

INTERPRETASI SPRAWL MENURUT FRAGMENTASI RUANG TERBUKA BERBASIS REGRESI DI KOTA TOMOHON, SULAWESI UTARA

Octavianus H.A. Rogi^{1*}, Ingerid L. Moniaga², Michael M. Rengkung³
^{1,2,3}Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi
*ottyroggi@unsrat.ac.id

Article Info: Received: 04 April 2024, Accepted: 29 May 2024, Published: 31 Juni 2024

ABSTRACT.

Sprawl is characterized by the horizontal physical growth of the city which is considered not ideal because it puts pressure on natural resources, increases land consumption and greater infrastructure investment and maintenance. Theoretically, sprawl is divided into linear, concentric and leapfrog types. Other theories describe sprawl based on its attributes including open space fragmentation. City governments are required to observe sprawl so that they can take appropriate strategic steps to anticipate the inherent problems it causes. This paper presents the results of a study that attempts to explore the use of regression trend analysis as an approach to interpret linear sprawl in urban corridors based on open space fragmentation. The analysis focuses on the variation of the open space fragmentation index according to the relative distance to the point of origin of the city's physical growth. As a case study, the urban corridor in Tomohon City, North Sulawesi, Indonesia was chosen as the locus of observation. The results of the study indicate that this approach is able to verify and interpret the sprawl phenomenon in the corridor and can be a source of feedback for local governments.

Keywords: Linear Sprawl, Open Space Fragmentation, Regression Analysis

ABSTRAK.

Sprawl dicirikan oleh pertumbuhan fisik kota secara horizontal yang dianggap tidak ideal karena memberikan tekanan pada sumber daya alam, meningkatkan konsumsi lahan serta investasi dan pemeliharaan infrastruktur yang lebih besar. Secara teoritis, sprawl dibagi menjadi tipe linier, konsentris dan loncat katak. Teori lain menggambarkan sprawl berdasarkan atributnya termasuk fragmentasi ruang terbuka. Pemerintah kota diharuskan untuk mengamati sprawl sehingga mereka dapat mengambil langkah strategis yang tepat untuk mengantisipasi masalah inheren yang ditimbulkannya. Makalah ini memuat hasil penelitian yang mencoba mengeksplorasi penggunaan analisis tren regresi sebagai pendekatan untuk menafsirkan sprawl linier di koridor perkotaan berdasarkan fragmentasi ruang terbuka. Analisis difokuskan pada variasi indeks fragmentasi ruang terbuka menurut jarak relatif ke titik asal pertumbuhan fisik kota. Sebagai studi kasus, koridor perkotaan di Kota Tomohon, Sulawesi Utara, Indonesia dipilih sebagai lokus pengamatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan ini mampu memverifikasi dan menafsirkan fenomena sprawl di koridor tersebut dan dapat menjadi sumber umpan balik bagi pemerintah daerah.

Kata kunci: Sprawl Linier, Fragmentasi Ruang Terbuka, Analisis Regresi

PENDAHULUAN

Latar Belakang dan Tujuan

Fenomena sprawling di kawasan perkotaan sering dibicarakan dengan kecenderungan opini negatif dan cenderung bertentangan dengan idealisme kota kompak. Dalam pemahaman umum, kota dengan fenomena sprawling menunjukkan indikasi pertumbuhan fisik yang cenderung horizontal dan dianggap kurang ideal, karena memberikan tekanan pada sumber daya fisik alam, khususnya lahan. Sprawling dianggap mendorong peningkatan konsumsi lahan perkotaan yang tidak ideal dan memberikan beban lingkungan yang tinggi. Fenomena sprawling juga sering diidentikkan dengan karakteristik kota polisentris dengan jarak tempuh rata-rata yang jauh dari satu zona ke zona lainnya yang menuntut daya dukung infrastruktur yang lebih besar, khususnya jaringan jalan, termasuk biaya perawatan dan meningkatkan ketergantungan pada kendaraan bermotor yang berpotensi menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan dan lingkungan (Bertaud & Richardson, 2004; Gao dkk, 2018; Johnson, 2001). Hal ini umumnya diungkapkan jika dibandingkan dengan karakteristik kota kompak yang cenderung monosentris dengan sebaran area terbangun yang relatif lebih kecil dan terkonsentrasi pada zona-zona tertentu yang identik sebagai pusat layanan. Dalam perspektif positif, sprawl umumnya dikaitkan dengan suburbanisasi kegiatan ekonomi, yaitu desentralisasi kegiatan dari pusat kota ke pinggiran kota (Divigalpitiya & Handayani, 2015).

Kemunculan fenomena sprawl di suatu kawasan perkotaan sering kali diabaikan oleh otoritas yang mengendalikan pertumbuhan kota. Tidak jarang, manajemen kota justru menerapkan kebijakan yang justru mendorong pesatnya perkembangan sprawl di kota yang bersangkutan. Dalam kondisi tertentu, konsekuensi negatif dari fenomena ini terjadi tanpa diantisipasi. Saat ini, manajemen tata ruang kota dituntut untuk peka terhadap potensi sprawl. Otoritas lokal memerlukan cara yang tepat untuk mengamati perkembangan sprawl yang terjadi di wilayahnya, sehingga mereka dapat mengambil kebijakan strategis untuk mengendalikan fenomena ini sekaligus mengantisipasi masalah inheren yang mungkin terjadi sebagai akibatnya. Seringkali motivasi untuk mengukur bentuk perkotaan adalah untuk mengevaluasi kebijakan dan strategi yang ditujukan untuk mengelola sprawl (Herold et al,

2005). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan suatu metode pengindeksan intensitas sprawl di suatu kawasan perkotaan dengan mengacu pada sejumlah teori yang telah dikemukakan sebelumnya. Metode kuantifikasi yang akan dikembangkan secara khusus didasarkan pada salah satu indikator fenomena sprawl, yaitu fragmentasi ruang terbuka hijau. Karena keterbatasan sumber daya, penelitian ini masih akan terbatas dan difokuskan pada satu jenis manifestasi sprawl berupa linear sprawl atau pengembangan pita.

Tujuan kedua dari penelitian ini adalah untuk menguji reliabilitas metode kuantifikasi sprawl ini, khususnya sprawl linier. Untuk itu, dilakukan simulasi penerapan metode tersebut di wilayah Kota Tomohon, khususnya di sepanjang koridor jalan utama kota ini. Kota Tomohon dipilih karena menunjukkan karakteristik linear sprawl yang signifikan, terutama terkait dengan posisi kota di jalur jalan arteri, yang menghubungkan berbagai kota penting lainnya di wilayah Sulawesi Utara. Urgensi penelitian ini terutama terletak pada target temuan/output inovatif berupa metode sederhana untuk mengukur intensitas linear sprawl yang terjadi di suatu unit spasial tertentu, khususnya segmen koridor jalan utama. Dengan metode ini, intensitas linear sprawl yang terjadi di suatu unit spasial tertentu dapat diamati secara komparatif, baik dengan lokasi yang sama pada rentang waktu yang berbeda maupun dengan kondisi di unit spasial lain.

Premis Teoritis

Berbagai teori tentang fenomena sprawl telah dikemukakan oleh para ahli, terutama dari segi karakteristik atau jenis sprawl. Setioko (2009) mendefinisikan urban sprawl sebagai perkembangan fisik yang menyebar, tidak terencana, kepadatan rendah dan tidak terstruktur di wilayah suburban. Perluasan bentuk fisik kota ini akan menyebabkan perubahan bentuk kota. Menurut Soetomo (2013), urban sprawl merupakan proses pengembangan model perluasan urbanisasi dalam proses pembentukan “mega urban” yang horizontal. Pola perkembangan urban sprawl merupakan bentuk pembangunan yang tidak efisien (Bento dkk. 2006). Urban sprawl menggambarkan suatu situasi antara kebutuhan perumahan yang mendesak, nilai lokasi yang tinggi dan lemahnya kontrol wilayah dari pemerintah. Urban sprawl yang terjadi di wilayah suburban merupakan wilayah yang berkembang secara tidak terencana.

Menurut Yunus (2008), proses perkembangan spasial fisik kota dapat terjadi secara horizontal, sentrifugal dan vertikal. Terungkap pula bahwa secara umum terdapat tiga jenis proses perluasan wilayah kota (urban sprawl), yaitu tipe konsentris, linier, dan loncat katak. Yunus (2008) mengemukakan 6 faktor yang mendorong perkembangan ruang kota secara sentrifugal ke arah luar dan mencerminkan variasi intensitas perkembangan spasial di wilayah pinggiran kota. Faktor-faktor tersebut adalah aksesibilitas, layanan publik, karakteristik lahan, karakteristik pemilik lahan, keberadaan regulasi yang mengatur tata ruang kota, dan inisiatif pengembang.

Sejumlah peneliti telah mengembangkan cara untuk mengukur perluasan wilayah kota. Huang dkk. (2020) menerapkan algoritma deep learning fusion neural network dalam konstruksi sistem pengukuran perluasan wilayah kota, yang memberikan dasar kuantitatif untuk analisis dan pembahasan mendalam mengenai perluasan wilayah kota. Lowry dkk. (2010) mencoba membandingkan delapan belas metrik bentuk kota untuk 542 lingkungan di Salt Lake County, Utah. Perbandingan dilakukan dalam dan lintas periode waktu, untuk menilai kemampuan setiap metrik dalam mengkarakterisasi bentuk kota secara unik. Manesha dkk (2021) menggunakan indeks intensitas ekspansi, nilai entropi Shannon, dan metrik lanskap untuk mengevaluasi perluasan wilayah kota. Shi dkk (2023) mengukur perluasan wilayah kota di wilayah metropolitan Shanghai dengan indeks tunggal dan indeks komprehensif berdasarkan data geospasial multisumber. Dari sekian banyak variabel yang digunakan dalam kuantifikasi perluasan wilayah kota, kepadatan merupakan variabel utama. Churchman (1999) menyatakan bahwa kepadatan merupakan karakteristik bentuk kota yang paling intuitif. Kepadatan juga sering dianggap sebagai yang paling menunjukkan “perluasan wilayah kota” (Galster dkk., 2001). Tsai (2005) mengklasifikasikan metrik spasial yang digunakan dalam studi perluasan wilayah kota menjadi 3 (tiga) kelas, yaitu kepadatan, perbedaan penggunaan lahan, dan pola struktur spasial. Galster dkk, 2001 (dalam Bhatta, B dkk, 2010) mengungkapkan bahwa urban sprawl merupakan pola perkembangan lahan yang menunjukkan tingkat terendah dari 8 (delapan) variabel, yaitu kepadatan penduduk, perkembangan dalam jangkauan jaringan jalan, konsentrasi kepadatan bangunan, pengelompokan bangunan,

konsentrasi, penggunaan lahan campuran, jarak ke pusat kota dan kedekatan penggunaan lahan yang berbeda. Ewing, R. dkk (2002), mengukur sprawl menggunakan variabel kepadatan bangunan, aksesibilitas jaringan jalan, penguatan pusat kota, dan kedekatan penggunaan campuran, rumah, tempat kerja, dan fasilitas. Keempat indikator ini diukur, kemudian setiap ukuran variabel dirata-ratakan dan standar deviasi ditemukan untuk menentukan ukuran sprawl. Hasse John dan Richard, (2003) mencoba mengukur sprawl pada unit perumahan dengan menggunakan 5 (lima) variabel sebagai karakteristik sprawl, yaitu kepadatan bangunan, pola perkembangan leapfrog, penggunaan lahan yang terpisah, perkembangan dalam jangkauan jaringan jalan (highway strip), dan jarak ke pusat kota (node inaccessibility). Burchfield dkk (2005) mendefinisikan indeks sprawl sebagai “persentase lahan yang belum dikembangkan di sekitar rata-rata hunian perkotaan”. Angel, S. dkk (2007) menyatakan bahwa dalam mengukur urban sprawl terdapat 5 atribut termasuk fragmentasi ruang terbuka. Verbeek, T & Tempels, B. (2016) membandingkan 4 jenis metode dalam mengukur fragmentasi ruang terbuka sebagai indikator urban sprawl.

METODE PENELITIAN

Dalam garis besar, proses pelaksanaan penelitian dilakukan melalui tahapan-tahapan sebagai berikut:

1) Interpretasi acuan teori mengenai fenomena sprawl, khususnya mengenai metode kuantifikasi sprawl yang telah digunakan
Pada tahap ini, tim peneliti akan melakukan kajian pustaka secara komprehensif mengenai karakteristik urban sprawl, meliputi teori-teori terkait metode kuantifikasi sprawling yang telah diajukan sebelumnya, sebagai bahan acuan untuk merumuskan metode indeksasi yang akan dikembangkan sesuai dengan tujuan penelitian, khususnya metode indeksasi intensitas sprawl tipe linear. Penelitian ini akan memanfaatkan seluruh data acuan teori yang dapat dikumpulkan, baik berupa buku, jurnal ilmiah, maupun informasi akademis lainnya (first data point).

2) Perumusan metode kuantifikasi intensitas sprawl tipe linear

Pada tahap ini tim peneliti dengan mengacu pada hasil interpretasi teori yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya, akan mencoba merumuskan metode kuantifikasi indeks intensitas sprawl tipe linear, yang diwujudkan dalam uraian prosedural

yang terstruktur dan sistematis, lengkap dengan persyaratan input data.

3) Simulasi penerapan metode kuantifikasi yang telah dirumuskan pada wilayah studi kasus. Pada tahap ini, dengan memanfaatkan data kondisi fisik Kota Tomohon sebagai wilayah studi kasus (titik deskripsi data kedua), tim peneliti akan melakukan simulasi penerapan metode kuantifikasi indeks intensitas sprawl pada sejumlah koridor jalan utama Kota Tomohon, sehingga dapat diperoleh nilai indeks sprawl linier pada masing-masing koridor tersebut dari sudut pandang perbandingan.

4) Interpretasi dan pembahasan hasil simulasi

Pada tahap ini, hasil indeksasi yang ditemukan pada tahap 3 akan diinterpretasikan oleh tim peneliti, terutama untuk melihat sejauh mana metode indeksasi yang digunakan dapat menggambarkan dengan cukup jelas perbandingan kuantitatif intensitas sprawl pada masing-masing koridor jalan utama Kota Tomohon. Interpretasi ini juga akan ditujukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang cenderung mempengaruhi perbedaan indeks masing-masing koridor. Interpretasi ini akan dilakukan dengan memanfaatkan titik data ketiga, yaitu mengenai kondisi umum Kota Tomohon, baik aspek fisik maupun non fisik.

5) Penarikan simpulan dan penyusunan rekomendasi

Pada tahap ini, dengan memanfaatkan hasil interpretasi pada tahap 4, tim peneliti akan mencoba merumuskan simpulan dari penelitian ini sesuai dengan rumusan masalah dan tujuan yang ada, sekaligus merumuskan rekomendasi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas keluaran penelitian.

Metode kuantifikasi sprawl yang dikembangkan dalam penelitian ini pada dasarnya berangkat dari salah satu atribut sprawl, yaitu fragmentasi ruang terbuka kota. Di sisi lain, metode yang dikembangkan hanya terbatas pada satu jenis sprawl, yaitu sprawl linier, yang biasanya mengikuti koridor jalan utama eksisting dari zona pusat kota ke arah pinggiran kota, berdasarkan kondisi lahan terbangun dan luas ruang terbuka yang ada dalam satuan waktu tertentu (bukan dalam kerangka time series).

Berangkat dari kontekstualitas metode yang dikemukakan di atas, dengan mengacu pada hasil interpretasi teoritis yang telah dilakukan, berikut

ini adalah uraian singkat tentang formulasi metodologi kuantifikasi sprawl.

□ Tahap 1 : Menentukan lokus zona pengamatan untuk fenomena sprawl, yang dalam hal ini berupa koridor jalan tertentu dari kota yang diamati, terutama koridor jalan utama kota yang menghubungkan zona pusat kota atau Central Business District (CBD) dengan zona pinggiran kota yang bersangkutan dan ke arah kawasan perkotaan lainnya di luar kota yang diamati.

□ Tahap 2 : Menggambarkan letak zona pengamatan dengan teknik buffering di sepanjang koridor dengan jarak buffer rata-rata 100meter pada sisi kiri dan kanan jalan dan melakukan plotting delineatif luas lahan terbangun dan ruang terbuka di dalam batas-batas delineasi koridor jalan yang diamati. Hasil plot disajikan dalam bentuk peta tematik.

□ Tahap 3 : Membagi area delineasi koridor jalan yang diamati menjadi beberapa blok, dengan acuan bahwa setiap blok akan mencakup segmen koridor jalan dengan panjang masing-masing sekitar 200 meter, sehingga setiap blok akan memiliki luas sekitar 200meter x 200 meter, atau 40.000 m². atau 4 Ha. Blok-blok yang terbentuk kemudian akan diberi nama dengan acuan bahwa blok pertama adalah blok yang terletak paling dekat dengan zona pusat kota dan blok terakhir terletak di zona pinggiran kota. Hasil pembagian blok ini harus disajikan dalam bentuk peta tematik.

□ Tahap 4 : Menghitung luas setiap blok sesuai pembagian blok, dan menghitung luas lahan terbangun dan ruang terbuka pada setiap blok dan menyajikannya dalam bentuk tabel lengkap dengan persentasenya. Langkah selanjutnya adalah menghitung Indeks Fragmentasi Ruang Terbuka untuk setiap blok yang diperoleh dengan membagi luas/persentase ruang terbuka dengan luas/persentase lahan terbangun pada setiap blok.

□ Tahap 5 : Melakukan analisis tren berdasarkan korelasi pasangan data, yaitu 1) jarak relatif setiap blok terhadap titik asal (atau posisi awal blok pertama), dan 2) persentase luas lahan terbangun, persentase luas ruang terbuka, serta Indeks Fragmentasi Ruang Terbuka untuk setiap blok. Analisis tren ini dapat dilakukan dengan bantuan grafik diagram scatter plot yang dilengkapi dengan persamaan regresi yang menggambarkan hubungan pasangan data yang dimaksud, di mana data 1) dianggap sebagai variabel bebas dan data 2) sebagai variabel terikat.

□ Tahap 6 : Menafsirkan hasil analisis tren pada tahap 5.

Sehubungan dengan tujuan untuk memahami fenomena linear sprawl pada koridor dimaksud, dapat dikemukakan beberapa acuan penafsiran sebagai berikut.

- Penafsiran tipe tren

Jika tren yang diamati cenderung linier, maka dapat dimaknai bahwa fenomena sprawl pada lokus tersebut cenderung melambat dan menunjukkan peningkatan karakteristik 'urban compactness' yang biasanya menjadi indikator terjadinya sprawl jenuh pada suatu zona tertentu dan telah melewati fase fragmentasi ruang terbuka. Jika tren yang diamati merupakan tren yang cenderung non-linier, maka dapat dimaknai bahwa fenomena sprawl pada lokus tersebut masih berlangsung secara intensif, yang utamanya ditandai dengan adanya fragmentasi ruang terbuka dari satu blok ke blok lainnya.

- Interpretasi mengenai bentuk persamaan regresi

Melalui bentuk persamaan regresi yang diperoleh, dapat diketahui besarnya pengaruh variabel bebas (jarak blok ke pusat kota) terhadap variabel terikat (persentase lahan terbangun, luas ruang terbuka dan indeks fragmentasi ruang terbuka). Asumsi dasar teoritis adalah semakin jauh jarak blok dari titik asal (semakin dekat dengan pinggiran kota) maka secara normal persentase luas lahan terbangun akan semakin kecil (berbanding terbalik/korelasi negatif) dan persentase luas ruang terbuka dan indeks fragmentasi akan semakin besar (berbanding lurus/korelasi positif). Apabila persamaan menunjukkan pola yang berbeda, maka dapat diduga terjadi 'anomali' pada fenomena sprawl yang mungkin disebabkan oleh faktor lain.

- Interpretasi mengenai koefisien determinasi persamaan regresi

Koefisien determinasi hanya menunjukkan tingkat signifikansi suatu persamaan regresi dan juga menunjukkan tingkat determinasi variabel bebas terhadap variabel terikat. Dengan melihat nilai koefisien determinasi dari persamaan yang diperoleh, dapat diinterpretasikan sejauh mana fenomena sprawl pada lokus pengamatan benar-benar dipengaruhi oleh jarak setiap blok terhadap titik asal koridor.

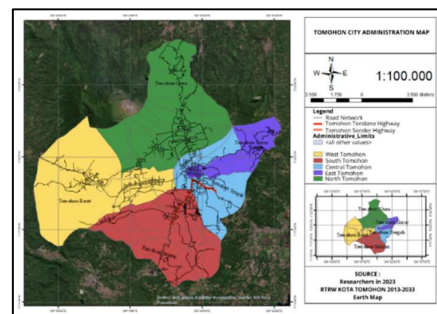
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil Simulasi Kuantifikasi Sprawl

Untuk melakukan simulasi penerapan metode yang telah dirumuskan di atas pada lokasi studi kasus, diperlukan sejumlah data yang meliputi data umum Kota Tomohon sebagai wilayah studi, serta kondisi fragmentasi ruang terbuka dan sebaran lahan terbangun pada koridor yang dipilih sebagai lokus pengamatan di wilayah administrasi Kota Tomohon. Berikut ini adalah uraian hasil pengumpulan data yang telah dilakukan.

Tomohon adalah sebuah kota yang terletak sekitar 23 km dari Manado, ibu kota Provinsi Sulawesi Utara, Indonesia. Kota Tomohon berada di wilayah pegunungan yang terletak pada 1°15' LU dan 124°50' BT, serta berada pada ketinggian sekitar 900-1100 meter di atas permukaan laut. Secara administratif, Kota Tomohon memiliki 44 kelurahan yang tersebar di 5 kecamatan dengan luas wilayah 147,2178 km² atau 14.721,78 Ha.

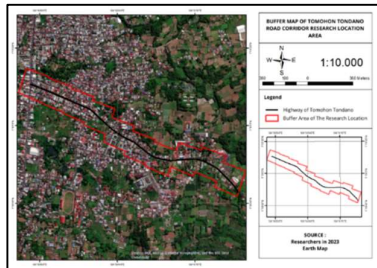


Gambar 1. Peta Wilayah Administratif Kota Tomohon

Keberadaan Kota Tomohon sebagai kota otonom dalam wilayah administratif Provinsi Sulawesi Utara menambah dinamika daerah dan mempercepat proses pertumbuhan dan pembangunan daerah di Sulawesi Utara. Dalam beberapa tahun terakhir, Kota Tomohon mengalami pertumbuhan dan pembangunan yang sangat pesat, terutama yang terkait dengan proses pertumbuhan usaha baru, mobilisasi penduduk, dan migrasi.

Kota Tomohon dikenal sebagai kota dengan sektor basis pertanian dengan komoditas utama sayur-sayuran dan aneka bunga. Kota ini juga dikenal dengan industri rumah kayu tradisional knock down. Tomohon juga dikenal sebagai destinasi wisata unggulan di wilayah Sulawesi

Utara, karena memiliki kondisi iklim mikro yang nyaman dengan udara yang sejuk serta keberadaan berbagai objek dan daya tarik wisata alam yang terkait dengan bentang alamnya sebagai daerah pegunungan dataran tinggi. Sesuai dengan metodologi yang dirumuskan, langkah pertama simulasi adalah memilih dan menentukan lokus pengamatan fenomena linear sprawl. Dalam penelitian ini, tim peneliti sepakat memilih koridor jalan yang menghubungkan Kota Tomohon dengan kawasan Perkotaan Tondano di Kabupaten Minahasa (Koridor Tomohon-Tondano) sebagai lokus pengamatan. Gambar di bawah ini menunjukkan peta tematik delineasi wilayah studi kasus di Koridor Tomohon-Tondano serta gambar Google View titik awal dan akhir segmen koridor. Wilayah studi kasus ini berada di wilayah Kecamatan Tomohon Tengah. Segmen tersebut dimulai dari simpang utama Jalan Sam Ratulangi dan Jalan Raya Tomohon (tempat Patung Opo/Dotu Tololiu Tua berada) hingga ke wilayah perbatasan Kota Tomohon & Kabupaten Minahasa.

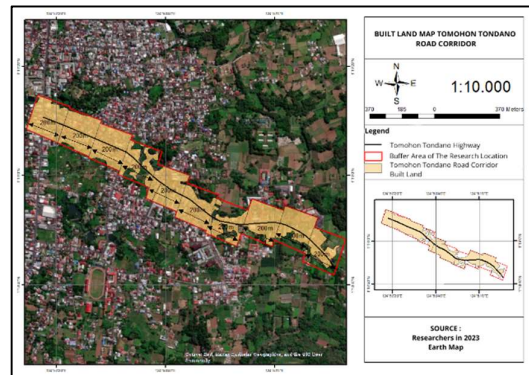


Gambar 2. Delineasi Area Studi Kasus



Gambar 3. Cuplikan Gambar Google Maps dari

Titik Awal dan Akhir dari Area Studi Kasus Berdasarkan hasil deliniasi, area studi kasus ini secara keseluruhan memiliki luas 400.000 m² atau 40 Ha. Gambar di bawah ini menunjukkan peta tematik pembagian blok dan cakupan lahan terbangun di wilayah studi kasus. Hasil pembagian blok di wilayah studi kasus ini meliputi 10 blok yang masing-masing memiliki luas sekitar 4 Ha, masing-masing memiliki indeks lahan terbangun, luas ruang terbuka/persentase dan fragmentasi ruang terbuka, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 4. Pembagian Blok dan Plot Area Lahan Terbangun di Area Studi Kasus

Tabel 1. Hasil Kuantifikasi Data Sprawl Per Blok Pada Area Studi Kasus

Blok	Luas Blok M ²	Luas Area Terbangun M ²	Luas Ruang Terbuka %	Index ragmentasi Ruang Terbuka
1	40.000	38.121	95,30	1,879
2	40.000	38.480	96,20	1,520
3	40.000	38.923	97,31	1,077
4	40.000	24.563	61,41	15,437
5	40.000	38.737	96,84	1,263
6	40.000	32.713	81,78	7,287
7	40.000	23.172	57,93	16,828
8	40.000	34.708	86,77	5,292
9	40.000	31.583	78,96	8,417
10	40.000	18.768	46,92	21,232
Total	400.000	319.768	79,94	80,232

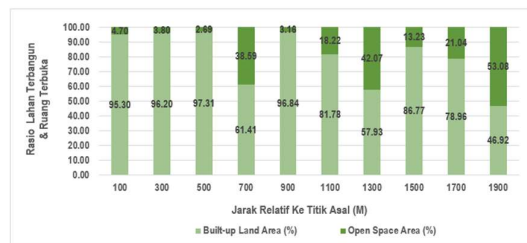
Tren Intensitas Sprawl pada Area Studi Kasus

Berdasarkan hasil pengukuran yang ada, sesuai dengan langkah-langkah metode kuantifikasi sprawl yang telah dirumuskan, selanjutnya dilakukan analisis tren intensitas sprawl dengan cara menghubungkan data jarak relatif setiap blok terhadap titik asal sprawl (sebagai variabel bebas X) dan persentase luas lahan terbangun, persentase luas ruang terbuka dan indeks fragmentasi ruang terbuka per blok (sebagai variabel terikat Y1, Y2 & Y3). Berikut ini (Tabel 2) merupakan tabel input data untuk analisis tren yang dilakukan.

Tabel 2. Input Data untuk Analisis Tren Intensitas Sprawl Berdasarkan Jarak Relatif ke Titik Asal

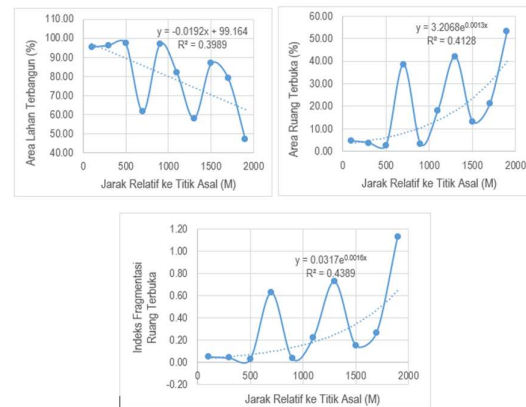
X Jarak Relatif Ke Titik Asal (M)	Y1 Lahan Terbangun (%)	Y2 Ruang Terbuka (%)	Y3 Indeks Fragmentasi Ruang Terbuka (Y1 / Y2)
100	95,30	4,70	0,05
300	96,20	3,80	0,04
500	97,31	2,69	0,03
700	61,41	38,59	0,63
900	96,84	3,16	0,03
1100	81,78	18,22	0,22
1300	57,93	42,07	0,73
1500	86,77	13,23	0,15
1700	78,96	21,04	0,27
1900	46,92	53,08	1,13

Input data di atas juga dapat disajikan secara grafis seperti pada Gambar 5, yang menunjukkan proporsi persentase luas lahan terbangun dan luas ruang terbuka per blok, berdasarkan jarak relatif blok terhadap titik asal koridor yang diamati. Melalui grafik ini, kita dapat melihat variasi proporsional luas ruang terbuka di setiap blok berdasarkan posisi relatif (jarak) blok terhadap titik asal koridor yang diidentifikasi sebagai pusat pertumbuhan.



Gambar 5. Proporsi Lahan Terbangun & Ruang Terbuka Per Blok Berdasarkan Jarak ke Titik Asal

Selanjutnya, mengacu pada data input di atas, dengan bantuan aplikasi MS.Excel dibuatlah diagram pencar yang menunjukkan hubungan antara variabel bebas X dengan variabel terikat Y1, Y2 & Y3 secara terpisah. Setiap diagram pencar dilengkapi dengan ilustrasi garis tren lengkap dengan persamaan regresi dan koefisien determinasinya. Melalui aplikasi yang digunakan, jenis tren yang digunakan adalah yang memiliki koefisien determinasi paling kuat. Sebagai hasilnya, di bawah ini disajikan tiga gambar diagram pencar beserta trennya untuk merepresentasikan hubungan antara X dengan Y1, X dengan Y2 dan X dengan Y3.



Gambar 6. Diagram Pencar, Kurva & Tren Sprawl Berdasarkan Jarak Relatif ke Titik Asal

Pembahasan

Interpretasi Hasil Analisis

Sesuai dengan rumusan metode yang telah dikemukakan sebelumnya, fenomena sprawl yang digambarkan dalam grafik di atas dapat diinterpretasikan sebagai berikut:

1. Interpretasi berdasarkan tipe tren.

Sesuai dengan grafik scatter plot hubungan antara Indeks Fragmentasi Ruang Terbuka dengan Jarak Relatif Blok terhadap Titik Asal, terlihat bahwa tipe tren yang paling bermakna adalah tren eksponensial. Hal ini dapat diinterpretasikan bahwa fenomena sprawl pada koridor ini belum mencapai kondisi jenuh meskipun sejumlah blok telah menunjukkan persentase tutupan lahan terbangun yang hampir mencapai 100%, yang merupakan indikasi peningkatan atribut 'kekompakan'. Hal ini didukung dengan adanya beberapa blok, terutama blok yang letaknya relatif 'jauh' dari titik asal, yang persentase luas lahan terbangunnya masih rendah, atau menunjukkan tingkat fragmentasi ruang terbuka yang masih cukup signifikan dengan indeks yang relatif tinggi bahkan mencapai nilai > 1 , yang artinya pada blok tersebut luas ruang terbukanya masih lebih besar dibandingkan dengan luas lahan terbangunnya.

2. Interpretasi berdasarkan bentuk persamaan regresi dan garis tren.

Mengacu pada bentuk persamaan regresi dari garis tren pada grafik scatter plot, terlihat

adanya hubungan kausalitas yang nyata antara variabel dependen Y1, Y2, dan Y3 dengan variabel independen X yang ada.

Dari grafik pertama (hubungan antara X dan Y1) terlihat bahwa koefisien variabel dependen X bernilai negatif. Hal ini menunjukkan pola hubungan yang berbanding terbalik dimana semakin besar nilai X maka nilai Y1 akan semakin kecil. Hal ini sejalan dengan arah garis tren yang semakin menurun pada posisi yang semakin menjauh dari titik asal. Hal ini menunjukkan bahwa semakin jauh dari titik asal sprawl, persentaseutupan lahan terbangun semakin menurun.

Dari grafik kedua (hubungan antara X dan Y2) terlihat bahwa koefisien variabel dependen X bernilai positif. Hal ini menunjukkan pola hubungan berbanding lurus dimana semakin besar nilai X, semakin besar nilai Y2. Hal ini juga sejalan dengan garis tren yang semakin meningkat pada posisi yang jauh dari titik asal. Hal ini menunjukkan bahwa semakin jauh dari titik asal sprawl, persentase keberadaan ruang terbuka semakin besar.

Seperti pada grafik kedua, pada grafik ketiga (hubungan antara X dan Y3) terlihat bahwa koefisien variabel dependen X bernilai positif. Hal ini menunjukkan pola hubungan berbanding lurus dimana semakin besar nilai X, semakin besar nilai Y3. Hal ini juga sejalan dengan garis tren yang semakin meningkat pada posisi yang jauh dari titik asal. Hal ini menunjukkan bahwa semakin jauh dari titik asal sprawl, indeks fragmentasi ruang terbuka semakin meningkat.

3. Interpretasi berdasarkan koefisien determinasi.

Pada ketiga grafik tersebut, koefisien determinasi persamaan regresi yang ada relatif rendah yaitu pada kisaran 0,39 sampai dengan 0,49. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat determinasi variabel bebas Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa variabel jarak ke titik asal perluasan wilayah sebenarnya tidak memiliki pengaruh yang signifikan baik terhadap persentase luas lahan terbangun, luas ruang terbuka, maupun terhadap nilai indeks fragmentasi ruang terbuka sebagai variabel turunan dari kedua variabel sebelumnya yang berada di sepanjang koridor. Jika mengamati peta citra koridor tersebut,

sebenarnya dapat diidentifikasi beberapa faktor lain yang diduga mempengaruhi intensitas fragmentasi ruang terbuka di sepanjang koridor tersebut. Salah satunya adalah keberadaan jalur jalan lokal lain, baik yang sejajar maupun berpotongan dengan jalur jalan utama di wilayah koridor yang diamati. Keberadaan jalur jalan lokal tersebut pada suatu blok cenderung identik dengan tingginya tingkat penutupan lahan terbangun dan rendahnya persentase ruang terbuka pada blok tersebut, begitu pula sebaliknya. Hal lain yang juga diamati adalah adanya gugusan badan air atau bentuk pemanfaatan lahan untuk akuakultur maupun pertanian/perkebunan bahkan kawasan konservasi berupa hutan pada blok-blok tertentu yang identik denganutupan lahan terbangun rendah dan persentase ruang terbuka yang tinggi.

4. Interpretasi berdasarkan bentuk kurva grafik
Melengkapi interpretasi melalui ketiga aspek di atas, interpretasi terhadap masing-masing bentuk grafik juga dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang kecenderungan fenomena sprawl pada koridor ini. Melalui ketiga grafik tersebut terlihat bahwa kurva yang ada cenderung mengalami fluktuasi yang sangat dinamis, meskipun terdapat kecenderungan menurun (pada grafik scatter plot ke-1) dan meningkat (pada grafik scatter plot ke-2 dan ke-3). Hal ini menunjukkan bahwa fragmentasi ruang terbuka pada koridor ini masih nyata dan menunjukkan bahwa fenomena sprawl belum mencapai titik jenuh. Apabila perluasan wilayah pada koridor tersebut sudah pada titik jenuh maka fragmen ruang terbuka pada masing-masing blok biasanya akan terisi dengan lahan terbangun sehingga keseluruhan koridor tersebut akan memperlihatkan tingkat 'kekompakan perkotaan' yang tinggi dengan rasio KDB regional yang tinggi dan akan cenderung bergeser kepada pola pertumbuhan vertikal yang lambat laun akan meningkatkan rasio perluasan wilayah.

KESIMPULAN

- 1) Kuantifikasi intensitas perluasan wilayah perkotaan di koridor kawasan perkotaan dapat dilakukan dengan menghitung Indeks Fragmentasi Ruang Terbuka pada sejumlah blok delineatif di sepanjang koridor jalan yang diamati.

Delineasi blok dapat dilakukan dengan cara membuat buffer pada area sepanjang koridor dengan lebar 100 meter di kiri dan kanan lajur jalan, serta melakukan segmentasi blok per 200 meter lajur jalan koridor yang diamati. Secara matematis, indeks fragmentasi ruang terbuka untuk setiap blok dapat dihitung sebagai perbandingan antara jumlah area atau persentase ruang terbuka dengan jumlah area atau persentase luas lahan terbangun untuk setiap blok. Nilai angka indeks akan berkisar antara “0” (jika blok seluruhnya berupa lahan terbangun) hingga “∞” (jika blok seluruhnya berupa ruang terbuka). Semakin tinggi angka indeks fragmentasi ruang terbuka menunjukkan semakin tinggi intensitas fragmentasi ruang terbuka serta intensitas perluasan wilayah perkotaan di koridor yang diamati. Angka indeks > 1 menunjukkan bahwa proporsi ruang terbuka lebih dominan dibandingkan dengan luas lahan terbangun di koridor yang diamati. Interpretasi sprawl linier pada koridor perkotaan tertentu dapat dilakukan dengan memvisualisasikan hubungan antara indeks fragmentasi ruang terbuka setiap blok dengan jarak setiap blok dari titik asal dalam bentuk scatter plot dan melihat tren regresinya. Tipe tren yang cenderung linier akan menunjukkan kondisi sprawl yang menuju ke kondisi jenuh dan tipe tren yang cenderung non-linier akan menunjukkan kondisi sprawl yang masih intens.

2) Simulasi metode kuantifikasi/indeksasi ini pada studi kasus wilayah di Kota Tomohon mampu menunjukkan kondisi fenomena sprawl linier yang terjadi, yang secara singkat dapat dijabarkan sebagai berikut:

a) Indeks fragmentasi ruang terbuka dengan nilai 0,25 menunjukkan bahwa tingkat intensitas sprawl relatif rendah bergeser ke atribut kekompakan perkotaan yang menunjukkan bahwa keberadaan lahan terbangun cenderung lebih dominan di kawasan tersebut.

b) Karakteristik tren regresi indeks fragmentasi ruang terbuka pada jarak relatif blok terhadap titik asal dalam studi kasus ini cenderung berupa tren non-linier dan menunjukkan bahwa fenomena sprawl linier di kedua koridor masih berlangsung sejalan dengan nilai indeks fragmentasi ruang terbuka yang cenderung semakin tinggi seiring bertambahnya jarak semakin jauh dari titik asal dan mendekati kawasan pinggiran kota.

c) Karakteristik tren regresi dalam kasus ini juga menunjukkan nilai koefisien determinasi yang relatif rendah, menunjukkan bahwa jarak relatif blok terhadap titik asal sebenarnya tidak cukup signifikan sebagai faktor penentu nilai indeks fragmentasi ruang terbuka masing-masing blok, dan tentunya harus ada sejumlah faktor lain yang terlibat dalam menentukan intensitas sprawl yang terjadi.

Rekomendasi

Berikut ini adalah beberapa saran yang dapat diberikan, terutama terkait dengan upaya peningkatan kualitas metode kuantifikasi atau indeksasi sprawl serta peningkatan kualitas interpretasi hasil simulasi metode tersebut pada kasus yang berbeda.

1) Kualitas teknik penyanggaan dalam delineasi blok dapat ditingkatkan dengan mengacu pada batas-batas riil bidang tanah di sepanjang koridor pengamatan berdasarkan ketersediaan data kendali dan/atau kepemilikan.

2) Pengembangan indeks tren regresi fragmentasi ruang terbuka, yang dapat diperluas dengan mempertimbangkan sejumlah variabel independen lainnya (selain jarak relatif blok ke titik asal) yang didahului oleh studi rasionalitas apakah variabel-variabel baru ini memengaruhi intensitas sprawl atau tidak. Variabel lain yang dapat dipertimbangkan adalah keberadaan persimpangan atau paralelitas dengan rute jalan lokal, arahan atau ketentuan penggunaan lahan yang berlaku, dll.

3) Metode simulasi untuk koridor sebagai studi kasus juga harus dilakukan secara komparatif dalam kerangka variasi keadaan indeks fragmentasi ruang terbuka berdasarkan satuan waktu di koridor yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Angel, S., J. Parent & D. Civco, 2007, “Urban Sprawl Metrics: An Analysis of Global Urban Expansion Using GIS ASPRS 2007”. Annual Conference Tampa, Florida
- Bento dkk, 2006, “The Efficiency and Distributional Impacts of Alternative Anti-Sprawl Policies”, Journal of Urban Economics, 2006 – Elsevier
- Bertaud, A. & Richardson, H.W., 2004, “Urban Sprawl in Western Europe and the USA, Chp. 17 : Transit and Density: Atlanta, the United States and Western Europe”, by Chang-Hee Christine Bae (Book Author), Harry W. Richardson (Editor), Routledge.

- Bhatta, B., dkk, 2010, "Urban Sprawl Measurement From Remote Sensing Data". *Applied Geography*. Vol.30, pp 731- 740.
- Burchfield, M. dkk, 2005, "Causes of Sprawl: A Portrait From Space", *Quarterly Journal of Economics*, 121(2) : 587-633
- Churchman, A., 1999), "Disentangling the Concept of Density". *Journal of Planning Literature*, 13, 389–411.
- Divigalpitiya, P. & Handayani, K.N., (2015). Measuring the Urban Expansion Process of Yogyakarta City in Indonesia, Urban Expansion Process and Spatial and Temporal Characteristics of Growing Cities. *International Review for Spatial Planning and Sustainable Development*, Vol.3 No.4 (2015), 18-32, SPSP Press, Kanazawa
- Ewing, R., Pendall, R., & Chen, D., 2002, "Measuring Sprawl and Its Impact". *Smart Growth America*, Washington DC.
- Galster, G., Hanson, R., Ratcliffe, M.R., Wolman, H., Coleman, S., & Freihage, J., 2001, "Wrestling Sprawl to the Ground: Defining and Measuring an Elusive Concept". *Housing Policy Debate*, 12(4), 681–717.
- Gao, Z. dkk, (2018). Population Distribution Characteristics and Spatial Planning Response Analysis in Metropolises : A Case Study of Beijing. *International Review for Spatial Planning and Sustainable Development* Vol.7 No.1 (2018), 134-154, SPSP Press, Kanazawa
- Hasse, J., 2003, "A Housing Unit Level Approach to Characterizing Residential Sprawl", *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. Vol. 69, No.9, pp 1021-1030
- Herold, M., Couclelis, H., & Clarke, K.C., 2005, "The Role of Spatial Metrics in the Analysis and Modeling of Urban Land Use Change". *Computers, Environment and Urban Systems*, 29(4), 369–399.
- Huang, H., Wu, X. & Cheng, X., 2020, "The Analysis of the Urban Sprawl Measurement System of the Yangtze River Economic Belt, Based on Deep Learning and Neural Network Algorithm", *International Journal of Environmental Research & Public Health*, 2020, 17, 4184
- Johnson, M.P., 2001, "Environmental Impacts of Urban Sprawl: A Survey of the Literature and Proposed Research Agenda". *Environment and Planning A*, 33, 717–735.
- Lowry, J.H. & Lowry, M.B., 2014, "Comparing Spatial Metrics that Quantify Urban Form", *Computers, Environment and Urban Systems* 44 (2014) 59–67
- Manesha, E.P.P., Jayasinghe, A., & Kalpana, H.N., 2021, "Measuring Urban Sprawl of Small and Medium Towns Using GIS and Remote Sensing Techniques: A Case Study of Sri Lanka", *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* 24 (2021), 1051–1060
- Setioko, B., 2009, "Growth of Urban in Finger Areas (Case Study: Semarang City). Sustainable Slum Upgrading in Urban Area".
- Shi, Y., Zhou, L., Guo, X., & Li, J., 2023, "The Multidimensional Measurement Method of Urban Sprawl and Its Empirical Analysis in Shanghai Metropolitan Area". *Sustainability*, 2023, 15, 1020.
- Soetomo, S., 2013. "Urbanisasi dan Morfologi. Proses Perkembangan Peradaban dan Wadah Ruang. Menuju Ruang yang Manusiawi". Edisi 2. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Tsai, Y., 2005, "Quantifying Urban Form : Compactness Versus Sprawl", *Urban Studies* (42)1, pp 141-161.
- Verbeek, T & Tempels, B., 2016, "Measuring fragmentation of open space in urbanised Flanders: an evaluation of four methods", *Belgeo* [Online], 2 | 2016, Online since 31 March 2016, connection on 01 May 2019.
- Yunus, H.S., 2008, "Dinamika Wilayah Peri Urban Determinan Masa Depan Kota", Yogyakarta: Pustaka Pelajar