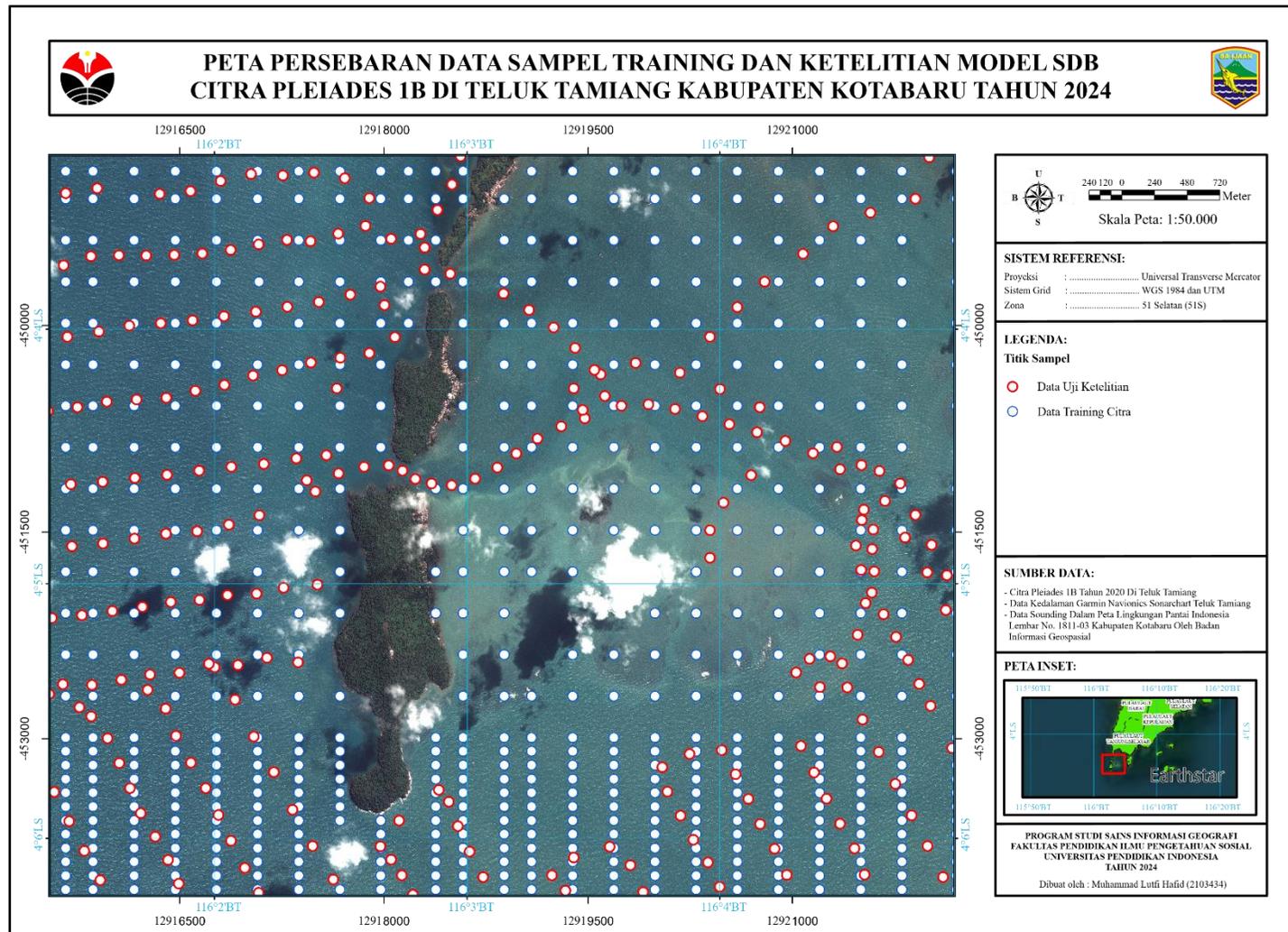
3.5.2 Sampel

Sampel merupakan bagian atau anggota dari populasi dengan karakteristik yang dapat mewakili populasi yang akan diteliti (Somantri, 2022). Peneliti menggunakan *purposive random sampling*. *Purposive random sampling* merupakan sampel yang disesuaikan berdasarkan tujuan penelitian secara acak serta merata ke seluruh wilayah kajian sesuai dengan konsep prosedur penyebaran *ground control point* (GCP) pada data training dan *independent control point* (ICP) pada data uji ketelitian. Dalam penerapannya, data sampel sebanyak 850 titik kedalaman yang diambil berdasarkan ketersediaan data, komposisi pembagian data training sebanyak 595 titik berdasarkan data kedalaman *Navionics Sonarchart* dan data uji ketelitian sebanyak 255 titik berdasarkan data kedalaman *sounding* pada Peta Lingkungan Pantai Indonesia. Secara umum, pembagiannya yaitu data training 70% dan data uji ketelitian 30% seperti pada **Tabel 3.4** dan **Gambar 3.2**.

Tabel 3.4 Tabel Pembagian Sampel Data Training dan Uji Ketelitian,

	Rentang Kedalaman (meter)	Jumlah Sampel
Data Training <i>(Navionics Sonarchart)</i>	0 - 10	372
	11 - 20	119
	21 - 30	104
	>30	0
	Total	595
	Data Uji Ketelitian <i>(Sounding Peta LPI)</i>	0 - 10
11 - 20		89
21 - 30		68
>30		8
Total		255
Total Keseluruhan		850

Sumber: *(Hasil Analisis, 2024)*



Gambar 3.2 Peta Sebaran Data Training dan Uji Ketelitian Model, Sumber: *(Hasil Analisis, 2024)*

Muhammad Lutfi Hafid, 2024

PEMETAAN AWAL KEDALAMAN PERAIRAN DANGKAL DI TELUK TAMIANG KABUPATEN KOTABARU KALIMANTAN SELATAN MENGGUNAKAN PLEIADES 1B SATELLITE-DERIVED BATHYMETRY

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

3.6 Variabel Penelitian

Dalam penelitian *satellite-derived bathymetry* yang dibangun dalam algoritma batimetri empiris Stumpf menggunakan citra Pleiades 1B merujuk pada kekuatan elektromagnetik reflektan band tampak dalam menembus air untuk mengekstraksi kedalaman yang selanjutnya dimodelkan menggunakan interpolasi kriging.

Secara umum, variabel yang digunakan adalah variabel bebas. Variabel memiliki beberapa indikatornya yang secara ringkas dapat dilihat pada **tabel 3.5** berikut.

Tabel 3.5 Variabel Penelitian

No	Variabel	Indikator
1	Kedalaman Perairan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kekuatan band tampak (hijau dan biru) menembus kolom air; 2. Nilai estimasi dari <i>satellite-derived bathymetry</i> dengan acuan referensi level <i>chart datum</i> (CD); 3. Nilai estimasi dibangun pada algoritma batimetri Stumpf dengan data <i>training</i> dari <i>navionics sonarchart</i>.
2	Akurasi Ketelitian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uji ketelitian menggunakan data <i>sounding</i> dari Peta Lingkungan Pantai Indonesia dengan ; 2. Ketelitian <i>root mean square error</i> (RMSE).
3	Pemetaan Awal Kedalaman	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pemodelan variasi spasial menggunakan interpolasi kriging dengan model semivariogram (<i>exponential, gaussian, dan spherical</i>); 2. Penerapan model garis pantai berdasarkan referensi <i>mean sea level</i> (MSL) berdasarkan semivariogram terbaik.

Sumber: (*Hasil Analisis, 2024*)

3.7 Teknik Pengolahan Data

3.7.1 Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik ditujukan untuk mengubah nilai *digital number* (DN) yang merupakan format data bawaan dari citra satelit, menjadi nilai radian. Nilai radian kemudian dijadikan masukan dalam tahap koreksi atmosfer untuk mendapatkan nilai reflektan BOA (*Bottom of Atmosphere*). Proses kalibrasi

radiometrik ini dilakukan untuk memperbaiki kualitas visual citra dan sekaligus memperbaiki nilai-nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral objek yang sebenarnya di permukaan bumi. Pada penelitian ini tidak dilakukan orthorektifikasi mengingat objek penelitian yang merupakan perairan, dimana perairan memiliki *terrain* yang relatif datar. Selain itu, penerapan orthorektifikasi dikhawatirkan mengganggu informasi spektral dari masing-masing piksel citra mengingat penelitian ini yang berfokus pada informasi spektral.

Data yang digunakan dalam proses kalibrasi radiometrik yaitu berupa metadata yang terdapat pada file (.IMD). Konversi nilai DN menjadi *TOA Radiance* menggunakan persamaan berikut (Globe, 2016):

$$L = \text{GAIN} * \text{DN} * \left(\frac{\text{abscalfactor}}{\text{effectivebandwith}} \right) + \text{OFFSET} \dots \dots \dots (3.1)$$

Dimana dalam hal ini, nilai *abscalfactor* dan *effectivebandwith* sudah disediakan di dalam file metadata (.IMD). *Gain* dan *offset* adalah faktor penyesuaian yang bergantung pada peta kalibrasi radiometrik mutlak. Nilai *gain* dan *offset* biasanya sudah termasuk file metadata (.IMD). DN merupakan nilai *digital number* asli pada masing-masing band citra sebelum dilakukan koreksi.

Untuk beberapa teknik analisis citra multispectral seperti *band ratio*, analisis indeks vegetasi, *matrix transformation*, dan lain-lain perlu mengubah nilai DN *radiance* menjadi *reflectance* sebelum dilakukan analisis. Metode ini mengharuskan citra dinormalisasi untuk radiasi matahari dan pancaran sensor dengan konversi ke atas reflektansi atmosfer (Globe, 2016). Persamaan untuk mengonversi nilai DN *reflectance* menjadi *TOA reflectance* yaitu:

$$\rho(\text{TOA})_{\lambda} = \frac{l_{\lambda} d^n}{E_{\lambda} \cos \theta_i} \dots \dots \dots (3.2)$$

Dimana l_{λ} adalah nilai *radiance* untuk pita spektral λ dalam $\text{W}/\text{m}^2/\mu\text{m}/\text{sr}$, d adalah jarak bumi dengan matahari dalam unit astronomi, E_{λ} adalah nilai rata-rata pita *irradiance* matahari dalam $\text{W}/\text{m}^2/\mu\text{m}$, dan θ_i adalah sudut puncak matahari.

3.7.2 Koreksi Atmosferik

Koreksi atmosferik dilakukan untuk menghilangkan distorsi akibat efek atmosfer pada saat perekaman data/objek. Koreksi atmosferik yang diterapkan adalah koreksi atmosfer FLAASH. Koreksi atmosfer metode FLAASH dilakukan dengan mengubah nilai radian menjadi nilai reflektan sesuai dengan *input* pada

metadata citra Pleiades 1B. Nilai reflektan tersebut sangat dibutuhkan untuk dijadikan *band math* pada koreksi *sunglint* untuk mengoreksi efek kilauan matahari.

3.7.3 Koreksi *Sunglint*

Koreksi *sunglint* berfungsi untuk menghilangkan efek penyinaran pantulan sinar matahari dari citra satelit yang telah terkoreksi radiometrik dan atmosferik. Koreksi dilakukan dengan melakukan pengambilan sampel pada area perairan yang terindikasi pantulan sinar matahari dari yang intensitas rendah hingga tinggi. Kemudian mengkorelasikan masing-masing band multispektral dengan band *near infrared*/NIR. Persamaan dalam koreksi *sunglint* dinyatakan pada **persamaan 3.3**. Proses *deglinting* diawali dengan pengambilan sampel ROI pada area dengan kondisi yang terindikasi pantulan sinar matahari pada citra. Gangguan pantulan matahari memungkinkan terjadi kesulitan dalam mengidentifikasi bawah air termasuk penentuan kedalaman.

Proses *deglinting* dilakukan dengan memanfaatkan nilai band NIR yang dipasangkan dengan masing-masing band multispektral menggunakan regresi linier. Persamaan regresi linier digunakan pada *band math* untuk memperoleh nilai koefisien X yang didefinisikan sebagai *slope/gradien* pada tiap band multispektral yang kemudian dimasukkan ke dalam persamaan pada software SNAP. Proses *deglinting* menggunakan **persamaan 3.3** dari Hedley dkk (2005) berikut:

$$R_i^* = R_i - b_i(R_{NIR} - \min NIR) \dots \dots \dots (3.3)$$

Keterangan

R_i^* : band i yang telah dikoreksi efek pantulan sinar matahari

R_i : nilai piksel untuk band i

b_i : *slope* hasil persamaan regresi linier untuk band i

R_{NIR} : nilai piksel band NIR

$\min NIR$: nilai minimum band NIR

Tabel 3.6 Persamaan Regresi Linier Untuk *Input Band Math Sunglint*

Perbandingan Band	Masukan Persamaan Pada <i>Band Math</i>
Merah vs NIR	$y = 1,795x + 60,3$
Hijau vs NIR	$y = 2,7483x + 317,99$
Biru vs NIR	$y = 3,011x + 196,65$

Sumber: (*Hasil Analisis, 2024*)

3.7.4 Cropping dan Masking

Cropping citra dilakukan dengan memotong citra pada area penelitian agar dapat mempercepat proses pengolahan citra. Proses pemotongan citra dilakukan dengan deliniasi *region of interest* (ROI) pada citra yang akan dilakukan penelitian yang sudah ditentukan. Selanjutnya yaitu dilakukan *masking* citra untuk menghilangkan area daratan (non-perairan). Proses *masking* dilakukan agar pengolahan terfokus pada area badan perairan dan memaksimalkan proses pada area perairan menggunakan NDWI (*Normalized Difference Water Index*).

3.7.5 Pengolahan Data Pasang Surut

Pengolahan data pasang surut menjadi tahapan paling awal yang tujuannya untuk mengetahui koreksi kedalaman pada peta sonarchart yang memiliki kedalaman berdasarkan LLWL (*Lowest Lower Water Level*) terhadap datum level sebagai titik referensi surutan atau acuan kedalaman konstan pada suatu wilayah perairan sehingga dapat dibuat sebuah profil vertikal kedalaman perairan dangkal. Data yang digunakan yaitu hasil pengukuran pasang surut selama 29 hari. Analisis yang digunakan yaitu analisis harmonik yang memiliki faktor pembangkitnya (konstintuen) sebanyak 9 unsur yang disajikan pada **Tabel 3.6** berikut.

Tabel 3.7 Unsur Utama Pasang Surut

No	Konstintuen	Simbol	Deskripsi	Periode (hour)	ω (rad/hour)
1	<i>Main lunar constituent</i>	M ₂	<i>semi diurnal</i>	12,4206	0,50587
2	<i>Main solar constituent</i>	S ₂		12,0000	0,52360
3	<i>Lunar constituent, due to Earth-Moon distance</i>	N ₂		12,6582	0,49637
4	<i>Soli-lunar constituent, due to the change of declination</i>	K ₂		11,9673	0,52503
5	<i>Soli-lunar constituent</i>	K ₁	<i>diurnal</i>	23,9346	0,26251

6	<i>Main lunar constituent</i>	O ₁		25,8194	0,24335
7	<i>Main solar constituent</i>	P ₁		24,0658	0,26108
8	<i>Main lunar constituent</i>	M ₄	<i>quarterly</i>	6,2103	1,01174
9	<i>Soli-lunar constituent</i>	MS ₄		6,1033	1,02947

Sumber: (Reeve, dkk., 2004)

Data yang digunakan berupa data pengukuran pasang surut dengan teknologi *radar* yang diambil dari SRGI BIG dengan stasiun pasang surut berada di Kotabaru sebagai acuan terdekat. Prediksi pasang surut membutuhkan data selama 29 hari dengan interval masing-masing 1 jam. Data tersebut kemudian dihitung, dan menghasilkan amplitudo dan fase unsur pembangkit pasut, Hk dan gk. Dengan amplitudo dan fase itu, muka air laut pada setiap waktu, Z(t), maka data tersebut dapat dihitung. Selanjutnya dengan memakai amplitudo unsur pembangkit pasut, Hk, dapat dihitung berbagai elevasi muka air penting. Berikut elevasi muka air penting:

1. HHWL (*Higher High Water Level*): Muka air tertinggi pada saat pasut purnama atau bulan mati.
2. MHWS (*Mean High Water Spring*): Nilai rata-rata muka air tinggi pada saat spring tide.
3. MHWL (*Mean High Water Level*): Nilai rata-rata muka air tinggi selama periode 19 tahun.
4. MSL (*Mean Sea Level*): Nilai rata-rata MHWL dan MLWL
5. MLWL (*Mean Low Water Level*): Nilai rata-rata muka air rendah selama periode 19 tahun.
6. MLWS (*Mean Low Water Spring*): Nilai rata-rata muka air rendah pada saat spring tide.
7. LLWL (*Lower Low Water Level*): Muka air terendah pada saat pasut purnama atau bulan mati.
8. LAT (*Lowest Astronomical Tide*): Muka air terendah.

3.7.6 Koreksi Titik Kedalaman

Tahap koreksi titik kedalaman berfungsi sebagai transfer level terhadap acuan sebenarnya. Dalam penelitian ini, titik kedalaman *navionics sonarchart* diposisikan pada LLWL (*Lower Low Water Level*). Sedangkan data citra diasumsikan pada posisi HHWL (*Higher High Water Level*) jika dilihat pada tanggal akuisisi citra yaitu tanggal 10 Juni 2020 pukul 10.52 yang mana pada sensor pasang surut menunjukkan posisi sedang berada pada posisi yang tinggi di fase bulan purnama. Hal tersebut menjadikan posisi gelombang laut berada pada tingkat yang tinggi. Oleh karena itu, citra harus dikoreksi juga. Sehingga diperlukan koreksi nilai dari titik kedalaman yang mengacu pada nilai muka surutan dan mendapatkan nilai kedalaman sebenarnya menurut Dishidros TNI AL (2006) melalui **persamaan 3.4** berikut:

$$D = \text{TWLt} - (\text{DTS} - Z_0) \dots \dots \dots (3.4)$$

Dimana:

D : Nilai kedalaman hasil koreksi

TWLt : Kedudukan permukaan laut sebenarnya (*true water level*) pada waktu *t*

DTS : Nilai duduk tinggi sementara (*mean sea level*)

Z₀ : Kedalaman muka surutan (*chart datum*)

Titik kedalaman pada *Navionics Sonarchart* berada pada level LLWL yang menjadikannya harus dikoreksi ke *chart datum* (Z₀) dengan **persamaan 3.5** berikut:

$$Z_{0tv} = Z_{ns} + (Z_0 - \text{LLWL}) \dots \dots \dots (3.5)$$

Dimana:

Z_{0tv} : Kedalaman terkoreksi *chart datum* untuk data training dan uji ketelitian

Z_{ns} : Kedalaman *Navionics Sonarchart*

Z₀ : Kedalaman muka surutan (*chart datum*)

LLWL : Kedalaman saat muka air terendah pada pasang surut bulan purnama

Selanjutnya hasil pada band piksel citra yang berada pada level HHWL (*Higher High Water Level*) juga harus dikoreksi pada *chart datum datum* (Z₀) untuk mendapatkan estimasi sebenarnya dengan **persamaan 3.6** hasil modifikasi dari **persamaan 3.4** yaitu seperti berikut:

$$D = Z_{\text{stumpf}} - \text{TWL}_t - (\text{DTS} - Z_0) \dots \dots \dots (3.6)$$

Dimana:

D : Nilai kedalaman hasil koreksi

Z_{stumpf} : Kedalaman yang dihasilkan dari algoritma batimetri Stumpf

TWL_t : Kedudukan permukaan laut sebenarnya (*True Water Level*) pada waktu t

DTS : Nilai Duduk Tinggi Sementara (*Mean Sea Level*)

Z_0 : Kedalaman muka surutan (chart datum)

3.8 Teknik Analisis Data

Analisis penelitian ini dilakukan beberapa analisa data yang sudah terproses menjadi interpolasi spasial menggunakan *software* ArcGIS 3.0.1 dengan *tools geostatistical wizard* hingga dilanjutkan dengan rangkaian penghitungan ketelitian *root mean square error* pada formula yang sudah ada di *software* Microsoft Excel.

3.8.1 Penerapan Algoritma Batimetri Empiris Stumpf

Penerapan algoritma dengan metode Stumpf (2003) dilakukan pada band *ratio* menggunakan fungsi X_1/X_2 dengan fitur *otomation log linier regression* menggunakan fitur *empirical bathymetry* pada *software* SNAP. Jika dibedah proses otomatisasinya, algoritma ini secara teknis berupa prediksi model dengan band *ratio* yang digunakan yaitu band 2 (hijau) dan band 1 (biru). Dari band *ratio* tersebut dihasilkan citra baru dan kemudian dilakukan ekstraksi nilai *digital false* untuk dilakukan pemodelan regresi linier. Pada pembentukan persamaan linier diperoleh nilai *y-intercept* dan *slope*. Nilai *y-intercept* dan *slope* adalah m_0 dan masing-masing m_1 yang merupakan konstanta untuk mendefinisikan hubungan linier antara band *ratio* dan kedalaman.

Pada algoritma Stumpf, prinsip yang digunakan yaitu menggunakan ratio dua band dimana jika rasio meningkat maka hasil estimasi kedalaman juga akan meningkat. Jika kedalaman terus bertambah, band dengan tingkat penyerapan tinggi akan terus berkurang (Irwanto, 2019). Jadi, metode ini menunjukkan bahwa setiap band memiliki tingkat penyerapan kolom air yang berbeda (Qolbiyatun Nisa dkk., 2023). Persamaan dari algoritma Stumpf yaitu sebagai berikut:

$$Z = m_1 * \frac{\ln(nR_W(\lambda_i))}{\ln(nR_W(\lambda_j))} 1 - m_0 \dots \dots \dots (3.7)$$

Keterangan:

- Z : Kedalaman yang dicari
 m_0 : Koreksi kedalaman
 m_1 : Koefisien kalibrasi
 \ln : Konstanta
 R_w : Reflektansi gelombang band i dan j

3.8.2 Perbandingan Ketelitian Semivariogram Kriging

Perbandingan model semi-variogram pada interpolasi kriging menjadi teknik analisis yang diperhitungkan untuk melihat nilai prediksi dan tingkat ketelitian dari model *satellite-derived bathymetry* yang telah dibangun berdasarkan algoritma batimetri empiris Stumpf. Dari sekian banyak model semivariogram, model yang dipakai adalah model *exponential*, *gaussian*, dan *spherical* yang akan diuji ketelitiannya menggunakan uji geostatistik *root mean square error* (RMSE) untuk mencari hasil terbaik pada masing-masingnya. Hasil *root mean square error* (RMSE) paling rendah akan dipilih untuk dilakukan pemodelan dan visualisasi membentuk kedalaman dan kontur hingga dipetakan. Nilai kedalaman diuji dinyatakan dengan persamaan *root mean square error* (RMSE) yang ditunjukkan pada **persamaan 3.8** berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \dots\dots\dots (3.8)$$

Keterangan:

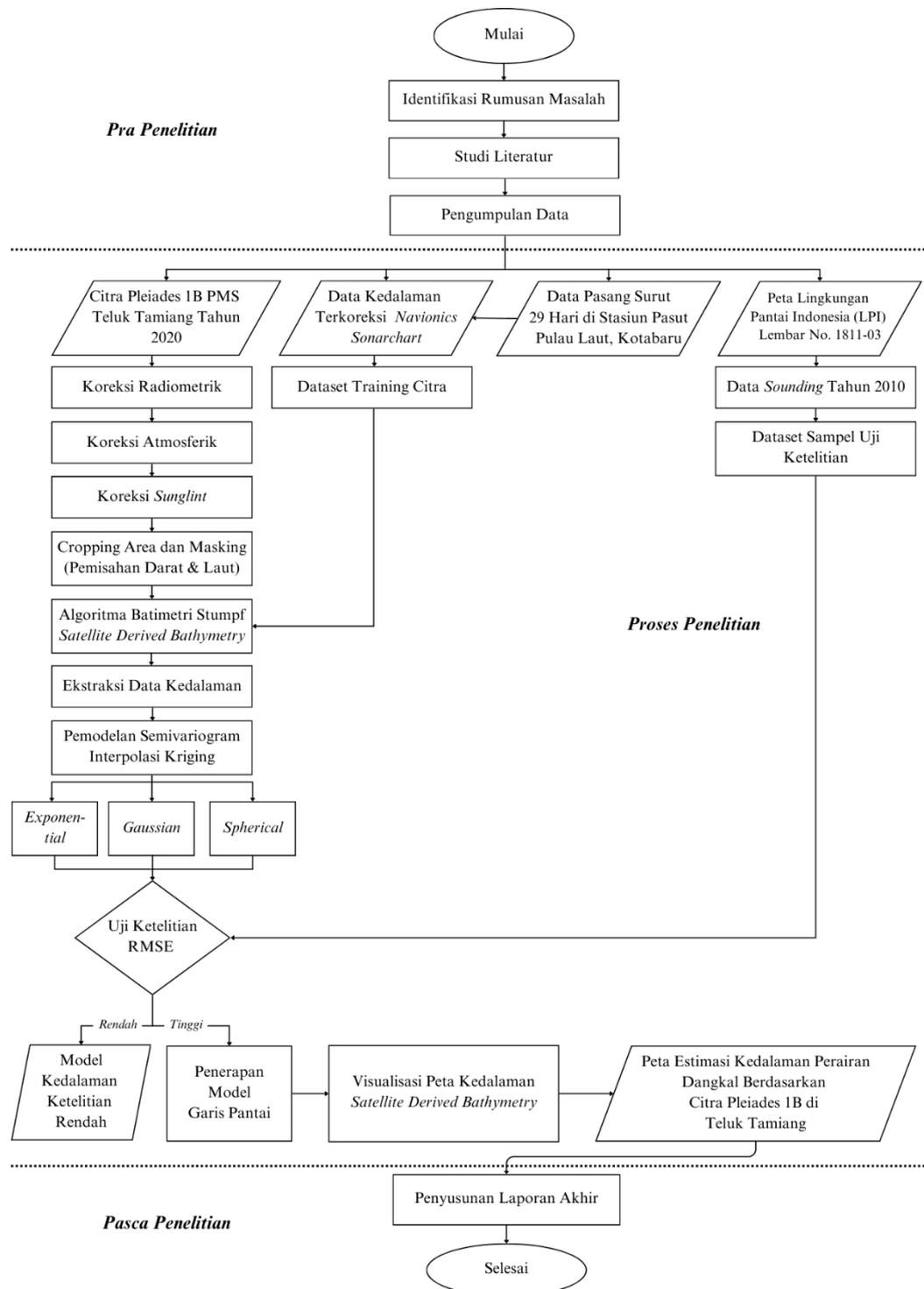
- RMSE : *Root Mean Square Error*
 y_i : Kedalaman sebenarnya
 \hat{y}_i : Kedalaman prediksi
 n : Jumlah titik kedalaman yang digunakan dalam uji ketelitian

3.8.3 Pemilihan Model Semivariogram Kriging Terbaik

Pada tahap selanjutnya, setelah dipilih model semivariogram dengan nilai *root mean square error* (RMSE) yang terkecil, maka model yang terpilih akan dilakukan *smoothing* untuk mendapatkan nilai rentang absolut pada hasil interpolasi. Selain itu, model semivariogram tersebut diubah menjadi data raster yang dapat divisualisasi dalam bentuk dua dimensi sehingga menjadi peta estimasi kedalaman perairan dangkal dan bentuk tiga dimensi dari berbagai arah samping. Kemudian

data tersebut dilakukan *clip* pada area daratan yang dibatasi dengan garis pantai yang terferensi *mean sea level* (MSL) sehingga menghasilkan sebuah data yang mendekati sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Data yang dihasilkan berupa bentuk pemetaan awal dari kedalaman perairan karena masih berupa prediksi atau pendugaan berdasarkan geostatistik terutama pendugaan interpolasi kriging.

3.9 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian, Sumber: (Hasil Analisis, 2024)