

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Polusi cahaya, yang sering diabaikan di tengah-tengah masalah lingkungan lainnya, tetap saja menjadi masalah yang semakin meningkat, terutama di wilayah yang mengalami urbanisasi yang cepat di seluruh dunia. Bentuk polusi yang berbahaya ini menunjukkan cahaya buatan yang berlebihan atau salah arah yang dihasilkan oleh aktivitas manusia, yang menyebabkan kecerahan langit malam dan mengganggu siklus alam. Dampak dari polusi cahaya bermacam-macam. Tidak hanya berkontribusi pada pemborosan energi yang substansial dan mengganggu pengamatan astronomi, tetapi juga menimbulkan konsekuensi ekologi dan kesehatan yang serius bagi populasi manusia dan satwa liar (Falchi et al., 2016).

Polusi cahaya di kota-kota besar telah menjadi masalah yang semakin mengkhawatirkan, sejajar dengan tantangan yang ditimbulkan oleh bentuk polusi lain seperti kualitas udara. Studi tentang polusi udara di daerah perkotaan telah menunjukkan bahwa berbagai faktor spasial dan temporal berkontribusi terhadap degradasi lingkungan, yang memengaruhi kesehatan manusia dan sistem ekologi (V. D. Le & Cha, 2018; V.-D. Le et al., 2019). Demikian pula, polusi cahaya menimbulkan berbagai dampak buruk, mulai dari mengganggu ritme sirkadian manusia hingga memengaruhi perilaku satwa liar dan konsumsi energi. Di wilayah yang mengalami urbanisasi dengan cepat seperti Indonesia, di mana kota-kota berkembang baik dari segi populasi maupun infrastruktur, masalah ini semakin parah. Kurangnya data yang komprehensif dan model prediktif untuk polusi cahaya menyulitkan para pembuat kebijakan untuk mengimplementasikan solusi yang efektif.

Penelitian juga menunjukkan bahwa bahkan setelah mengontrol distribusi cahaya dan menggunakan jumlah cahaya yang tepat, residu polusi cahaya tetap ada karena pantulan dari permukaan yang menyala dan penyebaran atmosfer. Residu polusi cahaya ini telah ditemukan memiliki dampak yang kuat pada satwa liar, kesehatan manusia, dan visibilitas bintang (Falchi et al., 2011).

Selain itu, dampak awan terhadap polusi cahaya juga telah diteliti, dan mengungkapkan bahwa awan akan menggelapkan kecerahan langit di daerah pedesaan (Jechow et al., 2019). Karantina wilayah COVID-19 memberikan sebuah peluang untuk mempelajari dampak aktivitas ekonomi terhadap polusi cahaya, dimana terlihat jelas adanya penurunan polusi cahaya yang diakibatkan oleh penurunan emisi cahaya dari kota dan penurunan kandungan aerosol antropogenik di atmosfer (Bustamante-Calabria et al., 2020).

Perhitungan peta kecerahan langit malam buatan telah diusulkan untuk memantau dan mengendalikan polusi cahaya (Bará, Falchi, et al., 2019). Pendekatan pemodelan hirarkis telah diusulkan untuk menilai efek multi-polutan dalam studi *time-series*, yang dapat diterapkan pada studi polusi cahaya (Blangiardo et al., 2018). Selain itu, terdapat perdebatan yang sedang berlangsung mengenai indikator mana yang saat ini harus digunakan untuk memantau tingkat polusi cahaya buatan, dengan kebutuhan akan metode yang peka terhadap variasi komposisi spektral emisi cahaya (de Miguel, 2022).

Untuk memahami dan memitigasi polusi cahaya secara efektif, diperlukan peta polusi cahaya yang tepat dan dapat diandalkan. Peta tersebut dapat menampilkan distribusi spasial dan intensitas cahaya buatan, yang pada gilirannya memungkinkan para peneliti, pembuat kebijakan, dan pemangku kepentingan lainnya untuk mengidentifikasi area masalah dan merancang strategi yang efektif untuk mengelola dan mengurangi polusi cahaya (C. C. M. Kyba et al., 2017). Namun, membuat peta polusi cahaya yang akurat merupakan tugas yang kompleks yang melibatkan berbagai jenis data dan metode interpolasi.

Penelitian ini berfokus pada perbandingan dua teknik interpolasi, yaitu interpolasi Lanczos dan *Ordinary Kriging*, untuk memetakan distribusi polusi cahaya. Interpolasi adalah alat yang ampuh dalam penelitian lingkungan, yang memungkinkan kita untuk memprediksi nilai di lokasi yang tidak terukur berdasarkan data dari lokasi sampel. Di antara banyak algoritma interpolasi yang ada, interpolasi Lanczos dan *Ordinary Kriging* memiliki keunggulan yang berbeda dan telah diakui dalam komunitas ilmiah karena efektivitasnya dalam analisis spasial (J. Li et al., 2011).

Interpolasi Lanczos adalah bentuk spesifik dari *windowed sinc function*. Salah satu keunggulan utamanya adalah kinerjanya yang unggul dalam mengurangi efek *aliasing*. *Aliasing* dapat mendistorsi gambar dan peta beresolusi tinggi, sehingga interpolasi Lanczos sangat cocok untuk interpolasi data spasial yang dihasilkan dari *remote sensing*. Meskipun memiliki potensi yang sangat baik dalam meminimalkan distorsi dan menjaga integritas data, penerapan interpolasi Lanczos dalam pemetaan polusi cahaya masih belum banyak dieksplorasi, sehingga menjadikan peluang dalam penelitian ini (C. E. Duchon, 1979).

Di sisi lain, *Ordinary Kriging* adalah teknik geostatistik linier. Asumsi utamanya adalah bahwa jarak atau arah antara titik sampel mencerminkan korelasi spasial yang dapat digunakan untuk menjelaskan variasi permukaan. Korelasi ini memberikan rata-rata berbobot yang meminimalkan estimasi varians, membuat *Ordinary Kriging* menjadi alat yang ampuh dalam membuat peta lingkungan, termasuk peta polusi cahaya (Oliver & Webster, 2014).

Data untuk penelitian ini akan diperoleh dari *Visible Infrared Imaging Radiometer Suite* (VIIRS) yang ada di dalam satelit NOAA. Data VIIRS akan digunakan untuk algoritma Lanczos. VIIRS menyediakan pengukuran berkualitas tinggi dari cahaya yang mengenai sensor satelit. Dengan cakupan global, resolusi tinggi, dan ketersediaan data yang konsisten, VIIRS telah muncul sebagai alat yang sangat bernilai untuk mengkaji polusi cahaya di seluruh dunia. Oleh karena itu, data VIIRS telah digunakan secara luas dalam studi polusi cahaya di berbagai belahan dunia (Elvidge et al., 2017). Dalam penelitian ini, 6 kota yang menjadi ibu kota provinsi di pulau Jawa dipilih karena memiliki kepadatan penduduk yang lebih tinggi dibanding daerah sekitarnya sehingga menghasilkan polusi cahaya yang lebih tinggi juga.

Sedangkan untuk *Ordinary Kriging*, data yang dipakai adalah data *Sky Quality Meter* (SQM). SQM adalah alat yang dirancang untuk mengukur kecerahan langit malam dan telah terbukti efektif dalam beberapa penelitian ilmiah (Jechow et al., 2016; Posch et al., 2018). Dalam penelitian ini, data dikumpulkan dari 26 titik strategis yang tersebar di seluruh kota Bandung, untuk memastikan cakupan spasial yang baik dan representasi berbagai kondisi perkotaan. Dengan demikian, tingkat polusi cahaya dapat diukur secara lebih

terperinci dan spesifik untuk setiap lokasi, dimana hal ini sangat penting untuk membuat peta polusi cahaya yang akurat dan beresolusi tinggi dengan menggunakan interpolasi *Ordinary Kriging*. Selain itu, penggunaan data SQM memungkinkan perbandingan dengan data satelit VIIRS, yang berfungsi untuk memvalidasi hasil algoritma interpolasi Lanczos.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan implementasi kedua metode interpolasi tersebut yang diterapkan pada jenis data yang berbeda: metode Lanczos pada data *Visible Infrared Imaging Radiometer Suite* (VIIRS) yang berbasis *grid*, dan metode *Ordinary Kriging* pada data *Sky Quality Meter* (SQM) yang diambil secara acak. Wilayah studi mencakup seluruh ibu kota provinsi di Pulau Jawa untuk metode Lanczos dan Kota Bandung untuk metode *Ordinary Kriging*.

Dengan melakukan implementasi dua metode yang berbeda dalam konteks geografis yang berbeda, studi ini berusaha untuk memberikan wawasan yang berharga mengenai kinerja dari kedua metode tersebut, peta polusi cahaya yang dihasilkan, dan perbedaan penggunaan untuk kedua metode tersebut. Penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan rekomendasi mengenai metode interpolasi yang paling sesuai untuk setiap jenis data, sehingga dapat memberikan panduan metodologis untuk upaya pemetaan polusi cahaya di masa depan.

Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengetahuan tentang pemetaan polusi cahaya dan menginformasikan pengembangan strategi mitigasi polusi cahaya yang lebih efektif. Dengan memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang kesesuaian metode interpolasi yang berbeda untuk berbagai jenis data, studi ini memiliki implikasi tidak hanya bagi para peneliti di lapangan, tetapi juga bagi para pembuat kebijakan dan praktisi yang ditugaskan untuk mengelola dan melakukan mitigasi polusi cahaya. Pada akhirnya, penelitian ini menggarisbawahi pentingnya ketelitian metodologis dalam mengatasi tantangan global polusi cahaya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, rumusan masalah yang menjadi fokus pada pembahasan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mengimplementasikan *Lanczos Interpolation* pada data VIIRS 6 kota di pulau Jawa untuk menghasilkan peta polusi cahaya yang dapat diandalkan?
2. Bagaimana mengimplementasikan *Ordinary Kriging* pada data SQM yang dikumpulkan di Kota Bandung untuk menghasilkan peta polusi cahaya yang dapat diandalkan?
3. Apa yang menjadi perbedaan peta polusi cahaya yang dihasilkan dengan menggunakan dua metode yaitu *Lanczos Interpolation* dan *Ordinary Kriging* dan sumber data yang berbeda yaitu VIIRS dan SQM pada data kota Bandung?
4. Bagaimana wawasan yang diperoleh dari implementasi ini dapat menjadi panduan bagi upaya pemetaan polusi cahaya di masa depan dan juga pengembangan strategi mitigasi polusi cahaya yang efektif?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, terdapat beberapa tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil implementasi *Lanczos interpolation* pada data VIIRS 6 kota di pulau Jawa dengan menghasilkan peta polusi cahaya yang akurat dan dapat diandalkan.
2. Mengetahui hasil implementasi *Ordinary Kriging* pada data SQM yang dikumpulkan di kota Bandung dengan menghasilkan peta polusi cahaya yang akurat dan dapat diandalkan.
3. Mengetahui perbedaan antara peta polusi cahaya yang dihasilkan oleh metode *Lanczos* dan *Ordinary Kriging* pada data kota Bandung, memberikan wawasan mengenai karakteristik dan kinerja masing-masing metode.
4. Memberikan kontribusi pada upaya pemetaan polusi cahaya di masa depan dan pengembangan strategi mitigasi dengan memberikan wawasan yang dapat ditindaklanjuti berdasarkan implementasi metode interpolasi *Lanczos* dan *Ordinary Kriging*.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang perbandingan efektivitas kedua metode interpolasi (interpolasi Lanczos dan *Ordinary Kriging*) dalam membuat peta polusi cahaya.
2. Penelitian ini memberikan kejelasan tentang kesesuaian metode interpolasi yang berbeda untuk berbagai jenis data. Selain itu, penelitian ini juga memberikan panduan yang jelas mengenai metode mana yang harus dipilih berdasarkan sifat data, sehingga dapat menghemat waktu dan sumber daya dalam penelitian mendatang.
3. Penelitian ini menyajikan wawasan yang dapat digunakan sebagai panduan untuk penelitian di masa depan tentang pemetaan polusi cahaya. Dengan menjelaskan kelebihan dan kekurangan metode Lanczos dan *Ordinary Kriging* dalam berbagai konteks, penelitian ini memberikan panduan bagi para peneliti dan pembuat kebijakan.
4. Temuan dari penelitian ini dapat digunakan untuk membantu pengembangan strategi mitigasi polusi cahaya yang lebih efektif. Dengan membuat peta yang lebih akurat, pembuat kebijakan dapat mengidentifikasi area berisiko tinggi dengan lebih baik dan merancang solusi yang tepat sasaran.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah sangat diperlukan agar pembahasan tidak terlalu luas. Karena studi kasus yang diteliti begitu luas maka penelitian ini menggunakan batasan sebagai berikut:

1. Data yang digunakan pada penelitian ini diambil dari situs *lightpollutionmap.info* untuk data VIIRS. Sedangkan data *Sky Quality Meter* (SQM) diambil dengan pengamatan lapangan yang langsung diambil oleh penulis.
2. Data yang diteliti adalah data global low-light imaging yang menggunakan *Visible Infrared Imaging Radiometer Suite* (VIIRS) *Day/Night Band*

(DNB) yang tersedia di situs resmi NOAA dengan kode produk VNP46A4.

3. Data VIIRS yang diambil penulis hanya mencakup 6 daerah di pulau Jawa yaitu Serang, DKI Jakarta, Bandung, D. I. Yogyakarta, Semarang, dan Surabaya.
4. Data SQM yang diambil penulis hanya mencakup daerah kota Bandung saja.
5. Nilai data SQM yang diambil hanya nilai kecerahan langit malam dan koordinat lokasi pengambilan data.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada dokumen skripsi ini terdapat sistematika yang digunakan sebagai pedoman penulisan. Sistematika tersebut dibagi menjadi lima bab, yaitu:

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi mengenai penjelasan latar belakang permasalahan penelitian ini. Pada Bab ini juga dijelaskan mengenai rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dalam penelitian, dan sistematika penulisan skripsi.

2. BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bab ini berisi mengenai penjelasan teori-teori yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan penelitian ini. Adapun teori yang digunakan yaitu astrofisika dan polusi cahaya, hingga interpolasi spasial.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi metode dan langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian. Pada bab ini juga menjelaskan mengenai instrumen yang digunakan, tahapan pengumpulan data, hingga analisis data.

4. BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi penjelasan mengenai proses dari setiap tahap penelitian. Proses tersebut meliputi pengumpulan data, perancangan model komputasi, pengembangan perangkat lunak, eksperimen, dan pembahasan hasil penelitian.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi mengenai kesimpulan yang dibuat berdasarkan hasil penelitian. Kemudian terdapat beberapa saran yang dapat digunakan di dalam penelitian selanjutnya.