

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan citra satelit SAR (*Synthetic Aperture Radar*) dan optik semakin meningkat seiring dengan tingginya permintaan data citra digital untuk mendukung berbagai aktivitas dan pengambilan keputusan di sektor-sektor strategis (Mohanty et al., 2020). Dalam konteks pertahanan dan keamanan nasional, citra SAR dan citra optik menawarkan keunggulan yang saling melengkapi. SAR mampu menembus awan dan tetap berfungsi dalam kondisi cuaca buruk (Tsokas et al., 2022), sementara citra optik memberikan resolusi visual tinggi dengan dukungan spektrum cahaya yang luas (Zhang et al., 2020). Kombinasi keduanya telah terbukti efektif dalam mendukung misi strategis seperti patroli maritim, pengawasan wilayah, dan sistem deteksi dini (Bovolo et al., 2013; Panda et al., 2020; Soldi et al., 2021).

Meskipun penggunaan citra satelit semakin prominen dalam berbagai aplikasi, proses akuisisi citra masih dihadapkan pada sejumlah tantangan. Salah satu tantangan utama adalah memastikan kualitas informasi tetap konsisten dan akurat untuk merepresentasikan keadaan sebenarnya, meskipun dalam kondisi kurang ideal. Beberapa faktor, seperti akuisisi citra dengan perangkat yang terbatas, kegagalan dalam proses transmisi sinyal analog ke digital, interferensi elektromagnetik, sinkronisasi yang buruk dalam perekaman digital, serta gangguan dalam penyimpanan, dapat merusak informasi citra (Goel et al., 2020; Kumar et al., 2023). Kerusakan ini ditandai dengan perubahan intensitas piksel menjadi tidak relevan (Gao et al., 2024). Selain menurunkan kualitas citra dan menyulitkan interpretasi, fenomena ini juga menghambat pemrosesan citra lebih lanjut seperti deteksi fitur, klasterisasi, segmentasi dan pengenalan objek (Satapathy & Das, 2022).

Gangguan yang disebabkan oleh kerusakan pada mekanisme atau kompartemen elektronik yang mengakibatkan perubahan intensitas piksel secara acak pada citra, dikategorikan sebagai gangguan *impulse* (Mahakale & Thakur, 2012). Salah satu bentuk khusus dari gangguan *impulse* adalah *salt and pepper*, gangguan ini menyebabkan intensitas piksel berubah secara acak menjadi nilai ekstrem, menciptakan titik-titik kontras tinggi layaknya taburan garam dan merica diseluruh citra (Satti et al., 2023). Seiring meningkatnya kepadatan gangguan ini, kualitas citra akan semakin terdegradasi, hingga pada tingkat tertentu, interpretasi informasi menjadi sangat sulit.

Karakteristik kompleks serta detail pada citra satelit SAR dan optik menuntut penanganan efektif terhadap berbagai bentuk gangguan dengan tingkat kepadatan yang bervariasi. Oleh karena itu, diperlukan mekanisme tambahan berupa *filtering* atau upaya reduksi untuk mengatasi gangguan sebelum citra diolah lebih lanjut (Shokouh et al., 2021). Mekanisme ini bertujuan untuk mengenali dan mengeliminasi piksel yang terkontaminasi dengan nilai piksel baru, serta mempertahankan fitur penting dalam citra (Jebur et al., 2020). Pengimplementasian mekanisme reduksi gangguan diharapkan mampu merestorasi citra yang terkontaminasi, sehingga hasilnya lebih akurat dan representatif. Selain itu, mekanisme ini diharapkan dapat mendukung ketahanan pencitraan digital terhadap berbagai gangguan, memastikan informasi *real-time* dan akurat dapat tersedia setiap saat.

Berbagai metode dan pendekatan untuk reduksi gangguan *salt and pepper* telah berkembang pesat. Secara umum, terdapat dua pendekatan utama, *spatial domain* dan *transform domain*. Pendekatan *transform domain* mengubah citra ke dalam bentuk lain melalui mekanisme transformasi tertentu seperti transformasi wavelet dan transformasi fourier. Sementara itu, pendekatan *spatial domain* melakukan pendugaan dan penggantian nilai piksel secara langsung pada citra tanpa mengubahnya ke dalam bentuk lain. Beberapa contoh mekanisme dari pendekatan *spatial*

domain antara lain reduksi gangguan berbasis nilai rata-rata (*mean*) (Esfahani & Richardson, 1993), nilai tengah (*median*) (Hwang & Haddad, 1995), teknik interpolasi (Riawan et al., 2023; Varatharajan et al., 2018), teori graf (Zhang et al., 2023), *machine learning* (Sabeenian et al., 2023; Xing et al., 2019) dan konsep struktur aljabar (Abdurrazzaq et al., 2020). Keluaran yang dihasilkan dari mekanisme reduksi gangguan adalah citra hasil restorasi, citra ini kemudian dijadikan sebagai dasar penilaian performa mekanisme reduksi melalui penilaian kualitatif (perbandingan kualitas citra hasil restorasi dengan citra acuan secara visual) dan kuantitatif menggunakan indikator metrik evaluasi citra seperti *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) dan *Structural Similarity Index* (SSIM).

Kelebihan dari konsep struktur aljabar adalah kemampuan dalam menggambarkan lebih luas permasalahan reduksi gangguan *salt and pepper*. Melalui pendekatan ini, notasi dan mekanisme reduksi dapat didefinisikan lebih fleksibel dengan aturan logika matematis tertentu. Contoh konsep struktur aljabar yang berhasil diimplementasikan dalam kajian reduksi gangguan adalah aljabar tropis (Abdurrazzaq et al., 2019a, 2019b; Abdurrazzaq et al., 2020) dan aljabar logika *many-values* (Gao et al., 2024).

Berbeda dengan pendekatan lainnya, aljabar logika *many-values* menawarkan beberapa kelebihan, diantaranya adalah adanya upaya normalisasi dan pemaknaan nilai kebenaran kontinu. Proses normalisasi mencakup upaya untuk mengubah intensitas piksel ke dalam rentang nilai tertutup antara 0 hingga 1. Hasilnya, pengolahan citra lanjutan seperti klasifikasi, segmentasi dan deteksi objek dapat dilakukan secara langsung setelah diperoleh produk pada tahap reduksi gangguan. Selain itu, normalisasi dapat mempermudah proses *filtering* terutama pada citra satelit yang memiliki resolusi tinggi dengan mempersempit rentang piksel. Aljabar logika *many-values* juga dapat dimaknai sebagai rentang nilai kebenaran kontinu $[0,1]$ yang memungkinkan integrasi dan transformasi kedalam

bentuk lainnya seperti logika *fuzzy* atau pertisi *unity* dalam pengolahan citra (Yon, 2024).

Telah banyak penelitian lain yang menggunakan operasi dan mekanisme tambahan, seperti pada pendekatan *linear* dan *nonlinear filtering* yang dapat diperkaya dengan konsep *winsorized* (Christo et al., 2020), *adaptive* (Akkoul et al., 2010; Shelke et al., 2021; Wang et al., 2023), dan *weighting* (Chen et al., 2020a, 2020b; Thanh et al., 2020). Namun, hingga kini belum ada upaya serupa yang diterapkan untuk meningkatkan performa *filtering* berbasis aljabar *many-values*.

Penelitian Gao et al., (2024) yang menerapkan konsep aljabar *many-values* menunjukkan kelemahan signifikan, yakni munculnya blok-blok *residual noise* pada citra restorasi. Fenomena ini menyebabkan degradasi detail dan fitur citra, yang berdampak pada hilangnya informasi penting. Kelemahan ini juga tercermin dari rendahnya nilai indikator PSNR dan SSIM. Oleh karena itu, diperlukan mekanisme tambahan yang tetap selaras dengan prinsip aljabar *many-values* untuk meningkatkan efektivitas reduksi gangguan.

Penelitian ini mengusung keterbaruan dengan mengintegrasikan konsep serta pengayaan algoritma dan operasi. Integrasi ini penting mengingat belum adanya upaya untuk meningkatkan performa *filtering* berbasis aljabar *many-values*. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan mekanisme reduksi gangguan *salt and pepper* yang tidak hanya tangguh terhadap berbagai intensitas gangguan, tetapi juga mampu meningkatkan indikator performa seperti PSNR dan SSIM secara signifikan. Dengan demikian, pendekatan yang ditawarkan diharapkan dapat mengatasi keterbatasan penelitian sebelumnya secara lebih optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat dinyatakan dari penelitian ini dapat diuraikan sebagaimana berikut:

- a. Bagaimana algoritma yang lebih efektif untuk reduksi gangguan *salt and pepper* menggunakan konsep aljabar *many-values*

dapat dikembangkan sehingga dapat berperan dalam aspek pertahanan?

- b. Bagaimana performa hasil restorasi dari algoritma yang dikembangkan serta perbandingannya dengan algoritma yang sudah ada?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perincian pada rumusan masalah, tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah:

- a. Mengembangkan algoritma yang lebih efektif dalam reduksi gangguan *salt and pepper* berbasis aljabar *many-values* sehingga dapat berperan dalam aspek pertahanan.
- b. Menghitung performa hasil restorasi dari algoritma yang dikembangkan serta melakukan komparasi dengan algoritma reduksi yang sudah ada.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini hanya berfokus pada reduksi gangguan jenis *salt and pepper* yang kerap terjadi pada citra satelit SAR dan optik. Adapun beberapa batasan masalah dalam penelitian ini mencakup hal-hal berikut:

- a. Algoritma dan hasil yang dibangun hanya digunakan dalam upaya reduksi gangguan impulsif berjenis *salt and pepper*.
- b. Sampel yang diuji terbatas pada citra statis (non-dinamis), tidak mencakup format video.
- c. Sampel yang digunakan dan diuji hanya berasal dari *standard image dataset* dan dataset citra satelit SAR serta optik.
- d. Penelitian berfokus pada hasil berupa citra yang telah direstorasi, nilai indikator PSNR dan SSIM tanpa mempertimbangkan aspek waktu komputasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif baik dari segi teoritis maupun praktis yang dapat dijabarkan sebagaimana berikut:

a. Manfaat Teoritis

- 1) Mengetahui implementasi lebih luas terhadap penggunaan aljabar *many-values* serta pengembangannya terutama pada kajian reduksi gangguan.
- 2) Sebagai landasan serta kajian lebih lanjut dalam pengembangan algoritma reduksi gangguan berbasis struktur aljabar.

b. Manfaat Praktis

- 1) Sebagai mekanisme tambahan dalam tahap *preprocessing* untuk menjaga dan merestorasi citra.
- 2) Mekanisme dapat diimplementasikan pada berbagai dataset citra terutama pada citra satelit SAR atau citra optik.