

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Salah satu fokus utama agenda pembangunan pemerintah Indonesia adalah menguatkan wilayah pinggiran melalui pemberdayaan daerah dan desa dalam kerangka Negara Kesatuan. Namun, realisasinya menghadapi berbagai hambatan akibat ketimpangan ketersediaan sumber daya di kawasan pedesaan. Penyusutan lahan pertanian, disertai berkurangnya penduduk usia produktif di desa, ikut menurunkan produktivitas pertanian nasional sehingga sasaran pembangunan tersebut menjadi semakin sulit dicapai. Masalah kemiskinan petani di pedesaan menjadi isu utama yang ingin diselesaikan oleh pemerintah dalam upaya meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Presiden Nomor 59 Tahun 2017 telah menetapkan bahwa Rencana Aksi Nasional (RAN) TPB harus disusun enam bulan setelah peraturan berlaku, dan Rencana Aksi Daerah (RAD) TPB harus ditetapkan paling lambat dua belas bulan setelahnya. Ketentuan ini kemudian diperkuat dengan Peraturan Presiden Nomor 111 Tahun 2022, yang memperbarui mekanisme koordinasi, penetapan sasaran nasional, serta sistem pemantauan dan evaluasi pelaksanaan TPB di seluruh daerah. Kebijakan tersebut menunjukkan bahwa pemerintah berkomitmen untuk memastikan seluruh tingkatan pemerintahan berperan aktif dalam mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (Sustainable Development Goals), khususnya dalam upaya menghapus kemiskinan, mengatasi kelaparan, dan mewujudkan pembangunan yang inklusif dan berkelanjutan hingga tahun 2030. Tujuan dari SDGs (*Sustainable Development Goals*) nomor 2, yang dikutip dari lampiran Peraturan Presiden Nomor 59 tahun 2017, yaitu menghilangkan kelaparan, mencapai ketahanan pangan, meningkatkan gizi, dan mendorong pertanian yang berkelanjutan. Pangan adalah kebutuhan dasar manusia yang harus tersedia setiap saat (HAM, 2012). Indonesia merupakan negara agraris dengan luas baku sawah sebesar 7,46 juta hektare pada tahun 2019, sesuai data dari Badan Pusat Statistik (BPS) ([bps.go.id](http://bps.go.id)), dan menghasilkan berbagai hasil pertanian. Salah satu hasil pertanian tersebut adalah padi, yang



**SEKOLAH PASCASARJANA**

menghasilkan panen sebesar 54,60 juta ton Gabah Kering Giling (GKG) pada tahun 2019. Ini mengalami penurunan sekitar 4,60 juta ton atau 7,76 persen dibandingkan dengan tahun 2018. Beras merupakan komoditas pangan utama yang menjadi sumber karbohidrat utama bagi sebagian besar masyarakat Indonesia. Sebagai makanan pokok nasional, beras memiliki peran strategis dalam menjaga stabilitas ekonomi, ketahanan pangan, serta kesejahteraan masyarakat. Ketersediaan beras menjadi indikator penting dalam menilai keberhasilan pembangunan sektor pertanian dan ketahanan pangan nasional. Data menunjukkan bahwa produksi beras nasional mengalami penurunan pada tahun 2019. Jika hasil panen gabah tahun tersebut dikonversikan menjadi beras, maka total produksi beras tahun 2019 mencapai sekitar 31,31 juta ton, atau menurun sebesar 2,63 juta ton (7,75 persen) dibandingkan dengan produksi tahun 2018. Penurunan ini menunjukkan adanya tantangan dalam upaya mempertahankan stabilitas produksi beras nasional, yang dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti perubahan iklim, penurunan luas lahan pertanian, serangan hama penyakit tanaman, serta efisiensi sistem irigasi dan distribusi. Hampir 75% dari populasi dunia mengonsumsi beras (Sreevallabhadev, 2020), dan Kawasan Asia berkontribusi sekitar 40% dari produksi beras global (Anami et al., 2020).

Upaya memenuhi kebutuhan beras bagi masyarakat Indonesia merupakan bagian penting dari tanggung jawab negara dalam memastikan terselenggaranya ketahanan pangan nasional secara berkelanjutan. Tanggung jawab ini tidak hanya berkaitan dengan penyediaan komoditas pokok bagi seluruh lapisan masyarakat, tetapi juga mencerminkan peran strategis pemerintah dalam menjaga stabilitas sosial-ekonomi dan keberlanjutan sistem pangan. Komitmen tersebut sejalan dengan arah kebijakan pembangunan nasional yang mengacu pada Implementasi Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya tujuan yang menekankan pengentasan kelaparan, peningkatan kualitas gizi, dan penguatan sistem pertanian yang tangguh dalam menghadapi berbagai tantangan di masa depan (Erwandari, 2017). Ketersediaan beras sangat bergantung pada produksi padi yang ditanam oleh masyarakat petani. Saat ini, minat generasi muda terhadap profesi petani menurun karena terbatasnya lahan sawah yang tersedia dan rendahnya pendapatan

yang diperoleh petani (Gulo et al., 2018). Salah satu penyebab rendahnya pendapatan petani adalah hasil panen yang menurun atau produktivitas tanaman padi yang menurun. Produktivitas padi yang menurun dipengaruhi oleh faktor-faktor mulai dari masa pembibitan hingga masa panen. Salah satu faktor yang turut menyebabkan menurunnya produktivitas padi adalah adanya penyakit pada daun tanaman padi. Penyakit daun pada tanaman padi memengaruhi proses asimilasi dalam tanaman (Purba, 2018). Asimilasi adalah proses pembuatan makanan tanaman padi dengan bantuan zat hijau daun dan sinar matahari (Yustiningsih, 2019). Pada daun padi yang sehat, proses asimilasi berjalan lancar karena sinar matahari dapat diserap dengan baik oleh daun. Namun, pada daun yang terkena penyakit pada tanaman padi, proses asimilasi terganggu karena zat hijau daun terhalang oleh infeksi penyakit (Susanto et al., 2020). Penurunan produktivitas beras dipengaruhi oleh faktor-faktor mulai dari masa pembibitan hingga masa panen padi.

Pengetahuan petani dalam mengenali penyakit pada daun tanaman padi umumnya bersumber dari pengetahuan yang diwariskan secara turun-temurun (Effendi et al., 2020). Petani padi yang masih pemula akan menghadapi kesulitan dalam mengidentifikasi penyakit karena mereka belum memiliki pemahaman yang cukup mengenai penyakit yang sering menyerang tanaman padi, terutama pada daunnya. Penyakit pada tanaman padi dapat berdampak merugikan bagi para petani, seperti penurunan hasil panen atau bahkan kegagalan panen karena serangan penyakit yang parah, sehingga sulit untuk dikendalikan (Budiarti et al., 2021). Ada beberapa jenis penyakit yang sering muncul pada tanaman padi, seperti Hawar Daun Bakteri, Blast Daun, Tungro, Hawar Pelepah, Kerdil Rumput, dan Gosong Palsu (Sari, 2019). Upaya identifikasi penyakit pada tanaman padi secara dini, serta langkah-langkah pencegahan yang diambil lebih awal, dapat mengurangi dampak kerugian seperti penurunan produktivitas akibat serangan penyakit. Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan alat bantu yang mampu mengidentifikasi penyakit pada daun tanaman padi dengan cepat dan efisien. Saat ini, teknologi identifikasi penyakit daun pada tanaman padi semakin mengandalkan teknologi pengolahan citra (*image processing*) dan pembelajaran mesin (*machine learning*) (Kartikeyan & Shrivastava, 2021). Teknologi-teknologi

ini mampu menjadi alat bantu yang efektif dalam mengidentifikasi penyakit pada daun padi.

Secara umum, langkah-langkah dalam mengidentifikasi penyakit daun pada tanaman padi melibatkan serangkaian tahapan, yaitu akuisisi data, praproses, segmentasi, ekstraksi fitur, dan klasifikasi (Bera et al., 2019). Saat ini, telah banyak dilakukan penelitian dalam upaya mengidentifikasi penyakit daun pada tanaman padi. Salah satu pendekatan yang digunakan adalah pengidentifikasian penyakit pada daun padi dan daun yang sehat dengan menerapkan teknik ekstraksi fitur seperti *discrete wavelet transform*, *scale invariant feature transform*, dan *gray scale co-occurrence matrix*. Selanjutnya, dilakukan klasifikasi menggunakan berbagai algoritma klasifikasi seperti *K nearest neighborhood neural network*, *back propagation neural network*, *Naive Bayesian*, dan *multiclass SVM*. Hasil uji coba menunjukkan bahwa algoritma *multiclass SVM* memberikan performa akurasi tertinggi, mencapai 98,63% (Gayathri Devi & Neelamegam, 2019). Penelitian dalam mengklasifikasikan berbagai penyakit daun pada tanaman padi seperti *Paddy Blast*, *Narrow Brown Spot*, *Brown Spot*, serta daun yang sehat, melibatkan berbagai langkah. Dalam upaya ini, digunakan ekstraksi fitur warna untuk mendapatkan nilai citra biner dari luas area (A) dan perimeter (P), ekstraksi fitur bentuk untuk memperoleh nilai *rectangularity*, *compactness*, *elongation*, dan *roundness*, serta ekstraksi fitur tekstur untuk menghasilkan nilai fitur tekstur melalui kontras GLCM, keseragaman, *entropi*, perbedaan terbalik, dan korelasi linear. Data kemudian diteruskan ke algoritma SVM untuk klasifikasi, dan penelitian ini memberikan performa rata-rata akurasi sebesar 92,5% (Biswas et al., 2019). Penelitian lain fokus pada klasifikasi penyakit daun sehat, *Brown Spot*, dan *Narrow Brown Spot*. Metodenya melibatkan ekstraksi fitur nilai *slicing* warna RGB, nilai fitur tepi, serta nilai histogram warna. Hasil penelitian ini mencapai rata-rata performa akurasi sebesar 89% (Taujuddin et al., 2021). Penelitian berikutnya mengklasifikasikan penyakit seperti *Bacterial Leaf Blight*, *Leaf Blast*, dan *Brown Spot* pada tanaman padi. Metode yang digunakan mencakup ekstraksi fitur warna dengan nilai intensitas moment menggunakan metode *Mean*, *Median*, *Mode*, *Midrange*, *Range*, *IQR*, dan *Standard Deviation*. Setelah itu, dilakukan klasifikasi dengan memilih algoritma terbaik otomatis antara *Random Forest*,

KNN, dan SVM. Penelitian ini berhasil mencapai performa akurasi terbaik sebesar 91,47% (Saha & Ahsan, 2021). Spider Monkey Optimization (SMO) merupakan algoritma optimasi berbasis kecerdasan kawanan (swarm intelligence) yang meniru perilaku sosial *Fission-Fusion* dari monyet laba-laba saat mencari makan. Dalam perilaku ini, kelompok monyet akan berpisah menjadi subkelompok (*fission*) untuk menjelajahi lingkungan yang luas, kemudian bergabung kembali (*fusion*) untuk berbagi informasi dan mengevaluasi hasil pencarian secara kolektif (H. Sharma et al., 2019). Dengan menerapkan prinsip organisasi diri (*self-organization*) dan pembagian kerja (*division of labor*), SMO secara alami mampu mengelola kompleksitas ruang pencarian seleksi fitur yang bersifat kombinatorial dan berdimensi tinggi (Bansal et al., 2014). Dalam menyelesaikan permasalahan dimensi fitur tinggi selain SMO bisa digunakan algoritma seleksi fitur PSO untuk mencari dan memilih fitur optimal (Kurnia et al., 2023). Algoritma seleksi fitur lainnya yang dapat digunakan untuk seleksi fitur adalah Ant Colony Optimization (Nugroho & Permadi, 2019). Algoritma seleksi fitur tersebut dapat digunakan untuk mencari dan memilih fitur optimal dari dataset fitur.

Dataset dalam penelitian ini diperoleh melalui pengambilan citra daun padi secara langsung di lapangan, validasi jenis penyakit oleh ahli pertanian, serta augmentasi citra menggunakan teknik rotasi, flipping, zoom, dan penyesuaian pencahayaan, sehingga menghasilkan 7000 citra yang terbagi dalam tujuh kelas sebagai data masukan untuk pelatihan dan pengujian model klasifikasi. Data citra daun padi selanjutnya dilakukan proses ekstraksi fitur untuk mendapatkan nilai dari fitur, seperti nilai fitur warna, tekstur, dan bentuk, dengan menggunakan berbagai metode untuk menghasilkan nilai-nilai fitur tersebut. Hasil ekstraksi fitur tekstur, bentuk, warna, dan tepi berupa dataset dari fitur tekstur, bentuk, warna, dan tepi. Selanjutnya masing-masing dataset fitur tersebut dilakukan proses penggabungan fitur sehingga menjadi satu dataset fitur gabungan.

Penggabungan dataset fitur-fitur ini menghasilkan dimensi yang tinggi, yang pada gilirannya dapat menyebabkan keberadaan fitur-fitur yang tidak relevan dan redundan. Oleh karena itu, diperlukan solusi untuk mereduksi dimensi fitur dan mengeliminasi fitur-fitur yang tidak relevan serta redundan. Dalam rangka

mengatasi tantangan dalam mengklasifikasikan jenis penyakit pada daun padi, penelitian ini mengusulkan pendekatan komparasi algoritma seleksi fitur yaitu SMO, PSO, dan ACO. Algoritma seleksi fitur tersebut digunakan untuk mencari dan memilih 10 fitur-fitur optimal yang ada dalam dataset fitur gabungan kemudian menjadi dataset fitur hasil seleksi fitur. Dataset hasil seleksi fitur selanjutnya digunakan untuk input klasifikasi dengan model *Random Forest*, *Support Vector Machine* dan *Hyperparameter Tuning*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengembangkan model klasifikasi otomatis penyakit daun padi berbasis *machine learning* yang akurat dengan memanfaatkan fitur warna, bentuk, tekstur, dan tepi dari citra daun?
2. Bagaimana kinerja masing-masing algoritma seleksi fitur bio-inspiratif SMO, PSO, dan ACO dalam menghasilkan *subset* fitur optimal untuk meningkatkan performa klasifikasi?
3. Bagaimana pengaruh integrasi metode seleksi fitur dengan algoritma klasifikasi (*Random Forest* dan *Support Vector Machine*) yang dioptimasi melalui hyperparameter tuning terhadap kinerja model secara keseluruhan?
4. Seberapa baik performa model yang dikembangkan ditinjau dari segi akurasi klasifikasi?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan model klasifikasi penyakit daun padi berbasis machine learning yang mampu melakukan diagnosis otomatis secara akurat dengan memanfaatkan fitur warna, bentuk, tekstur, dan tepi dari citra daun.
2. Menerapkan tiga algoritma seleksi fitur bio-inspiratif—yakni *Spyder Monkey Optimization (SMO)*, *Particle Swarm Optimization (PSO)*, dan *Ant Colony Optimization (ACO)*—untuk memperoleh subset fitur yang optimal dalam meningkatkan performa klasifikasi dan efisiensi sistem.
3. Mengintegrasikan metode seleksi fitur terpilih dengan algoritma klasifikasi (*Random Forest* dan *Support Vector Machine*), serta

mengoptimalkan performa model melalui teknik hyperparameter tuning, guna memperoleh konfigurasi model terbaik.

4. Mengevaluasi performa model dari sisi klasifikasi dan efisiensi komputasi, termasuk akurasi, precision, recall, F1-score.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan ilmu klasifikasi citra digital, khususnya pada aplikasi pertanian presisi dan deteksi penyakit tanaman berbasis machine learning. Studi ini termasuk dalam kelompok riset yang masih terbatas jumlahnya, karena menyajikan analisis komparatif yang mendalam terhadap tiga teknik seleksi fitur berbasis algoritma bio-inspiratif yaitu SMO, PSO, dan ACO pada permasalahan klasifikasi citra daun padi dengan skenario multi-kelas. Selain itu, penelitian ini mengusulkan integrasi baru antara metode seleksi fitur tersebut dengan algoritma klasifikasi, sehingga dapat berfungsi sebagai acuan metodologis bagi pengembangan penelitian selanjutnya di bidang serupa.. Manfaat Praktis yaitu menghasilkan model klasifikasi penyakit daun padi yang akurat dan efisien, yang dapat diterapkan pada aplikasi mobile sebagai sistem bantu keputusan bagi petani dalam mendeteksi penyakit tanaman secara cepat dan mandiri. Manfaat teknologi yaitu memberikan referensi implementasi sistem berbasis *machine learning* dengan keterbatasan sumber daya (*resourceconstrained systems*), misalnya untuk aplikasi berbasis Android atau sistem *edge computing*. Menunjukkan pentingnya aspek efisiensi komputasi dalam pengembangan model agar siap digunakan dalam sistem dunia nyata.