

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertanian merupakan salah satu bidang utama yang menjadi perhatian dunia. Perekonomian negara manapun di dunia sangat bergantung pada pertanian, sehingga sektor pertanian merupakan sektor yang sangat penting bagi negara di dunia, khususnya di wilayah Asia Tenggara (Liu, Wang, Yang, Rahman, & Sriboonchitta, 2020; Sharma, Bhattacharjee, Garg, Sharma, & Salim, 2024). Produk pertanian yang dihasilkan sangat beragam dengan padi sebagai tanaman utama di samping bahan makanan pokok lainnya seperti jagung dan singkong. Tanaman-tanaman ini menjadi andalan dari negara-negara seperti Indonesia, Thailand dan Vietnam (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010).

Metode pertanian tradisional tetap bertahan meskipun tantangan seperti degradasi lahan, kelangkaan air, dan perluasan urbanisasi menjadi perhatian berkelanjutan untuk produksi pangan yang berkelanjutan. Selain itu pemantauan lahan pertanian dengan menggunakan cara tradisional seperti survey lapangan memang mampu memberikan informasi yang akurat. Namun, metode ini hanya efektif pada area terbatas, memerlukan beban kerja tinggi, serta waktu yang lama, sehingga kurang sesuai untuk pemantauan lahan pertanian dalam skala luas seperti regional, nasional, atau global (Lyu et al., 2024).

Selanjutnya, untuk mengatasi tantangan global yang signifikan dari pertumbuhan populasi dunia yang diperkirakan akan mencapai 8,6 miliar pada tahun 2030 (Calicioglu, Flammini, Bracco, Bellù, & Sims, 2019), tentunya

dibutuhkan peningkatan produktivitas di lahan pertanian untuk dapat mengatasi masalah ketahanan pangan saat ini dan dimasa yang akan datang (Choukri, Laamrani, & Chehbouni, 2024). Untuk dapat mencapai hal tersebut dibutuhkan ketersediaan data pertanian yang terkini dan dapat diandalkan. Data tersebut akan membantu memantau permintaan pangan dengan lebih baik, mengurangi biaya, dan menyempurnakan kebijakan pertanian. Untuk tujuan ini, diperlukan peta tanaman yang akurat, yang berfungsi sebagai dasar penting bagi berbagai aplikasi pertanian, seperti manajemen tanaman, prediksi hasil panen, dan analisis kesenjangan hasil panen (Khechba, Laamrani, Dhiba, Misbah, & Chehbouni, 2021). Teknologi yang berkembang dewasa ini tentunya telah memungkinkan untuk dapat memperkaya praktik pertanian modern dalam usaha meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses pengolahan lahan pertanian.

Precision agriculture telah menjadi tren kebutuhan dewasa ini dengan menerapkan praktik modern. Dimana pada praktik pertanian modern klasifikasi tanaman menjadi salah satu kunci mendasar yang bertujuan untuk mengklasifikasikan jenis tanaman dan tumbuhan ke dalam kategori yang berbeda serta sekaligus menentukan distribusi spasialnya. Hal ini tentu dapat membantu otoritas pemerintah dan petani untuk memiliki informasi yang efisien tentang tanaman mereka yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan (Bouguettaya, Zarzour, Kechida, & Taberkit, 2022). Untuk dapat mewujudkan pertanian yang presisi dibutuhkan teknologi pendukung. Salah satu teknologi pendukung yang dimanfaatkan dalam praktik pertanian modern adalah penginderaan jauh atau lebih dikenal dengan *remote sensing*. Penginderaan jauh

memberikan kemampuan khusus untuk memantau wilayah geografis yang luas dengan cara yang lebih efisien dan menghasilkan informasi terkait medan bumi, atmosfer dan lautan (Nguyen, Doan, Tomppo, & McRoberts, 2020). Salah satu aplikasi utama data yang diperoleh melalui penginderaan jauh adalah pemantauan lahan dan pengelolaan kawasan (Xiao, Jiang, Liu, & Ren, 2023), dimana citra satelit merupakan sumber penting untuk mendapatkan informasi tersebut (Nguyen et al., 2020). Pemanfaatan citra satelit sangat memungkinkan saat ini dengan hadirnya berbagai sumber data yang dapat digunakan secara luas tanpa berbayar. Hal ini mendorong eksplorasi terhadap implementasi pemrosesan tingkat lanjut seperti penggunaan pembelajaran mesin (*machine learning*) (Sishodia, Ray, & Singh, 2020). Citra satelit juga banyak diaplikasikan dalam mitigasi bencana, salah satunya dalam pemetaan risiko banjir. Dalam konteks ini, citra satelit berfungsi sebagai sumber data yang dapat dimanfaatkan secara real-time melalui platform berbasis web, sehingga memungkinkan ditampilkannya data potensi risiko banjir (Andewi et al., 2025). Selain itu, penelitian tentang pemanfaatan teknologi penginderaan jauh telah dilakukan oleh (Sunarya, I Wayan Treman, & Putu Zasya Eka Satya Nugraha, 2023), yang berhasil mengklasifikasikan tahap-tahap pertumbuhan padi menggunakan citra UAV, dan memperoleh hasil yang menjanjikan.

Langkah awal dalam upaya pemrosesan lahan pertanian memanfaatkan teknologi penginderaan jauh adalah dengan mengenali area yang ada dalam citra satelit sebagai bagian dari lahan pertanian yang dimaksud, sebagai contoh menentukan lahan yang merupakan sawah dalam satu area pertanian (Zhao, Li, &

Ma, 2021). Oleh sebab itu, klasifikasi area pertanian perlu dilakukan untuk dapat menjalankan pekerjaan tersebut. Klasifikasi penggunaan lahan, dalam hal ini untuk tanaman pertanian, memanfaatkan teknologi penginderaan jauh memiliki peran penting untuk dapat memberikan informasi berharga tentang distribusi sumber daya lahan, termasuk jenis tanaman yang dibudidayakan, serta memfasilitasi pemantauan dan penilaian perubahan penggunaan lahan dari waktu ke waktu (Talukdar et al., 2020; Junye Wang, Bretz, Dewan, & Delavar, 2022). Dengan demikian, klasifikasi penggunaan lahan merupakan alat fundamental dalam mengangkat pertanian yang efisien, produktif, dan berkelanjutan.

Untuk dapat melakukan klasifikasi dengan baik, dibutuhkan fitur-fitur yang dapat digunakan sebagai ciri khusus untuk membedakan antara jenis lahan pertanian satu dengan lainnya. Dalam citra satelit, beberapa nilai dapat digunakan untuk dapat menunjukkan ciri dari kondisi perkembangan tanaman dalam satu masa tertentu. Citra satelit terdiri atas beberapa lapisan, sering disebut sebagai *band*, yang masing-masingnya memiliki representasi dari panjang gelombang elektromagnetik yang dapat ditangkap oleh sensor satelit. Nilai-nilai ini dapat memberikan informasi terkait citra yang tampak, infrared, thermal, dan data elevasi. Kombinasi beberapa band tersebut dapat digunakan untuk menunjukkan adanya beberapa unsur yang tertangkap oleh sensor dari satelit seperti indeks penunjuk vegetasi, air, uap, panas, atau yang lainnya. Untuk klasifikasi lahan pertanian, beberapa indeks yang umum digunakan adalah *Normalize Difference Vegetation Index* (NDVI), *Atmospherically Resistant Vegetation Index* (ARVI), *Enhanced Vegetation Index* (EVI), serta *Soil-Adjusted Vegetation Index* (SAVI) (Bannari, Morin, Bonn, & Huete, 1995; Xue &

Su, 2017). Indeks-indeks tersebut dapat memberikan perbedaan pola perubahan antara jenis tanaman satu dengan lainnya. Sebagai contoh, nilai kehijauan dari satu siklus tanaman padi akan berbeda dengan tanaman tebu.

Untuk dapat menemukan pola nilai-nilai indeks yang digunakan, dibutuhkan sebuah perhitungan yang kompleks agar dapat menemukan keterkaitan antar indeks tersebut dengan kondisi yang sesuai. Dengan memanfaatkan teknologi berbasis kecerdasan buatan, maka pekerjaan tersebut dapat lebih mudah dilakukan. Saat ini, teknologi berbasis *deep learning* sudah dibuktikan mampu memberikan pencerminan yang lebih mendalam terhadap permasalahan yang diangkat, termasuk dalam bidang inderaja (Shafique, Cao, Khan, Asad, & Aslam, 2022; Yuan et al., 2020; Zhang, Zhou, & Luo, 2022).

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan metode yang sangat populer dalam *deep learning*, terutama dalam kemampuannya mengekstrak fitur dari input berupa citra sekaligus mengurangi dimensi data tanpa mengubah karakteristik utamanya (Omori, 2020). *Convolutional Neural Network* (CNN) terdiri atas neuron-neuron yang mempunyai bobot dan bias. Setiap neuron menerima input, kemudian memprosesnya melalui operasi perkalian titik dengan bobotnya (Ersyad, Ramadhani, & Arifianto, 2020). CNN memanfaatkan citra sebagai masukan untuk mengenali pola-pola tertentu yang ada dalam gambar. Keberhasilan dalam memproses gambar sangat bergantung pada kemampuan untuk mengekstraksi fitur secara efektif, yang menjadi alasan utama mengapa CNN sangat unggul dalam tugas klasifikasi. Berbagai arsitektur CNN telah dikembangkan oleh para peneliti. Beberapa yang terkenal mencakup *LeNet*,

AlexNet, VGG, GoogleNet, Inception, ResNet, DenseNet, Xception, dan lainnya.

Beberapa penelitian telah menunjukkan keefektifan CNN untuk klasifikasi, termasuk penelitian oleh (Kesiman, Dermawan, & Darmawiguna, 2022), di mana arsitektur InceptionResNetV2 berhasil mengklasifikasikan ornamen ukiran Bali. Selain itu, (Dewi, Kesiman, Sunarya, & Indradewi, 2023) melakukan penelitian yang berhasil mengklasifikasikan daun tanaman herbal Bali menggunakan CNN. Demikian pula, dalam penelitian oleh (Kesiman, Sunarya, & Sumantara, 2024), arsitektur ResNet-50 secara efektif diterapkan untuk mengklasifikasikan radiografi periapikal. Lebih jauh, penelitian oleh (Samuel, Prilianti, Setiawan, Mimboro, & Korespondensi, 2022) menunjukkan kemampuan arsitektur ResNet-50 untuk secara otomatis mendeteksi batang pohon di perkebunan kelapa sawit.

Selain beberapa penelitian terkait keberhasilan CNN dalam terdapat beberapa penelitian yang digunakan sebagai kajian pustaka yang relevan terkait dengan pengolahan citra satelit khususnya klasifikasi pada citra satelit Sentinel-2A diantaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh (Kadhim & Abed, 2020) pada tahun 2020 berjudul “*Convolutional Neural Network for Satellite Image Classification*”. Dataset SAT4 dan SAT6 dari citra NAIP digunakan untuk mengklasifikasi tutupan lahan dengan empat hingga enam kelas. Setelah *preprocessing* diantaranya penghapusan kanal NIR dan konversi ke grayscale, arsitektur *ResNet-50* menunjukkan performa terbaik dengan akurasi 95,8% pada SAT4 dan 94,1% pada SAT6. Pada dataset *UC Merced Land Use* yang berisi citra berukuran 256×256 piksel dalam 21 kelas, *ResNet-50* juga memberikan hasil tertinggi dengan akurasi 98%. Penelitian berikutnya dilakukan oleh (Cecili et al.,

2023) pada tahun 2023 berjudul “*Land Cover Mapping with Convolutional Neural Networks Using Sentinel-2 Images: Case Study of Rome*”. Penelitian ini menggunakan citra Sentinel-2 monotemporal dan multitemporal untuk memetakan tutupan lahan di Roma. Dari tiga model CNN yang diuji yakni *VGG-16*, *DenseNet121*, dan *ResNet-50*, *VGG-16* memberikan akurasi terbaik, mencapai 87% pada data multitemporal. Penelitian lain dilakukan oleh (He et al., 2023) pada tahun 2023 berjudul “*Deep Learning in Forest Tree Species Classification Using Sentinel-2 on Google Earth Engine: A Case Study of Qingyuan County*”. Penelitian ini menerapkan lima arsitektur CNN yaitu *DenseNet*, *MobileNet*, *ResNet* dan *ShuffleNet* dalam mengklasifikasikan sembilan jenis pohon hutan di *Qingyuan* menggunakan citra Sentinel-2 dari *Google Earth Engine*. Dari lima arsitektur CNN yang diuji, *ResNet* menunjukkan performa tertinggi dengan akurasi hingga 87,90% melalui pendekatan *transfer learning*.

Dengan implementasi pembelajaran mesin khususnya dengan teknologi *deep learning*, maka seharusnya dapat pula diperoleh hasil klasifikasi yang sangat baik terkait lahan pertanian dari beberapa jenis tanaman. Hasil klasifikasi tersebut kemudian dapat digunakan untuk memperoleh data yang lebih luas seperti pemetaan maupun prediksi otomatis terhadap tanaman pertanian untuk dapat mewujudkan pertanian modern yang berkelanjutan.

Meskipun berbagai arsitektur CNN telah dikembangkan, namun menentukan arsitektur yang paling sesuai untuk digunakan tetap menjadi tantangan. Oleh sebab itu, penelitian ini mengusulkan perbandingan implementasi dari dua arsitektur CNN untuk melakukan klasifikasi lahan pertanian berdasarkan jenis

tanaman menggunakan citra satelit. Arsitektur yang dipakai antara lain arsitektur *VGG-16* dan *ResNet-50*. Arsitektur *VGG-16* dan *ResNet-50* dipilih karena keberhasilan *VGG-16* dianggap baik dalam masalah klasifikasi citra satelit baik monotemporal maupun multitemporal (Cecili et al., 2023) begitu juga dengan *ResNet-50* keberhasilan arsitektur ini dianggap baik dalam berbagai masalah klasifikasi dalam citra satelit (Kadhim & Abed, 2020) (He et al., 2023) (Dastour & Hassan, 2023). Kedua arsitektur tersebut akan dibandingkan untuk dapat melihat arsitektur yang memberikan performa lebih baik dalam melakukan klasifikasi yang diusulkan. Seperti yang ditunjukkan dalam karya (Satriawan et al., 2024), penerapan algoritma yang tepat dalam penginderaan jarak jauh secara signifikan meningkatkan akurasi klasifikasi. Terdapat lima jenis tanaman yang menjadi fokus, yaitu padi, singkong, kayu putih, karet, dan kelapa sawit. Adapun kelima jenis tanaman tersebut merupakan tanaman yang menjadi sumber utama dari pemenuhan kebutuhan sehari-hari, khususnya di Indonesia dan Thailand (International Trade Administration, 2022; Pipitpukdee, Attavanich, & Bejranonda, 2020; Ratanawaraha, Senanarong, & Suriyapan, 2020; Thaichareon & Staporncharnchai, 2023).

1.2 Identifikasi Masalah

Adapun identifikasi masalah yang telah diperoleh berdasarkan pemaparan dalam latar belakang adalah sebagai berikut.

1. Pertanian tradisional dengan lahan sempit dan varietas tanaman terbatas masih bergantung pada metode konvensional dalam monitoring. Pendekatan ini kurang efektif untuk lahan luas karena keterbatasan dalam

pengumpulan data, sehingga pemantauan dan identifikasi tanaman menjadi kurang akurat.

2. Sektor pertanian modern dengan lahan yang luas merupakan bidang yang sangat kompleks, dimana berbagai faktor dapat memberikan pengaruh terhadap sektor ini. Oleh karena itu diperlukan pemanfaatan teknologi untuk mendukung kegiatan pertanian, khususnya untuk mewujudkan pertanian yang lebih presisi. Pertanian modern memerlukan kajian yang cermat terkait metode yang dapat mengklasifikasikan jenis tanaman berdasarkan citra satelit. Saat ini, citra satelit dapat memberikan banyak informasi, namun klasifikasi jenis tanaman tertentu, seperti padi, singkong, karet, kayu putih, dan kelapa sawit, masih memerlukan pemrosesan yang kompleks.
3. Kompleksitas variabel menjadi tantangan dalam penerapan penginderaan jauh, karena perlu mempertimbangkan faktor-faktor seperti kondisi atmosfer, resolusi dan kualitas citra satelit, variasi spektral masing-masing tanaman, perbedaan musim tanam, dan faktor lingkungan lainnya. Semua variabel ini harus diolah secara cermat agar klasifikasi jenis tanaman dapat dilakukan dengan tepat.
4. Banyak jenis arsitektur CNN yang sudah ditemukan, sehingga tidak mudah untuk menentukan arsitektur yang tepat untuk dipakai dalam melakukan klasifikasi pada citra satelit, khususnya untuk klasifikasi jenis tanaman menggunakan citra satelit yang diperoleh dari satelit Sentinel – 2A.

1.3 Batasan Penelitian

Dengan cakupan yang luas dalam penelitian klasifikasi citra satelit serta

penerapan CNN sebagai bagian dari *deep learning*, diperlukan pembatasan untuk memudahkan dalam proses penelitian, penulis menentukan batasan masalah yang akan dibahas.

1. Pada citra satelit yang akan diteliti, terdapat lima jenis tanaman yang menjadi fokus pada penelitian ini diantaranya, padi, singkong, kayu putih, karet, dan kelapa sawit.
2. Untuk jenis tanaman padi, data yang akan diakuisisi adalah saat padi berada pada fase panen yaitu pada sepanjang bulan November sampai Desember.
3. Untuk citra satelit diakuisisi dari satelit Sentinel – 2A dengan resolusi 10 meter dan tutupan awan sebesar 10%.
4. Arsitektur CNN yang digunakan yaitu *VGG-16* dan *ResNet-50*.
5. *Dataset* yang digunakan merupakan data yang diperoleh dari hasil survey oleh tim KGEO yaitu provinsi Chachoengsao, dimana data hasil survey ini diperoleh berkat kerjasama antara Undiksha dengan tim KGEO.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka permasalahan dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil implementasi dari kedua arsitektur *Convolutional Neural Network* yang diusulkan yaitu *VGG-16* dan *ResNet-50* dalam klasifikasi tanaman pada citra satelit?
2. Bagaimana perbandingan kinerja masing – masing arsitektur yang diusulkan dalam melakukan klasifikasi tanaman pada citra satelit?

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan klasifikasi yang tepat pada citra satelit terkait beberapa jenis tanaman menggunakan arsitektur *VGG-16* dan *ResNet-50*.
2. Membandingkan kinerja arsitektur *VGG-16* dan *ResNet-50* dalam klasifikasi jenis tanaman lima jenis tanaman pada citra satelit Sentinel-2A.

1.6 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baru pada bidang pengolahan citra satelit untuk keperluan pertanian. Temuan-temuan dari penelitian ini dapat menjadi dasar pengembangan metode dan algoritma yang lebih canggih untuk klasifikasi jenis tanaman.

2. Manfaat Praktis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang dapat dimanfaatkan untuk mengotomatiskan pengelolaan lahan pertanian. Dengan kata lain, teknologi kecerdasan buatan yang dilatih dengan data dari penelitian ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis tanaman secara otomatis, sehingga memungkinkan penerapan konsep pertanian presisi yang lebih efisien.