

Rancang Bangun Sistem Penentuan Mutu Buah Lemon Berbasis Pengolahan Citra

¹Muhammad Reza Arifandie, ²Naïla Zahra, & ²Endang Juliastuti^{*)}

¹Program Studi Teknik Fisika, Institut Teknologi Bandung

²Kelompok Keahlian Instrumentasi dan Kontrol, Institut Teknologi Bandung

^{*)}yulias@tf.itb.ac.id

Abstrak

Lemon merupakan buah yang memiliki banyak manfaat dan dapat dinilai kualitasnya berdasarkan kematangan, ukuran, dan cacat. Warna dan ukuran adalah parameter utama bagi konsumen dalam menentukan kualitas lemon. Saat ini, mayoritas proses penentuan mutu lemon di Indonesia masih dilakukan secara manual. Penentuan mutu lemon secara manual merupakan pekerjaan yang melelahkan dan memakan banyak waktu dan biaya. Sebuah sistem penentuan mutu lemon secara otomatis dapat mengurangi biaya yang dikeluarkan oleh petani untuk tenaga kerja. Pada penelitian ini akan dibuat sebuah sistem yang dapat menentukan tingkatan mutu lemon dengan menganalisis warna dan ukuran lemon. Sistem yang dirancang terdiri dari komputer Raspberry Pi 2B, kamera, dan sistem pencahayaan untuk pengambilan dan pemrosesan citra lemon. Tiga jenis klasifikasi dilakukan oleh sistem, yaitu klasifikasi berdasarkan ukuran, warna, dan ada tidaknya cacat. Dengan metode tersebut, sistem yang dibuat memiliki performa yang cukup baik yaitu sebesar 47,08%. Sistem yang dibuat dapat mengukur diameter lemon dengan akurasi sebesar 98,79%, dan dapat menentukan mutu dalam waktu 0,34 detik.

Kata Kunci: penentuan mutu, sortir buah, pengolahan citra, thresholding, citra HSI, lemon

1 Pendahuluan

Lemon adalah buah yang tergolong dalam golongan sitrun yang memiliki banyak manfaat dalam kehidupan sehari-hari, baik sebagai bahan dasar maupun pelengkap pembuatan berbagai produk makanan, minuman, dan obat-obatan, juga dapat dimanfaatkan sebagai pembersih noda. Terdapat banyak varietas buah lemon, namun kebanyakan akan memiliki buah yang berwarna hijau yang berubah menjadi kuning seiring dengan peningkatan kematangannya [1].

Dalam memilih produk pertanian konsumen umumnya mengharapkan konsistensi dan terjaminnya kualitas produk yang biasanya dapat ditentukan berdasarkan warna, bentuk, ukuran, maupun tekstur. Kualitas buah golongan sitrun dapat ditentukan baik berdasarkan ukuran dan warna kulit buah [2], [3]. Salah satu fitur morfologi dalam penentuan mutu berdasarkan ukuran adalah dengan pendeteksian diameter minimum dan maksimum buah [4]. Sedangkan penentuan kualitas warna dapat dilakukan dengan klasifikasi kematangan berdasarkan warna spesifik ataupun analisa homogenitas warna untuk penentuan cacat [5]. Di beberapa negara maju, terdapat klasifikasi mutu buah lemon yang menjadi petunjuk dalam kegiatan perdagangan. Di Amerika Serikat, berdasarkan standar buah lemon dengan kualitas terbaik memiliki kulit dengan warna kuning merata dan bebas dari cacat karena hama, penyakit, atau cacat akibat kesalahan penanganan [6]. Sedangkan menurut *United Nations Economic Commission for Europe (UNECE)*, tingkatan buah lemon dibagi menjadi tiga kelas berdasarkan tingkat homogenitas warna dan keberadaan cacat. Selain itu, berdasarkan ukurannya, lemon minimum memiliki diameter 45 mm dengan ukuran yang seragam [7].

Untuk mewujudkan harapan tersebut, maka tahap pasca panen, terutama sortir dan penentuan mutu, memiliki peran penting dalam proses budidaya produk pertanian, termasuk pada budidaya lemon [8]. Saat ini, para petani lemon di Indonesia umumnya masih melakukan proses penentuan mutu secara manual, sehingga memerlukan waktu dan tenaga kerja yang ekstra. Selain itu, faktor manusia pada proses sortir sangat terpengaruh oleh kelelahan dan ketidaktelitian yang dapat berpotensi pada rendahnya efektivitas dan konsistensi proses sortir dan penentuan mutu. Semakin besar skala pertanian, maka presisi proses sortir dan penentuan mutu semakin menantang sehingga banyak dikembangkan beragam teknologi untuk otomasi sortir dan penentuan mutu [9]. Sistem penentuan mutu otomatis dapat menekan biaya produksi sekaligus meningkatkan kualitas buah hasil produksi dengan cara menyelesaikan masalah yang dihadapi oleh proses penentuan mutu manual dalam mempertahankan konsistensi dan keseragaman [10].

Pada penelitian ini, akan dirancang sebuah perangkat yang dapat menentukan kualitas lemon jenis California sesuai kriteria warna dan ukuran dengan memanfaatkan sistem visi berbasis raspberry pi dan pengolahan citra. Sistem visi yang dirancang terdiri dari sebuah kamera, raspberry pi, dan sistem pencahayaan. Pemrosesan citra dilakukan dengan tahapan prapemrosesan untuk mengondisikan citra terakuisisi, eliminasi latar belakang, dan ekstraksi fitur yang di dalamnya termasuk konversi ruang warna dari *Red-Green-Blue*

(RGB) menjadi *Hue-Saturation-Intensity (HSI)*. Selanjutnya, tiga jenis klasifikasi dilakukan, yaitu klasifikasi berdasarkan ukuran, warna, dan ada tidaknya cacat.

2 Metode

2.1 Survei Kebutuhan

Pada penelitian ini akan dilakukan survei yang meliputi kebutuhan data, spesifikasi, narasumber, referensi, dan sistem yang akan diimplementasikan. Data yang dibutuhkan dalam tahap ini adalah kriteria klasifikasi menurut petani lemon serta sampel berupa lemon yang sudah diklasifikasi. Lemon yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis lemon California. Secara manual, petani lemon biasanya memisahkan dahulu lemon yang tidak memiliki cacat secara kualitatif. Lemon yang sudah matang kemudian dikelompokkan berdasarkan ukuran, petani menggunakan sebuah alat berupa papan kayu yang memiliki beberapa lubang berbentuk lingkaran dengan diameter tertentu yang dapat dilihat pada Gambar 1. Jika lemon memiliki cacat, belum matang, dan atau terlalu kecil maka lemon dimasukkan ke kategori "Reject".

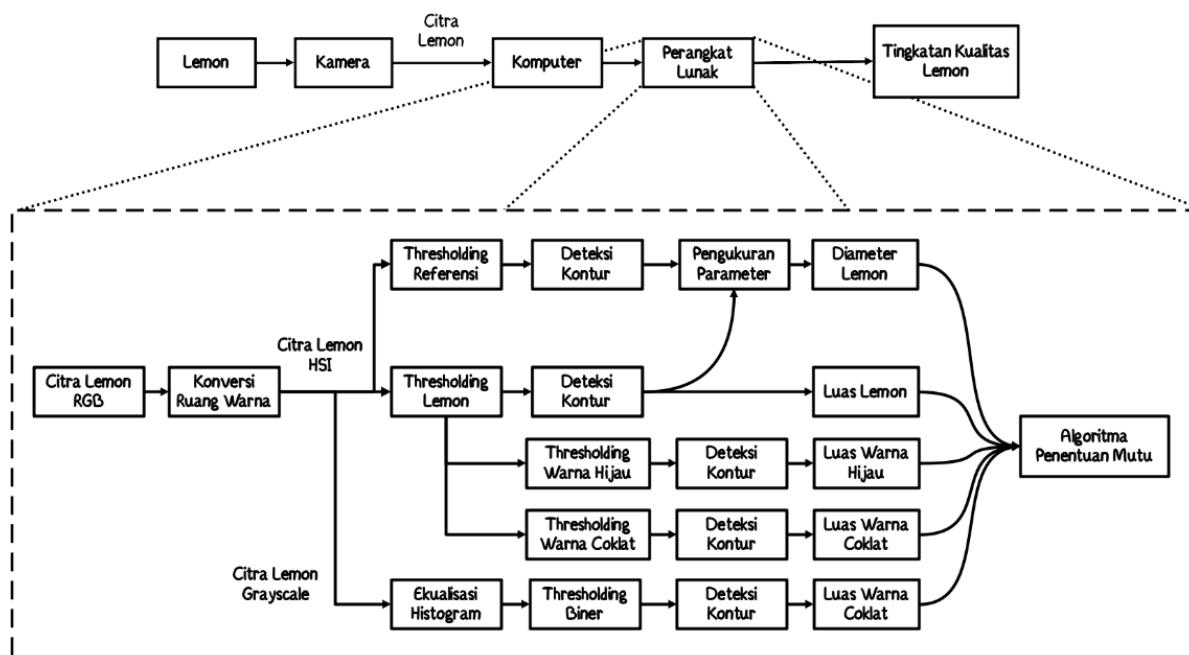


Gambar 1. Proses sortir lemon manual.

Survei tersebut menjadi dasar penentuan klasifikasi pada sistem yang diajukan. Secara serial sistem akan melakukan kuantifikasi terhadap diameter, keberadaan cacat, dan tingkat kematangan. Selanjutnya, sistem yang dirancang dibuat dengan spesifikasi akurasi pengukuran diameter minimum 90%, kecepatan deteksi maksimum 5 detik, dan akurasi penentuan mutu minimum 90%.

2.2 Rancangan Arsitektur Sistem

Pada sistem yang dibuat, data citra lemon yang sudah dikondisikan dengan perangkat pencahayaan akan ditangkap oleh kamera. Kemudian data citra akan disimpan dan di-olah oleh algoritma pada sebuah komputer dan menghasilkan keluaran berupa tingkat kualitas lemon seperti tampak pada Gambar 2. Penjelasan mengenai proses sistem visi lebih lanjut akan dijelaskan pada bagian selanjutnya.

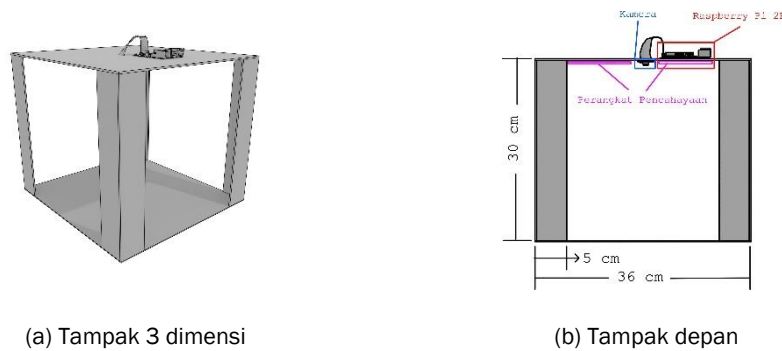


Gambar 2. Diagram blok sistem visi untuk penentuan kualitas lemon

Penelitian ini membutuhkan kamera dengan reproduksi citra yang baik, kompatibilitas dengan sistem operasi Linux, dan harga yang relatif murah. Dengan kriteria tersebut maka dipilih kamera OV5647 untuk mengakuisisi citra buah lemon. Proses pengolahan citra adalah suatu proses dengan beban komputasi yang berat sehingga dibutuhkan komputer dengan prosesor yang dapat melakukan komputasi dengan cepat. Kriteria terakhir yang harus diperhatikan adalah harga dan konsumsi daya listrik dari komputer. Dengan kriteria tersebut maka dipilih Raspberry Pi 2B sebagai komputer untuk pemrosesan citra. Karena akan digunakan deteksi warna, maka purwarupa membutuhkan pencahayaan warna cahaya putih dan cahaya yang merata. Dengan kriteria tersebut maka dipilih LED strip putih 6500K sebagai perangkat pencahayaan.

2.2.1 Rancangan perangkat keras

Dari komponen yang sudah ditentukan, dirancang sebuah selubung yang menjadi tempat seluruh komponen. Selubung didesain menggunakan aplikasi Blender untuk pembuatan model 3 dimensi dan Krita untuk memasukkan dimensi. Desain perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 3.

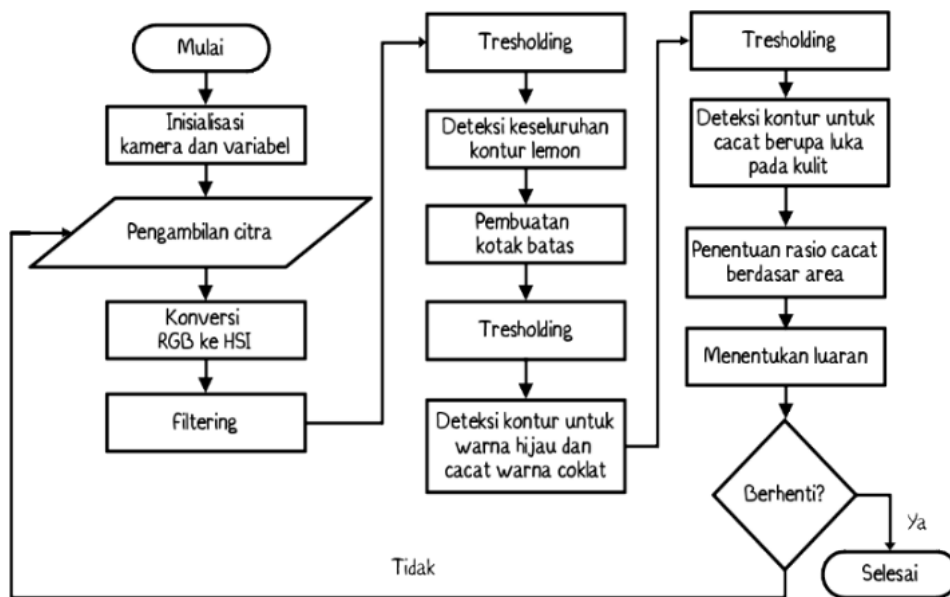


Gambar 3. Desain purwarupa perangkat keras

Desain kemudian diimplementasikan dengan bahan berupa papan kayu *medium-density fibreboard (MDF)* dengan ketebalan 3mm. Komputer dan kamera dipasang ke selubung menggunakan set mur-baut M2 x 10 mm dan M3 x 10 mm, sedangkan *LED strip* dipasang menggunakan selotip dua-sisi pada bagian langit-langit.

2.2.2 Rancangan Perangkat Lunak

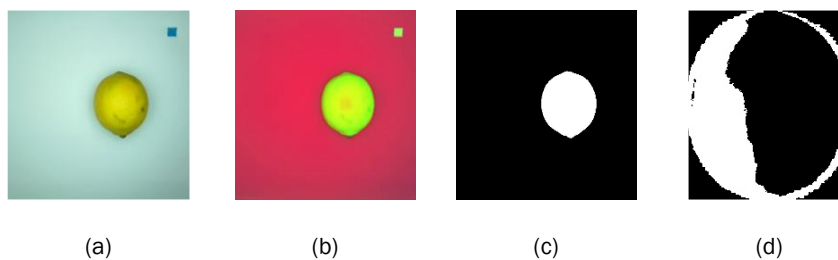
Perangkat lunak ditulis menggunakan bahasa pemrograman Python dan library OpenCV. Desain algoritma perangkat lunak dapat dilihat pada Gambar 4. Perangkat lunak melakukan pengambilan citra serta memproses citra untuk mendapatkan data berupa mutu lemon.



Gambar 4. Diagram alur perangkat lunak pengolahan citra

Penentuan kualitas buah dan sayur dengan menggunakan pengolahan citra secara umum terdiri dari 5 tahapan, akuisisi citra, prapemrosesan citra, segmentasi citra, ekstraksi fitur, dan klasifikasi [2]. Pengolahan citra dilakukan pada ruang warna *Hue-Saturation-Intensity (HIS)* karena keunggulannya yang cenderung tidak

terpengaruh oleh perubahan cahaya jika dibandingkan citra *Red-Green-Blue (RGB)*. Pada tahap prapemrosesan citra, dilakukan operasi filtering dan konversi dari ruang warna RGB ke ruang warna HSI. Operasi filtering berfungsi untuk memperhalus citra dan mengurangi bintik yang dihasilkan oleh kamera. Pada tahap ini dilakukan teknik pengolahan citra *thresholding* pada ruang warna HSI yang menghasilkan citra biner yang akan digunakan sebagai *region of interest (ROI)* lemon dan persegi referensi. Setelah itu dilakukan deteksi kontur untuk mendapatkan kontur lemon dan persegi referensi yang akan digunakan untuk melakukan operasi *fitting* elips pada lemon dan *fitting* persegi untuk persegi referensi. Dari hasil *fitting* didapatkan diameter mayor dan minor untuk lemon dan dimensi dari persegi referensi dalam satuan piksel. Untuk mengonversi satuan piksel ke cm, diameter dari lemon dibagi dengan dimensi persegi referensi. Untuk menentukan luas bagian yang berwarna coklat dan hijau, digunakan teknik pengolahan citra *thresholding* HSI. Cacat pada lemon umumnya berwarna sangat gelap sehingga dalam penentuan ada tidaknya cacat, dapat digunakan teknik pengolahan citra *thresholding* biner. Gambar 5 menunjukkan hasil pengolahan citra. Data yang diperlukan untuk menentukan mutu lemon yaitu diameter, luas bagian yang berwarna coklat, luas bagian yang berwarna hijau, dan ada tidaknya cacat.



Gambar 5. (a) Input citra RGB, (b) konversi citra ke ruang HSI, (c) *thresholding* ROI lemon, (d) *thresholding* HSI pada deteksi warna hijau

2.3 Optimasi Perangkat Lunak

Pada mulanya, perangkat lunak memerlukan waktu 1,42 detik dalam menentukan mutu setiap citra lemon. Untuk meningkatkan waktu deteksi, maka dilakukan tiga optimasi; pada bagian akuisisi citra, penentuan ROI, dan penentuan luas warna.

Pada bagian akuisisi citra, kamera mengambil citra dengan ukuran 1920×1080 piksel yang kemudian diperkecil menjadi 640×480 piksel. Proses ini memerlukan rata-rata waktu sebesar 0,80 detik. Salah satu proses penghambat dalam bagian ini adalah proses *encoding* pada kamera yang sebetulnya tidak dibutuhkan, sehingga untuk menghindari proses tersebut maka proses akuisisi citra menggunakan mode video. Hal penting yang harus diperhatikan dalam menggunakan mode video pada kamera adalah resolusi citra harus merupakan kelipatan 32 sehingga resolusi pengambilan citra diubah menjadi 672×480 piksel. Setelah optimasi tersebut, rata-rata waktu yang diperlukan untuk mengambil citra menjadi 0,20 detik.

Optimasi kedua dilakukan pada bagian penentuan ROI persegi referensi. Bagian ini memerlukan rata-rata waktu sebesar 0,12 detik. Pada bagian ini, teknik pengolahan citra *thresholding* dioperasikan ke seluruh bagian citra, sedangkan persegi referensi selalu terletak pada bagian kanan-atas citra. Optimasi dilakukan dengan cara membatasi citra yang diproses ke daerah sekitar persegi referensi. Dengan optimasi ini rata-rata waktu yang diperlukan menjadi 0,03 detik.

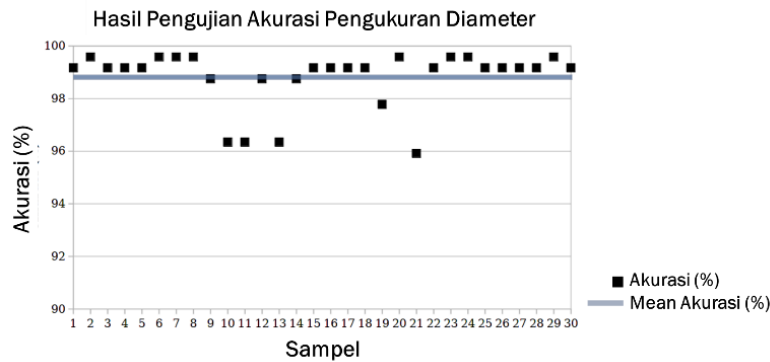
Optimasi ketiga dilakukan pada bagian penentuan luas bagian lemon yang berwarna coklat, yang berwarna hijau, serta ada tidaknya cacat. Seperti sebelumnya, pada bagian ini perangkat lunak memproses keseluruhan citra. Optimasi yang dilakukan adalah menggunakan ROI lemon sebagai batasan citra yang akan diproses. Setelah dilakukan optimasi, rata-rata waktu yang diperlukan untuk bagian ini menjadi 0,06 detik dari sebelumnya adalah 0,40 detik.

3 Hasil & Diskusi

3.1 Pengujian Awal Akurasi Pengukuran Diameter

Pengujian dilakukan dengan cara mengukur diameter dari sebuah objek berupa sebuah wadah berbentuk silinder dengan diameter sebesar 7,5 cm. Objek tersebut kemudian diukur diameternya oleh sistem sebanyak 30 kali, dengan perubahan posisi objek tiap pengambilan citra. Setelah dilakukan pengujian, didapat data yang dapat dilihat pada Gambar 6. Data diameter yang terukur menunjukkan nilai akurasi sebesar 98,8%.

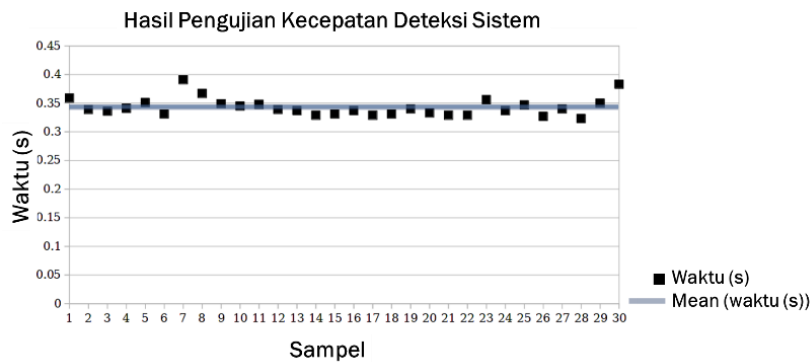
Nilai tersebut menunjukkan bahwa sistem cukup akurat dalam melakukan pengukuran diameter sehingga layak dipakai untuk melakukan pengukuran diameter lemon nantinya.



Gambar 6. Hasil uji pengukuran diameter.

3.2 Pengujian Kecepatan Deteksi Sistem

Agar sistem dapat menjadi alternatif proses penentuan mutu secara manual, maka sistem harus dapat menentukan mutu lemon dalam waktu di bawah 5 detik. Sistem diuji dengan cara mengukur waktu yang dibutuhkan untuk menentukan mutu lemon sebanyak 30 kali.



Gambar 7. Hasil uji kecepatan deteksi sistem.

Dapat dilihat pada Gambar 7 bahwa sistem membutuhkan waktu yang singkat dengan konsistensi yang cukup baik. Data hasil pengukuran kecepatan sistem dihitung rata-ratanya dan didapat nilai sebesar 0,34 detik untuk mendeteksi satu lemon. Waktu tersebut cukup cepat dibandingkan dengan proses penentuan mutu secara manual yang memakan waktu setidaknya 10 detik.

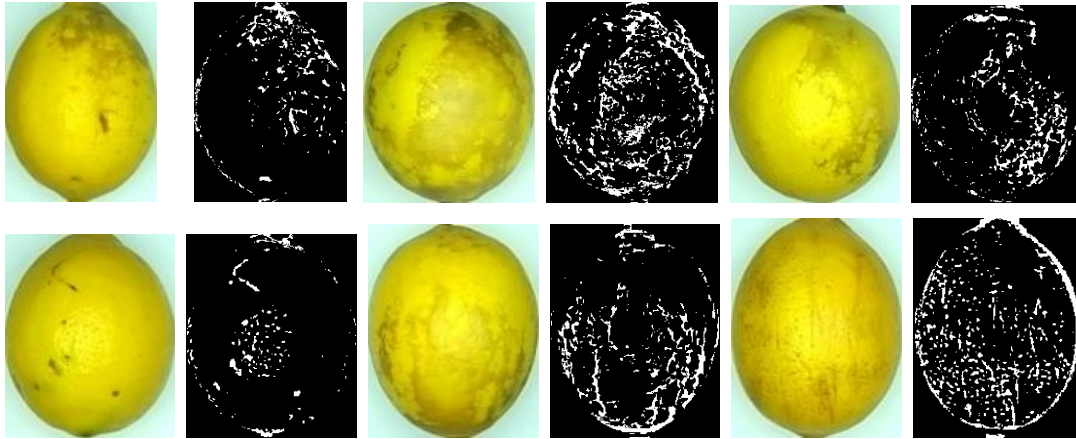
3.3 Pengujian Akurasi Penentuan Mutu Sistem

Untuk menguji sistem, diambil 308 sampel berupa citra lemon yang sudah diketahui mutunya. Kemudian tingkatan mutu keluaran sistem dibandingkan dengan mutu lemon yang sudah diketahui. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian akurasi penentuan mutu.

Tingkatan Kualitas Menurut Petani	Jumlah Sampel	Jumlah Deteksi Benar	Jumlah Deteksi Salah	Akurasi (%)
A	57	18	35	38,60
B	64	12	52	18,75
C	69	25	44	36,23
Belum Matang	40	40	0	100,00
Reject	78	46	32	58,97
Jumlah	308	145	163	47,08

Sistem memiliki akurasi keseluruhan sebesar 47,08%. Nilai tersebut jauh lebih rendah daripada spesifikasi yang ditentukan. Akurasi yang rendah disebabkan oleh sampel lemon yang dibeli dari petani memiliki kualitas yang tidak konsisten. Kesalahan yang paling banyak adalah pada kumpulan sampel yang masuk ke dalam kategori "A", "B", dan "C" menurut petani. Pada sampel yang memiliki kesalahan pada tingkatan mutu tersebut, permukaan kulit lemon tampak memiliki luasan cacat melebihi 1%, sehingga seharusnya lemon tersebut termasuk ke kategori "Reject". Kesalahan tersebut dapat terjadi karena kelalaian atau perbedaan persepsi dari petani yang melakukan proses penentuan mutu secara manual.



Gambar 8. Lemon yang seharusnya masuk kategori "Reject".

Contoh kesalahan penentuan mutu dapat dilihat pada Gambar 8. Menurut petani, lemon-lemon pada gambar tersebut tidak termasuk ke kategori "Reject". Namun, dapat dilihat bahwa tiap lemon-lemon tersebut memiliki bagian cacat dengan luasan lebih dari 1% dari luas lemon keseluruhan yang berarti bahwa seharusnya lemon-lemon tersebut masuk ke dalam kategori "Reject". Pada kasus ini, sistem mendeteksi secara benar bahwa lemon tersebut termasuk ke dalam kategori "Reject". Kesalahan tersebut dapat menjadi bukti bahwa sistem penentuan mutu secara otomatis dapat memberikan hasil yang lebih konsisten daripada proses penentuan mutu secara manual.

Akurasi tertinggi sebesar 100% dicapai oleh kategori "Belum Matang". Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem berhasil untuk mengelompokkan buah lemon yang belum matang. Keberhasilan sistem dalam membedakan lemon yang sudah dan belum matang menunjukkan bahwa deteksi warna hijau merupakan sebuah metode yang efektif dalam menentukan kematangan lemon.

4 Kesimpulan

Telah dibuat sebuah sistem penentuan mutu lemon dengan sistem visi dan pengolahan citra dengan spesifikasi akurasi pengukuran diameter sebesar 98,79%, kecepatan deteksi sebesar 0,34 detik, dan akurasi penentuan mutu sebesar 47,08%. Sistem dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mengintegrasikan purwarupa dengan sistem sabuk konveyor juga mengimplementasikan teknik pembelajaran mesin dalam menentukan kategori mutu. Selain itu juga untuk meningkatkan akurasi penentuan mutu maka diperlukan juga kesepakatan atau standar mutu lemon yang berlaku lokal di Indonesia yang dapat dijadikan rujukan untuk perancangan algoritma purwarupa.

5 Ucapan Terima kasih

Terima kasih kepada CV. BERTAN (Berkah Tani) yang telah memfasilitasi survei dan sampel untuk penelitian ini.

6 Referensi

- [1] J. F. Morton, *Fruit of Warm Climate*, Miami: Julia F. Morton, 1987.
- [2] A. Bhargava and A. Bansal, "Fruits and vegetables quality evaluation using computer vision: A review", *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, vol. 33, no. 3, pp. 243-257, 2021.
- [3] M. Khojastehnazhand, M. Omid and A. Tabatabaeefar, "Development of a lemon sorting system based on color and size", *African Journal of Plant Science*, vol. 4, no. 4, pp. 122-127, 2010.

- [4] J. Blasco, N. Aleixos and E. Moltó, "Computer vision detection of peel defects in citrus by means of a region oriented segmentation algorithm", *Journal of Food Engineering*, vol. 81, no. 3, pp. 535-543, 2007.
- [5] U.-O. Dorj, M. Lee and S.-s. Yun, "An yield estimation in citrus orchards via fruit detection and counting using image processing", *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 140, pp. 103-112, 2017.
- [6] US Department of Agriculture. "United States Standards for Grades of Lemons," 27 Desember 1999. [Online]. Available: <https://www.ams.usda.gov/grades-standards/lemon-grades-and-standards> . [Diakses 25 April 2021].
- [7] UNECE. "UNECE STANDARD FF-14 concerning the marketing and commercial quality control of CITRUS FRUIT," 2017. [Online]. Available: https://unece.org/fileadmin/DAM/trade/agr/standard/standard/fresh/FFV-Std/English/14_CitrusFruit.pdf . [Diakses 25 April 2021].
- [8] C. J. Studman, "Computers and electronics in postharvest technology - A review", *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 30, no. 1-3, pp. 109-124, 2001.
- [9] S. Cubero, W. S. Lee, N. Aleixos, F. Albert and J. Blasco, "Automated Systems Based on Machine Vision for Inspecting", *Food and Bioprocess Technology*, vol. 9, no. 10, pp. 1623 - 1639, 2016.
- [10] M. A. H. Ali and K. W. Thai, "Automated fruit grading system", *2017 IEEE 3rd International Symposium in Robotics and Manufacturing Automation*, Roma, 2017.