

Sistem Deteksi Kualitas Buah Jambu Air Berdasarkan Warna Kulit Menggunakan Algoritma Principal Component Analysis (Pca) dan K-Nearest Neighbor (K-NN)

Dian Novianto¹⁾, Tri Sugihartono²⁾

¹⁾²⁾ Program Studi Teknik Informatika ISB Atma Luhur Pangkalpinang
Jl. Jenderal Sudirman, Kel. Selindung Baru, Kec. Gabek, Kota Pangkal Pinang 33117
Email : diannovianto@atmaluhur.ac.id¹⁾, trisugihartono@atmaluhur.ac.id²⁾

ABSTRACT

One form of artificial intelligence is the automatic detection of images. so the system can determine precisely the type of image or it can be called computer vision. Water guava fruit is a fruit that is often encountered in Indonesia, but many of the water guavas in the community are of poor quality, thus detrimental to consumers. Therefore we need a system that can detect the quality of the water guava. The Principal Component Analysis (PCA) algorithm and the k-nearest neighbor (k-NN) algorithm can be combined to do this job. PCA is an algorithm that can convert to a group of data that is initially correlated into uncorrelated data (Principal Component). The number of Principal Components generated is the same as the original data, but can be reduced to a smaller amount and is still able to represent the original data well. Meanwhile, k-NN is a method for classifying objects based on learning data that is closest to the object. The research model used in this research is a prototype, and the development tools used are UML. In making the water guava quality detection system, the MATLAB programming language is used, and the test uses the blacbox method. The result of this system is that the system is able to produce output in the form of quality classification of water guava fruit automatically.

Keywords: Computer vision, PCA, k-NN

ABSTRAK

Salah satu bentuk dari kecerdasan tiruan adalah pendeteksian secara otomatis terhadap citra gambar sehingga sistem dapat menentukan dengan tepat jenis gambar tersebut atau biasa disebut computer vision. Buah jambu air merupakan buah yang banyak di jumpai di Indonesia, akan tetapi banyak dari buah jambu air yang ada di masyarakat berkualitas kurang baik sehingga merugikan konsumen. Oleh karena itu diperlukan sebuah sistem yang dapat mendeteksi kualitas dari jambu air tersebut. Algoritma Principal Component Analysis (PCA) dan algoritma k-nearest neighbor (k-NN) dapat dikombinasikan untuk melakukan pekerjaan tersebut. PCA merupakan algoritma yang mampu mengkonversi sekelompok data yang pada awalnya saling berkorelasi menjadi data yang tidak saling berkorelasi (Principal Component). Jumlah Principal Component yang dihasilkan sama dengan jumlah data aslinya, tetapi dapat direduksi dengan jumlah yang lebih kecil dan tetap mampu merepresentasikan data asli dengan baik. Sedangkan k-NN merupakan metode untuk melakukan klasifikasi terhadap objek berdasarkan data pembelajaran yang jaraknya paling dekat dengan objek tersebut. Model penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah prototype, dan tools pengembangan yang digunakan adalah UML. Dalam pembuatan sistem deteksi kualitas jambu air, digunakan bahasa pemrograman MATLAB, dan pengujian menggunakan metode blacbox.. Hasil dari system ini adalah sistem mampu menghasilkan keluaran berupa pengklasifikasian kualitas dari buah jambu air secara otomatis.

Kata Kunci: Computer vision, PCA, k-NN

1. Pendahuluan

Salah satu bentuk dari AI adalah *computer vision*, yaitu suatu bidang yang bertujuan untuk membuat suatu keputusan yang berguna mengenai obyek fisik nyata dan keadaan berdasarkan atas sebuah citra. *Computer vision* merupakan kombinasi antara pengolahan citra dan pengenalan pola. Hasil keluaran dari proses *computer vision* merupakan image understanding (shapiro, 2001). *Computer vision* diadaptasi dari kemampuan melihat manusia atas sebuah objek atau informasi, lalu ditarik sebuah kesimpulan mengenai objek atau informasi tersebut. Manusia menggunakan mata dan otak mereka untuk melihat dan merasakan secara visual objek di sekitar dan *computer vision* bertujuan untuk memberikan kemampuan yang serupa kepada mesin atau *computer* (binus, 2020). Pemanfaatan dari *computer vision* untuk perkebunan masih belum banyak dikembangkan, padahal hasil perkebunan dapat dianalisa secara otomatis untuk memberikan keluaran berupa kualitas dari hasil pertanian tersebut. salah satunya untuk produk jambu air yang banyak dijual di Indonesia, baik itu di supermarket, toko buah maupun pedagang kaki lima. Akan tetapi kualitas buah jambu air yang tidak merata terkadang merugikan konsumen, masalah yang paling sering terjadi pada buah jambu air adalah lalat buah. Hama ini menyerang pada bagian buah tanaman, lalat ini akan meletakkan telurnya pada daging buah, lalu larvanya menetas dan memakan buah jambu air sehingga buah berlubang dan kulitnya terkelupas (ruangtani, 2020).

Permasalahan yang terjadi pada *computer vision* adalah menentukan ada atau tidaknya sebuah objek, fitur, atau aktivitas pada sebuah citra gambar yang dikenal dengan pengenalan. Umumnya bukanlah hal yang sulit untuk manusia untuk memecahkan permasalahan tersebut namun tidak untuk mesin. Oleh karena itu diperlukan algoritma untuk membantu mesin menentukan kesimpulan dari sebuah informasi. Dan algoritma yang digunakan pada penelitian ini adalah Algoritma *Principal Component Analysis* (PCA) dan algoritma *k-nearest neighbor* (k-NN).

PCA merupakan algoritma yang mampu mengkonversi sekelompok data yang pada awalnya saling berkorelasi menjadi data yang tidak saling berkorelasi (*Principal Component*).

Jumlah *Principal Component* yang dihasilkan adalah sama dengan jumlah data aslinya, tetapi dapat direduksi dengan jumlah yang lebih kecil dan tetap mampu merepresentasikan data asli dengan baik (Pamungkas, 2020). Sedangkan k-NN merupakan metode untuk melakukan klasifikasi terhadap objek berdasarkan data pembelajaran yang jaraknya paling dekat dengan objek tersebut (Pamungkas, 2020).

Model penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *prototype*. Model *prototype* merupakan sesuatu yang harus dievaluasi dan di modifikasi kembali, segala perubahan dapat terjadi pada saat *prototype* dibuat untuk memenuhi kebutuhan

pengguna dan pada saat yang sama memungkinkan pengembang untuk lebih memahami kebutuhan pengguna secara lebih baik. Model *prototype* dimulai dengan pengumpulan kebutuhan pengguna (Dian, 2018).

Model penelitian *prototype* dipilih karena sistem yang dibangun masih dalam tahapan ujicoba dan metode ini memberikan mekanisme yang baik untuk kembali ke tahapan lain apabila dalam pengujian terdapat kekurangan – kekurangan.

Dalam penelitian ini tools pengembangan yang digunakan adalah UML. UML atau Unified Modeling Language merupakan perangkat lunak yang berparadigma “berorientasi objek”. Pemodelan (*modeling*) sesungguhnya digunakan untuk penyederhanaan permasalahan-permasalahan yang kompleks sedemikian rupa sehingga lebih mudah dipelajari dan dipahami (Roger, 2012).

Dalam pembuatan sistem deteksi kualitas jambu air, digunakan bahasa pemrograman MATLAB. Bahasa pemrograman sendiri merupakan kumpulan aturan yang disusun sedemikian rupa sehingga memungkinkan pengguna komputer membuat program yang dapat dijalankan dengan aturan tersebut (Utami, 2005). Bahasa pemrograman yang digunakan untuk membuat sistem deteksi ini adalah matlab, yang dikembangkan oleh *The MathWorks* dan berjalan di sistem operasi windows. Matlab merupakan bahasa pemrograman komputer generasi ke empat memungkinkan manipulasi matriks, pemplotan fungsi dan data, implementasi algoritma, pembuatan antarmuka pengguna, dan pengantarmukaan dengan program dalam bahasa lainnya (Hidayat, 2017).

Manfaat yang akan didapatkan nantinya dalam penelitian ini adalah terdapat pengklasifikasian buah jambu air yang dijual ke masyarakat sehingga kualitas buah yang diterima oleh masyarakat menjadi lebih baik. Selain itu para ahli dibidang perkebunan jambu air dapat menganalisa buah jambu yang masuk dalam klasifikasi buruk termasuk penyebabnya, sehingga bisa dicari solusi dari permasalahan tersebut.

A. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode kualitatif dimana peneliti menjadi alat utama dalam pengumpulan data (Dian, 2018). Pengumpulan data yang peneliti lakukan dengan cara mencari referensi yang terkait dengan topik penelitian dari jurnal maupun buku. Dengan cara tersebut peneliti dapat memahami cara kerja dari teknik maupun metode yang dipakai, sehingga diharapkan dalam pengembangan sistem nantinya akan berjalan dengan baik dan lancar. Selain itu dalam penelitian ini penulis juga melakukan observasi di lokasi penelitian, yaitu pasar buah pangkalpinang, dan mewawancarai para pedagang buah jambu air.

Dalam pengembangan sistem peneliti menggunakan model *Prototype*, model ini memiliki beberapa tahapan yang harus diikuti oleh peneliti, antara lain: Pengumpulan kebutuhan, membangun

prototyping, evaluasi *prototyping*, mengkodekan sistem, menguji sistem, evaluasi sistem, dan menggunakan sistem (Amin, 2016).

Dan dalam pengembangan sistem, spesifikasi kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang peneliti gunakan dalam penelitian ini, seperti pada tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1 Perangkat yang digunakan

Perangkat Lunak	Perangkat Keras
Windows 8.1 Pro 64 bit	Laptop dengan Spesifikasi: Processor A8-4500M up to 2.80 GHz, GPU: AMD HD8750 2GB Vram, RAM 4GB, SSD 240GB, HDD 500GB
Matlab R2017a	
Astah Community 7.1.0	Smarthphone dengan spesifikasi: Processor A8 Dual Core 1,4 Ghz 64 bit. Ram 1 GB, Kamera 8 mp, memory 32 GB.
Microsoft Visio 2013	

Adapun tahapan – tahapan yang peneliti lakukan dalam pembuatan aplikasi system deteksi kualitas jambu air ini berdasarkan model *prototype*, antara lain:

1) Pengumpulan kebutuhan.

Pada tahap pertama yaitu pengumpulan kebutuhan dilakukan dengan cara mengumpulkan berbagai data atau referensi yang berkaitan dengan topik penelitian kami yaitu *computer vision* dan pengenalan pola, selain itu juga pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi dan wawancara terhadap objek yang menjadi studi kasus penelitian ini untuk mengetahui kebutuhan dari pengguna, Ketua peneliti bertugas mencari referensi atau studi pustaka dan melakukan observasi, sedangkan anggota peneliti melakukan pengumpulan data dengan cara observasi dan wawancara.

2) Membangun *prototyping*.

Pada tahap kedua kami melakukan proses analisis dan perancangan sistem berdasarkan hasil kesimpulan dari data yang sudah dikumpulkan. Pada tahapan ini ketua peneliti bertugas merumuskan data menjadi sebuah informasi, kemudian anggota peneliti akan menjadikan informasi tersebut sebagai acuan dalam membuat rancangan sistem dalam bentuk diagram UML dan rancangan layar. *Unified Modeling Language* (UML) adalah bahasa standar yang digunakan untuk menulis blueprint perangkat lunak. UML dapat digunakan untuk memvisualisasi, menspesifikasikan, membangun, dan mendokumentasikan artifak dari sistem perangkat lunak (Indiatimes, 2020).

3) Evaluasi *prototyping*.

Pada tahapan ketiga yang kami lakukan adalah evaluasi dari desain *prototyping* yaitu proses evaluasi terhadap *prototyping* yang sudah dirancang apakah

telah sesuai dengan kebutuhan, pada tahapan ini ketua dan anggota peneliti berdiskusi dengan para pengguna untuk mendapatkan informasi mengenai kesesuaian desain dengan kebutuhan pengguna. jika sudah sesuai maka dilakukan proses selanjutnya. Tetapi jika belum sesuai, maka akan dilakukan pengecekan pada proses sebelumnya atau kembali ke tahap pertama.

4) Mengkodekan sistem.

Pada tahapan keempat, dilakukan proses pengkodean sistem dengan membuat program menggunakan bahasa pemrograman matlab berdasarkan desain yang sudah ditentukan sebelumnya. Pada tahapan ini dilakukan oleh anggota penelitian.

5) Menguji sistem.

Pada tahapan kelima yaitu pengujian sistem, sistem aplikasi yang sudah dirancang akan diuji dengan metode *Blackbox*. *Blackbox* sendiri merupakan metode pengujian tanpa mengetahui informasi dari desain sistem dan disebut *blackbox* karena penguji sistem tidak dapat melihat apa yang terjadi didalam sistem (*code*) (Rizky, 2011). Pada tahapan ini dilakukan oleh ketua penelitian.

Pengujian yang dilakukan oleh sistem dilakukan dengan langkah – langkah sebagai berikut :

- a. Membaca citra pada data uji
- b. Melakukan segmentasi citra menggunakan metode otsu thresholding
- c. Melakukan operasi morfologi untuk menyempurnakan hasil segmentasi
- d. Melakukan ekstraksi ciri warna berdasarkan nilai RGB dan HSV
- e. Melakukan ekstraksi ciri ukuran berdasarkan nilai area (luas)
- f. Mengkonversi hasil ekstraksi ciri menjadi principal component
- g. Mereduksi principal component menjadi 2 PC (PC1 dan PC2)
- h. Melakukan klasifikasi berdasarkan banyaknya tetangga terdekat
- i. Melakukan plotting sebaran data pada masing-masing kelas.

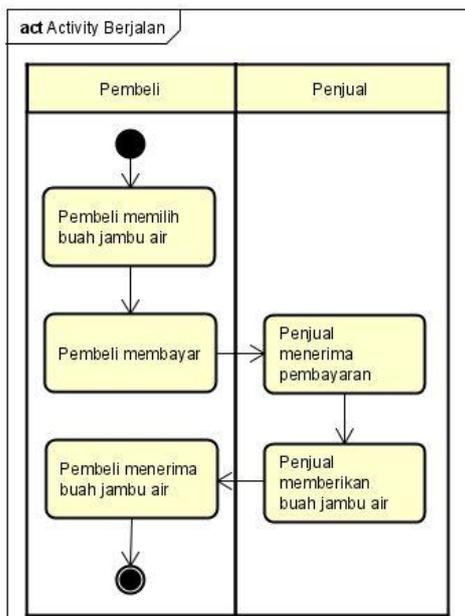
6) Evaluasi sistem.

Pada tahapan ini dilakukan diskusi untuk mengevaluasi dari sistem, antara ketua penelitian sebagai penguji, pengguna dan anggota penelitian sebagai programmer. Apabila pada tahapan evaluasi sistem terdapat perubahan yang diminta oleh pengguna atau penguji program, maka akan kembali pada tahapan keempat yaitu memperbaiki pengkodean sistem program sesuai dengan permintaan pengguna atau penguji, dan dalam hal ini dilakukan oleh anggota penelitian. Namun apabila dalam evaluasi sistem sudah sesuai dengan kebutuhan pengguna dan juga sudah berjalan dengan baik secara fungsi dalam pengujian dengan metode *blackbox*, maka akan lanjut ke tahapan terakhir, yaitu menggunakan sistem.

7) Menggunakan sistem.

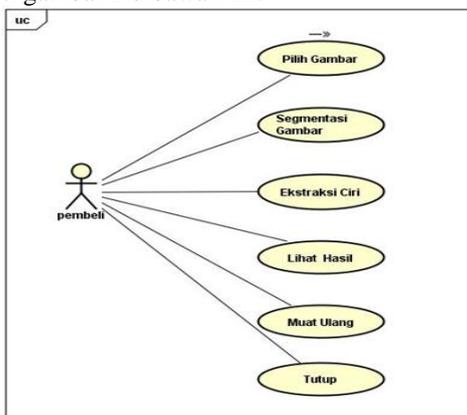
Pada tahapan terakhir, sistem yang sudah dievaluasi siap untuk digunakan.

Dari hasil analisa data pada tahapan pertama model *prototype*, maka didapatkan hasil dalam bentuk diagram dengan menggunakan UML sebagai *tool* pengembangan perangkat lunak dimana dalam penggambaran ini peneliti menggunakan *astah community*, hal ini dimaksudkan untuk mempermudah dalam penggambaran proses bisnis yang terjadi. Seperti pada gambar 1 *activity diagram* sistem berjalan dibawah ini:



Gambar 1. Activity Diagram Sistem Berjalan

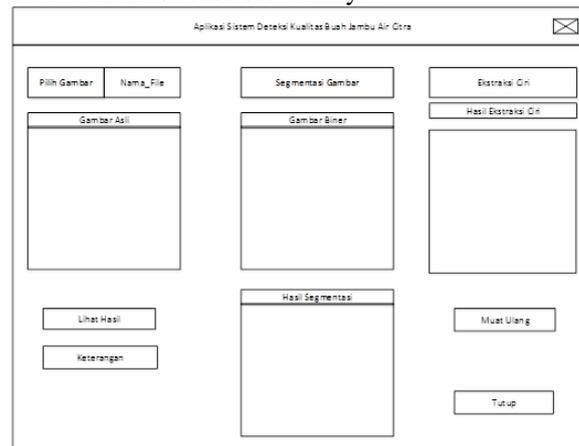
Dari gambar *Activity Diagram* diatas dapat disimpulkan bahwa proses yang terjadi dilapangan dari hasil analisa adalah, pembeli memilih buah jambu air yang tersedia dilapak penjual, lalu membayar sejumlah yang dibeli, kemudian buah jambu air akan diserahkan oleh pedagang ke pembeli. Dari hasil tersebut dirancanglah *prototype* berupa *use case* diagram usulan pada sistem yang baru, ditunjukkan seperti gambar 2 dibawah ini:



Gambar 2. Use Case Diagram Sistem Usulan

Use case diagram diatas merupakan rancangan untuk sistem yang akan dibangun, untuk mengetahui fungsi apa saja yang tersedia di aplikasi. *Use case* diagram diatas dibuat berdasarkan hasil analisa dari kebutuhan pengguna. Dimana kebutuhan pengguna disini adalah penyisipan berkas dan enkripsi, serta dekripsi dan ekstraksi berkas, dengan tambahan menu bantuan untuk cara penggunaan dari aplikasi, menu tentang untuk mengetahui fungsi dari aplikasi, dan menu keluar untuk menutup aplikasi.

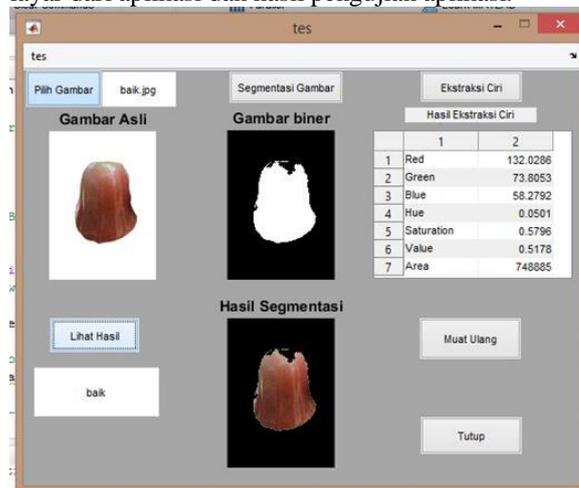
Berikut ini adalah rancangan layar usulan yang dibuat berdasarkan *use case* sebelumnya :



Gambar 3. Rancangan Layar

2. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini akan dibahas hasil dari perancangan dalam bentuk jadi berupa tangkapan layar dari aplikasi dan hasil pengujian aplikasi.



Gambar 4. Hasil Pengujian

A. Pengujian Blackbox

Berikut adalah pengujian *blackbox* pada aplikasi Sistem Deteksi Kualitas Buah Jambu Air Citra.

1. Pengujian Blackbox pada Pilih Gambar

Tabel 2. Pengujian *Blackbox* Pilih Gambar

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1	Form menu utama aplikasi sudah terbuka, kemudian klik tombol pilih gambar	-	Sistem akan menampilkan jendela pemilihan berkas	Sesuai Harapan	Valid
2	Menambahkan gambar buah sebagai objek pengujian	Memilih gambar dengan ekstensi JPG	Sistem menampilkan gambar yang dipilih pada form utama	Sesuai Harapan	Valid
3	Menambahkan gambar buah sebagai objek pengujian	Memilih gambar dengan ekstensi selain BMP (JPG, PNG, dll)	Sistem akan menolak menampilkan gambar yang dipilih pada form tambah berkas	Sesuai Harapan	Valid

2. Pengujian *Blackbox* pada Segmentasi Gambar

Tabel 3. Pengujian *Blackbox* Segmentasi Gambar

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1	Form menu utama aplikasi sudah terbuka, dan gambar sudah dipilih, kemudian klik tombol Segmentasi Gambar	-	Sistem akan menampilkan gambar hasil konversi ke biner dan hasil segmentasi grayscale	Sesuai Harapan	Valid

3. Pengujian *Blackbox* pada Ekstraksi Ciri

Tabel 4. Pengujian *Blackbox* Ekstraksi Ciri

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1	Form menu utama aplikasi sudah terbuka, dan gambar sudah dipilih, kemudian klik tombol Ekstraksi Ciri	-	Sistem akan menampilkan nilai RGB, HSV, dan Area Pada Tabel di form utama	Sesuai Harapan	Valid

4. Pengujian *Blackbox* pada Lihat hasil

Tabel 5. Pengujian *Blackbox* Lihat Hasil

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1	Form menu utama aplikasi sudah terbuka, dan gambar sudah dipilih, kemudian klik tombol Lihat Hasil	-	Sistem akan menampilkan hasil berupa keterangan kualitas dari buah yang dijadikan objek gambar	Sesuai Harapan	Valid

5. Pengujian *Blackbox* pada Muat Ulang

Tabel 6. Pengujian *Blackbox* Muat Ulang

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1	Form menu utama aplikasi sudah terbuka, kemudian klik tombol muat ulang	Semua data sudah terisi	Sistem akan menghapus semua data yang ditampilkan pada form utama	Sesuai Harapan	Valid

6. Pengujian *Blackbox* pada Tutup

Tabel 7. Pengujian *Blackbox* Tutup

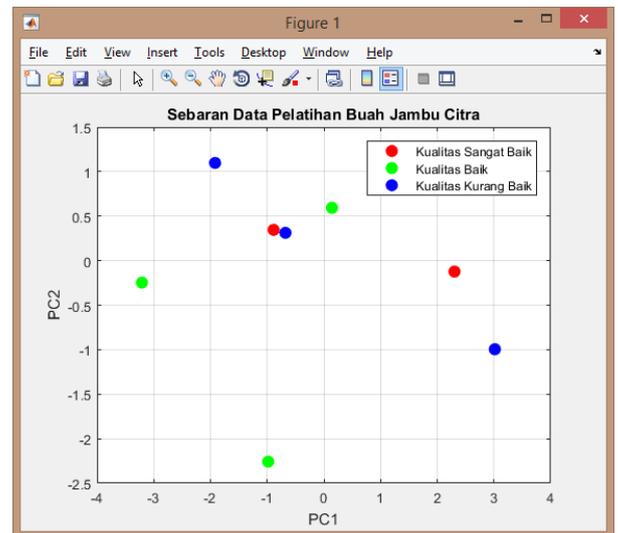
No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1	Form menu utama aplikasi sudah terbuka, kemudian klik tombol tutup	-	Sistem akan menutup aplikasi	Sesuai Harapan	Valid

Dari pengujian menggunakan metode blackbox, semua menu berfungsi dengan baik yang artinya sistem berfungsi dengan baik secara teknis, sehingga siap untuk digunakan.

Pengujian Data

Pengujian data yang dilakukan pada aplikasi sistem deteksi kualitas buah jambu air, yaitu membahas pengujian data latih dan pengujian sample terhadap data latih, seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini:

1) Pengujian data latih

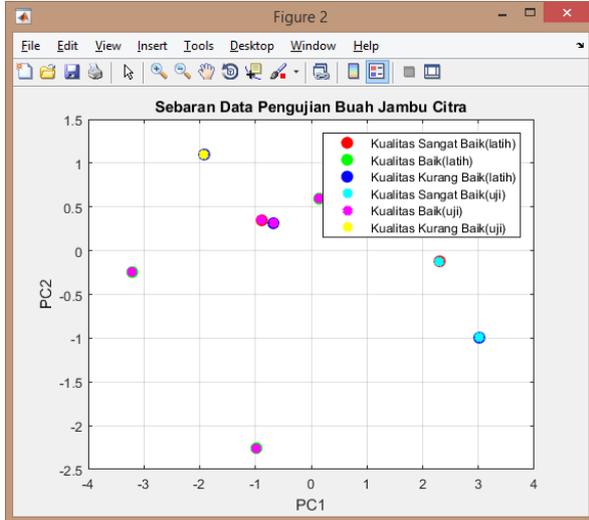


Gambar 5. Sebaran Data Latih

Dari gambar 5 diatas, terlihat sebaran data yang menunjukkan kualitas dari gambar yang sudah dijadikan objek latih, yang berfungsi menjadi pembanding bagi data gambar yang akan di uji untuk mengetahui kualitas dari buah jambu air citra. Warna merah (red) menunjukkan kualitas buah dengan kategori sangat

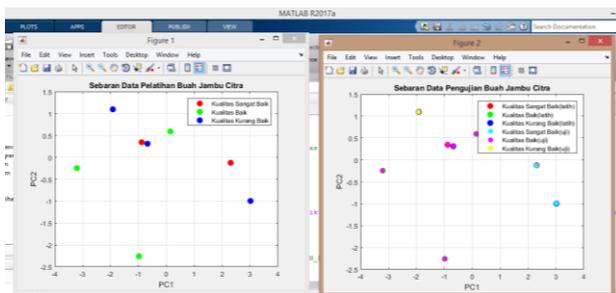
baik, warna hijau (*green*) menunjukkan gambar dengan kualitas buah dengan kategori baik, dan yang berwarna biru (*blue*) menunjukkan gambar dengan kualitas buah dengan kategori kurang baik.

2) Pengujian data buah



Gambar 6. Sebaran Data Pengujian

Dari gambar 6 diatas, terlihat perbandingan antara data latih dan data uji yang ditandai dengan tanda silang berwarna, untuk kualitas sangat baik tanda silang berwarna cyan, untuk kualitas baik tanda silang berwarna magenta, dan untuk kualitas kurang baik, tanda silang berwarna kuning. Dari hasil pengujian akurasi antara data latih dan data uji mencapai 70%, dimana terdapat hasil yang tidak akurat dalam penentuan kualitas dari buah jambu air seperti yang terlihat dari gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. Perbandingan data latih dan uji

Terdapat 30% pengujian data yang menghasilkan data yang belum akurat, sehingga dalam kedepannya dapat disempurnakan agar system dapat menghasilkan keluaran yang lebih akurat lagi.

3. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian kemajuan yang dibuat sampai saat ini, penelitian ini memiliki dua kesimpulan, antara lain sebagai berikut:

1. Aplikasi sistem deteksi kualitas buah jambu air citra dapat berjalan dengan baik meskipun tingkat akurasi metode pengolahan citra dengan algoritma PCA dan k-NN yang di implementasikan untuk buah jambu air citra hanya sebesar 70%.
2. Aplikasi ini belum dapat membedakan buah jambu air citra dengan buah jambu air jenis lainnya sehingga data objek buah jambu air yang berbeda jenis tetap dapat di proses.

Daftar Pustaka

Amin, R. A., 2016, Prototype alat pembersih debu menggunakan media smartphone berbasis arduino uno, SMAN 1 Tangerang, Tangerang.

Dian Novianto., Yohanes Setiawan. 2018. Aplikasi Pengamanan Informasi Menggunakan Metode Least Significant Bit (Lsb) dan Algoritma Kriptografi Advanced Encryption Standard (AES) Jurnal Ilmiah Informatika Global, No.2, Vol.09.: <http://ejournal.uigm.ac.id/index.php/IG/article/view/561>

Hidayat, Rahmat. 2017. Matlab Pada Sistem Pemrosesan Sinyal Dan Komunikasi Digital: Simulasi berbagai aplikasi teknik. Penerbit Gunung Samudra: Malang. <http://library.binus.ac.id/eColls/eThesiscoll/Bab2/2008-1-00110-IF%20Bab%202.pdf>, diakses tanggal 20 Januari 2019.

<http://www.ruangtani.com/hama-dan-penyakit-pada-tanaman-jambu/>, diakses tanggal 20 Januari 2019.

<https://economictimes.indiatimes.com/definition/software-testing>, diakses tanggal 15 Januari 2019.

Pamungkas, Adi. 2020. Klasifikasi Jenis Sayuran Menggunakan Algoritma PCA dan KNN. <https://pemrogramanmatlab.com/2019/01/01/klasifikasi-jenis-sayuran-menggunakan-algoritma-pca-dan-knn/>, diakses tanggal 20 Januari 2020.

Pamungkas, Adi. 2020. Data Mining Menggunakan Matlab K-Nearest-Neighbor Menggunakan Matlab. <https://pemrogramanmatlab.com/data-mining-menggunakan-matlab/k-nearest-neighbor-knn-menggunakan-matlab/>, diakses tanggal 20 Januari 2020.

Rizky, Soetam, 2011, Konsep Dasar Rekayasa Perangkat Lunak, PT. Prestaso Pustaka, Jakarta.

Roger, S. Pressman, Ph.D., 2012, Rekayasa Perangkat Lunak (Pendekatan Praktisi), Ed.7, diterjemahkan oleh Andi, Yogyakarta.

Shapiro, Linda G dan G.C.Stockman. 2001. Computer vision. Prentice Hall: New York.

Utami, Ema., Sukrisno. 2005. 10 Langkah Belajar Logika dan Algoritma. menggunakan Bahasa C dan C++ di GNU Linux. Penerbit Andi: Yogyakarta.