

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Urbanisasi global terus meningkat pesat, dengan lebih dari 56% populasi dunia tinggal di daerah perkotaan dan diperkirakan akan mencapai 68% pada tahun 2050 (United Nations, 2021). Di Indonesia, tingkat urbanisasi juga mengalami peningkatan yang signifikan, dari 49,8% pada tahun 2010 menjadi 56,7% pada tahun 2020, dan diproyeksikan mencapai 66,6% pada tahun 2045 (Badan Pusat Statistik, 2021). Seiring dengan perkembangan ini, kebutuhan akan pemetaan bangunan yang akurat semakin mendesak guna mendukung perencanaan tata ruang kota, mitigasi bencana, pemantauan perubahan lingkungan, dan pengelolaan infrastruktur. Teknologi citra satelit resolusi tinggi menjadi salah satu solusi paling efektif untuk memenuhi kebutuhan ini, karena memungkinkan pemantauan perkotaan secara lebih efisien dan real-time (Tang et al., 2025).

Meskipun citra satelit resolusi tinggi memberikan banyak manfaat dalam pemetaan wilayah perkotaan, tantangan utama dalam deteksi dan segmentasi bangunan masih menjadi kendala. Variasi bentuk dan ukuran bangunan dalam lingkungan perkotaan yang kompleks sering kali menyulitkan proses segmentasi (Singla & Vaghela, 2024). Kehadiran objek lain seperti vegetasi, jalan, dan bayangan juga dapat mengganggu akurasi model dalam mengidentifikasi batas-batas bangunan (Rahman et al., 2021). Selain itu, faktor lingkungan seperti perbedaan kondisi pencahayaan dan atmosfer turut memengaruhi kualitas citra satelit yang digunakan dalam analisis (Peng et al., 2024). *Overlapping* antar bangunan di daerah padat menjadi tantangan tambahan karena mempersulit

pemisahan objek yang berdekatan (Vasavi et al., 2023). Dalam mengatasi tantangan tersebut, penelitian terbaru mulai mengadopsi pendekatan berbasis *Deep Learning* yang terbukti lebih unggul dibandingkan metode segmentasi tradisional.

Metode konvensional seperti *thresholding* dan *edge detection* mengalami keterbatasan dalam menangani kompleksitas lingkungan perkotaan. Model berbasis Machine Learning seperti *Random Forest* dan *Support Vector Machine* (SVM) menawarkan peningkatan performa dalam klasifikasi citra, tetapi tetap bergantung pada fitur manual yang memerlukan intervensi manusia dalam ekstraksi karakteristik bangunan. Seiring berkembangnya teknologi *Deep Learning*, model berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) kini menjadi standar dalam segmentasi citra satelit resolusi tinggi. CNN bekerja dengan cara mengekstraksi fitur dari citra menggunakan operasi konvolusi, memungkinkan model untuk mengenali pola dan struktur dalam gambar secara otomatis. CNN konvensional, yang terdiri dari beberapa lapisan konvolusi dan *pooling*, telah diterapkan dalam segmentasi citra namun memiliki keterbatasan dalam menangkap informasi spasial yang kompleks. Oleh karena itu, arsitektur yang lebih canggih seperti U-Net dan DeepLabV3+ dikembangkan untuk mengatasi kekurangan ini (Zhang et al., 2025).

Dua model *Deep Learning* yang banyak digunakan dalam segmentasi bangunan untuk mengatasi kelemahan dari CNN Konvensional adalah U-Net berbasis VGG dan DeepLabV3+ dengan ResNet-50. U-Net berbasis VGG memiliki keunggulan dalam mempertahankan detail spasial melalui mekanisme *skip connections*, sementara VGG sebagai *encoder* mampu menangkap fitur tekstur bangunan secara lebih akurat (Ramalingam et al., 2024). Sementara itu, DeepLabV3+ dengan ResNet-50 menawarkan pendekatan yang lebih fleksibel

dalam memahami kontur dan bentuk objek, terutama dalam lingkungan perkotaan yang kompleks (Rahman et al., 2021). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kombinasi U-Net berbasis VGG dapat meningkatkan akurasi segmentasi hingga 93,5% (Singla & Vaghela, 2024).

Meskipun model U-Net berbasis VGG dan DeepLabV3+ dengan ResNet-50 telah menunjukkan performa yang baik, masih terdapat beberapa kesenjangan dalam penelitian sebelumnya. Kurangnya dataset spesifik yang sesuai dengan kondisi wilayah perkotaan di Indonesia menjadi kendala utama dalam implementasi model ini. Selain itu, belum adanya optimasi *hyperparameter* yang disesuaikan dengan kondisi citra satelit tropis menyebabkan performa model masih bisa ditingkatkan lebih lanjut. Segmentasi bangunan bertingkat tinggi juga masih menjadi tantangan, terutama dalam menangani efek perspektif yang sering muncul dalam citra satelit beresolusi tinggi (Zhang et al., 2025). Kesenjangan ini menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut dalam pengembangan model yang lebih akurat dan efisien untuk wilayah perkotaan di Indonesia.

Implementasi model CNN konvensional, U-Net berbasis VGG, dan DeepLabV3+ dengan ResNet-50 memiliki dampak yang luas dalam berbagai bidang, termasuk perencanaan kota, mitigasi bencana, dan pemantauan lingkungan. Dalam perencanaan kota, model ini dapat digunakan untuk membantu pemetaan tata ruang dan pengambilan kebijakan berbasis data spasial yang akurat (Mehta et al., 2024). Dalam mitigasi bencana, segmentasi bangunan yang akurat dapat membantu dalam identifikasi wilayah terdampak bencana seperti banjir dan gempa, memungkinkan respons yang lebih cepat dan efisien (Alsabhan et al., 2022). Selain itu, dalam pemantauan lingkungan, model ini dapat digunakan untuk

mengidentifikasi perubahan tata guna lahan akibat urbanisasi dan perkembangan infrastruktur (Peng et al., 2024). Dengan meningkatnya resolusi dan ketersediaan data satelit, peluang inovasi dalam pemrosesan citra semakin luas, termasuk integrasi model ini dengan sistem berbasis kecerdasan buatan untuk pemantauan perkotaan secara otomatis.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan performa CNN konvensional, U-Net berbasis VGG16 dan DeepLabV3+ dengan ResNet-50 dalam deteksi dan segmentasi bangunan menggunakan citra satelit resolusi tinggi. Penelitian ini akan menganalisis performa ketiga model pada berbagai dataset citra satelit resolusi tinggi, mengevaluasi efektivitasnya dalam segmentasi bangunan di lingkungan perkotaan, serta mengidentifikasi keunggulan dan kelemahan masing-masing model. Secara teoritis, penelitian ini berkontribusi dalam pengembangan kombinasi model U-Net berbasis VGG16 dan DeepLabV3+ dengan ResNet-50 untuk meningkatkan akurasi segmentasi bangunan. Dari sisi praktis, penelitian ini memberikan solusi yang dapat diimplementasikan dalam sistem pemantauan perkotaan berbasis *Artificial Intelligence* (AI), membantu pengelolaan tata ruang kota yang lebih efisien, serta mendukung kebijakan pembangunan berkelanjutan berbasis data yang lebih akurat.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, identifikasi masalah yang dijadikan bahan penelitian yaitu sebagai berikut.

- a. Kurangnya metode segmentasi yang akurat dan adaptif dalam mendeteksi serta menyegmentasi bangunan perkotaan secara otomatis menggunakan citra satelit resolusi tinggi.
- b. Keterbatasan metode konvensional seperti *thresholding* dan *edge detection* dalam membedakan bangunan pada lingkungan yang kompleks pada wilayah perkotaan.
- c. Kesulitan dalam menangani variasi bentuk, ukuran, dan tekstur bangunan di lingkungan perkotaan yang padat, yang menyebabkan *overlap* dan kesalahan dalam segmentasi.
- d. Kurangnya penelitian yang membandingkan efektivitas model *deep learning* seperti CNN konvensional, U-Net berbasis VGG16, dan DeepLabV3+ dengan ResNet-50 dalam meningkatkan akurasi segmentasi bangunan guna mendukung pemetaan perkotaan secara lebih akurat dan *real-time*.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, rumusan masalah yang dijadikan bahan penelitian yaitu sebagai berikut.

- a. Bagaimana perbandingan performa model CNN konvensional, U-Net berbasis VGG16, dan DeepLabV3+ dengan ResNet-50 dalam mendeteksi dan menyegmentasi bangunan perkotaan menggunakan citra satelit resolusi tinggi?
- b. Bagaimana model mampu mempertahankan akurasi dan kualitas segmentasi pada wilayah dengan karakteristik berbeda termasuk daerah di luar Bali Selatan?

- c. Apa arti dan makna dari nilai metrik evaluasi segmentasi yang diperoleh pada masing-masing model, serta bagaimana metrik tersebut mencerminkan kualitas hasil segmentasi?
- d. Bagaimana kualitas visual hasil segmentasi masing-masing model dalam merepresentasikan kontur dan batas bangunan pada citra satelit dengan variasi kepadatan dan bentuk bangunan?
- e. Apa saja keunggulan dan kelemahan tiap arsitektur dalam evaluasi kuantitatif, hal performa teknis dan generalisasi visual?

1.4. Batasan Masalah

Penelitian ini berfokus pada perbandingan performa model CNN konvensional, U-Net berbasis VGG16, dan DeepLabV3+ dengan ResNet-50 untuk deteksi dan segmentasi bangunan menggunakan citra satelit resolusi tinggi. Agar penelitian lebih terarah, beberapa batasan diterapkan.

- a. Penelitian ini hanya mencakup analisis segmentasi bangunan di lingkungan perkotaan dengan tingkat kepadatan tinggi, tanpa mempertimbangkan objek lain seperti jalan atau area dengan dominasi vegetasi serta tidak mempertimbangkan penanganan terhadap pencahayaan bangunan.
- b. Citra satelit yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari sumber data resmi yang tersedia secara publik atau dikumpulkan oleh penulis, dengan fokus pada citra resolusi tinggi tanpa mempertimbangkan jenis sensor lain seperti LiDAR atau SAR.
- c. Penelitian ini menitikberatkan pada optimasi dan evaluasi model CNN konvensional, U-Net berbasis VGG16, serta DeepLabV3+ dengan

ResNet-50, tanpa membahas secara mendalam model lain seperti Transformer-based atau GAN-based segmentation.

- d. Evaluasi model dilakukan berdasarkan metrik performa umum seperti Akurasi, IoU (*Intersection over Union*), *Dice Coefficient*, *F1-score*, *Precision*, dan *Recall*, tanpa mempertimbangkan aspek efisiensi komputasi dalam implementasi *real-time* berbasis cloud atau *edge computing*.
- e. Penelitian ini tidak mencakup aspek kebijakan atau regulasi terkait pemanfaatan citra satelit untuk perencanaan kota, melainkan berfokus pada pengembangan dan evaluasi teknis model segmentasi bangunan.

1.5. Tujuan Penelitian

Sejalan dengan rumusan masalah yang telah dipaparkan, tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Menganalisis model CNN konvensional, U-Net berbasis VGG16, dan DeepLabV3+ dengan ResNet-50 untuk segmentasi bangunan pada citra satelit resolusi tinggi yang ditujukan untuk lingkungan perkotaan dengan kepadatan tinggi.
- b. Mengevaluasi performa model pada wilayah dengan karakteristik beragam, termasuk wilayah padat, berbangunan minim, mayoritas vegetasi, dan wilayah di luar dataset utama, untuk menguji kemampuan generalisasi model.
- c. Menginterpretasikan nilai metrik evaluasi segmentasi untuk memberikan pemahaman menyeluruh tentang kualitas hasil yang diperoleh.

- d. Menilai kualitas visual hasil segmentasi dalam mempertahankan detail kontur dan batas bangunan di berbagai kondisi citra
- e. Mengidentifikasi keunggulan dan kelemahan tiap arsitektur untuk menentukan model yang paling efektif digunakan pada segmentasi bangunan citra satelit resolusi tinggi.

1.6. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang ingin dicapai dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Manfaat Teoritis

Penelitian ini berkontribusi dalam pengembangan literatur dan pengetahuan dalam bidang *deep learning* untuk segmentasi citra satelit, khususnya dalam konteks deteksi dan segmentasi bangunan perkotaan, serta memberikan gambaran mengenai efektivitas model yang digunakan dalam mengekstraksi fitur bangunan dari citra resolusi tinggi. Manfaat teoritis yang dihasilkan meliputi:

- Menambah wawasan dalam bidang pengolahan citra digital, khususnya dalam deteksi dan segmentasi bangunan menggunakan citra satelit resolusi tinggi.
- Memberikan kontribusi terhadap pengembangan metode Deep Learning, terutama dalam penerapan CNN konvensional, arsitektur U-Net berbasis VGG16, dan DeepLabV3+ dengan ResNet-50 untuk segmentasi bangunan.

- Menyediakan referensi bagi penelitian selanjutnya dalam optimasi model segmentasi berbasis Deep Learning untuk analisis citra satelit di lingkungan perkotaan yang kompleks.

b. Manfaat Praktis

Penelitian ini memiliki aplikasi nyata dalam berbagai bidang, khususnya dalam *Research and Development* (RnD) di bidang pemetaan perkotaan, perencanaan wilayah, serta pengelolaan sumber daya lingkungan. Beberapa manfaat praktis yang dihasilkan meliputi:

- Membantu perencanaan tata ruang kota dengan menyediakan informasi spasial yang lebih akurat melalui segmentasi bangunan berbasis *deep learning*.
- Mendukung mitigasi bencana dengan menyediakan peta bangunan yang lebih presisi untuk analisis risiko dan respons terhadap kejadian seperti banjir atau gempa bumi.
- Mempermudah pemantauan perubahan lingkungan dan urbanisasi dengan teknologi pemrosesan citra yang lebih cepat dan efisien.
- Memberikan solusi teknologi yang dapat digunakan dalam sistem berbasis *Artificial Intelligent* (AI) untuk pemetaan dan pemantauan perkotaan secara otomatis.