

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Suhu adalah proporsi seberapa panas atau dinginnya suatu benda atau iklim. Suhu merupakan parameter penting dalam berbagai bidang penelitian, termasuk penelitian kelautan. Suhu permukaan laut (SPL) merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas perairan. Proses metabolisme dan aktivitas biota laut dipengaruhi oleh suhu ini (Nakkir et al., 2023).

Suhu lapisan air berfluktuasi terus menerus sepanjang waktu dan ruang. Interaksi antara permukaan laut dan atmosfer menjadi salah satu faktornya. Permukaan laut secara langsung bergesekan dengan angin ketika bergerak melintasi perairan. Pergeseran permukaan laut, pergerakan massa air permukaan, proses perpindahan energi antara atmosfer dan badan laut, dan perpindahan panas atau kalor akibat gesekan tersebut (Cao & Zhang, 2017).

Disipasi energi di perairan Indonesia yang berbeda-beda menunjukkan bahwa perairan tersebut memiliki keunikan pada setiap wilayah. Di Indonesia, variasi sebaran suhu permukaan laut terutama dipengaruhi oleh angin monsun dan *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO) (Syaifullah, 2015).

El-Nino merupakan salah satu gejala alam yang dapat mempengaruhi iklim secara global. El-Nino sendiri berarti anak laki-laki dan peristiwa ini teramati oleh nelayan Peru pada bulan Desember berupa menghangatnya suhu lautan di wilayah Amerika Selatan, dekat Ekuador yang meluas hingga perairan Peru. El-Nino adalah peristiwa yang tidak normal berupa pemanasan permukaan air laut di laut Pasifik Tropis bagian Timur (Tongkukut, 2011).

Pada saat El-Nino atau dikenal dengan *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO), Indonesia mengalami suhu di bawah rata-rata sedangkan SST Samudera Pasifik naik di atas rata-rata. Akibatnya, angin pasat timur melemah. Saat terjadi El-Nino, tekanan udara meningkat di Samudera Pasifik bagian barat sehingga menghambat pertumbuhan awan di Samudera Indonesia. Tongkukut, (2011) menyatakan bahwa El-Nino menyebabkan musim kemarau berkepanjangan di Indonesia, berkurangnya jumlah hari hujan dan curah hujan, serta peningkatan suhu udara. Namun Amerika Selatan mengalami musim hujan berkepanjangan akibat fenomena El-Nino (Chen & Cane, 2008).

Fenomena El Nino, yang ditandai dengan peningkatan Suhu Permukaan Laut (SPL) di Samudra Pasifik bagian tengah dan timur, memiliki dampak signifikan terhadap kondisi oseanografi di berbagai wilayah, termasuk Selat Makassar. Meskipun SPL meningkat di wilayah sumber El Nino, di Selat Makassar justru terjadi penurunan SPL selama periode tersebut. Penurunan SPL di Selat Makassar selama El-Nino terutama disebabkan oleh melemahnya angin pasat timuran yang mendorong massa air hangat ke arah Barat, menjauh dari perairan Indonesia. Hal ini mengakibatkan peningkatan *upwelling*, yaitu proses naiknya massa air dingin dan kaya nutrisi dari lapisan dalam ke permukaan laut. Proses *upwelling* ini menyebabkan penurunan SPL di permukaan laut Selat Makassar. Studi oleh (Zulfa et al., 2024) Suhu permukaan laut relatif lebih rendah pada musim Timur. Pergerakan massa air tersebut disebabkan oleh angin pada musim timur yang bergerak dari benua Australia menuju benua Asia.

Analisis dari BMKG menunjukkan bahwa pada akhir Agustus 2023, indeks ENSO berada pada +1,504, yang termasuk dalam kategori El-Nino moderat, dan

indeks *Indian Ocean Dipole Mode* (IOD) berada pada posisi +0.394 (BMKG, 2023).

Angin monsun merupakan siklus periodik di Indonesia yang memiliki dampak besar terhadap perubahan iklim dan cuaca di Indonesia. Pergerakan angin monsun di Indonesia terbagi menjadi dua, yakni monsun timur yang terjadi pada Juni-Juli-Agustus dan monsun barat pada Desember-Januari-Februari. Monsun timur bergerak dari benua Australia membawa udara kering menuju benua Asia melalui wilayah maritim Indonesia. Periode monsun timur ini ditandai dengan musim kemarau di sebagian besar wilayah Indonesia. Sebaliknya, monsun barat berhembus dari benua Asia menuju benua Australia melalui wilayah Indonesia. Angin ini membawa udara lembap dari Samudra Hindia dan Laut Cina Selatan. Sehingga, pada periode monsun barat, Indonesia mengalami musim hujan. Selain itu, terdapat periode transisi antara musim hujan dan kemarau dikenal dengan nama periode peralihan. Pada periode ini, iklim lebih bervariasi dengan hujan sesekali dan angin yang berfluktuasi. Periode peralihan terbagi menjadi dua, yakni peralihan I (Maret-April-Mei) dan peralihan II (September-Oktober-November) (Handoko et al., 2024).

Perairan laut Sulawesi Selatan terkhusus pada sisi barat dan selatan memiliki keanekaragaman hayati laut yang cukup banyak sehingga akan mengalami dampak serius jika adanya perubahan SPL akibat perubahan iklim. Laut pada sisi selat Makassar dan sisi selatan dari Sulawesi selatan adalah laut Flores akan bertemu pada satu titik. Untuk memahami sejauh mana pengaruh perubahan SPL terhadap perairan Indonesia khususnya pada perairan Selat Makassar dan laut Flores, diperlukan data permukaan laut dalam periode panjang, yang dapat diperoleh dari satelit penginderaan jauh (Khasanah & Sastra, 2017). Data SPL yang diperoleh dari pengukuran satelit menjadi salah satu faktor penting dalam menentukan interaksi laut-atmosfer dalam prediksi iklim dan penelitian laut.

Sistem penginderaan jauh memiliki kelebihan yaitu dapat menghasilkan data dalam waktu yang lebih singkat dengan menganalisis citra yang berukuran besar secara temporal dengan frekuensi pengamatan yang tinggi. Penginderaan jauh sebuah gambar yang cukup jelas dapat ditangkap oleh sistem termal yang digunakan untuk sensor jarak jauh, yang dapat merekam entitas yang tidak terlihat. Sistem penginderaan jarak jauh adalah salah satu alat yang dapat digunakan untuk mengukur suhu permukaan laut secara sementara dan spasial. Sistem ini dapat dengan cepat dan efisien menganalisis area skala besar dan menantang. Dalam sistem penginderaan jauh, sensor satelit mendeteksi radiasi elektromagnetik dari permukaan air laut (Al Tanto, 2020).

Termometer air raksa merupakan alat yang banyak digunakan orang untuk mengukur suhu. Suhu kini dapat diamati atau dipantau menggunakan alat yang lebih modern dan canggih berkat kemajuan teknologi. Karena metode *in situ* memerlukan lebih banyak uang, waktu, dan peralatan terampil, teknologi penginderaan jauh (*ex situ*) lebih efektif di Indonesia yang memiliki garis pantai yang luas. Saluran pada teknologi pencitraan penginderaan jauh Landsat-9 dapat mengumpulkan data suhu permukaan laut dengan mengambil sampel gelombang tampak (spektrum tampak). Keunggulan Landsat 9 adalah Landsat 9 mencakup panjang gelombang inframerah termal Landsat 7 sebesar 10,60-11,19  $\mu\text{m}$  dan dilengkapi dengan citra tambahan khususnya inframerah termal 11,50-12,51  $\mu\text{m}$ , dan untuk memperoleh citra suhu permukaan laut diperlukan panjang gelombang 8-15  $\mu\text{m}$ , sehingga Landsat 9 sangat cocok untuk mengetahui suhu permukaan laut (Okgareta et al., 2023).

Selat Makassar adalah perairan yang relatif subur dibandingkan perairan di Indonesia lainnya. Perairan Selat Makassar merupakan perairan yang terletak di

antara pulau Kalimantan dan Sulawesi, yang menghubungkan Laut Sulawesi di sebelah utara dan Laut Jawa di sebelah selatan. Perairan selat Makassar memiliki kondisi alam yang unik dan topografi yang bervariasi. Salah satu wilayah yang dipengaruhi oleh El-Nino adalah Selat Makassar, sebuah jalur laut yang penting di Indonesia. Selama periode El Nino, suhu permukaan laut di Selat Makassar cenderung mengalami penurunan yang dapat mempengaruhi ekosistem laut dan aktivitas manusia di sekitarnya. Untuk itu penelitian ini dilakukan guna memahami dinamika suhu permukaan laut selama periode El-Nino 2023.

## **1.2 Tujuan dan Manfaat**

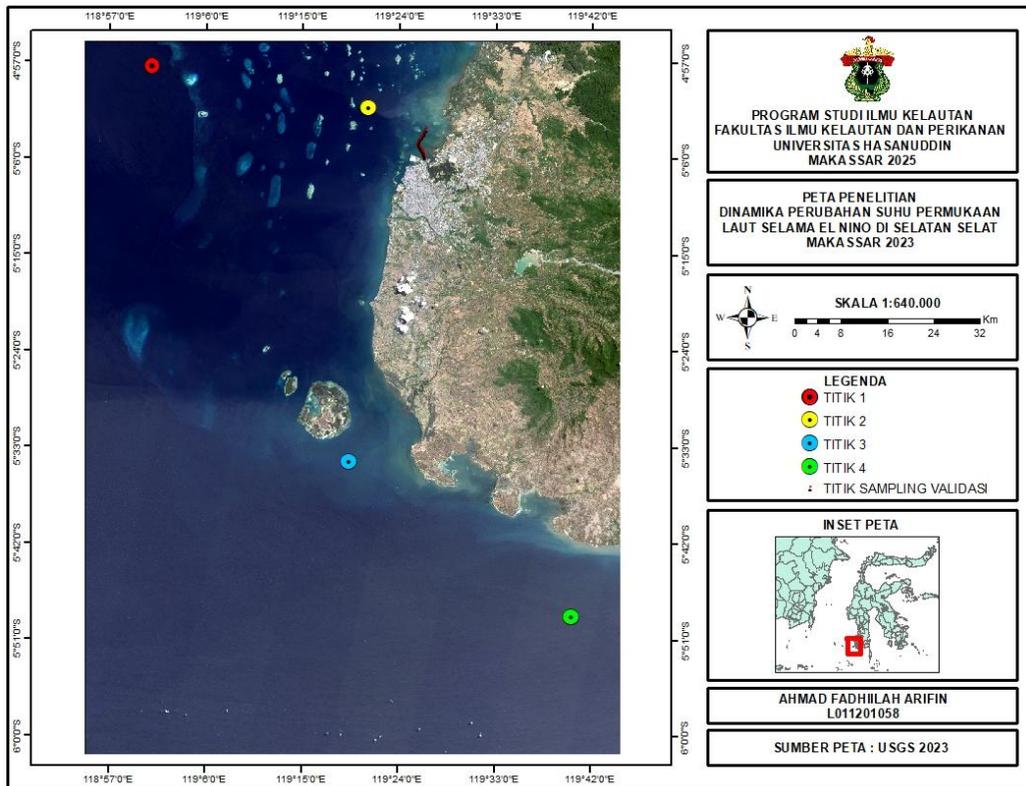
Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh perubahan suhu permukaan laut selama El-Nino di Selat Makassar bagian Selatan.

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi terkait pengaruh perubahan suhu permukaan laut di Selatan Selat Makassar selama periode El-Nino 2023 yang dapat digunakan sebagai referensi oleh pembaca.

## BAB II METODE PENELITIAN

### 2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli-Oktober 2024 yang meliputi tahap persiapan hingga penyusunan laporan akhir. Pengambilan data lapangan dilakukan di perairan dekat kota Makassar dan pengukuran suhu lapangan 16 September 2024 di hari yang sama saat pemotretan citra satelit berlangsung. Lokasi penelitian berada di Selat Makassar bagian Selatan. Pengolahan citra serta analisis dilakukan 17 September 2024 di laboratorium penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (GIS), Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

## 2.2 Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini beserta kegunaannya yaitu sebagai berikut (Tabel 1):

**Tabel 1.** Alat dan kegunaannya

<b>Nama alat</b>	<b>Kegunaan</b>
Laptop	Sebagai alat pengolahan citra dan data pengukuran di lapangan
<i>Handphone</i>	Sebagai alat pengambilan dokumentasi kegiatan
Alat Tulis	Digunakan dalam proses pencatatan data hasil pengambilan di lapangan
<i>Kertas Underwater</i>	Sebagai media untuk menyimpan data hasil pengukuran di lapangan
<i>Global Positioning System (GPS)</i>	Digunakan dalam penentuan titik koordinat
<i>Thermometer</i>	Sebagai alat untuk mengukur suhu air
<i>Software ArcGis</i>	Digunakan dalam memvisualisasikan data hasil pengolahan citra
<i>Software ENVI</i>	Digunakan dalam pengolahan data SPL

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini beserta kegunaannya yaitu sebagai berikut (Tabel 2).

**Tabel 2.** Bahan dan Kegunaannya

<b>Nama bahan</b>	<b>Kegunaan</b>
Citra Satelit (Landsat-8/9 perekaman tahun 2023)	Digunakan untuk mengetahui kondisi SPL Tahun 2023

## 2.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini meliputi beberapa tahap yaitu tahap persiapan, penentuan titik, dan pra pengolahan citra.

### 2.3.1 Persiapan

Tahap persiapan meliputi studi literatur yang relevan dengan topik penelitian, konsultasi dengan beberapa dosen terkait mengenai penelitian dan metode yang akan digunakan, pengunduhan data citra satelit, pengumpulan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, serta pengamatan awal terhadap lokasi penelitian untuk mendapatkan referensi mengenai kondisi dan medan pada lokasi penelitian.

### 2.3.2 Penentuan Titik

#### a) Titik Penelitian

Titik penelitian adalah inti atau fokus utama dari sebuah penelitian yang menjadi dasar dalam menyusun tujuan penelitian. Penentuan titik penelitian menggunakan metode *purposive sampling* yaitu memilih titik didasarkan pada pertimbangan tertentu sesuai dengan tujuan penelitian yang akan dilakukan. Titik lokasi yang dipilih dengan pertimbangan bahwa area tersebut mewakili kondisi perairan di tiap titiknya.

**Tabel 3.** Titik lokasi penelitian

Titik	Koordinat		Deskripsi Lokasi
	Lintang	Bujur	
1	4°27' 26,114"S	119° 0' 57.397"E	Area yang jauh dari daratan yang berada pada jalur Arlindo
2	5°1' 14.707"S	119° 21' 3.362"E	Area yang berada di kawasan Spermonde
3	5°34' 23.131"S	119° 21' 21.887"E	Area yang berada dipertemuan perairan Selat Makassar dan laut Flores
4	5°48' 47.715"S	119° 40' 10.037"E	Area yang berada pada laut Flores

#### b) Titik Sampling Validasi

Titik sampling adalah lokasi, tempat, atau titik spesifik yang dipilih untuk pengambilan sampel dalam suatu penelitian. Titik sampling validasi digunakan untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan mewakili fenomena yang sedang diteliti. Penentuan titik sampling validasi menggunakan metode *random* yaitu memilih titik secara acak.

**Tabel 4.** Titik sampling validasi

Titik	Koordinat	
	Lintang	Bujur
1	5°5' 52,362"S	119° 26' 17.994"E
2	5°5' 44.658"S	119° 26' 15.855"E
3	5°5' 37.021"S	119° 26' 13.263"E
4	5°5' 28.998"S	119° 26' 9.533"E
5	5°5' 20,320"S	119° 26' 4.957"E
6	5°5' 11.102"S	119° 26' 0.867"E
7	5°5' 1.912"S	119° 25' 56.192"E
8	5°4' 52.591"S	119° 25' 51.484"E
9	5°4' 42.911"S	119° 25' 46.970"E
10	5°4' 33.883"S	119° 25' 42.393"E
11	5°4' 26.843"S	119° 25' 45.384"E
12	5°4' 18.656"S	119° 25' 50.643"E

Lanjutan Tabel 4.

Titik	Koordinat	
	Lintang	Bujur
13	5°4' 10.860"S	119° 25' 55.676"E
14	5°4' 3.651"S	119° 26' 0.516"E
15	5°3' 56.442"S	119° 26' 5.259"E
16	5°3' 49.396"S	119° 26' 10.068"E
17	5°3' 42.383"S	119° 26' 14.552"E
18	5°3' 35.433"S	119° 26' 19.621"E
19	5°3' 28.450"S	119° 26' 24.884"E
20	5°3' 21.370"S	119° 26' 30.049"E

### 2.3.3 Pra Pengolahan Citra

#### a) Pengunduhan Citra Satelit

Tahap pengolahan citra diawali dengan pengunduhan citra satelit pada <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Citra satelit yang digunakan pada penelitian ini yaitu citra Landsat-9 tahun 2022 dan 2023. Adapun spesifikasi citra Landsat-9 ditampilkan pada (tabel 4) dan identifikasi Citra pada (tabel 5) sebagai berikut.

**Tabel 5.** Spesifikasi citra Landsat-9

Kanal	Panjang Gelombang ( $\mu\text{m}$ )	Keterangan
1 – aerosol pesisir	0.43 – 0.45	Resolusi 30 Meter, Studi aerosol dan wilayah pesisir
2 – biru	0.45 – 0.51	Resolusi 30 Meter, Pemetaan <i>bathimetric</i> , Membedakan tanah dari vegetasi (tumbuhan) dan daun darivegetasi <i>konifer</i>
3 – hijau	0.53 – 0.59	Resolusi 30 Meter, Mempertegas puncak vegetasi (tumbuhan) untuk menilai kekuatan vegetasi
4 – merah	0.64 – 0.67	Resolusi 30 Meter, Membedakan sudut vegetasi
5 – Infra Merah Dekat- <i>Near Infrared</i> (NIR)	0.85 – 0.88	Resolusi 30 Meter, Menekankan konten biomassa dan garis pantai
6 – <i>short-wave infrared</i> (SWIR 1)	1.57 – 1.65	Resolusi 30 Meter, Mendiskriminasikan kadar airtanah dan vegetasi; menembus awan tipis
7 – <i>short-wave infrared</i> (SWIR 2)	2.11 – 2.29	Resolusi 30 Meter, Peningkatan kadar air tanah dan vegetasi dan penetrasi awan tipis

Lanjutan Tabel 5.

Kanal	Panjang Gelombang ( $\mu\text{m}$ )	Keterangan
8 – <i>Pankromatic</i>	0.50 – 0.68	Resolusi 15 m, Penajaman citra
9 – <i>Sirus</i>	1.36 – 1.68	Resolusi 30 Meter, Peningkatan deteksi awansirus yang terkontaminasi
10 – <i>TIRS 1</i>	10.60 – 11.19	Resolusi 100 m, Pemetaan suhu dan penghitungan kelembaban tanah
11 – <i>TIRS 2</i>	11.5 – 12.51	Resolusi 100 m, Peningkatan pemetaan suhu dan Penghitungan kelembaban tanah

Tabel 6. Unduhan citra tahun 2022 &amp; 2023

Identifikasi Citra	Tanggal Perekaman
LC09_L1TP_114064_20220311_20230425_02_T1	11/03/2022
LC09_L1TP_114064_20220412_20230422_02_T1	12/04/2022
LC09_L1TP_114064_20220514_20230416_02_T1	14/05/2022
LC08_L1TP_114064_20220623_20220705_02_T1	23/06/2022
LC09_L1TP_114064_20220717_20230407_02_T1	17/07/2022
LC09_L1TP_114064_20220802_20230404_02_T1	02/08/2022
LC09_L1TP_114064_20220919_20230328_02_T1	19/09/2022
LC09_L1TP_114064_20221005_20230326_02_T1	05/10/2022
LC09_L1TP_114064_20221122_20230320_02_T1	22/11/2022
LC09_L1TP_114064_20230330_20230330_02_T1	30/03/2023
LC09_L1TP_114064_20230415_20230415_02_T1	15/04/2023
LC09_L1TP_114064_20230501_20230501_02_T1	01/05/2023
LC09_L1TP_114064_20230618_20230618_02_T1	18/06/2023
LC09_L1TP_114064_20230720_20230720_02_T1	20/07/2023
LC09_L1TP_114064_20230821_20230821_02_T1	21/08/2023
LC09_L1TP_114064_20230922_20230922_02_T1	22/09/2023
LC09_L1TP_114064_20231008_20231008_02_T1	08/10/2023
LC09_L1TP_114064_20231109_20231129_02_T1	09/11/2023

### **b) Registrasi citra**

Untuk memasukkan koordinat setiap piksel pada citra sesuai dengan koordinat peta, digunakan sistem koordinat UTM dan metode transformasi koordinat *polinomial orde 1*. Proses ini melibatkan penyesuaian proyeksi pada sistem proyeksi UTM menggunakan titik kendali medan (GCP) dengan koordinat yang telah ditentukan dari peta medan dan RBI. Dalam metode transformasi koordinat *polinomial orde pertama*, minimal diperlukan 3 titik kontrol GCP. Penting untuk memilih titik kontrol GCP yang mewakili area citra dengan baik. Setelah titik kontrol GCP dipilih, dilakukan proses transformasi untuk mengubah koordinat piksel pada citra menjadi koordinat peta yang sesuai. Selama proses transformasi, tujuan utama adalah mencapai akurasi yang tinggi. Oleh karena itu, nilai simpangan *RMSerror (Root Mean Square Error)* digunakan sebagai metrik untuk mengevaluasi keakuratan transformasi. Syarat minimal yang ditetapkan adalah bahwa simpangan *RMSerror* harus kurang dari atau sama dengan 0,5.

Dengan menggunakan metode transformasi koordinat *polinomial orde 1* dan memenuhi persyaratan simpangan *RMSerror*, proses penyesuaian proyeksi akan membantu dalam memasukkan koordinat *piksel* pada citra ke dalam sistem koordinat UTM yang sesuai dengan koordinat peta. Hal ini memungkinkan integrasi yang akurat antara citra dan peta, yang sangat berguna dalam analisis spasial dan pemetaan.

### **c) Koreksi Radiometri dan Koreksi Geometri**

Dengan meningkatkan kontras setiap piksel citra satelit dan mempertimbangkan faktor turbulensi atmosfer, maka data yang diproses disesuaikan dengan data sebenarnya. Agar karakteristik yang terekam mudah dipahami dan dicocokkan dengan data lapangan, maka perlu dilakukan kalibrasi radiometrik. Melakukan koreksi geometrik secara bersamaan untuk mengatur posisi citra sesuai dengan koordinat benda di permukaan bumi yang dipengaruhi oleh pergerakan satelit, rotasi bumi, dan kelengkungan bumi. Transformasi geometri dan pengambilan sampel ulang adalah dua tahap koreksi geometri. Pengambilan sampel tetangga terdekat digunakan untuk menghilangkan koordinat GCP. Hal ini menghasilkan nilai *Root Mean Square Error (RMSE)* sebesar 1 atau kurang.

### **d) Pemotongan citra**

Pemotongan citra adalah proses yang bertujuan untuk membatasi citra sesuai dengan wilayah penelitian yang spesifik. Hal ini dilakukan agar analisis dapat difokuskan pada wilayah yang relevan dan memungkinkan pemisahan yang lebih jelas antara daratan dan lautan. Pemotongan citra dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai teknik, tergantung pada tujuan dan karakteristik data. Salah satu teknik yang umum digunakan adalah teknik "*cropping*" atau pemotongan citra. Dalam teknik ini, wilayah yang tidak diperlukan dihapus atau dipotong dari citra, sehingga hanya sisa wilayah yang relevan yang tersisa. Pemotongan citra dapat memberikan beberapa manfaat. Pertama, pemisahan yang jelas antara daratan dan lautan dapat memudahkan analisis yang berkaitan dengan perubahan atau fitur yang terjadi di kedua jenis wilayah tersebut. Selain itu, dengan memfokuskan pengamatan hanya pada daerah yang spesifik, analisis dapat lebih terarah dan lebih efisien.

**e) Analisis Kuantitatif**

Untuk memudahkan pengolahan data menggunakan persamaan rumus matematik, analisis kuantitatif dibagi menjadi beberapa tahap, seperti:

1. Konversi nilai digital menjadi nilai radian

Persamaan berikut digunakan untuk mengubah nilai angka digital menjadi nilai radiasi. (Amran, 2024):

$$L\lambda = (ML \times Qcal) + AL \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

$L\lambda$  : *spectral radiance* (Watts/( m2.srad.µm))

$ML$  : Band spesifik faktor *rescaling* perkalian dari meta data (*RADIANCE\_MULT\_BAND\_11*, dimana 11 adalah nomer band)

$AL$  : Band spesifik faktor *rescaling* aditif dari meta data (

$Qcal$  : Produk standar *piksel* yang di kuantisasi dan dikalibrasi (*Digital Number*)

2. Konversi nilai radian menjadi suhu radian

Rumus untuk mengubah nilai piksel menjadi nilai suhu radiasi dapat dihitung berdasarkan nilai spektral radiasi yang telah diubah ke nilai *celcius* menggunakan persamaan berikut (Amran, 2024):

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)} - 273 \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

T = Suhu Radiasi (*Celcius*)

K2 = Konstanta Kalibrasi 2 (1282,71 Kelvin)

K1 = Konstanta Kalibrasi 1 (666,09 watts / (meter2.ster.µm))  $L\lambda$  = Radiasi Spektral dalam watts / (meter2.ster.tm)

3. Transformasi suhu radian Menjadi suhu permukaan Laut

Transformasi nilai suhu radian menjadi nilai suhu permukaan laut dapat dihitung dengan persamaan berikut (Amran, 2024):

$$SPL = 1,930 + 9,002 T10 - 7,975 T11 - 0,149 (T10^2 - T11^2) \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

SPL = Suhu Permukaan Laut

T10 = Suhu Radiasi (*Celcius*) (Band-10)

T11 = Suhu Radiasi (*Celcius*) (Band-11)

**f) Pengukuran langsung suhu di lapangan**

Suhu diukur dengan *Thermometer* digital, dengan mengambil sampel air padatitik-titik yang telah ditentukan lalu alat dinyalakan kemudian dicelupkan pada sampel. Suhu yang tampil pada *display* menjadi suhu air laut.

**g) Tahap validasi data**

Data suhu permukaan laut dari masing-masing stasiun dibandingkan dengan data suhu permukaan laut hasil klasifikasi Citra Satelit Landsat 9 pada lokasi dan koordinat yang sama guna memverifikasi data *Image* Citra Satelit Landsat 9 dengan data pengukuran di lapangan. Dalam pemodelan hidrodinamik, perhitungan validasi data juga digunakan untuk memverifikasi data arus permukaan lapangan dan arus permukaan pasang surut.

Nilai eror data lapangan dan data hasil peramalan dapat dihitung dengan metode RMSE (*Root Mean Square Error*), (Jaelani et al., 2015).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{esti} - X_{meas})^2}{n}} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana  $n$  adalah jumlah data dan  $X_{esti}$  adalah data citra dan  $X_{meas}$  adalah data lapangan.