

1. Pendahuluan

Mengetahui buah adalah salah satu unsur penting dalam berbagai macam industri buah. Seperti contohnya, buah pisang merupakan salah satu buah yang paling banyak di konsumsi secara global. Di estimasikan, buah pisang berkontribusi sebanyak 16% dalam produksi buah secara global [1], [2]. Kualitas dari makanan adalah salah satu aspek yang krusial dalam industri makanan [3]. Oleh karena itu, menentukan tingkat kematangan atau kualitas buah pisang adalah hal yang penting untuk memberikan suatu standar kualitas untuk penggunaan secara komersil [2]. Bagaimanapun juga, melakukan prediksi manual dalam kematangan ataupun kualitas dapat berujung kepada prediksi yang tidak akurat dikarenakan perbedaan dalam perspektif visual dan kondisi psikologi [4], [5]. Oleh karena itu, dibutuhkan pengembangan lebih lanjut dalam melakukan klasifikasi kematangan dan kualitas buah pisang secara akurat. Selain itu, di rekomendasikan juga untuk menggunakan *computer vision* dan *soft computing* untuk menyediakan sistem klasifikasi atau penilai cerdas, karena pada era digital saat ini, *computer vision* dapat di desain untuk mendeteksi kematangan dan kualitas buah. Adapun informasi lainnya, sistem *computer vision* telah populer dan canggih dikarenakan pengembangan *graphic processing unit* (GPU) yang dapat melakukan komputasi yang berat dan kemudahan untuk mendapatkan data [6]–[8].

Namun, mendesain dan mengembangkan sebuah sistem *computer vision* adalah hal yang menantang. Untuk memberikan ilustrasi yang jelas, dalam *traditional machine learning*, *feature engineering* merupakan suatu hal yang krusial, hal itu disebabkan karena dalam menentukan fitur dan dimensi yang cocok adalah suatu hal penting dalam mengurangi biaya komputasi dan meningkatkan akurasi dalam prediksi [8]–[10]. Lebih lanjut lagi, penggunaan satu buah pengekstraksi fitur adalah hal yang kurang efektif dalam mengekstraksi fitur secara detail dari data [11]. Proses ini cukup memakan waktu yang banyak dibandingkan dengan penggunaan metode *deep learning* yang dapat melakukan ekstraksi fitur dan klasifikasi yang baik secara bersamaan [5], [7]. Sudah banyak sekali riset dan pengembangan mengenai metode *deep learning*, dan salah satu metode yang paling sukses dan banyak di implementasikan adalah *convolutional neural network* (CNN). Metode ini telah digunakan untuk klasifikasi ataupun regresi dalam berbagai bidang menggunakan teks, citra, dan suara sebagai data yang telah meraih hasil yang sangat memuaskan [5], [8]. Oleh karena itu, banyak sekali aplikasi dan sistem yang menggunakan CNN berdasarkan kesuksesan dari riset dan pengimplementasian dari *convolutional layer* [2], [5], [12].

Terdapat banyak sekali arsitektur CNN yang telah dikembangkan dan diteliti serta dapat diandalkan pada masa ini, seperti VGG, ResNet, dan ResNeXt, yang mana keandalan itu telah dibuktikan pada berbagai macam masalah dan tugas. Penggunaan GPU merupakan salah satu rekomendasi yang harus dilakukan ketika menggunakan CNN, hal tersebut disebabkan karena CNN membutuhkan biaya komputasi yang sangat banyak [13], [14]. Arsitektur CNN yang dalam seperti VGG, ResNet, dan ResNeXt pada umumnya membutuhkan dataset yang lebih besar dibandingkan dengan arsitektur tradisional agar mencapai performa yang baik dikarenakan struktur yang sangat kompleks dan banyak parameter yang harus di optimasi [3]. Bagaimanapun juga, penggunaan data yang banyak dapat membantu untuk mengurangi kemungkinan terjadinya *overfitting* dan meningkatkan kemampuan generalisasi pada model [7].

Disisi yang lain, penggunaan metode *traditional machine learning* seperti *support vector machine* (SVM), memiliki kelebihan ketika menggunakan dataset yang relatif lebih kecil secara efektif [10], [15]. Untuk mengklasifikasikan sebuah citra, SVM merepresentasikan sebuah *pixel* pada titik dalam ruang dimensi tinggi dan memposisikan sejauh mungkin dari *hyperplane* yang mana posisi *hyperplane* ditentukan berdasarkan kategori dan *kernel functions* untuk memaksimalkan *margin* atau jarak antara *hyperplane* dan data [15], [16]. Menurut Banerjee et al. [16] *radial basis function* (RBF) memiliki performa yang cenderung lebih baik ketika jumlah observasi melebihi jumlah fitur, bagaimanapun juga *linear function* juga bekerja lebih baik dibandingkan RBF ketika jumlah fitur melebihi observasi dan *polynomial function* berfungsi baik ketika fitur sudah di normalisasikan. Ini mengindikasikan bahwa menemukan parameter yang optimal untuk SVM merupakan suatu hal yang kompleks dan membutuhkan banyak waktu, karena melibatkan perubahan berbagai macam parameter untuk mendapatkan performa yang terbaik.

Dibutuhkan suatu optimasi untuk menyelesaikan permasalahan kombinasi ketika menemukan parameter yang optimal untuk SVM. Pada umumnya, optimisasi *heuristics* ataupun *metaheuristics* dapat menyelesaikan berbagai macam permasalahan optimisasi. *Swarm intelligence* (SI) dan *evolutionary computation* adalah algoritma *metaheuristic* yang memiliki konsep berdasarkan dari populasi [17]. Secara detail, SI merupakan cabang dari *artificial intelligence* (AI) berdasarkan konsep dari aksi individual dalam berbagai sistem terdesentralisasi. Seperti contohnya pengoptimasi *artificial bee colony* (ABC) yang dikembangkan oleh Teodorović [18] yang terinspirasi oleh perilaku lebih yang mana pengoptimasi tersebut dapat menyelesaikan berbagai macam masalah kombinasi yang kompleks dan memiliki kecenderungan untuk keluar dari *local minimum* secara efisien. Ini mengindikasikan bahwa teknik optimisasi *metaheuristic* dapat secara efisien mengurangi pekerjaan yang membutuhkan waktu lebih banyak untuk perubahan berdasarkan percobaan

empiris [6]. Kendati demikian, strategi yang melibatkan *metaheuristic* jarang untuk digunakan pada *deep learning* maupun *traditional machine learning*.

Sudah menjadi fakta umum bahwa penggunaan *deep learning* membutuhkan dataset yang cukup besar untuk proses pelatihan guna mencegah *overfitting* dan penggunaan biaya komputasi yang sangat banyak. Pada perspektif yang lain, penggunaan SVM memiliki hasil yang baik meskipun menggunakan data dan biaya komputasi yang relatif lebih sedikit. Oleh karena itu, kami mengajukan metode yang menggabungkan *convolutional neural network* sebagai pengekstraksi fitur dengan *support vector machine* sebagai pengklasifikasi lalu dioptimasi menggunakan *artificial bee colony* (ABC) untuk menyelesaikan masalah tersebut. Kami juga memiliki hipotesis bahwa penggunaan metode ini dapat mengurangi kebutuhan biaya komputasi dan memiliki performa yang lebih baik meskipun menggunakan dataset yang lebih sedikit.

Artikel ini terdiri dari lima bagian. Bagian pertama, kami akan menjelaskan secara detail mengapa masalah ini penting. Bagian kedua, kami akan melakukan evaluasi terhadap riset ataupun studi terdahulu yang terkait dengan studi ini. Bagian 3, kami akan menjelaskan berbagai metode yang kami gunakan. Bagian empat, kami akan menjelaskan riset yang kami kerjakan. Bagian lima, kami akan melampirkan hasil diskusi dan konkolusi dari riset yang telah dilakukan.