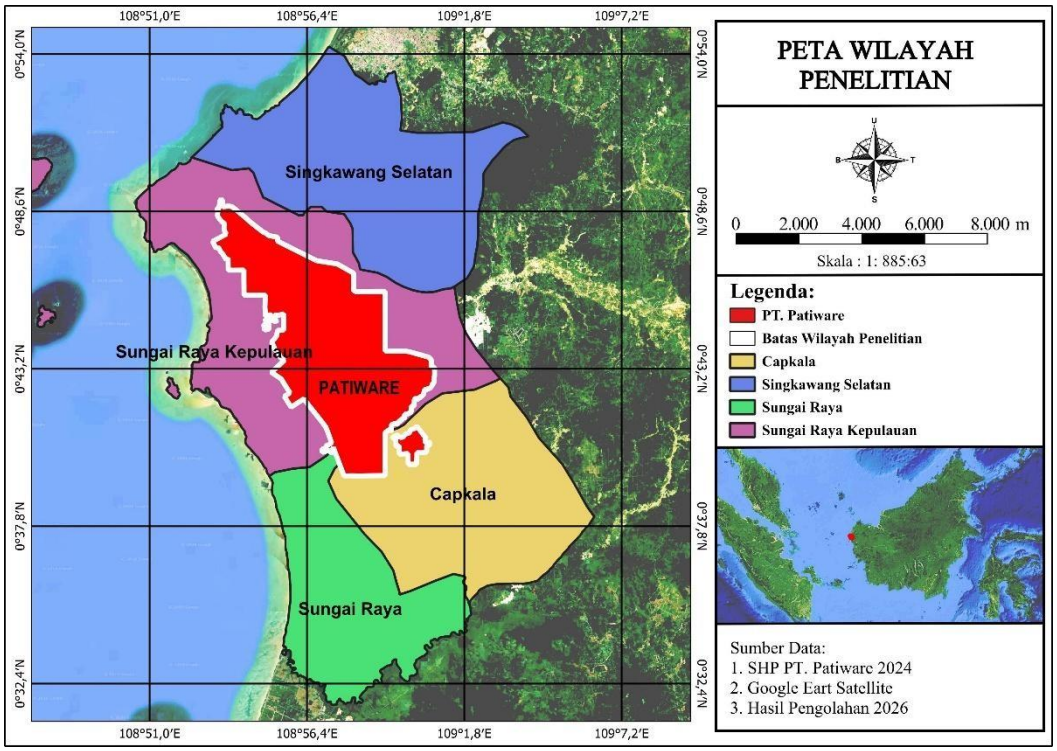
III. METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan selama 5 (lima) bulan, terhitung sejak Februari 2026 hingga Juni 2026. Penelitian ini dilaksanakan di areal perkebunan PT. Patiware 1 Kebun Sungai Adong (KSA) yang secara administrasi berada di Desa Karimunting, Kecamatan Sungai Raya Kepulauan, Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat. Desa Karimunting memiliki luas wilayah sekitar 194,50 km², atau sekitar 49,37% dari total luas Kecamatan Sungai Raya Kepulauan. Batas administrasi Desa Karimunting adalah sebagai berikut, Sebelah Utara berbatasan dengan Kota Singkawang; Sebelah Selatan berbatasan dengan Sungai Raya; Sebelah Barat berbatasan dengan Laut Natuna; dan Sebelah Timur berbatasan dengan Kota Singkawang dan Kecamatan Capkala.

Secara administratif lebih luas, Kecamatan Sungai Raya Kepulauan, tempat Desa Karimunting berada, memiliki batas sebagai berikut, sebelah utara berbatasan dengan Kecamatan Singkawang Selatan (Kota Singkawang), sebelah timur berbatasan dengan Kecamatan Monterado, sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Sungai Raya, dan sebelah barat berbatasan dengan Laut Natuna, dengan total luas wilayah kecamatan sebesar 237,87 km². Secara geografis, Desa Karimunting terletak pada titik koordinat 0°45'12,85" LU dan 108°53'08,64" BT, dengan ketinggian sekitar 4 meter di bawah permukaan laut. Peta Wilayah Penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Wilayah Penelitian.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah perangkat komputer yang dilengkapi dengan *software* ArcGIS untuk digitasi, dan *layouting*, *Python* untuk otomatisasi analisis spasialdan atribut, dan *Microsoft Office.* Bahan dan data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan mencakup data penggunaan lahan, data agronomis (populasi, SPH, luas areal), data produksi (BJR, jumlah janjang, tonase, produktivitas), serta data spasial hasil pemetaan udara. Selain itu, penelitian ini menggunakan data sekunder yang terdiri dari beberapa data didalam Tabel 1.

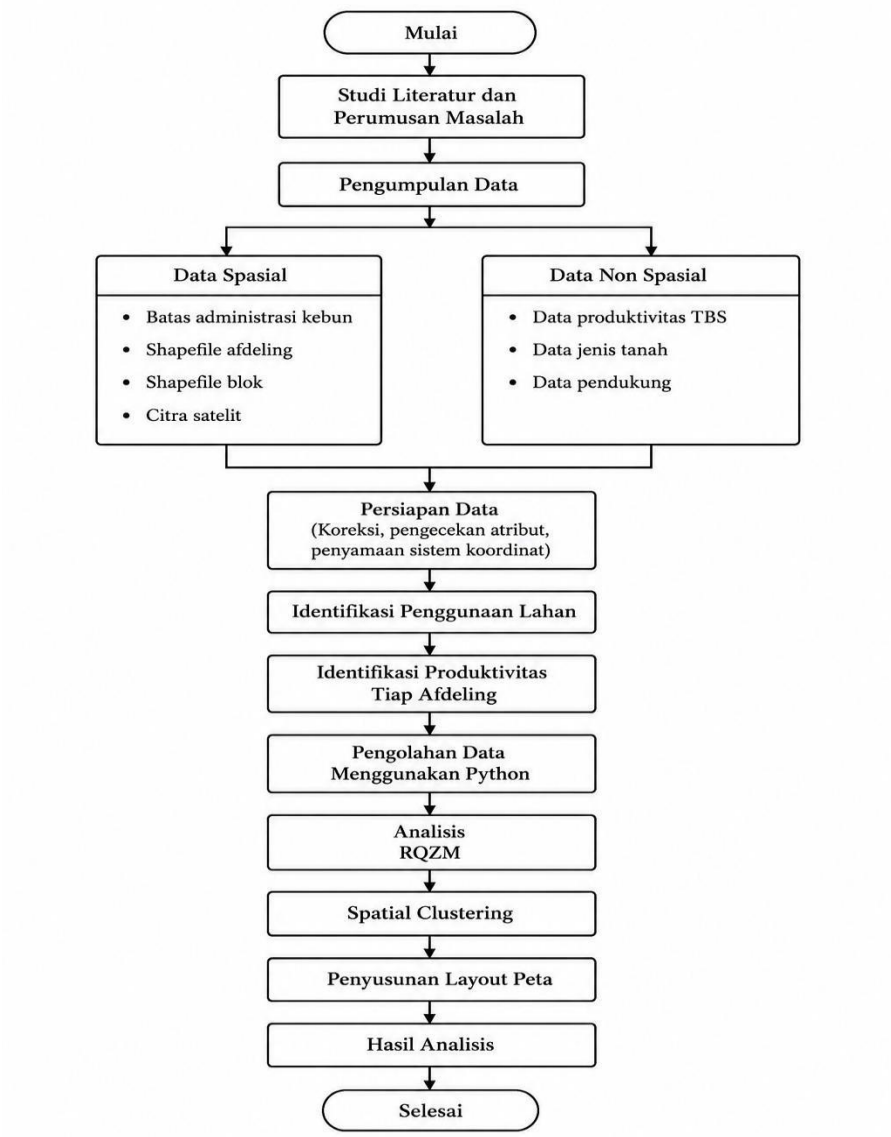
Tabel 1. Jenis dan Sumber Data

No	Jenis Data	Satuan	Sumber Data	Keterangan
1	Penggunaan Lahan	Kategorikal	PT. Patiware	Keragaman jenis tutupan lahan (TM,TBM, semak belukar, areal terbangun, jaringan jalan, dan badan air) hasil interpretasi citra foto udara tahun 2024.
2	Populasi Tanaman	Pokok/blok		Jumlah pokok tanaman per hektar per blok.
3	Standar Pokok per Hektar (SPH)	Pokok/ha		Kerapatan tanaman per hektare per blok.
4	Luas Areal	Ha		Luas masing-masing blok kebun.
5	Produksi TBS	Ton		Total produksi tandan buah segar (TBS) per blok per periode.
6	Produksi Berat Janjang Rata-rata (BJR)	Kg		Rata-rata berat satu tandan buah segar per blok
7	Jumlah janjang	Janjang		Total jumlah tandan yang dipanen per blok
8	Tonase	Ton		Total berat hasil panen per blok
9	Produktivitas	Ton/Ha/Tahun		Hasil produksi per satuan luas per tahun, per blok
10	Foto Udara	Raster		Hasil pemetaan drone resolusi tinggi milik perusahaan PT. Patiware (tahun 2024)
11	Peta Blok Kebun	*Shapefile* poligon		Batas administratif tiap blok/petak kebun

12	Jaringan Jalan	*Shapefile* garis		Data *main road* dan *collection road* di areal kebun
13	Jarak ke Badan Air	Meter		Hasil analisis spasial, jarak dari pusat blok ke sungai/kanal terdekat
14	Batas administrasi wilayah	-	Badan Pusat Statistik (BPS)	Batas desa, kecamatan dan kabupaten.

3.3 Teknik Analisis

Tipologi lahan perkebunan berdasarkan karakteristik lahan dan produktivitasnya dilakukan dengan teknik analisis. Teknik analisis merupakan tahapan peneliti dalam mengelola data spasial dan nonspasial sehingga dapat menghasilkan informasi yang sesuai dengan tujuan peneliti. Analisis ini dilakukan secara bertahap, dimulai dengan mengidentifikasi penggunaan lahan menggunakan citra drone, identifikasi produktivitas lahan pada setiap afdeling, pengolahan data menggunakan bahasa pemrograman *Python*, analisis zona produktivitas menggunakan *Rustiadi Quantitative zoning Method II (*RQZM II), hingga pembentukan zona melalui metode *Spatial Clusterring.* Penggunakan metode analisis spasial melalui pendekatan *Clustering analysis* dimulai dengan pengumpulan data sekunder berupa data spasial kebun PT. Patiware dalam bentuk *shapefile* yang memuat informasi mengenai batas blok, jaringan jalan, area, sungai, kawasan hutan, areal pembibitan dan areal bangunan terbangun. Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap. Tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Diagram Alir dibawah ini Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian.

3.4 Identifikasi Penggunaan Lahan

Identifikasi penggunaan lahan dilakukan untuk menggunakan jenis dan persebaran penggunaan lahan pada wilayah penelitian di PT. Patiware. Tahapan ini bertujuan untuk menghasilkan informasi spasial menganai penggunaan lahan yang akan digunakan sebagai salah satu variabel dalam analisis produktivitas lahan dan penyusunan zona pengelolaan menggunakan metode *Rustiadi Quantitative Zoining Method II* (RQZM II).

Proses identifikasi diawali dengan pengumpulan data citra satelit resolusi tinggi yang mencakup seluruh wilayah kebun. Citra tersebut kemudian dikoreksi secara geometrik dan radiometrik untuk memastikan akurasi posisi serta kejelasan objek yang tampak pada citra. Interpretasi penggunaan lahan dilakukan melalui metode digitasi *on-screen* berdasarkan kenampakan visual objek pada citra, meliputi perbedaan warna, tekstur, pola, bentuk, dan asosiasi spasial dengan objek

di sekitarnya. Kelas penggunaan lahan yang diidentifikasi meliputi antara lain area tanaman kelapa sawit produktif, tanaman belum menghasilkan (TBM), lahan kosong/terbuka, badan air, infrastruktur (jalan, bangunan, dan sara pengolahan), serta kawasan konservasi atau areal di luar peruntukan budidaya.

Hasil interpretasi citra kemudian dipadukan (*overlay*) dengan data batas administrasi kebun, batas afdeling, dan batas blok untuk memperoleh gambaran penggunaan lahan yang terstruktur sesuai satuan pengelolaan dilapangan. Proses ini memungkinkan satiap blok memiliki informasi penggunaan lahan yang spesifik, sehingga dapat digunakan sebagai dasar analisis pada tahapan selanjutnya. Seluruh proses pengelolaan data spasial, mulai dari kareksi citra, digitasi, *overlay,* dan batas administrasi, dilakukan menggunakan perangkat lunak Siatem Informasi Geografis (GIS). Hasil akhir dari tahapan ini berupa peta penggunaan lahan yang menggambarkan kondisi eksisting wilayah penelitian secara spasial dan tabular, yang selanjutnya menjadi salah satu input utama dalam analisis produktivitas lahan dan penyusunan zonasi pengelolaan berbasis metode RQZM.

3.4.1 Persiapan Data

Menurut Han *et al.* (2012), persiapan data merupakan suatu proses membersihkan, mengintegrasikan data, mentransformasikan data, dan memelihara data yang siap untuk digunakan dalam analisis data. Tahapan data dilakukan dengan mengumpulkan seluruh data spasial yang diperlukan dalam proses identifikasi penggunaan lahan. Data yang digunakan berupa data administrasi kebun, batas afdeling, batas blok, dan citra satelit sebagai sumber utama interpretasi penggunaan lahan. Data-data tersebut diperoleh dari data internal perusahaan (data batas kebun, afdeling, dan blok) dan dari sumber eksternal (data citra satelit), sehingga dilakukan proses verifikasi awal untuk memastikan kesesuaian dan validasi masing-masing data sebelum digunakan dalam tahapan analisis data.

Seluruh data spasial yang telah terkumpul kemudian diperiksa kelengkapannya, baik dari segi cakupan wilayah (*extent*), atribut, maupun kualitas geometri data (topologi). Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengidentifikasi kemungkinan adanya data yang tumpang tindih (*overlap*), adanya celah (gap), atau ketidaksesuaian batas antarlayer yang dapat memengaruhi hasil analisis pada tahap berikutnya. Apabila ditemukan kesalahan topologi, dilakukan proses perbaikan (*topology cleaning*) agar data siap digunakan.

3.4.3 Klasifikasi Penggunaan Lahan

Klasifikasi penggunaan lahan dilakukan untuk mengelompokkan objek hasil interpretasi foto udara ke dalam kelas-kelas penggunaan lahan berdasarkan karakteristik penutup dan pemanfaatan lahan. Proses klasifikasi dilakukan setelah seluruh objek pada citra berhasil diinterpretasikan dan didigitasi, kemudian setiap poligon diberi atribut sesuai dengan jenis penggunaan lahan yang diidentifikasi.

Penggunaan lahan dilakukan pada ortomosaik hasil pemotretan menggunakan drone dengan skala pemetaan 1:5.000. Objek yang didigitasi meliputi blok perkebunan, jaringan jalan, areal tanaman kelapa sawit, dan penutup lahan lainnya. Klasifikasi penutup lahan mengacu pada SNI 7645-1:2014. Klasifikasi penutup lahan pada SNI 7645-1:2014 disusun berdasarkan *Land Cover*

Classification System (LCCS) *Food and Agriculture Organization* (FAO) dan ISO 19144-1:2009 serta disesuaikan dengan karakteristik wilayah Indonesia sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam kegiatan interpretasi foto udara dan pemetaan penutup lahan.

Dalam penelitian ini, kelas penggunaan lahan disesuaikan dengan kondisi aktual di kawasan perkebunan kelapa sawit PT. Patiware. Setiap objek hasil interpretasi diberi atribut sesuai dengan kelas penggunaan lahan yang teridentifikasi sehingga menghasilkan data spasial yang memuat informasi jenis penggunaan lahan, luas masing-masing kelas, dan persebarannya pada setiap afdeling. Data tersebut selanjutnya digunakan sebagai salah satu data masukan dalam analisis produktivitas lahan dan penyusunan zona menggunakan metode *Rustiadi Quantitative Zoning Method II* (RQZM II).

3.4.4 Penyusunan Peta Penggunaan Lahan

Penyusunan peta penggunaan lahan merupakan tahap akhir dalam proses identifikasi penggunaan lahan. Tahapan ini bertujuan untuk menyajikan hasil interpretasi dan klasifikasi penggunaan lahan ke dalam bentuk peta tematik yang informatif, mudah dipahami, dan memenuhi kaidah. Menurut Slocum *et al*. (2023), penyajian peta yang baik harus mampu mengomunikasikan informasi spasial secara jelas melalui pemilihan simbol, warna, skala, dan elemen peta yang sesuai. Penyusunan peta dilakukan menggunakan perangkat lunak QGIS dengan tahapan penyusunan peta yang meliputi simbolisasi setiap kelas penggunaan lahan sesuai hasil klasifikasi, pengaturan tata letak (*layout*), penambahan legenda, skala, arah utara (*north arrow*), sistem koordinat, serta informasi pendukung seperti judul peta dan sumber data. Seluruh elemen tersebut disusun secara proporsional agar peta mudah dibaca dan memiliki nilai informatif yang tinggi.

Setelah proses penyusunan layout selesai, peta diekspor ke dalam format digital dengan resolusi yang sesuai untuk keperluan analisis, dokumentasi, dan penyajian hasil penelitian. Peta penggunaan lahan yang dihasilkan menampilkan jenis penggunaan lahan beserta persebarannya di wilayah PT. Patiware dan dapat digunakan sebagai salah satu data masukan dalam analisis produktivitas lahan serta penyusunan zona menggunakan metode *Rustiadi Quantitative Zoning Method II* (RQZM II).

3.5 Identifikasi Produktivitas Tiap Afdeling

Identifikasi produktivitas tiap afdeling dilakukan untuk mengetahui tingkat produktivitas tanaman kelapa sawit pada setiap afdeling di wilayah penelitian. Produktivitas kelapa sawit merupakan indikator penting dalam pengelolaan perkebunan. Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan (2023), tercatat bahwa produktivitas tanaman perkebunan pada tahun 2022 masih tergolong rendah, dengan produktivitas kelapa sawit sebesar 3,6 ton/ha, sementara kopi hanya 0,81 ton/ha, kakao 0,72 ton/ha, dan karet 1,0 ton/ha. Kondisi rendahnya produktivitas ini turut dipengaruhi oleh faktor tanaman yang sudah tua serta penggunaan input yang belum optimal. Analisis identifikasi produktivitas tiap afdeling ini bertujuan untuk menghasilkan informasi mengenai distribusi produktivitas secara spasial sehingga dapat diketahui afdeling yang memiliki produktivitas tinggi maupun rendah.

Pendekatan pemetaan produktivitas secara spasial memungkinkan pengelola kebun untuk melakukan monitoring kondisi tanaman secara lebih akurat dan berkala dibandingkan dengan pendekatan konvensional yang hanya mengandalkan data produksi tingkat kebun.

Data produktivitas tiap afdeling yang dihasilkan selanjutnya digunakan sebagai salah satu variabel dalam analisis *Rustiadi Quantitative Zoning Method II* (RQZM II), yaitu metode pewilayahan kuantitatif yang mengelompokkan satuan wilayah berdasarkan kemiripan karakteristik spasial dan tumpang susun (*overlay*) sejumlah variabel penciri wilayah (Rustiadi *et al*., 2018). Data yang digunakan dalam analisis ini meliputi data produksi tandan buah segar (TBS) dan data luas tanaman menghasilkan (TM) pada masing-masing afdeling. Produktivitas dihitung dengan membandingkan jumlah produksi TBS terhadap luas tanaman menghasilkan sehingga diperoleh nilai produktivitas dalam satuan ton per hektare per tahun (ton/ha/tahun).

Tahapan analisis produktivitas diawali dengan pengumpulan data produksi TBS dan data luas tanaman menghasilkan pada setiap afdeling. Perhitungan produktivitas di hitung menggunakan rumus dari penelitian (Astawa *et al*., 2024) berikut rumus yang digunakan:

$$\textbf{Persentase Luas} = \left(\frac{\boldsymbol{X}}{\boldsymbol{Total\ area}}\right) X\ \mathbf{100}\ \%$$

Keterangan:

- Persentase Luas = Persentase luas suatu kelas penggunaan lahan terhadap total luas wilayah penelitian (%).
- X = Luas masing-masing kelas penggunaan lahan (ha).
- Total Area = Total luas wilayah penelitian (ha).

Persentase luas setiap kelas penggunaan lahan dihitung dengan membandingkan luas masing-masing kelas penggunaan lahan terhadap total luas di wilayah penelitian, kemudian dikalikan 100%. Hasil perhitungan digunakan untuk mengetahui proporsi setiap kelas penggunaan lahan dalam wilayah penelitian. Nilai produktivitas yang diperoleh kemudian diintegrasikan dengan data spasial afdeling melalui proses *join attribute* pada perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG). Hasil integrasi tersebut digunakan untuk menyusun peta produktivitas yang menggambarkan persebaran produktivitas setiap afdeling di wilayah penelitian.

3.6 Pengolahan Data Menggunakan Bahasa Pemrograman *Python*

Python merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang banyak digunakan dalam analisis data, termasuk analisis spasial pada Sistem Informasi Geografis (SIG). Python memiliki berbagai pustaka (*library*) yang mendukung pengolahan data vektor, raster, analisis statistik, visualisasi, serta otomatisasi proses analisis, sehingga mampu meningkatkan efisiensi dan reproduktibilitas penelitian. Menurut Fleischmann *et al*., (2026), Python telah menjadi salah satu bahasa pemrograman utama dalam analisis geospasial karena didukung oleh pustaka seperti GeoPandas, yang menyediakan struktur data dan fungsi untuk membaca,

mengelola, memanipulasi, serta menganalisis data spasial berbasis vektor secara efisien. GeoPandas juga mendukung berbagai operasi geospasial seperti *spatial join*, *overlay*, transformasi sistem koordinat, dan visualisasi data spasial. Pada penelitian ini, Python digunakan untuk mengotomatisasi proses pengolahan data spasial dan atribut, meliputi pembacaan data *shapefile*, penggabungan data atribut (*attribute join*), analisis spasial, perhitungan variabel penelitian, serta penyusunan data yang digunakan dalam analisis *Rustiadi Quantitative Zoning Method II* (RQZM II). Penggunaan Python diharapkan dapat menghasilkan proses analisis yang lebih cepat, konsisten, dan mudah dilakukan dibandingkan dengan pengolahan secara manual.

3.7 Analisis *Rustiadi Quantitative Zoning Method II* (RQZM II)

Rustiadi Quantitative Zoning Method II (RQZM II) merupakan metode klasifikasi spasial yang dikembangkan oleh Rustiadi dan Kobayashi untuk mengelompokkan wilayah berdasarkan tingkat kemiripan karakteristik antar unit spasial dengan tetap mempertimbangkan hubungan spasial antar wilayah (Rustiadi dan Kobayashi, 2000). Metode ini banyak digunakan dalam penelitian pewilayahan, perencanaan wilayah, dan identifikasi tipologi kawasan, sebagaimana diterapkan pada penelitian karakterisasi kawasan suburban industri di Kabupaten Bekasi (Kurnia *et al*., 2020) serta pada pengendalian perkembangan fisik perkotaan di Kabupaten Karawang dan Purwakarta (Murtadho *et al*., 2022). Pada penelitian ini, RQZM II digunakan untuk menyusun zona produktivitas perkebunan kelapa sawit berdasarkan karakteristik setiap afdeling. Analisis dilakukan menggunakan data spasial dan data atribut yang telah diintegrasikan pada tahap sebelumnya. Seluruh proses pengolahan dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python sehingga setiap tahapan analisis dapat dilakukan secara sistematis.

Tahapan analisis RQZM II pada penelitian ini mengacu pada prosedur baku metode zonasi kuantitatif Rustiadi (Rustiadi dan Kobayashi, 2000; Rustiadi *et al*., 2011), yang meliputi:

1. Penentuan variabel analisis, yaitu memilih variabel yang digunakan sebagai dasar pembentukan zona produktivitas.
2. Normalisasi data, yaitu menyetarakan skala setiap variabel agar memiliki rentang nilai yang sama sehingga tidak terjadi dominasi salah satu variabel dalam proses analisis (Kurnia *et al*., 2020).
3. Pembobotan variabel, yaitu memberikan bobot pada setiap variabel sesuai tingkat kepentingannya apabila diperlukan dalam proses analisis.
4. Pembentukan matriks data, yaitu menyusun seluruh variabel ke dalam satu basis data yang siap dianalisis.
5. Analisis RQZM II, yaitu mengelompokkan setiap unit spasial berdasarkan tingkat kemiripan karakteristik dengan mempertimbangkan hubungan spasial antar satuan wilayah, sesuai dengan prinsip *spatial contiguity* dan *spatial compactness* yang menjadi dasar metode ini (Rustiadi dan Kobayashi, 2000).
6. Interpretasi hasil, yaitu menganalisis karakteristik setiap zona yang terbentuk serta menyusun peta zona produktivitas sebagai hasil akhir

penelitian, sebagaimana dilakukan pada studi penerapan RQZM untuk mendukung rekomendasi pengembangan kawasan (Murtadho *et al*., 2022).

Hasil analisis RQZM II berupa zona-zona produktivitas yang memiliki karakteristik relatif homogen. Setiap zona menunjukkan tingkat produktivitas yang berbeda sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam penyusunan rekomendasi pengelolaan dan pengembangan kawasan perkebunan kelapa sawit.