

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perubahan iklim dan peningkatan suhu global menjadi isu lingkungan paling krusial abad ini (Abdilllah *et al.*, 2024). Menurut IPCC (2023), suhu global telah meningkat sekitar 1,1 °C sejak era pra-industri (Bevacqua *et al.*, 2025). BMKG telah menganalisis perubahan suhu udara rata-rata tahunan periode 1981–2024 menunjukkan kenaikan sebesar 1,02 °C selama 44 tahun. Jika dirata-ratakan per dekade, maka ini setara dengan kira-kira 0,23 °C per dekade (BMKG, 2024). Urbanisasi yang terus berkembang, disertai dengan meluasnya kawasan industri, menyebabkan percepatan perubahan suhu pada skala lokal. Hal ini terjadi karena alih fungsi lahan yang semula berupa ruang terbuka atau vegetasi menjadi area terbangun, sehingga meningkatkan dominasi tutupan lahan kedap air dan berkontribusi pada kenaikan suhu lingkungan (Bevacqua *et al.*, 2025). Perubahan penggunaan lahan yang masif di kawasan industri telah menjadi isu penting dalam studi lingkungan dan perencanaan tata ruang. Secara global, pembangunan kawasan industri merupakan salah satu pendorong signifikan perubahan penutup lahan dan iklim mikro. Konversi lahan vegetatif menjadi area terbangun mengubah sifat fisik permukaan bumi, menurunkan kapasitas penyerapan karbon, mengurangi kelembaban tanah, dan meningkatkan potensi terbentuknya kantong panas (*heat pockets*). Berbagai studi di Asia, Amerika, dan Eropa menunjukkan bahwa pembangunan kawasan industri berkontribusi terhadap peningkatan suhu permukaan lahan (*Land Surface Temperature/LST*) serta penurunan kerapatan vegetasi (*Normalized Difference Vegetation Index/NDVI*) (Bagyaraj *et al.*, 2023; Salan & Bhuiyan, 2024; Oli *et al.*, 2025).

Fenomena serupa juga terlihat di Indonesia. Beberapa kawasan industri besar seperti Kawasan Industri Jababeka, Karawang, dan Kawasan Industri Kendal (KIK) telah mengalami perubahan tata guna lahan yang masif. Penelitian di KIK menunjukkan bahwa konversi lahan seluas 87,49 ha dalam kurun waktu 10 tahun dapat meningkatkan suhu permukaan hingga 5 °C (Prasetyo *et al.*, 2021). Hal ini membuktikan bahwa pembangunan kawasan industri di Indonesia, meskipun

mendorong pertumbuhan ekonomi, juga membawa konsekuensi lingkungan yang signifikan dan perlu dikelola secara berkelanjutan. Salah satu contoh nyata yang mencerminkan tantangan ini adalah proyek strategis nasional yang tengah dikembangkan yaitu Kawasan Industri Terpadu Batang (KITB) yang berada di Kabupaten Batang, Jawa Tengah (Nurdin & Navitas, 2022). Pemilihan KITB sebagai lokasi penelitian didasarkan pada beberapa pertimbangan. KITB merupakan kawasan industri baru dan terbesar di Jawa Tengah, sehingga memberikan peluang untuk mengkaji dampak lingkungan sejak tahap awal pengembangannya (Prasetya, 2024). Proses konversi lahan yang masif dalam waktu singkat berpotensi menimbulkan perubahan suhu permukaan dan penurunan kerapatan vegetasi yang signifikan. Lokasi yang berdekatan dengan permukiman, lahan produktif, dan ekosistem pesisir menjadikan dampaknya penting untuk dianalisis secara ilmiah (Mustakim *et al.*, 2023). Selain itu, kajian ilmiah mengenai perubahan LST, NDVI, dan tutupan lahan terbangun pasca pembangunan KITB masih sangat terbatas, sehingga penelitian ini memiliki nilai kebaruan yang tinggi.

Transformasi ruang yang terjadi di Kawasan Industri Terpadu Batang melibatkan alih fungsi lahan sawah, kebun, dan vegetasi menjadi zona industri yang menyebabkan peningkatan suhu permukaan lahan serta perubahan iklim mikro di sekitarnya (Mustakim *et al.*, 2023). Transformasi ini telah menyebabkan tekanan ekologis yang signifikan seperti peningkatan suhu permukaan lahan akibat berkurangnya vegetasi, berkurangnya kelembaban tanah dan meningkatnya area terbangun yang menyerap dan menyimpan panas lebih besar (Prastiwi, 2022). Studi oleh (Prasetyo *et al.*, 2021) di Kawasan Industri Kendal menunjukkan bahwa perubahan kelas lahan bangunan seluas 87,49 ha dalam kurun waktu 10 tahun meningkatkan suhu permukaan hingga 5 °C dan indeks kenyamanan termal meningkat sebesar 3 °C. Ini menegaskan bahwa transformasi lahan akibat pembangunan industri memiliki korelasi kuat dengan kenaikan suhu lokal.

Perubahan fungsi lahan di kawasan industri seperti KITB umumnya mengarah pada peningkatan luas area terbangun dan berkurangnya tutupan vegetasi. Proses ini mengakibatkan perubahan albedo permukaan, menurunnya kapasitas infiltrasi, serta meningkatnya penyerapan panas oleh permukaan keras seperti beton dan aspal (Ananta *et al.*, 2025). Hal ini berdampak pada terjadinya peningkatan suhu permukaan lahan (LST) terutama pada siang hari ketika intensitas matahari tinggi (Mulyana *et al.*, 2023). Menurut Prastiwi (2022), semakin besar dominasi bangunan dan jalan di suatu wilayah, semakin tinggi pula potensi terbentuknya kantong panas yang berdampak pada kenyamanan termal dan kualitas lingkungan. Pada Kawasan Industri Terpadu Batang, alih fungsi lahan secara masif tanpa mempertahankan elemen hijau dapat mempercepat terjadinya perubahan iklim mikro yang merugikan.

Secara konseptual, perubahan penggunaan lahan yang disertai perubahan suhu permukaan dapat dijelaskan melalui teori spatial transformation yang memandang ruang sebagai hasil interaksi antara faktor sosial, ekonomi dan ekologis (Song *et al.*, 2025). Studi oleh (Surya *et al.*, 2020) di Metro Tanjung Bunga, Makassar, mengungkap bahwa pembangunan kawasan baru memicu transformasi spasial yang berdampak pada degradasi lingkungan dan kenyamanan termal. Studi di Rajshahi, Bangladesh, juga menunjukkan bahwa konversi ruang hijau menjadi area urban menyebabkan penurunan zona kenyamanan termal dan meningkatnya paparan masyarakat terhadap gelombang panas (Salan & Bhuiyan, 2024). Sementara itu, di Atlanta, Amerika Serikat, hubungan spasial antara penggunaan lahan dan suhu permukaan berhasil dianalisis menggunakan *multiscale geographically weighted regression (MGWR)*, yang membuktikan kontribusi dominan area terbangun terhadap peningkatan suhu (Oli *et al.*, 2025). Fenomena serupa ditemukan di Kancheepuram, India, di mana kenaikan suhu permukaan mencapai lebih dari 150% dalam empat dekade akibat peningkatan tutupan lahan terbangun dan minimnya vegetasi (Bagyaraj *et al.*, 2023). Berbagai studi ini menegaskan bahwa pembangunan kawasan, terutama dengan dominasi elemen impervious, mendorong peningkatan suhu secara spasial dan penting untuk dievaluasi menggunakan pendekatan spasial yang sesuai konteks.

Salah satu studi yang relevan secara metodologis adalah yang dilakukan oleh Bagyaraj *et al.* (2023) di Kancheepuram, India, mengkaji dampak pembangunan terhadap peningkatan suhu permukaan lahan menggunakan pendekatan penginderaan jauh dan SIG, dengan menghitung indeks vegetasi (NDVI) dan suhu permukaan (LST) berbasis citra Landsat dari tahun 1985 hingga 2021. Penelitian tersebut menggunakan metode mono-window untuk estimasi LST dan overlay spasial antara perubahan penutup lahan dan suhu permukaan untuk mengevaluasi hubungan antara pembangunan dan peningkatan suhu. Pendekatan ini menjadi rujukan dalam penelitian ini karena relevan, dapat diimplementasikan dengan data spasial terbuka, serta sesuai untuk menganalisis dinamika suhu dan vegetasi pasca pembangunan kawasan industri. Selain itu, penelitian oleh Salan & Bhuiyan (2024) di Rajshahi, Bangladesh, menggunakan pendekatan kombinasi penginderaan jauh (SIG) dan analisis statistik untuk mengevaluasi hubungan antara perubahan tutupan lahan dengan suhu permukaan. Melalui regresi linier sederhana yang dijalankan menggunakan SPSS, ditemukan bahwa peningkatan vegetasi berkontribusi signifikan terhadap penurunan suhu permukaan, sementara dominasi lahan terbangun memiliki pengaruh positif terhadap peningkatan suhu. Metode ini menjadi salah satu acuan dalam penelitian ini karena bersifat kuantitatif, berbasis data spasial terbuka, serta mampu mengungkap keterkaitan antar variabel secara statistik dan spasial.

Fenomena kenaikan suhu di kawasan industri bukan hanya berdampak lokal, tetapi dapat pula menimbulkan dampak *off-site* yang lebih luas. Perubahan penggunaan lahan mengubah pola aliran lateral udara, air, maupun partikel yang berdampak terhadap wilayah sekitarnya, baik dalam bentuk peningkatan suhu permukaan lahan, penurunan kualitas air, maupun hilangnya biodiversitas. Ketika filter alami seperti vegetasi menghilang, maka intensitas dan sebaran dampak termal akan semakin luas dan sulit dikendalikan (Parthasarathy *et al.*, 2021). Meskipun berbagai studi telah menunjukkan dampak pembangunan kawasan terhadap peningkatan suhu permukaan, namun belum terdapat kajian spesifik yang menganalisis hubungan spasial-statistik antara perubahan tutupan vegetasi, tutupan lahan terbangun dan suhu permukaan lahan di Kawasan Industri Terpadu Batang

(KITB). Penelitian ini mengisi celah tersebut dengan menggunakan pendekatan spasial temporal berbasis penginderaan jauh dan analisis statistik. Transformasi fisik kawasan tersebut di atas diperkirakan memicu perubahan biofisik permukaan, khususnya pada tiga parameter utama yaitu suhu permukaan lahan (*Land Surface Temperature / LST*), kerapatan vegetasi (diukur dengan *Normalized Difference Vegetation Index / NDVI*) dan luas tutupan lahan terbangun (ditandai dengan *Built-up Index*). Untuk mengkuantifikasi perubahan ini secara spasial-temporal, penelitian ini menggunakan data citra Landsat 8 OLI/TIRS dan Landsat 9 dengan resolusi spasial 30 m untuk band reflektif (NDVI, NDBI) dan 100 m untuk band thermal (LST). Pemilihan tahun akuisisi citra didasarkan pada periode pra pembangunan (2019), selama pembangunan aktif (2021 dan 2023), serta pasca peresmian fase I (2024). Perbandingan antarperiode tersebut diharapkan mampu menangkap dinamika perubahan lahan dan suhu yang dipicu oleh aktivitas pembangunan KITB.

Penting dilakukan penelitian yang mengevaluasi bagaimana pembangunan Kawasan Industri Terpadu Batang mempengaruhi suhu permukaan lahan akibat perubahan tutupan vegetasi (Ihsan, 2024). Penelitian ini juga akan memberikan informasi penting bagi perencanaan tata ruang yang lebih berkelanjutan, serta sebagai bahan evaluasi dampak lingkungan pembangunan kawasan industri berskala besar (Mahendra, 2023). Adanya gap antara harapan peningkatan ekonomi dan kenyataan dampak lingkungan menunjukkan urgensi evaluasi berbasis ilmiah. Pendekatan spasial temporal dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang akurat dan komprehensif mengenai dampak termal dari pembangunan industri di wilayah pedesaan yang sebelumnya didominasi oleh lahan hijau produktif. Temuan dari penelitian ini juga dapat menjadi rujukan bagi pemerintah dalam menyusun kebijakan pengembangan kawasan industri yang lebih berwawasan lingkungan dan adaptif terhadap perubahan iklim.

1.2. Pendekatan dan Rumusan Masalah

1.2.1. Pendekatan Masalah

Penelitian ini memandang pembangunan kawasan industri sebagai suatu

bentuk transformasi spasial yang berdampak nyata pada kondisi lingkungan biofisik di kawasan studi. Di Kawasan Industri Terpadu Batang (KITB), proses pembangunan yang masif sejak tahun 2020 telah memicu perubahan signifikan pada penggunaan lahan, di mana sebagian besar lahan pertanian, kebun campuran, dan vegetasi alami dikonversi menjadi lahan terbangun berupa infrastruktur industri, jalan, dan area penunjang kawasan. Transformasi ruang akibat pembangunan Kawasan Industri Terpadu Batang (KITB) tidak hanya bersifat fisik, tetapi juga membawa dampak ekologis yang terdistribusi secara spasial dan temporal. Dampak fisik meliputi perubahan tutupan lahan dari vegetasi ke permukaan kedap air (*impervious surfaces*), peningkatan suhu permukaan (*urban heat*), perubahan morfologi lanskap, serta fragmentasi lahan produktif (*Bagyaraj et al., 2023*). Sementara itu, dampak ekologis mencakup penurunan keanekaragaman vegetasi, perubahan kelembaban mikro, hilangnya habitat bagi organisme lokal, dan potensi gangguan keseimbangan ekosistem sekitar kawasan industri (*Salan & Bhuiyan, 2024*).

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif spasial dengan memanfaatkan data penginderaan jauh (citra satelit Landsat) dan analisis Sistem Informasi Geografis (SIG). Perubahan suhu permukaan lahan dianalisis menggunakan metode *mono-window* (untuk LST), sedangkan perubahan vegetasi dievaluasi melalui *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan tutupan lahan terbangun melalui *Built-Up Index* (NDBI).

Analisis dilakukan pada periode pra-pembangunan (2019), masa pembangunan (2021, 2023), dan pasca pembangunan (2024) untuk mengamati dinamika yang terjadi. Selanjutnya, dilakukan analisis statistik deskriptif dan korelasional untuk mengetahui hubungan antara perubahan suhu, vegetasi, dan lahan terbangun. Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran kuantitatif dan spasial mengenai dampak pembangunan kawasan industri terhadap kualitas lingkungan fisik secara menyeluruh.

1.2.2. Perumusan Masalah

1. Bagaimana perubahan suhu permukaan lahan (LST) sebelum dan sesudah pembangunan KITB?
2. Bagaimana perubahan kerapatan vegetasi (NDVI) dan wilayah terbangun pada periode yang sama?
3. Bagaimana korelasi antara suhu permukaan lahan dengan perubahan kerapatan vegetasi dan tutupan lahan terbangun?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis perubahan suhu permukaan lahan (LST) sebelum dan sesudah pembangunan Kawasan Industri Terpadu Batang (KITB).
2. Menganalisis perubahan kerapatan vegetasi (NDVI) dan luasan wilayah terbangun (NDBI) pada periode yang sama.
3. Mengkorelasikan antara suhu permukaan lahan dengan kerapatan vegetasi dan tutupan lahan terbangun di kawasan studi.

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1. Manfaat Akademik

1. Memberikan kontribusi dalam pengembangan kajian Ilmu lingkungan khususnya pada bidang ekologi lanskap dan perubahan penggunaan lahan dengan, fokus pada evaluasi suhu permukaan lahan berbasis pendekatan spasial dan statistika
2. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang mengkaji hubungan antara perubahan tutupan lahan, suhu permukaan, dan dampak termal kawasan industri baru.

1.4.2. Manfaat Praktis

1. Menyediakan informasi spasial yang akurat terkait perubahan suhu dan vegetasi di sekitar KITB, yang dapat digunakan oleh pemerintah daerah, perencana tata ruang, dan pemangku kebijakan dalam mengambil

keputusan berbasis data.

2. Menjadi bahan evaluasi dampak lingkungan untuk mendorong perencanaan pembangunan kawasan industri yang lebih berkelanjutan dan adaptif terhadap perubahan iklim.