

Ekstraksi Fitur Citra Buah Salak Untuk Penentuan Mutu Buah Salak Menggunakan Pengolahan Citra Digital

Mungki Astiningrum¹, Mustika Mentari², Yesaya Galatia Maranatha³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Informatika, Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Malang
¹mungki.polinema@gmail.com, ²must.mentari@polinema.ac.id, ³yesayagm@gmail.com

Abstrak— Buah Salak merupakan buah tropis khas Indonesia dan memiliki banyak jenis bergantung pada daerah ditumbuhkannya. Salah satunya Buah Salak Suwaru yang berasal dari Desa Suwaru, Kabupaten Malang. Kulit buah salak dapat memiliki jamur, robek atau pecah atau tidak memiliki cacat sama sekali. Ketiga kondisi tersebut merupakan patokan bagi penentuan mutu dan harga jual. Kelemahan pengamatan dan juga tak jarang kurangnya pengertian mengenai fitur pada kulit buah salak menjadikan munculnya ketidakseragaman dalam pengelompokan buah untuk penentuan mutu.

Perkembangan teknologi dan pemrosesan citra digital dapat digunakan untuk mengekstraksi fitur-fitur kondisi pada kulit buah salak secara otomatis. Ekstraksi terhadap fitur-fitur kulit buah salak menggunakan segmentasi berbasis warna (*Colorbased Segmentation*) dengan algoritma *K-Means Clustering*. Citra RGB dikonversi menjadi CIE LAB, kemudian diambil spektrum b^* untuk proses segmentasi. Spektrum b^* dihitung Euclidean Distance terhadap nilai centroid masing-masing kluster untuk pengelompokan dan dilanjutkan dengan pelabelan dan penghitungan *Silhouette Coefficient*. Hasil *Silhouette Coefficient* digunakan untuk menentukan jumlah kluster optimal antara 5 dan 7 kluster. Untuk 5 kluster menghasilkan nilai *Silhouette Coefficient* sebesar 0,544 dan untuk 7 kluster sebesar 0,539. Maka kluster berjumlah 5 yang merupakan jumlah kluster optimal. Kemudian untuk persentase tingkat kecocokan antara label sistem dan penglihatan manual adalah sebesar 52,22%.

Kata kunci— *Buah Salak, Kulit Salak, Segmentasi, K-Means Clustering, Silhouette Coefficient*

I. PENDAHULUAN

Buah salak (*Salacca Zalacca*) adalah buah tropis asal Indonesia. Salak memiliki banyak jenis atau macam di Indonesia contohnya seperti Salak Pondoh, Salak Bali, serta Salak Suwaru. Salak Suwaru merupakan buah salak khas dari desa Suwaru, Kabupaten Malang. Salak Suwaru memiliki keunikan pada rasa yang cukup berbeda dari salak asal daerah lain, yaitu rasanya yang manis serta sedikit rasa sepat saat matang.

Buah Salak memiliki ciri khas yang membedakan dengan buah lain, yaitu memiliki kulit yang bersisik. Kulit salak menjadi acuan bagi petani untuk menentukan mutu dari buah salak tersebut. Kondisi pada kulit salak menjadi pertimbangan

dalam menentukan mutu buah salak. Apabila terdapat cacat pada kulit maka akan mengurangi nilai mutu dari buah salak. Selain itu adanya jamur putih pada kulit salak juga menjadi pengaruh terhadap mutu serta nilai jual buah salak

Pengamatan kondisi pada kulit buah salak sangatlah penting, namun terkadang perbedaan, kelemahan pengamatan dan kurangnya pengetahuan antara seorang dengan yang lain terhadap kondisi kulit buah menyebabkan munculnya ketidakseragaman dalam mengelompokkan buah salak untuk penentuan mutu buah salak, sehingga petani dapat mengalami kerugian atau kesalahan dalam penentuan harga jual. Mutu dan harga jual buah salak berbanding lurus, semakin baik mutu dari buah salak maka nilai jual semakin tinggi, sebaliknya semakin rendah mutu buah salak maka nilai jualnya rendah sehingga perlu dilakukan peningkatan nilai jual dengan cara mengolah buah salak ke berbagai macam olahan seperti jenang, manisan atau olahan lainnya.

Berdasarkan penelitian terdahulu oleh PL. Chitra dan M. Henilia (2017, India) dilakukan segmentasi *K-Means* terhadap citra buah apel untuk mendapatkan bagian cacat seperti busuk pada buah apel. Penelitian tersebut menghasilkan tingkat keberhasilan sistem dalam mengidentifikasi dan mengambil bagian cacat buah pada citra buah apel sebesar 91,67%.

Pada penelitian ini penulis bermaksud mengembangkan sebuah aplikasi berbasis mobile dalam platform Android untuk melakukan ekstraksi fitur penentuan mutu pada kulit buah salak yang merupakan penentu mutu buah salak yang telah dipanen menggunakan ilmu segmentasi dalam pengolahan citra digital menggunakan algoritma *K-Means Clustering*. Penelitian ini menguji coba 5 dan 7 kluster untuk penentuan kluster teroptimal dalam proses segmentasi dan menguji label yang dihasilkan sistem dengan pengamatan manual. Harapan dari penerapan *image processing* dalam penelitian ini adalah membantu petani salak dalam melakukan pengamatan terhadap kondisi kulit buah salak guna penentuan mutu pada buah salak yang berdampak pada penentuan nilai jual atau perlakuan terhadap buah salak yang telah dipanen.

II. LANDASAN TEORI

A. Citra RGB (Red, Green, Blue)

Citra RGB atau disebut juga dengan *truecolor image* adalah citra yang memiliki 3 level/chanel warna direpresentasikan dengan resolusi 3 dimensi. Level pertama menyimpan warna R (Red/Merah), level kedua menyimpan warna G (Green / Hijau), dan level ketiga menyimpan warna B (Blue/Biru) [3]. Setiap warna pada pixel ditentukan berdasarkan kombinasi intensitas R, G dan B yang disimpan pada pixel tersebut. RGB memungkinkan membentuk atau menghasilkan 16 juta warna. Nilai (0,0,0) pada RGB merupakan warna hitam dan ketiga warna tersebut dapat dikombinasikan dengan range 0-255 hingga maksimal adalah kombinasi (255,255,255) yang merupakan warna putih.

B. Citra CIE – LAB

CIE LAB *Color Space* merupakan pengembangan dari model warna XYZ oleh *Commision Internationale de L'Eclairage* (CIE) [4]. Pada ruang warna CIELAB terdapat tiga sumbu yaitu, sumbu L*, sumbu a* dan sumbu b* dengan keterangan sebagai berikut:

- Sumbu L*
Sumbu L* menyatakan kecerahan pada warna dengan rentang nilai antara 0 hingga 100.
- Sumbu a*
Sumbu a* menyatakan warna merah atau hijau. a* dapat bernilai negatif maupun positif. Jika bernilai negatif maka warna tersebut adalah hijau, sebaliknya jika positif maka warna tersebut adalah merah.
- Sumbu b*
Sumbu b* menyatakan warna kuning atau biru. b* dapat bernilai negatif maupun positif. Jika bernilai negatif maka warna tersebut adalah biru, sebaliknya jika positif maka warna tersebut adalah kuning.

Konversi warna dari CIE XYZ ke CIE LAB meliputi konversi XYZ ke XYZ *White reference* kemudian ke CIE LAB. Konversi CIE XYZ ke XYZ *White Reference* dijelaskan dalam persamaan berikut:

$$Xr = \frac{X}{Xn}, \text{ dimana } Xn = 0,95045 \quad (1)$$

$$Yr = \frac{Y}{Yn}, \text{ dimana } Yn = 1 \quad (2)$$

$$Zr = \frac{Z}{Zn}, \text{ dimana } Zn = 1,088754 \quad (3)$$

$$L = \begin{cases} 116 Yr^{1/3} - 16 & \text{jika } Yr > 0,008856 \\ 903,3 Yr & \end{cases} \quad (4)$$

$$a = 500(f(Xr) - f(Yr)) \quad (5)$$

$$b = 200(f(Yr) - f(Zr)) \quad (6)$$

C. Segmentasi

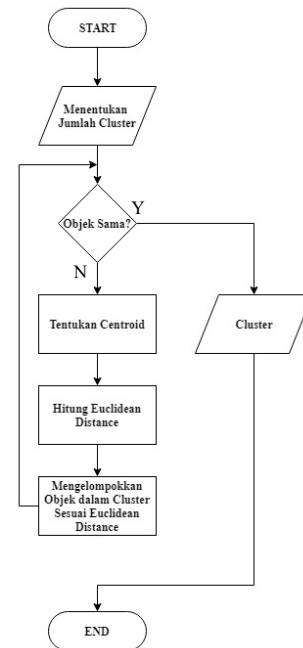
Segmentasi adalah proses untuk mengelompokkan citra sesuai dengan objek citranya atau teknik untuk membagi suatu citra menjadi beberapa daerah (*region*), dimana setiap daerah memiliki kemiripan atribut [1]. Segmentasi memiliki beberapa macam dan teknik yang disesuaikan dengan data serta tujuan yang hendak dicapai.

Beberapa teknik segmentasi yang populer adalah *Thresholding*, *CIELAB Color Space*, *Color Based K-Means Clustering* serta *Watershed Transform*. Fokus dari penelitian ini adalah melakukan segmentasi dengan pendekatan warna menggunakan *K-Means Clustering*. Segmentasi dengan pendekatan warna dengan tujuan membagi-bagi citra buah salak kedalam beberapa *klaster* dan mendefinisikan klaster yang memiliki fitur-fitur kulit seperti kulit baik, kulit pecah, busuk atau jamur.

D. K-Means Clustering

K-Means termasuk kedalam algoritma *clustering* yaitu sebuah teknik untuk membagi data kedalam grup-grup yang memiliki objek dengan karakteristik yang sama tanpa perlu dilakukan pelatihan (*data training*). K-Means *Clustering* dikenalkan oleh J.B MacQueen pada 1976 [15]. K-Means *Clustering* dapat membentuk satu atau lebih partisi dari sebuah data. Secara umum algoritma K-Means *Clustering* adalah sebagai berikut:

- 1) Menentukan jumlah klaster.
- 2) Mengalokasikan data kedalam klaster secara acak.
- 3) Menghitung nilai *centroid*/rata-rata dari data di masing-masing klaster.
- 4) Mengalokasikan data ke *centroid* terdekat.
- 5) Kemudian tahap c diulang kembali apabila terdapat perubahan nilai *centroid* dari nilai ambang batas/treshold.



GAMBAR 1 FLOWCHART ALGORITMA K-MEANS CLUSTERING

Penerapan K-Means *Clustering* pada segmentasi dalam pengolahan citra digital merupakan segmentasi untuk pendekatan berdasarkan warna. Ekstraksi warna RGB dari citra kemudian dilakukan konversi ke CIELAB Color Space ($L^*a^*b^*$). Hasil dari penghitungan tersebut akan diperoleh a^* dan b^* untuk *clustering* dengan K-Means. Vektor a^* mengindikasikan warna terdapat pada sumbu warna *red-green* dan b^* merupakan indikasi bahwa warna yang diuji terdapat pada sumbu warna *yellow-blue* [7].

E. Euclidean Distance

Euclidean Distance atau Jarak Euclidean adalah sebuah penghitungan jarak antara 2 titik dalam satu *Euclidean Space*. Penghitungan jarak euclidean memiliki konsep yang sama dengan pitagoras. Dalam penelitian ini, penghitungan jarak euclidean digunakan untuk mengukur jarak antara objek atau poin dengan centroid masing-masing kluster. Objek yang terdekat atau memiliki jarak euclidean terkecil dengan centroid salah satu kluster maka akan menjadi anggota kluster tersebut. Berikut adalah rumus untuk menghitung *Euclidean Distance*.

$$d_i = \sqrt{(P_j - Q_i)^2} \quad (7)$$

F. Silhouette Coefficient

Silhouette Coefficient merupakan salah satu metode evaluasi atau pengujian validasi pada algoritma klustering untuk mengukur kualitas pada kluster yang telah terbentuk. *Silhouette Coefficient* menyajikan seberapa baik sebuah data ditempatkan dalam kluster tertentu [9]. Penghitungan *Silhouette Coefficient* ini sering digunakan untuk mengukur jumlah kluster (K) teroptimal dalam algoritma klustering. Berikut merupakan interpretasi nilai keluaran penghitungan *Silhouette Coefficient*.

TABEL 1 INTERPRETASI NILAI SILHOUETTE COEFFICIENT

Nilai <i>Silhouette Coefficient</i>	Keterangan
0,71 – 1	<i>Strong Evidence</i>
0,51 – 0,7	<i>Medium Evidence</i>
0,26 – 0,50	<i>Weak Evidence</i>
< 0,25	<i>No Significant Evidence</i>

Persamaan untuk menghitung *Silhouette Coefficient* adalah sebagai berikut:

$$S_i = \frac{(b_i - a_i)}{\max(a_i, b_i)} \quad (8)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Data

1) Data Primer

Data Primer adalah data yang diperoleh dari petani buah salak. Dalam penelitian digunakan buah salak suwaru, sehingga data diperoleh langsung dari Desa Swaru, Pagelaran, Kabupaten Malang. Data dari petani berupa kondisi-kondisi kulit salak beserta *sample* buah salak untuk kondisi.

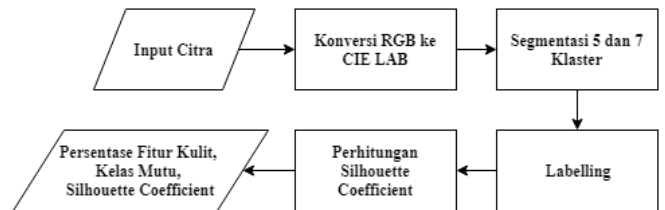
TABEL 2 MUTU BUAH SALAK SUWARU

Kelas Mutu	Parameter Kondisi Kulit	Perlakuan
Baik (Kelas 1 & 2)	Tidak ada cacat & jamur pada kulit	Dijual langsung ke pembeli/tengkulak
Buruk 1 (Kelas 3A)	Terdapat cacat pada kulit (Terkelupas, robek, pecah)	Diolah menjadi olahan buah salak
Buruk 2 (Kelas 3B)	Terdapat jamur pada kulit,	Dibersihkan, Dimungkinkan untuk diolah atau dibuang

2) Data Sekunder

Data untuk studi literatur seperti jurnal dan buku yang membahas mengenai Pengolahan Citra Digital, Segmentasi Citra K-Means, serta literatur yang berkaitan dengan buah salak, khususnya buah Salak Suwaru.

B. Metode Pengolahan Data



Gambar 2 Diagram Blok Sistem Ekstraksi Fitur Untuk penentuan Mutu Buah Salak

Metode Pengolahan Data berisi kerangka penelitian yang telah dikemukakan penulis. Proses pengolahan data mencakup proses konversi ruang warna RGB ke CIELAB, kemudian dilakukan segmentasi dengan jumlah kluster 5 kluster dan 7 kluster, dan pada masing-masing dihitung nilai *Silhouette Coefficient* guna menentukan jumlah kluster teroptimal untuk sistem ekstraksi fitur citra buah salak.

Langkah yang dilakukan adalah pertama mengambil data citra yang disimpan pada *local disk*, kemudian citra masukan dilakukan pengambilan nilai *Red*, *Green* dan *Blue* (RGB) pada masing-masing pixel. Warna RGB tersebut kemudian diubah ke ruang warna CIE LAB. Hasil konversi ruang warna dari RGB ke CIE LAB kemudian diambil warna b^* untuk proses segmentasi dengan algoritma K-Means *Clustering*. Proses segmentasi dilakukan dengan menggunakan jumlah kluster teroptimal. Kemudian hasil dari proses segmentasi dilanjutkan dengan labeling tiap kluster sesuai dengan fitur kondisi kulit dan hasil ditampilkan ke pengguna dalam bentuk persentase masing-masing kondisi pada citra. Kemudian dilakukan penentuan mutu, yakni dengan dilakukan penghitungan nilai ambang masing-masing fitur yang diperoleh dari nilai yang sering muncul untuk masing-masing fitur pada data. Berikutnya

dilakukan penghitungan *Silhouette Coefficient* untuk penghitungan kualitas kluster yang dihasilkan dari segmentasi. Pada penelitian ini tidak diperlukan metode klasifikasi.

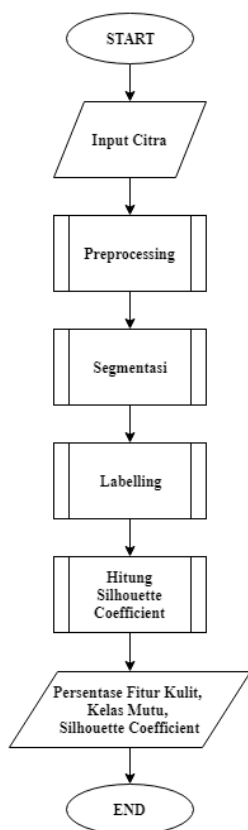
IV. ANALISIS DAN PERANCANGAN

A. Analisis Sistem

Analisis Sistem merupakan penjabaran dan analisa mengenai komponen-komponen yang dibutuhkan sistem yang mencakup perangkat lunak dan perangkat keras. Pada bab ini juga membahas mengenai gambaran umum dari sistem yang dibuat. Sistem meliputi beberapa tahapan-tahapan proses dengan tujuan dapat mengekstraksi fitur-fitur penentuan mutu, menentukan label mutu buah salak dan menentukan jumlah kluster optimal yang didapat dari penghitungan silhouette coefficient.

B. Perancangan

Perancangan Sistem merupakan proses desain sistem baik perancangan dan pembuatan antarmuka pengguna serta mencakup perhitungan. Rancangan terdiri atas rancangan perhitungan metode, perancangan proses berupa flowchart serta perancangan antarmuka berupa *mockup*. Sistem ini terbagi kedalam beberapa tahapan proses yang mencakup *Image Input*, *Preprocessing*, *Segmentation*, *Labeling*. Berikut ini adalah rancangan alur sistem ekstraksi fitur kondisi kulit pada citra buah salak.



Gambar 3 Flowchart Sistem

1) Image Input

Proses *Image Input* merupakan proses awal dalam sistem ini. Alur masukan citra kedalam sistem terbagi menjadi dua yakni pada aplikasi *website* dan aplikasi android. Pada aplikasi web, citra dimasukkan pada form input citra. Citra masukan dari form input citra kemudian dibaca dengan *library* openCV agar dapat diproses ke proses selanjutnya. Citra OpenCV berupa *Numpy Array* yang menyimpan warna-warna dan pixel citra masukan.

Pada aplikasi android, citra masukan dapat berupa hasil foto dari kamera *smartphone* maupun melalui penyimpanan perangkat *smartphone*. Citra masukan kemudian diunggah ke server untuk pemrosesan berikutnya hingga tahapan segmentasi. Pemrosesan citra masukan dari aplikasi android memerlukan koneksi dan pemrosesan pada *webservice*.

2) Preprocessing

Tahap ini merupakan proses pengolahan citra secara dasar yang meliputi konversi ruang warna RGB ke ruang warna CIE LAB. Sebelum mengubah ke CIELAB, terlebih dahulu mengubah citra BGR ke RGB kemudian dilakukan konversi warna dari RGB ke CIELAB menggunakan *library* OpenCV.

3) Segmentasi

Proses segmentasi menggunakan algoritma K-Means dapat saja menggunakan spektrum warna lain bahkan ketiga spektrum LAB, namun disesuaikan dengan data dan penelitian yang dilakukan. Pada penelitian ini warna b^* dipilih untuk proses segmentasi dikarenakan warna b^* dalam studi kasus ini dapat membaca atau merepresentasikan warna setiap bagian pada citra dengan baik.

4) Labelling

Pada proses *labeling* ini dilakukan pengecekan dan penghitungan intensitas kluster terhadap warna jamur, daging buah (untuk kulit pecah) dan kulit yang tidak cacat. Penentuan *range* warna jamur, daging buah dan kulit ditentukan dari warna yang sering muncul dari kluster yang dilihat dengan mata memuat kondisi-kondisi tersebut, kemudian disimpan dan diambil 5 warna yang sering muncul. Selanjutnya masing-masing kluster dicocokkan dengan warna-warna kondisi yang ditentukan dan dihitung intensitasnya. Setelah mendapatkan persentase untuk masing-masing fitur dilakukan penentuan mutu. Penentuan mutu dilakukan dengan membandingkan masing-masing persentase fitur dengan nilai ambang fitur. Nilai ambang didapatkan dari nilai persentase yang sering muncul pada data uji.

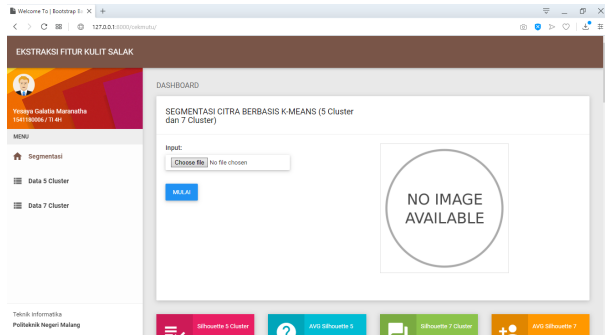
5) Hitung Silhouette Coefficient

Uji Validitas merupakan pengujian terhadap kualitas kluster yang dihasilkan dalam teknik klustering. Untuk melakukan pengujian ini menggunakan penghitungan *Silhouette Coefficient*. Perhitungan ini membandingkan jarak antara objek dalam kluster yang sama dan jarak antara objek dalam kluster yang berbeda. Dalam penelitian ini, metode *Silhouette Coefficient* dihitung dari jarak masing-masing *pixel* ke *pixel* yang dalam satu kluster yang sama dan jarak ke *pixel* lain dikelas yang berbeda.

V. IMPLEMENTASI

A. Implementasi Aplikasi Website

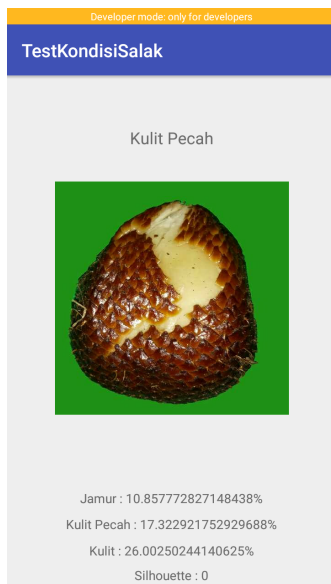
Berikut adalah tampilan halaman website sistem:



Gambar 4 Implementasi Halaman Website

B. Implementasi Aplikasi Android

Berikut ini adalah implementasi aplikasi android:



Gambar 5 Implementasi Aplikasi Android

VI. PENGUJIAN

A. Pengujian Tingkat Kecocokan

Pengujian Tingkat Kecocokan Mutu merupakan pengujian terhadap hasil penentuan mutu yang dilakukan sistem terhadap pengamatan secara langsung dengan mata sesuai dengan ketentuan penentuan mutu yang didapatkan dari wawancara dengan narasumber. Data yang diuji berjumlah 90 data dengan masing-masing fitur yakni 30 citra buah salak dengan mutu baik (kulit tanpa cacat), 30 citra buah salak dengan mutu buruk 1 (kulit pecah/robek) dan 30 citra buah salak dengan mutu buruk 2 (berjamur).

TABEL 3 HASIL PENGUJIAN TINGKAT KECOCOKAN

Jenis Mutu	Jumlah Data	Sesuai	Tidak Sesuai	Kecocokan (%)
Baik (Kulit Tidak Cacat)	30	17	13	63,33%

Buruk 1 (Kulit Pecah/Robek0)	30	7	23	23,33%
Buruk 2 (Kulit Berjamur)	30	21	9	70,00%

$$\text{Persentase Kecocokan} = \frac{47}{90} \times 100\% = 52,22\% \quad (9)$$

B. Pengujian Validitas Cluster

Nilai *Silhouette Coefficient* pada penelitian ini didapatkan dengan menguji nilai *Silhouette Coefficient* per data citra yang berjumlah 90 data dengan masing-masing 30 citra perkondisi kulit. Hasil yang didapatkan pada pengujian validitas kluster ini mendapatkan nilai sebesar 0,544 untuk kluster berjumlah 5 dan 0,539 untuk kluster berjumlah 7. Jika nilai *Silhouette Coefficient* bernilai positif dan mendekati angka 1 maka teknik mengelompokkan data dengan *clustering* sudah baik dan data dikelompokkan dengan baik. Kedua jumlah kluster memiliki hasil yang cukup baik, namun tetap yang paling optimal adalah yang memiliki *Silhouette Coefficient* tertinggi yakni pada kluster berjumlah 5.

C. Pembahasan

Hasil pengujian tingkat kecocokan antara label mutu sistem dengan pengamatan manual dipengaruhi oleh pencahayaan citra, pantulan cahaya menyebabkan bagian yang terpantul dianggap sebagai jamur serta kemiripan fitur. Sedangkan untuk validitas, hal ini dikarenakan beberapa hal. Jarak antar *centroid* semakin mengecil jika jumlah kluster semakin banyak. Sehingga memungkinkan terjadi *overlapping* yakni munculnya satu data dalam 2 atau lebih kluster yang berbeda jika jarak antar *centroid* kurang baik.

VII. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan menghasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Sistem Ekstraksi Fitur Citra Buah Salak Untuk Penentuan Mutu Buah Salak dengan mengimplementasikan metode K-Means *Clustering* menghasilkan tingkat validasi kluster sebesar 0,544 untuk 5 kluster dan 0,539. Nilai ini berarti pengelompokan data kedalam kluster sudah baik dikarenakan hasil *Silhouette Coefficient* rata-rata mendekati angka 1 (positif satu).
- 2) Hasil pengujian validitas kluster antara 5 kluster dan 7 kluster dengan algoritma *Silhouette Coefficient* menunjukkan proses segmentasi dengan 5 kluster lebih optimal dibanding 7 kluster.
- 3) Hasil tingkat kecocokan keseluruhan antara label yang dihasilkan sistem dengan pengamatan langsung diperoleh hasil sebesar 52,22% data cocok.
- 4) Hasil pengujian tingkat untuk masing-masing kelas mutu Baik (Tidak ada cacat) sebesar 63,33%, kemudian untuk kelas Buruk 1 (Kulit pecah/robek) sebesar 23,33% dan untuk kelas Buruk 2 (Kulit berjamur) sebesar 70%.

- 5) Teknik pengambilan gambar mulai dari jarak pengambilan gambar, latar objek, pencahayaan serta waktu merupakan faktor penentu untuk menghasilkan dataset yang baik.
- 6) Hasil persentase fitur kondisi kulit buah salak dan penentuan mutu dipengaruhi oleh adanya kemiripan warna jamur dan daging buah. Pantulan cahaya pada kulit juga teridentifikasi sebagai jamur.

B. Saran

Adapun saran yang ditujukan untuk pengembangan sistem ini adalah sebagai berikut:

- 1) Memperhatikan teknik pengambilan gambar, baik jarak kamera, kualitas kamera, waktu pengambilan gambar serta pencahayaan.
- 2) Dikembangkan untuk dunia industri dengan *Automation* dalam proses penyortiran buah salak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adi Pamungkas., -, *Segmentasi Citra*. [Online] Available: <https://pemrogramanmatlab.com/pengolahan-citra-digital/segmentasi-citra/>.
- [2] Asmara, Rosa Andrie., *Pengolahan Citra Digital Teori, Praktek dan Latihan-latihan*, First Edition, Malang : Polinema Press, 2018.
- [3] Faridah, Nur., *Mengenal Lebih Dekat Cahaya dan Warna*, First Edition, Yogyakarta : Leutikaprio, 2018.
- [4] Gonzalez, Rafael C., Woods, Richard E., *Digital Image Processing*, Second Edition, United States of America : Prentice Hall Publishing, 2002.
- [5] Mas Ad., 2017. *Hama dan Penyakit Tanaman Salak Serta Cara Mudah Mengendalikannya*. [Online] Available: <https://www.fauandanflora.com/hama-dan-penyakit-tanaman-salak/>.
- [6] Mathworks., -. *Color Based Segmentation Using K-Means Clustering*. [Online] Available : <https://www.mathworks.com/help/images/color-based-segmentation-using-k-means-clustering.html?jsessionid=cd165062522a556783f7f0ba74cb?prodcode=I P&language=en>.
- [7] M. w. Berry, U. Dayal, C. Kamath, and D. Skilicorn, “*Proceedings of the Fourth SIAM International Conference on Data Mining*”, in *SIAM International Conference on Data Mining*, Lake Buena Vista Florida, 2004, pp. 190.
- [8] OpenCV., . About – OpenCV Library. [Online] Availabe : <https://opencv.org/about.html>.
- [9] PL. Chithra dan M. Henilia, “Defect Identification In The Fruit Apple Using K-Means Color Image Segmentation Algorithm”, *IJARCS*. Vol.8 no 8, pp. 381-388, Sept. 2017.
- [10] Plataniotis, Konstantinos N., Venetsanopoulos, Anastasios N., *Color Image Processing and Applications*, First Edition, New York : Springer – Verlag Berlin Heidelberg, 2000.
- [11] Redaksi Agromedia, Budi Daya Salak. 1st ed. Jakarta : AgroMedia Pustaka, -.
- [12] Setjen Pertanian., 2017. *Statistik Pertanian 2017*. [Online] Available: <http://epublikasi.setjen.pertanian.go.id/epublikasi/StatistikPertanian/2017/Statistik%20Pertanian%202017/files/assets/basic-html/toc.html>.
- [13] Sifak, Aimira., 2017. *Salak Suwaru, Buah Lokal Khas Malang*. [Online] Available: <https://ngalam.co/2017/01/19/salak-suwaru-buah-lokal-khas-malang/>.
- [14] Siregar, Amril M., Puspabhuana, Adam., *Data Mining Informasi dengan Rapid Miner*, First Edition, Surakarta : Kekata, 2017.
- [15] Geoge, Nigel., *Mastering Django: Core*, First Edition, Birmingham : Packt Publishing, 2016
- [16] Hadi, Gullanar M and Salman, Nassir H, “Medical Image Segmentation Based on Image Histogram and *Clustering* Technique”, *International Journal Of Graphics and Image Processing*, Vol. 5, pp. 1-5, Feb 2015