ANALISIS FRAKTAL PERKEMBANGAN AREA PERMUKIMAN KOTA SINGKAWANG KALIMANTAN BARAT

ISTAJIB RIDWAN
H1021191051

SKRIPSI

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

ANALISIS FRAKTAL PERKEMBANGAN AREA PERMUKIMAN KOTA SINGKAWANG KALIMANTAN BARAT

ISTAJIB RIDWAN
H1021191051

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada Program Studi Fisika

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	: Analisis Fraktal Perkembangan Area Permukiman Kota Singkawang Kalimantan Barat
Nama Mahasiswa	: Istajib Ridwan
NIM	: H1021191051
Jurusan/Program Studi	: Fisika/Fisika
Tanggal Lulus	: 30 Januari 2025
SK Pembimbing	: No. 1072/UN22.8/TD.06/2024/Tanggal 18 April 2024
SK Penguji	: No. 23/UN22.8/TD.06/2025/Tanggal 20 Januari 2025

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Joko Sampurno, S.Si., M.Si.	Zulfian, S.Si., M.Si.
NIP198408252008011004	NIP198812142020121005

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Yudha Arman, S.Si, M.Si., D.Sc.	Riza Adriat, S.Si., M.Si.
NIP197805132003121002	NIP198905162019031013

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Dr. Joko Sampurno, S.Si., M.Si.	Zulfian, S.Si., M.Si.
NIP198408252008011004	NIP198812142020121005

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si.
NIP197108022000031001

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Istajib Ridwan
NIM	: H1021191051
Program Studi/Jurusan	: Fisika/Fisika
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyatan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 30 Januari 2025

Istajib Ridwan
NIM H1021191051

Analisi Fraktal Perkembangan Area Permukiman Kota Singkawang Kalimantan Barat

Abstrak

Fenomena *urban sprawl* merupakan permasalahan yang sering terjadi di wilayah perkotaan, yang ditandai dengan pengembangan wilayah permukiman yang tidak terkontrol. Penelitian ini bertujuan menganalisis perkembangan permukiman serta kemungkinan munculnya fenomena tersebut di Kota Singkawang, Kalimantan Barat, menggunakan analisis fraktal. Data citra satelit Sentinel-2 dari tahun 2017 hingga 2023 diolah untuk menghasilkan peta NDBI sebagai *proxy* kawasan terbangun. Peta NDBI diklasifikasikan menjadi kawasan terbangun dan non-terbangun. Analisis fraktal digunakan untuk menganalisis perkembangan kawasan terbangun tersebut dari tahun ke tahun. Hasil penelitian menunjukkan nilai dimensi fraktal meningkat setiap tahun, dari 1,5559 pada tahun 2017 menjadi 1,5905 pada tahun 2023, mencerminkan kompleksitas pola yang semakin tinggi. Sementara itu, *lacunarity* menunjukkan fluktuasi kecil, menggambarkan variasi dalam distribusi ruang kosong. Penelitian ini menunjukkan area permukiman di Kota Singkawang mengalami perkembangan yang cukup signifikan namun tetap terkendali dalam tujuh tahun terakhir, sehingga belum ditemukan adanya fenomena *urban sprawl*. Hasil analisis ini diharapkan dapat digunakan oleh pemerintah setempat untuk mengevaluasi kebijakan terkait tata ruang serta mitigasi fenomena *urban sprawl*.

Kata kunci: *Urban Sprawl*, Analisis Fraktal, Kota Singkawang, Dimensi Fraktal, *Lacunarity*, Sentinel-2, NDBI.

Fractal Analysis of Residential Area Development in Singkawang City West Kalimantan

Abstract

The phenomenon of urban sprawl is a common issue in urban areas, characterized by uncontrolled residential development. This study aims to analyze the development of settlements and the potential occurrence of such phenomena in Singkawang City, West Kalimantan, using fractal analysis. Sentinel-2 satellite imagery from 2017 to 2023 was processed to generate NDBI maps as a proxy for built-up areas. The NDBI maps were classified into built-up and non-built-up areas. Fractal analysis was employed to examine the development of built-up areas over the years. The results indicate that the fractal dimension values increased annually, from 1.5559 in 2017 to 1.5905 in 2023, reflecting higher pattern complexity. Meanwhile, lacunarity showed minor fluctuations, indicating variations in the distribution of empty spaces. This study reveals that settlement areas in Singkawang City have undergone significant yet controlled development over the past seven years, with no evidence of urban sprawl identified. The findings are expected to assist local governments in evaluating spatial planning policies and mitigating the potential occurrence of urban sprawl.

Keywords: *Urban Sprawl, Fractal Analysis, Singkawang City, Fractal Dimension, Lacunarity, Sentinel-2, NDBI.*

PRAKATA

Dengan mengucap Alhamdulillah Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH SWT Tuhan Yang Maha Esa, karena atas izin, limpahan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *"***Analisis Fraktal Perkembangan Area Permukiman Kota Singkawang Kalimantan Barat***"* sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang sudah berkontribusi dalam penyusunan skripsi ini. Dengan mengucap Bismillahirrahmanirrahim ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. ALLAH SWT, Tuhan Yang Maha Esa, Tuhan seluruh alam yang telah memberikan izin dan kehendak-Nya kepada hamba sehingga hamba bisa bertahan dan berasa disini. Terima kasih telah memberikan hamba kekuatan setiap harinya, memurahkan rezeki dari segala arah, membekali hamba dengan ilmu pengetahuan, dan masih banyak lagi yang tidak bisa diungkapkan dengan kata/kalimat apapun untuk segala kebesaran-MU. Semoga keberhasilan ini menjadi satu langkah awal untuk masa depan dalam meraih cita-cita dan membahagiakan kedua orang tua hamba. AAMIIN YRA.
2. Kedua orang tua penulis, Bapak Samiyono dan Ibu Istinuroh yang sangat penulis cintai dan sayangi, yang selalu menjadi garda terdepan penulis, selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat, baik secara mental, material, maupun spiritual. Terima kasih selalu memberikan pelajaran hidup kepada penulis sehingga penulis dapat bertahan dalam menghadapi hal apapun, dan tetap selalu bersyukur dalam kondisi apapun, selalu memberikan ridho untuk setiap langkah yang ditempuh penulis, sabar dalam menunggu penulis dalam menyelesaikan pendidikan, dan masih banyak lagi yang tidak bisa

diungkapkan dengan kata-kata, sosok yang sangat hebat dari apapun yang penuis miliki. Terima kasih Bapak dan Mamak.

3. Kedua saudara kandung penulis, Siti Nuri Lukmanati adik pertama dan Muhammad Khilmi Nafi' adik kedua, yang sangat penulis sayangi dan cintai, yang selalu menjadi motivasi agar penulis selalu semangat dalam menyelesaikan pendidikan.
4. Bapak Dr. Joko Sampurno, S.Si., M.Si., selaku pembimbing I yang senantiasa memberikan segenap ilmu, waktu, tenaga untuk memberikan bimbingan dan saran yang sangat berharga dalam penyusunan skripsi.
5. Bapak Zulfian, S.Si., M.Si., selaku pembimbing II yang senantiasa memberikan segenap ilmu, waktu, dan tenaga dalam membimbing penulis, serta saran yang sangat berharga dalam penyusunan skripsi.
6. Bapak Yudha Arman, S.Si, M.Si., D.Sc., selaku penguji I yang telah meluangkan waktu, serta memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penulisan skripsi.
7. Bapak Riza Adriat, S.Si., M.Si., selaku penguji II yang telah meluangkan waktu, serta memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penulisan skripsi
8. Keluarga besar yang selalu mendukung penulis dalam segala hal, baik secara mental maupun material.
9. Tiara Aresti yang telah berkontribusi membantu serta memberi dukungan kepada penulis selama penulisan skripsi.
10. Teman-teman angkatan 2019 maupun teman-teman yang dari luar, baik luar jurusan maupun luar kampus yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk menyempurnakan karya ini. Semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca maupun perkembangan ilmu pengetahuan.

Pontianak, 30 Januari 2025

Istajib Ridwan

DAFTAR ISI

Halaman

PRAKATA vi

DAFTAR ISI viii

DAFTAR GAMBAR ix

DAFTAR TABEL x

DAFTAR LAMPIRAN xi

BAB I PENDAHULUAN 1
- 1.1 Latar Belakang 1
- 1.2 Rumusan Masalah 3
- 1.3 Batasan Masalah 3
- 1.4 Tujuan Penelitian 4
- 1.5 Manfaat Penelitian 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
- 2.1 Geometri Fraktal 5
- 2.2 Dimensi Fraktal 10
- 2.3 Metode *Box-Counting* 11
- 2.4 Sentinel-2 13
- 2.5 *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) 14
- 2.6 *Lacunarity* 15

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 19
- 3.1 Lokasi Penelitian 19
- 3.2 Data Penelitian 19
- 3.3 Metode Analisis Data 20
- 3.4 Diagram Alir Penelitian 23

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 25
- 4.1 Penggunaan Citra Satelit Sentinel-2 25
- 4.2 Klasifikasi Kawasan Terbangun dan Non-Terbangun Berdasarkan NDBI 25
- 4.3 Koreksi Peta Kawasan Terbangun 27
- 4.4 Nilai Dimensi Fraktal dan *Lacunarity* 29

BAB V KESIMPULAN 36
- 5.1 Kesimpulan 36
- 5.2 Saran 36

DAFTAR PUSTAKA 37

LAMPIRAN 39

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Dua gambar dengan masing-masing terdiri dari 64 persegi berwarna hitam dan kerapatan yang sama namun dengan dimensi fraktal yang berbeda (D = 1.89 (a) dan D =2.00 (b)) ... 6

Gambar 2.2 Tiga macam penempatan dari 24 persegi berwarna hitam pada luas permukaan yang tetap. 6

Gambar 2.3 Penampakan pola Segitiga Sierpinski pada n=0 hingga n=3. 8

Gambar 2.4 Bentuk dari himpunan Mandelbrot. 9

Gambar 2.5 Metode Box-Counting untuk menghitung panjang garis pantai Inggris 12

Gambar 2.6 Contoh citra satelit Sentinel-2 13

Gambar 2.7 Kotak berukuran r diterapkan pada citra biner 12x12 piksel 16

Gambar 2.8 Proses konversi citra grayscale dengan thresholding lokal 18

Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian 19

Gambar 3.2 Diagram alir penelitian 24

Gambar 4.1 Peta klasifikasi kawasan terbangun (putih) dan non-terbangun (hitam) Kota Singkawang berdasarkan NDBI pada tahun (a) 2017, (b) 2018, (c) 2019, (d) 2020, (e) 2021, (f) 2022, dan (g) 2023. Ukuran citra 3507 × 2480 piksel 26

Gambar 4.2 Perbandingan peta sebelum dan setelah dilakukan koreksi 28

Gambar 4.3 Peta overlay perkembangan kawasan terbangun Kota Singkawang tahun 2017 (merah), tahun 2018 (hijau), dan tahun 2019 (putih) 31

Gambar 4.4 Peta overlay perkembangan kawasan terbangun Kota Singkawang tahun 2019 (merah), tahun 2020 (hijau) dan tahun 2021 (putih) 32

Gambar 4.5 Peta overlay perkembangan kawasan terbangun Kota Singkawang tahun 2021 (merah), tahun 2022 (hijau), dan tahun 2023 (putih) 33

Gambar 4.6 Peta kontur Kota Singkawang 34

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Daftar 13 band satelit Sentinel-2. 14
Tabel 2.2 Klasifikasi kelas berdasarkan nilai NDBI. 15
Tabel 2.3 Perhitungan nilai lacunarity dari citra masukan 17
Tabel 3.1 Klasifikasi kawasan menjadi 2 kelas 21
Tabel 4.1 Nilai dimensi fraktal dan lacunarity 29
Tabel 4.2 Perbandingan nilai dimensi fraktal dan *lacunarity* pertahun 30

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Pengolahan citra sentinel-2 pada halaman Google Earth Engine (GEE)..... 39
Lampiran 2. Koreksi Peta Kawasan Terbangun 41
Lampiran 3. Perhitungan Nilai Dimensi Fraktal dan Lacunarity 43

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Singkawang merupakan salah satu kota administratif di Provinsi Kalimantan Barat, berada di antara Kabupaten Sambas dan Kabupaten Bengkayang. Secara geografis, Kota Singkawang terletak pada koordinat 0°44'55,85" - 1°01'21,51" Lintang Utara dan 108°51'47,6" - 109°10'19" Bujur Timur. Dengan luas wilayah mencapai 504 km² (50.400 ha) atau mencakup sekitar 0,34 % dari total wilayah Provinsi Kalimantan Barat. Wilayahnya berbatasan dengan Kabupaten Sambas di sebelah utara, Kabupaten Bengkayang di sebelah selatan dan timur, serta Laut Natuna di sebelah barat (BPS Kota Singkawang, 2023).

Berdasarkan data Kota Singkawang Dalam Angka (KDA) tahun 2020 mengenai penggunaan lahan, sebagian besar wilayah Kota Singkawang terdiri dari perkebunan (45,60 %), hutan (15,19 %), dan sawah irigasi non-teknis (12,92 %). Dari total luas wilayah sebesar 50.400 ha, area permukiman hanya mencakup 358 ha (0,71 %), sedangkan area industri merupakan yang terkecil, yaitu sekitar 10 ha (0,02 %). Sisa penggunaan lahan terdiri atas padang/semak (10,73 %), hutan belukar (6,51 %), kebun campuran (5,22 %), pertambangan (2,61 %), serta kategori lainnya (0,50 %) (BPS Kota Singkawang, 2020).

Berdasarkan Badan Pusat Statistik Kota Singkawang, pada tahun 2021 jumlah penduduk Kota Singkawang secara keseluruhan berjumlah 237.891 jiwa yang terbagi menjadi 5 Kecamatan (BPS Kota Singkawang, 2021). Pertambahan penduduk dalam suatu kawasan berbanding lurus dengan kebutuhan akan ruang. Kondisi ini menunjukkan kemungkinan terjadinya perluasan pemukiman dari kawasan perkotaan dan memperlebar area cakupannya ke kawasan yang rendah penduduk seperti kawasan pedesaan sehingga terjadinya alih fungsi dari lahan pertanian atau lahan hijau menjadi kawasan *urban* seperti pemukiman, bisnis maupun industri (Mosammam *et al.*, 2016).

Kawasan *urban* adalah kawasan yang menjadi pusat pemukiman, ekonomi maupun industri dengan pekerjaan utamanya di luar bidang pertanian. Berbeda

dengan kawasan pedesaan yang umumnya meliputi kawasan pertanian, hutan dan sebagian kecil pemukiman. Fenomena munculnya kawasan *urban* baru di sekeliling kawasan *urban* yang lama seperti disebut *urban sprawl*. Secara istilah, *urban sprawl* adalah perluasan pemukiman secara terus menerus di sekeliling wilayah *urban*. *Urban sprawl* mempunyai ciri-ciri yaitu berubahnya kawasan pertanian menjadi pemukiman yang baru. Pada lahan yang terbuka, terutama yang berada di sekitar kawasan terbangun memiliki tekanan pembangunan yang lebih tinggi dan mendorong terjadinya perubahan penggunaan lahan untuk kawasan permukiman, terutama pada kawasan pertanian serta lahan terbuka hijau sebagai penyangga ekologis. Berkurangnya kawasan terbuka hijau dan alih fungsi menjadi kawasan terbangun dapat menimbulkan dampak buruk pada lingkungan (Nurrokhman, 2019). Perluasan perkotaan dapat dibagi menjadi tiga jenis: perluasan konsentris, perkembangan linear (*linier development*), dan perkembangan melompat (*leapfrog development*). Jika tindakan mitigasi tidak dilakukan, perluasan perkotaan akan memiliki efek negatif. Efek dari fenomena ini termasuk kecelakaan lalu lintas, penggunaan ruang publik yang tidak teratur, kualitas lingkungan yang rendah, dan peningkatan penggunaan lahan (Hanief dan Dewi, 2014).

Salah satu metode analisis yang telah berhasil digunakan untuk mengetahui perkembangan daerah permukiman adalah analisis fraktal. Analisis fraktal dapat digunakan untuk mengidentifikasi area lanskap fungsional atau daerah perkotaan (Thomas *et al.*, 2007), dan telah berhasil menentukan nilai dimensi fraktal untuk menunjukkan perkembangan area terbangun selama 40 tahun (Encarnação *et al.*, 2012). Analisis fraktal telah lama digunakan untuk memahami kompleksitas geometris objek alam dan buatan manusia, terutama dalam hal distribusi spasial dan struktur skala. Dimensi fraktal menjadi alat utama dalam mengukur pola pengisian ruang suatu objek pada berbagai skala (Mandelbrot, 1983).

Namun, dimensi fraktal saja sering kali tidak cukup untuk menjelaskan heterogenitas tekstur atau variasi dalam distribusi permukiman maupun kekosongan (*gaps*) pada suatu wilayah. Oleh karena itu, diperlukan kombinasi antara analisis fraktal dengan *lacunarity*. Dimensi fraktal berperan dalam mengukur

kompleksitas geometris secara keseluruhan, sedangkan *lacunarity* berperan mengukur tekstur atau heterogenitas distribusi elemen di dalam objek tersebut.

Pada penelitian ini, gambaran perkembangan permukiman Kota Singkawang akan dianalisis berdasarkan nilai dimensi fraktal dan *lacunarity*. Dimensi fraktal dan *lacunarity* akan dihitung menggunakan metode *Box-Counting*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan untuk pemantauan perkembangan perkotaan yang relevan dan mengantisipasi fenomena *urban sprawl*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menghitung nilai dimensi fraktal dan *lacunarity* untuk kawasan terbangun di Kota Singkawang dengan metode *Box-Counting*?
2. Bagaimana analisis perkembangan kawasan terbangun di Kota Singkawang dari tahun 2017 hingga tahun 2023 berdasarkan nilai dimensi fraktal dan *lacunarity*?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari keluasan pengertian yang mungkin timbul, maka batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Data yang digunakan untuk analisis fraktal adalah data citra satelit Sentinel-2
2. Perubahan bentuk kota antara lain perkembangan area terbangun dan alih munculnya permukiman di daerah yang sebelumnya lahan hijau
3. Klasifikasi citra ke dalam dua jenis yaitu kawasan terbangun dan non terbangun berdasarkan nilai *Normalized Different Built-up Index* (NDBI)
4. Kawasan terbangun adalah kawasan yang dimaksud berupa daerah dengan tutupan lahan seperti bangunan, namun tidak memuat informasi tipe maupun fungsi bangunan
5. Dalam penelitian ini, penerapan analisis fraktal untuk mengidentifikasi *urban sprawl* tidak memperhitungkan aspek sosial, ekonomi, dan budaya.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menghitung nilai dimensi fraktal dan *lacunarity* kawasan terbangun Kota Singkawang menggunakan metode *Box-Counting*
2. Menganalisis perkembangan kawasan terbangun Kota Singkawang dari tahun 2017 hingga tahun 2023 berdasarkan nilai dimensi fraktal dan *lacunarity*.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang pola dan perkembangan kawasan terbangun di Kota Singkawang, yang dapat digunakan sebagai alat pemantauan perubahan penggunaan lahan dan perencanaan pembangunan kota secara berkelanjutan.
2. Dapat memberikan wawasan mengenai pola *urban sprawl* di Kota Singkawang, yang berguna untuk merancang kebijakan tata ruang dan mitigasi dampak negatif dari perluasan kawasan perkotaan, seperti pengurangan lahan terbuka hijau dan peningkatan kerusakan lingkungan.