

BAB I

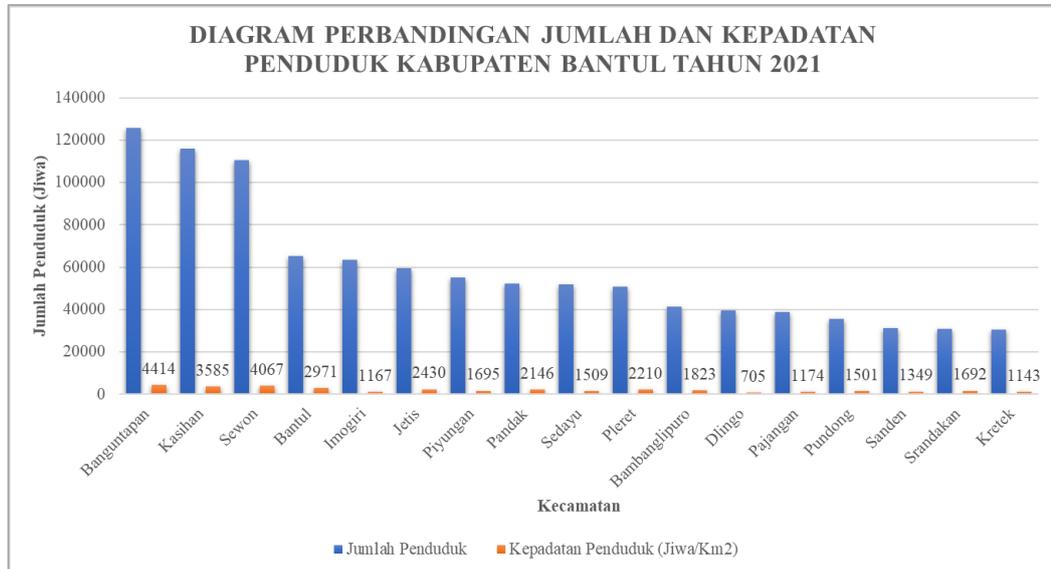
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia dalam indikator perkembangan ekonomi sudah dikategorikan sebagai negara maju, namun dalam indikator peningkatan standar hidup lainnya, Indonesia masih tergolong ke dalam negara berkembang (Yuni, dkk., 2020). Permasalahan negara berkembang salah satunya adalah peningkatan jumlah penduduk serta tingkat urbanisasi yang tinggi, tanpa diimbangi dengan peningkatan kualitas hidup yang layak (Hasnine & Rukhsana, 2020). Jumlah penduduk Indonesia berdasarkan data Sensus Penduduk Tahun 2020 yang dirilis oleh Badan Pusat Statistik mencapai 270,20 juta jiwa. Terjadi peningkatan jumlah penduduk sebanyak 32,56 juta jiwa dari tahun 2010 dan memiliki laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,25% setiap tahunnya (BPS, 2021). Peningkatan jumlah penduduk berhubungan dengan perubahan penutup dan penggunaan lahan di suatu wilayah. Jumlah penduduk yang besar akan mempengaruhi peningkatan kebutuhan lahan sebagai tempat tinggal. Ketersediaan lahan yang terbatas akan mendorong konversi lahan dari non terbangun menjadi lahan terbangun (Liu, 2008). Perubahan tutupan lahan dari lahan non terbangun menjadi lahan terbangun merupakan indikator terjadinya perkembangan wilayah (Giyarsih, 2009).

Kabupaten Bantul merupakan salah satu kabupaten yang ada di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dan berbatasan langsung dengan Kota Yogyakarta sebagai pusat kegiatan berbagai sektor di tingkat provinsi (Perda Kab. Bantul No 4 Tahun 2011). Kota Yogyakarta sebagai *urban area* dan sebagai pusat kegiatan skala provinsi, menyebarkan dampak perluasan sifat kekotaan pada wilayah pinggiran kota atau *sub urban*. Wilayah pinggiran Kota Yogyakarta, yang masuk wilayah administrasi Kabupaten Bantul merupakan kawasan *sub urban* yang meliputi, Kecamatan Bantul, Sewon, Banguntapan dan Kasihan. Keempat kecamatan tersebut merupakan kawasan perkotaan karena memiliki sifat kekotaan yaitu sektor pertanian bukan menjadi sektor utama, serta memiliki susunan fungsi sebagai pusat permukiman, pemerintahan, jasa, dan ekonomi (Kustiawan, 2004). Sebagai wilayah peralihan dari kawasan perkotaan menjadi pedesaan, menyebabkan wilayah pinggiran mengalami perkembangan dan pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan kawasan pedesaan (Yunus, 2010). Salah satunya adalah terkait aspek kependudukan. Jumlah dan kepadatan penduduk pada keempat kecamatan lebih tinggi dibandingkan kecamatan lainnya di Kabupaten

Bantul. **Gambar 1.1**, menampilkan perbandingan jumlah dan kepadatan penduduk per kecamatan di Kabupaten Bantul.



Gambar 1. 1 Diagram Perbandingan Jumlah Penduduk dan Kepadatan Penduduk Kabupaten Bantul (Sumber: BPS Kabupaten Bantul, 2022)

Jumlah penduduk yang besar dan kepadatan penduduk yang tinggi akan meningkatkan kebutuhan lahan dan berdampak pada alih fungsi lahan pertanian menjadi non pertanian setiap tahunnya, seperti yang tertera pada data di **Tabel 1.1** Luas lahan non pertanian di keempat kecamatan dari tahun 2001—2019, terus mengalami peningkatan. Peningkatan luasan lahan non pertanian setiap tahunnya, menjadi salah satu bukti terjadinya ekspansi lahan terbangun secara signifikan, di kawasan perkotaan Bantul.

Tabel 1. 1 Luas Lahan 4 Kecamatan di Kabupaten Bantul (Hektar)

No	Kecamatan	2001		2010		2019	
		Pertanian	Non Pertanian	Pertanian	Non Pertanian	Pertanian	Non Pertanian
1	Bantul	1147	1048	1109	1087	948	1248
2	Banguntapan	1466	1382	1173	1675	906	1942
3	Sewon	1372	1344	1290	1426	1183	1533
4	Kasih	707	2531	613	2625	698	2540

(Sumber: BPS Kabupaten Bantul, 2020)

Sementara tata ruang Kabupaten Bantul sudah memiliki acuan peraturan yang direncanakan pada Perda No. 4 Tahun 2011 mengenai Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Bantul Tahun 2010-2030. Kecamatan Bantul, Sewon, Banguntapan dan

Kasihannya akan dikembangkan sebagai Kawasan Perkotaan Yogyakarta (KPY) yang berfokus pada peningkatan pusat kegiatan lokal. Rencana detail tata ruang kawasan perkotaan juga dijabarkan dalam peta pola ruang dan struktur ruang, dimana kawasan perkotaan Kabupaten Bantul akan difokuskan pada pengembangan perdagangan, industri, permukiman, perkantoran, dan pelayanan umum (DPTR Kab Bantul, 2020). Oleh karena itu, diperlukan monitoring dan evaluasi setiap tahun untuk memantau alih fungsi lahan agar sesuai dengan rencana peruntukannya.

Pemetaan perubahan penutup lahan atau penggunaan lahan merupakan salah satu kegiatan untuk melakukan monitoring dan evaluasi perubahan lahan di suatu wilayah. Tutupan lahan kawasan perkotaan yang berkembang secara pesat dan bersifat dinamis seperti kawasan perkotaan Kabupaten Bantul, penting untuk dilakukan kajian monitoring tutupan lahan. Teknologi penginderaan jauh dapat dimanfaatkan untuk melakukan pemetaan tersebut. Penginderaan jauh yang mampu memperoleh kenampakan permukaan bumi tanpa kontak langsung, dapat memudahkan dalam proses pemetaan multitemporal dengan cepat (Sutanto, 1986). Penggunaan citra satelit dengan resolusi tinggi akan memudahkan dalam proses identifikasi objek tutupan lahan. Identifikasi penutup lahan dilakukan dengan cara interpretasi. Terdapat beberapa metode dalam melakukan interpretasi citra yaitu interpretasi secara visual dan interpretasi secara digital (Danoedoro, 2012).

Teknik interpretasi tutupan lahan secara visual dilakukan dengan memanfaatkan delapan unsur interpretasi seperti: rona, warna, pola, bentuk, tekstur, ukuran, situs, dan asosiasi. Teknik interpretasi visual memiliki kelebihan yaitu mampu mengklasifikasikan objek secara lebih detail, karena proses interpretasi dilakukan dengan teliti, walaupun membutuhkan waktu yang lebih lama. Sementara interpretasi digital didasarkan pada klasifikasi nilai piksel citra, yang terkadang terdapat bias dalam klasifikasi objek tutupan lahan.

Hasil interpretasi penutup lahan adalah berupa peta tentatif penutup lahan multitemporal. Tutupan lahan setiap waktu akan berubah sesuai dengan dinamika suatu wilayah, dan dapat dianalisis perubahan luasnya sebagai bahan evaluasi perubahan lahan. Melalui teknik sistem informasi geografis (SIG), data tutupan lahan juga dapat dimodelkan untuk memprediksi kondisinya di masa yang akan datang. *Modules for Land Use Change Simulations* (MOLUSCE) merupakan salah satu *tools* dalam teknik analisis SIG untuk memodelkan perubahan tutupan lahan di masa depan

(Rangarajan, 2021). Faktor pendorong perubahan tutupan lahan akan digunakan sebagai variabel pengaruh untuk memodelkan probabilitas transisi dalam model. Sehingga dapat diperoleh pemodelan prediksi tutupan lahan di masa depan. Data tersebut bermanfaat sebagai bahan monitoring dan evaluasi pemanfaatan lahan sebagai acuan dalam perancangan tata ruang wilayah.

Modules For Land Use Change Simulations, selain tersedia pada *software* QGIS yang berbasis *open source*, MOLUSCE juga memiliki kelebihan fungsi lainnya. Sebagai *tools open source*, tampilan antarmuka dalam MOLUSCE memiliki standar yang general, sehingga pengguna dapat dengan mudah untuk memahami dan mengoperasikannya. MOLUSCE juga memberikan berbagai pilihan algoritma yang dapat dipakai sesuai kebutuhan diantaranya ANN, LR, WoE, dan MCE. *Tools* ini juga menyediakan fitur validasi pemodelan menggunakan statistik kappa. Dibandingkan dengan *software open source* lainnya seperti: CLUE (*Conversion of Land Use Change and its Effects*), LuccME (*Land Use and Cover Change Modelling Environment*) dan LanduseSim, MOLUSCE jauh lebih mudah untuk digunakan, karena tidak mensyaratkan ukuran minimal data dan pra pemrosesan data yang kompleks.

Pemodelan prediksi tutupan lahan menggunakan MOLUSCE juga bermanfaat untuk melakukan identifikasi arah spasial perkembangan kawasan perkotaan. Perubahan lahan yang terjadi disetiap waktunya akan membentuk suatu pola yang dapat diidentifikasi arah kecenderungan sebarannya. Pola sebaran spasial akan memudahkan perencanaan kawasan kota, yang akan menunjang kegiatan di dalamnya (Kustiawan, 2004). Pola sebaran perkembangan kawasan perkotaan juga akan menunjukkan arah perkembangan kota, dalam hal ini adalah kawasan perkotaan Bantul.

Penelitian sebelumnya yang dikaji oleh Ramadhan (2021) dengan judul ‘Identifikasi Pola Spasial Pertumbuhan Fisik Kota Menggunakan Data Penginderaan Jauh di Kota Purwokerto’ mengkaji kawasan administratif Kota Purwokerto dan dimodelkan dengan MOLUSCE, namun dalam teknik interpretasinya dilakukan secara digital menggunakan klasifikasi *supervised*. Klasifikasi penutup lahan dilakukan secara digital memiliki kelebihan yaitu prosesnya yang cepat namun terkadang memiliki nilai akurasi hasil interpretasi yang kurang baik. Sementara penelitian yang dilakukan oleh Chrismonika (2019) dengan judul ‘Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh untuk Simulasi Perubahan Lahan Terbangun Kawasan Perkotaan

Klaten Menggunakan LCM IDRISI Terrset' melakukan kajian pada Kawasan Perkotaan Klaten, dan interpretasi dilakukan secara visual dengan nilai akurasi interpretasi *kappa* sebesar 95,81%. Pemodelan prediksi tutupan lahan Kawasan Klaten di atas, menggunakan *tools Land Change Modeler (LCM)* pada *software IDRISI Terrset* yang berbayar.

Penelitian di atas memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing. Kawasan perkotaan memiliki berbagai permasalahan yang kompleks karena wilayahnya yang berfungsi sebagai perputaran berbagai sektor kewilayahan. Salah satu permasalahan tersebut adalah perubahan tutupan lahan yang perlu untuk dikaji lebih lanjut. Penggunaan teknik interpretasi secara visual dapat meningkatkan nilai akurasi karena hasil interpretasi yang lebih teliti. Pemilihan *tools* pemodelan prediksi tutupan lahan juga perlu diperhatikan untuk memudahkan dalam proses perolehannya. Penggunaan *plugin MOLUSCE* yang dapat diunduh secara gratis akan memudahkan dalam perolehan aplikasi, selain itu tampilan *interface* yang sederhana serta memiliki fitur yang lengkap, dapat memudahkan proses pemodelan. Oleh sebab itu peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul '**Prediksi Spasial Perkembangan Lahan Terbangun di Kawasan Perkotaan Kabupaten Bantul Tahun 2030 Menggunakan MOLUSCE**'.

1.2 Perumusan Masalah

Kawasan perkotaan Kabupaten Bantul berpotensi untuk mengalami perkembangan wilayah dari waktu ke waktu, kondisi tersebut dapat terjadi karena terdapat beberapa faktor pendorong untuk terjadinya hal tersebut. Faktor tersebut antara lain adalah peningkatan jumlah penduduk dan urbanisasi yang tinggi serta adanya dampak *urban sprawl* yang ditimbulkan dari Kota Yogyakarta terhadap wilayah pinggiran, seperti kawasan perkotaan Bantul. Wilayah pinggiran kota memiliki sifat keotaan yaitu terdapatnya fasilitas publik yang lengkap serta harga lahan yang lebih terjangkau. Kondisi tersebut menyebabkan meningkatnya kebutuhan lahan, namun ketersediaan lahan yang terbatas dapat menyebabkan terjadinya konversi lahan non terbangun menjadi lahan terbangun.

Karakteristik berkembangnya suatu wilayah salah satunya adalah terjadinya ekspansi lahan terbangun (Yunus, 2005). Kawasan perkotaan Kabupaten Bantul memiliki potensi tersebut. Ekspansi lahan terbangun yang tidak terarah akan

mengakibatkan penyimpangan tata kelola ruang, sesuai yang telah direncanakan dalam RTRW. Diperlukan suatu proses monitoring untuk mengontrol terjadinya konversi penutup lahan, agar peruntukannya tetap sesuai dengan rencana jangka panjang suatu wilayah.

Kemutakhiran teknologi penginderaan jauh yang mampu mendapatkan informasi permukaan bumi secara mudah dan cepat, dapat digunakan untuk melakukan monitoring ekspansi lahan terbangun. Sebagai contoh pemanfaatan data penginderaan jauh tahun 2000, 2010 dan 2020 untuk pemantauan tutupan lahan. Perubahan tutupan lahan setiap waktunya dapat dianalisis besar luasannya. Pola spasial arah perkembangan kawasan perkotaan juga dapat diidentifikasi melalui teknik analisis Sistem Informasi Geografis (SIG). Melalui pemodelan prediksi tutupan lahan di masa depan, pola spasial suatu wilayah dapat diidentifikasi untuk menentukan kecenderungan arah pertumbuhan fisik kota. Menggunakan *plugin* MOLUSCE pada QGIS pemodelan dapat dilakukan dengan mengintegrasikan beberapa faktor pendorong perubahan sebagai variabel. Berdasarkan penjabaran permasalahan di atas, maka diperlukan pemetaan untuk pemodelan prediksi lahan terbangun di Kawasan Perkotaan Kabupaten Bantul, menggunakan teknologi penginderaan jauh dan SIG. Oleh karenanya didapatkan tiga pertanyaan terkait penelitian yang akan dilakukan yaitu:

1. Bagaimana hasil analisis pemetaan penutup lahan di kawasan perkotaan Kabupaten Bantul tahun 2010 dan 2020?
2. Bagaimana prediksi penutup lahan terbangun di kawasan perkotaan Kabupaten Bantul tahun 2030?
3. Bagaimana arah spasial perkembangan lahan terbangun di kawasan perkotaan Kabupaten Bantul berdasarkan data tutupan lahan tahun 2000—2030.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian permasalahan di atas, diperoleh tiga tujuan penelitian yaitu:

1. Menganalisis penutup lahan di kawasan perkotaan Kabupaten Bantul Tahun 2010 dan 2020
2. Memprediksi perubahan penutup lahan terbangun di kawasan perkotaan Kabupaten Bantul Tahun 2030
3. Mengidentifikasi arah spasial perkembangan lahan terbangun di Kawasan Perkotaan Kabupaten Bantul berdasarkan data tutupan lahan Tahun 2000—2030.

1.4 Kegunaan Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Manfaat teoritis dari penelitian ini adalah mengetahui teknik analisis SIG berbasis *Cellular Automata* yaitu *Modules for Land Use Change Simulation* (MOLUSCE) pada QGIS, sebagai alat untuk memodelkan prediksi tutupan atau penggunaan lahan di suatu wilayah. Selain itu dapat mengetahui pola spasial arah perkembangan fisik kota di Kawasan Kabupaten Bantul.

2. Manfaat Praktis

Penelitian ini dapat bermanfaat bagi pemerintah daerah sebagai salah satu bahan pertimbangan dalam proses perancangan dan perencanaan pembangunan Kawasan Perkotaan Kabupaten Bantul, untuk mencapai pembangunan yang berkelanjutan.

1.5 Telaah Pustaka dan Penelitian Sebelumnya

1.5.1 Telaah Pustaka

1.5.1.1 Tutupan Lahan

Tutupan lahan atau *land cover*, menurut Syahbana (2013) adalah segala bentuk objek fisik yang menutupi permukaan bumi dan dapat diamati secara kasat mata tanpa memperhatikan fungsi objek terhadap keberadaan manusia. Sementara, pengertian penggunaan lahan atau *land use* lebih mengacu pada fungsi dan tujuan yang berkaitan

dengan aktivitas manusia terhadap keberadaan suatu lahan di permukaan bumi. Perbedaan mendasar kedua pengertian di atas terletak pada fungsi dan tujuannya. Tutupan lahan lebih memberikan gambaran objek fisik permukaan bumi yang lebih umum, seperti tubuh air, lahan terbuka, lahan bervegetasi, lahan terbangun dan sebagainya.

Informasi tutupan lahan dapat digunakan untuk berbagai kepentingan, terutama untuk memantau kondisi perubahan tata guna lahan di suatu wilayah. Monitoring tutupan lahan secara berkala sangat penting dilakukan, agar objek fisik di permukaan bumi dapat dievaluasi dan dikontrol pertumbuhannya (Hidayati, 2019). Salah satu cara yang dapat diterapkan untuk melakukan monitoring adalah dengan menginterpretasi informasi tutupan lahan dari beberapa data penginderaan jauh multi waktu, untuk kemudian dimodelkan untuk memprediksi perubahannya di masa depan.

Interpretasi informasi tutupan lahan memiliki acuan tertentu sesuai dengan aturan yang telah ada. Aturan di Indonesia yang mengatur tentang klasifikasi interpretasi tutupan lahan adalah Standar Nasional Indonesia (SNI) yang dikeluarkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN). Koeswandari (2017), mengemukakan terdapat klasifikasi tutupan lahan yang lebih sederhana hasil generalisasi penggunaan lahan sesuai standar SNI dan dapat digunakan dalam menginterpretasi informasi tutupan lahan. **Tabel 1.2**, menjelaskan klasifikasi tutupan lahan yang menggeneralisasi dari kelas penggunaan lahan menjadi lahan terbangun dan non terbangun.

Tabel 1. 2 Klasifikasi Tutupan Lahan Non Terbangun dan Terbangun

Tutupan Lahan	Penggunaan Lahan
Lahan Terbangun	Permukiman, bangunan, dan lahan bukan pertanian yang berkaitan
Lahan Non Terbangun	Lahan pertanian Lahan bervegetasi bukan pertanian Lahan tidak bervegetasi atau lahan terbuka Perairan (sungai, danau, laut, dsb)

(Sumber: Koeswandari, 2017)

1.5.1.2 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni yang digunakan untuk memperoleh informasi kenampakan permukaan bumi tanpa kontak langsung dengan objek dari hasil perekaman melalui sensor pada wahana satelit (Sutanto, 1986). Sensor penginderaan jauh memiliki kemampuan untuk merekam kenampakan permukaan bumi berdasarkan nilai spektral, dengan ukuran tertentu serta dalam jangkauan waktu

tertentu. Hasil akuisisi data penginderaan jauh antara lain citra penutup atau penggunaan lahan, suhu permukaan bumi, kondisi atmosfer, relief dsb.

Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh memiliki beberapa keuntungan seperti akuisisi data secara cepat dengan area yang luas. Kemudahan mendapatkan data penginderaan jauh tersebut tentunya dapat menghemat waktu dan biaya (Sutanto, 1986). Data penginderaan jauh dengan berbagai jenis sensor, memberikan banyak pilihan kepada pengguna data atau peneliti untuk memanfaatkan sesuai peruntukannya. Data penginderaan jauh memiliki karakteristik spasial, temporal dan spektral yang berbeda-beda sesuai dengan jenis wahana satelit. Salah satu pemanfaatan data tersebut adalah untuk monitoring tutupan lahan di kawasan perkotaan. Kondisi perkotaan yang dinamis, perlu dilakukan pemantauan penggunaan lahan, salah satu caranya dengan memanfaatkan citra penginderaan jauh (Hidayati, 2019).

Pemantauan tutupan atau penggunaan lahan di perkotaan dapat menggunakan citra resolusi tinggi, untuk mengidentifikasi objek tutupan lahan perkotaan secara detail. Citra resolusi tinggi yang dapat dimanfaatkan antara lain citra Sentinel 2A dan citra ALOS AVNIR2. Berdasarkan klasifikasi yang tertera pada Katalog Data LAPAN (2018), kedua citra tersebut merupakan citra spasial resolusi tinggi (CSRT). Sentinel 2A pada saluran tampak dan NIR memiliki resolusi spasial 10 meter, sementara pada citra ALOS AVNIR dengan saluran tampak memiliki resolusi spasial 10 meter.

Sentinel 2 merupakan wahana satelit milik Eropa, dengan misi untuk pencitraan kenampakan bumi menggunakan resolusi spasial yang tinggi dengan area cakupan yang luas. Peluncuran Sentinel 2 ini didasari atas keterbatasan data penginderaan jauh yang mampu menyediakan resolusi spasial yang tinggi, dengan cakupan yang luas serta memiliki resolusi temporal yang tinggi (ESA, 2000). Sensor Sentinel 2 membawa sensor spektral sebanyak 13 saluran dengan tiga jenis ukuran spasial. Detail saluran spektral pada sensor Sentinel 2 terdapat pada **Tabel 1.3**.

Tabel 1. 3 Spesifikasi Panjang Gelombang Citra Sentinel 2

Saluran	Panjang Gelombang (mm)	Resolusi Spasial (m)
Band 1 – <i>Coastal Aerosol</i>	0,443	60
Band 2 – <i>Blue</i>	0,490	10
Band 3 – <i>Green</i>	0,560	10
Band 4 – <i>Red</i>	0,665	10
Band 5 – <i>Vegetation Red Edge</i>	0,705	20

Band 6 – <i>Vegetation Red Edge</i>	0,740	20
Band 7 – <i>Veg Red Edge</i>	0,783	20
Band 8 – NIR	0,842	10
Band 8A – <i>Veg Red Edge</i>	0,865	20
Band 9 – <i>Water Vapour</i>	0,945	60
Band 10 – <i>SWIR Cirrus</i>	1,375	60
Band 11 – SWIR	1,610	20
Band 12 – SWIR	2,190	20

(Sumber: *Satellite Image Cooperation*, 2001)

Citra Sentinel 2 yang digunakan dalam penelitian ini adalah Citra Sentinel 2A Liputan DIY dan Jawa Tengah dengan tahun perekaman 2020. Perolehan data citra sentinel dapat diunduh secara gratis melalui tautan earthexplorer.usgs.gov. Citra sentinel pada saluran tampak memiliki resolusi spasial 10 meter, dan kombinasi komposit yang cocok untuk kajian tutupan lahan perkotaan adalah warna *true color* 432.

ALOS atau *Advanced Land Observing Satellite* merupakan wahana satelit pencitraan kondisi permukaan bumi yang diluncurkan pada tahun 2006 oleh *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA). *Advanced Infrared and Near Infrared Radiometer* versi 2 (AVNIR 2) merupakan sensor terbaru dari ALOS berupa radiometer inframerah yang berguna untuk mengamati permukaan bumi dan pesisir. Tipe AVNIR memiliki 4 saluran dengan resolusi spasial sebesar 10 meter. Citra ALOS AVNIR yang digunakan dalam penelitian ini adalah liputan Sebagian DIY dan Jawa Tengah dengan tahun perekaman 2010. Rincian mengenai spesifikasi citra ALOS AVNIR dapat dilihat pada **Tabel 1.4**.

Tabel 1. 4 Spesifikasi Citra ALOS AVNIR

Jumlah saluran	4
Panjang Gelombang	Band 1 : 0,42 – 0,50 mm Band 2 : 0,52 – 0,60 mm Band 3 : 0,61 – 0,69 mm Band 4 : 0,76 – 0,89 mm
Resolusi Spasial	10 meter

Luas Liputan	70 Km 2
Jumlah Detektor Sensor	700/saluran
Sudut Perekaman	-44 sampai +44 derajat
Panjang Bit	8 bit

(Sumber: JAXA, 1997)

1.5.1.3 Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis merupakan integrasi yang terorganisir dari perangkat keras komputer, perangkat lunak, data geografis dan *brainware* yang disusun secara efisien untuk memperoleh, mengolah, memanipulasi, menganalisis, dan menampilkan semua bentuk informasi berbasis spasial (Esri dalam Prahasta, 2011). Sistem Informasi Geografis memiliki peran yang penting dalam kegiatan pengumpulan, penyimpanan, dan analisis obyek dan fenomena geografis (Prahasta, 2011). Terdapat lima komponen dalam SIG, yaitu perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*), data prosedur yang dijalankan (*methods*), dan sumber daya manusia (*people/brainware*). Dalam menangani data yang bereferensi geografi, SIG memiliki empat kemampuan sistem komputer yang mampu menangani data tersebut baik dalam hal masukan, manajemen data, analisis dan manipulasi data, dan keluaran.

Terdapat fungsi utama penggunaan SIG, seperti yang disampaikan oleh (Kusumadewi, 2009) antara lain:

1. melakukan proses penyimpanan, perhitungan, dan menampilkan hubungan spasial antara obyek.
2. menyimpan dan memanipulasi berbagai jenis atribut dari obyek.
3. melakukan analisis spasial.
4. mengintegrasikan data spasial yang didapat dari berbagai sumber.

1.5.1.4 Ekstraksi Tutupan Lahan dengan Data Penginderaan Jauh

Ekstraksi data merupakan kegiatan mengolah data dengan memisah atau mengklasifikasikan informasi berdasarkan fokus tema tertentu (Eikvil, 1999). Data yang digunakan dalam mengekstrak kelas tutupan lahan adalah data penginderaan jauh atau citra. Citra satelit memuat banyak sekali informasi permukaan bumi yang divisualisasikan dalam bentuk nilai spektral pada susunan piksel citra. Informasi citra

satelit dapat diturunkan untuk mendapatkan fokus analisis tertentu, salah satunya interpretasi objek tutupan atau penggunaan lahan.

Terdapat beberapa metode dalam melakukan interpretasi citra yaitu interpretasi secara visual dan interpretasi secara digital (Danoedoro, 2012). Teknik interpretasi tutupan lahan secara visual dilakukan dengan memanfaatkan delapan unsur interpretasi seperti: rona, warna, pola, bentuk, tekstur, ukuran, situs, dan asosiasi. Teknik interpretasi visual memiliki kelebihan yaitu mampu mengklasifikasikan objek secara lebih detail, karena proses interpretasi dilakukan dengan teliti, walaupun membutuhkan waktu yang lebih lama. Sementara interpretasi digital didasarkan pada klasifikasi nilai piksel citra, yang terkadang terdapat bias dalam klasifikasi objek tutupan lahan.

1.5.1.5 MOLUSCE

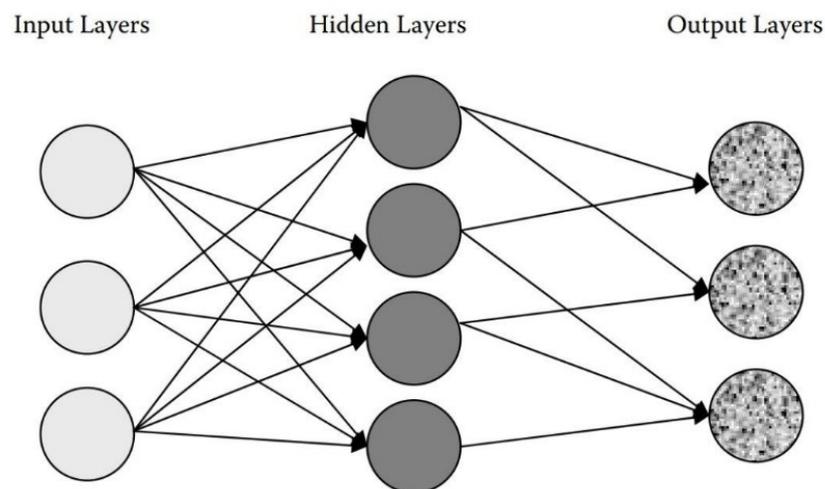
Modules for Land Use Change Simulation atau MOLUSCE merupakan suatu alat berbasis pemodelan *Cellular Automata* yang tersedia pada *plugin software* QGIS versi 2.18 ke bawah (Rangarajan, 2022). Pemodelan *cellular automata* merupakan suatu algoritma yang mengelola informasi berbasis *cell* atau piksel pada data spasial, untuk memodelkan transisi secara kronologis dengan mengintegrasikan gabungan aturan atau variabel data (Liu, 2008). *Cellular Automata* atau CA merupakan pemodelan dinamis antara sel-sel (data spasial penggunaan lahan) dengan grid (variabel data) yang saling berinteraksi, sehingga menghasilkan model transisi yang *continues* (Manson, 2001). Terdapat 5 komponen penting dalam konsep CA yaitu *cell*, *state*, *neighborhood*, *transition rule*, dan *time*. MOLUSCE merupakan alat yang memiliki beberapa tipe pemodelan CA, antara lain: *Artificial Neural Network* (ANN), *Weight of Evidence* (WoE), *Logistic Regression* dan *Multi Criteria Evaluation* (MCE).

MOLUSCE selain bersifat *open source*, tampilan *interface* sederhana dan mudah untuk dipahami oleh berbagai kalangan. Selain itu dalam satu *tools* menawarkan beberapa algoritma yang dapat dimanfaatkan disertai fitur validasi statistik kappa membuat *plugin* ini memiliki keunggulan yang banyak. Namun MOLUSCE untuk saat ini hanya mendukung untuk sistem operasi QGIS pada versi 2.18 ke bawah. Kondisi tersebut menurut Komunitas Programmer GIS (2019), disebabkan belum adanya *developer* yang mengembangkan MOLUSCE pada versi QGIS terbaru. Berdasarkan informasi resmi QGIS, MOLUSCE sudah memasuki versi

terbaru 3.0.13 yang diperbaharui pada Maret 2017, namun tetap hanya *support* dan stabil dioperasikan pada QGIS 2.18 ke bawah. Selain itu MOLUSCE juga belum bisa memberikan batasan pemodelan seperti memodelkan skenario dengan kemungkinan tertentu.

1.5.1.6 Artificial Neural Network

Salah satu metode yang bisa digunakan dalam MOLUSCE ini adalah tipe pemodelan *Artificial Neural Network* (ANN). ANN merupakan algoritma yang mengintegrasikan *cellular automata* dengan *multi layer perceptron* (MLP). MLP menurut Wardani, dkk (2016) merupakan bagian dari jaringan ANN yang bekerja secara diskriminan non linier dan regresi non linier untuk menggambarkan hubungan antar variabel. ANN menurut Li dan Yeh (2002) merupakan model matematika berbasis biologi jaringan saraf yang saling terhubung untuk memproses informasi menggunakan pendekatan komputasi konektivitas. Terdapat 3 lapisan data dalam pemodelan ANN yaitu *input*, lapisan tersembunyi, dan *output*. Prinsip pemodelan ini **Gambar 1.2**, mirip dengan otak manusia yang dapat dilatih dengan data untuk dipelajari dan bereaksi terhadap rangsangan dari parameter. Selama proses komputasi berjalan, parameter model akan dimodifikasi berulang kali hingga menghasilkan model yang dapat diterima sesuai dengan *output* yang ditargetkan (Liu, 2008). Model ini mampu menghasilkan transisi yang baik, karena model diproses berulang kali, sampai memenuhi kriteria *output* yang diharapkan.



Gambar 1. 2 Ilustrasi Pemodelan Metode Artificial Neural Network (Sumber: Liu, 2008)

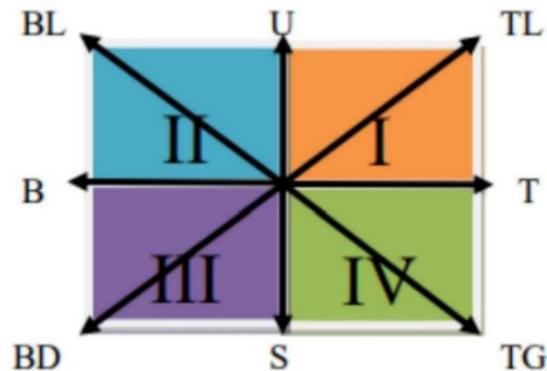
1.5.1.7 Perkembangan Wilayah Perkotaan

Kota adalah suatu kawasan atau wilayah yang menjadi pusat kegiatan ekonomi, pusat pemerintahan, dan pemusatan masyarakat dengan gaya hidup yang heterogen. (Lindgren, 1974 dalam Suharyadi 2001). Kota dapat mempengaruhi pertumbuhan wilayah di sekitarnya, seperti wilayah pinggiran yang umumnya akan memiliki karakteristik kekotaan atau bisa disebut juga sebagai kawasan perkotaan. Pertumbuhan kota dapat meningkatkan pembangunan ekonomi dan meningkatkan taraf hidup masyarakat. Namun, pertumbuhan perkotaan juga menyebabkan hilangnya lahan pertanian, peningkatan risiko polusi dan perubahan iklim lokal karena perluasan lahan terbangun (Liu, 2008). Maka dari itu diperlukan kontrol dan monitoring dalam proses pertumbuhan kota, agar tidak terjadi dampak negatif yang meluas. Salah satu cara melakukan monitoring adalah dengan memetakan tutupan lahan menggunakan bantuan data penginderaan jauh.

Data penginderaan jauh memiliki berbagai keunggulan yaitu dapat memberikan pencitraan pada wilayah yang luas, memiliki rentang temporal yang beragam dapat memberikan pilihan untuk menentukan jenis citra dan disesuaikan dengan kebutuhan analisis, akurasi dan data penginderaan jauh tertentu dapat dikumpulkan dengan mudah dan tanpa biaya. Data penginderaan jauh dapat memberikan informasi tentang kejadian pada setiap titik waktu sehingga dapat digunakan untuk melacak dan mengukur perubahan yang terjadi di permukaan bumi. Hasil pemetaan juga dapat dimodelkan secara spasial untuk mengetahui gambaran tutupan lahan di masa depan. Pemodelan spasial tersebut digunakan memodelkan ruang kota menggunakan suatu skenario, yang biasa disebut sebagai pemodelan perkotaan (*urban modeling*).

Urban modelling tentunya memiliki banyak sekali fungsi dalam perencanaan kota, salah satunya adalah untuk analisis pola spasial perkotaan. Hasil pemodelan dapat menghasilkan prediksi penggunaan lahan dalam beberapa waktu yang berguna untuk mengidentifikasi arah pertumbuhan perkotaan melalui pola spasial yang terwujud. Berdasarkan teori perkembangan kota yang dikemukakan oleh Branch (1996), perkembangan kota dibedakan menjadi 2 kelompok yaitu berdasarkan asal pertumbuhan dan arah pertumbuhan. Kecenderungan arah pertumbuhan dapat diidentifikasi menggunakan konsep yang disampaikan oleh (Nugroho & Rahardjo, 2014). Arah pertumbuhan diidentifikasi dengan membagi wilayah menjadi beberapa

kuadran, dan dilihat kuadran mana yang paling banyak mengalami perubahan tutupan lahan. Konsep pembagian kuadran wilayah dapat dilihat pada **Gambar 1.3**.



Gambar 1. 3 Ilustrasi pembagian kuadran wilayah (Sumber: Nugroho & Rahardjo, 2014).

Arah pertumbuhan kota dapat diidentifikasi menggunakan orientasi spasial arah mata angin yang didukung dengan analisis statistik perkembangan luasannya. Untuk mengidentifikasi luas perubahan, hasil pemetaan perlu dibagi menjadi beberapa bagian, untuk dapat dilihat bagian mana saja yang memiliki perubahan luas tutupan lahan paling besar. Pembagian dengan mendasarkan pada sistem kuadran akan memudahkan untuk mengidentifikasi luasan serta sudah terdapat pembagian ke dalam empat arah mata angin.

1.5.2 Penelitian Sebelumnya

Penelitian yang dilakukan oleh Manikandan Kamaraj & Sathyanathan Rangarajan, (2022) mengambil tema *Predicting the future land use and land cover changes for Bhavani basin, Tamil Nadu, India, using QGIS MOLUSCE plugin*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penggunaan metode interpretasi digital yaitu *supervised classification* dalam mengelaskan penutup dan penggunaan lahan. Terdapat persamaan antara penelitian ini dengan penelitian yang akan dikaji yaitu sama sama menggunakan *plugin* MOLUSCE sebagai alat untuk mengolah pemodelan perubahan lahan di masa depan. Perbedaannya terletak pada lingkup kajian, dimana penelitian ini menggunakan batasan DAS sementara penelitian yang akan dilakukan menggunakan batasan fungsional berupa kawasan perkotaan. Selain itu metode interpretasi visual akan diaplikasikan dalam penelitian yang akan diusulkan.

Penelitian yang dilakukan oleh Gian Felix Ramadan, (2021) yang berjudul *Identifikasi Pola Spasial Pertumbuhan Fisik Kota Menggunakan Data Penginderaan Jauh di Kota Purwokerto*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penggunaan metode interpretasi digital yaitu *supervised classification* dalam mengelaskan penutup lahan dengan memanfaatkan citra skala menengah Landsat. Persamaan penelitian ini dengan penelitian yang akan dikaji yaitu sama sama mengkaji wilayah perkotaan menggunakan *plugin* MOLUSCE sebagai alat untuk mengolah pemodelan perubahan lahan di masa depan. Perbedaannya terletak pada penggunaan metode interpretasi yaitu menggunakan interpretasi digital, sementara penelitian usulan menggunakan teknik interpretasi visual.

Penelitian yang dilakukan oleh Chrismonika, (2019) yang berjudul *Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh Untuk Simulasi Perubahan Lahan Terbangun Kawasan Perkotaan Klaten Menggunakan Land Change Modeler (Lcm) Idrisi Terrset*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penggunaan metode interpretasi visual dengan memanfaatkan citra resolusi tinggi. Persamaan penelitian ini dengan penelitian yang akan dikaji yaitu menggunakan metode interpretasi visual dengan bantuan citra resolusi tinggi. Perbedaannya terletak pada penggunaan alat pemodelan prediksi yaitu penggunaan *Land Cahange Modeller (LCM)* pada software IDRISSE Terrset.

Penelitian yang dilakukan oleh Aslan A. dan Koc-San, (2020) yang berjudul *Spatio-temporal Land Use Change Analysis and Future Urban Growth Simulation*

Using Remote Sensing A Case Study of Antalya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah interpretasi tutupan lahan perkotaan menggunakan algoritma *Random Forest Classifier* menggunakan citra Landsat dengan 5 waktu yang berbeda. Metode pemodelan menggunakan MOLUSCE. Persamaan penelitian ini dengan penelitian yang akan dikaji yaitu sama-sama mengkaji prediksi perkembangan kawasan perkotaan menggunakan MOLUSCE. Perbedaan terletak pada pemanfaatan citra resolusi menengah serta penggunaan algoritma *Random Forest Classifier* dalam proses klasifikasi penutup lahan.

Mempertimbangkan pada penelitian terdahulu mengenai pemodelan prediksi tutupan lahan, penelitian yang akan dilakukan memanfaatkan celah yang bisa digunakan untuk memperoleh hasil yang maksimal dengan tahapan yang lebih efisien. Penelitian ini berjudul *Prediksi Spasial Perkembangan Lahan Terbangun di Kawasan Perkotaan Kabupaten Bantul Tahun 2030 Menggunakan MOLUSCE*. Data penginderaan jauh yang digunakan adalah citra resolusi tinggi yaitu citra ALOS AVNIR2 dan Sentinel 2A. Proses interpretasi secara visual menggunakan citra resolusi tinggi diharapkan mampu memberikan akurasi yang lebih tinggi dengan hasil klasifikasi tutupan lahan yang lebih teliti. Metode pemodelan prediksi menggunakan MOLUSCE pada QGIS yang merupakan *software open source*. Kajian dilakukan di kawasan perkotaan yang notabene merupakan kawasan khusus dimana berbagai sektor bergerak dan berputar di wilayah tersebut. Harapannya pemodelan prediksi ini dapat menjadi masukan bagi pemerintah sebagai pertimbangan dalam proses perancangan dan perencanaan pembangunan Kawasan Perkotaan Kabupaten Bantul, untuk mencapai pembangunan yang berkelanjutan.

Tabel 1.5 Uraian Penelitian Sebelumnya

Nama Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
Manikandan Kamaraj & Sathyanathan Rangarajan, 2022	Predicting the future land use and land cover changes for Bhavani basin, Tamil Nadu, India, using QGIS MOLUSCE plugin	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengidentifikasi perubahan penggunaan lahan di DAS Bhavani selama dua periode 2005 dan 2015 2. Memprediksi dan menetapkan potensi perubahan penggunaan lahan pada tahun 2025 dan 2030 menggunakan plugin MOLUSCE. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Koreksi dan interpretasi digital Citra Landsat Tahun 2005 dan 2015. 2. Analisis dan pengolahan 5 parameter: DEM, kemiringan, aspek, jarak dari jalan, dan jarak dari bangunan. 3. Proses simulasi perubahan penggunaan lahan tahun 2025 dan 2030 (MOLUSCE) pada perangkat lunak QGIS. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Data DEM, jarak dari jalan, dan jarak dari bangunan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perkembangan perubahan LULC. 2. Peta LULC tahun 2015 menunjukkan tingkat akurasi yang baik, dengan nilai Kappa keseluruhan sebesar 0,69 dan persentase kebenarannya sebesar 76,28%. 3. Hasil menunjukkan peningkatan signifikan pada lahan pertanian dan kawasan terbangun, masing-masing sebesar 20 km² dan 10 km².
Gian Felix Ramadhan, 2021	Identifikasi Pola Spasial Pertumbuhan Fisik Kota Menggunakan Data Penginderaan Jauh di Kota Purwokerto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memetakan penutup/penggunaan lahan di Kota Purwokerto pada tahun 2008, 2013 dan 2018, 2. Memprediksi penutup/penggunaan lahan pada tahun 2023 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Koreksi dan interpretasi digital Citra Landsat Tahun 2013 dan 2018. 2. Proses simulasi perubahan penggunaan lahan (MOLUSCE) pada perangkat lunak QGIS. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Akurasi penutup/penggunaan lahan tahun 2008 sebesar 88%, tahun 2013 sebesar 86%, dan tahun 2018 sebesar 88%. 2. Akurasi pemodelan prediksi sebesar 75,26%. 3. Pola spasial arah pertumbuhan fisik kota yaitu menyebar ke segala arah

Nama Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
		3. Mengidentifikasi pola spasial arah pertumbuhan fisik kota.	3. Uji Akurasi hasil simulasi dengan penggunaan lahan eksisting	dengan dominasi lebih ke arah timur laut atau pada kuadran 1 dengan rata-rata pertambahannya sebesar 2,767 kilometer persegi/tahun.
Titis Chrismonika, 2019	Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh Untuk Simulasi Perubahan Lahan Terbangun Kawasan Perkotaan Klaten Menggunakan Land Change Modeler (Lcm) Idrisi Terrset	<p>1. Memetakan lahan terbangun di kawasan Perkotaan Klaten tahun 2000, 2009, dan 2018.</p> <p>2. Mensimulasikan lahan terbangun kawasan perkotaan Klaten tahun 2018 dengan Land Change Modeler (LCM) berdasarkan integrasi regresi logistik biner dan markov chain.</p> <p>3. Mengetahui faktor yang paling berpengaruh</p>	<p>1. Pengolahan citra (koreksi geometrik, radiometrik, dan masking)</p> <p>2. Interpretasi penggunaan lahan tahun 2000 dan 2018</p> <p>3. Cek lapangan</p> <p>4. Pemodelan ekspansi lahan terbangun (penentuan variabel dependen dan independen, ekstraksi variabel independen, representasi variabel independen)</p> <p>5. Regresi logistik biner</p> <p>6. Prediksi perkembangan fisik menggunakan LCM tahun 2018</p> <p>7. Uji validasi</p>	<p>1. Peta Penggunaan Lahan Perkotaan Klaten Tahun 2000, 2009, dan 2018</p> <p>2. Peta Prediksi Lahan Terbangun Perkotaan Klaten Tahun 2018</p> <p>3. Peta Trend Perubahan Penggunaan Lahan Perkotaan Klaten.</p> <p>4. Validasi Peta Penggunaan Lahan Existing dan Hasil Pemodelan LCM Tahun 2018.</p>

Nama Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
		<p>terhadap perubahan penggunaan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun di Kawasan Perkotaan Klaten berdasarkan hasil regresi logistik binner.</p>	<p>8. Analisis</p>	
<p>Aslan A. dan Koc-San, 2020</p>	<p>Spatio-temporal Land Use Change Analysis and Future Urban Growth Simulation Using Remote Sensing A Case Study of Antalya</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membuat peta penggunaan lahan dengan interval 5 tahun dari tahun 1995 hingga 2015, 2. Menganalisis perubahan penggunaan lahan dan pembangunan perkotaan 3. Memperkirakan pola penggunaan lahan masa depan dan pertumbuhan perkotaan untuk tahun-tahun: 2030, 2045 dan 2060. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Klasifikasi penggunaan lahan menggunakan Random Forest Classifier pada citra landsat tahun 1995, 2000, 2005, 2010, dan 2015 2. Pemodelan simulasi pertumbuhan kota menggunakan cellular automata pada perangkat QGIS berupa plugin MOLUSCE 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Akurasi klasifikasi penggunaan lahan menggunakan Random Classifier berturut-turut adalah 84,44%, 88,48%, 91,76%, 90,84% dan 92,80% 2. Hasil simulasi prediksi perubahan lahan berupa lahan terbangun sebesar 133,61 km² tahun 2030, 148,27 km² tahun 2045 dan 156,85 km² tahun 2060

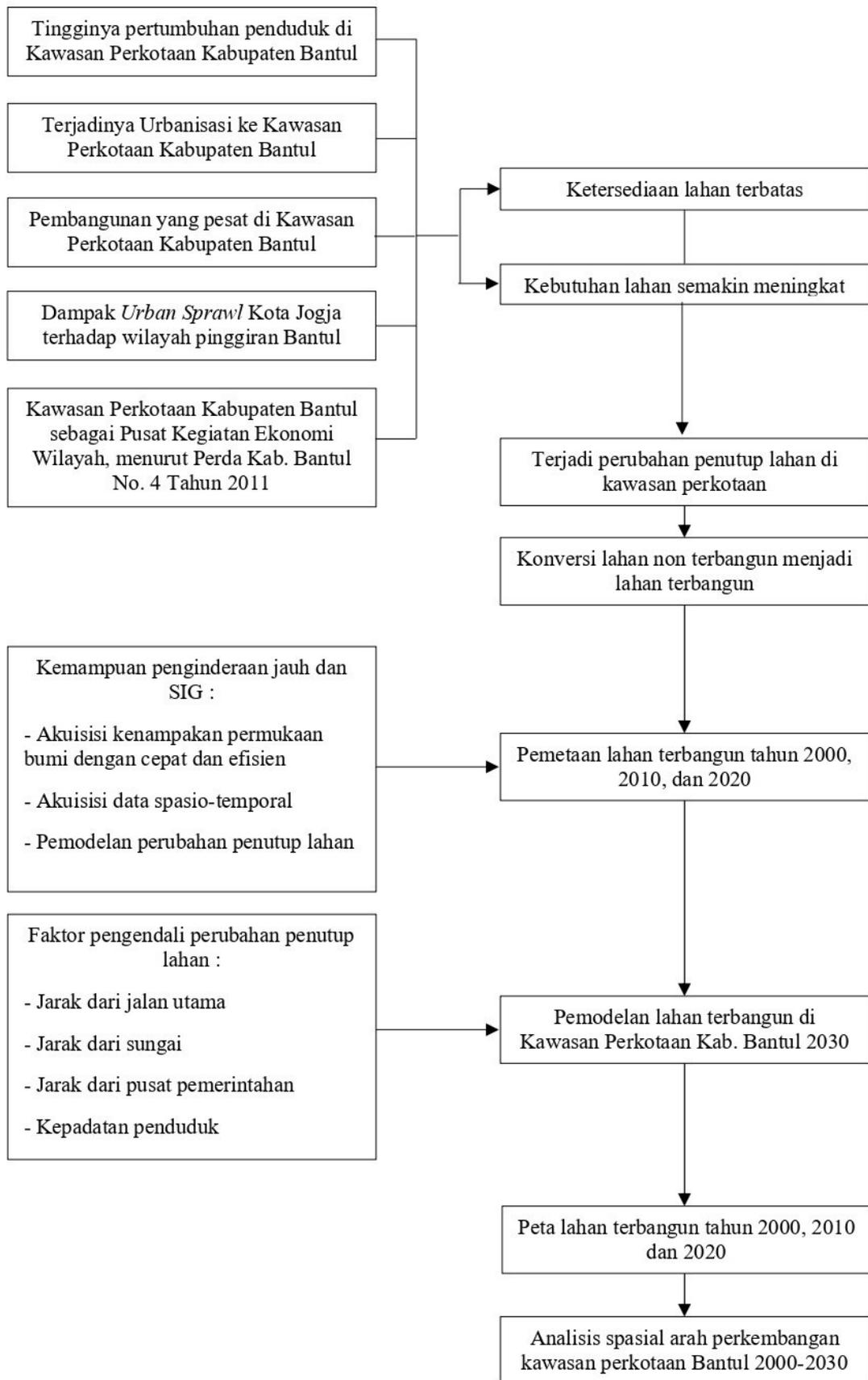
Nama Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
<p>Penelitian ini</p> <p>Iskran Dwi Rahmanto, 2022</p>	<p>Prediksi Spasial Perkembangan Lahan Terbangun di Kawasan Perkotaan Kabupaten Bantul Tahun 2030 Menggunakan MOLUSCE</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memetakan penutup lahan berupa lahan terbangun kawasan perkotaan Kabupaten Bantul Tahun 2010 dan 2020 2. Memprediksi perubahan lahan terbangun di kawasan perkotaan Kabupaten Bantul Tahun 2030 3. Mengidentifikasi pola spasial arah perkembangan lahan terbangun di Kawasan Perkotaan Kabupaten Bantul berdasarkan data tutupan lahan Tahun 2000—2030. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengolahan citra (koreksi geometrik, radiometrik, dan masking) 2. Interpretasi penggunaan lahan tahun 2010 dan 2020 3. Cek lapangan 4. Pemodelan ekspansi lahan terbangun (penentuan variabel data) 5. Pemodelan probabilitas perubahan 6. Pemodelan prediksi tutupan lahan tahun 2020 7. Uji validasi 8. Analisis 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Peta Penutup Lahan Kawasan Perkotaan Kabupaten Bantul Tahun 2000, 2010, dan 2020 2. Peta Prediksi Lahan Terbangun Kawasan Perkotaan Kabupaten Bantul Tahun 2030 3. Analisis keruangan pola spasial arah perkembangan Kawasan Perkotaan Kabupaten Bantul.

1.6 Kerangka Penelitian

Kawasan Perkotaan Kabupaten Bantul mengalami perkembangan yang signifikan. Kondisi tersebut ditandai dengan semakin meningkatnya jumlah penduduk, urbanisasi yang masif serta efek *sub urban* Kota Jogja terhadap perkembangan kawasan perkotaan Bantul. Semakin padatnya penduduk berdampak pada meningkatnya kebutuhan lahan, sehingga banyak terjadi alihfungsi lahan non terbangun menjadi lahan terbangun. Ekspansi lahan terbangun di kawasan perkotaan harus dilakukan monitoring agar tetap sesuai peruntukannya seperti yang telah tertera pada rancangan Perda No 4 Tahun 2011 tentang RTRW Kabupaten Bantul. Kawasan perkotaan Bantul akan difokuskan sebagai pusat kegiatan lokal untuk menunjang rencana strategis kegiatan ekonomi kewilayahan dalam konsep Kawasan Perkotaan Yogyakarta (KPY).

Data penginderaan jauh dapat memudahkan proses monitoring tutupan atau penggunaan lahan multitemporal secara cepat dan efisien. Data penginderaan jauh yang dimaksud adalah citra penginderaan jauh yang memberikan kenampakan fisik permukaan bumi melalui liputan gambar dari wahana satelit. Pemetaan tutupan lahan untuk proses monitoring dapat dilakukan dalam kurun waktu beberapa dekade tertentu. Jenjang waktu yang cukup lama, seperti 10 tahun sekali akan memberikan gambaran perubahan lahan yang lebih jelas. Data penginderaan jauh di tahun 2000, 2010, dan 2020 merupakan salah satu contoh data yang dapat digunakan sebagai bahan monitoring perubahan lahan di suatu wilayah. Data tersebut kemudian dilakukan interpretasi untuk memetakan tutupan lahan yang tersebar di suatu wilayah.

Peta tutupan lahan multitemporal tersebut, menggunakan analisis SIG dapat dimodelkan untuk memprediksi tutupan lahan di masa depan. Integrasi faktor pendorong sebagai variabel masukan pemodelan prediksi dapat dilakukan untuk mengetahui gambaran kondisi tutupan lahan di waktu tertentu. Variabel yang dapat mempengaruhi terjadinya perubahan lahan adalah jarak jalan utama, jarak jalan lainnya, jarak dari perkantoran, dan kepadatan penduduk. Alat yang bisa digunakan dalam pemodelan tersebut adalah *plugin Modules for Land Use Change Simulations* (MOLUSCE) yang tersedia pada aplikasi QuantumGIS. Hasil pemodelan prediksi perubahan lahan dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola spasial arah perkembangan kota berdasarkan trend pembangunan lahan terbangun di kawasan perkotaan Bantul. Konsep penelitian yang dilakukan dapat dipaparkan pada diagram kerangka pemikiran yang tertera pada **Gambar 1.4**.



Gambar 1. 4 Diagram Kerangka Penelitian

1.7 Batasan Operasional

a. Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh adalah teknologi, ilmu atau teknik untuk mendapatkan informasi kenampakan permukaan bumi tanpa kontak secara langsung dengan objek, menggunakan wahana satelit. Data penginderaan jauh yang digunakan dalam penelitian ini memanfaatkan citra resolusi tinggi dengan beberapa jenis wahana satelit. Citra ALOS AVNIR2 Tahun 2010 dan Citra Sentinel 2A Tahun 2020 digunakan dalam penelitian ini untuk mendapatkan informasi kenampakan tutupan lahan.

b. Penutup atau Penggunaan Lahan

Penutup lahan merupakan objek di permukaan bumi yang menutupi di atasnya seperti vegetasi, lahan terbangun, tanah, tubuh air dsb. Penggunaan lahan merupakan tutupan lahan berupa objek di permukaan bumi yang berasosiasi dan memiliki fungsi tertentu dengan berbagai kepentingan manusia.

c. Perkembangan Fisik Kawasan Perkotaan

Perkembangan fisik kawasan perkotaan merupakan perubahan yang terjadi di kawasan perkotaan secara fisik dan morfologinya, yang ditandai dengan pertumbuhan lahan terbangun di suatu perkotaan.

d. RTRW Kabupaten Bantul Tahun 2010 – 2030

Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Bantul Tahun 2010-2030 menunjukkan jika keempat kecamatan yang berada di pinggiran Kota Yogyakarta, yaitu Kecamatan Bantul, Sewon, Banguntapan dan Kasihan akan difokuskan dan dikembangkan sebagai pusat pertumbuhan ekonomi. Pusat pertumbuhan ekonomi tentu identik dengan kawasan perkotaan yang dinamis.

e. Identifikasi Pola Spasial

Identifikasi pola spasial kawasan adalah suatu teknik analisis dalam melihat pola sebaran objek spasial dalam kaitanya dengan aspek keruangan.

f. *Artificial Neural Network*

Algoritma ANN merupakan suatu alat yang digunakan untuk memodelkan suatu skenario tertentu yang dihubungkan menggunakan variabel tertentu yang berpengaruh, untuk memprediksi atau memodelkan suatu kondisi tertentu. Algoritma ANN dapat menggambarkan hubungan antara variabel pendorong dengan data masukan.

g. Korelasi *Pearson*

Korelasi *Pearson* merupakan salah satu algoritma perhitungan korelasi yang digunakan untuk mengetahui variabel pendorong mana yang paling mempengaruhi dalam suatu perubahan skenario.

h. MOLUSCE

MOLUSCE atau *Modules for Land Use Change Simulations* merupakan alat atau *plugin* yang disediakan oleh QGIS dengan versi dibawah 2.18 yang berfungsi sebagai wadah untuk memuat beberapa jenis algoritma pemodelan prediksi dan korelasi berbasis Cellular Automata (CA). Pemodelan berbasis CA adalah pemodelan spasial yang mendasarkan pada hubungan dinamis setiap piksel antar beberapa data penginderaan jauh.