

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

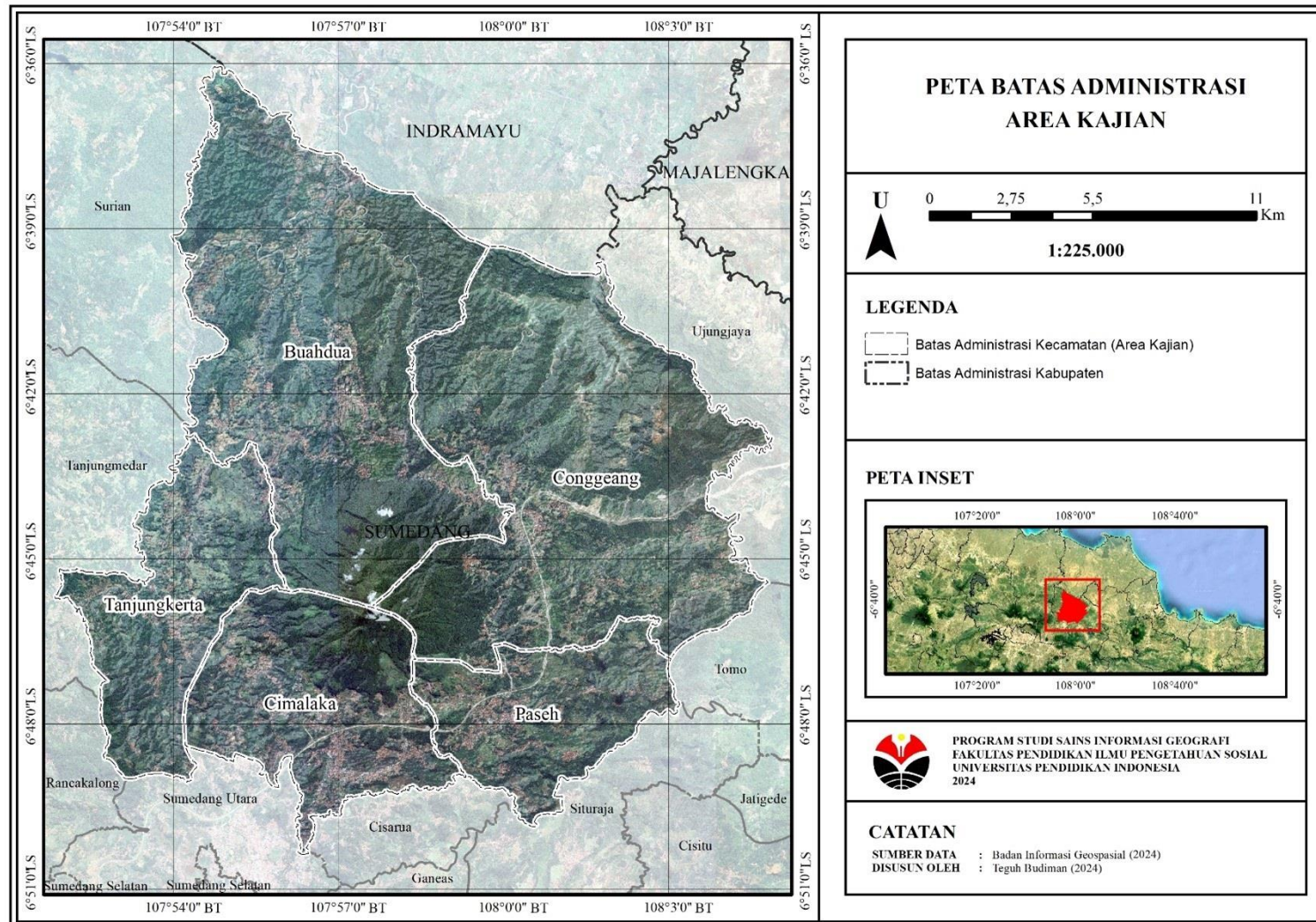
Metode Penelitian merupakan cara untuk mendapatkan pemecahan segala permasalahan yang dianjurkan. Dalam menyelesaikan setiap permasalahan perlu dilakukan metode yang sesuai dan relevan terhadap permasalahan yang ada (Subagyo, 1997)

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode penelitian *mix method* dengan pendekatan utama penginderaan jauh untuk mengidentifikasi nilai spektral pada citra Landsat-8 dan DEMNAS yang diolah. Di akhir, penulis akan secara deskriptif membuat kesimpulan dari hasil analisis data yang dilakukan terutama dalam menentukan klasifikasi terhadap indikator pada variabel yang telah ditentukan.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

3.2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Kabupaten Sumedang, terutama di tujuh Kecamatan yang melingkupi Gunung Tampomas, diantaranya Kecamatan Buahdua, Conggeang, Paseh, Cimalaka, dan Kecamatan Tanjungkerta. Berikut ini peta area kajian zona prospek panas bumi daerah Gunung Tampomas.



Gambar 3. 1 Peta Area Kajian (Penulis, 2024)

Teguh Budiman, 2025

EKSPLORASI ZONA PROSPEK PANAS BUMI DAERAH GUNUNG TAMPOMAS MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT-8 DAN DATA DIGITAL ELEVATION MODEL NASIONAL (DEMNAS)

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

3.2.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan berdasarkan jadwal berikut.

Kegiatan	September 2024				Oktober 2024				November 2024				Desember 2024				Januari 2025				Februari 2025				Maret 2025							
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV				
Pra-Penelitian																																
Studi Literatur	■	■	■	■																												
Pengumpulan Data					■	■	■	■																								
Penelitian																																
Pengolahan Citra									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
Penentuan Lokasi Survei																					■	■	■									
Survei Lapangan																							■		■							
Analisis Data																									■	■						
Pasca-Penelitian																																
Penyusunan Laporan	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Tabel 3. 1 Waktu Penelitian (Penulis, 2024)

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat

Dalam penelitian ini, peralatan yang diperlukan adalah sebagai berikut.

No.	Alat	Fungsi
1	Laptop	Perangkat pengolahan data
2	GPS	Ground check lapangan
3	Ponsel	Dokumentasi
4	ArcMap, QGIS, Global Mapper, Fokus	Software pengolahan data citra
5	Microsoft office	Olah data dan penyajian laporan
6	Termometer	Melakukan pengukuran lapangan
7	Palu	Melakukan Pengambilan Sampel Batuan
8	Alat Tulis	Mencatat hasil pengukuran lapangan

Tabel 3. 2 Alat Penelitian (Penulis, 2024)

3.3.2 Bahan

Bahan-bahan yang perlu dipersiapkan adalah sebagai berikut.

No.	Data	Sumber
1	Citra Landsat-8	USGS
2	DEMNAS	BIG
3	Peta Geologi	ESDM
4	Sampel Suhu Permukaan	Data Lapangan
5	Dokumentasi Lapangan	Data Lapangan

Tabel 3. 3 Bahan Penelitian (Penulis, 2024)

3.4 Desain Penelitian

3.4.1 Pra Penelitian

Tahap pra penelitian merupakan tahap awal yang memberikan gambaran umum terkait langkah-langkah dari penelitian yang akan dilakukan. Beberapa persiapan yang dilakukan pada tahapan ini diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Mencari Sumber Literatur

Sumber literatur dikumpulkan berdasarkan relevansinya dengan penelitian yang akan dilakukan oleh penulis, utamanya berkaitan dengan mekanisme pendukung pembangkit listrik tenaga panas bumi, dan dikaitkan dengan aplikasi dari teknologi penginderaan jauh

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dibagi berdasarkan jenis data. Data citra dan data dari sumber literatur dikumpulkan pada tahap pra-penelitian, sedangkan data lapangan dikumpulkan pada fase penelitian.

3.4.2 Penelitian

1. Pengolahan Citra

Pengolahan citra dilakukan berdasarkan mekanisme dari sistem kerja algoritma pemrosesan citra dan mekanisme dari software yang digunakan untuk mendapatkan hasil pemrosesan yang diperlukan dalam analisis data

2. Penentuan Lokasi Survei

Citra yang telah diolah akan menghasilkan poin-poin yang perlu diperiksa secara langsung di lapangan. Lokasi survei ditentukan berdasarkan sampel dari hasil pengolahan citra yang didapatkan.

3. Survei Lapangan

Pada tahap ini, dilakukan beberapa proses pengambilan data di lapangan. Data yang dikumpulkan terbagi menjadi dua kategori. Data pertama adalah data yang ditujukan untuk pengujian akurasi (LST dan NDVI). Data kedua adalah data yang diambil berdasarkan karakter sampel yang ditemui di lapangan untuk pengujian mineral teralterasi dan tingkat permeabilitas tanah (sampel batuan dan sampel tanah).

4. Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan dua fase. Fase pertama adalah pengujian akurasi dari data citra yang telah diolah dengan data lapangan yang didapatkan. Fase kedua adalah menganalisis sebaran potensi heat source, pengujian lab sampel tanah, analisis reservoir, *recharge area*,

serta aliran fluida berdasarkan gabungan dari data hasil studi literatur dan data lapangan yang didapatkan.

3.4.3 Pasca Penelitian

Pada fase ini, kegiatan yang dilakukan merupakan penyusunan laporan akhir. Laporan ini disusun berdasarkan data yang telah dikumpulkan, serta hasil pengolahannya. Harapannya, data yang telah diolah dapat divisualkan sebagai beberapa peta sebagai berikut.

1. Peta Dugaan Zona Prospek Panas Bumi Gunung Tampomas
2. Peta Anomali Suhu Permukaan Gunung Tampomas
3. Peta Indeks Vegetasi Gunung Tampomas
4. Peta *Fault Fracture Density* Gunung Tampomas
5. Peta Mineral Alterasi Argilik Daerah Gunung Tampomas

3.5 Populasi dan Sampel

3.5.1 Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah hasil pengolahan citra dari seluruh area kajian, diantaranya dari Kecamatan Buahdua, Conggeang, Paseh, Cimalaka, dan Kecamatan Tanjungkerta. Hasil pengolahan citra tersebut mencakup *intersect* dari anomali suhu permukaan, FFD, mineral alterasi.

3.5.2 Sampel

Metode sampling yang digunakan dalam penelitian ini adalah *purposive sampling*. Sampel ditentukan berdasarkan karakter dari hasil pengolahan yang akan dilakukan menggunakan citra Landsat-8 dan DEMNAS di seluruh populasi area kajian. Adapun kriteria penentuan lokasi sampel berkaitan dengan karakter hasil pengolahan yang cenderung mengindikasikan adanya potensi panas bumi. Dengan demikian, penentuan sampel didasarkan atas hasil pengolahan citra yang tergolong memiliki karakteristik tertentu berdasarkan hasil *intersect* parameter dan *overlay*, yakni nilai tinggi dari *overlay Land Surface Temperature*, nilai tinggi dari *overlay Fault Fracture Density*, serta anomali alterasi mineral argilik yang dari ketiga parameter

tersebut dilakukan *intersect* untuk kemudian menampilkan daerah-daerah tertentu yang berpotensi panas bumi.

3.6 Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan suatu atribut maupun objek dengan variasi tertentu (Hatch & Farhady, 1981). Dalam penelitian ini, variabel yang digunakan diantaranya sebagai berikut:

Rumusah Masalah	Variabel	Indikator
Bagaimana sebaran anomali suhu permukaan di area kajian berdasarkan pengolahan citra Landsat-8?	<i>Land</i>	Nilai piksel citra hasil pengolahan
	<i>Surface</i>	>50% nilai tertinggi secara konsisten
	<i>Temperature</i>	pada seluruh waktu perekaman citra
Bagaimana kondisi densitas struktur yang ada di area kajian berdasarkan data DEMNAS?	<i>Fault</i>	Nilai piksel citra hasil pengolahan
	<i>Fracture</i>	>50% nilai tertinggi
	<i>Density</i>	Geologi tersusun atas batuan vulkanik/basal
Bagaimana sebaran zona prospek panas bumi di area kajian berdasarkan interpretasi dari hasil pengolahan data citra Landsat-8 dan DEMNAS?	<i>Land</i>	Nilai piksel citra hasil pengolahan
	<i>Surface</i>	>50% nilai tertinggi secara konsisten
	<i>Temperature</i>	pada seluruh waktu perekaman citra
	<i>Fault</i>	Nilai piksel citra hasil pengolahan
	<i>Fracture</i>	>50% nilai tertinggi
	<i>Density</i>	Geologi tersusun atas batuan vulkanik/basal
	Struktur	Geologi tersusun atas batuan vulkanik/basal
Komposit Band	Komposit Band RGB 3/6/7 untuk Indikasi Mineral Alterasi Argilik	

Tabel 3. 4 Variabel Penelitian (Penulis, 2024)

3.7 Teknik Pengumpulan Data

3.7.1 Teknik Pengumpulan Data Primer

a. Data Sampel Suhu dan Kelembapan Permukaan

Data sampel suhu permukaan dan kelembapan diambil menggunakan *termometer* dan *hygrometer*. Data diambil dari beberapa lokasi sampel berdasarkan karakter tertentu.

b. Dokumentasi Lapangan

Pengambilan dokumentasi di lapangan diperlukan untuk dijadikan sebagai data pendukung, diantaranya untuk menganalisis visual lingkungan sekitar, tutupan vegetasi dominan, kemiringan lereng, serta dokumentasi alat yang dipakai di area sampel.

3.7.1 Teknik Pengumpulan Data Sekunder

a. Citra Landsat-8

Citra Landsat-8 yang digunakan sebagai data pada penelitian ini dapat diperoleh di laman USGS Earth Explorer. Data citra yang digunakan terdiri dari 4 waktu berbeda, yakni pada bulan Juli dan September 2023-2024. Pemilihan citra Landsat-8 bulan tersebut didasarkan pada kondisi tutupan awan yang relatif minim. Hal tersebut secara teknis dapat meminimalkan efek dari atmosfer serta meningkatkan keandalan dari data spektral. Selain itu, kondisi permukaan pada bulan tersebut lebih stabil sehingga memperkuat korelasi antara hasil pengolahan citra dan hasil observasi lapangan.

b. Data DEMNAS

Data DEMNAS yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari laman resmi BIG. Data yang diunduh merupakan data yang mencakup area kajian. Beberapa data yang terkumpul kemudian digabungkan menjadi satu lembar citra sehingga dapat dianalisis lebih lanjut secara keseluruhan area kajian.

c. Data Geologi

Data geologi diperoleh dari geoportal ESDM sebagai acuan untuk analisis kepadatan struktur di area kajian. Analisis kepadatan struktur

tersebut dilakukan dengan melihat karakter dari jenis batuan serta umur batuan.

d. Data Manifestasi Panas Bumi

Data ini bersumber dari penelitian terdahulu yang telah dilakukan di area kajian. Data manifestasi yang diperoleh dijadikan sebagai petunjuk awal untuk lokasi manifestasi yang diketahui. Namun, data ini tidak mengintervensi hasil penelitian yang dilakukan oleh penulis.

3.8 Teknik Pengolahan Data

3.8.1 *Land Surface Temperature (LST)*

Data yang digunakan dalam untuk mendapatkan nilai suhu permukaan tanah adalah *band* thermal yang dimiliki oleh citra Landsat-8, yaitu *band* 10 dan *band* 11. Estimasi suhu permukaan tanah ini didapatkan dari koreksi *band* thermal mengikuti persamaan oleh Artis & Carnahan (1982). *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*

Data yang digunakan adalah Landsat-8 *band* 4 dan *band* 5. Ini dilakukan untuk memperoleh nilai indeks vegetasi yang memanfaatkan gelombang inframerah dekat pada *band* 5 dan gelombang merah pada *band* 4. Nilai ini perlu dilakukan kalibrasi ke dalam *top of atmosphere (TOA) reflectance* terlebih dahulu.

3.8.2 *Fault Fracture Density*

DEMNAS digunakan untuk mengidentifikasi beberapa karakter topografi yang mengindikasikan adanya patahan yang menunjukkan jalur permeabilitas tinggi sehingga kemungkinan besar fluida panas dapat mengalir di dalamnya. Untuk mengetahui tingkat kepadatan struktur di area kajian, metode FFD (*Fault Fracture Density*) dapat dilakukan dengan menggunakan *tools line density* berdasarkan data dari DEMNAS. Pertama, data dari DEMNAS perlu digabung dan dipotong berdasarkan extent dari area kajian. Setelah dilakukan penggabungan dan pemotongan DEMNAS, data DEMNAS kemudian diolah menjadi *hillshade* dengan sudut azimuth penyinaran dari 4 sudut. Hal tersebut dilakukan agar dapat menunjukkan garis patahan yang ada di area kajian dengan lebih lebih jelas.

Setelah dilakukan pembuatan *hillshade*, proses berikutnya adalah melakukan ekstraksi terhadap garis yang ada pada *hillshade* tersebut. Proses ekstraksi ini digunakan menggunakan software fokus. Garis yang dihasilkan oleh pengolahan terhadap keempat *hillshade* kemudian digabungkan dan dijadikan sebagai input untuk pengolahan *line density*. Hal tersebut bertujuan untuk mengidentifikasi intensitas kepadatan struktur yang ada di area kajian.

Setelah dilakukan pengolahan *line density*, data raster yang dihasilkan diklasifikasikan berdasarkan 4 segmen equal interval untuk mendapatkan klasifikasi yang merata berdasarkan nilai yang didapatkan.

3.8.3 Mineral Alterasi

Identifikasi mineral alterasi didasarkan atas penyesuaian komposit band serta rasio untuk memetakan mineral tertentu di area kajian. Beberapa komposit digunakan untuk identifikasi mineral ubahan, diantaranya komposit RGB 10,11,07 untuk identifikasi kandungan silika, rasio band 4/2 untuk identifikasi sebaran mineral Ferrugination (liomit), rasio band 6/7 untuk identifikasi sebaran mineral lempung hidroksida dan karbonat. Komposit band RGB dengan rasio 4/2, 6/7, dan 10 dapat memberikan informasi utama terkait mineral alterasi hidrotermal dengan warna cream. Mineral alterasi hidrotermal juga dapat diidentifikasi sebagai warna kuning hingga oranye untuk komposit band RGB dengan rasio 4/2, 6/7, dan 5.

3.9 Teknik Analisis Data

Proses analisis data merupakan rangkaian akhir dari penelitian yang dilakukan. Pada prosesnya, teknik analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif. Adapun teknik analisis data yang dilakukan pada penelitian ini diantaranya:

3.9.1 Anomali Suhu Permukaan

Hasil pengolahan citra Landsat-8 pada algoritma LST dari keempat citra, hasilnya akan diklasifikasikan menjadi empat kategori berdasarkan nilai piksel yang diperoleh. Ambang batas ditentukan berdasarkan metode *natural breaks (jenks) classification*. Klasifikasi dengan dua rentang tertinggi akan dilakukan digitasi sehingga dari keempat hasil digitasi dilakukan *intersect*

untuk menghasilkan daerah dengan anomali suhu permukaan tinggi yang konsisten

3.9.2 Analisis FFD

Kepadatan struktur dianalisis berdasarkan hasil pengolahan dari *FFD*. Pengolahan tersebut kemudian menghasilkan beberapa klasifikasi nilai dalam rentang tertentu. Rentang nilai tersebut kemudian dibagi menjadi 4 kelas dengan metode *natural breaks (jenks) classification* untuk memperoleh anomali dari beberapa daerah yang berpotensi memiliki densitas kelurusan tertinggi sehingga memiliki tingkat permeabilitas yang paling rendah.

Berdasarkan hasil pengolahan FFD, akan diketahui aliran fluida yang didasarkan atas fenomena alam di lapangan yang apabila suatu daerah memiliki lembah memanjang, maupun punggung memanjang, maka air akan cenderung mengalir ke area lembah. Area lembah tersebut diindikasikan sebagai tempat terkumpulnya air tanah yang kemudian menunjukkan arah aliran fluida dalam sistem panas.

3.9.3 Analisis Mineral Alterasi

Analisis mineral alterasi argilik berperan dalam mengidentifikasi zona prospek panas bumi sebagai respons terhadap aktivitas di dalam permukaan bumi. Alterasi argilik, yang umumnya terdiri dari mineral seperti kaolinit, illit, dan montmorillonit, secara umum seringkali ditemukan pada bagian atas maupun pinggiran sistem geotermal, sehingga dapat berfungsi sebagai petunjuk adanya sistem panas bumi di bawah permukaan

3.9.4 Analisis Dugaan Zona Prospek Panas Bumi

Dalam proses analisis dugaan zona prospek panas bumi, pertama dilakukan analisis terhadap mineral ubahan yang dilakukan berdasarkan hasil pengolahan komposit dan rasio band. Komposit RGB 3/6/7 digunakan untuk identifikasi mineral alterasi argilik yang ada di area kajian.

Data anomali suhu permukaan, FFD, dan mineral alterasi kemudian dilakukan *intersect*, serta dianalisis dan diinterpretasikan untuk menghasilkan informasi yang dibutuhkan. Proses interpretasi ini memungkinkan berkumpulnya data-data yang telah diolah yang kemudian diekstrak untuk

memperoleh informasi akhir terkait zona prospek panas bumi berdasarkan fenomena-fenomena yang didapati dari hasil pengolahan. Hasil analisis ini kemudian perlu dilakukan validasi untuk membuktikan kebenaran dari hasil pengolahan. Adapun pengujian akurasi dari hasil fenomena lapangan diuji menggunakan matriks konfusi tes *overall accuracy*.

3.10 Teknik Validasi Lapangan

3.10.1 Suhu Permukaan

Validasi lapangan terhadap anomali suhu permukaan dimulai dengan melakukan ekstraksi nilai LST dari citra Landsat-8 yang telah didapatkan pada koordinat yang sama dengan lokasi sampel. Selanjutnya, perlu dihitung selisih antara suhu terukur (*in-situ*) dengan suhu yang dihasilkan dari LST. Kemudian, perlu dihitung nilai Root Mean Square Error (RMSE)

Dalam prosesnya, validasi suhu permukaan juga dilakukan dengan melakukan perhitungan statistik sederhana, diantaranya dengan melakukan pengujian *t-Student* apabila data hasil perekaman lapangan dan data citra berdistribusi normal. Untuk itu, serangkaian analisis statistik dilakukan mulai dari uji normalitas *Shapiro-Wilk*, pemeriksaan *outlier* dengan grafik normal QQ, *boxplot* distribusi nilai suhu. Setelah terlihat data dari sampel normal, dilakukan pengujian *one-sample statistics* dan juga *one-sample test* untuk akhirnya mendapatkan nilai *margin of error*.

3.10.2 FFD

Pengujian FFD dilakukan dengan melakukan pengamatan lapangan. Pada titik sampel yang telah ditentukan, akan diamati apakah di area sampel terdapat semacam punggungan memanjang maupun lembahan memanjang. Apabila terdapat tebing maupun indikasi rekahan, daerah tersebut sesuai dengan hasil pengolahan *FFD* yakni memiliki densitas kelurusan tinggi (semakin permeabel) dan meningkatkan potensi untuk dijadikannya sebagai *recharge*.

3.10.3 Zona Prospek Panas Bumi

Proses validasi zona prospek panas bumi dimulai dengan beberapa proses. Setelah kedua parameter sebelumnya (suhu permukaan dan FFD)

dianalisis, perlu adanya identifikasi terhadap keberadaan manifestasi. Manifestasi yang ada di lapangan dapat dilihat dari beberapa aspek berikut:

a. Mata Air

Keberadaan mata air panas akan menjadi pendukung yang sangat kuat terhadap adanya aktivitas panas bumi.

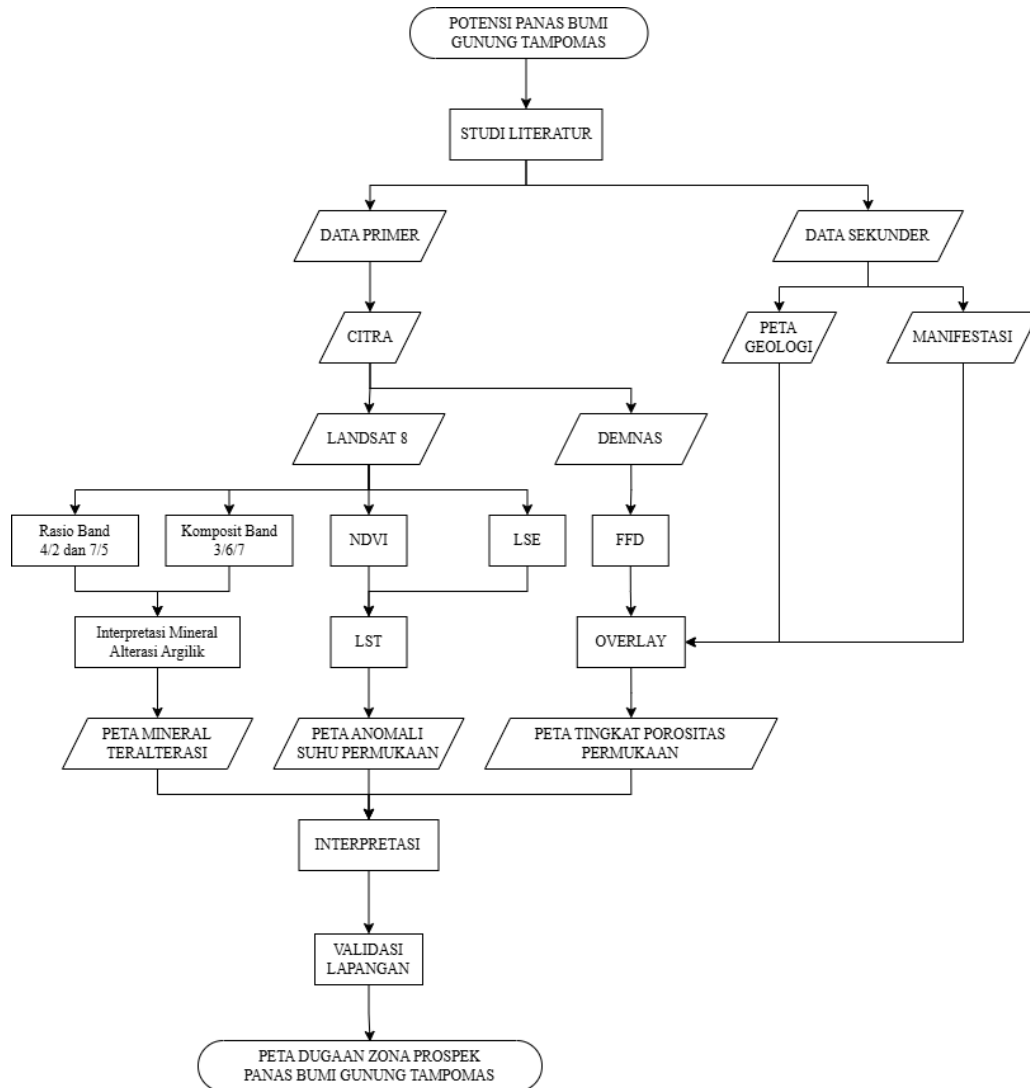
b. Kaolin

Kaolin merupakan mineral yang terbentuk melalui proses alterasi hidrotermal maupun pelapukan geokimia di suatu tempat. Kaolin seringkali ditemukan di zona alterasi *hidrotermal* yang terkait dengan sistem panas bumi.

c. Vegetasi

Karena adanya aktivitas geotermal, beberapa daerah akan memiliki anomali pada sebaran vegetasi yang tumbuh. Vegetasi akan cenderung kering pada area yang berpotensi terdapat aktivitas geotermal.

3.11 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3. 2 Diagram alir penelitian (Penulis, 2024)