

BAB 1

USULAN GAGASAN

1.1 Deskripsi Umum Masalah

1.1.1 Latar Belakang Masalah

Teh merupakan salah satu minuman yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat di seluruh dunia. Teh yang berasal dari tanaman teh (*Camellia sinensis*) merupakan tanaman tahunan yang terdiri dari banyak jenis dan tersebar di berbagai negara [1]. Teh mengandung lebih dari 700 jenis bahan kimia, seperti flavonoid, asam amino, vitamin C, vitamin E, vitamin K, kafein, polisakarida, serta jenis lainnya yang bermanfaat untuk kesehatan [2]. Terdapat empat jenis teh berdasarkan pengolahannya yaitu, teh hitam, teh hijau, teh putih, dan teh *oolong* [3]. Berdasarkan data *Indonesian Trade Promotion Center (ITPC)* tahun 2022, Indonesia tercatat sebagai negara produsen dan eksportir terbesar pada urutan kedelapan di dunia [4]. Teh merupakan komoditas perkebunan yang memiliki nilai jual tinggi dan salah satu komoditas unggulan sektor perkebunan di Indonesia [5]. Saat ini, permintaan komoditi teh meningkat dalam setiap tahunnya [6]. Hal ini menjadi tantangan bagi Indonesia dalam memenuhi permintaan pasar dunia. Hadirnya suatu perusahaan yang dapat mengelola dan meningkatkan produksi teh sangat diperlukan agar potensi perkebunan di Indonesia tetap terjaga dan dimanfaatkan dengan baik. Salah satu perusahaan yang berkontribusi signifikan dalam industri teh di Indonesia adalah PT Perkebunan Nusantara VIII. PT Perkebunan Nusantara VIII memproduksi teh hitam (Ortodoks dan CTC), teh putih (*Silver Needle, White Peony*), dan teh hijau (*Pan Firing*) [7]. Produk teh Indonesia yang diekspor telah sesuai dengan permintaan dunia yaitu teh hitam yang telah mengalami proses fermentasi. PT Perkebunan Nusantara VIII berperan penting dengan menyumbang 41% dari total produksi teh di dalam negeri, yang didominasi oleh teh hitam ortodoks sebesar 85% dan teh hitam CTC sebesar 15% [8]. Teh hitam telah menarik minat masyarakat karena manfaat kesehatannya yang luar biasa dan cita rasa yang kuat [9].

Dari berbagai kebun yang dikelola oleh PT Perkebunan Nusantara VII, pembuatan teh hitam diproduksi oleh PT Perkebunan Nusantara VIII Kebun Rancabali menggunakan sistem pengolahan teh dengan metode ortodoks. Pengujian mutu ini dilakukan apabila berbagai wadah bubuk jenis teh sudah siap untuk dikemas menggunakan *papersack* untuk kebutuhan ekspor dan karung untuk kebutuhan perdagangan lokal. Pengujian mutu yang dilakukan untuk

mengukur kualitas pada bubuk teh diuji dengan cara sederhana. Terdapat dua tahapan, yaitu bubuk teh diuji menggunakan gelas ukur untuk menentukan berat jenis pada bubuk teh dan pengujian kadar air dengan menyeduh berbagai sampel bubuk teh hitam yang telah disortasi. Pengujian ini dilakukan dengan sistem yang konvensional sehingga dapat menimbulkan berbagai masalah yang menghambat proses peningkatan produksi pada bubuk teh hitam ortodoks. Salah satu masalah utama yang sering terjadi adalah kekeliruan terhadap hasil uji mutu pada jenis bubuk teh. Hal itu disebabkan oleh adanya tingkat *human error* saat melakukan pengujian mutu dan jenis bubuk teh yang tidak sesuai dengan permintaan pembeli sehingga pembeli melakukan pengembalian produk teh yang telah dikirimkan. Selain itu, laporan hasil uji mutu yang dicatat melalui tulisan dinilai kurang efisien karena laporan tersebut perlu dimasukkan kembali melalui rekapitulasi laporan pengujian mutu yang dilakukan setiap pekan. Permasalahan yang terjadi pada tahapan ini dapat menjadi permasalahan yang serius apabila tidak segera diselesaikan dengan solusi yang efisien dan praktis. Masalah ini dapat dilihat dari segi inefisiensi yang dilakukan oleh produsen dengan melakukan pengujian berulang kali sehingga berdampak pada borosnya biaya transportasi dan produksi. Pengaruh dari terhambatnya proses tersebut dapat menurunkan tingkat produksi dan mengurangi minat pelanggan dalam membeli produk teh. Dampak ini dapat terlihat dari total produksi teh Indonesia yang mengalami penurunan pada tahun 2022 berkisar 137 ribu ton [10].

Berdasarkan permasalahan yang telah dijabarkan, penulis mengusulkan penggunaan *image processing* dengan menggunakan metode *Convolutional Neural Networks* (CNN) berbasis aplikasi *mobile* sebagai klasifikasi jenis bubuk teh ketika melakukan pengujian mutu. Penelitian sebelumnya yang terkait dengan tanaman teh telah menjalankan beragam metode, salah satunya adalah metode CNN dengan pengaplikasian yang dilakukan pada klasifikasi jenis daun teh yang terjangkit penyakit. Dalam penelitian ini, pendekatan menggunakan metode CNN berhasil mengenali tujuh jenis penyakit dari gambar daun dengan tingkat akurasi mencapai 90.23% [11]. Selain itu, metode CNN telah berhasil untuk mengidentifikasi tingkat fermentasi teh hitam dengan tingkat akurasi mencapai 89% untuk 2000 gambar teh hitam yang telah difermentasi [12]. Selain itu, terdapat penelitian yang menjelaskan tentang klasifikasi kualitas teh hitam berbasis kamera digital menggunakan arsitektur AlexNet dan ResNet-50 dengan tingkat akurasi sebesar 100% [13]. Dalam berbagai penelitian menyebutkan, klasifikasi gambar dalam metode CNN mempunyai model yang beragam, seperti AlexNet, TeaNet, NasNetMobile, ResNet-101, Googlenet, Shufflenet, Efficientnetb0, Darknet53, Mobilenet, YOLOv8, VGG-16, ResNet-50, WT-ResNet18, WT-VGG16, WT-AlexNet, dan DenseNet [14-23]. Pada usulan alternatif sebelumnya, aplikasi *mobile* dapat diimplementasi dengan baik

untuk studi kasus pemasaran produk teh menggunakan metodologi desain *sprint* dan validasi dengan nilai *usability* pengguna sebesar 81 atau setara dengan *grade B* [24]. AgroAid merupakan salah satu hasil penelitian yang memanfaatkan teknologi *Deep Learning* (DL), *cloud services*, dan aplikasi *mobile* yang dapat mengidentifikasi jenis penyakit tanaman dengan tingkat akurasi sebesar 99% dan mengedukasikan pengetahuan umum hortikultura untuk pertumbuhan tanaman yang lebih baik [19].

Dengan berbagai hasil penelitian ini yang telah diusulkan sebelumnya, usulan penelitian pada *capstone project* ini dapat dijadikan solusi yang tepat dengan memanfaatkan tiga teknologi, yaitu teknologi aplikasi *mobile*, DL, dan *cloud services*. Usulan solusi pada *capstone project* ini berupa aplikasi berbasis *mobile* yang dapat mengklasifikasi jenis bubuk teh hitam melalui pengolahan citra gambar berdasarkan *grade* dan kualitas pada pengujian mutu. Dengan memanfaatkan aplikasi *mobile*, pengguna dapat dengan mudah mengambil gambar bubuk teh menggunakan kamera ponsel mereka dan langsung mengunggahnya ke *cloud* untuk diproses. Teknologi *cloud computing* memungkinkan pemrosesan citra secara *real time* dan penyimpanan data yang lebih besar tanpa membebani perangkat pengguna. Ini memastikan bahwa aplikasi tetap ringan dan responsif, memberikan pengalaman pengguna yang optimal. Dengan demikian, aplikasi ini diharapkan dapat memberikan laporan hasil uji mutu bubuk teh hitam ortodoks dengan lebih efektif dan efisien, baik dari segi biaya maupun waktu pengiriman produksi.

1.1.2 Tujuan Capstone

Tujuan *capstone* ini diusulkan untuk mengatasi permasalahan yang terjadi pada tahap uji mutu bubuk teh hitam ortodoks PT Perkebunan Nusantara VIII. Berdasarkan kebutuhan yang harus dipenuhi, tujuan *capstone* ini adalah sebagai berikut:

1. Mengimplementasi teknologi DL berbasis aplikasi melalui pengolahan citra gambar untuk mengklasifikasikan jenis bubuk teh hitam ortodoks berbasis DL berdasarkan *grade* dan kualitas.
2. Menciptakan sebuah aplikasi Rantea untuk memudahkan penguji mutu bubuk teh dalam mengambil keputusan secara tepat dan presisi terhadap hasil uji bubuk teh hitam ortodoks.
3. Menggunakan aplikasi Rantea sebagai media publikasi untuk masyarakat luas terkait produk bubuk teh hitam yang dipasarkan oleh PT Perkebunan Nusantara VIII.

4. Mendukung gerakan digitalisasi di bidang agrikultur dengan membuat sebuah aplikasi terhadap proses produksi teh sebagai bentuk dukungan terhadap ketahanan pangan nasional.

1.1.3 Analisa Masalah

Dengan dilaksanakan penelitian ini, diharapkan penulis dapat menyelesaikan aspek-aspek permasalahan yang ada di PT Perkebunan Nusantara VIII dan memudahkan pengujian bubuk teh dalam memberikan hasil yang akurat terkait pengujian mutu pada bubuk teh hitam ortodoks. Hal ini diuraikan dari berbagai aspek-aspek sebagai berikut.

1.1.3.1 Aspek Ekonomi

Tanaman teh memiliki signifikansi ekonomi yang besar di seluruh dunia dan memiliki peran kunci dalam memajukan ekonomi pedesaan, mengurangi tingkat kemiskinan, dan menjaga ketahanan pangan di negara-negara yang menjadi produsen utama teh. Dapat dilihat dari tingkat konsumsi per kapita di negara-negara produsen teh telah meningkat selama dekade terakhir [25]. Permintaan konsumsi yang meningkat memberikan peluang kepada negara produsen teh untuk meningkatkan produksi, salah satunya adalah Indonesia. Potensi pasar teh produksi Indonesia tersebar di berbagai belahan dunia. Pada tahun 2021, teh Indonesia telah dikirimkan ke 62 negara berbeda sebagai tujuan ekspor, dengan sebagian besar ekspor teh Indonesia mengarah ke Malaysia sebesar 13.12%, Rusia sebesar 12.63%, dan Australia sebesar 10.32% [8]. Dari berbagai jenis teh yang ditawarkan, produk teh Indonesia telah sesuai dengan permintaan pasar dunia yaitu teh hitam yang telah di fermentasi. Teh hitam fermentasi merupakan produk teh yang banyak diekspor oleh Indonesia pada Januari 2022 dengan nilai 83.69% dari total nilai ekspor [8]. Peluang ini dimanfaatkan dengan baik oleh PT Perkebunan Nusantara VIII dalam mengelola produksi teh nasional. Akan tetapi, produksi PT Perkebunan Nusantara VIII Kebun Rancabali saat ini masih menggunakan cara yang sederhana sehingga mengakibatkan inefisiensi biaya yang dikeluarkan dalam proses produksi hingga biaya transportasi pada bubuk teh hitam ortodoks yang siap untuk dipasarkan.

1.1.3.2 Aspek Manufakturabilitas (*manufacturability*)

Saat ini teknologi telah berkembang pesat, salah satu teknologi terbaru pada saat ini adalah aplikasi seluler. Aplikasi seluler telah menjadi salah satu instrumen utama dalam mempermudah pekerjaan manusia pada ponsel pintar. Proyeksi populasi pengguna ponsel pintar di seluruh dunia pada tahun 2024 diperkirakan mencapai 7,074 miliar, terdapat kecenderungan peningkatan tahunan pada pengguna ponsel pintar [26]. Aplikasi seluler

meningkatkan daya saingnya dengan memfasilitasi konsumsi sumber daya ekonomi dan penyediaan fungsi-fungsi utama bagi pengguna. Aplikasi seluler memiliki potensi untuk interaksi dengan aplikasi lain, penanganan sensor, data lokasi fisik, kedekatan dengan perangkat seluler lain, aktivasi berbagai fitur perangkat, kompleksitas pengujian, masalah yang terkait dengan transmisi melalui *gateway* jaringan telepon, serta menangani masalah-masalah kompleks lainnya [27]. Ditambah dengan kemajuan dalam pembelajaran mesin yang mengurangi sumber daya komputasi yang diperlukan untuk mengeksekusi model yang telah dilatih sebelumnya [28], DL kini mampu diterapkan pada perangkat seluler. Pengembang aplikasi seluler semakin didorong untuk memasukkan DL ke dalam berbagai aplikasi ciptaan mereka [29]. Seiring berkembangnya teknologi saat ini, *Deep Learning* (DL) merupakan sistem ML yang sangat mumpuni. DL mempunyai tiga arsitektur dasar jaringan saraf yang bekerja dengan baik pada berbagai jenis data, salah satunya adalah CNN. Algoritma jaringan CNN merupakan kelas jaringan yang dapat diterapkan untuk menganalisis citra gambar dan menunjukkan kinerja yang luar biasa dalam banyak aplikasi modern [18]. Algoritma jaringan CNN mempunyai berbagai model yang beragam seperti AlexNet, TeaNet, ResNet-101, Googlenet, Shufflenet, Efficientnetb0, Darknet53, MobilenetV2, YOLOv8, VGG-16, serta arsitektur jaringan lainnya [14], [21], [22], [23]. Pemodelan menggunakan algoritma jaringan CNN dinilai cocok untuk mengklasifikasikan berbagai jenis bubuk teh hitam ortodoks. Pada pemodelan menggunakan arsitektur CNN juga dapat ditambahkan dengan *object detection* agar objek yang diklasifikasi mendapatkan hasil yang akurat [21].

Dengan terciptanya aplikasi seluler yang terintegrasi dengan metode CNN, proses pengujian kualitas bubuk teh ortodoks dapat dilakukan dengan lebih optimal dan efisien, didukung dengan desain aplikasi yang disesuaikan dengan kebutuhan untuk mempermudah pengujian mutu. Penggunaan aplikasi ini sangat mudah bagi semua orang, khususnya penguji mutu bubuk teh di PT Perkebunan Nusantara VIII.

1.1.3.3 Aspek Keberlanjutan (*sustainability*)

Dalam proses pendeteksian bubuk teh, hasil akurasi DL memiliki peran yang sangat krusial dalam menentukan hasil deteksi bubuk teh, karena setiap jenis teh memiliki perbedaan yang tidak terlalu mencolok. Dari segi spesifikasi perangkat ponsel pintar, resolusi kamera merupakan salah satu hal yang perlu diperhatikan. Resolusi kamera yang tinggi memungkinkan untuk mendapatkan gambar yang jelas dan rinci. Selain itu, saat mengambil gambar sampel bubuk teh, penting untuk memastikan pencahayaan yang memiliki kontras yang baik, hal ini dikarenakan nilai ekstraksi ciri yang didapatkan akan berbeda tergantung dari hasil kualitas

gambar, yang berdampak pada proses pendeteksian bubuk teh dan kesalahan dalam hasil pendeteksian bubuk teh [30]. Oleh sebab itu, diperlukan hasil akurasi DL yang tinggi dan perangkat yang mampu memastikan kualitas hasil gambar yang baik.

1.2 Analisa Solusi yang Ada

Inovasi terkait pengembangan sistem pendeteksian pada produksi olahan teh telah dilakukan oleh peneliti lainnya, salah satunya adalah alat IoT untuk pendeteksian fermentasi pada teh hitam. Alat ini memiliki kemampuan mengklasifikasikan jenis teh hitam fermentasi dengan menggunakan algoritma CNN. Alat inovasi yang diusulkan berbentuk alat fisik yang tersusun oleh Raspberry Pi 3 model B+ dengan Pi *Camera* untuk mengambil gambar selama proses fermentasi teh hitam dilakukan. Hasil keluaran utama dari alat ini adalah menentukan jenis teh yang telah terfermentasi menggunakan arsitektur TeaNet dengan tingkat akurasi mencapai 95% [31]. Tentu hasil ini merupakan sebuah keunggulan terhadap solusi yang diusulkan. Namun, terdapat kekurangan pada solusi tersebut, yaitu pengguna perlu memiliki alat IoT. IoT dinilai inefisiensi dari segi biaya operasional produksi yang dikeluarkan untuk membeli alat tersebut dan perlu melakukan peremajaan pada alat. Selain itu, terdapat usulan yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya terkait *grade* dan kualitas teh hitam. Akan tetapi, penelitian tersebut menggunakan pengambilan gambar melalui kamera digital dan jenis bubuk teh hitam yang diuji sangat terbatas sehingga penelitian perlu dikembangkan kembali agar dapat digunakan langsung oleh penguji teh.

Dengan dasar ini, Rantea mempersembahkan pengembangan dan inovasi yang terinspirasi dari alat E-Nose tersebut. Perbedaan utama terdapat dari bentuk inovasinya, produk Rantea akan memanfaatkan ponsel pintar sebagai alat pendeteksinya sehingga para penguji bubuk teh tidak perlu membeli alat dan memudahkan dalam penggunaannya. Fokus utama Rantea adalah mendeteksi dan mengklasifikasikan kualitas bubuk teh hitam ortodoks dengan lebih rinci sesuai dengan kelas dan standar mutu bubuk teh, seperti BT, PF, BOPF, dan jenis bubuk teh lainnya. Selain itu, Rantea berencana untuk melengkapi sistem dengan catatan riwayat hasil deteksi dan memuat artikel informasi terkait teh. Untuk mencapai tujuan ini, aplikasi akan menggunakan model DL memanfaatkan algoritma CNN dengan target akurasi sebesar 98%.

1.3 Analisa Solusi yang Diusulkan

1.3.1 Karakteristik Produk A

- Fitur Utama

Fitur utama pada produk A bertujuan untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan jenis bubuk teh dengan menggunakan sebuah aplikasi. Aplikasi ini memanfaatkan teknologi DL melalui citra gambar yang diambil oleh penguji mutu teh. Hal ini bertujuan agar penguji dapat mengetahui perbedaan jenis bubuk teh sesuai dengan masing-masing kelas mutu bubuk teh hitam dan memudahkan penguji dalam mendapatkan laporan digital terkait hasil pengujian mutu bubuk teh yang telah diuji.

- Fitur Dasar

Fitur dasar pada produk A akan memanfaatkan kamera yang ada pada ponsel pintar untuk mengambil gambar bubuk teh yang akan diklasifikasi sesuai jenis kualitasnya yang telah diintegrasikan dengan sistem pembelajaran mesin dan juga dilengkapi dengan sistem pencatatan informasi tambahan terkait teh yang terdeteksi seperti besar tonase, warna air, aroma, dan ampas. Untuk mengklasifikasikan jenis teh hitam sesuai dengan *grade* dan kualitasnya, usulan arsitektur yang tepat untuk digunakan dalam penelitian ini berdasarkan hasil akurasi pada penelitian sebelumnya adalah ResNet-50 dan InceptionV3 [32-34]. Fitur dasar pada produk A ini menggunakan sebuah aplikasi. Aplikasi ini dibuat menggunakan sebuah *framework* yang bernama Flutter. Flutter terdiri dari kerangka kerja yang dibangun dengan Dart dan mesin *rendering* yang sebagian besar dibangun di C++ [35]. Flutter digunakan dalam pengembangan aplikasi Rantea untuk sistem operasi Android yang akan digunakan oleh penguji mutu teh. Aplikasi Rantea akan dikombinasikan dengan pemodelan DL yang hasilnya nanti dikerahkan kepada *cloud services* untuk memudahkan pengembangan model di masa mendatang. Fitur ini terinspirasi dari penelitian sebelumnya yang telah berhasil melakukan klasifikasi terhadap daun teh, namun gambar harus mengunggah gambar secara manual tanpa bisa mengunggah secara otomatis melalui aplikasi uji klasifikasi [18].

- Fitur Tambahan

Fitur tambahan pada produk A juga dilengkapi dengan berbagai artikel dan informasi detail berbentuk berita, gambar, serta deskripsi teks yang membahas tentang produk teh hitam ortodoks olahan PT Perkebunan Nusantara VIII Kebun

Rancabali. Hal ini bertujuan untuk mengedukasikan dan meyakinkan calon pembeli terhadap produk teh yang diminati untuk dibeli.

- Sifat Solusi yang Diharapkan

Pada produk ini diharapkan aplikasi Rantea mudah digunakan, diakses, dan memiliki tampilan yang menarik. Lalu, model DL mampu memprediksi secara akurat dan tepat. Terciptanya aplikasi ini diharapkan mampu mengatasi permasalahan yang terjadi di tahap uji mutu bubuk teh dan mengefisienkan proses kerja dalam pengujian teh.

1.3.2 Karakteristik Produk B

- Fitur Utama

Fitur utama pada produk B bertujuan untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan jenis bubuk teh dengan menggunakan sebuah aplikasi. Aplikasi ini memanfaatkan teknologi DL melalui citra gambar yang diambil oleh penguji mutu teh. Hal ini bertujuan agar penguji dapat mengetahui perbedaan jenis bubuk teh sesuai dengan masing-masing kelas mutu bubuk teh hitam dan memudahkan penguji dalam mendapatkan laporan digital terkait hasil pengujian mutu bubuk teh yang telah diuji.

- Fitur Dasar

Aplikasi akan memanfaatkan kamera yang ada pada ponsel pintar untuk mengambil gambar bubuk teh untuk dideteksi jenis kualitasnya yang sudah diintegrasikan dengan sistem pembelajaran mesin dan juga dilengkapi dengan sistem pencatatan informasi tambahan terkait teh yang terdeteksi seperti besar tonase, warna air, aroma, dan ampas. Pemodelan DL akan langsung ditanam dalam aplikasi sehingga tidak diperlukan adanya koneksi internet pada saat mendeteksi teh.

- Fitur Tambahan

Aplikasi juga akan dilengkapi oleh artikel dan informasi detail berbentuk berita atau teks yang membahas tentang teh.

- Sifat Solusi yang Diharapkan

Aplikasi mudah digunakan, diakses dan memiliki tampilan yang menarik. Lalu, model DL mampu memprediksi secara akurat. Adanya aplikasi juga mampu mengefisienkan proses kerja dalam pengujian teh.