

## Sistem Pengukuran Mutu Buah Mangga Berdasarkan Kematangan, Ukuran dan Area Bercak Menggunakan Fuzzy Inference System

Saiful Nur Budiman<sup>1</sup>, Handayani Tjandrasa<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Email: sync.saifulnb@gmail.com<sup>1</sup>, handatj@its.ac.id<sup>2</sup>

### ABSTRAK

*Grading* mangga secara konvensional menggunakan tenaga manusia memerlukan waktu lama dan hasil yang tidak maksimal. Parameter yang digunakan dalam proses *grading* adalah tingkat kematangan dan kualitas suatu mangga. Tingkat kematangan sebuah mangga ditentukan oleh perubahan warna, sedangkan untuk kualitas ditentukan oleh ukuran dan rasio bercak. Pada penelitian ini FIS (*Fuzzy Inference system*) Mamdani digunakan untuk mendapatkan hasil *grading* yang lebih baik berdasarkan parameter warna, ukuran, dan bercak suatu mangga. *Conveyer belt* digunakan untuk mengangkut mangga sehingga proses *grading* lebih cepat. Akibatnya, citra mangga mengalami *motion blur*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi diam diperoleh akurasi sebesar 77%. Sementara pada kondisi bergerak akurasinya semakin menurun.

**Kata Kunci:** Grading Mangga, Motion Blur, Fuzzy Inference System Mamdani

### ABSTRACT

Conventionally grading of mango by manpower spent much more time and the results were not optimal. Parameters used in the grading process were ripeness and quality of a mango. The level of mango ripeness was determined by color change, while the quality was determined by the size and the ratio of spotting. In this research, FIS Mamdani was used for providing better grading based on colour, size, and spotting of a mango. Conveyer belt was used to transport mango so the grading process was faster. As a result, the mango image experienced motion blur. As a result, at stopping position the accuracy was as much as 77%. Meanwhile, the accuracy was tend to decrease at moving condition.

**Keywords:** Grading Mangoes, Motion Blur, Fuzzy Inference System Mamdani

### 1. Pendahuluan

Buah mangga (*Mangifera Indica*) merupakan buah musiman yang banyak ditanam di Indonesia. Proses *grading* dilakukan untuk memilih mangga berkualitas untuk di distributorkan ke konsumen. Secara konvensional *grading* masih menggunakan tenaga manusia sehingga hasilnya tidak relevan antar individu. Proses *grading* menjadi tidak efisien jika buah mangga yang dipanen terlalu banyak dengan tenaga kerja yang terbatas, akibatnya proses *grading* menjadi lama dan sebagian mangga ditimbun di gudang sementara waktu. Penimbunan yang

memakan waktu tersebut membuat mangga menjadi rusak dan busuk.

Salah satu parameter yang digunakan untuk proses *grading* adalah tingkat kematangan buah. Dikembangkan sebuah alat berbasis sensor (*Electronic Nose*) oleh Brezmes yang mampu mengetahui kematangan buah berdasarkan aroma yang dikeluarkannya [1]. *Principal Component Analysis* (PCA) digunakan untuk mengurangi dimensi *output* dari *multiple sensor*. Indikator kualitas buah didasarkan pada karakteristik fisik dan kimia seperti wujud, tingkat kekerasannya, karakteristik internalnya, dan produksi gas [2]. CV-V20

merupakan sensor cahaya yang digunakan Mansor untuk membedakan kematangan buah mangga [3]. Proses *grading* dilakukan dengan *fuzzy Mamdani* dimana *input*-nya adalah nilai R, G, dan B. Kategori dari *output*-nya mentah, matang, terlalu matang. Dengan menggunakan bantuan sensor, kematangan suatu buah dapat diidentifikasi namun terbatas pada parameter tertentu. Seperti *Electronic Nose* yang hanya bisa digunakan untuk parameter aroma saja sedangkan sensor CV-V20 hanya untuk parameter warna saja.

Penelitian terus dikembangkan lebih lanjut untuk mengetahui kematangan buah mangga, salah satunya dengan CVS (*Computer Vision System*). Zheng menggunakan LS-SVM (*Least Square Support Vector Machine*) untuk mengklasifikasikan kematangan buah mangga berdasarkan *fractal analysis* dan parameter CIELab [4]. Pada tahun yang sama, Savakar melakukan identifikasi dan klasifikasi berbagai macam buah seperti apel, sawo, mangga, jeruk dan lemon menggunakan 18 fitur warna dan 27 fitur tekstur [5]. Pada tahap pelatihan dan pengenalannya menggunakan BPNN (*Back Propagation Neural Network*). Vyas membuat algoritma sederhana untuk mempermudah proses *grading* mangga dengan *basic rules* dari tiga parameter *input* yakni warna, ukuran dan bercak [6]. Dari penelitian [4], [5] dan [6] tersebut terdapat kesamaan dimana citra mangga pada keadaan statis (citra dalam kondisi diam), sehingga citranya tidak mengalami derau. Pada kenyataannya untuk proses *grading* supaya cepat dan efektif harus diletakkan pada *conveyer belt*. Dengan meletakkan mangga di *conveyer belt*, citra yang diambil akan mengalami *motion blur*. Nandi membuat mesin yang mampu melakukan *sorting* mangga berdasarkan karakteristik warna citra [7]. Kondisi citra mangga yang mengalami *motion blur* direstorasi dengan Wiener *filter*. ROI yang diperoleh kemudian dibagi menjadi tiga bagian yakni *apex*,

*equator*, *stalk*. Berdasarkan tiga bagian tersebut dilakukan ekstraksi fitur. Proses pelatihan dan pengenalannya menggunakan SVM (*Support Vector Machine*). Pada penelitian yang berikutnya, Nandi mengembangkan mesin *grading* mangga dengan menambahkan parameter kualitas [8]. Untuk mesin *grading*, proses yang sebelumnya menggunakan SVM diganti dengan GMM (*Gaussian Mixture Model*). Tingkat kematangan dan kualitas menjadi *input* untuk menentukan *grade* dari mangga dengan metode FIS Mamdani.

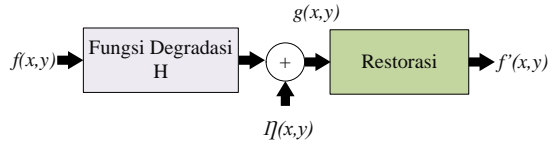
Berdasarkan dari latar belakang penelitian yang telah dipaparkan sebelumnya, maka diusulkan strategi baru untuk mengukur mutu buah mangga berdasarkan karakteristik kematangan, ukuran dan area bercak menggunakan FIS Mamdani dengan *input* citra yang mengalami derau *motion blur*. Parameter warna yang digunakan adalah *mean red* dan *mean green* pada ROI yang telah di *crop*. Parameter ukuran diperoleh dengan cara menghitung keseluruhan piksel ROI. Parameter bercak ditentukan dengan cara membandingkan jumlah bercak dengan jumlah piksel pada ROI. Mangga yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis mangga apel.

## 2. Kajian Pustaka

### 2.1. Restorasi Citra pada Motion Blur

Restorasi citra merupakan bagian penting dalam pengolahan citra untuk memperbaiki citra yang sebelumnya mengalami derau ke bentuk aslinya atau menyerupai citra aslinya. Restorasi citra berbeda dengan *enhancement*, dimana pada restorasi citra dianggap sebagai model citra terdistorsi yang telah diketahui permasalahannya atau dapat diprediksi penyebab kesalahannya. Sedangkan *enhancement* merupakan perbaikan citra yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas tampilan citra untuk pandangan manusia atau untuk mengkonversi suatu citra agar memiliki format yang lebih baik sehingga citra

tersebut menjadi mudah diolah oleh komputer [9]. Teknik dari restorasi citra meliputi operasi *neighbourhood* dan juga penggunaan proses pada domain frekuensi. Model dari citra yang mengalami derau ditunjukkan pada Gambar 1 [10].



Gambar 1. Model Citra Derau

$$g(x, y) = f(x, y) \otimes h(x, y) \quad (1)$$

$$g(x, y) = f(x, y) \otimes h(x, y) + \eta(x, y) \quad (2)$$

$$\hat{F}(u, v) = \frac{G(u, v)}{H(u, v)} \quad (3)$$

$$\hat{F}(u, v) = \frac{G(u, v)}{H(u, v)} - \frac{N(u, v)}{H(u, v)} \quad (4)$$

$$e^2 = E(f - \hat{f})^2 \quad (5)$$

$$\hat{F}(u, v) = \left[ \frac{1}{H(u, v)} \times \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + \frac{S_{\eta}(u, v)}}{S_f(u, v)} \right] G(u, v) \quad (6)$$

$$\hat{F}(u, v) = \left[ \frac{1}{H(u, v)} \times \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + k} \right] \quad (7)$$

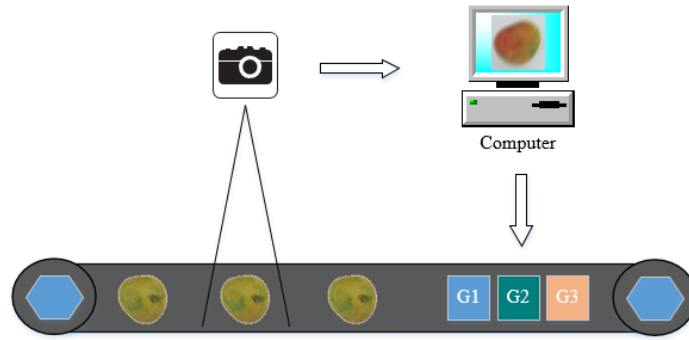
Persamaan (1) menyatakan bahwa citra derau  $g(x, y)$  merupakan proses dari operasi spasial antara citra asli  $f(x, y)$  dengan  $h(x, y)$  yang merupakan PSF (*Point Spread Function*). Pada persamaan (2) derau terjadi jika ada tambahan *noise*  $\eta(x, y)$ . Dari persamaan tersebut, yang menjadi faktor citra mengalami degradasi adalah *blur* dan *noise*. Pada proses restorasi untuk memperoleh kembali citra seperti sebelum mengalami derau maka perlu dilakukan *inverse filter*. Berdasarkan persamaan (1) dan (2) maka *invers filter* dinyatakan dengan bentuk transformasi Fourier pada persamaan (3) dan (4). Dari persamaan (4), untuk mendapatkan citra asli tidak hanya melibatkan permasalahan pembagian dengan *filter*  $H$  tetapi juga permasalahan untuk mengatasi derau. Kenyataannya, derau dapat membuat *invers filter* tidak berguna jika derau mendominasi keluaran. Untuk

mengurangi sensitivitas derau pada *invers filter*, berbagai pendekatan untuk melakukan restorasi citra telah dilakukan. Secara umum, pendekatan tersebut dinamakan sebagai *filter least square*. Salah satu *filter* tersebut adalah *Wiener filter*. *Wiener filter* merupakan metode untuk merestorasi citra berdasarkan *Mean SquareError* (MSE) yaitu dengan cara meminimumkan *error* restorasi antara citra restorasi dengan citra asli yang ditunjukkan pada persamaan (5). *Filter* ini efektif untuk karakteristik frekuensi citra dan derau aditif yang diketahui. Persamaan dari *Wiener filter* ditunjukkan pada persamaan (6).  $S_{\eta}(u, v)$  merupakan derau *power spectrum*, sedangkan  $S_f(u, v)$  adalah *power spectrum* dari citra yang belum terderau. Apabila derau nol, maka *Wiener filter* menjadi *invers filter* untuk *white noise*, *power spectrum* derau konstan yang ditunjukkan pada persamaan (7).

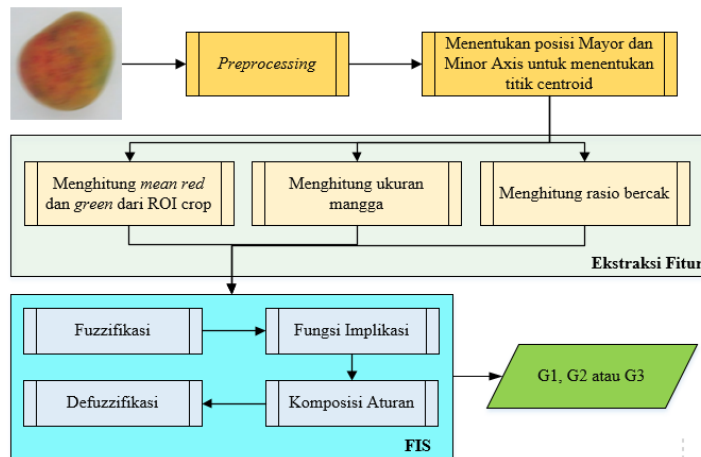
## 2.2. Fuzzy Mamdani

Logika boolean klasik hanya menghasilkan 0 atau 1, sedangkan pada *fuzzy* menggantikan kebenaran boolean dengan tingkat kebenaran. Awal mula *fuzzy* diperkenalkan oleh Zadeh dimana dalam teorinya obyek-obyek dari himpunan *fuzzy* yang memiliki batasan yang tidak presisi dan keanggotaan dalam himpunan *fuzzy* dan bukan dalam bentuk logika benar (*true*) atau salah (*false*). Secara umum, sistem *fuzzy* cocok untuk penalaran pendekatan terutama untuk sistem yang menangani masalah yang sulit didefinisikan dengan menggunakan model matematis [11].

Himpunan *fuzzy* adalah sekumpulan obyek  $x$  dimana masing-masing obyek memiliki nilai keanggotaan (*membership function*)  $\mu$  atau disebut dengan nilai kebenaran. Fungsi Keanggotaan berupa suatu kurva yang menunjukkan titik-titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya atau derajat keanggotaannya yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Basis aturan berupa sekumpulan aturan yang terdapat



Gambar 2. Desain Ilustrasi Mesin Grading Mangga



Gambar 3. Desain Algoritma yang Diusulkan

pada sistem *fuzzy*. Dengan kata lain, basis aturan *if-then fuzzy* digunakan untuk menangkap maksud yang tidak jelas dari pemikiran sesuai dengan kemampuan manusia yang mampu membuat keputusan di lingkungan yang tidak pasti dan tidak jelas. Sistem inferensi merupakan sistem pengambilan keputusan yang didasarkan pada teori *fuzzy*, aturan *fuzzy if-then* dan logika *fuzzy*. Metode *fuzzy* Mamdani sering disebut juga dengan metode Max-Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Proses untuk mendapatkan *output* melalui 4 tahapan yakni pembentukan himpunan *fuzzy*, implikasi, komposisi aturan, dan defuzzifikasi.

### 3. Metodologi

#### 3.1. Perancangan Algoritma

Rancangan desain sistem yang ingin diterapkan ditunjukkan pada Gambar 2. Dimana mangga diletakan pada *conveyer belt*

dengan kecepatan tertentu. Kamera akan mengambil gambar mangga kemudian melakukan proses perhitungan untuk melakukan *grading* berdasarkan tingkat warna, ukuran, dan bercak. Setelah perhitungan selesai maka mangga masuk ke dalam penampungan sesuai dengan hasil *grading* yakni jelek, biasa, super.

Adanya keterbatasan dalam membuat mesin *grading*, maka pada penelitian ini hanya membahas proses *grading*-nya bukan cara membuat mesinnya. Pada penelitian ini citra mangga di-*capture* dalam keadaan normal dimana tidak terjadi kontak pencahayaan langsung dari matahari. Hasil dari citra mangga tersebut kemudian diberi *motion blur* seolah seperti yang terjadi ketika citra mangga tersebut diambil melalui *conveyer belt* yang bergerak. Secara keseluruhan proses dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.

### 3.2. Preprocessing

Dilakukan proses *debluring* dengan Wiener *filter* pada citra mangga yang mengalami *motion blur*. Parameter PSF (*Point Spread Function*) pada Wiener *filter* diperoleh dari parameter *motion blur* yang sebelumnya ditambahkan pada citra mangga di awal. Hasil dari Wiener *filter* ini masih terdapat derau, sehingga diperlukan metode penghilang derau. Untuk menghilangkan derau tersebut diusulkan menggunakan Median *filter*. Langkah berikutnya, citra mangga dirubah ke *grayscale* lalu dilakukan segmentasi untuk memisahkan obyek dengan *background* menggunakan Otsu *thresholding*. Dalam kondisi yang nyata, tentunya mangga tidak selalu diletakkan dalam posisi yang selalu benar. Bisa saja mangga diletakkan miring atau terbalik, sebab itu dilakukan proses rotasi pada citra ROI secara vertikal dimana bagian pangkal mangga harus berada di atas. Secara alami warna kematangan mangga dimulai dari pangkal sampai ke ujung. Inilah yang menjadi alasan mengapa harus diputar dan dilakukan proyeksi untuk menghitung *mean red* dan *green* secara benar.

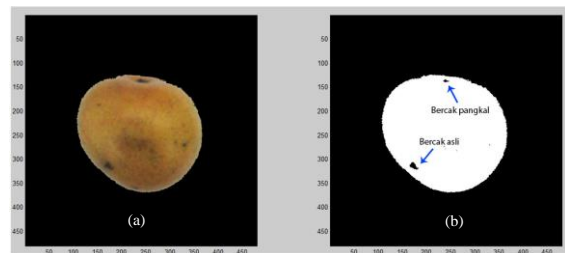
### 3.3. Ekstraksi Fitur

Tahap berikutnya adalah menghitung *mean red* dan *mean green* pada bagian ROI *crop* sebagai parameter *input* pertama untuk *fuzzy*. Sebelum melakukan *cropping* ROI, terlebih dahulu harus mengetahui titik *centroid*. Dimana *centroid* merupakan titik tengah atau titik potong antara minor dan mayor axis. Titik *centroid* ini kemudian diperlebar 30% dan diperpanjang 80% sehingga membentuk suatu garis. Setelah garis *centroid* terbentuk, dilakukan proses *cropping*. Dari ROI *crop* inilah nilai *mean red* dan *mean green* bisa dihitung. Parameter *input* kedua adalah ukuran dari ROI mangga dengan cara mengubah ROI mangga ke citra biner. Dengan menghitung jumlah piksel putihnya maka akan diperoleh ukuran dari mangga. Parameter *input* yang ketiga berupa

rasio bercak mangga. Untuk mencari rasio dari bercak ditunjukkan pada persamaan 8.

$$\text{Rasio bercak} = \frac{\text{jumlah bercak}}{\text{jumlah piksel di ROI}} \quad (8)$$

Akan menjadi masalah jika bercak tersebut merupakan pangkal atau bercak asli mangga seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 (a) ROI mangga, 4 (b) bagian yang menunjukkan bercak. Citra mangga dirubah ke *grayscale* lalu dicari levelnya menggunakan Otsu dan dirubah ke citra biner. Dari citra biner ini akan tampak warna hitam yang menandakan bercak. Untuk membedakan bercak asli dengan bercak pangkal adalah dengan melakukan masking citra biner ini dengan citra yang sudah ada garis *centroid*-nya. Jika bercak berada pada ujung atas dari garis *centroid* maka bercak tersebut dianggap sebagai bercak pangkal mangga, sehingga tidak dihitung sebagai bercak sedangkan yang lainnya dianggap sebagai bercak.



Gambar 4. ROI Mangga (a), Perbedaan Bercak Asli dengan Bercak Pangkal (b)

### 3.4. Grading Dengan Fuzzy Mamdani

Berdasarkan *mean red*, *mean green*, ukuran dan rasio bercak maka proses *grading* dilakukan dengan menggunakan FIS Mamdani. Pada Tabel 1 ditunjukkan semesta pembicara untuk membangun FIS. Variabel *Mr* yang merupakan rerata nilai *red* yang dikategorikan menjadi tiga derajat keanggotaan yakni sedikit, sedang dan banyak. Semakin sedikit maka mangga tersebut mentah, begitu juga sebaliknya. Representasi untuk mangga dengan nilai yang sedikit digambarkan dengan bentuk linear turun. Sedangkan untuk representasi

sedang menggunakan bentuk kurva segitua. Fungsi keanggotaan banyak digambarkan dalam bentuk linear naik. Detail dari nilai fungsi keanggotaan *mean red* ditunjukkan pada persamaan 9.

Untuk variabel *Mg* sama halnya dengan variabel *Mr* bedanya, ini merupakan rerata *green*. Pada rerata *green* derajat keanggotaanya dikategorikan juga menjadi tiga yakni sedikit, sedang dan banyak. Semakin sedikit nilainya maka mangga matang. Bentuk linear turun digunakan untuk merepresentasikan sedikit, linear naik sebagai representasi banyak, sedangkan representasi untuk sedang berupa kurva segitua. Untuk fungsi keanggotaan *mean green* ditunjukkan pada persamaan 10.

Tabel 1. Semesta Pembicara Grading Mangga Apel

Fungsi	Var	Notasi	Semesta Pembicara	Keterangan
<b>Input</b>	Sz	w1	[0-1]	Ukuran mangga
	Rb	w2	[0-1]	Rasio bercak
	Mr	w3	[0-1]	Mean Red
	Mg	w4	[0-1]	Mean Green
<b>Output</b>	Gr	z	[0-1]	Grade mangga

$$\mu_{sedikit}(w_1) = \begin{cases} 1, & w_1 \leq 0 \\ \frac{0.4185-w_1}{0.4185-0.0465}, & 0.0465 \leq w_1 \leq 0.4185 \\ 0, & w_1 \geq 0.4185 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(w_1) = \begin{cases} 0, & w_1 \leq 0.365 \text{ atau } w_1 \geq 0.95 \\ \frac{w_1-0.365}{0.657-0.365}, & 0.365 \leq w_1 \leq 0.657 \\ \frac{0.95-w_1}{0.95-0.657}, & 0.657 \leq w_1 \leq 0.95 \end{cases} \quad (9)$$

$$\mu_{banyak}(w_1) = \begin{cases} 0, & w_1 \leq 0.685 \\ \frac{w_1-0.685}{0.965-0.685}, & 0.685 \leq w_1 \leq 0.965 \\ 1, & w_1 \geq 0.965 \end{cases}$$

$$\mu_{sedikit}(w_2) = \begin{cases} 1, & w_2 \leq 0.0305 \\ \frac{0.2745-w_2}{0.2745-0.0305}, & 0.0305 \leq w_2 \leq 0.2745 \\ 0, & w_2 \geq 0.2745 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(w_2) = \begin{cases} 0, & w_2 \leq 0.187 \text{ atau } w_2 \geq 0.667 \\ \frac{w_2-0.187}{0.427-0.187}, & 0.187 \leq w_2 \leq 0.427 \\ \frac{0.667-w_2}{0.667-0.427}, & 0.427 \leq w_2 \leq 0.667 \end{cases} \quad (10)$$

$$\mu_{banyak}(w_2) = \begin{cases} 0, & w_2 \leq 0.4645 \\ \frac{w_2-0.4645}{0.9405-0.4645}, & 0.4645 \leq w_2 \leq 0.9405 \\ 1, & w_2 \geq 0.9405 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan variabel *Sz* dibagi menjadi tiga kategori kecil, sedang, besar. Bentuk derajat keanggotaan linear turun untuk representasi ukuran yang kecil dan linear naik untuk representasi ukuran besar. Derajat keanggotaan segitua untuk ukuran mangga yang sedang. Pada persamaan 11 ditunjukkan fungsi keanggotaanya.

Variabel *Rb* yang merupakan rasio bercak yang dikategorikan menjadi tiga yakni bercaknya kecil, sedang, besar. Representasi linear turun untuk rasio yang sedikit, sedangkan linear naik digunakan untuk merepresntasikan rasio yang memiliki bercak besar. Derajat keanggotaan sedang direpresentasikan dengan bentuk kurva segitua. Untuk Fungsi keanggotaanya ditunjukkan pada persamaan 12.

$$\mu_{kecil}(w_3) = \begin{cases} 1, & w_3 \leq 0.0485 \\ \frac{0.4365-w_3}{0.4365-0.0485}, & 0.0485 \leq w_3 \leq 0.4365 \\ 0, & w_3 \geq 0 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(w_3) = \begin{cases} 0, & w_3 \leq 0.305 \text{ atau } w_3 \geq 0.65 \\ \frac{w_3-0.305}{0.4775-0.305}, & 0.305 \leq w_3 \leq 0.4775 \\ \frac{0.65-w_3}{0.65-0.4475}, & 0.4475 \leq w_3 \leq 0.65 \end{cases} \quad (11)$$

$$\mu_{besar}(w_3) = \begin{cases} 0, & w_3 \leq 0.505 \\ \frac{w_3-0.505}{0.945-0.505}, & 0.505 \leq w_3 \leq 0.945 \\ 1, & w_3 \geq 0.945 \end{cases}$$

$$\mu_{kecil}(w_4) = \begin{cases} 1, & w_4 \leq 0.0175 \\ \frac{0.1575-w_4}{0.1575-0.0175}, & 0.0175 \leq w_4 \leq 0.1575 \\ 0, & w_4 \geq 0.1575 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(w_4) = \begin{cases} 0, & w_4 \leq 0.12 \text{ atau } w_4 \geq 0.505 \\ \frac{w_4-0.12}{0.312-0.12}, & 0.12 \leq w_4 \leq 0.312 \\ \frac{0.505-w_4}{0.505-0.312}, & 0.312 \leq w_4 \leq 0.505 \end{cases} \quad (12)$$

$$\mu_{besar}(w_4) = \begin{cases} 0, & w_4 \leq 0.4645 \\ \frac{w_4-0.4645}{0.9405-0.4645}, & 0.4645 \leq w_4 \leq 0.9405 \\ 1, & w_4 \geq 0.9405 \end{cases}$$

Fungsi keanggotaan untuk variabel *output* yaitu untuk *grading* memiliki 3 derajat keanggotaan yakni rendah, sedang dan tinggi. Himpunan keanggotaan untuk himpunan rendah direpresentasikan dengan bentuk linear turun. Untuk keanggotaan himpunan tinggi direpresentasikan dengan bentuk linear naik. Sementara untuk himpunan sedang direpresentasikan dengan bentuk kurva segitua. Fungsi keanggotaanya ditunjukkan pada persamaan 13. *Rule* yang dibentuk merupakan hasil dari pengamatan data *training*. Pada Tabel 2



ditunjukkan *rule* yang menjadi aturan umum yang biasa digunakan. Dari hasil *output* ini nanti, bisa dikategorikan berdasarkan *grade*-nya.

$$\begin{aligned} \mu_{rendah}(z) &= \begin{cases} 1, & z \leq 0.04 \\ \frac{0.36-z}{0.36-0.04}, & 0.04 \leq z \leq 0.36 \\ 0, & z \geq 0.36 \end{cases} \\ \mu_{sedang}(z) &= \begin{cases} 0, & z \leq 0.1 \text{ atau } z \geq 0.9 \\ \frac{z-0.1}{0.5-0.1}, & 0.1 \leq z \leq 0.5 \\ \frac{0.9-z}{0.9-0.5}, & 0.5 \leq z \leq 0.9 \end{cases} \\ \mu_{tinggi}(z) &= \begin{cases} 0, & z \leq 0.64 \\ \frac{z-0.64}{0.96-0.64}, & 0.64 \leq z \leq 0.96 \\ 1, & z \geq 0.96 \end{cases} \end{aligned} \quad (13)$$

Tabel 2. Rule Grading Mangga Apel

ID Rule	Variabel Input				Output
	Mr	Mg	Sz	Rb	
R1	sedikit	sedikit	kecil	kecil	rendah
R2	sedikit	sedikit	kecil	sedang	rendah
R4	sedikit	sedikit	sedang	kecil	rendah
R5	sedikit	sedikit	sedang	sedang	rendah
R25	sedikit	banyak	besar	kecil	rendah
R26	sedikit	banyak	besar	sedang	rendah
R27	sedikit	banyak	besar	besar	rendah
R28	sedang	sedikit	kecil	kecil	sedang
R29	sedang	sedikit	kecil	sedang	sedang
R30	sedang	sedikit	kecil	besar	rendah
R34	sedang	sedikit	besar	kecil	tinggi
R35	sedang	sedikit	besar	sedang	sedang
R43	sedang	sedang	besar	kecil	tinggi
R44	sedang	sedang	besar	sedang	sedang
R61	banyak	sedikit	besar	kecil	tinggi



Gambar 5. Citra Dataset

### 3.5. Dataset

Dataset diambil secara langsung di kebun mangga yang ada daerah Sedati, Sidoarjo. Terdapat empat macam tingkat kematangan yang berbeda yakni mentah, setengah matang, matang dan terlalu matang. Secara berturut ditunjukkan pada Gambar 5. Terdapat 55 citra sebagai dataset dan 22 citra sebagai data uji. Pada Gambar 5 ditunjukkan contoh citra yang digunakan sebagai dataset.

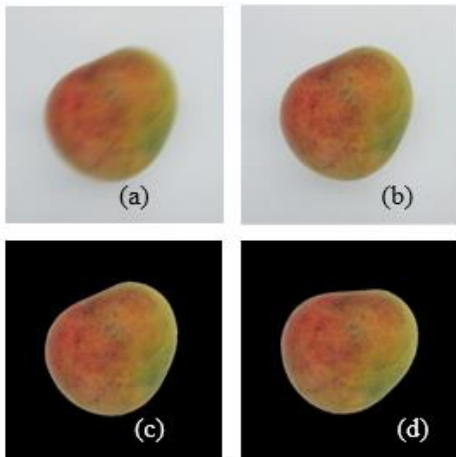
*Groundtruth* dari mangga dilakukan dengan cara mengelompokkan buah mangga berdasarkan jenis kematangan, ukuran serta bercaknya secara manual. Misalkan saja buah mangga tersebut memiliki tingkat kematangan mentah atau dapat dikatakan nilai *mean red* lebih sedikit dibandingkan *mean green*, ukurannya besar serta nilai dari rasio bercaknya sedikit maka akan dikelompokkan menjadi mangga dengan *grade* yang jelek. Untuk *grade* yang biasa dapat dilihat dari mangga yang memiliki tingkat kematangan setengah matang atau matang, ukurannya sedang, rasio bercaknya sedang. Apabila mangga tersebut terlalu matang dimana nilai *mean red* lebih dominan dibanding *mean green*, ukurannya besar dan rasio bercaknya sedikit maka masuk dalam kategori *grade* super.

## 4. Analisa Hasil

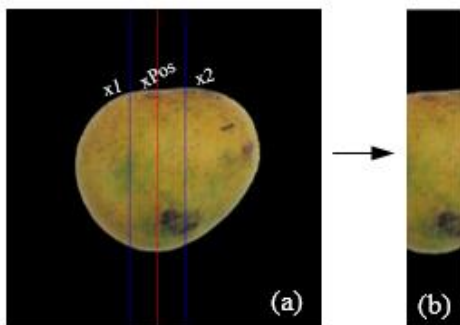
### 4.1. Hasil Proses Pembentukan ROI

Pada Gambar 6 (a) merupakan citra yang mengalami derau *motion blur*. Derau berupa *motion blur* ini bisa di *debluring* dengan metode Wiener *filter* dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 6 (b). Setelah citra mengalami proses *debluring*, maka tahapan selanjutnya adalah melakukan segmentasi untuk mendapatkan ROI. Langkah awal mengubah citra menjadi biner. Citra biner yang dihasilkan dikalikan secara skalar dengan citra hasil *debluring* untuk mendapatkan ROI mangga seperti yang ditunjukkan pada gambar 6 (c). Citra ROI, selanjutnya harus dirotasi sedemikian rupa supaya jelas mana bagian ujung dan bagian pangkal dari mangga apel ini. Berbeda

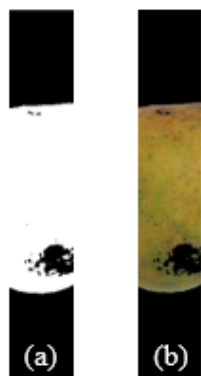
dengan kebanyakan mangga lainnya yang biasanya berbentuk lonjong jadi lebih mudah dilakukan rotasi. Citra mangga harus diputar secara benar, sehingga bagian pangkalnya ada di atas dan ujungnya ada dibawah. Dengan menghitung nilai *gradient* dari citra biner tersebut maka diperoleh berapa derajat citra biner tersebut harus dirotasi yang ditunjukkan pada Gambar 6 (d).



Gambar 6. Pembentukan ROI



Gambar 7. Pembentukan ROI Crop



Gambar 8. Citra Crop Mask

#### 4.2. Hasil Ekstraksi Fitur

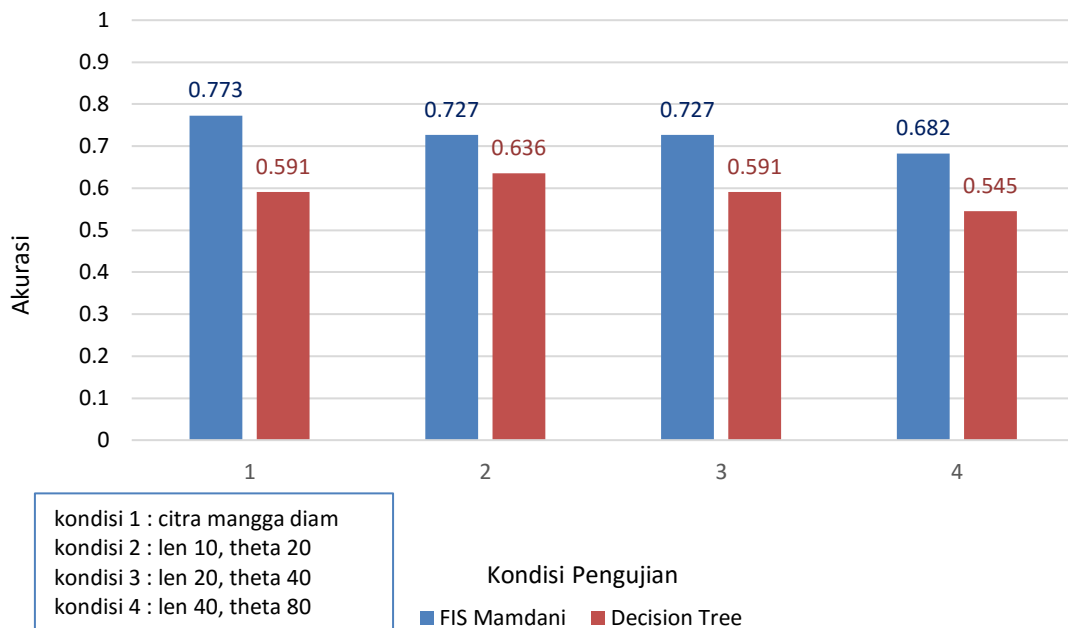
Untuk fitur ukuran mangga diperoleh dari ROI mangga yang diubah ke biner kemudian dihitung jumlah piksel yang berwarna putih sebagai fitur *size*. Rasio bercak merupakan perbandingan jumlah bercak dengan ukuran dari mangga. Semakin kecil rasio bercak, semakin bagus mangga tersebut. Untuk memperoleh rasio bercak, ROI mangga ditingkatkan kontrasnya agar bercak benar-benar terlihat. Untuk mendapatkan fitur *mean red* dan *mean green* diperoleh dengan cara melakukan *cropping* secara vertikal pada bagian tengah mangga. Untuk itu, ROI mangga pada Gambar 7 (a) diproyeksikan terhadap sumbu  $x$  untuk mendapatkan garis tengah dari ROI yang dinamakan  $xPos$ . Nilai dari  $xPos$  dikalikan dengan 15% ke kanan dan ke kiri sehingga diperoleh nilai  $x1$  dan  $x2$ . Proses *cropping* dimulai dari titik  $x1,0$  sampai  $x2,0$  yang menghasilkan citra *cropping* pada Gambar 7 (b).

Setiap *channel* pada citra hasil *cropping* dipertajam kontrasnya supaya bercak terlihat lebih jelas. Dari tiap *channel* dijadikan biner dan disatukan kembali. Hasil dari citra *crop* biner dijadikan *mask* untuk mendapatkan citra *crop* yang sudah tidak ada bercaknya. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 8 (a) *mask* dan 8 (b) citra *crop* hasil *masking*-nya. Citra hasil *masking* dipisahkan kembali *channel*-nya, namun yang dipakai hanya *channel red* dan *green* saja. Dari setiap *channel* dihitung nilai *mean*-nya.

#### 4.3. Hasil Fuzzy Mamdani

Data *training* digunakan untuk membentuk *membership function* dan *rule*. Terdapat 55 data *training* dari citra mangga yang sudah dikelompokkan berdasarkan tingkat kematangannya. Berdasarkan data *training* ini dilakukan pengujian terhadap target sampai ditemukan nilai akurasi diatas 70%. Jika nilai akurasi kurang dari 70% maka dilakukan perbaikan secara manual dengan melakukan pergeseran pada *membership function*.





Gambar 9. Grafik Perbandingan Akurasi

Untuk melakukan pengujian dilakukan dengan menguji citra mangga dengan beberapa kondisi. Kondisi 1 adalah citra mangga diam, kondisi 2, 3, 4 adalah citra mangga dengan *motion blur* yang berbeda-beda. Dari hasil analisa *grading* mangga apel menggunakan *fuzzy inference system* diketahui bahwa algoritma *fuzzy* yang dihasilkan memiliki akurasi tertinggi 0.773 atau 77% untuk mangga kondisi 1. Pada mangga kondisi 2 dan 3 memiliki nilai akurasi yang sama yaitu 0.727 atau 72%. Untuk hasil akurasi *fuzzy* mangga kondisi 2 sama dengan 3 namun sebenarnya *output fuzzy*-nya berbeda. Perbedaan dari hasil *output* tiap kondisi hanya selisih beberapa desimal saja, sehingga jika di kategorikan terhadap *grade*-nya serta dihitung akurasinya maka yang terlihat adalah sama nilainya. Untuk mangga dengan kondisi 4 akurasinya 0.682 atau 68%.

Digunakanlah decision tree sebagai metode perbandingan dengan sistem FIS Mamdani yang telah diusulkan untuk mengetahui seberapa bagus hasil akurasinya. Terlihat bahwa pada Gambar 9

nilai akurasi *fuzzy* setiap kondisi pengujian selalu lebih tinggi dibandingkan dengan hasil dari decision tree. Setiap kondisi pengujian pada decision tree juga semakin menurun nilai akurasinya sebanding dengan penambahan *motion blur*.

Pada Gambar grafik 9 juga dapat diketahui bahwa nilai akurasinya semakin menurun. Penurunan akurasi pada sistem *grading* mangga ini disebabkan karena citra mengalami derau *motion blur* yang berlebih, yang ditunjukkan dengan penambahan nilai pada parameter *len* dan *theta*. Nilai *len* menyatakan seberapa cepat citra tersebut mengalami *motion blur*, sedangkan *theta* menyatakan derajat terhadap arah *blur*.

## 5. Kesimpulan

Dari hasil evaluasi diperoleh akurasi tertinggi yaitu 77% untuk *grading* pada mangga kondisi 1. Untuk mangga yang mengalami derau *motion blur* hasil akurasinya cenderung turun, hal ini dikarena nilai fitur-fiturnya juga turun akibat dari kurang efektifnya bagian *preprocessing*. Semakin citra mangga tersebut mengalami

derau *motion blur* atau dalam kondisi nyata pergerakan dari *conveyer belt* semakin cepat maka proses *grading*-nya tidak begitu bagus. Dilakukan segmentasi dengan Otsu thresholding untuk mendapatkan ROI. Namun ada beberapa citra yang hasil segmentasinya tidak begitu bagus, akibatnya beberapa bagian dari citra ada yang hilang. Dengan hilangnya beberapa bagian citra tersebut menyebabkan rotasi dari ROI yang kurang tepat sehingga hasil ekstraksi fiturnya kurang begitu mendukung untuk *grading*.

## 6. Saran

Saran untuk tahapan pengembangan selanjutnya perlu dilakukan perbaikan dan penambahan fitur supaya hasilnya lebih akurat namun perlu diperhitungkan seberapa cepat sistem dapat melakukan *grading* karena nantinya bisa diterapkan secara *realtime*. Selain itu perlu dilakukan proses tambahan pada bagian *preprocessing* dibagian segmentasi seperti pembentukan kembali bagian dari ROI mangga yang hilang.

## Daftar Pustaka

- [1] J. Brezmes, M. L. L. Fructuoso, E. Llobet, X. Vilanova, I. Recasens, J. Orts, *et al.*, "Evaluation of an Electronic Nose to Assess Fruit Ripeness," *Sensors Journal IEEE*, vol. 5, pp. 97 - 108, 2005.
- [2] C. M. Christensen, *Journal of Food Science*, vol. 48, pp. 787-790, 1983.
- [3] A. R. Mansor, M. Othman, M. N. A. Bakar, K. A. Ahmad, and T. R. Razak, "Fuzzy Ripening Mango Index Using RGB Colour Sensor Model," *Journal of Arts, Science & Commerce*, vol. 5, 2014.
- [4] H. Zheng and H. Lu, "A Least-Squares Support Vector Machine (LS-SVM) Based on Fractal Analysis and CIELab Parameters for The Detection of Browning Degree on Mango," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 83, pp. 47-51, 2012.
- [5] D. Savakar, "Identification and Classification of Bulk Fruits Images using Artificial Neural Networks," *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, vol. 1, pp. 36-40, 2012.
- [6] A. M. Vyas, B. Talati, and S. Naik, "Quality Inspection and Classification of Mangoes using Color and Size Features," *International Journal of Computer Applications*, vol. 98, pp. 1-5, 2014.
- [7] C. S. Nandi, B. Tudu, and C. Koley, "A Machine Vision-Based Maturity Prediction System for Sorting of Harvested Mangoes," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 63, pp. 1722 - 1730, 31 January 2014 2014.
- [8] C. S. Nandi, B. Tudu, and C. Koley, "Machine Vision Based Automatic Fruit Grading System using Fuzzy Algorithm," presented at the International Conference on Control, Instrumentation, Energy & Communication (CIEC), 2014.
- [9] D. Putra, *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi Offset, 2010.
- [10] R. C. Gonzalez and R. E. Woods. (2002). *Digital Image Processing (Second Edition ed.)*.
- [11] K. Sri, *Aplikasi Logika Fuzzy* Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.