

SEGMENTASI BUAH MENGGUNAKAN METODE *K-MEANS CLUSTERING* DAN IDENTIFIKASI KEMATANGANNYA MENGGUNAKAN METODE PERBANDINGAN KADAR WARNA

Andri¹, Paulus², Ng Poi Wong³, Toni Gunawan⁴

STMIK Mikroskil

andri@mikroskil.ac.id¹, paulus@mikroskil.ac.id², poiwong@mikroskil.ac.id³,
tonigunawan95@yahoo.co.id⁴

Abstrak

Kematangan buah biasanya ditentukan oleh beberapa parameter, diantaranya adalah parameter ukuran, berat, ciri warna, keharuman dari buah tersebut, dan lain-lain. Parameter kematangan buah dari sisi warna kulit buah merupakan salah satu faktor penting di dalam identifikasi kematangan buah. Umumnya, klasifikasi kematangan buah dilakukan dengan cara manual yaitu menggunakan indera penglihatan untuk membedakan kematangan buah berdasarkan ciri warna kulit buah yang memiliki banyak kelemahan seperti penilaian oleh manusia yang bersifat subyektif dan tidak konsisten.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat aplikasi untuk mendeteksi buah dan mengidentifikasi kematangannya. Aplikasi dibangun dengan menggunakan bahasa pemrograman *Delphi 7*. Metode yang dipakai meliputi segmentasi *K-Means clustering*, pemuaian dan penyusutan, pelabelan komponen hingga ekstraksi fitur. Pendeteksian jenis buah dilakukan menggunakan pencocokan fitur tingkat kebulatan buah sedangkan identifikasi kematangannya berdasarkan fitur warna dari buah. Sebelum dilakukan klasifikasi nama jenis buah dan tingkat kematangannya, harus dilakukan pelatihan buah terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan deteksi buah dan identifikasi kematangannya.

Aplikasi yang dibuat diyakini mampu mengklasifikasikan jenis buah dan tingkat kematangannya. Ini dibuktikan dengan pelatihan dan pengujian terhadap 3 (tiga) jenis buah masing-masing sebanyak 30 (tiga puluh) buah sampel untuk tingkat kematangan mentah, mengkal dan matang (total 90 buah sampel) yang menunjukkan tingkat keberhasilan identifikasi di atas 90%.

Kata kunci : *Deteksi, Identifikasi, Tingkat Kematangan, Buah*

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Kematangan buah biasanya ditentukan oleh beberapa parameter, diantaranya adalah dari parameter ukuran, berat, ciri warna, keharuman dari buah tersebut, dan lain-lain. Parameter kematangan buah dari sisi warna kulit buah merupakan salah satu faktor penting di dalam identifikasi kematangan buah. Banyak kelemahan yang dimiliki manusia didalam mempersepsi kematangan buah menggunakan indera penglihatan sebagai penentu tingkat kematangan seperti penilaian oleh manusia yang bersifat subyektif dan tidak konsisten sehingga dapat berbeda dari satu penilai dengan penilai lainnya. Perkembangan teknologi informasi memungkinkan identifikasi kematangan buah bahkan deteksi terhadap jenis buah dengan bantuan komputer.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Ari Noviyanto [5] yang berjudul “Identifikasi Tingkat Kematangan Varietas Tomat Merah dengan Metode Perbandingan Kadar Warna” masih sebatas melakukan identifikasi terhadap kematangan satu jenis buah yaitu buah tomat tanpa melakukan deteksi terhadap sifat geometris dari buah masukan apakah buah itu termasuk ke dalam buah tomat atau bukan. Pengambilan citra buah tomat yang dilakukan juga hanya melakukan *cropping* pada citra buah yang diidentifikasi tanpa melakukan segmentasi pada citra buah terlebih dahulu, sehingga bisa saja mengakibatkan kesalahan *cropping* pada area citra yang bisa mengakibatkan kesalahan didalam melakukan klasifikasi kematangan citra buah yang diuji, sehingga diperlukan metode-metode pada visi komputer (*computer vision*) untuk melakukan deteksi buah hingga identifikasi kematangannya.

Ada beberapa teknik pengolahan citra yang dipakai dalam penelitian ini antara lain segmentasi citra untuk melakukan segmentasi berdasarkan ciri warna, operasi pemuaian dan penyusutan untuk membantu menghilangkan derau, penamaan obyek buah dengan metode pelabelan komponen rekursif. Setelah itu dilakukan ekstraksi fitur geometris dan warna dan dilakukan pelatihan. Pada saat pengujian dilakukan pengklasifikasian tingkat kematangan dan jenis obyek buah. Agar hasil deteksi kematangan buah lebih akurat, maka dilakukan pengecekan fitur geometris dan jangkauan nilai-nilai fitur kadar warna. Nilai-nilai jangkauan ditentukan menggunakan metode statistika seperti rata-rata dan standar deviasi.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian sebelumnya, maka dapat dirumuskan permasalahan, yaitu deteksi buah dan identifikasi tingkat kematangannya menggunakan indera manusia kurang efisien, kurang teliti, dan bersifat subyektif antara satu orang dengan orang lain, sehingga diperlukan suatu standar penilaian yang sama dengan memanfaatkan teknologi komputer dalam pengidentifikasiannya.

1.3. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat aplikasi untuk mendeteksi buah berdasarkan sifat geometris tingkat kebulatan dan mengidentifikasi kematangannya berdasarkan ciri warna.

Manfaatnya adalah:

- a. Membantu manusia untuk mendeteksi buah berdasarkan fitur tingkat kebulatan dari buah dan mengidentifikasi kematangannya berdasarkan ciri warna pada kulit buah.
- b. Sebagai referensi untuk pengembangan lebih lanjut seperti sistem pemilah kematangan buah otomatis.

1.4. Batasan Masalah

Ruang lingkup masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

- a. Ruang Lingkup Buah
 - Jenis buah yang dideteksi dan diidentifikasi adalah buah jeruk, pisang dan cabai.
 - Asumsi kematangannya adalah normal dari segi warna dan seragam baik dari segi bentuk dan segi warna.
- b. Ruang Lingkup Peletakan Buah

- Buah yang akan dideteksi dan diidentifikasi diletakkan di atas kain berwarna putih atau memiliki latar belakang berwarna putih dengan asumsi kondisi pencahayaan ruangan yang sama.
 - Posisi bayangan dari buah membelakangi obyek buah.
 - Buah diletakkan di tengah kain dengan posisi menyamping dan posisi buah tidak boleh keluar dari sisi citra.
- c. Ruang lingkup Deteksi dan Identifikasi
- Deteksi terhadap buah pada saat pelatihan akan dilakukan terhadap 1 (satu) obyek yang terbesar di dalam citra, sedangkan deteksi terhadap buah pada saat pengujian maksimal 3 (tiga) buah dan dilakukan terhadap obyek yang terbesar yaitu obyek terbesar pertama, obyek terbesar kedua dan obyek terbesar ketiga.
 - Klasifikasi jenis buah didasarkan pada nilai minimum dan maksimum fitur geometris tingkat kebulatan dari obyek buah.
 - Identifikasi kematangan buah didasarkan pada nilai minimum dan maksimum fitur kadar warna buah.
- d. Ruang lingkup Hasil Keluaran Sistem
- Citra hasil segmentasi menggunakan metode *K-Means Clustering*.
 - Citra hasil penghapusan *noise* menggunakan metode pemuatan dan penyusutan.
 - Informasi label-label pelabelan komponen yang diekspor ke dalam bentuk *text file*.
 - Citra hasil *cropping* daerah yang dianggap buah beserta histogram (RGB) dari obyek yang telah dilabel dan dianggap sebagai obyek terbesar.
 - Informasi geometris buah seperti area, perimeter, tingkat kebulatan, informasi nilai-nilai kadar warna merah, hijau dan biru.
 - Informasi nama jenis buah dan tingkat kematangannya berupa mentah, mengkal, matang, atau tidak terdefinisi.

1.5 Metodologi Penelitian

Adapun metodologi yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian ini antara lain:

- a. Pengumpulan data
- Mengumpulkan buku, artikel, jurnal, makalah, atau situs internet yang berhubungan dengan pengolahan citra terutama yang berhubungan dengan metode-metode pada visi komputer.
 - Menyaring referensi-referensi yang telah dikumpulkan sebelumnya sehingga diperoleh data-data yang relevan.
- b. Analisis dan Perancangan
- Mempelajari dan menganalisis cara kerja metode-metode pada visi komputer.
 - Dari hasil analisis, dibuat sebuah rancangan aplikasi dengan metode yang dipilih.
- c. Pemrograman (*Coding*)
- Melakukan pemrograman berdasarkan rancangan yang dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman *Delphi 7* dan *engine* basis data menggunakan *Borland Database Engine* tipe tabel *Paradox*.
- d. Pembahasan Hasil
- Melakukan uji coba terhadap aplikasi yang telah dibuat.
 - Membuat ringkasan tabel hasil pengujian dari hasil uji coba yang telah dibuat.

2. Kajian Pustaka

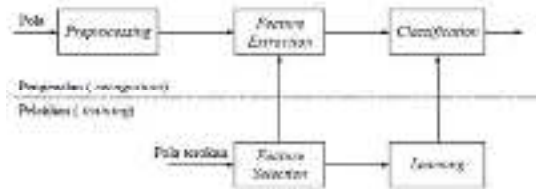
2.1 Sistem Pengenalan Pola

Pengenalan pola bertujuan menentukan kelompok atau kategori pola berdasarkan ciri-ciri yang dimiliki oleh pola tersebut. Dengan kata lain, pengenalan pola membedakan suatu obyek dengan obyek lain. Terdapat dua pendekatan yang dilakukan dalam pengenalan pola: pendekatan secara statistik dan pendekatan secara sintaktik atau struktural.

a. Pengenalan Pola secara Statistik

Pendekatan ini menggunakan teori-teori ilmu peluang dan statistik. Ciri-ciri yang dimiliki oleh suatu pola ditentukan distribusi statistiknya. Pola yang berbeda memiliki distribusi yang berbeda pula. Dengan menggunakan teori keputusan di dalam statistik, digunakan distribusi ciri untuk mengklasifikasikan pola.

Sistem pengenalan pola dengan pendekatan statistik ditunjukkan pada Gambar 1.



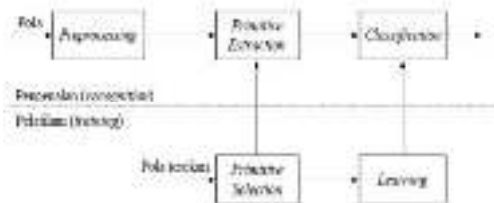
Gambar 1. Sistem pengenalan pola dengan pendekatan statistik [4]

Ada dua fase dalam sistem pengenalan pola: (i) fase pelatihan dan (ii) fase pengenalan. Pada fase pelatihan, beberapa contoh citra dipelajari untuk menentukan ciri yang akan digunakan dalam proses pengenalan serta prosedur klasifikasinya. Pada fase pengenalan, citra diambil cirinya kemudian ditentukan kelas kelompoknya.

b. Pengenalan Pola secara Sintaktik

Pendekatan ini menggunakan teori bahasa formal. Ciri-ciri yang terdapat pada suatu pola ditentukan primitif dan hubungan struktural antara primitif kemudian menyusun tata bahasanya. Dari aturan produksi pada tata bahasa tersebut, dapat ditentukan kelompok pola. Gambar 2 memperlihatkan sistem pengenalan pola dengan pendekatan sintaktik.

Pengenalan pola secara sintaktik lebih dekat ke strategi pengenalan pola yang dilakukan manusia, namun secara praktek penerapannya relatif sulit dibandingkan pengenalan pola secara statistik.



Gambar 2. Sistem pengenalan pola dengan pendekatan sintaktik [4]

2.2 Deteksi Buah dan Identifikasi Tingkat Kematangannya

Ada beberapa penulisan ilmiah yang pernah dilakukan terkait penelitian tentang deteksi jenis buah dan identifikasi kematangannya dari sisi warna kulit buah, beberapa di antaranya sebagai berikut:

1. **Ripe Tomato Detection for Robotic Vision Harvesting Systems in Greenhouses** oleh H.Yin, Y. Chai, S. X. Yang, G. S. Mittal [10], pada penelitian ini dirancang suatu robot visi

untuk mengenal dan melokalisasi tomat yang matang di dalam rumah kaca. Sistem akan mengenal kematangan buah tomat dari fitur warna dan bentuk dari buah tomat. Citra yang ditangkap oleh kamera terlebih dahulu disegmentasi menggunakan metode *K-Means Clustering* dengan format warna L^*a^*b . Untuk mengenal sebuah tomat yang matang, operasi morfologi digunakan untuk menangani situasi citra yang tumpang tindih. Agar deteksi tomat lebih akurat, maka fitur bentuk akan dikombinasikan dengan fitur warna. Hasil deteksi menunjukkan tingkat keberhasilan sebesar 94%.

2. **A New Method for Fruits Recognition System** oleh Woo Chaw Seng, Sayed Hadi Mirisae [8], pada penelitian ini dirancang aplikasi yang mampu mendeteksi jenis buah berdasarkan 3 (tiga) jenis fitur yaitu fitur warna, fitur-bentuk dan fitur ukuran. Klasifikasi dilakukan menggunakan metode *K-Nearest Neighbors* (KNN). Adapun keluaran program berupa nama jenis buah dan deskripsi singkat. Tingkat akurasi dari kesuksesan di dalam klasifikasi buah oleh program ini adalah 90%.

3. **Klasifikasi Tingkat Kematangan Varietas Tomat Merah dengan Metode Perbandingan Kadar Warna** oleh Ary Noviyanto [5], pada penelitian ini diperkenalkan metode perbandingan kadar warna dalam pengklasifikasian varietas buah tomat merah berdasarkan tingkat atau tahapan kematangannya. Metode perbandingan kadar warna ini cukup sederhana, gambar buah tomat yang ditangkap akan diekstrak ciri warnanya, dikalkulasi tingkat kadar warna dari R (*Red*), G (*Green*), dan B (*Blue*). Adapun tingkat kematangan yang mampu diklasifikasikan adalah 3 tingkat yaitu, *Ripe* (Matang), *Half-Ripe* (setengah matang), dan *Un-Ripe* (tidak matang).

3. Metode Penelitian

Cara kerja dari deteksi buah dan identifikasi kematangannya seperti Gambar 3 dimulai dari proses pelatihan (*training*) kemudian dilanjutkan dengan proses pengujian (*testing*), proses pelatihan terdiri dari proses akuisisi citra, *pre-processing*, segmentasi, representasi dan deskripsi, hingga penyimpanan fitur ke basis pengetahuan, sedangkan proses pengujian terdiri dari proses akuisisi citra, *pre-processing*, segmentasi, representasi dan deskripsi, pengenalan dan interpretasi.

Data nilai hasil pelatihan akan disimpan ke dalam 2 (dua) tabel yaitu tabel master seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan tabel *detail* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Tabel master berisi nilai-nilai statistik yang akan dijadikan acuan didalam mengambil keputusan di dalam melakukan klasifikasi baik terhadap klasifikasi jenis buah maupun klasifikasi terhadap tingkat kematangan buah sedangkan tabel detail berisi nilai-nilai fitur masing-masing buah yang dilatih.

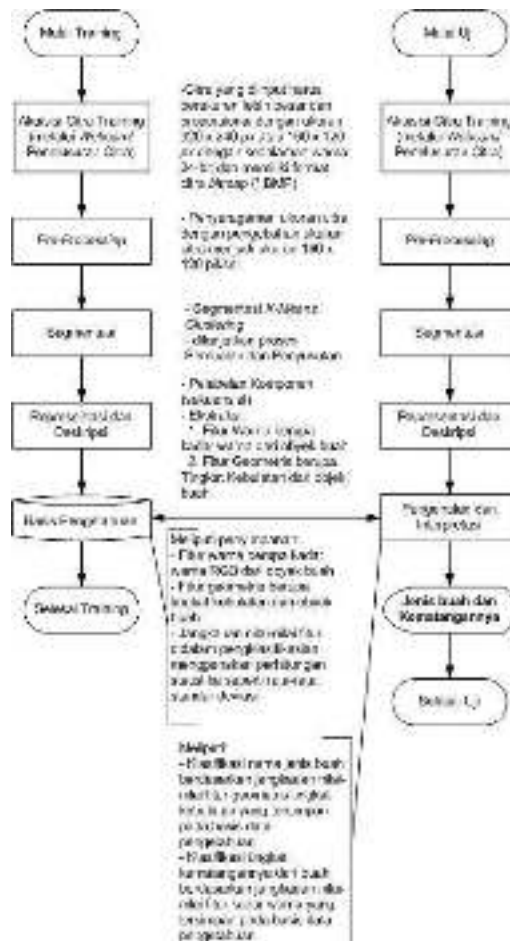
Tabel 1. Desain Tabel *Master* Basis Pengetahuan

NamaField	Tipe Data	digunakan untuk menyimpan
NamaBuah	Alpha(10)	Nama dari buah
TingkatKematangan	Alpha(10)	Tingkat kematangan dari buah
MeanKadarR	Number(8)	Rata-rata dari kadar merah pada buah
StDevKadarR	Number(8)	Standar deviasi dari kadar merah pada buah
MINKadarR	Number(8)	MeanKadarR – StDevKadarR
MAXKadarR	Number(8)	MeanKadarR + StDevKadarR
MeanKadarG	Number(8)	Rata-rata dari kadar hijau pada buah
StDevKadarG	Number(8)	Standar deviasi dari kadar hijau pada buah
MINKadarG	Number(8)	MeanKadarG – StDevKadarG
MAXKadarG	Number(8)	MeanKadarG + StDevKadarG

MeanKadarB	Number(8)	Rata-rata dari kadar biru pada buah
StDevKadarB	Number(8)	Standar deviasi dari kadar biru pada buah
MINKadarB	Number(8)	MeanKadarB – StDevKadarB
MAXKadarB	Number(8)	MeanKadarB + StDevKadarB
MeanRoundness	Number(8)	Rata-rata dari tingkat kebulatan pada buah
StDevRoundness	Number(8)	Standar deviasi dari tingkat kebulatan pada buah
MINRoundness	Number(8)	MeanRoundness – StDevRoundness
MAXRoundness	Number(8)	MeanRoundness + StDevRoundness

Tabel 2. Desain Tabel *Detail* Basis Pengetahuan

NamaField	Tipe Data	digunakan untuk menyimpan
NamaBuah	Alpha(10)	Nama dari buah
TingkatKematangan	Alpha(10)	Tingkat kematangan dari buah
KadarR	Number(8)	Nilai kadar merah pada buah
KadarG	Number(8)	Nilai kadar hijau pada buah
KadarB	Number(8)	Nilai kadar biru pada buah
Roundness	Number(8)	Nilai tingkat kebulatan dari buah



Gambar 3. Diagram alir dari sistem Deteksi Buah dan Identifikasi Kematangan

4. Hasil dan Pembahasan

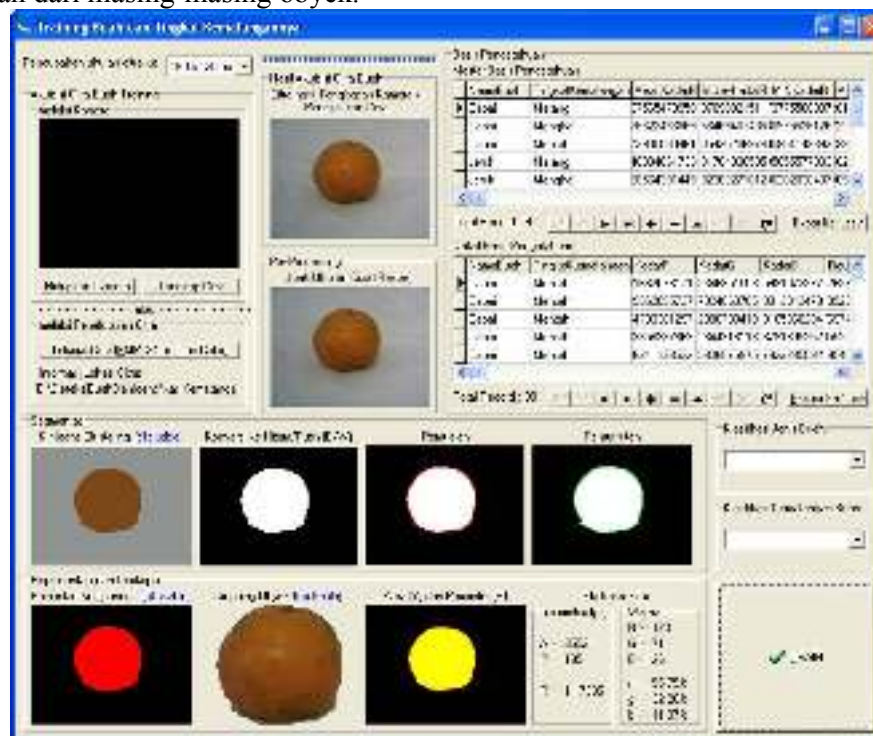
4.1. Hasil

a. Form Pelatihan

Tampilan hasil form pelatihan ditunjukkan pada Gambar 4. Pada saat pelatihan pengguna dapat memilih gambar masukan dari kamera atau *file* dan ukuran citra yang akan diproses. Setiap hasil dari tahapan pengolahan citra juga ditampilkan. Pada tahapan terakhir pengguna harus menentukan sendiri klasifikasi jenis dan kematangan buah yang dilatih agar parameter dari geometris dan warna citra tersebut menjadi pengetahuan dalam basis data.

b. Form Deteksi dan Identifikasi

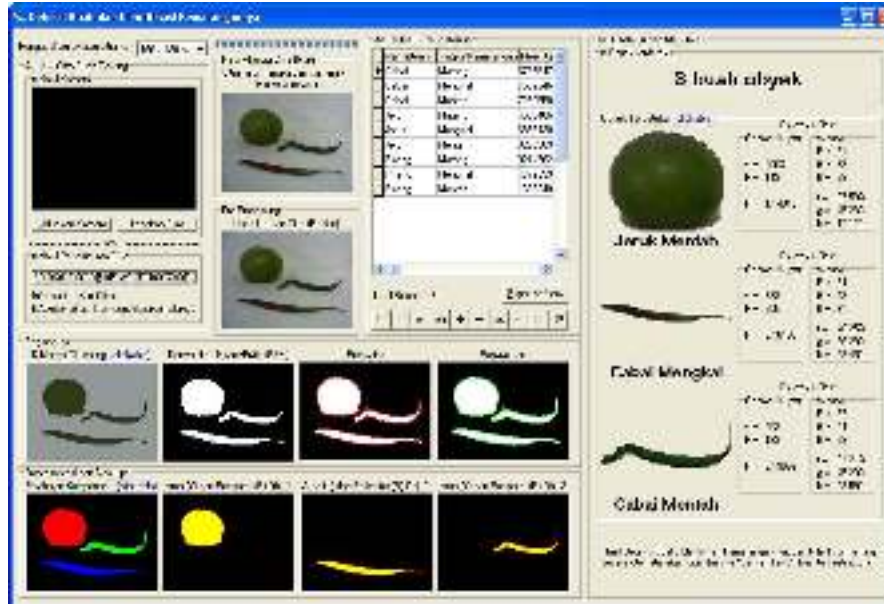
Tampilan hasil form deteksi dan identifikasi ditunjukkan pada Gambar 5. Pada saat deteksi dan identifikasi, pengguna dapat memasukkan citra dari kamera atau *file* dan ukuran citra yang akan diproses. Setiap hasil dari tahapan pengolahan citra juga ditampilkan. Pada tahapan akhir akan dibandingkan warna dan geometri citra masukan dengan yang sudah ada di basis data dengan keluaran jumlah obyek buah yang terdeteksi, jenis dan tingkat kematangan dari masing-masing obyek.



Gambar 4. Form Pelatihan

4.2 Pembahasan

Pengujian dilakukan pada *Personal Computer* (PC) dengan spesifikasi prosesor Intel Pentium *Dual-Core*, memori 512 MB, sisa penyimpanan 20 GB, *Webcam* Logitech C110. Pengujian dilakukan dengan melakukan akuisisi buah memakai *webcam* dengan pencahayaan yang seragam. Daftar buah yang dilatih dan diuji dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4.



Gambar 5. Form Deteksi dan Identifikasi

Tabel 3. Data Sampel Pelatihan

Jumlah data	Buah	Tingkat Kematangan	Karakteristik Buah
10 buah	Cabai	Mentah	berwarna hijau
10 buah		Mengkal	berwarna hijau kemerahan
10 buah		Matang	berwarna merah
10 buah	Jeruk	Mentah	berwarna hijau
10 buah		Mengkal	berwarna hijau kejinggaan
10 buah		Matang	berwarna jingga
10 buah	Pisang	Mentah	berwarna hijau
10 buah		Mengkal	berwarna hijau kekuningan
10 buah		Matang	berwarna kuning

Tabel 4. Data Sampel *Testing*

Jumlah data	Buah	Tingkat Kematangan	Karakteristik Buah
10 buah	Cabai	Mentah	berwarna hijau
10 buah		Mengkal	berwarna hijau kemerahan
10 buah		Matang	berwarna merah
10 buah	Jeruk	Mentah	berwarna hijau
10 buah		Mengkal	berwarna hijau kejinggaan
10 buah		Matang	berwarna jingga
10 buah	Pisang	Mentah	berwarna hijau
10 buah		Mengkal	berwarna hijau kekuningan
10 buah		Matang	berwarna kuning

Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian total 90 sampel buah cabai, jeruk dan pisang untuk mendeteksi nama buah saja dalam citra berukuran 160x120px dengan jumlah pelatihan 90 buah.

Tabel 5. Hasil Pengujian Nama Buah dalam Citra 160x120px

No	Cabai			Jeruk			Pisang		
	Mentah	Mengkal	Matang	Mentah	Mengkal	Matang	Mentah	Mengkal	Matang
1	V	V	V	V	V	V	V	V	V
2	V	V	V	V	V	V	V	V	V
3	V	V	V	V	V	V	V	X	V
4	V	V	V	V	V	V	V	V	V
5	V	V	V	V	V	V	V	V	V
6	V	V	V	V	V	V	X	V	V
7	V	V	V	V	V	V	X	V	V
8	V	V	X	V	V	V	V	V	V
9	V	V	V	V	V	V	V	V	V
10	V	V	V	V	V	V	V	V	V
% Berhasil	95.56%								
% Gagal	4.44%								

Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian total 90 sampel buah cabai, jeruk dan pisang untuk mendeteksi kematangan buah saja dalam citra berukuran 160x120px dengan jumlah pelatihan 90 buah.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kematangan Buah dalam Citra 160x120px

No	Cabai			Jeruk			Pisang		
	Mentah	Mengkal	Matang	Mentah	Mengkal	Matang	Mentah	Mengkal	Matang
1	V	V	V	V	X	V	V	V	V
2	V	V	V	V	V	V	V	V	V
3	X	V	V	V	V	V	V	V	V
4	V	X	V	V	V	V	V	V	V
5	V	V	V	V	V	V	V	V	V
6	V	X	V	V	X	V	V	V	V
7	V	V	V	V	V	V	V	V	V
8	V	V	V	V	V	V	V	V	V
9	V	X	V	V	X	V	V	V	V
10	V	V	V	V	V	V	V	V	V
% Berhasil	92.22%								
% Gagal	7.78%								

Tabel 7 menunjukkan hasil pengujian total 90 buah cabai, jeruk dan pisang dengan kategori mentah, mengkal dan matang dalam citra berukuran 160x120px dan 320x240px dengan jumlah pelatihan 90 buah.

Tabel 7. Hasil Pengujian Citra Berukuran 160x120px dan 320x240px dengan Jumlah Pelatihan 90 buah

Ukuran Citra	Klasifikasi Nama Buah	Klasifikasi Kematangan Buah	Rata Rata
160x120px	Berhasil 95.56%, Gagal 4.44%	Berhasil 92.22%, Gagal 7.78%	Berhasil 93.89%, Gagal 6.11%
320x240px	Berhasil 93.33%, Gagal 6.67%	Berhasil 94.44%, Gagal 5.56%	Berhasil 93.89%, Gagal 6.11%

Tabel 8 menunjukkan hasil pengujian total 90 buah cabai, jeruk dan pisang dengan kategori mentah, mengkal dan matang dalam citra berukuran 160x120px dengan berbagai jumlah pelatihan.

Tabel 8. Hasil Pengujian Citra Berukuran 160x120px dengan Berbagai Jumlah Pelatihan

Jumlah Pelatihan	Klasifikasi Nama Buah	Klasifikasi Kematangan Buah
27 buah (masing masing jenis buah = 9)	Berhasil 93.33%, Gagal 6.67%	Berhasil 90%, Gagal 10%
54 buah (masing masing jenis buah = 18)	Berhasil 95.56%, Gagal 4.44%	Berhasil 90%, Gagal 10%
90 buah (masing-masing jenis buah = 30)	Berhasil 95.56%, Gagal 4.44%	Berhasil 92.22%, Gagal 7.78%

5 Kesimpulan

Kesimpulan yang bisa diambil adalah:

- Program deteksi buah dan identifikasi kematangan yang telah dibuat menggunakan metode-metode pada visi komputer seperti segmentasi *K-Means Clustering*, pemuaian dan penyusutan, pelabelan komponen hingga ekstraksi fitur yang digunakan diyakini mampu mengklasifikasikan nama jenis buah dan tingkat kematangannya dengan baik.
- Pengubahan ukuran terhadap citra akuisisi tidak mempengaruhi hasil dari pengklasifikasian nama buah dan tingkat kematangannya. Hasil pengujian menunjukkan tingkat keberhasilan klasifikasi nama buah dan tingkat kematangannya sebesar 93.89% baik untuk perubahan ukuran citra ke ukuran 160 x 120 px maupun 320 x 240 px.
- Jumlah buah pelatihan mempengaruhi hasil dari klasifikasi nama buah dan tingkat kematangannya. Semakin banyak jumlah buah yang di-*train*, maka semakin baik klasifikasi nama buah dan tingkat kematangannya.

Referensi

- [1] Achmad, B., 2011, *Pemrograman Delphi untuk Aplikasi Mesin Visi menggunakan Webcam*, Yogyakarta, Penerbit Gava Media.
- [2] Achmad, B, Firdausy, K., 2004, *Teknik Pengolahan Citra Digital menggunakan Delphi*, Yogyakarta, Ardi Publishing.
- [3] Ahmad, U, 2005, *Pengolahan Citra Digital & Teknik Pemrogramannya*, Yogyakarta, Penerbit Graha Ilmu.
- [4] Munir, R., 2004, *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*, Bandung, Informatika.
- [5] Noviyanto, A., 2009, *Klasifikasi Tingkat Kematangan Varietas Tomat Merah dengan Metode Perbandingan Kadar Warna*, Yogyakarta, Universitas Gadjah Mada.
- [6] Piay, S.S., Tyasdjaja A., Ermawati, Y., Hantoro, F.R.P., 2010, *Budidaya dan Pascapanen Cabai Merah (Capsicum Annuum L.)*, Jawa Tengah, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian.
- [7] Putra, D., 2009, *Pengolahan Citra Digital*, Yogyakarta, Penerbit ANDI.
- [8] Seng, W.C., Mirisae, S.H., 2009, *A New Method for Fruits Recognition System*, Malaysia, Faculty of Computer Science & Information Technology.
- [9] Sutoyo, T., Mulyanto, E., Suhartono, V., Nurhayati, O.D., Wijanarto, 2009, *Teori Pengolahan Citra Digital*, Yogyakarta, Penerbit ANDI.
- [10] Yin, H., Chai, Y., Yang, S.X., Mittal G.S., 2011, *Ripe Tomato Detection for Robotic Vision Harvesing Systems in Greenhouses*, Amerika, American Society of Agricultural and Biological Engineers ISSN 2151-0032.