

APLIKASI PENGOLAHAN CITRA MENDETEKSI KUALITAS CABAI BERDASARKAN TINGKAT KEMATANGAN MENGGUNAKAN TRANSFORMASI WARNA YCbCr

¹Indra Dwi Ananto (09018107), ²Murinto (0510077302)

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika
Universitas Ahmad Dahlan

Prof. Dr. Soepomo, S.H., Janturan, Umbulharjo, Yogyakarta 55164

¹Email : indra09_107@yahoo.co.id

²Email : murintokusno@tif.uad.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan teknologi yang pesat di bidang komputer telah mendorong semakin berkembangnya penelitian dan penerapan teknik pengolahan citra. Beberapa pertumbuhan kemajuan teknologi baru membuka peluang bagi pengembangan lebih lanjut dalam bidang ini. Saat ini pengolahan citra mempunyai peranan yang sangat penting dalam berbagai bidang kehidupan. Aplikasi pengolahan citra berkaitan dengan pemrosesan citra yang berkaitan dengan transformasi warna. Dalam hal ini, metode transformasi sistem ruang warna sebagai bagian dari pengolahan citra membantu dalam mendeteksi warna dalam citra dan mengolahnya sehingga memberikan kemudahan dalam pengidentifikasian. Tujuan dari penelitian ini adalah menerapkan metode transformasi warna YCbCr dalam mendeteksi jenis warna kulit cabai dan mengklasifikasikan dalam fase kematangan cabai.

Subyek penelitiannya adalah membangun aplikasi untuk mengenali dan menggolongkan jenis warna kulit cabai kedalam 3 fase yaitu hijau, campuran-warna, dan merah. Data dalam penelitian ini menggunakan citra cabai yang diambil dengan kamera akan diambil sebagian (cropping) yang kemudian akan diekstrak ciri warnanya, dan dikalkulasi tingkat kadar warna dari R (red), G (green), dan B (blue) dan diubah ke YcbCr. Metode penelitian yang digunakan adalah metode observasi dengan mengambil citra cabai, metode literature dengan menggunakan data-data dari buku dan internet, dan metode wawancara dengan pengumpulan data secara langsung. Aplikasi diuji dengan memasukkan citra cabai dari warna yang berbeda dalam format .JPG.

Berdasarkan input pelatihan deteksi jenis warna kulit cabai diperoleh dari pengolahan citra dengan metode transformasi warna YCbCr. Dari hasil penelitian 30 sampel buah dari 10 buah pada masing-masing kondisi cabai yaitu, mentah, setengah matang, dan matang dengan dihitung nilai rata-rata maksimal dan minimal cb dan cr diperoleh persentase 96 %.

Kata kunci : Kualitas cabai, Tingkat kematangan cabai, Transformasi warna YCbCr.

1. PENDAHULUAN

Cabai merah Besar (*Capsicum annum L*) merupakan salah satu jenis sayuran yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Cabai mengandung berbagai macam senyawa yang berguna bagi kesehatan manusia antara lain mengandung antioksidan yang berfungsi untuk menjaga tubuh dari serangan radikal bebas. Cabai merupakan salah satu komoditas sayuran yang banyak dibudidayakan oleh petani di Indonesia karena memiliki harga jual yang tinggi dan memiliki beberapa manfaat kesehatan yang salah satunya adalah zat capsaicin yang berfungsi dalam mengendalikan penyakit kanker. Selain itu kandungan vitamin C yang cukup tinggi pada cabai dapat memenuhi kebutuhan harian setiap orang, namun harus dikonsumsi secukupnya untuk menghindari nyeri lambung (Awang, 2014).

Pengolahan citra merupakan suatu metode atau teknik yang dapat digunakan untuk memproses citra atau gambar dengan cara memanipulasinya menjadi data citra yang diinginkan untuk mendapatkan informasi tertentu. Aplikasi dalam pengolahan citra memberikan kemudahan untuk memproses suatu citra. Metode transformasi sistem ruang warna merupakan salah satu metode dari pengolahan citra yang dilakukan guna memperoleh ruang warna yang beragam dari suatu citra dalam sistem koordinat warna tertentu, hal ini dapat dengan proses perkalian matrik yang telah distandarisasi oleh CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*).

Metode YCbCr dihasilkan algoritma yang lebih sederhana dan lebih efisien dari metode yang dikembangkan sebelumnya, yaitu RGB. Prinsip ini berdasarkan bahwa komponen luminance pada YCbCr telah diketahui dari nilai luminance yang ada pada citra grayscale. YCbCr merupakan standar internasional bagi pengkodean digital gambar televisi yang didefinisikan di CCIR Recommendation. Y merupakan komponen luminance, Cb dan Cr adalah komponen chrominance. Pada monitor monokrom nilai luminance digunakan untuk merepresentasikan warna RGB, secara psikologis ia mewakili intensitas sebuah warna RGB yang diterima oleh mata. Chrominance merepresentasikan corak warna dan saturasi (saturation). Nilai komponen ini juga mengindikasikan banyaknya komponen warna biru dan merah pada warna (Nurwahyu, 2009).

Penentuan kualitas cabai biasa dilakukan secara manual oleh petani dengan pengamatan visual dan perhitungan panjang dan warna cabai tersebut. Dengan sistem manual ini menyebabkan kelelahan mata dalam identifikasi cabai. Untuk mendapatkan hasil yang akurat dan cepat dalam pemilihan cabai secara masal, prosesnya akan dilakukan dalam sistem komputer dengan mengolah data citra dari cabai yang akan dipilih tersebut. Pemilihan objek cabai dalam penelitian ini disebabkan karena selama ini baik petani, pasar sayuran maupun distributor masih melakukan identifikasi cabai secara manual. Penelitian ini bertujuan mempercepat proses identifikasi kematangan cabai sehingga bermanfaat, misalnya untuk penentuan jenis dan harga.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Transformasi Warna RGB ke YCbCr

YCbCr yaitu warna yang tersusun dari 3 buah matriks 2 dimensi, yakni matriks y (Grayscale/ intensity), matriks Cb (chrome blue), dan matriks Cr (chrome red). Ruang warna YCbCr disebut juga ruang warna CCIR 601 (*International Radio Consultive*

Committee). Model warna ini dikembangkan untuk mengantisipasi perkembangan informasi berbasis video, sehingga model ini banyak digunakan pada video digital. Secara umum dapat dikatakan bahwa model warna ini merupakan bagian dari ruang warna transmisi video dan televisi. Model warna lain yang mirip dengan YCbCr adalah YUV dan YIQ, perbedaannya terletak pada bahwa YCbCr adalah sistem warna digital sedangkan yang lainnya adalah sistem warna analog. Model warna YCbCr memisahkan nilai RGB menjadi informasi luminance dan Chrominance yang berguna untuk aplikasi kompresi. Transformasi RGB ke YCbCr dilakukan dengan formulasi operasi matriks pada persamaan sebagai berikut (Abdul, 2013):

$$Y = 0.299900R + 0.58700G + 0.11400B \quad (2.1)$$

$$Cb = -0.16874R - 0.33126G + 0.50000B \quad (2.2)$$

$$Cr = 0.50000R - 0.41869G - 0.08131B \quad (2.3)$$

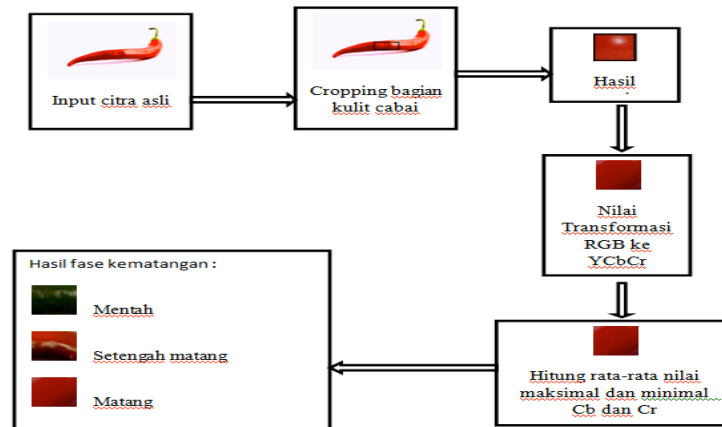
Pada penelitian ini, menggunakan ruang warna YCbCr karena YcbCr tidak sensitive terhadap perubahan cahaya. YCbCr memisahkan data tingkat cahaya (Y) dengan data warna (Cb dan Cr). Ruang warna ini juga lebih cocok digunakan pada penelitian ini, karena warna kulit cabai yang berbeda-beda ternyata memiliki nilai Cb dan Cr yang hampir sama (Abdul, 2013).

2.2 Cabai

Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum L*) adalah tanaman perdu dengan rasa buah pedas yang disebabkan oleh kandungan capsaicin. Secara umum cabai memiliki banyak kandungan gizi dan vitamin, diantaranya kalori, protein, lemak, karbohidrat, kalsium, vitamin A, B1, dan vitamin C. Cabai merah besar yang beredar di pasaran sebenarnya ada beberapa jenis, tetapi sistem penjualan yang umum dilakukan adalah mencampur semua jenis cabai tersebut menjadi satu. Sehingga orang hanya mengenal satu macam cabai saja, yaitu cabai merah besar. Indeks kematangan pada cabai merah ditentukan berdasarkan warna, jika buah cabai merah telah berwarna orange sampai merah maka sudah dapat dikategorikan buah matang. Kulitnya terlihat mengkilap dan mulus. Selain itu, buah sudah mudah terlepas dari tangkai pohonnya (Awang, 2014).

3. METODE PENELITIAN

Pada tahap analisis data dilakukan penetapan jenis citra input dan output serta perancangan tampilan. Kemudian mengimplementasikan aplikasi deteksi warna kulit cabai dalam ruang warna krominan untuk klasifikasi sesuai fase kematangan cabai seperti pada Gambar 1:



Gambar 1. Blok Diagram Keseluruhan system

Keterangan :

Citra cabai diinputkan kemudian ditampilkan citra aslinya sistem akan melakukan pemotongan satu bagian dari citra (cropping) pada citra asli untuk memperoleh citra dengan ukuran kecil. Setelah citra dicropping kemudian dihitung nilai RGB-nya dan ditransformasi ke model warna YCbCr. Sistem akan menampilkan hasil histogram YCbCr. Kemudian dihitung nilai maksimal dan minimal Cb dan Cr. Melakukan pengelompokan warna kulit cabai sesuai fase kematangan cabai.

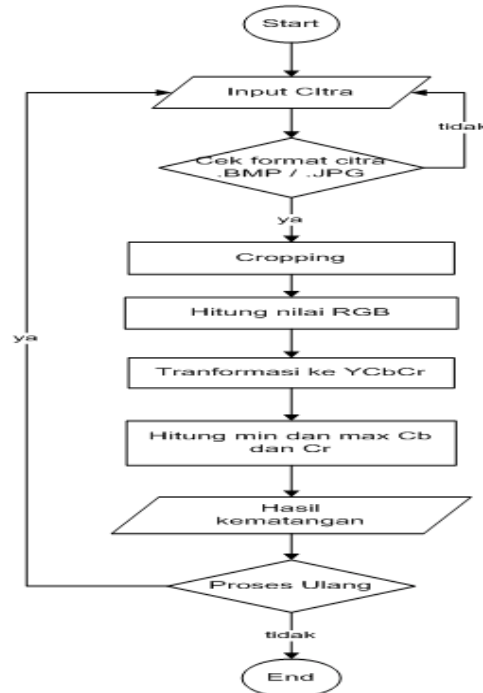
4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian diharapkan mampu menampilkan hasil klasifikasi jenis warna kulit cabai baik hasil histogram, perhitungan dalam operasi krominan, dan klasifikasi dalam fase kematangan cabai. Setelah melakukan pengujian sebanyak 30 data buah didapatkan nilai maksimal dan minimal Cb dan Cr dari masing-masing fase kematangan. Dimana nilai Cb dan Cr tersebut akan dijadikan unntuk mendapatkan klasifikasi fase kematangan cabai sesuai dengan Tabel 1:

Tabel 1. Range kematangan cabai.

| Min Cb | Max Cb | Min Cr | Max Cr | Fase kematangan cabai |
|--------|--------|--------|--------|-----------------------|
| -38 | -14 | 45 | 85 | Mentah |
| -20 | -11 | -6 | -1 | Setengah matang |
| -28 | -11 | 16 | 45 | Matang |

Perancangan sistem yang akan dibuat meliputi perancangan flowchart, perancangan *form*, *input* dan *output* perangkat lunak yang akan dibuat. Gambar 2 merupakan flowchart dari aplikasi pengolahan citra mendeteksi kualitas cabai berdasarkan tingkat kematangan menggunakan transformasi warna YCbCr.



Gambar 2. Flowchart program transformasi.

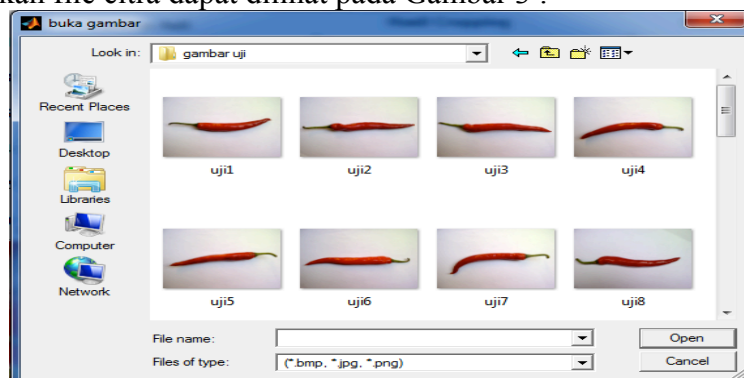
Keterangan :

Langkah-langkah dalam pearancangan flowchart adalah input berupa citra cabai true color dengan format *bmp atau *jpg. Citra cabai yang diinputkan akan dicek apakah format *bmp, *jpg atau tidak. Jika sesuai kemudian dicropping bagian kulitnya dan dilakukan perhitungan nilai RGB dan kemudian ditransformasi ke sistem warna YCbCr. Dihitung rata-rata Y, rata-rata Cb, dan rata-rata Cr. Diklasifikasikan kedalam fase kematangan cabai berdasarkan pada Tabel 4.1. Hasil klasifikasi citra cabai menurut fase kematangan cabai. Proses ulang jika ingin mengulangi program jika tidak program akan selesai.

4.1 Implementasi Aplikasi

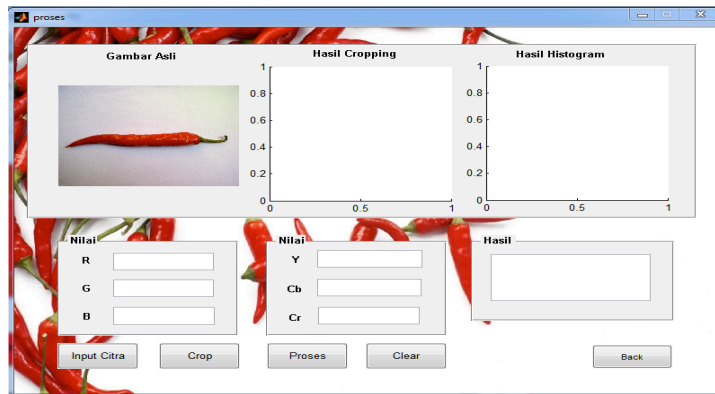
4.1.1 Input Citra

File citra yang di-load berekstensi *.bmp atau *.jpg pada kotak dialog yang menampilkan drive tempat file citra disimpan. Kemudian file citra akan ditampilkan pada tampilan proses program, citra siap diproses. Tampilan program untuk me-load dan menampilkan file citra dapat dilihat pada Gambar 3 :



Gambar 3. Tampilan Untuk Membuka dan Menampilkan File Citra

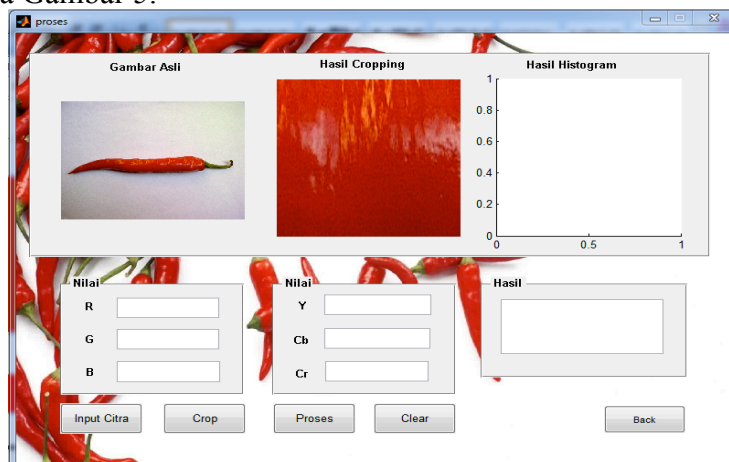
Berikut ini adalah Gambar 4 dimana file citra telah berhasil diambil dan ditampilkan.



Gambar4. Tampilan form citra asli

4.1.2 Cropping

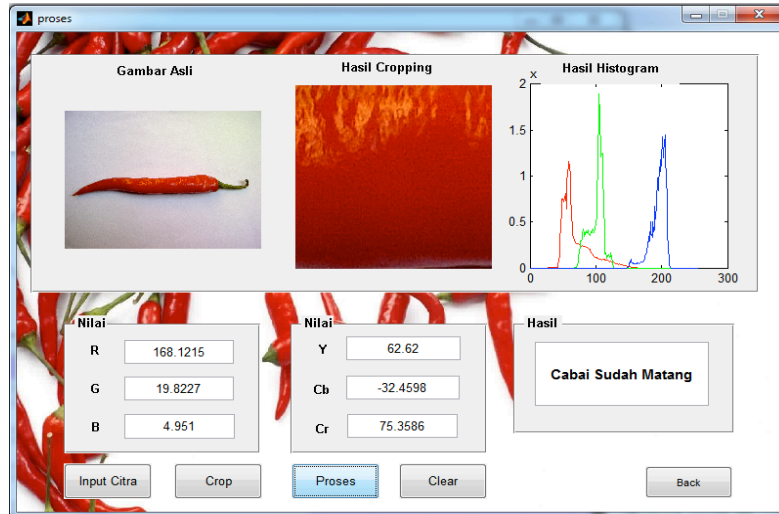
Program untuk pemotongan satu bagian dari citra (cropping) untuk memperoleh citra dengan ukuran kecil. Citra asli dicropping pada bagian kulit cabai sehingga mempermudah dalam mengklasifikasi fase kematangan cabai. Tampilan cropping ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan citra hasil cropping

4.1.3 Pemrosesan Citra

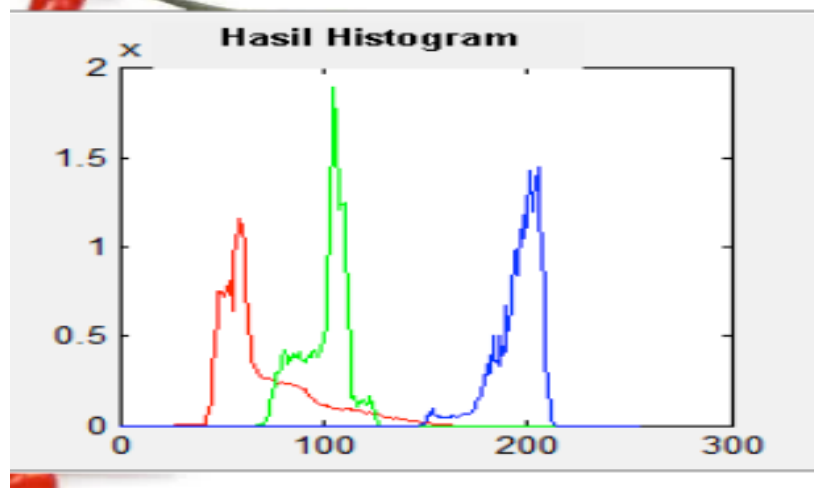
Pada komponen pemrosesan citra aplikasi ini menggunakan tombol proses. Jika tombol ditekan maka akan terjadi beberapa pemrosesan citra, diantaranya adalah menghitung nilai rata-rata RGBnya, kemudian ditransformasi nilai rata-rata RGB ke YCbCr, setelah itu ditampilkan histogram YCbCr citra dan menampilkan hasil klafisikasi cabai berdasarkan kematangan pada hasil. Berikut tampilan aplikasi setelah melakukan pemrosesan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan proses uji citra

4.1.4 Proses histogram

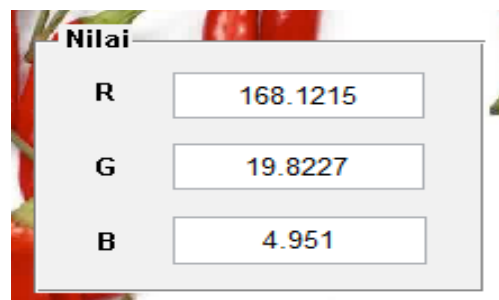
Proses pembuatan histogram YCbCr dilakukan menggunakan citra yang sudah dipotong. Berikut Gambar 7 tampilan histogram.



Gambar 7. Tampilan histogram YcbCr

4.1.5 Proses menampilkan nilai RGB

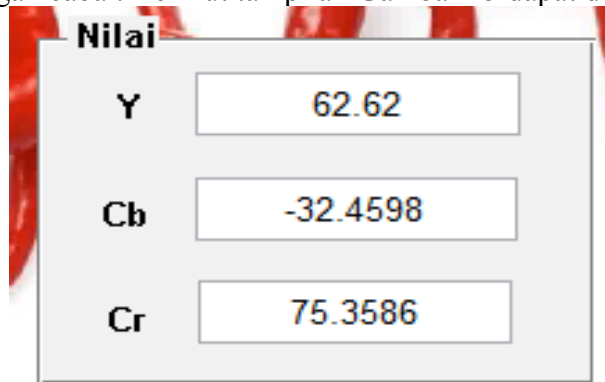
Proses menghitung nilai rata-rata RGB dari citra yang sudah dipotong. Dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan nilai RGB

4.1.6 Proses transformasi RGB ke YCbCr

Proses transformasi nilai RGB ke YCbCr untuk menentukan nilai range untuk klasifikasi kematangan cabai. Berikut tampilan Gambar 15 dapat dilihat dibawah ini.





























Gambar 15. Tampilan transformasi nilai RGB ke YCbCr

4.2 Analisis dan Hasil Pengujian Sistem

Pada tahapan analisis akan dilakukan pengujian. Pengujian ini berdasarkan hasil dari deteksi warna kulit cabai dalam ruang krominan memiliki nilai-nilai yang berguna untuk mempermudah mengklasifikasikan warna kulit cabai dalam fase kematangan cabai. Jumlah sampel yang digunakan untuk proses analisis adalah 30 citra yang berekstensi *.jpg. Dari 30 jenis citra tersebut akan diproses menggunakan metode transformasi warna YCbCr. Dimana telah diambil sampel sebanyak 10 buah pada masing-masing kondisi cabai yaitu, mentah, setengah matang, dan matang. Citra cabai dengan format jpeg dicropping bagian kulitnya dan dihitung histogram RGB-nya dilakukan transformasi sistem warna RGB ke sistem warna YCbCr. Setelah melakukan pemrosesan terhadap citra tersebut selanjutnya dilakukan pengecekan klasifikasi citra cabai menurut fase kematangan cabai. Perhitungan nilai maksimal, minimal rata-rata Cb dan maksimal, minimal rata-rata Cr mampu mengklasifikasi warna kulit cabai dengan mencocokkan data range nilai warna kulit cabai yang menjadi acuan dalam klasifikasi warna cabai. Jika nilai perhitungan yang dilakukan berada pada range nilai warna kulit cabai maka warna cabai dapat diklasifikasi sesuai range nilai yang telah ditentukan klasifikasi fase kematangannya. Tabel hasil klasifikasi warna kulit cabai dengan deteksi warna dalam ruang krominan dapat dilihat pada tabel 2 berikut :

Tabel 2. Hasil klasifikasi kematangan cabai.

| No | Sampel Cabai | Komputerisasi | | | | | | | | |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------|-------------|---------------|-------|----------------------|---------------|------------|--|
| | | Hasil Perhitungan | | | Range Warna | | Fase Kematangan | | Keterangan | |
| | | Y | Cb | Cr | Cb | Cr | Pengamatan Petaul | Komputerisasi | | |
| 1 |  | 69.31 67 | 36.322 5 | 80.02 34 | (-30) - (-14) | 45-85 | Matang | Matang | Sesuai | |
| 2 |  | 69.49 01 | 35.217 | 80.19 01 | | | Matang | Matang | Sesuai | |
| 3 |  | 66.91 34 | 31.967 2 | 75.17 76 | | | Matang | Matang | Sesuai | |
| 4 |  | 61.61 72 | 24.999 3 | 65.46 81 | | | Matang | Matang | Sesuai | |
| 5 |  | 62.04 49 | 21.895 1 | 62.34 84 | | | Matang | Matang | Sesuai | |

| | | | | | | | | | | |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|--------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 6 |  | 40.51 59 | 22.765 3 | 65.72 56 | | | Matang | Matang | Sesuai | |
| 7 |  | 54.56 82 | 22.459 4 | 61.77 72 | | | Matang | Matang | Sesuai | |
| 8 |  | 56.54 29 | 14.791 9 | 45.82 89 | | | Matang | Matang | Sesuai | |
| 9 |  | 36 | 47.743 3 | 58 | (-36) - (-14) | 45 - 85 | Matang | Matang | Sesuai | |
| 10 |  | 70.88 09 | 34.651 | 77.59 53 | | | Matang | Matang | Sesuai | |
| 11 |  | 57.29 83 | 16.465 6 | 34.63 1 | (-28) - (-11) | 16 - 45 | Setengah Matang | Setengah Matang | Sesuai | |
| 12 |  | 61.67 07 | 11.304 4 | 26.98 42 | | | Setengah Matang | Setengah Matang | Sesuai | |
| 13 |  | 67.14 76 | 14.175 1 | 32.85 45 | | | Setengah Matang | Setengah Matang | Sesuai | |
| 14 |  | 50.38 04 | 16.406 8 | 16.96 86 | | | Setengah Matang | Setengah Matang | Sesuai | |
| 15 |  | 57.33 13 | 18.457 3 | 54.46 62 | | | Setengah Matang | Matang | Tidak Sesuai, karena nilai Cr tidak masuk dalam range matang | |
| 16 |  | 71.53 94 | 27.497 5 | 39.39 94 | | | Setengah Matang | Setengah Matang | Sesuai | |
| 17 |  | 51.38 08 | 22.821 3 | 40.70 34 | | | Setengah Matang | Setengah Matang | Sesuai | |
| 18 |  | 47.73 | 23.466 | 42.00 | | | (-20) - (-11) | (-6) - (-1) | Setengah | Setengah |
| 24 |  | 35.78 08 | 11.792 9 | 1.232 2 | Mentah | Mentah | | | Sesuai | |
| 25 |  | 37.31 79 | 18.002 7 | 5.229 5 | Mentah | Mentah | | | Sesuai | |
| 26 |  | 33.53 3 | 14.248 | 3.757 2 | Mentah | Mentah | | | Sesuai | |
| 27 |  | 35.76 66 | 10.683 6 | 2.919 7 | Mentah | Mentah | Sesuai | | | |
| 28 |  | 49.20 81 | 14.604 9 | 5.977 | (-20) - (-11) | (-6) - (-1) | Mentah | Mentah | Sesuai | |
| 28 |  | 56 | 19.578 | 4.464 9 | | | Mentah | Mentah | Sesuai | |
| 29 |  | 36.82 24 | 14.983 9 | 3.927 7 | | | Mentah | Mentah | Sesuai | |
| 30 |  | 49.89 77 | 13.505 9 | 2.546 8 | | | Mentah | Mentah | Sesuai | |

Berdasarkan tabel diatas terdapat range cabai mentah dengan nilai $C_b = (-20) - (-11)$, $C_r = (-6) - (-1)$, cabai Setengah matang dengan nilai $C_b = (-28) - (-11)$, $C_r = 16 - 45$, dan cabai matang dengan nilai $C_b = (-36) - (-14)$, $C_r = 45 - 85$. Pengujian sistem

telah dilakukan dengan melakukan pemrosesan terhadap 30 citra yang berekstensi *.jpg. Dari 30 jenis citra tersebut telah diproses menggunakan metode transformasi warna YCbCr. Dimana pengujian sebanyak 10 buah pada masing-masing kondisi cabai yaitu, mentah, setengah matang, dan matang.

Dari hasil pengujian tersebut didapatkan tingkat keberhasilan untuk pengujian cabai matang mencapai 100%, untuk cabai yang setengah matang mencapai 90%, sedangkan untuk cabai mentah mencapai 100%. Hal ini terjadi karena adanya efek pencahayaan menyebabkan warna kulit cabai hasil cropping diluar range warna dan adanya kesalahan dalam mengklasifikasi fase kematangan cabai. Berikut adalah data hasil pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 4.4. Data Pengujian Cabai.

| Data Pengujian | | | |
|-------------------|-------------|-----------------|-------------|
| Data test case | Mentah | Setengah Matang | Matang |
| 1 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 2 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 3 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 4 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 5 | ✓ | χ | ✓ |
| 6 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 7 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 8 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 9 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 10 | ✓ | ✓ | ✓ |
| % Berhasil | 100% | 90% | 100% |
| % Gagal | 0% | 10% | 0% |

Catatan :

- ✓ = Sesuai
- χ = Tidak Sesuai

Pengujian sistem telah dilakukan dengan melakukan pemrosesan terhadap 30 citra yang berekstensi *.jpg. Dari 30 jenis citra tersebut telah diproses menggunakan metode transformasi warna YCbCr. Dimana pengujian sebanyak 10 buah pada masing-masing kondisi cabai yaitu, mentah, setengah matang, dan matang diperoleh persentase 96 % dari 30 citra cabai yang berhasil 29 data dan yang gagal 1 data sehingga diperoleh perhitungan berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} &= \frac{\text{Jumlah nilai kebenaran}}{\text{Jumlah sampel}} \times 100 \% \\
 &= \frac{29}{30} \times 100\% = 96.666667 \rightarrow 96 \%
 \end{aligned}$$

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Selain secara manual tomat dapat juga dideteksi secara otomatis menggunakan computer.
2. Hasil deteksi yang dilakukan oleh pengolahan citra dengan metode transformasi warna YCbCr mempunyai persentase ketepatan yang cukup baik, yaitu rata-rata 93 % dengan contoh uji 30 sampel buah tomat dengan 10 sampel dari masing-masing fase kematangan.

5.2 Saran

Penelitian ini tentu saja masih banyak kekurangan, karena itu diperlukan saran dan kritik yang nantinya dapat digunakan untuk lebih mengembangkan aplikasi ini. Adapun saran-saran yang dapat digunakan untuk mengembangkan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian dengan model sistem warna yang berbeda misalnya transformasi warna RGB ke HIS atau sebaliknya.
2. Untuk pengolahan akurasi agar lebih tinggi pre-processing citra dilakukan pengolahan citra seperti menghilangkan noise, memperjelas features (fitur) data, memperkecil / memperbesar ukuran data.
3. Bisa pengenalan pola seperti jaringan syaraf tiruan sehingga dapat mendeteksi benda yang memiliki nilai YCbCr yang berbeda pada intensitas cahaya yang berbeda.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, Nur Tyas. 2012. Sistem Identifikasi Citra Jenis Cabai (*Capsicum annum* L) Menggunakan Metode Klasifikasi City Block Distance. Yogyakarta : Universitas Ahmad Dahlan
- Hidayanti, Nurwahyu. 2009. Aplikasi Transformasi Warna YCbCr Untuk Deteksi Tipe Warna Kulit Wajah Dalam Klasifikasi RAS Manusia. Yogyakarta : Universitas Ahmad Dahlan.
- Kadir, Abdul, Adhi Susanto. 2013, Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra. Yogyakarta : Andi
- Maharijaya, Awang, Muhamad Syukur. 2014. Menghasilkan Cabai Merah Besar Kualitas Premium. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Munir, Rinaldi. 2004. Pengolahan Citra Digital dengan pendekatan Algoritmik. Bandung : Informatika.
- Noviyanto, Ary. 2009. Klafisikasi Tingkat Kematangan Varietas Tomat Merah Dengan Metode Perbandingan Kadar Warna. Yogyakarta : Ilmu Komputer Universitas Gajah Mada.
- Pujiono, Wahyu, M.Kom, 2010, Algoritma dan Pemograman, Yogyakarta, Penerbit Universitas Ahmad Dahlan.
- Sp. Sito, Jakes. 2011. Bimbingan Teknis Agroindustri Pengolahan Hasil Pertanian, Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Holtikultura. Yogyakarta.