

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pengetahuan mengenai tingkat kelembaban tanah memiliki peran yang sangat penting dalam beberapa kajian lingkungan (Bauer-Marschallinger dkk., 2019). Kelembaban tanah menjadi salah satu variabel kunci dalam berbagai proses yang terjadi pada ekosistem seperti proses presipitasi dan infiltrasi air, penguapan serta transfer air tanah, serta siklus karbon (Jiang dkk., 2020).

Tingkat kelembaban tanah yang optimal pada bidang pertanian, dapat digunakan untuk menentukan kondisi yang tepat dalam menentukan tanggal tanam yang optimal, perencanaan pengairan atau irigasi yang baik dan efektif pada lahan pertanian, pengelolaan maupun penanggulangan hama pada tanaman, serta memprediksi perolehan hasil pertanian (Chaudhary dkk., 2022). Kabupaten Pati menjadi salah satu Kabupaten di Jawa Tengah yang memiliki potensi unggul di bidang pertanian. Salah satu produk pertanian unggulan di Kabupaten Pati yakni tanaman pangan padi. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Pati pada tahun 2021, Kabupaten Pati menjadi daerah penghasil padi tertinggi ke-lima di Provinsi Jawa Tengah dengan total produksi sebesar 549.000 ton (BPS, 2021).

Akan tetapi, angka tersebut menunjukkan adanya penurunan sebesar 44.000 ton dari tahun sebelumnya dimana pada tahun 2020 produktivitas padi Kabupaten Pati mencapai 593.000 ton (BPS, 2021). Penurunan tersebut terjadi akibat adanya gagal panen yang menimbulkan kondisi lahan pertanian padi menjadi lahan puso. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Pati, luas lahan puso di tahun 2021 mencapai 3.855 hektar atau mengalami kenaikan sebesar 710 hektar dari tahun 2020 yang berada di angka 3.145 hektar (BPS, 2021). Kondisi tersebut disebabkan oleh adanya kekeringan lahan di beberapa wilayah di Kabupaten Pati. Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Pati mencatat sebanyak 384 kawasan di Kabupaten Pati termasuk dalam wilayah rawan bencana kekeringan di sepanjang tahun 2018-2021 (BPBD, 2021).

Saat ini, kondisi persawahan di Kabupaten Pati sendiri memiliki tingkat kelembaban yang variatif. Kelembaban tanah di Kabupaten Pati memiliki

variabilitas yang berbeda karena dipengaruhi oleh perbedaan kondisi topografi serta fase pertumbuhan tanaman padi. Kelembaban tanah pada wilayah persawahan dataran tinggi cenderung memiliki tingkat kelembaban yang lebih kering bila dibandingkan dengan persawahan pada daerah dataran rendah. Kondisi pertumbuhan padi juga turut menimbulkan adanya variasi tingkat kelembaban tanah. Kelembaban pada fase awal tanam serta vegetatif cenderung memiliki kelembaban yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan kelembaban pada fase bera atau masa-mas panen.

Secara konvensional, penentuan tingkat kelembaban tanah dapat dilakukan melalui beberapa metode pengukuran *in-situ* seperti metode *time-domain reflectometry*, metode *cosmic-ray neutron*, metode higrometri maupun metode gravimetri. Namun, untuk proses pengamatan dalam skala besar, metode pengukuran konvensional tersebut memiliki kemampuan yang terbatas (Bauer-Marschallinger dkk., 2019). Seiring berjalannya waktu, teknologi penginderaan jauh baik sistem pasif maupun aktif menjadi salah satu potensi metode baru dalam mengidentifikasi tingkat kelembaban tanah suatu wilayah dengan cakupan yang luas serta dalam waktu yang relatif lebih singkat (Sutariya dkk., 2021).

Metode pengindraan jauh menggunakan sensor aktif berbasis citra SAR (*Synthetic Aperture Radar*) menjadi salah satu terobosan baru dalam pengamatan kelembaban tanah, terutama karena kemampuan penetrasinya dalam menembus awan maupun hujan serta adanya perolehan informasi dengan resolusi spasial yang tinggi (Amazirh dkk., 2018). Pada citra SAR, nilai *sigma nought* (σ^0) dianggap sebagai koefisien hamburan balik atau koefisien *backscatter*, dimana nilai ini menyajikan amplitudo sinyal yang dikembalikan dari target ke antena SAR yang dipengaruhi oleh karakteristik permukaan tanah yang terkait dengan kelembaban tanah dan kekasaran permukaan tanah (Mirsoleimani dkk., 2019).

Pengambilan nilai kelembaban permukaan tanah dari data SAR dapat dilakukan dengan menggunakan model koefisien *backscatter* yang menyajikan hubungan antara parameter target (kelembaban dan kekasaran tanah) dan konfigurasi sensor SAR seperti sudut datang (*incidence angle*), polarisasi, dan frekuensi (Mirsoleimani dkk., 2019). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Cho dkk., 2020), nilai *backscattering* dari sensor citra SAR berhubungan erat

dengan konstanta dielektrik. Kandungan air dalam tanah dapat meningkatkan konstanta dielektrik dan menghasilkan reaksi berupa nilai *backscattering* yang kuat dari permukaan tanah tersebut (Cho dkk., 2020).

Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh (Zhang dkk., 2021) telah menunjukkan bahwa kelembaban tanah juga dipengaruhi oleh adanya variasi nilai suhu permukaan akibat proses pertukaran air dan panas pada tanah serta atmosfer. Hal ini ditunjukkan oleh adanya proses evaporasi dan transpirasi yang meningkat seiring meningkatnya kandungan air dalam tanah (Zhang dkk., 2021). Hal tersebut kemudian memunculkan pendekatan alternatif lain dalam mengestimasi kelembaban tanah, yakni dengan menggunakan data citra optis yang dilengkapi dengan sensor *thermal* (Amazirh dkk., 2018). Salah satu citra optis yang dilengkapi oleh sensor *thermal* adalah citra Landsat 8 OLI/TIRS. Citra Landsat 8 dilengkapi dengan dua sensor yakni sensor OLI (*Operational Land Imager*) yang terbagi dalam 9 *band* serta sensor TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) yang terbagi dalam 2 *band* (Sari, 2018).

Pengambilan nilai kelembaban tanah menggunakan citra Landsat 8 OLI/TIRS didasarkan pada indeks spektral perilaku yang berhubungan dengan perubahan kandungan air tanah (Khellouk dkk., 2021). Sensor OLI pada Landsat 8 berperan dalam memetakan karakteristik kelembaban tanaman dan tanah, serta kualitas air di lahan basah, sungai, dan lingkungan pesisir (Young dkk., 2017). Sedangkan, sensor TIRS berperan penting dalam pemetaan dan pemahaman ekologi dari kebakaran hutan, pengelolaan sumber daya air dan monitoring evapotranspirasi (Young dkk., 2017). Salah satu algoritma yang dapat digunakan dalam proses estimasi kelembaban tanah menggunakan citra Landsat 8 OLI/TIRS adalah *Soil Moisture Index* (SMI) (Sari, 2018). Algoritma SMI dapat mengestimasi kelembaban tanah berdasarkan tingkat kerapatan vegetasi yang diperoleh dari nilai indeks NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) serta nilai suhu permukaan atau LST (*Land Surface Temperature*) (Irenasari dan Soemarno, 2022).

Berdasarkan fakta serta permasalahan tersebut, maka perlu adanya penelitian untuk menganalisis pemanfaatan data *C-Band* citra radar Sentinel-1A serta *Thermal Band* citra optis Landsat 8 OLI/TIRS untuk memetakan distribusi kelembaban tanah optimal serta variasi nilai suhu permukaan pada area persawahan

di wilayah Kabupaten Pati. Penelitian tersebut diharapkan dapat memberikan informasi untuk dapat dimanfaatkan secara praktis oleh pemerintah maupun masyarakat dalam meningkatkan perencanaan penggunaan lahan, pemilihan tanaman pertanian maupun perkebunan, serta dalam hal pengelolaan tanah dan air.

I.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini ialah:

1. Bagaimana analisis pola dan sebaran kelembaban tanah menggunakan data *C-Band* citra radar Sentinel-1A serta data *Thermal Band* citra optis Landsat 8 OLI/TIRS untuk lahan persawahan di wilayah Kabupaten Pati?
2. Bagaimana analisis validasi nilai kelembaban optimum untuk data *C-Band* citra radar Sentinel-1A serta data *Thermal Band* citra optis Landsat 8 OLI/TIRS terhadap data kelembaban tanah hasil pengukuran lapangan menggunakan *hygrometer* untuk lahan persawahan di wilayah Kabupaten Pati?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan ialah:

1. Untuk mengetahui analisis pola dan sebaran kelembaban tanah menggunakan data *C-Band* citra radar Sentinel-1A serta data *Thermal Band* citra optis Landsat 8 OLI/TIRS untuk lahan persawahan di wilayah Kabupaten Pati.
2. Untuk mengetahui analisis validasi nilai kelembaban optimum untuk data *C-Band* citra radar Sentinel-1A serta data *Thermal Band* citra optis Landsat 8 OLI/TIRS terhadap data kelembaban tanah hasil pengukuran lapangan menggunakan *hygrometer* untuk lahan persawahan di wilayah Kabupaten Pati.

Sedangkan manfaat penelitian yang dilakukan meliputi:

1. Aspek Keilmuan
Penelitian ini dapat berkontribusi pada berbagai macam riset tentang penginderaan jauh dan penerapannya dalam menyajikan informasi

mengenai tingkat kelembaban tanah untuk perencanaan wilayah dan manajemen lahan.

2. Aspek Kerekayasaan

Penelitian dapat digunakan sebagai rujukan untuk mengestimasi tingkat kelembaban tanah menggunakan teknik penginderaan jauh yang lebih hemat waktu, biaya, dan tenaga. Selain itu, dapat digunakan pula untuk meningkatkan perencanaan penggunaan lahan, pemilihan tanaman pertanian maupun perkebunan, serta dalam hal pengelolaan tanah dan air.

I.4 Batasan Masalah

Suatu penelitian harus terdapat batasannya, berikut batasan masalah dalam penelitian ini yang meliputi:

1. Area persawahan di Kabupaten Pati yang menjadi fokus penelitian merupakan jenis sawah irigasi dan sawah tadah hujan dengan memperhatikan fase pertumbuhan tanaman padi yang meliputi fase vegetatif, reproduktif, dan pematangan (*ripening*).
2. Estimasi nilai kelembaban tanah dilakukan menggunakan algoritma *Soil Moisture Index* (SMI) serta koefisien *backscatter* dengan memperhatikan parameter kerapatan vegetasi yang dihitung berdasarkan algoritma NDVI, parameter suhu permukaan (LST), parameter koefisien *sigma nought*, dan nilai konstanta dielektrik.
3. Validasi hasil pengolahan menggunakan data sampel kelembaban tanah yang diperoleh berdasarkan hasil survei lapangan menggunakan *hygrometer*.

I.5 Ruang Lingkup

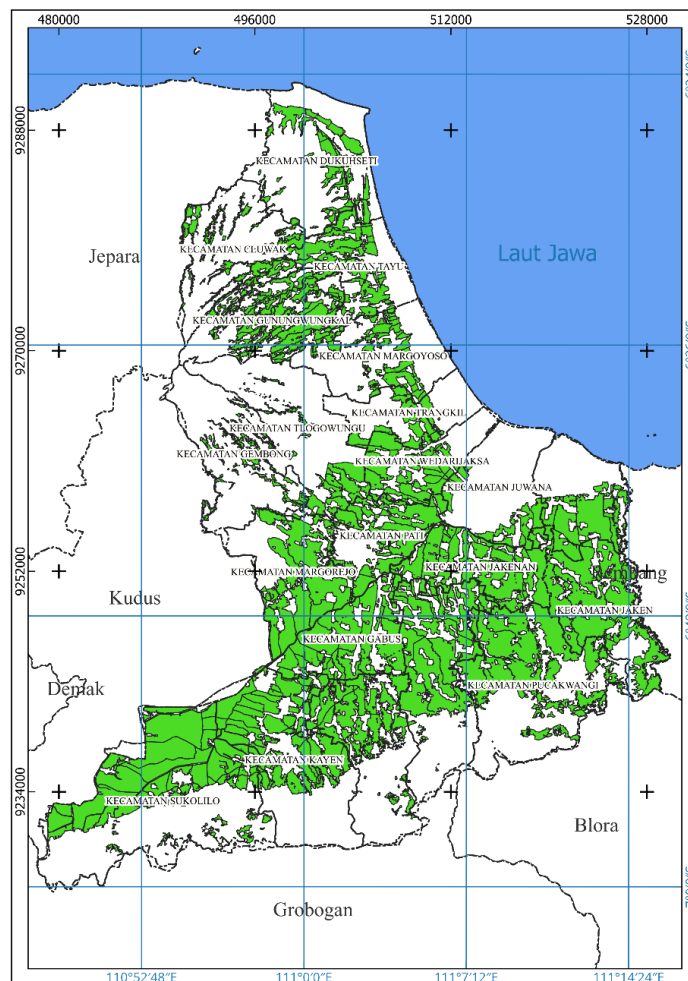
Setiap penelitian tugas akhir memiliki ruang lingkup yang melingkupi 2 hal yaitu wilayah penelitian, serta peralatan dan data penelitian sebagai berikut.

I.5.1 Wilayah Penelitian

Lokasi penelitian berada di area persawahan Kabupaten Pati, Jawa Tengah, Indonesia sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar I-1**. Secara geografis, wilayah Kabupaten Pati terletak di antara 6°25'-7°00' Lintang Selatan dan 100°50'-111°15'

Bujur Timur. Kondisi topografi wilayah Kabupaten Pati sendiri terdiri atas tiga relief daratan yaitu: lereng Gunung Muria, membentang sebelah barat bagian utara; daratan rendah, membujur di tengah sampai utara; serta pegunungan kapur yang membujur di sebelah selatan. Kabupaten Pati memiliki variasi ketinggian antara 2–624 mdpl, daerah terendah adalah Kecamatan Gabus antara 2–8 mdpl, sedangkan daerah tertinggi adalah Kecamatan Tlogowungu antara 38–624 mdpl yang merupakan wilayah lereng Gunung Muria. Kabupaten Pati memiliki luas wilayah sebesar 150.368 Ha (1.503,68 km²) yang terbagi atas 21 kecamatan dengan batas wilayah administratif (RKPD, 2020) sebagai berikut:

1. Bagian utara berbatasan dengan Laut Jawa.
2. Bagian timur berbatasan dengan Kabupaten Rembang.
3. Bagian selatan berbatasan dengan Kabupaten Grobogan dan Blora.
4. Bagian barat berbatasan dengan Kabupaten Kudus dan Jepara.



Gambar I-1 Peta Lokasi Penelitian (BIG, 2018)

I.5.2 Peralatan dan Data Penelitian

Adapun peralatan dan data yang dibutuhkan dalam penelitian meliputi:

1. Peralatan Penelitian

Peralatan yang dibutuhkan untuk menunjang penelitian yang dilakukan berupa perangkat keras yang berupa laptop dan perangkat lunak yang terdiri dari beberapa *software*, diantaranya meliputi:

1. Laptop
2. *Hygrometer*

Hygrometer digunakan sebagai alat ukur kelembaban tanah dalam proses validasi hasil penelitian ditunjukkan pada **Gambar I-2**.



Gambar I-2 Alat Ukur *Hygrometer*

3. Microsoft Office Word 2016 digunakan dalam proses penulisan laporan.
 4. Microsoft Office Excel 2016 digunakan dalam proses perhitungan data.
 5. SNAP (SeNtinels Application Platform) 8.0 digunakan untuk pengolahan dan analisis data citra radar Sentinel-1A.
 6. QGIS Desktop 3.26.3 digunakan untuk pengolahan dan analisis data spasial.
 7. Avenza Maps digunakan untuk memperoleh data koordinat titik validasi hasil survei di lapangan.
- #### 2. Data Penelitian.

Adapun data penelitian yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel I-1**.

Tabel I-1 Data Penelitian

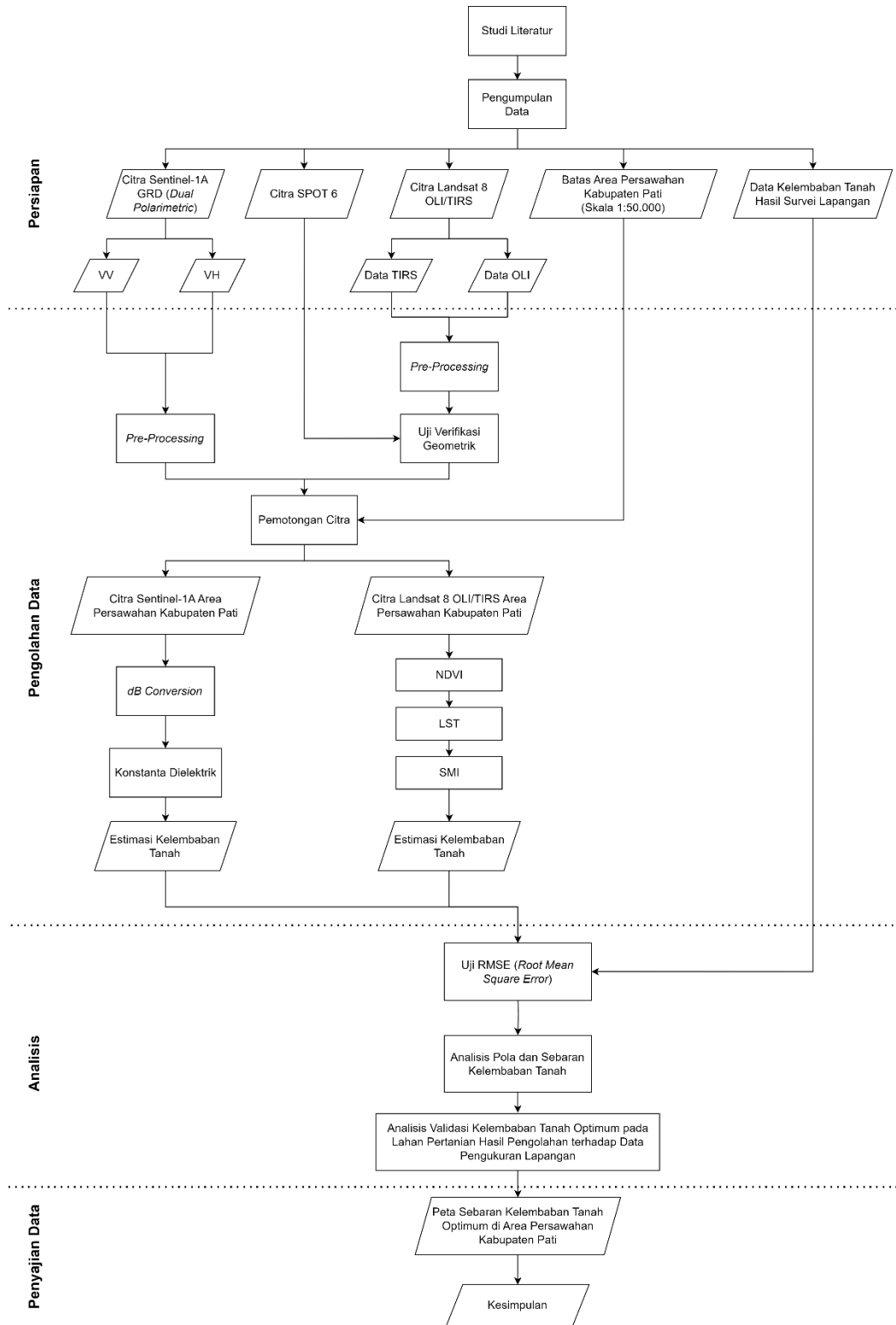
No	Nama Data	Jenis Data	Keterangan
1	Citra Sentinel-1A GRD	Digital	Data citra Sentinel-1A yang digunakan merupakan citra mode IW yang memiliki resolusi spasial 20m x 22m (<i>Range x Azimuth</i>), ukuran <i>pixel spacing</i> 10m x 10m serta resolusi temporal 12 hari. Data yang digunakan merupakan satu <i>scene</i> data citra yang masing-masing diambil di bulan Maret, April, Mei, dan Juni tahun 2023.
2.	Citra Landsat 8 OLI/TIRS	Digital	Data citra Landsat 8 yang digunakan merupakan satu <i>scene</i> data citra yang masing-masing diambil di bulan Maret, April, Mei, dan Juni tahun 2023 dengan resolusi spasial 30m untuk <i>band</i> sensor OLI, 100m untuk <i>band</i> sensor TIRS, dan resolusi temporal 16 hari.
3.	Citra SPOT 6 Tahun 2022	Digital	Data didapatkan dari Pusat Data dan Informasi Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang akan digunakan untuk uji verifikasi geometrik citra Landsat 8 OLI/TIRS dengan resolusi spasial 1,5 m x 1,5 m.
4.	<i>Shapefile</i> area persawahan wilayah Kabupaten Pati Skala 1:50.000	Digital	Data <i>shapefile</i> area persawahan digunakan untuk memotong citra agar sesuai lokasi penelitian, data ini berasal dari Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (DPUTR) Kabupaten Pati.
5.	Data kelembaban tanah	Digital dan Cetak	Data kelembaban tanah dibutuhkan untuk validasi hasil menggunakan perhitungan regresi linear, data ini berasal dari kegiatan survei langsung di lapangan menggunakan alat <i>hygrometer</i> .

I.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian dalam tugas akhir ini meliputi diagram alir penelitian serta sistematika penelitian sebagai berikut.

I.6.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dijelaskan sebagaimana pada **Gambar I-3**.



Gambar I-3 Diagram Alir Penelitian

I.6.2 Sistematika Penelitian

Penelitian ini terbagi menjadi 4 tahapan meliputi tahapan persiapan, pengolahan data, analisis, serta penyajian data.

1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan dimulai dengan memperkaya studi literatur dan menyiapkan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian. Studi literatur dilakukan terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan, baik dari segi metodologi maupun lokasi penelitian. Sedangkan peralatan yang perlu disiapkan nantinya berupa *hardware* maupun *software*.

2. Tahap Pengolahan Data

Tahap pengolahan data terdiri atas tahapan pengolahan citra Sentinel-1A untuk mengetahui estimasi nilai kelembaban tanah menggunakan *C-Band* dan citra Landsat 8 OLI/TIRS yang digunakan untuk memperoleh nilai kelembaban tanah serta variasi suhu permukaan menggunakan *Thermal Band*. Pengolahan citra Sentinel-1A dilakukan dengan memanfaatkan *software* SNAP. Tahapan pengolahan data citra Sentinel-1A diawali dengan tahap *pre-processing*, dilanjutkan dengan tahap konversi nilai *backscatter* (*dB Conversion*), kemudian dilakukan perhitungan nilai konstanta dielektrik sehingga menghasilkan nilai estimasi kelembaban tanah. Pengolahan citra Landsat 8 OLI/TIRS dilakukan dengan memanfaatkan *software* QGIS. Data citra yang digunakan pada sensor TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) Landsat 8 adalah data dari *band 10* atau *thermal infrared*. Data tersebut digunakan dalam mengestimasi nilai suhu permukaan pada pengolahan *Land Surface Temperature* (LST). Sedangkan, data yang digunakan pada sensor OLI (*Operational Land Imager*) Landsat 8 adalah data dari *band 4* atau *red band* serta data dari *band 5* atau *Near Infrared* (NIR). Data tersebut nantinya digunakan dalam proses penentuan kerapatan vegetasi dalam pengolahan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI).

3. Tahap Analisis

Tahap analisis serta validasi terdiri dari tahapan analisis pola dan sebaran kelembaban tanah, analisis pengaruh konstanta dielektrik terhadap kelembaban tanah, dan analisis validasi hasil *perbandingan* kelembaban tanah hasil pengolahan terhadap data kelembaban tanah hasil pengukuran lapangan.

4. Tahap Penyajian Data

Tahap penyajian data berupa pembuatan Peta Sebaran Kelembaban Tanah Optimum pada Area Persawahan di Wilayah Kabupaten Pati, tabel hasil nilai kisaran koefisien *backscatter* dari data *C-Band* satelit Sentinel-1A, tabel hasil nilai kisaran indeks vegetasi NDVI, tabel nilai sebaran suhu permukaan LST, serta tabel nilai indeks kelembaban tanah SMI.

I.7 Sistematika Penulisan Penelitian

Sistematika penulisan laporan penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran dari struktur laporan agar lebih jelas dan terarah. Adapun sistematikanya sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memaparkan latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, ruang lingkup penelitian, metodologi penelitian, sistematika penulisan tugas akhir, dan kerangka berpikir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memaparkan referensi penelitian sebelumnya serta kajian pustaka yang membantu dan mendukung penelitian yang akan dilaksanakan. Bagian ini berisi Kajian Penelitian Terdahulu, Kajian Wilayah Penelitian, serta beberapa topic bahasan yang sesuai dengan penelitian yang dilakukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode secara rinci yang akan digunakan mulai dari persiapan, pengumpulan data, pengolahan data, analisis, penyajian data sampai pembuatan laporan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

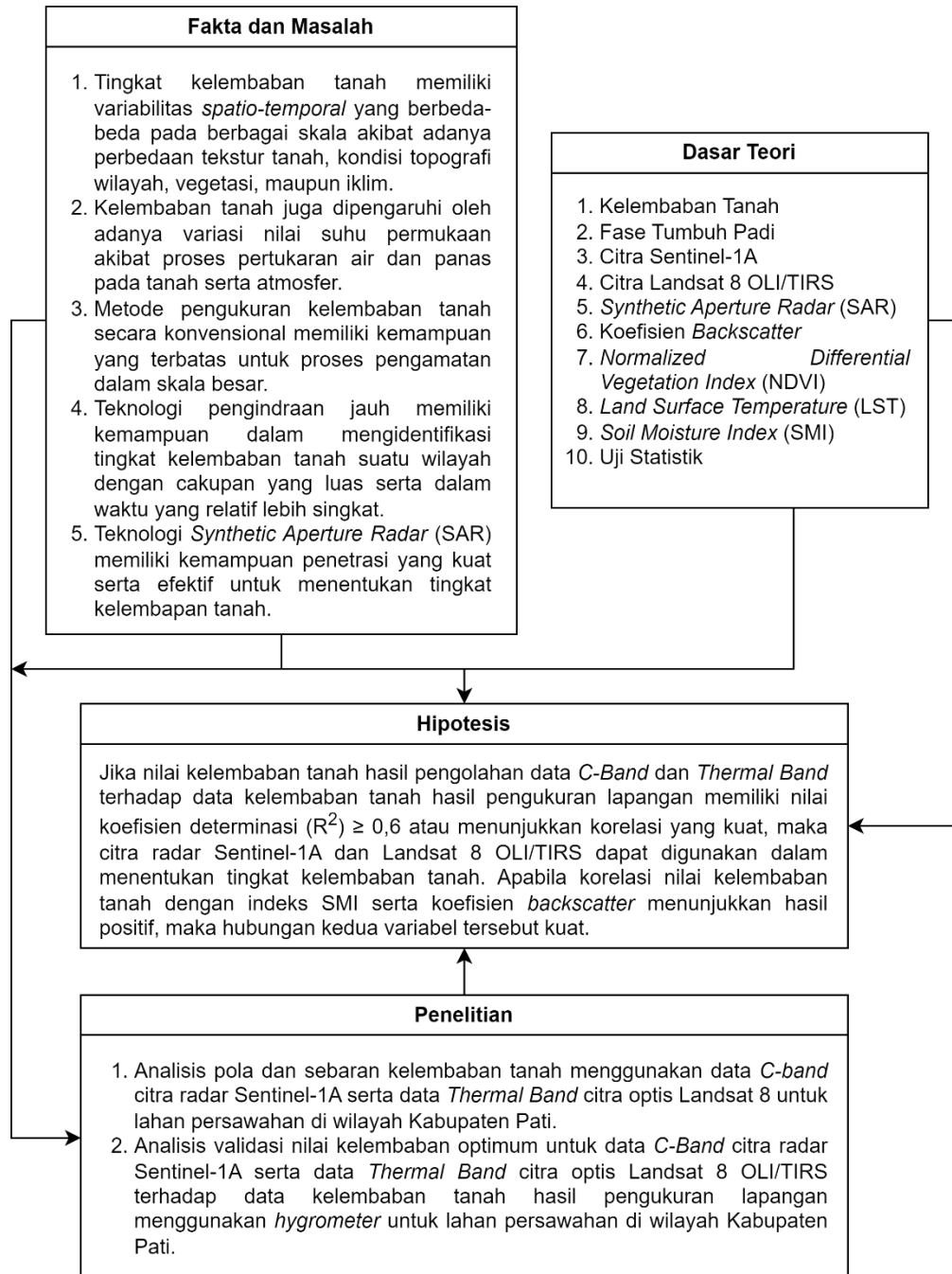
Bab ini membahas mengenai hasil dari penelitian dan menjelaskan analisis dari penelitian tersebut.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil penelitian serta saran yang dapat digunakan untuk peneliti selanjutnya agar lebih baik dalam melaksanakan penelitian.

I.8 Sistematika Kerangka Berpikir

Kerangka berikir memuat garis besar penelitian yang dilakukan. Sistematika kerangka berpikir seperti pada **Gambar I-4**.



Gambar I-4 Kerangka Berpikir