

Color Grading Systems to Classify Ripeness of Apple Mango Fruit

Yanuar Risah Prayogi¹, Saiful Nur Budiman²

¹ Program Studi Teknik Informatika Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo

² Program Studi Teknik Informatika Universitas Brawijaya

¹ yanuar.tif@unusida.ac.id (*)

² sync.saifulnb@gmail.com

Abstract— Harvesting of apple mangoes fruit that simultaneously causes not all apple mango fruits are harvested ripe. Farmers should sort the apple mango manually. So, harvesting in large quantities will take a long time. There are several obstacles to sort the apple mango fruit manually. It needs skills and experiences to sort the apple mangoes fruit and it needs many workers. In addition, when the apple mango is ripe and not immediately sorted, it will be too ripe and decayed, so cause losses. Previous research has already made the apple mango classification system mango level but required an expensive tool and take a long time to process one apple mango. This research proposes a new strategy to measure the ripeness level of apple mango fruit, especially apple mango at low cost, without the expensive device and takes a short time based on the apple mango skin color region using the feed-forward neural network. The test used 214 images consisting of 4 classes. Validation test using k-fold of 7, 9, and 11 with an average accuracy of 90.61%, 91.41%, and 90.82%. Highest accuracy with a value of 91.41% on k-fold 9 while at k-fold 11 accuracy is lower but has the least standard deviation value. A small standard deviation means that the accuracy is more stable than others.

Keywords— grading maturity; apple mango; color region; feed-forward; k-fold.

Abstrak— Pemanenan buah mangga apel yang secara serentak menyebabkan tidak semua mangga apel yang dipanen dalam keadaan matang. Petani harus melakukan penyortiran buah mangga apel secara manual. Jika panen dalam jumlah besar maka akan membutuhkan waktu yang cukup lama. Ada beberapa kendala dalam penyortiran buah mangga apel secara manual, yaitu ketrampilan dan pengalaman dalam memilah buah mangga apel serta biaya yang harus dikeluarkan untuk banyak pekerja. Selain itu, apabila mangga apel yang sudah masak dan tidak segera dipilah akan terlalu matang dan membusuk sehingga menyebabkan kerugian. Penelitian sebelumnya, membuat sistem klasifikasi tingkat kematangan mangga apel tetapi membutuhkan alat yang mahal dan membutuhkan waktu yang lama untuk memproses satu buah mangga. Penelitian ini mengusulkan strategi baru untuk mengukur tingkat kematangan buah mangga terutama jenis mangga apel dengan biaya murah, tanpa perangkat yang mahal, dan membutuhkan waktu yang cukup singkat berdasarkan region warna kulit mangga menggunakan jaringan syaraf tiruan *feed-forward*. Uji coba menggunakan 214 citra yang terdiri dari 4 kelas. Uji validasi menggunakan *k-fold* sebesar 7, 9, dan 11 dengan rata-rata akurasi 90.61%, 91.41%, dan 90.82%. Akurasi tertinggi dengan nilai 91.41% pada k-fold 9 sedangkan pada k-fold 11 akurasinya lebih rendah tetapi mempunyai nilai standar deviasi paling kecil. Standar deviasi kecil menyatakan bahwa akurasinya lebih stabil dibandingkan yang lain.

Kata kunci— gradasi kematangan; mangga apel; region warna; feed-forward; k-fold.

I. PENDAHULUAN

Pemanenan buah mangga apel dilakukan secara serentak ketika musim panen tiba. Proses panen yang serentak ini menyebabkan tidak semua mangga yang dipanen belum tentu masak. Di perkebunan mangga apel, para pekerja memilah-milah buah mangga hasil panen tersebut untuk didistribusikan secara merata ke berbagai toko buah atau tempat tertentu berdasarkan tingkat kematangannya [1]. Secara konvensional, para pekerja ini memilah-milah mangga satu persatu dengan cara melihat perbedaan warna kulit mangga apel. Terdapat kendala dalam hal ini, tentunya pada permasalahan ketrampilan dan pengalaman dalam memilah mangga apel serta biaya yang harus dikeluarkan untuk banyak tenaga kerja. Selain itu apabila mangga apel yang dipanen sudah masak dan tidak kunjung dipilah tentunya akan membusuk di gudang sebelum didistribusikan karena lama diproses pemilahan.

Tingkat kematangan buah mangga apel dapat dilihat dari perubahan warna yang terjadi namun tidak semua mangga apel mengalaminya, misalkan saja mangga Manalagi yang tetap hijau warnanya walaupun sudah matang. Para peneliti pun mulai mengembangkan berbagai macam penelitian untuk

memprediksikan tingkat kematangan berbagai macam buah. Brezmes dkk [2], mengembangkan *electronic nose* untuk memprediksi kematangan buah mangga apel. Menggunakan PCA untuk mengurangi output dari *multiple sensor*, sementara untuk proses klasifikasi menggunakan Fuzzy. Hasilnya 96,4% sukses memprediksi tingkat kematangan buah mangga. Namun kendalanya adalah membutuhkan waktu sekitar 10-15 menit untuk mengulang kembali pengukurannya. Larrain dkk [3], menggunakan *Near-Infrared Spectroscopy* untuk mengukur tingkat kematangan buah anggur. Analisa dilakukan berdasarkan spektrum yang diperoleh dari Brix, pH, dan konsentrasi *anthocyanin*. Ben Saeed dkk [4], menggunakan *Optical Sensor System Comprising* pada frekuensi 570, 670, 750, dan 870 nm untuk mendeteksi tingkat kematangan buah kurma sedangkan klasifikasinya menggunakan metode *quadratic discriminant classifier* dengan hasil akurasi sebesar 85%.

Berdasarkan penjelasan penelitian sebelumnya, maka diusulkan strategi baru untuk mengukur tingkat kematangan buah mangga apel dengan biaya murah, tanpa perangkat yang mahal, dan membutuhkan waktu yang cukup singkat berdasarkan region warna kulit mangga. Mangga difoto dari

sisi samping (sisi yang mempunyai luas paling besar). Tingkat kematangan mangga tersebut digunakan untuk mempermudah proses grading. Pengukuran tingkat kematangan buah mangga apel menggunakan fitur warna dan region [5] sedangkan klasifikasinya menggunakan *feed-forward* [6]. Jaringan syaraf tiruan *feed-forward* adalah jaringan perceptron *single-layer* sederhana yang terdiri dari satu layer output dan cocok untuk klasifikasi tingkat kematangan buah.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Terdapat beberapa tahapan untuk menentukan tingkat kematangan buah mangga yakni pra-proses, ekstraksi fitur, dan klasifikasi. Pada pra-proses terdapat beberapa tahapan yang lebih detail yaitu *grayscale*, menyesuaikan kontras, *binarization*, *region of interest*, dan *trace boundary*.

A. Pra-proses

Pada tahapan pra-proses, citra buah mangga dirubah dari RGB ke *grayscale*. Intensitas/kontras citra *grayscale* ditingkatkan agar area mangga dan bukan mangga terlihat jelas. Kemudian citra *grayscale* dirubah ke citra biner menggunakan *Otsu thresholding*. Menggunakan *Otsu* karena metode *Otsu* mempunyai kinerja yang cukup bagus untuk citra dengan degradasi sederhana seperti kulit mangga. Kontras citra perlu ditingkatkan terlebih dahulu supaya hasil binerisasi lebih optimal. Setelah itu citra dilakukan operasi binerisasi dan *region of interest*.

Region of Interest atau ROI adalah bagian dari citra yang ingin difilter atau dilakukan operasi tertentu. Mendefinisikan area ROI bisa menggunakan binary masking. Pixel binary masking pada area ROI diset nilai 1 sedangkan yang lainnya diset 0 sehingga yang tampak adalah daerah ROI. Pada proses *region of interest*, dilakukan operasi penghilangan objek kecil, *flood-fill*, dan *tracing boundary* di citra biner.

Operasi *flood-fill* dilakukan agar objek dalam hal ini adalah mangga tetap utuh secara penuh. *Trace boundary* adalah proses untuk mendapatkan kontur tepi dari citra ROI mangga. Proses *trace boundary* menggunakan *Chain Code* yang akan

menghasilkan kode-kode berupa deretan angka berdasarkan arah mata angin. *Chain Code* dapat mempresentasikan kurva, garis, atau kontur dari suatu bidang, sekaligus dapat menentukan perimeter dan luasannya [7].

Pada operasi *tracing boundary* dilakukan *masking* antara citra biner dengan citra mangga dan menghasilkan citra mangga yang berwarna RGB tanpa background [8]. Tahap terakhir dari pra-proses adalah rotasi citra mangga sehingga bagian kepala mangga berada di atas.

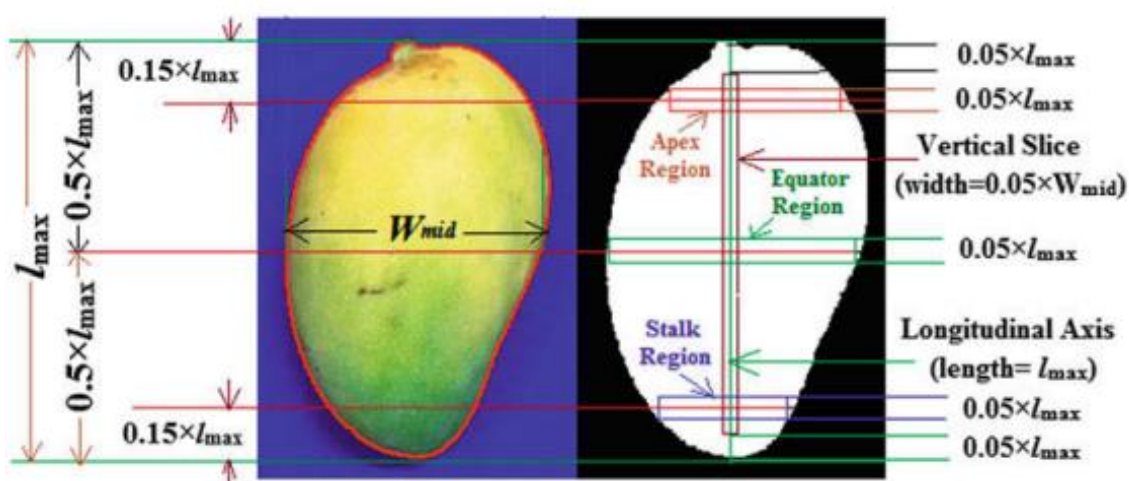
B. Ekstraksi Fitur

Jumlah fitur yang digunakan ada sebanyak 27 fitur. Ada dua tipe fitur yang digunakan pada penelitian ini yaitu fitur utama dan fitur turunan. Fitur utama dimulai dari *f1-f15* sedangkan fitur turunan dimulai dari *f16-f27*. Fitur turunan digunakan untuk memperluas varian nilai dari setiap region. Daftar deskripsi ekstraksi fitur ditunjukkan pada Tabel 1 [9].

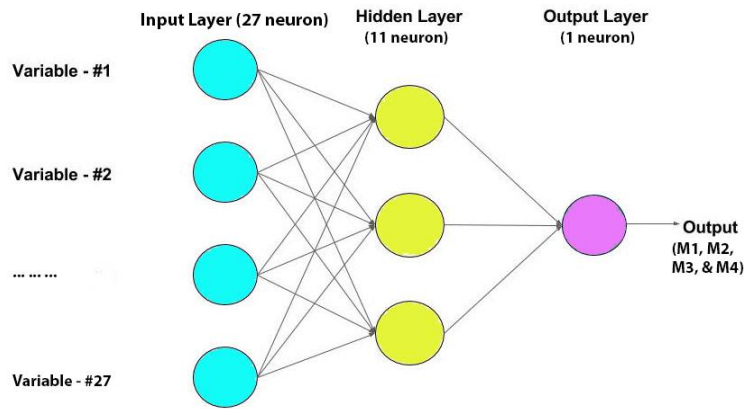
TABEL I. DAFTAR FITUR BUAH MANGGA

Fitur	Deskripsi
<i>f1, f2, f3</i>	Rata-rata R, G, B dari mangga
<i>f4, f5, f6</i>	Gradient R, G, B sepanjang garis longitudinal
<i>f7, f8, f9</i>	Rata-rata R, G, B pada Apex region
<i>f10, f11, f12</i>	Rata-rata R, G, B pada Equator region
<i>f13, f14, f15</i>	Rata-rata R, G, B pada Stalk region
<i>f16, f17, f18</i>	Turunan rata-rata R, G, B
<i>f19, f20, f21</i>	Turunan rata-rata R pada Apex, Equator, dan Stalk region
<i>f22, f23, f24</i>	Turunan rata-rata G pada Apex, Equator, dan Stalk region
<i>f25, f26, f27</i>	Turunan rata-rata B pada Apex, Equator, dan Stalk region

Apex, *Equator*, dan *Stalk region* diperoleh dengan menghitung *trace boundary Region of Interest* (ROI) mangga [10]. Tinggi buah mangga dilambangkan dengan *l_{max}*. Equator adalah garis tengah yang membagi *l_{max}* menjadi 2 sedangkan *region equator* adalah garis equator diperluas 5% ke atas dan kebawah. Diambil 15% dari garis *l_{max}* atas untuk mendapatkan garis *Apex*, sedangkan 15% bawah untuk mendapatkan garis *Stalk*.



Gambar 1. Perhitungan Region Warna dari ROI Mangga



Gambar 2. Jaringan Syaraf Tiruan Feed-forward yang Digunakan dalam Sistem Grading Kematangan Buah Mangga.



Gambar 3. Diagram Sistem Grading Kematangan Buah Mangga

Masing-masing garis *Apex* maupun *Stalk* akan berpotongan dengan *lmax*. Berikutnya kedua garis yang berpotongan tadi diperluas sebesar 5% keatas dan kebawah untuk membentuk *Apex region* dan *Stalk region*. Untuk detail lebih lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 1.

Pada fitur utama, persamaan menghitung nilai R, G, B ditunjukkan pada persamaan 1. Dimana BW adalah citra *binary* untuk *masking*, *Ik* adalah citra RGB, *r* dan *c* adalah *row* dan *column*. Pada persamaan 2 ditunjukkan cara menghitung gradient R, G, B sepanjang garis longitudinal. Sedangkan pada persamaan 3 adalah cara menghitung rata-rata R, G, B pada *Apex*, *Equator*, *Stalk region*. Dimana *Isk* adalah ROI RGB mangga, *k*=R, G, B sedangkan *s*=*Apex*, *Equator*, *Stalk*.

$$A_k = R, G, B = \frac{1}{rc} \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (I_k \times Bw) \quad (1)$$

$$S_k = R, G, B = slope \left(\sum_{i=1}^p S_k(i, j) \right) \quad (2)$$

Setelah fitur utama diperoleh nilainya, berikutnya adalah menghitung fitur turunannya [11]. Pada persamaan 4 ditunjukkan cara menghitung *differences* R, G, B. Sedangkan pada persamaan 5 ditunjukkan cara menghitung *differences* pada *Apex*, *Equator*, dan *Stalk*.

$$As_k = \frac{1}{rc} \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c Is_k \quad (3)$$

$$(A_R - A_G), (A_G - A_B), \text{ dan } (A_R - A_B) \quad (4)$$

$$(A_R - E_G), (E_G - S_B), \text{ dan } (S_B - A_R) \quad (5)$$

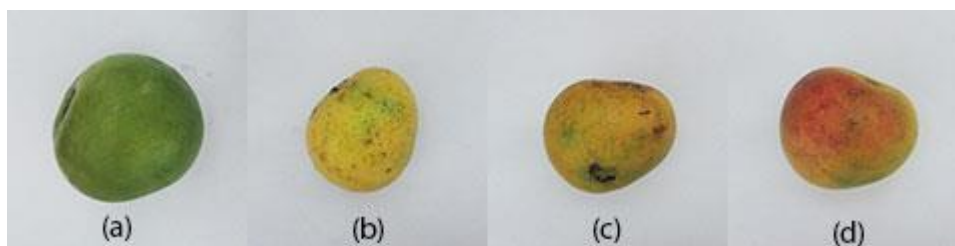
Karakteristik warna kulit buah mangga yang sederhana hanya terdiri dari hijau ke arah warna kuning dan merah. Mangga hijau mempunyai warna dominan hijau. Mangga yang agak matang mempunyai warna kuning sedangkan yang mangga matang mempunyai warna agak kemerahan. Ruang warna RGB digunakan untuk mengambil nilai fitur dari citra mangga. Ruang warna RGB lebih dekat mewakili dari warna-warna kulit mangga.

C. Klasifikasi

Setiap mangga mempunyai 27 fitur digunakan sebagai pelatihan. Pada pelatihan dan pengenalan menggunakan metode jaringan saraf tiruan *Feed-Forward* [6]. Jaringan saraf tiruan yang digunakan adalah *Feed-Forward* dimana ada 1 *hidden layer* yang berjumlah 11 neuron. Jaringan syaraf tiruan *feed-forward* yang akan digunakan dapat dilihat pada Gambar 2. Menggunakan bantuan matlab yaitu dengan menggunakan fungsi *patternet* untuk mensimulasikan jaringan saraf *Feed-Forward*. Input jaringan ada 27 dimensi yang diperoleh dari 27 fitur tadi. Output target adalah grading kematangan mangga yang terdiri dari 4 macam (*M1*, *M2*, *M3*, *M4*) yang ditunjukkan pada Tabel 2. Keseluruhan sistem grading kematangan buah mangga ditunjukkan pada Gambar 3.

TABEL II. LIST OUTPUT GRADING KEMATANGAN MANGGA

Label	Deskripsi
M1	Mentah
M2	Setengah Matang
M3	Matang
M4	Terlalu Matang



Gambar 4. Sampel Data Mangga Apel
(a)Mentah, (b)Setengah Matang, (c)Matang, (d)Terlalu Matang

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem grading kematangan buah mangga apel dibangun menggunakan bantuan Matlab. Tingkat kematangan yang digunakan ada 4 yaitu Mentah, Setengah Matang, Matang, dan Terlalu Matang. Validasi tingkat akurasi menggunakan metode *K-fold* dengan nilai 7, 9, dan 11.

A. Dataset

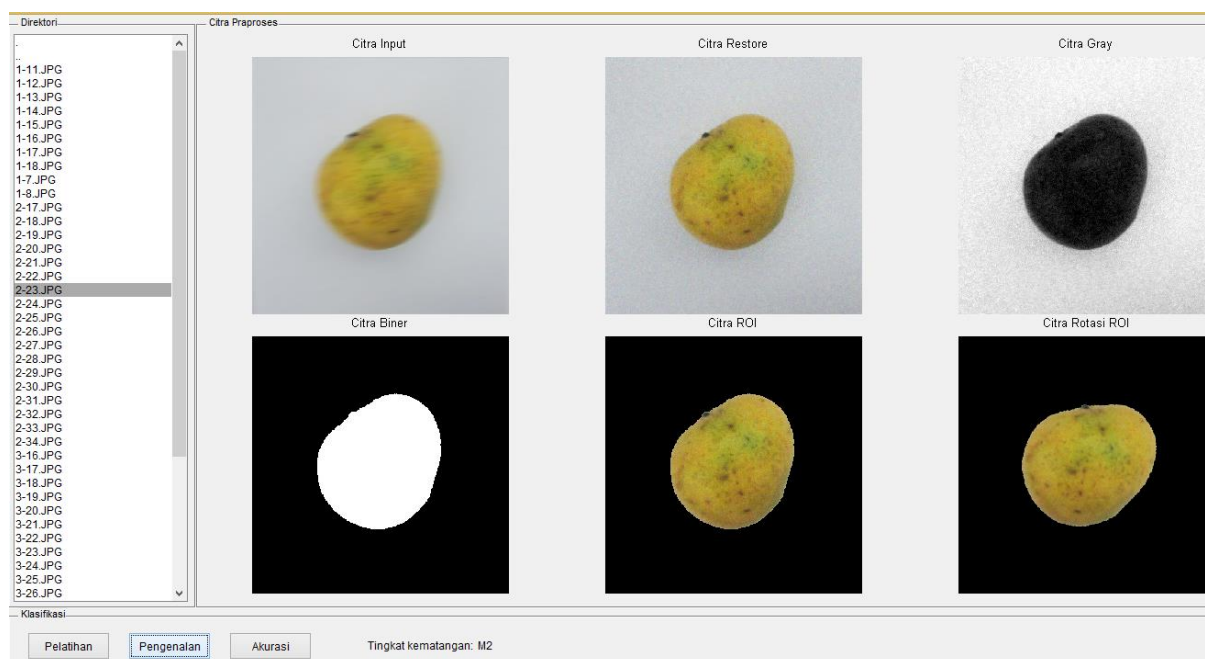
Dataset mangga apel yang diambil dikelompokkan menjadi empat kelas atau tingkat kematangan yakni mangga yang mentah, setengah matang, matang, dan terlalu matang yang ditunjukkan pada Gambar 4. Setiap mangga difoto dari berbagai sudut putar dengan jarak 35 cm.

B. Implementasi

Implementasinya menggunakan bantuan Matlab untuk mempermudah pemrosesan. Pertama dilakukan pelatihan terlebih dahulu terhadap dataset latih kemudian dilakukan

pengenalan. Total data citra buah mangga sebanyak 214 citra yang terbagi menjadi 4 kelas yaitu *M1*, *M2*, *M3*, dan *M4*. Dari proses pelatihan ini, setiap mangga akan menghasilkan 27 fitur. Dari hasil fitur-fitur tersebut nantinya digunakan pada proses grading kematangan. Proses grading menggunakan jaringan saraf tiruan *feed-forward*. Pada Gambar 5, ditunjukkan hasil dari implementasi aplikasi ini. Terlihat bahwa mangga tersebut tergolong mangga *M2* (Setengah Matang).

Feed-forward yang digunakan terdiri dari 1 layer input, 1 *hidden layer*, dan 1 *layer output*. Layer input terdiri dari 27 neuron. *Hidden layer* terdiri dari 11 neuron. Sedangkan *output layer* terdiri dari 1 neuron. Parameter maksimum iterasi yang digunakan sebesar 100000.



Gambar 5. Hasil Implementasi

Uji validasi *K-fold Cross Validation* digunakan untuk memvalidasi hasil klasifikasi dengan nilai *k-fold* 7, 9, dan 11. Jumlah data yang digunakan ada sebanyak 214 citra. Setiap citra mempunyai ukuran 480x480. Ukuran citra yang terlalu besar akan mempengaruhi lama komputasi ekstraksi citra. Sedangkan citra yang terlalu kecil akan menghilangkan detail fitur yang ada. Jumlah data latih dan data uji tergantung nilai *k-fold* yang digunakan. Nilai *k-fold* 7 artinya 1/7 dari data seluruhnya digunakan untuk data uji sedangkan 6/7 nya digunakan sebagai data latih.

Uji coba dilakukan sebanyak lima kali untuk mendapatkan rata-rata nilai akurasi. Setiap uji coba akan dicatat nilai akurasinya kemudian diulangi untuk nilai *k-fold* yang berbeda. Setelah dilakukan pengujian, ternyata tidak semua mangga berhasil diprediksi secara benar. Hasil akurasi klasifikasi kematangan buah mangga apel ditunjukkan pada Tabel 3. Hasil akurasi yang ditunjukkan pada Tabel 3 terlihat bahwa rata-rata akurasi tertinggi pada nilai *k-fold* sama dengan 9. Pada nilai *k-fold* sama dengan 11 nilai akurasinya lebih kecil dari nilai *k-fold* 9 tetapi pada *k-fold* 11 standar deviasi akurasinya paling kecil dibandingkan dengan yang lain. Hal ini menyatakan bahwa pada *k-fold* 11 nilai akurasinya lebih stabil.

TABEL III. AKURASI KLASIFIKASI KEMATANGAN BUAH MANGGA APEL

Perulangan	K-Fold		
	7	9	11
1	90.6404	89.6599	90.6699
2	91.0209	93.8941	90.2632
3	91.4357	91.5271	92.1292
4	88.8583	89.6405	90.7656
5	91.0875	92.3309	90.2605
Rata-rata	90.6086	91.4105	90.8177
Standar Deviasi	1.01833	1.81841	0.76853

Ada dua hal utama yang mempengaruhi hasil akurasi, pertama proses pencahayaan ketika pengambilan citra bisa mempengaruhi akurasi. Kulit mangga bisa memantulkan cahaya yang menyebabkan silau sehingga pada citra mangga terdapat daerah putih yang sulit dikenali warnanya. Kedua, proses rotasi mangga tidak sempurna yang menyebabkan *Apex*, *Equator*, dan *Stalk* menjadi salah. Sulitnya rotasi mangga apel karena bentuknya yang agak bulat.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil uji coba pada paper ini didapatkan akurasi sistem grading kematangan buah mangga apel sebesar 90.6086%, 91.4105%, dan 90.8177% pada nilai *K-Fold* 7, 9, dan 11. Nilai akurasi tertinggi pada nilai *K-Fold* sama dengan 9 tetapi standar deviasi terkecil pada *K-Fold* sama dengan 11. Nilai standar deviasi kecil menunjukkan bahwa akurasi yang diperoleh stabil sehingga bisa dikatakan bahwa akurasi dari sistem grading kematangan buah mangga apel menggunakan jaringan syaraf tiruan *feed-forward* sebesar 90.8%. Beberapa hal yang mempengaruhi tingkat akurasi adalah pencahayaan

dan rotasi buah mangga apel. Fitur yang digunakan pada paper ini sangat terpengaruh oleh pencahayaan. Mungkin penelitian berikutnya bisa menggunakan metode yang tahan terhadap pengaruh cahaya seperti metode Retinex.

REFERENSI

- [1] C. S. Nandi, B. Tudu and C. Koley, "An automated machine vision based system for fruit sorting and grading," *2012 Sixth International Conference on Sensing Technology (ICST)*, Kolkata, 2012, pp. 195-200.
- [2] J. Brezmes et al., "Evaluation of an electronic nose to assess fruit ripeness," in *IEEE Sensors Journal*, vol. 5, no. 1, pp. 97-108, Feb. 2005.
- [3] M. Larrain, A. R. Guesalaga and E. Agosin, "A Multipurpose Portable Instrument for Determining Ripeness in Wine Grapes Using NIR Spectroscopy," in *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 57, no. 2, pp. 294-302, Feb. 2008.
- [4] Mohammed Ben Saeed, Osama & Sankaran, Sindhuja & shariff, rashid & Shafri, Helmi & Ehsani, Reza & Alfatni, Meftah & Hafiz, Mohd., "Classification of oil palm fresh fruit bunches based on their maturity using portable four-band sensor system," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 82, pp. 55-60. 2012.
- [5] Mason, A., et al., *Sensing Technology: Current Status and Future Trends II*, Springer, 2014.
- [6] Vikas Gupta. (2017) Understanding Feedforward Neural Networks. [Online]. Available: <https://www.learnopencv.com/understanding-feedforward-neural-networks/>
- [7] Seong-Dae Kim, Jeong-Hwan Lee, Jae-Kyoon Kim, "A new chain-coding algorithm for binary images using run-length codes," *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, vol. 41, no. 1, pp 114-128, 1988.
- [8] R. C. Gonzalez and R.E. Woods, *Digital Image Processing*, 2nd ed, Prentice Hall, 2002.
- [9] C. S. Nandi, B. Tudu and C. Koley, "A Machine Vision-Based Maturity Prediction System for Sorting of Harvested Mangoes," in *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 63, no. 7, pp. 1722-1730, July 2014.
- [10] Deepak S. Shetel, Dr. M.S. Chavan, "Content Based Image Retrieval: Review," *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, vol. 2, pp. 2250-2459, 2012.
- [11] E. R. Vimina & K. P. Jacob, "A Sub-Block Based Image Retrieval Using Modified Integrated Region Matching," *International Journal of Computer Science Issues*, vol. 10, no. 1, pp. 686-692. 2013.