

Pengaruh Perkembangan Industri Terhadap Pola Penyebaran Lahan Terbangun di Kota Balikpapan Berbasis Analisis *Shannon's Entropy*

Berly Gizela^{a*}, Dhyah Puspita Dewi^a, Maryo Inri Pratama^a, Srirahadita Pamungkas^a

^aProdi Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Kalimantan
Jalan Soekarno-Hatta Km. 15, Karang Joang, Balikpapan, Kalimantan Timur

*Email : gizelaberly@gmail.com

Abstrak

Sektor industri besar dan menengah pengolahan di Kota Balikpapan memberikan kontribusi sebesar 47,26% terhadap Produk Domestik Regional Bruto (PDRB), yang menunjukkan peran strategis sektor ini dalam perekonomian kota. Pembangunan industri di Balikpapan juga selaras dengan arah kebijakan dalam Rencana Pembangunan Jangka Panjang (RPJP) Kota Balikpapan tahun 2005–2025, yang menempatkan industri sebagai salah satu dari lima dimensi utama pembangunan kota. Perkembangan industri mendorong peningkatan jumlah tenaga kerja dan aktivitas ekonomi yang kemudian menyebabkan terjadinya migrasi menuju kawasan industri. Kondisi ini menuntut penyediaan lahan pendukung, seperti permukiman dan infrastruktur, sehingga mendorong konversi lahan tidak terbangun menjadi lahan terbangun. Perubahan ini memicu terbentuknya pola spasial tertentu dalam penyebaran lahan terbangun. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perkembangan industri terhadap pola penyebaran lahan terbangun di Kota Balikpapan. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan mengombinasikan model Shannon Entropy, data penginderaan jauh, dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Hasil analisis menunjukkan adanya perubahan pola penyebaran lahan terbangun dari pola *ribbon development* menjadi *leapfrog* terhadap industri maupun jalan.

Kata Kunci : *Model Shannon's Entropy, Penginderaan Jauh, Perkembangan Industri, Pola Penyebaran Lahan Terbangun*

1. Latar Belakang

Sektor industri memegang peranan penting dalam mendukung pembangunan wilayah. Hasil dari berbagai penelitian mengenai perkembangan industri menunjukkan bahwa perkembangan industri sering kali diikuti oleh perubahan fisik pada lanskap wilayah, salah satunya adalah perubahan pada pola penyebaran lahan terbangun. Ketika industri berkembang, permintaan akan lahan untuk aktivitas ekonomi, hunian tenaga kerja, dan infrastruktur pendukung lainnya juga meningkat secara signifikan^[4].

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa perkembangan industri berdampak

langsung pada perubahan tutupan dan pola lahan. Keberadaan industri di Blera menyebabkan konversi lahan non-terbangun menjadi terbangun^[1], sementara di Gondangrejo terjadi penyempitan lahan pertanian hingga 4,5% akibat ekspansi industri dan kebutuhan hunian pekerja, termasuk di kawasan lindung^[2]. Di Bergas, pertumbuhan industri mendorong perubahan pola ruang dari sebaran acak menjadi terintegrasi sepanjang koridor jalan utama, dengan perubahan terbesar terjadi di area yang memiliki konektivitas langsung ke kawasan industri^[3]. Namun, temuan tersebut tidak sepenuhnya konsisten dengan hasil studi lain. Beberapa

penelitian yang menggunakan pendekatan spasial kuantitatif, menemukan bahwa meskipun jumlah dan luas industri meningkat, tidak terdapat hubungan signifikan terhadap pola penyebaran lahan terbangun secara statistik^{[13][14]}. Penyebaran justru lebih dipengaruhi oleh keberadaan infrastruktur jalan dan tekanan permukiman di wilayah pinggiran kota. Perbedaan hasil ini menunjukkan adanya celah penelitian yang perlu ditelaah lebih lanjut, terutama dengan pendekatan spasial yang lebih mendalam untuk mengevaluasi sejauh mana perkembangan industri benar-benar memengaruhi pola sebaran lahan terbangun dalam konteks wilayah tertentu.

Kota Balikpapan merupakan pusat industri pengolahan minyak terbesar di luar Jawa, dengan sektor industri pengolahan menyumbang 47,26% terhadap PDRB kota^[5]. Pembangunan industri di Balikpapan juga selaras dengan arah kebijakan dalam Rencana Pembangunan Jangka Panjang (RPJP) Kota Balikpapan tahun 2005–2025, yang menempatkan industri sebagai salah satu dari lima dimensi utama pembangunan kota^[15]. Pertumbuhan ini didukung oleh peningkatan tenaga kerja sehingga dampaknya terlihat dari meningkatnya permukiman baru di sekitar kawasan industri. Perubahan lahan terbangun cenderung mengikuti koridor industri dan jalan utama, namun tanpa pengelolaan yang baik, hal ini memicu *urban sprawl*, aktivitas informal, dan tekanan terhadap tata guna lahan^[11]. Kondisi ini menunjukkan pentingnya analisis pola penyebaran lahan terbangun sebagai dasar pengendalian pemanfaatan ruang yang adaptif dan berkelanjutan.

Secara garis besar terdapat tiga macam proses perluasan areal perkotaan, yaitu^[6]:

1. Perambatan Konsentris (*Concentric Development*)

Tipe ini merupakan jenis penjalaran perkotaan yang berjalan dengan lambat terbatas pada semua bagian luar kenampakan fisik kota. Karena sifat perambatannya yang merata di setiap sisi

kenampakan kota maka pada tahap selanjutnya kota akan membentuk suatu morfologi yang relatif lebih kompak. Pada tipe ini peran transportasi terhadap perkembangan dan morfologi kota tidak begitu besar.

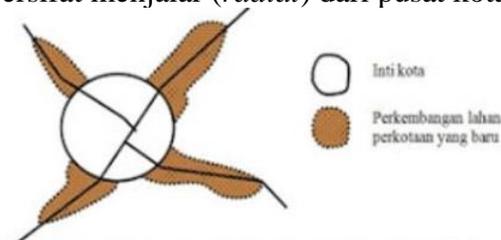


Gambar 1. Model Perambatan Kota Secara Konsentris

Sumber : Yunus, 2000

2. Perambatan Memanjang (*Ribbon Development*)

Tipe ini menunjukkan ketidakmerataan perambatan areal kekotaan di semua areal sisi luar dari areal kota utama. Perambatan paling cepat terlihat di sepanjang jalur transportasi yang ada, khususnya yang bersifat menjalar (*radial*) dari pusat kota.



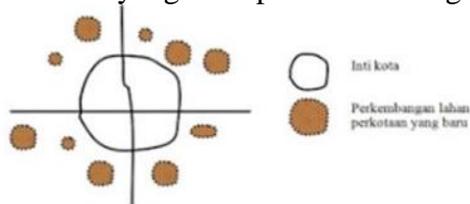
Gambar 2. Model Penjalaran Fisik Kota Memanjang/ Linier

Sumber : Yunus, 2000

3. Perambatan Meloncat (*Leap Frog Development*)

Jenis perkembangan ini oleh sebagian besar ahli lingkungan dipandang sebagai kurang menguntungkan, tidak efisien dari segi ekonomi, serta kurang memiliki nilai estetika dan daya tarik. Perkembangan lahan perkotaan yang tersebar secara sporadis dan tumbuh di tengah lahan pertanian menimbulkan tantangan signifikan bagi pemerintah kota dalam penyediaan infrastruktur dan fasilitas kehidupan sehari-hari. Biaya yang diperlukan untuk pembangunan jaringan infrastruktur tersebut seringkali tidak sebanding dengan jumlah penduduk yang

dilayani, terutama bila dibandingkan dengan penduduk yang tinggal di kawasan perkotaan yang lebih padat dan terorganisir.



Gambar 3. Model Penjalaran Fisik Kota Secara Meloncat

Sumber : Yunus, 2000

Oleh karena itu, penelitian ini menjadi sangat penting untuk dilakukan mengingat dinamika perkembangan industri yang kian pesat tidak hanya berdampak pada aspek ekonomi, tetapi juga membawa konsekuensi langsung terhadap perubahan struktur spasial kota. Ketidaksesuaian hasil temuan di berbagai daerah menunjukkan bahwa belum ada kesimpulan yang universal mengenai sejauh mana industri memengaruhi pola penyebaran lahan terbangun. Di sisi lain, Kota Balikpapan sebagai kawasan strategis industri nasional menghadapi tantangan serius dalam mengelola pertumbuhan lahan terbangun yang berpotensi menciptakan *urban sprawl* dan tekanan tata ruang yang tidak terkendali. Dengan demikian, studi ini sangat krusial untuk memperkuat pemahaman mengenai hubungan spasial antara perkembangan industri dan pola perubahan lahan, serta memberikan landasan ilmiah bagi pengambilan kebijakan pembangunan wilayah yang lebih terarah dan berkelanjutan.

2. Metodologi

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis spasial untuk menganalisis pengaruh perkembangan industri terhadap pola penyebaran lahan terbangun di Kota Balikpapan. Industri yang digunakan dalam penelitian ini adalah industri besar dan menengah berdasarkan klasifikasi jumlah tenaga kerja^[12]. Data utama yang digunakan berupa titik lokasi industri dari Direktori Industri Besar dan

Sedang (IBS) Kota Balikpapan tahun 2019 dan 2024, yang mencakup informasi jumlah industri, lokasi, serta jumlah tenaga kerja. Data ini dianalisis secara kuantitatif untuk mengidentifikasi pertumbuhan jumlah industri dan tenaga kerja secara absolut maupun relatif.

Sebagai lanjutan dari analisis tersebut, dilakukan pula analisis tutupan lahan terbangun pada tahun 2019 dan 2024 menggunakan Citra Sentinel-2A. Analisis ini bertujuan untuk mengamati dinamika perubahan fisik wilayah sebagai respons terhadap perkembangan industri. Tutupan lahan ialah penutup biofisik yang dapat diamati dan merupakan hasil manipulasi manusia untuk mendukung aktivitas produksi atau pemeliharaan lahan tersebut^[9]. Klasifikasi penutup lahan dalam penelitian ini disederhanakan menjadi lahan terbangun dan tidak terbangun. Penyederhanaan ini didasarkan pada pendekatan klasifikasi tematik yang umum digunakan dalam studi penginderaan jauh skala menengah^[10] serta disesuaikan dengan karakteristik wilayah studi dan tujuan analisis Shannon Entropy. Proses pengolahan citra meliputi layer stacking dan komposit band natural RGB (4-3-2), pemotongan citra berdasarkan batas administrasi Kota Balikpapan, serta klasifikasi citra menggunakan metode *maximum likelihood classification*. Sebelum klasifikasi dilakukan, ditentukan area pelatihan (*training area*) secara visual dengan minimal tiga poligon untuk setiap kelas. Penentuan titik sampel dilakukan dengan metode *stratified random sampling* kemudian dilakukan uji akurasi dengan jumlah sampel dihitung menggunakan rumus Slovin. Validasi hasil klasifikasi dilakukan melalui reinterpretasi visual menggunakan citra resolusi tinggi dari Google Earth dan uji akurasi menggunakan confusion matrix serta koefisien Kappa, dengan standar akurasi minimal sebesar 81%.

Selanjutnya dilakukan analisis *multiple ring buffer* untuk lahan terbangun terhadap industri dan jaringan jalan utama. Analisis

lebih lanjut dilakukan untuk menilai pola penyebaran spasial lahan terbangun menggunakan metode *Shannon Entropy*. Analisis ini menghitung indeks *entropi relatif* terhadap pusat pertumbuhan industri dan jaringan jalan utama untuk masing-masing tahun pengamatan. Nilai indeks dihitung berdasarkan distribusi proporsi luas lahan terbangun pada zona-zona analisis yang telah ditentukan. Hasil indeks tersebut kemudian dianalisis menggunakan matriks keruangan yang membagi kategori pola penyebaran ke dalam empat kuadran: terpusat ke industri, campuran, linear mengikuti jalan (*ribbon development*), dan menyebar acak (*leapfrog development*). Perubahan posisi nilai indeks dari tahun 2019 ke 2024 digunakan untuk menilai dinamika pola penyebaran fisik kawasan terbangun yang berkaitan dengan pertumbuhan sektor industri di Kota Balikpapan.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan Direktori Industri Besar dan Menengah Kota Balikpapan, pada tahun 2019 jumlah usaha berskala industri besar dan sedang di Kota Balikpapan berjumlah 50 perusahaan dengan jumlah tenaga kerja sebanyak 12.936 orang^[7]. Sedangkan pada tahun 2024 berdasarkan Direktori Industri Besar dan Menengah Kota Balikpapan tahun 2024, jumlah industri besar dan sedang di Kota Balikpapan sejumlah 91 perusahaan dengan jumlah tenaga kerja sejumlah 73.176 orang^[8]. Dapat disimpulkan bahwa sektor industri besar dan sedang di Kota Balikpapan mengalami pertumbuhan yang signifikan, baik dari segi jumlah usaha maupun penyerapan tenaga kerja.

Penelitian ini menggunakan citra Sentinel-2A tahun 2019 dan 2024 untuk melakukan klasifikasi penutup lahan dengan metode *supervised classification* menggunakan algoritma *Maximum Likelihood*. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *stratified random sampling* berdasarkan keseragaman warna dan rona pada citra. Validasi hasil klasifikasi

dilakukan menggunakan citra Maxar dan Airbus melalui platform *Google Earth*, serta verifikasi lapangan pada tahun 2024.

Perhitungan jumlah sampel dilakukan dengan rumus Slovin, menghasilkan 400 titik sampel dari populasi sebesar 9,8 juta piksel. Hasil uji akurasi menunjukkan bahwa nilai *overall accuracy* sebesar 87,5% dan nilai koefisien Kappa sebesar 0,85, yang berarti klasifikasi memiliki tingkat akurasi yang sangat baik. Kemudian pada tahun 2024 Hasil uji akurasi menunjukkan bahwa nilai *overall accuracy* sebesar 89,2% dan nilai koefisien Kappa sebesar 0,87, yang mengindikasikan klasifikasi dilakukan dengan akurasi yang sangat baik dan tingkat kesesuaian yang tinggi terhadap data referensi.

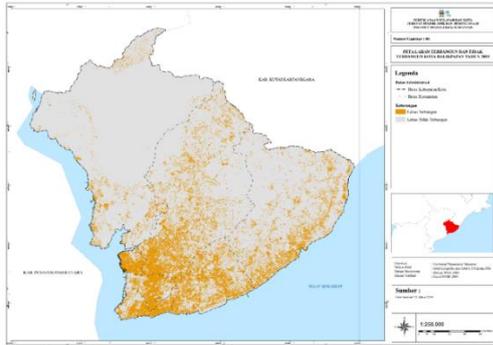
Berdasarkan hasil klasifikasi, terjadi peningkatan luas lahan terbangun sebesar 25,7 km² dalam lima tahun terakhir. Sebaliknya, lahan hutan, lahan terbuka, dan semak belukar mengalami penurunan akibat konversi lahan untuk permukiman, infrastruktur, dan kegiatan ekonomi. Perubahan tutupan lahan ini mencerminkan dinamika pemanfaatan ruang yang dipengaruhi oleh pertumbuhan industri dan kebutuhan akan lahan terbangun di Kota Balikpapan. Berikut adalah tabel hasil luas tutupan lahan Kota Balikpapan Tahun 2019-2024.

Tabel 1. Luas Tutupan Lahan Tahun 2019-2024

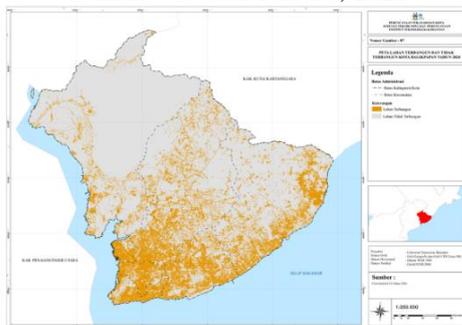
No	Kelas	Luas Lahan (Km ²)		Perubahan Luas (Km ²)
		2019	2024	
1.	Hutan	216,9	212,4	-4,5
2.	Badan Air	27,4	21,3	-6,1
3.	Lahan Terbangun	87,7	113,4	+25,7
4.	Lahan Terbuka	36,3	26,3	-10,0
5.	Semak Belukar	142,5	137,6	-4,9
TOTAL		511	511	

Sumber : Analisis Penulis, 2025

Berikut adalah peta tutupan lahan terbangun Kota Balikpapan Tahun 2019 dan 2024.

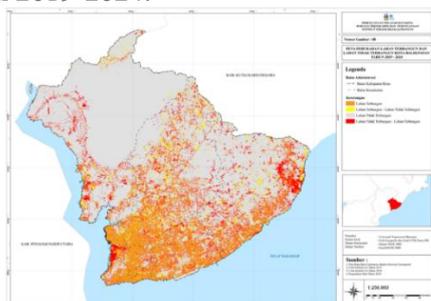


Gambar 4. Peta Tutupan Lahan Terbangun Kota Balikpapan Tahun 2019
Sumber : Olahan Penulis, 2025



Gambar 5. Peta Tutupan Lahan Kota Balikpapan Tahun 2024
Sumber : Olahan Penulis, 2025

Untuk mengetahui perubahan tutupan lahan terbangun dan tidak terbangun, dilakukan analisis *overlay* antara data tutupan lahan tahun 2019 dan 2024. Hasil *overlay* digunakan untuk dijadikan dasar dalam analisis *Shannon Entropy*. Analisis ini bertujuan untuk menilai pola penyebaran lahan terbangun secara spasial terhadap pusat industri dan jaringan jalan utama. Berdasarkan hasil *overlay*, diketahui bahwa terjadi perubahan tutupan lahan tidak terbangun menjadi lahan terbangun dengan luas mencapai 53,8 km² dalam kurun waktu 2019-2024. Berikut adalah peta perubahan lahan terbangun di Kota Balikpapan tahun 2019-2024.



Gambar 6. Peta Perubahan Lahan Terbangun - Lahan Tidak Terbangun
Sumber : Olahan Penulis, 2025

Penilaian terhadap perubahan pola penyebaran lahan terbangun di Kota Balikpapan dilakukan melalui pendekatan *Shannon's Entropy* yang memperhitungkan kedekatan terhadap pusat industri dan jaringan jalan utama. Kota dibagi menjadi tiga zona menggunakan metode *multiple ring buffer* untuk mengevaluasi sebaran spasial lahan terbangun secara bertahap. Berikut adalah luas lahan terbangun terhadap pusat industri dan jalan tahun 2019-2024.

Tabel 2. Luas Lahan Terbangun Terhadap Pusat Industri dan Jalan

Zona	2019		2024	
	Pusat Industri	Jalan	Pusat Industri	Jalan
1	36,17	74,19	58,50	70,56
2	26,65	10,59	27,73	27,97
3	8,59	1,82	11,96	11,25

Sumber : Analisis Penulis, 2025

Kemudian dilakukan perhitungan dengan rumus berikut.

$$H_p' = - \frac{1}{\log n} \sum_{i=1}^n p_i \log p_i \dots \dots \dots (1)$$

$$H_j' = - \frac{1}{\log n} \sum_{i=1}^n p_i \log p_i \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

H_p' : Indeks Relative Entropy terhadap pusat pertumbuhan Industri

H_j' : Indeks Relative Entropy terhadap Jalan Utama

i : Tahun

P_i : Proporsi variabel yang terjadi pada ith zona

X_i : Luas kawasan lahan terbangun di setiap zona

X : Total luas kawasan lahan terbangun

n = Total Zona

Hasil perhitungan indeks relative entropy adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Nilai Indeks Relative Entropy Kota Balikpapan

Kota	Perspektif Terhadap	Indeks Relative Entropy Berdasarkan Tahun	
		2019	2024
Balikpapan	Pusat Industri	0,90	0,84
	Jalan	0,42	0,80

Sumber : Analisis Penulis, 2025

Perhitungan indeks entropy menunjukkan bahwa terhadap pusat industri ($H'p$), nilai indeks menurun dari 0,90 pada tahun 2019 menjadi 0,84 pada tahun 2024, yang mengindikasikan konsentrasi pembangunan yang masih relatif tinggi di sekitar pusat industri. Sebaliknya, indeks terhadap jaringan jalan ($H'j$) meningkat tajam dari 0,42 menjadi 0,80 pada periode yang sama, menunjukkan bahwa penyebaran lahan terbangun menjadi semakin menyebar dan tidak hanya terkonsentrasi pada zona tertentu di sekitar jaringan jalan utama.

Perubahan kombinasi nilai $H'p$ dan $H'j$ ini memindahkan posisi Kota Balikpapan dalam matriks keruangan dari Kuadran C ke Kuadran D. Pada tahun 2019, pola penyebaran lahan terbangun menunjukkan kecenderungan linier mengikuti jaringan jalan (*ribbon development*), sedangkan pada tahun 2024 penyebaran menjadi lebih merata ke berbagai arah, mencerminkan pola spasial yang menyebar (*sprawl*). Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan lahan terbangun tidak lagi terfokus pada kawasan industri atau jalan utama, melainkan menyebar ke berbagai arah dan dipengaruhi oleh faktor lain di luar variabel yang diteliti

Transisi pola dari terpusat ke menyebar memberikan indikasi penting bagi perencanaan wilayah. Jika tidak diantisipasi dengan baik, penyebaran acak dan tidak terkendali berisiko menimbulkan gejala *urban sprawl*, konversi lahan yang masif, serta tekanan terhadap tata guna lahan dan infrastruktur kota. Oleh karena itu, hasil analisis ini penting sebagai dasar dalam penyusunan strategi pengendalian pemanfaatan ruang yang lebih adaptif dan berkelanjutan.

4. Kesimpulan

Industri di Kota Balikpapan mengalami pertumbuhan signifikan antara tahun 2019–2024, dengan peningkatan jumlah industri dari 50 menjadi 91 unit, tenaga kerja dari 12.936 menjadi 73.176 orang, dan perluasan lahan industri dari 82,95 ha

menjadi 435,56 ha. Terjadi perubahan tutupan lahan tidak terbangun menjadi lahan terbangun dengan luas mencapai 53,8 km² selama kurun waktu 2019–2024. Berdasarkan analisis Shannon Entropy, pola penyebaran lahan terbangun bergeser dari pola linier (Kuadran C) pada tahun 2019 menuju pola acak dan tersebar (Kuadran D) pada tahun 2024. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan lahan terbangun tidak lagi terfokus pada kawasan industri atau jalan utama, melainkan menyebar ke berbagai arah dan dipengaruhi oleh faktor lain di luar variabel yang diteliti.

Daftar Pustaka

- [1] Y. N. Fatikawati and M. Muktiali, "Pengaruh Keberadaan Industri Gula Blera Terhadap Perubahan Penggunaan Lahan, Sosial Ekonomi Dan Lingkungan Di Desa Tinapan Dan Desa Kedungwungu," *Teknik PWK*, vol. 4, no. 3, pp. 345–360, 2015.
- [2] D. A. Sholihah, S. Soedwihajono, and K. Kusumastuti, "Dampak Perkembangan Aglomerasi Industri Gondangrejo, Karanganyar terhadap Perubahan Spasial," *Region*, vol. 13, no. 2, p. 115, 2018.
- [3] Abdullah, "Pengaruh Perkembangan Industri terhadap Pola Pemanfaatan Lahan di Wilayah Kecamatan Bergas," Tesis, 2010.
- [4] S. Muslim, R. P. Utomo, dan C. T. Permana, "Perubahan penggunaan lahan dan pola spasial tutupan lahan di sekitar Kawasan Industri Purwosuman, Sragen," **Region: Jurnal Pembangunan Wilayah dan Perencanaan Partisipatif**, vol. 18, no. 1, 2023. <https://jurnal.uns.ac.id/region/article/view/53755>. doi: 10.20961/region.v18i1.53755
- [5] Badan Pusat Statistik Kota Balikpapan, *Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Kota Balikpapan Menurut Lapangan Usaha Tahun 2023*. Balikpapan: BPS, 2023.

- [6] H. S. Yunus, *Struktur Tata Ruang Kota*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2000.
- [7] Badan Pusat Statistik Kota Balikpapan, Direktori industri besar dan sedang Kota Balikpapan 2019. Balikpapan: BPS, 2019.
- [8] Badan Pusat Statistik Kota Balikpapan, Direktori industri besar dan sedang Kota Balikpapan 2024. Balikpapan: BPS, 2024.
- [9] Badan Standardisasi Nasional, Klasifikasi penutup lahan untuk skala kecil dan menengah (SNI 7645-1:2014). Jakarta: BSN, 2014. [Online]. Available: <https://peraturan.bsn.go.id/>
- [10] T. M. Lillesand, R. W. Kiefer, and J. W. Chipman, Remote Sensing and Image Interpretation, 5th ed. New York: John Wiley & Sons, 2004.
- [11] K. C. Setyawati, M. K. Ghifari, dan M. A. Aribahwanto, "Pengaruh urban sprawl terhadap tata kota Surabaya," *Journal of Economics Development Issues*, vol. 5, no. 2, pp. 78–85, 2022. doi: 10.33005/jedi.v5i2.122.
- [12] Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor 64/M-IND/PER/7/2016. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/163977/permenperin-no-64-m-ind-per-7-2016>
- [13] M. R. Pratama, Pengaruh Perkembangan Industri terhadap Perubahan Penggunaan Lahan di Kecamatan Teras, Boyolali, Skripsi, Universitas Islam Sultan Agung, 2024.
- [14] F. F. Nasukha, Pengaruh Perkembangan Industri terhadap Pola Perubahan Penggunaan Lahan di Kecamatan Kaliwungu, Kabupaten Kendal, Skripsi, Universitas Negeri Semarang, 2021.
- [15] Pemerintah Kota Balikpapan, Perda Kota Balikpapan No. 1 Tahun 2013 tentang RPJPD 2005–2025.