

Prediksi Penggunaan Lahan Dan Pola Urban Sprawl Tahun 2029 Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) Di Kecamatan Sumbang Kabupaten Banyumas

Land Use Prediction and Urban Sprawl Pattern Analysis for 2029 Using Geographic Information Systems (GIS) in Sumbang District, Banyumas Regency

Anggrita Dwi Primadani¹, Devie Indriany Moha²

¹ Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional, Yogyakarta, Indonesia

² Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional, Yogyakarta, Indonesia

email: anggritadwi97@gmail.com

*corresponding author: anggritadwi97@gmail.com

Submitted: June 18, 2026

| Accepted: June 24, 2026

| Publish: July 23, 2026

Abstract: *Urbanization triggers significant physical expansion from core cities to peri-urban areas, leading to uncontrolled land conversion. This study aims to analyze the spatial and temporal characteristics of land use changes from 2021 to 2025, model land use predictions for 2029 using the hybrid Cellular Automata-Artificial Neural Network (CA-ANN) method, and identify the resulting urban sprawl patterns in Sumbang District, Banyumas Regency. The research employs a descriptive-quantitative method with a spatial analysis approach. High-resolution satellite imagery was processed through on-screen digitizing, and driver variables were filtered using Pearson's Correlation to avoid multicollinearity. The model validation demonstrated high predictive capability with a Percent of Correctness of 98.90% and an Overall Kappa Index of 0.986. The results indicate that during the 2021–2025 period, built-up areas expanded by 41.41 ha, primarily driven by the conversion of open land (41.51%) and mixed gardens/kebun (38.47%). By 2029, built-up areas are projected to expand by an additional 24.03 ha, accompanied by a significant reduction of 43.29 ha in productive paddy fields in the southern zone due to conversions into built-up areas and transitional lands (dry fields and open spaces). Spatial hierarchy analysis confirms that both historical and predictive periods are heavily dominated by the Ribbon Development pattern, accounting for 45.67% in 2021–2025 and rising sharply to 91.76% in 2029. This absolute dominance proves empirically that road infrastructure accessibility is the primary determinant directing the morphology of urban sprawl in the peri-urban fringe of Purwokerto.*

Keywords: *Urban Sprawl, CA-ANN, Land Use Prediction, Ribbon Development, Peri-Urban Fringe.*

Abstrak: Urbanisasi memicu ekspansi fisik yang signifikan dari pusat kota menuju wilayah peri-urban, yang berdampak pada konversi lahan yang tidak terkendali. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik spasial dan temporal perubahan penggunaan lahan periode 2021–2025, menyusun model prediksi penggunaan lahan tahun 2029 menggunakan metode hibrida Cellular Automata-Artificial Neural Network (CA-ANN), serta mengidentifikasi pola urban sprawl yang terbentuk di Kecamatan Sumbang, Kabupaten Banyumas. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan pendekatan analisis spasial. Data citra satelit diproses melalui teknik digitasi on-screen dan seleksi variabel pendorong diuji menggunakan Korelasi Pearson untuk menghindari multikolinearitas. Hasil validasi model menunjukkan keandalan prediksi yang sangat kuat dengan nilai Percent of Correctness mencapai 98,90% dan Indeks Kappa Overall sebesar 0,986. Temuan penelitian menunjukkan bahwa pada periode aktual (2021–2025), lahan terbangun



bertambah seluas 41,41 ha dengan kontributor utama dari alih fungsi lahan terbuka (41,51%) dan kebun (38,47%). Pada proyeksi tahun 2029, lahan terbangun diprediksi berekspansi seluas 24,03 Ha, yang diiringi dengan penyusutan kawasan sawah produktif secara signifikan sebesar 43,29 ha di bagian selatan akibat alih fungsi menjadi kawasan terbangun serta fase transisi pematangan lahan (ladang dan lahan terbuka). Berdasarkan analisis hierarki spasial, perkembangan fisik baik pada periode aktual maupun prediksi secara konsisten didominasi mutlak oleh pola Ribbon Development (pola memanjang mengikuti jalan) dengan persentase mencapai 45,67% pada periode eksisting dan melonjak hingga 91,76% pada tahun 2029. Dominasi ini membuktikan secara empiris bahwa faktor aksesibilitas jaringan jalan merupakan determinan utama yang mengarahkan morfologi urban sprawl di wilayah penyangga Perkotaan Purwokerto.

Kata Kunci: Urban Sprawl, CA-ANN, Prediksi Penggunaan Lahan, Ribbon Development, Wilayah Peri-Urban.

Pendahuluan

Urbanisasi yang terus meningkat di Indonesia mendorong bertambahnya kebutuhan lahan untuk permukiman dan berbagai aktivitas perkotaan, sehingga ekspansi pembangunan meluas ke wilayah pinggiran dan memunculkan fenomena *urban sprawl* (Lisnawati et al., 2021; Murdaka, 2024). Berbeda dengan perluasan kota yang terencana, *urban sprawl* ditandai oleh perkembangan kawasan terbangun yang tidak terkendali, berpola menyebar, berkepadatan rendah, serta menyebabkan konversi lahan non perkotaan, khususnya lahan pertanian, menjadi penggunaan urban yang kurang efisien (Putranadi & Sary, 2020; Wati et al., 2021). Kondisi ini menimbulkan berbagai permasalahan tata ruang, seperti fragmentasi penggunaan lahan dan terbentuknya kantong-kantong permukiman yang terpisah dari pusat kegiatan utama (Asnawi, 2015; Lokantara & Amo, 2021).

Wilayah *peri-urban*, yang sering disebut sebagai *urban fringe*, merupakan zona transisi dengan karakteristik campuran antara sifat kedesaan dan kota, sehingga menjadi arena utama bagi dinamika *urban sprawl*. Kawasan ini menjadi sasaran utama dari fenomena tersebut karena berbagai faktor, seperti harga lahan yang relatif lebih terjangkau dibandingkan dengan pusat kota dan ketersediaan lahan yang masih sangat luas, terutama lahan pertanian. Akibatnya, wilayah *peri-urban* mengalami transformasi spasial yang sangat intensif, ditandai dengan konversi besar-besaran lahan pertanian menjadi lahan non-pertanian atau kawasan terbangun. Proses ini seringkali dipercepat oleh peningkatan aksesibilitas melalui pembangunan infrastruktur transportasi, seperti jalan baru atau perbaikan jalan lama, yang menghubungkan pusat kota dengan wilayah pinggiran, yang pada gilirannya memicu laju perkembangan di sepanjang koridor transportasi tersebut. Fenomena ini tidak hanya terjadi pada kota-kota metropolitan, tetapi juga semakin masif pada kota-kota sekunder yang berfungsi sebagai pusat pertumbuhan regional (Jati et al., 2022), di mana pengaruh dari kota inti menjalar ke wilayah-wilayah di sekelilingnya, menciptakan sebuah aglomerasi perkotaan yang meluas.

Dalam konteks regional, Kabupaten Banyumas yang mengelilingi pusat pertumbuhan Kota Purwokerto menunjukkan gejala urbanisasi yang sangat kuat, terutama di sepanjang koridor-koridor strategis yang menghubungkannya dengan pusat kegiatan lain seperti

Purbalingga. Secara fungsi tata ruang dalam RTRW, wilayah ini secara historis ditetapkan sebagai salah satu lumbung pangan dan daerah penyangga sumber daya air bagi perkotaan Purwokerto (Sarjanti, 2013). Posisi yang berdekatan dengan pusat pertumbuhan menjadikan Sumbang target utama konversi lahan untuk kebutuhan non-pertanian yang sering kali mendahului atau melanggar rencana peruntukan lahan yang telah ditetapkan.

Kecamatan Sumbang menghadapi tekanan konversi lahan yang semakin tinggi akibat pertumbuhan penduduk dan pengaruh ekspansi Perkotaan Purwokerto, yang ditandai oleh munculnya pola *urban sprawl* berupa *ribbon development* dan *leapfrog* pada kawasan pinggiran (Sarjanti, 2013; Shofa, 2025; Wahyudi, 2024). Kondisi tersebut berpotensi mengancam keberlanjutan lahan pertanian dan fungsi ekologis wilayah. Namun, hingga saat ini belum tersedia model prediktif yang secara khusus mampu memetakan arah dan pola perkembangan *urban sprawl* di Kecamatan Sumbang. Oleh karena itu, pemodelan spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) menjadi penting untuk mengidentifikasi kecenderungan perubahan penggunaan lahan secara kuantitatif, sehingga dapat mendukung perencanaan tata ruang yang lebih antisipatif dan berkelanjutan (BPS Kabupaten Banyumas, 2024; FMIPA UI, 2025).

Penelitian terdahulu mengenai perubahan penggunaan lahan dan *urban sprawl* memiliki fokus yang beragam. Seperti penelitian oleh (Lolokada et al., 2021; Putranadi & Sary, 2020; Wati et al., 2021); serta (Arifianto, 2024) lebih menekankan identifikasi perubahan lahan dan tipologi *urban sprawl* yang telah terjadi, seperti *ribbon development*, *leapfrog*, dan *concentric*, tanpa melakukan proyeksi pola pada masa mendatang. Sementara itu, (Kusniawati et al., 2019) dan (Rahmah et al., 2019) telah menggunakan model *Cellular Automata–Artificial Neural Network* (CA-ANN) untuk memprediksi perubahan penggunaan lahan, tetapi kajiannya lebih berfokus pada perubahan luas lahan, akurasi model, dan kesesuaian hasil prediksi dengan rencana tata ruang. Dari sisi variabel, (Muhammad et al., 2022) menggunakan elevasi, kemiringan lereng, dan jarak terhadap jalan, sedangkan (Ramdhan et al., 2025) menambahkan jarak terhadap permukiman dan sungai sebagai faktor pendorong. Meskipun beberapa penelitian tersebut sama-sama menggunakan CA-ANN melalui plugin MOLUSCE, terdapat perbedaan pada objek kajian, pemilihan dan seleksi variabel, klasifikasi lahan, serta analisis lanjutan, khususnya karena hasil prediksi belum digunakan untuk mengidentifikasi morfologi *urban sprawl* secara spesifik.

Berdasarkan kajian terdahulu, belum ditemukan penelitian yang secara terpadu menganalisis perubahan penggunaan lahan aktual, menyeleksi variabel pendorong melalui korelasi Pearson, menerapkan model CA-ANN, dan mengidentifikasi pola *ribbon development*, *leapfrog*, serta *concentric* di kawasan peri-urban Purwokerto, khususnya Kecamatan Sumbang. Penelitian ini tidak hanya memprediksi luas dan persebaran penggunaan lahan tahun 2029, tetapi juga menganalisis kecenderungan morfologi *urban sprawl* berdasarkan perkembangan lahan terbangun yang diprediksi. Secara akademis, penelitian ini memperluas penerapan CA-ANN sebagai alat analisis pola perkembangan wilayah, sedangkan secara praktis hasilnya dapat menjadi informasi bagi pemerintah daerah

dalam memantau konversi lahan produktif dan mengendalikan pertumbuhan kawasan agar selaras dengan kondisi lingkungan. Berdasarkan pertimbangan tersebut, penelitian ini dilakukan dengan judul “Prediksi Penggunaan Lahan dan Pola *Urban Sprawl* Tahun 2029 Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) di Kecamatan Sumbang Kabupaten Banyumas”.

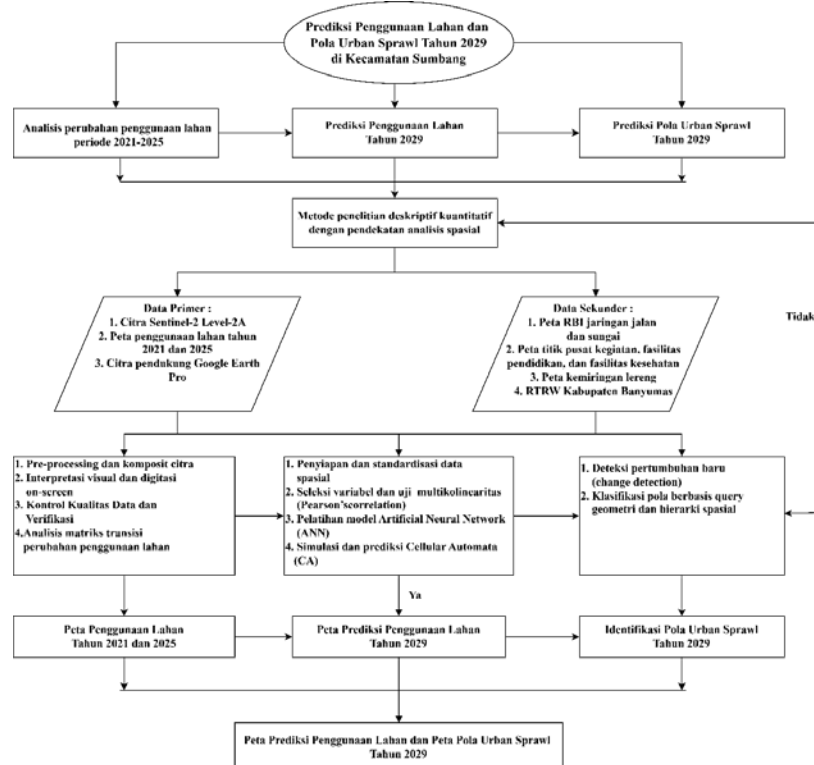
Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan analisis spasial-temporal dan pemodelan prediktif. Metode kuantitatif dipilih karena mampu mengukur dan menjelaskan fenomena secara objektif melalui data numerik dan model matematis (Sitoyo & Sodik, 2015). Analisis spasial digunakan untuk memahami distribusi, pola, dan hubungan keruangan antarobjek di permukaan (Latue & Latue, 2023; Susilo et al., 2021). Penelitian ini bersifat deskriptif untuk mengidentifikasi perubahan penggunaan lahan periode 2021–2025 dan pola *urban sprawl* yang terbentuk, serta bersifat prediktif melalui pengembangan model simulasi berbasis *Cellular Automata-Artificial Neural Network (CA-ANN)* untuk memproyeksikan kondisi penggunaan lahan yang selanjutnya digunakan untuk mengidentifikasi pola *urban sprawl*. Lokasi penelitian berada di Kecamatan Sumbang yang merupakan wilayah *peri-urban* yang berbatasan langsung dengan kawasan perkotaan Purwokerto dan mengalami tekanan konversi lahan yang tinggi akibat ekspansi perkotaan.

Populasi spasial dalam penelitian ini mencakup seluruh unit lahan yang berada dalam wilayah administratif Kecamatan Sumbang, Kabupaten Banyumas. Kecamatan Sumbang dipilih sebagai lokasi penelitian secara purposif karena memiliki karakteristik sebagai kawasan *peri-urban* yang berbatasan langsung dengan Perkotaan Purwokerto serta mengalami tekanan perubahan penggunaan lahan akibat ekspansi perkembangan fisik perkotaan. Analisis menggunakan data tahun 2021 dan 2025 berdasarkan ketersediaan citra Sentinel-2 Level-2A yang memiliki karakteristik perekaman sebanding, tutupan awan kurang dari 10%, serta kualitas visual yang memadai untuk interpretasi dan digitasi *on-screen*. Rentang empat tahun dipilih untuk menggambarkan dinamika perubahan lahan terkini sekaligus menyetarakan periode kalibrasi 2021–2025 dengan periode prediksi 2025–2029, karena panjang interval dapat memengaruhi jumlah dan distribusi spasial perubahan yang dihasilkan model (Aguejedad, 2021)(Aguejedad, 2021). Variabel terikat penelitian adalah perubahan penggunaan lahan dengan fokus pada perubahan lahan nonterbangun menjadi terbangun sebagai indikator perkembangan *urban sprawl*. Sedangkan variabel bebas meliputi faktor pendorong spasial, yaitu jarak ke jalan utama, *Central Business District (CBD)*, permukiman eksisting, fasilitas pendidikan, fasilitas kesehatan, dan kemiringan lereng. Selain itu kawasan hutan dan sempadan sungai digunakan sebagai variabel pembatas (*constraint*) dalam proses simulasi. Data penelitian bersumber dari citra Sentinel-2, Google Earth Pro, peta Rupa Bumi Indonesia (RBI), DEMNAS, RTRW Kabupaten Banyumas, dan data geospasial pendukung lainnya yang diperoleh melalui pengunduhan data, dokumentasi lapangan, interpretasi visual, dan digitasi *on-screen*.

Analisis data dilakukan melalui beberapa tahapan. Pertama, analisis dinamika perubahan penggunaan lahan melalui proses *pre-processing* citra, komposit band, interpretasi visual, digitasi *on-screen*, validasi hasil interpretasi, dan analisis matriks transisi (*land use change matrix*) untuk mengidentifikasi arah serta luas perubahan penggunaan lahan (Pontius et al., 2004). Kedua, penyusunan model prediksi penggunaan lahan tahun 2029 dilakukan menggunakan *plugin* MOLUSCE pada QGIS dengan *metode Cellular Automata-Artificial Neural Network* (CA-ANN). Tahapan ini meliputi persiapan data spasial, rasterisasi variabel pendorong, analisis jarak menggunakan *Euclidean Distance*, seleksi variabel pendorong melalui uji Korelasi Pearson, pelatihan model *Artificial Neural Network* (ANN), validasi model menggunakan Indeks Kappa, dan simulasi *Cellular Automata* (CA) untuk menghasilkan peta prediksi penggunaan lahan tahun 2029. Ketiga, mengidentifikasi pola *urban sprawl* berdasarkan hasil prediksi penggunaan lahan tahun 2029. Analisis dilakukan melalui teknik *change detection*, *overlay*, *buffer*, dan *query geometry* untuk mengklasifikasikan pertumbuhan kawasan terbangun ke dalam pola *Concentric*, *Leapfrog*, dan *Ribbon Development* berdasarkan hubungan topologi dan kedekatannya terhadap jaringan jalan utama.

Seluruh tahapan analisis data dalam penelitian ini disusun secara sistematis mulai dari tahap pengumpulan dan pengolahan data, analisis perubahan penggunaan lahan periode 2021–2025, pemodelan prediksi penggunaan lahan tahun 2029 menggunakan metode CA-ANN, hingga identifikasi pola urban sprawl berdasarkan hasil prediksi. Alur tahapan analisis tersebut secara keseluruhan disajikan dalam bentuk bagan kerangka analisis data pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Bagan Kerangka Analisis Data
(Sumber: Pengolahan Data Oleh Peneliti, 2026)

Hasil dan Pembahasan

1. Perubahan Penggunaan Lahan Kecamatan Sumbang Tahun 2021–2025

Perubahan penggunaan lahan merupakan salah satu indikator utama dalam mengidentifikasi dinamika perkembangan wilayah, terutama pada kawasan peri-urban yang mengalami tekanan akibat ekspansi aktivitas perkotaan. Kecamatan Sumbang sebagai wilayah yang berbatasan langsung dengan kawasan perkotaan Purwokerto mengalami proses transformasi ruang yang ditandai dengan meningkatnya kebutuhan lahan untuk permukiman dan aktivitas pendukung perkotaan. Analisis penggunaan lahan pada penelitian ini dilakukan melalui interpretasi citra satelit dan digitasi *on-screen* dengan enam klasifikasi utama, yaitu hutan, kebun, ladang, sawah, lahan terbuka, dan lahan terbangun.

Hasil ekstraksi spasial menunjukkan bahwa luas wilayah Kecamatan Sumbang berdasarkan pengolahan raster sebesar 5.707,98 ha. Nilai tersebut memiliki perbedaan sebesar 1,98 ha dibandingkan luas administratif berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) sebesar 5.706 ha. Perbedaan tersebut terjadi akibat proses konversi data spasial berbasis piksel dengan resolusi 30×30 meter, di mana pembulatan bentuk grid pada batas administrasi menyebabkan adanya perbedaan luasan secara kartografis. Dalam penelitian ini, luas hasil ekstraksi raster digunakan sebagai dasar analisis karena seluruh proses pemodelan perubahan penggunaan lahan menggunakan pendekatan berbasis piksel melalui algoritma Cellular Automata–Artificial Neural Network (CA-ANN).

Berdasarkan hasil klasifikasi penggunaan lahan tahun 2021, Kecamatan Sumbang masih menunjukkan karakter wilayah agraris dengan dominasi penggunaan lahan berupa sawah dan kebun yang dapat dilihat ada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Luas Penggunaan Lahan Kecamatan Sumbang Tahun 2021

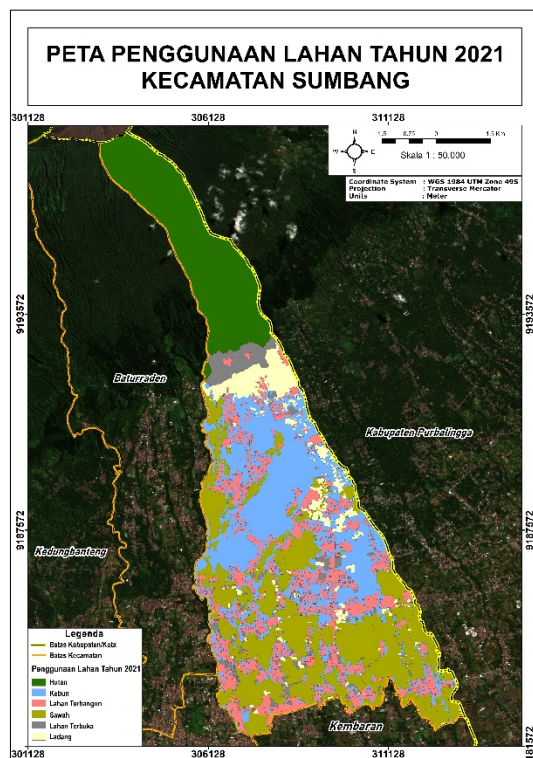
No	Penggunaan Lahan	Luas (Ha)
1	Kebun	1.560,24
2	Lahan Terbangun	908,91
3	Sawah	1.623,15
4	Lahan Terbuka	254,25
5	Ladang	351,36
6	Hutan	1.010,07
	Total	5.707,98

(Sumber: Pengolahan Data Oleh Peneliti, 2026)

Berdasarkan Tabel 1, dominasi penggunaan lahan sawah sebesar 1.623,15 ha dan kebun sebesar 1.560,24 ha menunjukkan bahwa Kecamatan Sumbang masih memiliki fungsi utama sebagai kawasan pertanian penyangga bagi perkembangan Kota Purwokerto. Keberadaan lahan pertanian tersebut tidak hanya memiliki fungsi produksi pangan, tetapi juga berperan dalam menjaga keseimbangan ekologis wilayah melalui fungsi resapan air dan pengendalian lingkungan.

Secara spasial, distribusi penggunaan lahan tahun 2021 memperlihatkan karakteristik yang berbeda antara wilayah utara dan wilayah tengah hingga selatan. Bagian utara Kecamatan Sumbang didominasi oleh kawasan hutan yang berada pada wilayah lereng Gunung Slamet. Kondisi topografi yang relatif curam menyebabkan kawasan tersebut

memiliki keterbatasan untuk dikembangkan sebagai kawasan budidaya maupun permukiman. Sebaliknya, wilayah tengah hingga selatan memiliki kondisi topografi lebih landai serta aksesibilitas yang lebih tinggi sehingga menjadi lokasi berkembangnya aktivitas pertanian dan permukiman. Penggunaan lahan Kecamatan Sumbang tahun 2021 masih didominasi oleh sawah dan kebun, yang mencerminkan karakter wilayah agraris serta fungsi ekologisnya. Lahan terbangun terkonsentrasi pada area yang memiliki aksesibilitas tinggi, sedangkan keberadaan lahan terbuka menunjukkan potensi perkembangan pembangunan pada masa mendatang. Kondisi ini mengindikasikan adanya tekanan konversi lahan non-terbangun menjadi kawasan terbangun yang berpotensi memicu perkembangan *urban sprawl* pada periode berikutnya. Untuk melihat sebaran penggunaan lahan tahun 2021 dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 1. Peta Penggunaan Lahan Tahun 2021 Kecamatan Sumbang
(Sumber: Pengolahan Data Oleh Peneliti, 2026)

Secara visual, perkembangan kawasan terbangun pada tahun 2021 telah menunjukkan indikasi awal adanya tekanan urbanisasi. Sebaran lahan terbangun cenderung terkonsentrasi pada wilayah selatan dan tengah yang memiliki kedekatan dengan Kota Purwokerto serta berada pada koridor jaringan jalan utama. Pola tersebut menunjukkan kecenderungan perkembangan memanjang mengikuti jalur transportasi (*ribbon development*).

Fenomena tersebut memperlihatkan karakteristik wilayah peri-urban sebagaimana dijelaskan oleh (Yunus, 2000), bahwa kawasan pinggiran kota merupakan zona transisi yang mengalami perubahan fungsi ruang akibat adanya dorongan ekspansi perkotaan. Wilayah peri-urban tidak lagi sepenuhnya memiliki karakter pedesaan, tetapi mulai mengalami

infiltrasi aktivitas perkotaan yang menyebabkan perubahan penggunaan lahan secara bertahap. Kondisi tersebut semakin terlihat pada tahun 2025. Hasil interpretasi citra menunjukkan bahwa kawasan terbangun mengalami peningkatan luas, sementara beberapa penggunaan lahan non-terbangun mengalami penurunan.

Kondisi tersebut semakin terlihat pada tahun 2025. Hasil interpretasi citra satelit menunjukkan bahwa kawasan terbangun mengalami perkembangan yang semakin luas dibandingkan tahun 2021, sementara beberapa kelas penggunaan lahan non-terbangun mulai mengalami pengurangan luasan akibat adanya proses konversi lahan. Perubahan tersebut menunjukkan adanya dinamika pemanfaatan ruang yang semakin intensif sebagai akibat meningkatnya tekanan pembangunan pada wilayah peri-urban Kecamatan Sumbang.

Untuk mengetahui perubahan komposisi penggunaan lahan secara lebih rinci, dilakukan perhitungan luas masing-masing kelas penggunaan lahan berdasarkan hasil klasifikasi citra satelit tahun 2025. Hasil pengolahan data spasial menunjukkan distribusi luas penggunaan lahan Kecamatan Sumbang tahun 2025 sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Luas Penggunaan Lahan Kecamatan Sumbang Tahun 2025

No	Penggunaan Lahan	Luas (Ha)
1	Kebun	1.535,40
2	Lahan Terbangun	948,60
3	Sawah	1.613,16
4	Lahan Terbuka	244,35
5	Ladang	356,40
6	Hutan	1.010,07
	Total	5.707,98

(Sumber: Pengolahan Data Oleh Peneliti, 2026)

Berdasarkan Tabel 2, penggunaan lahan Kecamatan Sumbang tahun 2025 masih didominasi oleh fungsi pertanian berupa sawah dengan luas 1.613,16 ha dan kebun sebesar 1.535,40 ha. Meskipun demikian, peningkatan luas lahan terbangun menjadi 948,60 ha menunjukkan adanya proses transformasi ruang yang berlangsung secara bertahap. Dibandingkan kondisi tahun 2021, luas lahan terbangun mengalami peningkatan sebesar 39,69 ha, sedangkan penggunaan lahan kebun berkurang sebesar 24,84 ha, sawah sebesar 9,99 ha, dan lahan terbuka sebesar 9,90 ha.

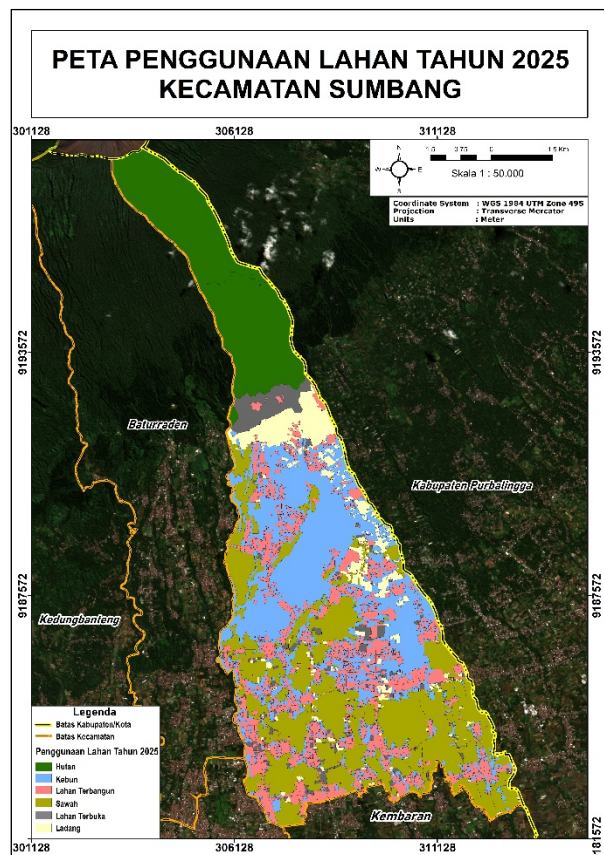
Perubahan tersebut mengindikasikan adanya pergeseran fungsi ruang dari penggunaan lahan yang bersifat produktif dan ekologis menuju penggunaan lahan dengan intensitas pemanfaatan lebih tinggi, terutama untuk permukiman dan aktivitas perkotaan. Fenomena ini menjadi indikasi awal meningkatnya tekanan urbanisasi terhadap wilayah peri-urban Kecamatan Sumbang.

Secara spasial, distribusi perubahan penggunaan lahan tahun 2025 dapat dilihat pada Gambar 2. Peta tersebut menunjukkan bahwa perkembangan kawasan terbangun semakin terkonsentrasi pada wilayah tengah hingga selatan Kecamatan Sumbang. Wilayah tersebut memiliki karakteristik yang mendukung perkembangan perkotaan, yaitu kedekatan dengan

pusat kegiatan Kota Purwokerto, tingkat aksesibilitas jalan yang lebih baik, serta kondisi topografi yang relatif sesuai untuk pembangunan.

Secara visual, pola perkembangan tersebut memperlihatkan bahwa pertumbuhan kawasan terbangun tidak berlangsung secara acak, tetapi cenderung mengikuti faktor lokasi dan aksesibilitas wilayah. Temuan ini memperkuat konsep *urban sprawl* yang dikemukakan oleh (Bhatta, 2009), bahwa perkembangan kota pada wilayah pinggiran umumnya ditandai oleh ekspansi kawasan terbangun menuju wilayah non-perkotaan yang memiliki ketersediaan lahan lebih besar dan nilai lahan relatif lebih rendah dibandingkan pusat kota.

Dalam konteks Kecamatan Sumbang, ekspansi kawasan terbangun terjadi sebagai konsekuensi dari perkembangan Kota Purwokerto sebagai pusat aktivitas ekonomi dan pelayanan regional. Perkembangan tersebut mendorong perembetan fungsi perkotaan menuju wilayah sekitar, baik melalui perluasan permukiman eksisting maupun munculnya pembangunan baru pada koridor transportasi utama.



Gambar 2. Peta Penggunaan Lahan Tahun 2025 Kecamatan Sumbang
(Sumber: Pengolahan Data Oleh Peneliti, 2026)

2. Dinamika Perubahan Penggunaan Lahan Kecamatan Sumbang Tahun 2021–2025

Perubahan penggunaan lahan Kecamatan Sumbang dianalisis untuk mengetahui dinamika transformasi ruang yang terjadi selama periode 2021–2025. Analisis dilakukan menggunakan metode *pixel-based change detection* melalui perbandingan data raster

penggunaan lahan tahun 2021 dan 2025 menggunakan plugin MOLUSCE. Pendekatan ini menghasilkan matriks transisi penggunaan lahan (*land use change matrix*) yang menunjukkan perubahan antar kelas penggunaan lahan secara spasial dan kuantitatif.

Hasil analisis menunjukkan bahwa meskipun luas wilayah Kecamatan Sumbang tidak mengalami perubahan, yaitu tetap sebesar 5.707,98 Ha, terjadi dinamika internal berupa perpindahan fungsi lahan antar kelas penggunaan lahan. Perubahan tersebut terutama ditandai dengan peningkatan kawasan terbangun akibat konversi sebagian lahan non-terbangun, khususnya lahan terbuka dan kebun. Distribusi perubahan penggunaan lahan yang terjadi selama periode tahun 2021-2025 dijabarkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. Matriks Transisi Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2021-2025

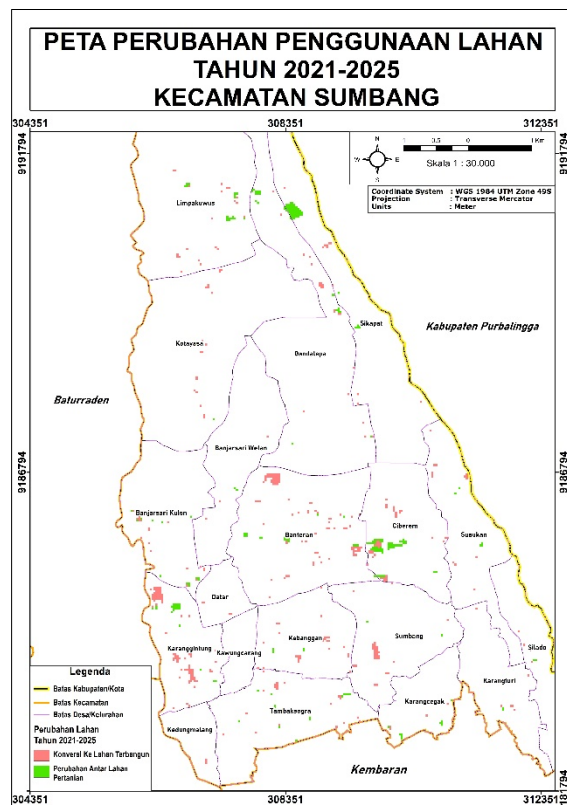
Penggunaan Lahan Tahun 2025						TOTAL LUAS (Ha)	Penggunaan Lahan Tahun 2025						TOTAL LUAS (Ha)	Kehilangan (-)	Penambahan (+)	Keterangan
Hutan	Sawah	Ladang	Kebun	Lahan Terbuka	Lahan Terbangun		Hutan	Sawah	Ladang	Kebun	Lahan Terbuka	Lahan Terbangun				
1.010,07	-	-	-	-	-	1.010,07	1.010,07	-	-	-	-	-	1.010,07	-	-	Tetap
-	1.623,15	-	-	-	-	1.623,15	-	1.1613,16	(-),063	-	(-),468	(-),468	1.1613,16	9,99	-	Berubah
-	-	351,36	-	-	-	351,36	(+),063	346,85	(-),009 (+),288	(-),081 (+),603	(-),361 (+),001	356,40	4,51	9,55	Berubah	
-	-	-	1.560,24	-	-	1.560,24	-	(-),288 (+),009	1.535,22	(-),621 (+),009	(-),15,93	1535,40	25,02	0,18	Berubah	
-	-	-	-	254,25	-	254,25	(+),468	(-),603 (+),081	(-),009 (+),621	230,94	(-),17,19 (+),171	244,35	23,31	13,41	Berubah	
-	-	-	-	-	908,91	908,91	(+),468	(-),001 (+),361	(+),15,93	(-),171 (+),17,19	907,19	948,60	1,72	41,41	Berubah	
Total						5.707,98	Total						5.707,98	64,55	64,55	

(Sumber: Pengolahan Data Oleh Peneliti, 2026)

Berdasarkan Tabel 3, total perubahan penggunaan lahan Kecamatan Sumbang selama periode 2021–2025 mencapai 64,55 Ha. Perubahan tersebut menunjukkan adanya pergeseran fungsi ruang antar kelas penggunaan lahan, meskipun secara administratif luas wilayah tetap. Penggunaan lahan hutan merupakan kelas yang paling stabil dengan luas tetap sebesar 1.010,07 ha selama periode 2021–2025. Stabilitas tersebut dipengaruhi oleh fungsi lindung kawasan serta kondisi topografi lereng Gunung Slamet yang membatasi perkembangan kawasan terbangun. Sebaliknya, penggunaan lahan pertanian mengalami tekanan akibat ekspansi kawasan terbangun. Lahan sawah berkurang sebesar 9,99 Ha, sedangkan kebun mengalami kehilangan sebesar 25,02 ha dengan sebagian besar perubahan menuju lahan terbangun sebesar 15,93 Ha. Tingginya konversi kebun menunjukkan bahwa lahan tersebut lebih rentan mengalami perubahan karena berada pada wilayah yang memiliki aksesibilitas dan kondisi fisik yang mendukung pembangunan. Lahan terbuka juga menunjukkan karakteristik sebagai penggunaan lahan transisi dengan kehilangan sebesar 23,31 ha dan penambahan sebesar 13,41 ha, yang mengindikasikan adanya proses pematangan lahan sebelum berkembang menjadi kawasan terbangun. Secara keseluruhan, perubahan terbesar terjadi pada peningkatan lahan terbangun yang bertambah sebesar 41,41 ha, dari 908,91 ha tahun 2021 menjadi 948,60 ha tahun 2025. Distribusi spasial perubahan penggunaan lahan Kecamatan Sumbang tahun 2021–2025 disajikan pada Gambar 3.

Berdasarkan Gambar 3, perubahan penggunaan lahan terjadi hampir di seluruh wilayah Kecamatan Sumbang, namun konsentrasi perubahan terbesar berada pada wilayah tengah hingga selatan. Wilayah tersebut memiliki tingkat perubahan lebih tinggi karena memiliki

kedekatan dengan Kota Purwokerto, jaringan jalan yang lebih berkembang, serta kondisi topografi yang relatif sesuai untuk pembangunan. Sebaliknya, wilayah bagian utara cenderung stabil karena didominasi kawasan hutan dan memiliki keterbatasan fisik berupa kemiringan lereng yang lebih tinggi. Pola distribusi tersebut menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan tidak berlangsung secara acak, tetapi mengikuti karakteristik lokasi dan struktur ruang yang telah berkembang sebelumnya. Untuk mengetahui sumber utama peningkatan kawasan terbangun, dilakukan analisis lebih lanjut terhadap perubahan penggunaan lahan non-terbangun menjadi lahan terbangun. Hasil analisis tersebut disajikan pada Tabel 4.



Gambar 3. Peta Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2021-2025 Kecamatan Sumbang
(Sumber: Pengolahan Data Oleh Peneliti, 2026)

Tabel 4. Perubahan Lahan Non Terbangun ke Lahan Terbangun

No	Jenis Perubahan Lahan	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Lahan Terbuka menjadi Lahan Terbangun	17,19	41,51%
2	Kebun menjadi Lahan Terbangun	15,93	38,47%
3	Sawah menjadi Lahan Terbangun	4,68	11,30%
4	Ladang menjadi Lahan Terbangun	3,61	8,72%
	Total	41,41	100,00%

(Sumber: Pengolahan Data Oleh Peneliti, 2026)

Berdasarkan Tabel 4, penambahan lahan terbangun di Kecamatan Sumbang terutama berasal dari konversi lahan terbuka sebesar 17,19 ha (41,51%) dan lahan kebun sebesar 15,93 ha (38,47%). Kondisi ini menunjukkan bahwa perkembangan fisik wilayah cenderung

memanfaatkan lahan kering yang lebih mudah dikembangkan menjadi kawasan permukiman. Sementara itu, konversi sawah dan ladang, meskipun relatif lebih kecil, tetap mengindikasikan adanya tekanan urbanisasi terhadap lahan pertanian produktif di wilayah *peri-urban*. Data perubahan penggunaan lahan dari non terbangun ke lahan terbangun tersebut selanjutnya dikonversi ke dalam format vektor untuk kemudian dianalisis ke dalam pola *urban sprawl* tahun 2025 menggunakan pendekatan Query Geometri dan Hierarki Spasial.

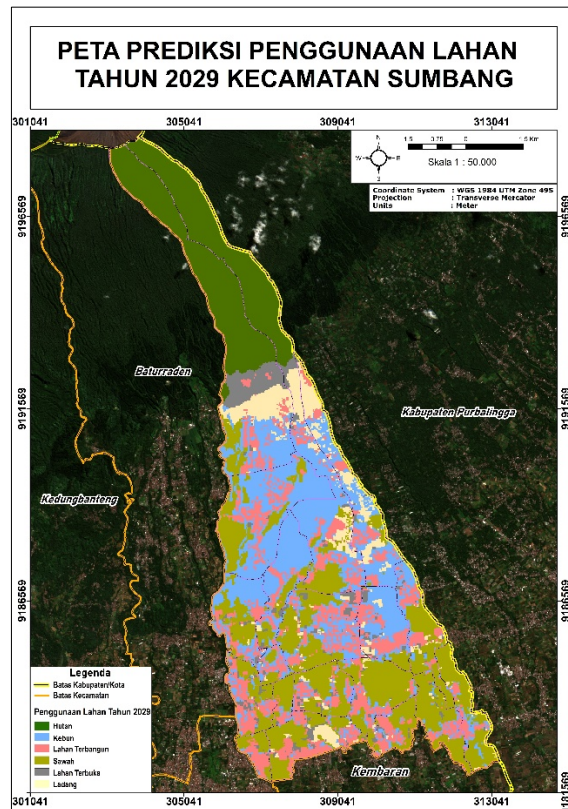
3. Analisis Faktor Pendorong dan Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2029 Berbasis CA-ANN

Prediksi perubahan penggunaan lahan Kecamatan Sumbang dilakukan menggunakan model *Cellular Automata–Artificial Neural Network* (CA-ANN) dengan memanfaatkan data historis perubahan penggunaan lahan tahun 2021–2025. Model ini digunakan untuk mengidentifikasi kecenderungan perkembangan kawasan terbangun berdasarkan faktor spasial yang memengaruhi perubahan penggunaan lahan. Pemodelan menggunakan beberapa variabel pendorong, yaitu jarak terhadap jalan utama, jarak terhadap pusat kegiatan (CBD/Alun-Alun Purwokerto), jarak terhadap UNSOED, jarak terhadap RS JIH, jarak terhadap permukiman eksisting, dan kemiringan lereng (*slope*). Selain itu, kawasan hutan dan sempadan sungai digunakan sebagai faktor pembatas (*constraint*) untuk mengendalikan arah perkembangan kawasan terbangun.

Sebelum proses pemodelan, dilakukan seleksi variabel menggunakan korelasi Pearson untuk menghindari redundansi informasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa variabel UNSOED, RS JIH, dan permukiman eksisting memiliki korelasi tinggi dengan variabel lainnya, sehingga dieliminasi. Model akhir menggunakan tiga variabel utama, yaitu jarak jalan, jarak CBD, dan kemiringan lereng karena mampu merepresentasikan faktor aksesibilitas, kedekatan pusat aktivitas, dan kondisi fisik wilayah. Hasil validasi model menunjukkan tingkat akurasi yang sangat baik dengan nilai *Percentage Correctness* sebesar 98,90% dan *Overall Kappa* sebesar 0,986. Nilai tersebut menunjukkan bahwa model CA-ANN mampu merepresentasikan pola perubahan penggunaan lahan historis secara akurat sehingga layak digunakan untuk melakukan prediksi tahun 2029. Berdasarkan hasil pemodelan CA-ANN setelah mempertimbangkan faktor pendorong perubahan dan variabel pembatas (*constraint*) kawasan, diperoleh distribusi spasial prediksi penggunaan lahan Kecamatan Sumbang tahun 2029 sebagaimana disajikan pada Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4, perkembangan kawasan terbangun tahun 2029 diperkirakan tetap terkonsentrasi pada wilayah tengah hingga selatan Kecamatan Sumbang yang memiliki aksesibilitas lebih tinggi terhadap jaringan jalan dan pusat aktivitas Kota Purwokerto. Sebaliknya, kawasan hutan pada bagian utara tetap stabil karena diterapkan sebagai zona pembatas perubahan. Untuk mengetahui perubahan luas masing-masing kelas penggunaan lahan antara kondisi aktual tahun 2025 dan hasil prediksi tahun 2029, dilakukan perbandingan luasan penggunaan lahan yang disajikan pada Tabel 5.

Berdasarkan Tabel 5, hasil prediksi menunjukkan bahwa lahan terbangun mengalami peningkatan sebesar 24,03 Ha, sedangkan sawah mengalami penurunan terbesar sebesar 43,29 Ha. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa ekspansi kawasan terbangun berpotensi memberikan tekanan terhadap lahan pertanian produktif di Kecamatan Sumbang. Hasil ini memperkuat konsep *urban sprawl* pada wilayah peri-urban, yaitu perkembangan kawasan perkotaan yang bergerak menuju wilayah pinggiran akibat meningkatnya kebutuhan ruang. Namun, hasil prediksi CA-ANN merupakan gambaran kecenderungan spasial berdasarkan faktor pendorong yang digunakan, bukan kepastian perubahan absolut. Oleh karena itu, hasil model dapat dimanfaatkan sebagai informasi pendukung dalam pengendalian pemanfaatan ruang, khususnya untuk perlindungan kawasan pertanian dan pengendalian ekspansi kawasan terbangun.



Gambar 4. Peta Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2029 Kecamatan Sumbang (Sumber: Pengolahan Data Oleh Peneliti, 2026)

Tabel 5. Perbandingan Penggunaan Lahan Tahun 2025 dan Prediksi Tahun 2029

No	Penggunaan Lahan	Tahun 2025 Luas (Ha)	Tahun 2029 Luas (Ha)
1	Kebun	1.535,40	1.528,47
2	Lahan Terbangun	948,60	972,63
3	Sawah	1.613,16	1569,87
4	Lahan Terbuka	244,35	245,88
5	Ladang	356,40	381,06
6	Hutan	1.010,07	1.010,07
	Total	5.707,98	5.707,98

(Sumber: Pengolahan Data Oleh Peneliti, 2026)

4. Analisis Pola Urban Sprawl Tahun 2025 dan Prediksi Tahun 2029

Analisis pola *urban sprawl* dilakukan untuk mengetahui karakteristik bentuk perkembangan kawasan terbangun Kecamatan Sumbang berdasarkan perubahan penggunaan lahan tahun 2021–2025 dan hasil prediksi tahun 2029. Analisis ini digunakan untuk melengkapi hasil perubahan penggunaan lahan dengan mengidentifikasi bagaimana bentuk spasial perkembangan kawasan terbangun terjadi, apakah berkembang mengikuti pusat permukiman yang telah ada (*concentric*), mengikuti koridor transportasi (*ribbon development*), atau membentuk perkembangan baru yang terpisah (*leapfrog*) dari kawasan terbangun eksisting.

Dalam penelitian ini, pola *urban sprawl* diklasifikasikan menjadi tiga bentuk utama, yaitu *Concentric*, *Ribbon Development*, dan *Leapfrog*. Ketiga pola tersebut menggambarkan karakter morfologi perkembangan wilayah, di mana pola *concentric* menunjukkan perkembangan yang masih menyatu dengan kawasan terbangun eksisting, pola *ribbon* menunjukkan perkembangan memanjang mengikuti jaringan transportasi, sedangkan pola *leapfrog* menunjukkan munculnya kawasan terbangun baru yang terpisah dari kawasan perkotaan utama. Berdasarkan hasil analisis perubahan penggunaan lahan periode 2021–2025, perkembangan kawasan terbangun Kecamatan Sumbang menunjukkan adanya tiga pola *urban sprawl*. Distribusi masing-masing pola disajikan pada Tabel 6.

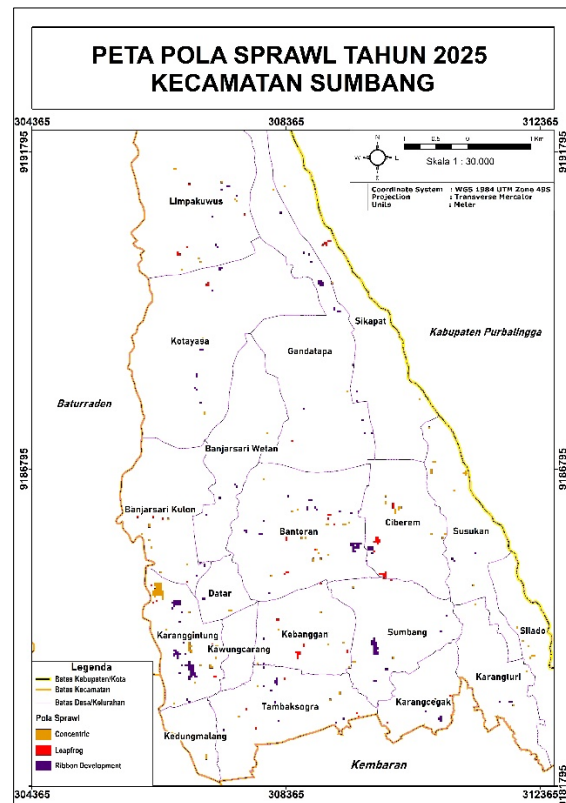
Tabel 6. Luas Pola Urban Sprawl Kecamatan Sumbang Tahun 2025

No	Pola Urban Sprawl	Luas (Ha)	Persentase (%)	Karakteristik Utama
1	Concentric	14,76	35.64	Menempel pada permukiman eksisting
2	Leapfrog	7,74	18.69	Terfragmentasi/melompat di tengah lahan pertanian
3	Ribbon Development	18,91	45.67	Memanjang mengikuti koridor jalan utama
	Total	41,41	100.00	

(Sumber: Pengolahan Data Oleh Peneliti, 2026)

Berdasarkan Tabel 6, pola *Ribbon Development* menjadi tipe *urban sprawl* yang paling dominan di Kecamatan Sumbang dengan luas 18,91 ha (45,67%), menunjukkan bahwa perkembangan kawasan terbangun sangat dipengaruhi oleh keberadaan jaringan jalan utama. Selain itu, pola *Concentric* menempati urutan kedua dengan luas 14,76 ha (35,64%), yang mencerminkan perluasan permukiman secara berkelanjutan melalui pemanfaatan lahan kosong di sekitar kawasan terbangun yang telah ada. Kedua pola tersebut menggambarkan bahwa pertumbuhan wilayah cenderung mengikuti aksesibilitas dan perkembangan permukiman eksisting. Sementara itu, pola *Leapfrog* memiliki luasan paling kecil, yaitu 7,74 ha (18,69%), namun menunjukkan adanya pertumbuhan permukiman yang tersebar dan

terisolasi di tengah lahan pertanian produktif. Keberadaan pola ini mengindikasikan terjadinya fragmentasi ruang serta kecenderungan pemanfaatan lahan di wilayah *peri-urban* yang dipengaruhi oleh ketersediaan lahan dengan nilai ekonomi yang lebih rendah. Distribusi spasial ketiga pola *urban sprawl* tahun 2025 tersebut secara lebih rinci ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta Pola Sprawl Tahun 2025
(Sumber: Pengolahan Data Oleh Peneliti, 2026)

Secara spasial, pola perkembangan tersebut menunjukkan bahwa ekspansi kawasan terbangun tidak berlangsung secara acak, tetapi mengikuti struktur ruang yang telah terbentuk sebelumnya. Wilayah yang memiliki kedekatan dengan Kota Purwokerto, jaringan jalan yang lebih berkembang, serta kondisi topografi yang relatif sesuai menjadi lokasi yang lebih menarik bagi perkembangan permukiman baru. Sementara itu, pola *Concentric* menunjukkan bahwa sebagian perkembangan kawasan masih berlangsung melalui perluasan area terbangun yang telah ada sebelumnya. Kondisi ini menunjukkan adanya proses densifikasi dan perluasan permukiman pada area yang memiliki hubungan langsung dengan kawasan terbangun eksisting. Adapun pola *Leapfrog* memiliki proporsi lebih kecil, yang menunjukkan bahwa pembangunan baru yang terpisah dari kawasan terbangun utama relatif masih terbatas.

Selanjutnya, untuk mengetahui kecenderungan perkembangan *urban sprawl* pada tahun 2029, dilakukan analisis terhadap persebaran spasial lahan terbangun hasil prediksi CA-ANN. Identifikasi pola dilakukan berdasarkan hubungan spasial antara kawasan terbangun baru dengan permukiman eksisting dan jaringan jalan utama, sehingga diperoleh klasifikasi

pola *Concentric*, *Leapfrog*, dan *Ribbon Development*. Hasil klasifikasi pola urban sprawl prediksi tahun 2029 disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Luas Pola Urban Sprawl Kecamatan Sumbang Tahun 2029

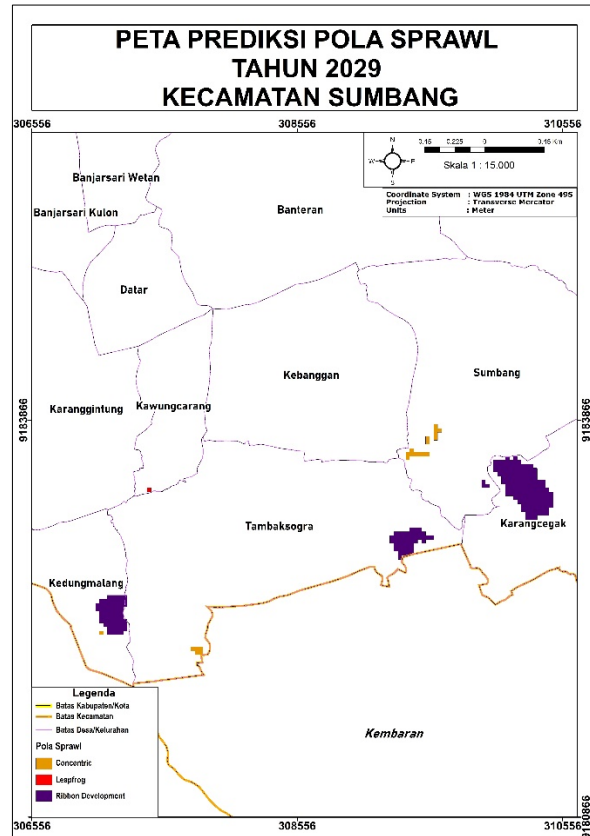
No	Pola Urban Sprawl	Luas (Ha)	Persentase (%)	Karakteristik Utama
1	Concentric	1,89	7,87%	Menempel pada permukiman eksisting
2	Leapfrog	0,09	0,37%	Terfragmentasi/melompat di tengah lahan pertanian
3	Ribbon Development	22,05	91,76%	Memanjang mengikuti koridor jalan utama
	Total	24,04	100.00	

(Sumber: Hasil Olahan Peneliti, 2026)

Berdasarkan Tabel 7, pola *Ribbon Development* mendominasi urban sprawl di Kecamatan Sumbang pada tahun 2029 dengan luas mencapai 22,05 ha atau 91,76% dari total area sprawl, sehingga hipotesis kedua penelitian dapat diterima. Dominasi tersebut menunjukkan bahwa perkembangan lahan terbangun sangat dipengaruhi oleh keberadaan jaringan jalan, terutama di wilayah selatan yang berbatasan dengan kawasan Perkotaan Purwokerto. Perkembangan ini ditandai oleh munculnya klaster-klaster baru di Desa Tambaksogra, Karangcegak, dan Kedungmalang yang mengonversi lahan sawah maupun kebun menjadi kawasan terbangun akibat semakin terbatasnya ketersediaan lahan kering di sepanjang koridor jalan utama. Di sisi lain, pola *Concentric* hanya berkembang seluas 1,89 ha (7,87%), sedangkan pola *Leapfrog* tercatat sangat kecil, yakni 0,09 ha (0,37%). Rendahnya perkembangan kedua pola tersebut menunjukkan bahwa pembangunan cenderung terkonsentrasi pada lokasi yang memiliki aksesibilitas tinggi dan terhubung dengan pusat kegiatan ekonomi. Kondisi ini mengindikasikan bahwa jaringan jalan berperan sebagai faktor utama yang membentuk morfologi urban sprawl di Kecamatan Sumbang, sehingga perkembangan kawasan terbangun pada tahun 2029 diproyeksikan tetap mengikuti pola memanjang (*Ribbon Development*). Distribusi spasial prediksi ketiga pola urban sprawl tahun 2029 tersebut secara lebih rinci ditunjukkan pada Gambar 6.

Hasil simulasi berbasis *Cellular Automata–Artificial Neural Network* (CA-ANN) pada tahun 2029 menunjukkan bahwa perkembangan kawasan terbangun masih didominasi oleh pola *Ribbon Development* yang terkonsentrasi di wilayah selatan Kecamatan Sumbang. Pertumbuhan ini terutama terjadi pada kawasan persawahan di Desa Tambaksogra dan Karangcegak serta area perkebunan di Desa Kedungmalang yang memiliki aksesibilitas tinggi menuju pusat kota. Secara spasial, pola tersebut menunjukkan bahwa perkembangan kawasan terbangun cenderung mengikuti koridor jaringan jalan utama yang telah berkembang sebelumnya. Wilayah selatan Kecamatan Sumbang memiliki karakteristik yang lebih mendukung perkembangan permukiman dibandingkan wilayah utara karena memiliki jarak lebih dekat dengan pusat aktivitas perkotaan, tingkat keterhubungan jalan yang lebih

baik, serta kondisi topografi yang relatif sesuai untuk pembangunan. Sebaliknya, wilayah utara yang didominasi kawasan hutan tetap menunjukkan tingkat perubahan yang rendah karena adanya faktor pembatas berupa fungsi lindung dan kondisi fisik wilayah.



Gambar 6. Peta Prediksi Pola Sprawl Tahun 2029
(Sumber: Pengolahan Data Oleh Peneliti, 2026)

Dominasi pola *Ribbon Development* pada prediksi *urban sprawl* Kecamatan Sumbang tahun 2029 menunjukkan bahwa perkembangan kawasan terbangun cenderung mengikuti koridor jaringan jalan utama. Temuan ini sejalan dengan konsep perembetan kota yang dikemukakan oleh (Yunus, 2000) bahwa perkembangan wilayah pinggiran kota dapat berlangsung secara memanjang mengikuti jalur transportasi akibat meningkatnya aksesibilitas dan nilai strategis lahan. Kondisi tersebut juga memperkuat pandangan (Bhatta, 2009) bahwa jaringan transportasi menjadi salah satu faktor penting dalam membentuk pola ekspansi perkotaan, khususnya pada wilayah peri-urban yang mengalami tekanan perkembangan dari pusat kota.

Namun demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pola *Ribbon Development* tidak semata-mata terbentuk akibat keberadaan jalan, melainkan merupakan hasil interaksi berbagai faktor spasial. Dalam penelitian ini, prediksi perubahan penggunaan lahan menggunakan model CA-ANN dengan mempertimbangkan variabel jarak terhadap jalan, jarak terhadap pusat kegiatan Kota Purwokerto (CBD), dan kemiringan lereng. Oleh karena itu, dominasi *Ribbon Development* lebih tepat dipahami sebagai bentuk spasial

perkembangan kawasan terbangun yang terjadi pada lokasi dengan kombinasi tingkat aksesibilitas dan kesesuaian fisik wilayah yang mendukung pembangunan.

Hasil penelitian ini juga memperlihatkan bahwa perkembangan Kecamatan Sumbang memiliki karakteristik wilayah peri-urban, yaitu adanya perubahan fungsi ruang dari penggunaan lahan agraris menuju penggunaan lahan perkotaan. Peningkatan luas lahan terbangun dan dominasi pola *Ribbon Development* menunjukkan adanya kecenderungan ekspansi horizontal yang berpotensi meningkatkan tekanan terhadap lahan pertanian, terutama pada wilayah Tambaksogra, Karangcegak, dan Kedungmalang. Temuan ini mendukung kajian *urban sprawl* sebelumnya yang menjelaskan bahwa perkembangan kota pada wilayah pinggiran sering menyebabkan fragmentasi lahan dan perubahan fungsi ruang apabila tidak diikuti dengan pengendalian tata ruang.

Berdasarkan karakteristik tersebut, hasil penelitian ini memiliki implikasi bahwa pengendalian *urban sprawl* tidak dapat dilakukan dengan pendekatan yang sama untuk seluruh wilayah. Pola *Concentric* relatif lebih mudah diarahkan karena masih memiliki keterhubungan dengan kawasan terbangun eksisting, sedangkan pola *Ribbon Development* membutuhkan pengendalian koridor jalan untuk mencegah perkembangan bangunan secara menerus. Sementara itu, pola *Leapfrog* meskipun memiliki luas paling kecil tetap perlu diperhatikan karena berpotensi menciptakan titik pertumbuhan baru yang tidak efisien dari sisi pelayanan infrastruktur. Dengan demikian, kontribusi penelitian ini tidak hanya terletak pada prediksi perubahan penggunaan lahan menggunakan CA-ANN, tetapi juga pada identifikasi bentuk perkembangan spasial yang menyertainya. Integrasi antara prediksi perubahan lahan dan klasifikasi pola *urban sprawl* memberikan informasi yang lebih komprehensif untuk mendukung pengendalian pemanfaatan ruang pada wilayah peri-urban Kecamatan Sumbang.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perubahan penggunaan lahan, pemodelan prediksi berbasis Cellular Automata–Artificial Neural Network (CA-ANN), serta klasifikasi pola urban sprawl di Kecamatan Sumbang, Kabupaten Banyumas, dapat disimpulkan bahwa:

1. Dinamika penggunaan lahan Kecamatan Sumbang periode 2021–2025 menunjukkan adanya transformasi ruang akibat peningkatan tekanan perkembangan kawasan terbangun. Total perubahan penggunaan lahan selama periode tersebut mencapai 64,55 Ha, dengan peningkatan lahan terbangun sebesar 41,41 Ha. Pertumbuhan tersebut terutama berasal dari konversi lahan terbuka sebesar 17,19 ha (41,51%) dan kebun sebesar 15,93 ha (38,47%). Secara spasial, perubahan terkonsentrasi pada wilayah tengah hingga selatan Kecamatan Sumbang yang memiliki kedekatan dengan kawasan perkotaan Purwokerto dan tingkat aksesibilitas lebih tinggi, sedangkan kawasan hutan di wilayah utara relatif stabil dengan luas tetap sebesar 1.010,07 Ha.
2. Model CA-ANN mampu memprediksi kecenderungan perubahan penggunaan lahan Kecamatan Sumbang tahun 2029 dengan tingkat akurasi yang sangat baik. Hasil validasi

model menunjukkan nilai Percentage Correctness sebesar 98,90% dan Overall Kappa sebesar 0,986, sehingga model mampu merepresentasikan pola perubahan historis secara akurat. Berdasarkan hasil prediksi, luas lahan terbangun diperkirakan meningkat sebesar 24,03 ha menjadi 972,63 ha pada tahun 2029, dengan perubahan terbesar berasal dari penyusutan lahan sawah sebesar 43,29 ha. Penerapan constraint map pada kawasan hutan dan sempadan sungai mampu membatasi prediksi perubahan pada kawasan yang memiliki fungsi perlindungan.

3. Perkembangan urban sprawl Kecamatan Sumbang tahun 2029 diprediksi didominasi oleh pola Ribbon Development. Hasil klasifikasi spasial menunjukkan bahwa pola Ribbon Development memiliki luas terbesar yaitu 22,05 ha (91,76%), sedangkan pola Concentric sebesar 1,89 ha (7,87%) dan Leapfrog sebesar 0,09 ha (0,37%). Dominasi pola Ribbon menunjukkan bahwa perkembangan kawasan terbangun cenderung mengikuti koridor jaringan jalan utama, terutama pada wilayah selatan Kecamatan Sumbang. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi pemodelan CA-ANN dan analisis pola spasial mampu memberikan gambaran mengenai arah, lokasi, serta karakter perkembangan urban sprawl pada wilayah peri-urban.

Daftar Pustaka

- Aguejdad, R. (2021). The Influence Of the Calibration Interval On Simulating Non-Stationary Urban Growth Dynamic Using CA-Markov Model. *Remote Sensing*, 13(3), 468. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/rs13030468>
- Arifiyanto, D. (2024). *Perkembangan Urban Sprawl Kota Yogyakarta di Kecamatan Banguntapan, Kabupaten Bantul* [Skripsi Sarjana, Universitas Gadjah Mada]. <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/248109>
- Asnawi, V. I. A. A. (2015). Tipologi Tingkat Urban Sprawl di Kota Semarang Bagian Selatan. *Teknik PWK (Perencanaan Wilayah Kota)*, 4(3), 405–416. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/pwk/article/view/9088/8859>
- Bhatta, B. (2009). Modelling Of Urban Growth Boundary Using Geoinformatics. *International Journal of Digital Earth*, 2(4), 359–381. <https://doi.org/10.1080/17538940902971383>
- BPS Kabupaten Banyumas. (2024). *Kecamatan Sumbang Dalam Angka 2024*. <https://banyumaskab.bps.go.id/id/publication/2024/09/26/0047b7858e9052f43d4c19c6/kecamatan-sumbang-dalam-angka-2024.html>
- FMIPA UI. (2025). *Pemodelan spasial untuk pembangunan berkelanjutan: Wujud kontribusi Prof. Supriatna dalam menjawab tantangan zaman*. January 16, 2025; Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia. <https://geografi.ui.ac.id/pemodelan-spasial-untuk-pembangunan-berkelanjutan-wujud-kontribusi-prof-supriatna-dalam-menjawab-tantangan-zaman/>
- Jati, B. L., Rahayu, P., & Istanabi, T. (2022). Proses Urbanisasi Pada Koridor Purwokerto-Purbalingga. *Desa-Kota: Jurnal Perencanaan Wilayah, Kota, Dan Permukiman*, 4(1), 103–115. <https://doi.org/https://doi.org/10.20961/desa-kota.v4i1.53274.103-115>
- Kusniawati, I., Subiyanto, S., & Amarrohman, F. J. (2019). Analisis Model Perubahan Penggunaan Lahan Menggunakan Artificial Neural Network di Kota Salatiga. *Jurnal Geodesi Undip*, 9(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jgundip.2020.26026>

- Latue, T., & Latue, P. C. (2023). *Analisis Spasial Prediksi Bahaya Tsunami di Kecamatan Salahutu Pulau Ambon*. 1(1), 21–30.
<https://doi.org/https://doi.org/10.56211/buana.v1i1.342>
- Lisnawati, S., Kasikoen, K. E. N. M., Ariesta, D., & Sari, K. (2021). Urban Sprawl and Unequal Development of the Periphery in Indonesia : A Comparative Study of Karet Village and Pondok Kelor Village in Tangerang, Banten Province. *International Journal of Society, Development and Evironment in the Developing World*, 5(1), 42–57.
- Lokantara, I. G. W., & Amo, F. M. (2021). Analisis Transformasi Spasial Akibat Urban Sprawl di Pinggiran Kota Singaraja , Kabupaten Buleleng. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 9(3), 213–225. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jwl.9.3.213-225>
- Lolokada, T. W., Rogi, O. H. A., & Poluan, R. J. (2021). Tipologi Urban Sprawl Berdasarkan Atribut Kontinuitas Area Terbangun. *Jurnal Spasial: Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 8(2), 164–173.
- Muhammad, R., Zhang, W., Abbas, Z., Guo, F., & Gwiazdzinski, L. (2022). Spatiotemporal Change Analysis and Prediction of Future Land Use and Land Cover Changes Using QGIS MOLUSCE Plugin and Remote Sensing Big Data: A Case Study of Linyi, China. In *Land* (Vol. 11, Issue 3, p. 419). <https://doi.org/10.3390/land11030419>
- Murdaka, W. (2024). Analisis Tipologi Urban Sprawl Serta Potensi Penyimpangan Rencana Pola Ruang Pada Masa Mendatang Di Wilayah Periurban Kota Sukabumi Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 12(3), 262–278. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jwl.12.3.262-278>
- Pontius, R. G., Shusas, E., & Mceachern, M. (2004). Detecting Important Categorical Land Changes While Accounting For Persistence. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 101(2–3), 251–268. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.008>
- Putranadi, A., & Sary, A. (2020). Analisis Tipologi Urban Sprawl di Kawasan Pinggiran Kota Mataram Studi Kasus : Kecamatan Gunung Sari Kabupaten Lombok Barat. *Seminar Nasional Geomatika 2020: Informasi Geospasial Untuk Inovasi Percepatan Pembangunan Berkelanjutan*, 337–346.
- Rahmah, A. N., Subiyanto, S., & Amarrohman, F. J. (2019). Pemodelan Perubahan Penggunaan Lahan Dengan Artificial Neural Network (ANN) di Kota Semarang. *Jurnal Geodesi Undip*, 9(1), 197–206. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jgundip.2020.26164>
- Ramadhan, A., Lense, O. N., & Purnawati, R. (2025). Pemodelan Perubahan Tutupan Lahan Berbasis Artificial Neural Network (ANN) Pada Mangrove Di Kabupaten Teluk Bintuni. *AGRICOLA: Jurnal Pertanian*, 15(1), 11–20. <https://doi.org/10.35724/ag.v15i1.6572>
- Sarjanti, E. (2013). Analisis Tingkat Konversi Lahan Pertanian Di Kecamatan Sumbang Kabupaten Banyumas. *Geo Edukasi*, 2(1), 6–12.
<https://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/GeoEdukasi/article/view/698>
- Shofa. (2025). *Bupati Banyumas: Jalan Rusak di Ciberem dan Banteran Proses Diperbaiki*. Apr 18, 2025. <https://jatimupdate.id/baca-10923-bupati-banyumas-jalan-rusak-di-ciberem-dan-banteran-proses-diperbaiki>
- Sitoyo, S., & Sodik, A. (2015). *Dasar Metodologi Penelitian* (Ayup (ed.)). Literasi Media Publishing.
- Susilo, B., Afani, M. R., & Hidayah, S. I. (2021). Integrasi Analisis Spasial dan Statistik Untuk Identifikasi Pola Dan Faktor Determinan Perkembangan Kota Yogyakarta. *Majalah Geografi Indonesia*, 35(2), 156–162.
<https://doi.org/https://doi.org/10.22146/mgi.60526>
- Wahyudi, A. (2024). Masuk Peta Perkotaan Purwokerto, Tata Kota Sumbang Bagian Selatan Disiapkan, Pendirian Bangunan Harus Perhatikan GSS. *Suara Merdeka*.

- Wati, R. Y. A., Sutomo, & Shalihati, S. F. (2021). A Study of Land Function Conversion and Urban sprawl Patterns in Sokaraja Banyumas Regency. *Urecol Journal. Part E: Engineering*, 1(2), 73–84.
- Yunus, H. S. (2000). *Struktur Tata Ruang Kota* (P. P. Offset (ed.); Cetakan I,). Pustaka Pelajar.