

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Tebu (*Saccharum officinarum*) adalah tanaman herba tahunan yang banyak tumbuh di daerah beriklim tropis dan subtropis (Cardoso, 2018). Tanaman ini sangat sesuai untuk tumbuh di wilayah tropis dan subtropis karena membutuhkan suhu dan kelembaban yang tinggi (Inman-Bamber, 1994). Indonesia merupakan salah satu negara penghasil gula terkemuka di dunia dan memiliki sejarah panjang dalam budidaya tebu. Pada tahun 1650, pemerintah Hindia Belanda memperkenalkan perkebunan tebu di Indonesia (Yulianti, 2020). Saat ini, luas areal budidaya tebu di Indonesia mencapai sekitar 488.000 hektar dengan produksi gula mencapai 2,4 juta ton (BPS, 2022).

Industri gula memiliki peran sentral dalam struktur ekonomi Indonesia dengan kontribusi yang sangat signifikan terhadap pendapatan petani dan devisa negara. Pada periode 1984-1985, Indonesia bahkan mencapai swasembada gula, tetapi sayangnya, pencapaian ini tidak dapat dipertahankan karena meningkatnya jumlah penduduk dan krisis keuangan (Fadilah, 2011). Dalam upaya untuk mengatasi tantangan ini, Indonesia telah menetapkan target untuk mencapai swasembada gula pada tahun 2024 (Emeria, 2022). Namun, antara tahun 2016 hingga 2020, terjadi penurunan produksi gula di Indonesia, dipengaruhi oleh menurunnya produktivitas perkebunan tebu dan peningkatan impor gula di dalam negeri yang terus meningkat (Karnadi, 2021). Oleh karena itu, perbaikan dalam manajemen perkebunan tebu menjadi krusial untuk meningkatkan produktivitas tebu secara nasional. Produktivitas tebu dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk jenis lahan, varietas, hama, penyakit, dan umur tebu. Hasil tebu secara keseluruhan adalah hasil interaksi antara tanaman, kondisi tanah, iklim, dan praktik pertanian petani (Pramuhadi, 2009). Keberhasilan dalam mempercepat peningkatan produksi gula nasional memerlukan komitmen dan upaya maksimal, terutama di provinsi penghasil gula tertinggi di Indonesia, yaitu Jawa Timur, dengan Kabupaten Lumajang sebagai penyumbang produksi gula tertinggi, mencapai 2.225.963 ton (Assidiq, 2022).

Kabupaten Lumajang merupakan daerah dengan dataran rendah dengan beriklim tropis dan musim kemarau sebanarnya. Kabupaten Lumajang memiliki ketinggian antara 0-3.676 meter. Menurut klasifikasi curah hujan *Schmidt* dan *Ferguson*, sebagian wilayah Lumajang tergolong relatif lembab tipe C, dan sebagian lainnya tergolong tipe D. Dari bulan Juni hingga September, curah hujan kurang dari 100 mm Musim hujan dari Desember hingga Maret memiliki rata-rata curah hujan lebih dari 250 mm per bulan. (BMKG, 2021). Suhu Lumajang berkisar antara 24 dan 32 derajat Celcius, tetapi di daerah pegunungan, seperti lereng Gunung Semeru, dapat mencapai sekitar 5 derajat Celcius. Tumbuhan tebu sangat cocok dalam kondisi ini. Kabupaten Lumajang menghasilkan 2.225.963 ton gula paling banyak. Namun, untuk mencapai target swasembada gula pada tahun 2024, hasil masih dapat ditingkatkan dengan menggunakan teknologi yang memantau fase pertumbuhan dan produktivitas.

Teknologi penginderaan jauh banyak digunakan dalam penelitian lingkungan dan pertanian. Penginderaan jauh memiliki keunggulan untuk penelitian fenomena di permukaan bumi tanpa harus kontak langsung dengan objek kajian. Seiring perkembangan teknologi, penginderaan jauh dapat dimanfaatkan untuk melakukan monitoring fase pertumbuhan dan estimasi produksi tanaman. Salah satu pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dalam hal pemantauan fenologi tebu Md Yeasin,dkk (2022). Penelitian ini membahas mengenai pemanfaatan teknologi *machine learning* dalam melakukan penilaian fenologi tebu dengan menggunakan gabungan citra optis dan citra konjugatif SAR. Hasil Penelitian tersebut menunjukkan kombinasi data citra optif dan konjugatif SAR lebih efisien dalam memprediksi fenologi tebu daripada Sentinel-1 dan Sentinel-2 saja. Selain Yeasin,dkk., Kavats,dkk (2020) juga melakukan penelitian mengenai pemantauan tebu untuk menentukan tanggal panen dan pemantauan area yang luas. Penggunaan data satelit optik umumnya karena indeks vegetasi seperti *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) memiliki korelasi langsung dengan aktivitas fotosintesis tanaman (Glenn et al., 2008). Meskipun demikian, di Indonesia, liputan awan yang tinggi seringkali menjadi kendala dalam penggunaan citra optis untuk pemetaan dan pemantauan vegetasi. Keterbatasan jumlah citra optis bebas awan dapat

menyebabkan penurunan akurasi klasifikasi (Chuc, 2017, sebagaimana dikutip dalam Lestari, 2020). Oleh karena itu, data penginderaan jauh menggunakan sensor aktif atau radar menjadi alternatif yang menarik untuk melengkapi data dari sensor optik.

Berdasarkan kondisi tersebut Kabupaten Lumajang maka perlu diadakan kajian untuk memantau fase pertumbuhan tanaman tebu dan luasnya lahan yang digunakan terhadap jumlah produksi tebu maupun gula yang dihasilkan di Kabupaten Lumajang. Penelitian untuk mengkaji pendugaan fase pertumbuhan dan produksi tanaman tebu di Kabupaten Lumajang pada tahun 2022 perlu dilakukan. Hal itu dapat Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pemahaman lebih lanjut terkait dinamika pertumbuhan tanaman tebu di Kabupaten Lumajang serta memfasilitasi pengambilan keputusan yang lebih baik dalam pengelolaan perkebunan dalam rangka mencapai target swasembada gula dan ketahanan pangan nasional untuk menghadapi krisis pangan dunia.

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana analisis perbandingan hasil klasifikasi untuk mendeteksi tanaman tebu menggunakan algoritma SVM dan *random forest*?
2. Bagaimana analisis hasil estimasi fase pertumbuhan fenologi tebu dengan memanfaatkan algoritma indeks vegetasi dengan menggunakan *random forest regression machine learning* ?
3. Bagaimana analisis hasil estimasi produktivitas tebu berdasarkan model estimasi pertumbuhan ,indeks vegetasi,dan parameter dekomposisi polarimetrik ?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui algoritma paling optimal untuk mendeteksi vegetasi tebu dan non tebu

2. Mengetahui estimasi fase pertumbuhan tanaman tebu di Perkebunan Kabupaten Lumajang.
3. Mengetahui estimasi produktivitas tanaman tebu di Perkebunan Kabupaten Lumajang.

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini antara lain:

1. Bidang keilmuan

Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk mengetahui estimasi fase pertumbuhan dan produktivitas tebu di Kabupaten Lumajang sehingga dapat digunakan untuk penelitian yang berkaitan dengan monitoring tebu, penginderaan jauh maupun bidang kajian lainnya.

2. Bidang Lingkungan

Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk dampak lingkungan tanaman tebu yang berkaitan dengan energi terbarukan, reboisasi, emisi karbon dan kajian lingkungan lainnya.

I.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan estimasi produktivitas tebu berdasarkan perhitungan nilai index vegetasi sentinel 2 dan dekomposisi polarimetrik sentinel .
2. Uji regresi dilakukan menggunakan metode regresi pembelajaran mesin *random forest* meregresikan indeks vegetasi dan parameter dekomposisi sebagai variabel independen dengan umur tebu sebagai variabel dependen.
3. Uji validasi dilakukan dengan menghitung rasio antara rata-rata produktivitas satelit dengan produktivitas tebu Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura, Dan Perkebunan Kabupaten Lumajang.

I.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini terbagi atas wilayah penelitian serta peralatan yang digunakan dalam melaksanakan penelitian.

I.5.1 Wilayah Penelitian

Wilayah yang menjadi area untuk penelitian ini adalah perkebunan tebu yang terletak di Kecamatan Padang, Kabupaten Lumajang, Provinsi Jawa Timur. Wilayah Kecamatan Padang memiliki luas 52,79 Km². Wilayah ini memiliki ketinggian 100-500 meter dari permukaan laut yang terletak pada 1120.51' - 1330.22' BT dan 700.52' - 800.51' LS. Wilayah ini bersuhu rata-rata 20 derajat-35 derajat dan curah hujan rata-rata 0,91mm/hari. Hari hujan terbanyak 91 hari, yaitu pada bulan februari mencapai 940 mm atau rata-rata 18mm/hari (Lumajang, 2021).

Kecamatan Padang secara umum dapat dikarakterisasi oleh ragam kondisi tanah yang mencakup luasan beragam jenis tanah. Tanah tegalan, dengan luas mencapai 3.489 hektar, menjadi salah satu tipe tanah yang dominan di wilayah ini. Selain itu, tanah pekarangan juga memiliki peran signifikan dengan luas mencapai 3.903,60 hektar. Tanah tadah hujan, yang meliputi area seluas 3.160 hektar, turut memberikan kontribusi penting dalam struktur lahan kecamatan ini. Kecamatan Padang juga memiliki sebagian wilayah yang ditutupi oleh tanah hutan seluas 238,51 hektar, menunjukkan keberagaman ekosistem di kawasan tersebut. Adapun tanah sawah, baik yang teririgasi teknis (168 hektar) maupun setengah teknis (295,80 hektar), menjadi elemen penting dalam sektor pertanian. Terakhir, tanah lading atau huma dengan luas mencapai 837 hektar turut memperkaya keragaman kondisi tanah di Kecamatan Padang. Dengan demikian, struktur lahan yang beragam ini mencerminkan kompleksitas karakteristik tanah di wilayah ini. Secara administratif batas-batas Kecamatan Padang adalah :

- Sebelah Utara : Kecamatan Kedungjajang
- Sebelah Selatan : Kecamatan Summersuko
- Sebelah Barat : Kecamatan Gucialit
- Sebelah Timur : Kecamatan Sukodono



Gambar I-1 Lokasi Penelitian

I.5.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan terbagi atas perangkat keras dan perangkat lunak

a. Perangkat Keras

1. Laptop dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tipe Komputer : ASUS ROG Zephyrus G GA502

Sistem Operasi : Windows 11

Tipe Sistem : 64-bit operating system, x64-based processor

Tipe Processor : Intel(R) Core(TM) i7-10750H CPU @ 2.60GHz

Kapasitas RAM : 16.00Gb

2. Meteran

3. Buku Tulis

4. Pulpen

5. Android

b. Perangkat Lunak

1. SNAP

2. QGIS
3. Google Earth Engine
4. PolSAR Pro
5. Microsoft Office 2019

I.5.3 Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa data, berikut data-data yang digunakan untuk penelitian ini tertulis pada Tabel I-1.

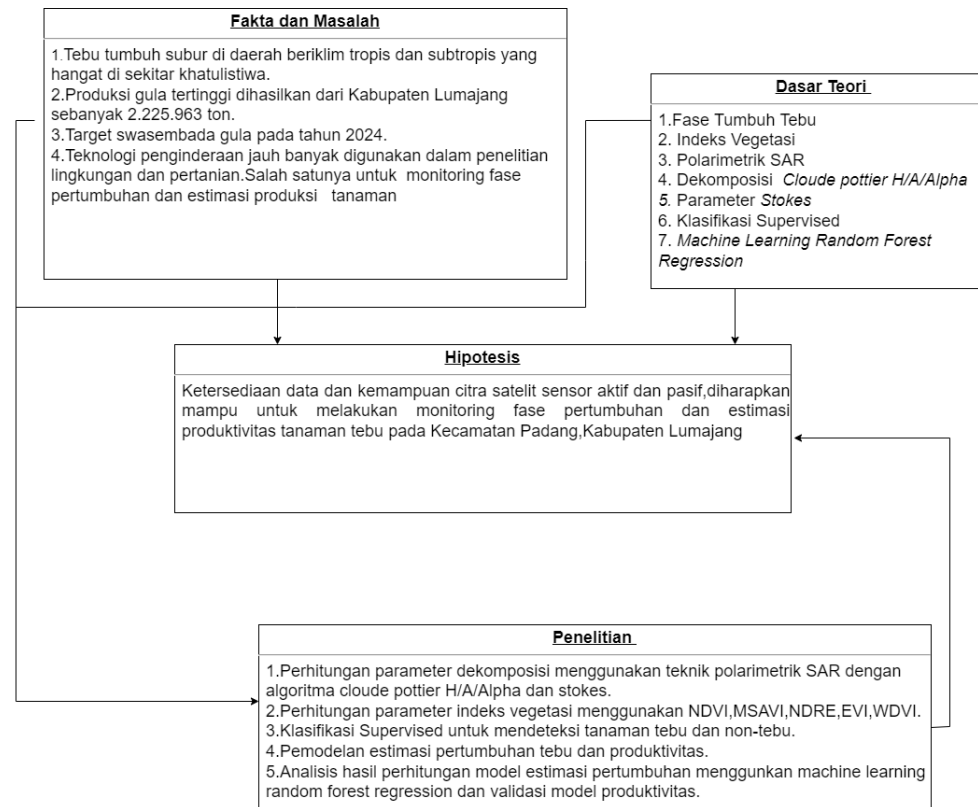
Tabel I-1 Data Penelitian

No.	Data	Source	Year
1	Data Citra Radar (Sentinel 1A)	European Space Agencies	2022
2	Data Citra Optis (Sentinel 2A)	European Space Agencies	2022
3	SHP Administrasi Kecamatan Padang	Badan Informasi Geospasial	2022
4	SHP Batas Blok Perkebunan Tebu	Sinergi Gula Nusantara	2022
5	Data Produktivitas Perkebunan Tebu	Badan Pusat Statistik	2022
6	Data Umur Tanam Tebu	Dinas Pertanian Kabupaten Lumajang	2022
7	Data Net Primary Production (NPP)	Food Agriculture Organization	2022
8	Data Evapotranspiration and Interception	Food Agriculture Organization	2022

I.6 Metodologi Penelitian

I.6.1 Skema Kerangka Berpikir

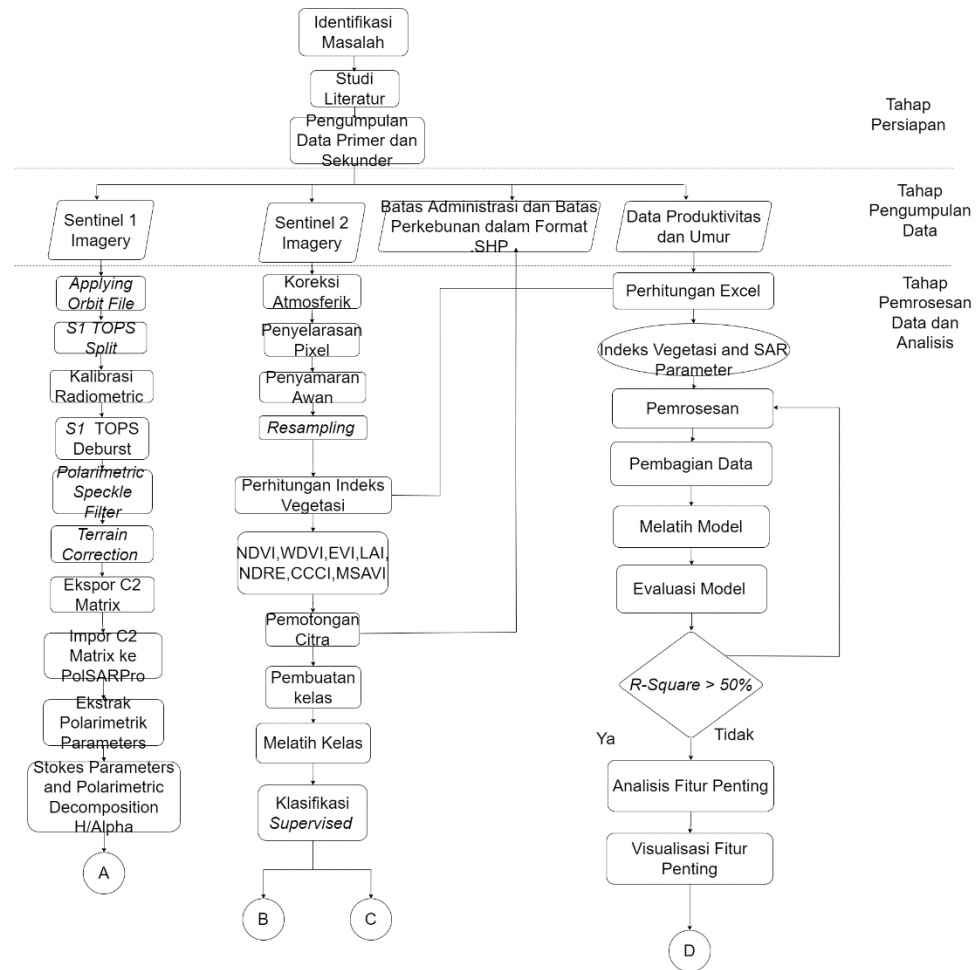
Kerangka alur berpikir untuk penelitian ini disajikan dalam bentuk diagram yang terdapat pada Gambar I-2.



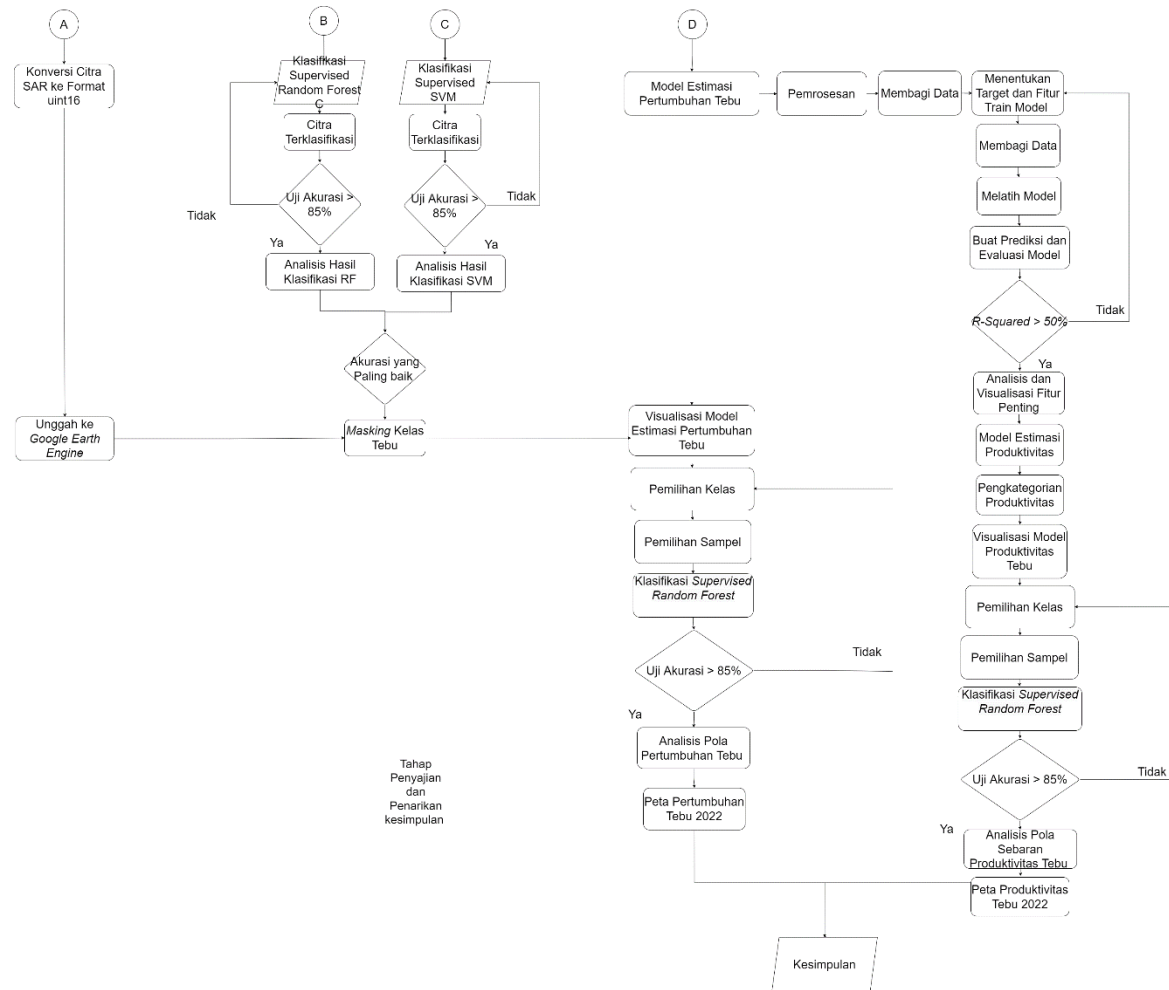
Gambar I-2 Skema Kerangka Berpikir

I.6.2 Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan diagram alir penelitian yang menggambarkan keseluruhan penelitian yang dilakukan yang terdapat pada Gambar I-3.



Gambar I-3 Diagram Alir



Gambar I-3 Diagram Alir

I.6.3 Sistematika Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini mengacu pada sistematika penelitian.

Sistematika penelitian dijabarkan dalam beberapa tahapan.

1. Tahapan Persiapan

Tahapan persiapan terdiri atas penemuan masalah yang akan diteliti, lalu melakukan studi literatur terkait masalah dan pemecahan masalahnya. Selain itu pada tahapan ini terdapat pengurusan perijinan penelitian sekaligus melakukan survei pendahuluan. Pada tahap ini juga dilakukan pengumpulan data yang dibutuhkan untuk penelitian.

2. Tahapan Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode polarimetrik untuk mendapatkan nilai hamburan balik serta mendeteksi tumbuhan dan perhitungan nilai indeks vegetasi untuk mengestimasi pertumbuhan tebu.

Dimulai dari *apply orbit file*, *TOPSAR-Split*, koreksi radiometrik, *TOPSAR-deburst*, polarimetrik *speckle filter*, koreksi geometrik *terrain*, Ekspor Matriks C2, *Polarimetric Matrix* untuk mendapatkan nilai hamburan balik. Kemudian, dilakukan klasifikasi *supervised* untuk mendeteksi dan membedakan tumbuhan tebu dan non tebu. Kemudian dengan indeks vegetasi dan parameter dekomposisi dilakukan pembuatan model estimasi pertumbuhan. Selanjutnya dilakukan *overlay* antara data produktivitas tanaman tebu Kabupaten Lumajang, model estimasi pertumbuhan tebu dan parameter dekomposisi dan indeks vegetasi dilakukan pemodelan produktivitas tebu.

3. Tahapan Hasil dan Analisis

Hasil dari tahapan sebelumnya berupa peta klasifikasi tebu dan non tebu serta pemodelan estimasi pertumbuhan dan produktivitas tanaman tebu. Selanjutnya, model dianalisis dengan menggunakan *machine learning random forest regression* untuk estimasi pertumbuhan dan perhitungan regresi linear untuk melihat ketepatan akurasi estimasi model produktivitas.

4. Tahapan Penyajian Data

Data yang didapatkan setelah dilakukan pengolahan dan analisis kemudian dilakukan penyajian data dengan Peta Klasifikasi Tanaman Tebu dan Model estimasi pertumbuhan dan produktivitas tebu.

I.7 Sistematika Penulisan Penelitian

Pada penelitian ini diperlukan laporan yang terstruktur sehingga mudah dipahami oleh pembaca. Oleh karena itu, laporan diperlukan sistematika agar menjadi acuan penulisan. Berikut adalah sistematika penulisan penelitian :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan dijelaskan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah dalam penelitian ini, maksud dan tujuan dari penelitian ini, batasan masalah dalam penelitian, ruang lingkup penelitian, metodologi penelitian, serta kerangka berpikir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab kedua ini dijelaskan penelitian-penelitian sebelumnya yang dijadikan referensi. Selain itu juga dijelaskan dasar-dasar teori yang digunakan dalam penelitian ini. Bab ini akan terbagi menjadi beberapa bagian, diantaranya adalah kajian penelitian terdahulu, fase tumbuh tebu, rendemen tebu, klasifikasi terbimbing, indeks vegetasi *NDVI, WDVI, MSAVI, EVI, NDRE, polarimetric synthetic aperture radar*, sentinel 1, Sentinel 2, *machine learning random forest regression*, serta uji validasi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab metodologi penelitian ini dijelaskan pelaksanaan penelitian, mulai dari tahapan persiapan, pengolahan data, hasil dan analisis data, serta validasi dan penyajian data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab keempat ini berisi tentang hasil serta pembahasan atau analisis dari pelaksanaan penelitian yang sudah dilakukan.

BAB V PENUTUP

Bab terakhir ini berisi tentang kesimpulan dari penelitian yang sudah dilakukan serta saran untuk peneliti lain jika ingin melakukan kegiatan atau penelitian yang sejenis