

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia, dengan 17.000 pulau yang tersebar di sepanjang khatulistiwa (Cribb & Ford, 2009; Munawaroh, 2019; White et al., 2021). Letaknya yang strategis di pertemuan tiga lempeng tektonik besar, yakni Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik, membuat Indonesia menjadi wilayah yang sangat rawan terhadap berbagai jenis bencana alam (Amarda & Syafriani, 2021; Kaban et al., 2019; Kusumasari, 2019). Kerentanan ini diperparah oleh perubahan iklim global yang meningkatkan frekuensi dan intensitas bencana alam (Djalante, 2013, 2016, 2018). Kejadian-kejadian ini bukan hanya menimbulkan kerugian material yang sangat besar, tetapi juga mengakibatkan korban jiwa yang tidak sedikit, serta meninggalkan dampak psikologis yang mendalam bagi para penyintas (Mao & Agyapong, 2021; Patel et al., 2024; Saeed & Gargano, 2022). Lebih dari itu, dampak dari bencana alam juga memiliki potensi untuk mengganggu stabilitas sosial, ekonomi, dan politik di tingkat nasional, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi ketahanan nasional (Bănică et al., 2020; Lazzaroni & van Bergeijk, 2014; Omelicheva, 2011).

Pertahanan negara dimana mencakup aspek militer dan non-militer, harus dikelola secara terpadu. Pertahanan aspek militer dapat diperkuat dengan modernisasi alat utama sistem senjata, peningkatan kapasitas personel, serta pengembangan strategi dan teknologi pertahanan yang adaptif terhadap ancaman terkini. Pertahanan aspek non-militer dapat diperkuat melalui penguatan sistem respon bencana, pembangunan infrastruktur yang tangguh, peningkatan kesadaran masyarakat, serta kolaborasi lintas sektor untuk mendukung ketahanan wilayah. Ketahanan wilayah, yang didefinisikan sebagai kemampuan suatu negara untuk mempertahankan integritas dan kedaulatannya terhadap ancaman baik dari

dalam maupun luar negeri, sangat dipengaruhi oleh bagaimana negara tersebut mengelola risiko dan dampak dari bencana alam (Fujita & Wakabayashi, 2021; Saputra et al., 2021; Sawalha, 2020). Negara Indonesia yang menghadapi ancaman bencana alam secara terus-menerus memerlukan strategi ketahanan wilayah yang komprehensif dan berkelanjutan untuk meminimalkan risiko, mengelola dampak, serta mempercepat proses pemulihan setelah bencana terjadi (Ayuningtyas et al., 2021; Djalante et al., 2012; Saputra et al., 2023). Hal ini tentunya akan melibatkan berbagai aspek, termasuk penataan ruang yang tahan bencana, pembangunan infrastruktur yang tangguh, peningkatan kapasitas respons darurat, serta pemanfaatan teknologi untuk pemantauan dan analisis risiko bencana (Ayuningtyas et al., 2021; Wahyu et al., 2023). Pemantauan dan analisis dampak bencana melalui teknologi canggih dapat menjadi salah satu pilar penting untuk memperkuat ketahanan wilayah Indonesia.

Seiring dengan meningkatnya kompleksitas bencana dan dampaknya, kebutuhan akan data yang akurat, cepat, dan komprehensif semakin mendesak. Teknologi citra satelit menawarkan solusi yang sangat efektif dalam menyediakan data pengamatan yang dapat diakses secara luas dan berkelanjutan, mencakup wilayah yang luas, dan mampu memberikan informasi visual tentang kondisi di lapangan dalam waktu yang relatif singkat (Arpitha et al., 2024; Balasundaram et al., 2024; Sadeghi et al., 2024; Zhang & Ma, 2024). Citra satelit dapat menangkap perubahan lingkungan sebelum dan sesudah bencana, menyediakan gambaran yang jelas tentang dampak yang terjadi, serta membantu dalam perencanaan tanggap darurat dan upaya pemulihan (Doshi et al., 2018; Jones et al., 2015; Liu & Hodgson, 2016). Data mentah dari citra satelit biasanya terdiri dari jumlah informasi yang sangat besar dan kompleks, yang memerlukan metode analisis yang canggih untuk dapat diekstraksi menjadi informasi yang bermakna dan dapat digunakan secara operasional (Gouveia et al., 2024; Su et al., 2024; Wu et al., 2024).

Dekomposisi nilai singular (SVD) adalah salah satu teknik matematis yang dapat digunakan untuk menganalisis struktur data dalam citra satelit dengan mendekomposisi matriks citra menjadi komponen-komponen singular yang merepresentasikan informasi utama dalam data (Cottrell et al., 2024; Duan et al., 2024; Kolajoobi et al., 2024; Rajabi & McArthur, 2024). Kernel lokal digunakan sebagai pendekatan dalam pengaplikasian SVD untuk menangkap pola perubahan pada tingkat piksel dengan mempertimbangkan hubungan antar-piksel dalam area tertentu (Iorio et al., 2024; Wang et al., 2024; Yan et al., 2024). Pemantauan bencana dapat memanfaatkan teknik SVD untuk mengidentifikasi pola perubahan signifikan pada citra satelit yang terkait dengan dampak bencana. *Image segmentation* adalah teknik lain yang dapat digunakan untuk membagi citra satelit menjadi segmen-segmen yang lebih kecil dan homogen berdasarkan karakteristik tertentu, seperti warna, tekstur, atau kecerahan (X. Hu et al., 2005; Z. Hu et al., 2013; Sai et al., 2011). Pemisahan citra menjadi segmen-segmen yang lebih kecil merupakan konsep awal *image segmentation* sehingga memudahkan dalam analisis dan pemetaan dampak bencana. *Image segmentation* dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan memetakan area yang mengalami kerusakan parah dalam situasi bencana. Penggunaan teknik-teknik ini secara kombinasi memungkinkan analisis yang lebih mendalam dan komprehensif terhadap dampak bencana, yang dapat menjadi dasar bagi perencanaan tanggap darurat yang lebih efektif dan efisien.

Berdasarkan penelitian terdahulu (Abdurrazzaq et al., 2021), pendekatan deteksi objek citra berbasis SVD telah berhasil digunakan untuk mendeteksi sel darah putih pada citra mikroskopis. Penelitian ini mengusulkan algoritma deteksi langsung tanpa melalui tahapan segmentasi fitur, melainkan dengan membandingkan nilai singular terkecil dari hasil dekomposisi matriks citra. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode berbasis SVD dengan algoritma yang diusulkan mampu mencapai rata-rata akurasi 63,55 dan mengungguli berbagai algoritma pada penelitian

terdahulunya. Metode ini bahkan mencatat akurasi tertinggi hingga 98,14 dalam mendeteksi sel darah putih pada citra dengan intensitas tinggi. Temuan ini membuktikan bahwa metode SVD bekerja lebih stabil dan efektif dibandingkan pendekatan lain yang menggunakan segmentasi dan clustering, terutama dalam kondisi variasi intensitas citra yang tinggi. Penggunaan SVD dalam penelitian ini juga membuktikan kemampuannya dalam mengekstraksi fitur penting secara langsung dari struktur matriks citra, sehingga sangat potensial untuk diterapkan pada deteksi wilayah terdampak bencana menggunakan citra satelit. Hal ini memperkuat relevansi penggunaan pendekatan berbasis SVD pada penelitian ini, khususnya dalam konteks identifikasi wilayah terdampak untuk mendukung analisis situasi dalam kerangka ketahanan nasional.

Berdasarkan penelitian (Liu et al., 2014), telah dikembangkan metode deteksi target pada citra Synthetic Aperture Radar (SAR) dengan menggabungkan model visual attention dan SVD. Langkah utama dalam metode ini adalah melakukan dekomposisi matriks citra SAR menggunakan SVD, kemudian menyusun kembali citra dengan hanya mempertahankan sebagian nilai singular terbesar. Proses ini memungkinkan sistem fokus pada informasi penting dimana diinterpretasikan sebagai target segmentasi. Hal tersebut sejalan dengan proses mengabaikan informasi latar belakang yang tidak relevan. Hasilnya menunjukkan bahwa metode ini berhasil mendeteksi seluruh area target pada citra dengan lingkungan sederhana, sedangkan metode konvensional seperti model Itti-Koch hanya mendeteksi sekitar 43% area target. Pendekatan ini efektif untuk citra SAR, namun dalam penelitian tersebut belum menerapkan kombinasi teknik segmentasi berbasis kernel lokal dan SVD yang berpotensi meningkatkan ketelitian dalam proses segmentasi pada citra satelit yang lebih kompleks. Penelitian lanjutan tentunya diperlukan untuk menguji efektivitas integrasi SVD dan kernel lokal.

Penelitian terdahulu telah menunjukkan efektivitas pengintegrasian SVD dengan berbagai pendekatan dalam berbagai aplikasi deteksi objek citra. Penelitian terdahulu juga mengungkapkan masih terdapat celah dalam

penerapan kombinasi metode segmentasi perubahan dengan pendekatan nilai singular dalam SVD untuk segmentasi data citra satelit. Kebaruan penelitian yang diusulkan pada penelitian kali ini terletak pada kombinasi pendekatan nilai singular dan log ratio untuk meningkatkan ketelitian segmentasi dalam deteksi perubahan pada data citra satelit kompleks. Secara garis besar, penelitian ini bertujuan memetakan dampak bencana secara aktual. Pendekatan yang baru ini diharapkan agar penelitian ini berpotensi menghasilkan model yang lebih akurat dan efisien dalam mendeteksi perubahan signifikan pada daerah akibat bencana. Hal ini sangat penting untuk respon cepat dan mitigasi risiko di wilayah rawan bencana, serta membuka peluang eksplorasi lebih lanjut dalam pengembangan algoritma pembelajaran mendalam untuk meningkatkan akurasi dan keandalan analisis dampak bencana untuk analisis dampak kebencanaan menggunakan data citra satelit.

Penerapan segmentasi citra kebencanaan berbasis kombinasi pendekatan nilai singular dan log ratio diharapkan dapat memberikan informasi yang lebih akurat dan rinci mengenai kondisi pasca-bencana kepada pemerintah dan lembaga terkait di Indonesia. Informasi ini sangat penting untuk mendukung pengambilan keputusan yang cepat dan tepat dalam situasi darurat, serta untuk perencanaan jangka panjang dalam meningkatkan ketahanan wilayah. Pemahaman yang lebih baik terhadap dampak bencana juga dapat membantu Indonesia dalam merumuskan kebijakan yang lebih efektif untuk mitigasi risiko di masa depan. Upaya ini penting untuk mengurangi risiko bencana, memperkuat infrastruktur, serta meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat. Langkah-langkah tersebut tidak hanya berperan dalam memperkuat ketahanan wilayah terhadap ancaman bencana alam, tetapi juga menjadi bagian dari strategi pertahanan negara dalam menjaga stabilitas nasional dan melindungi kedaulatan wilayah dari berbagai ancaman multidimensi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana penerapan pendekatan nilai singular dan log ratio untuk mendeteksi perubahan citra satelit akibat bencana alam?
- b. Apakah pendekatan nilai singular dan log ratio mampu meningkatkan akurasi untuk mendeteksi perubahan citra satelit akibat bencana alam?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan, maka dapat disusun tujuan penelitian sebagai berikut :

- a. Menerapkan pendekatan nilai singular dan log ratio untuk mendeteksi perubahan citra satelit akibat bencana alam.
- b. Mengevaluasi perbandingan antara pendekatan nilai singular dan log ratio dengan metode segmentasi pendahulu untuk mendeteksi perubahan citra satelit akibat bencana alam.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah disebutkan, maka dapat disimpulkan manfaat penelitian sebagai berikut :

- a. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan teori dan metode dalam identifikasi dampak bencana menggunakan data citra satelit. Kombinasi pendekatan nilai singular dan log ratio pada studi ini akan memperkaya pemahaman tentang bagaimana kedua pendekatan ini dapat saling melengkapi untuk mendeteksi perubahan lingkungan secara lebih akurat dan terperinci. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan dasar teoritis untuk penelitian selanjutnya serta menjadi referensi penting dalam pengembangan

metodologi baru di bidang segmentasi citra dan pemantauan bencana.

b. Manfaat Praktis

Penelitian ini dapat meningkatkan efisiensi dalam pemetaan dan analisis dampak bencana, khususnya di wilayah dengan keragaman geografis dan tingkat kerentanan tinggi seperti Indonesia. Hasil penelitian juga dapat digunakan oleh pemerintah dan lembaga terkait untuk memperbaiki sistem peringatan dini dan strategi mitigasi risiko bencana dengan algoritma yang telah dioptimalkan. Penerapan metode ini dalam praktik dapat mempercepat respon terhadap bencana dan membantu dalam perencanaan serta pelaksanaan tindakan pemulihan yang lebih efektif.

