

METODE *HOUGH TRANSFORM* UNTUK EKSTRAKSI CIRI BENTUK PADA CITRA BUNGA

Oleh:

YUNI WAHYUNINGSIH
G64102057



DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2006

Hal Cipta: Penelitian, Pengembangan, dan Inovasi
1. Dilindungi sebagai hak cipta oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
2. Diperoleh dengan izin dari Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi
3. Tidak diperdipertahankan hak cipta oleh IPB University
4. Diperoleh dengan izin dari Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi
5. Diperoleh dengan izin dari Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi
6. Diperoleh dengan izin dari Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi
7. Diperoleh dengan izin dari Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi
8. Diperoleh dengan izin dari Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi
9. Diperoleh dengan izin dari Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi
10. Diperoleh dengan izin dari Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi

**METODE *HOUGH TRANSFORM* UNTUK
EKSTRAKSI CIRI BENTUK PADA CITRA BUNGA**

Skripsi

**sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Pertanian Bogor**

Oleh:

**YUNI WAHYUNINGSIH
G64102057**

**DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2006**

ABSTRAK

YUNI WAHYUNINGSIH. Metode *Hough Transform* untuk Ekstraksi Ciri Bentuk pada Citra Bunga. Dibimbing oleh YENI HERDIYENI, MUSHTHOFA dan FIRMAN ARDIANSYAH.

Ekstraksi ciri merupakan suatu proses yang sangat penting dalam proses temu kembali citra berbasis informasi seperti warna, bentuk dan tekstur. Penelitian ini mengimplementasikan metode *Hough transform* untuk mengekstraksi ciri bentuk citra bunga melalui dua pendekatan yaitu lingkaran dan elips. Penelitian ini juga menggabungkan ciri bentuk hasil dari *Hough transform* dengan ciri warna pada citra menggunakan metode *fuzzy color histogram* (FCH) di dalam proses temu kembali. Penelitian membandingkan hasil temu kembali metode *Hough transform* dengan penambahan ciri warna dari FCH.

Evaluasi terhadap hasil temu kembali dilakukan menggunakan rata-rata *precision* untuk setiap tingkat *recall*. Berdasarkan penelitian ini, metode *Hough transform* menggunakan pendekatan lingkaran memiliki hasil temu kembali dengan rata-rata *precision* mencapai 26%. Metode *Hough transform* menggunakan pendekatan elips memiliki rata-rata *precision* mencapai 23%. Penambahan ciri warna FCH 25 bin dapat meningkatkan rata-rata *precision* hingga dua kali lipat. Metode *Hough transform* lingkaran dengan FCH memiliki rata-rata *precision* mencapai 44% dan untuk *Hough transform ellipse* mencapai 46%.

Kata Kunci: *content based image retrieval, feature extraction, Hough transform, fuzzy color histogram, Canny edge detector.*

Has Cita, Pindora, Unsurpindora
1. Diambil dengan alasan sebagai alat untuk belajar dan untuk meningkatkan dan memperdalam materi
2. Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat penelitian, penelitian, penelitian yang bersifat penelitian, penelitian yang bersifat penelitian
3. Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat penelitian, penelitian, penelitian yang bersifat penelitian, penelitian yang bersifat penelitian
4. Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat penelitian, penelitian, penelitian yang bersifat penelitian, penelitian yang bersifat penelitian
5. Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat penelitian, penelitian, penelitian yang bersifat penelitian, penelitian yang bersifat penelitian

Judul : Metode *Hough Transform* untuk Ekstraksi Ciri Bentuk pada Citra Bunga
Nama : Yuni Wahyuningsih
NRP : G64102057

Menyetujui:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Yeni Herdiyeni, S.Si., M.Kom.
NIP 132 282 665

Firman Ardiansyah, S.Kom., M.Si.
NIP 132 311 919

Mengetahui:

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Pertanian Bogor

Prof. Dr. Ir. Yonny Koesmaryono, MS.
NIP 131 473 999

Tanggal Lulus:

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 19 Juni 1984 dari ayah Sumarno dan ibu Nina Herliningsih. Penulis merupakan putri pertama dari tiga bersaudara.

Tahun 2002 penulis lulus dari SMU Negeri 1 Bekasi dan pada tahun yang sama lulus seleksi masuk IPB melalui jalur Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru IPB. Penulis memilih Program Studi Ilmu Komputer, Departemen Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Pada tahun 2005 Penulis menjalankan Praktik Lapangan (PL) di Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL) Cibinong selama kurang lebih dua bulan.

PRAKATA

Alhamdulillahirabbil 'alamin, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subhanahu wa ta'ala* atas segala curahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan makalah skripsi ini. Shalawat serta salam juga penulis sampaikan kepada jujungan kita Nabi Muhammad *Shalallahu 'alaihi wasallam* beserta seluruh keluarga, sahabat dan umatnya hingga akhir zaman.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Yeni Herdiyeni, S.Si., M.Kom., Bapak Mushtofa, S.Kom., dan Bapak Firman Ardiansyah, S.Kom., M.Si. selaku pembimbing yang telah banyak memberi saran, masukan dan ide-ide kepada penulis serta semangat untuk selalu berusaha yang terbaik. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Ir. Agus Buono, M.Si., M.Kom. selaku penguji yang telah memberi saran dan masukan. Selanjutnya, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Mama, Bapak, Arif dan Ima, serta seluruh keluarga yang senantiasa memberikan bimbingan, doa dan kasih sayang. Terima kasih atas segala kepercayaan dan dukungannya.
2. Dinda, Eden dan rekan-rekan di Laboratorium *Computational Intelligence (CI)* atas semangat kekeluargaan serta bantuannya dalam menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih atas ide-ide hebat dan rasa kebersamaan yang menjadikan kita tim yang selalu kompak.
3. Ratih, Erna dan penghuni 'P50' lainnya yang telah banyak membantu dan memotivasi penulis melalui kebersamaan dan dukungan untuk terus berusaha yang terbaik.
4. Departemen Ilmu Komputer, dosen dan staf yang telah banyak membantu penulis pada masa perkuliahan dan penelitian.
5. Andra, Fridolin, Fajri, Rahman, Setya, Sundoro, Yudha dan seluruh rekan Ilkomerz 39 yang banyak membantu penulis baik secara teknis maupun non-teknis pada masa perkuliahan hingga akhir penyusunan makalah skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penelitian ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan di masa mendatang. Penulis berharap hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat dan dapat menjadi acuan bagi penelitian berikutnya.

Bogor, November 2006

Yuni Wahyuningsih

DAFTAR TABEL

	Halaman
1 Transformasi persamaan garis ke dalam bentuk $c = (-x)m+y$	3
2 Nilai rataan <i>precision</i> menggunakan HT lingkaran.....	10
3 Nilai rataan <i>precision</i> menggunakan HT elips	10
4 Nilai rataan <i>precision</i> menggunakan HT lingkaran dan FCH 25 bin	12
5 Nilai rataan <i>precision</i> menggunakan HT elips dan FCH 25 bin.....	12

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1 Representasi citra digital.	1
2 Skema <i>Content Based Image Retrieval</i>	1
3 Representasi titik (x,y) pada ruang koordinat mc	3
4 Kemungkinan garis yang melalui titik-titik pada bidang koordinat.	3
5 Banyaknya kemungkinan nilai m dan b	3
6 Representasi garis lurus dengan persamaan $r = x \cos\theta + y \sin\theta$	4
7 Representasi titik pada koordinat- xy dalam bidang koordinat (r, θ)	4
8 Lingkaran yang berpusat di (x_0, y_0) dengan panjang radius r	4
9 Ilustrasi lingkaran yang dibentuk dari titik tepi.....	4
10 <i>Accumulator array</i> untuk <i>Hough transform</i> lingkaran.....	5
11 Elips yang berpusat pada (x_0, y_0) dengan sumbu mayor r_x dan sumbu minor r_y	5
12 <i>Accumulator array</i> untuk <i>Hough transform</i> elips.	5
13 Skema penelitian.	6
14 Hasil deteksi tepi <i>Canny</i>	8
15 Hasil <i>Hough transform</i> lingkaran.....	8
16 Hasil <i>Hough transform</i> elips.	9
17 Contoh hasil temu kembali menggunakan fitur bentuk HT lingkaran.....	10
18 Contoh hasil temu kembali menggunakan fitur bentuk HT elips.	11
19 Grafik nilai rataan <i>precision</i> untuk fitur HT lingkaran dan elips.	11
20 Grafik rataan <i>precision</i> untuk masing-masing kelas bunga.....	11
21 Grafik nilai rataan <i>precision</i> menggunakan HT dan FCH.....	12
22 Contoh hasil temu kembali menggunakan HT lingkaran dan FCH 25 bin.....	13
23 Contoh hasil temu kembali menggunakan HT elips dan FCH 25 bin.	13
24 Grafik rataan <i>precision</i> menggunakan HT dan FCH 25 bin.....	13

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1 Seluruh citra dalam basis data	17
2 Citra kueri.	19
3 Contoh hasil temu kembali dengan HT lingkaran.	20
4 Contoh hasil temu kembali dengan HT elips.	21
5 Contoh hasil temu kembali dengan HT lingkaran dan FCH 25 bin.....	22
6 Contoh hasil temu kembali dengan HT elips dan FCH 25 bin.....	23

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Ekstraksi ciri (*feature extraction*) merupakan bagian yang penting di dalam *content based image retrieval* (CBIR). Berbagai bidang teknologi yang menggunakan sejumlah besar data berbentuk citra, telah banyak mengakomodasi CBIR dengan kemampuan untuk melakukan proses segmentasi serta ekstraksi terhadap sejumlah informasi yang dikandung dalam sebuah citra. Informasi tersebut merupakan representasi fisik dari objek di dalam citra yang sedang diamati baik berdasarkan ciri warna, bentuk, maupun tekstur dari citra tersebut. Ciri tersebut nantinya akan digunakan untuk melakukan pengindeksan pada proses temukembali, sehingga dimungkinkan untuk mendapatkan sejumlah citra relevan yang memiliki tingkat kemiripan yang cukup tinggi dengan citra pada kueri.

Salah satu pendekatan yang digunakan dalam ekstraksi ciri adalah dengan menggunakan representasi bentuk objek di dalam citra untuk dijadikan indeks dalam pengukuran tingkat kemiripan. Ekstraksi bentuk dalam citra melibatkan proses segmentasi untuk mendeteksi objek-objek atau wilayah-wilayah di dalam citra digital yang dapat menandai ciri penting yang berguna untuk proses temu kembali citra.

Salah satu metode yang dikembangkan dalam ekstraksi ciri yang juga akan digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Hough transform*. Metode ini telah banyak digunakan untuk mendeteksi keberadaan garis linear ataupun kurva di dalam sebuah citra digital.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan dan menganalisis kinerja metode *Hough transform* dalam mengekstraksi ciri bentuk dari citra bunga.

Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini adalah mengenali ciri bentuk pada citra bunga menggunakan metode *Hough transform*. Penelitian tidak mencakup analisis di dalam penerapan tahap pra proses maupun temu kembali.

TINJAUAN PUSTAKA

Citra Digital

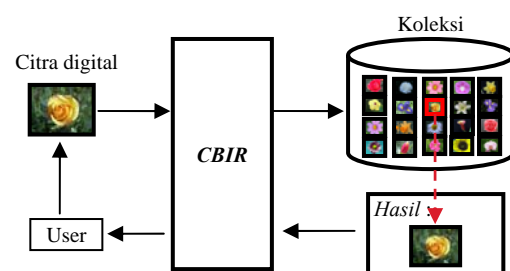
Citra digital merupakan representasi numerik dari sebuah objek yang didefinisikan sebagai fungsi dua dimensi $f(x,y)$ di mana x dan y adalah pasangan koordinat spasial, sementara nilai f disebut sebagai derajat tingkat keabuan (*gray level*) atau intensitas dari citra digital pada koordinat tersebut (Gonzalez *et al.* 2004). Citra digital direpresentasikan dalam bentuk matriks persegi yang mewakili ukuran dari citra tersebut. Misalkan terdapat sebuah citra digital dengan ukuran $N \times M$, maka citra dapat direpresentasikan dalam sebuah matriks i berukuran $N \times M$ sebagai berikut:

$$i = \begin{bmatrix} i(1,1) & i(1,2) & \dots & i(1,M) \\ i(2,1) & i(2,2) & \dots & i(2,M) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ i(N,1) & i(N,2) & \dots & i(N,M) \end{bmatrix}$$

Gambar 1 Representasi citra digital.

Content Based Image Retrieval

Content based image retrieval (CBIR) merupakan suatu pendekatan dalam temu kembali citra yang didasarkan pada informasi yang terkandung di dalam citra itu sendiri seperti warna, bentuk dan tekstur dari citra. Istilah CBIR digunakan untuk menggambarkan proses penemuan kembali citra digital dari sejumlah besar koleksi citra di dalam basis data (Wikipedia 2005a), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Skema *Content Based Image Retrieval*.

Feature Extraction

Feature extraction (ekstraksi ciri) merupakan salah satu bagian dari CBIR yang menggunakan operasi tertentu untuk mendeteksi dan mengisolasi berbagai fitur yang memiliki arti secara fisik dari suatu citra digital seperti warna dan bentuk (Wikipedia 2005b). Tujuan utamanya adalah memisahkan

objek yang diminati (*object of interest*) dari citra secara keseluruhan untuk mendapatkan informasi dari sejumlah data yang tersimpan dalam citra tersebut.

Edge Detection

Edge detection adalah operasi yang dijalankan untuk mendeteksi garis tepi (*edges*) yang membatasi dua wilayah citra homogen yang memiliki tingkat kecerahan yang berbeda (Pitas 1993). Tujuannya adalah untuk menandai bagian-bagian dari citra di mana intensitas kecerahan berubah secara drastis. Perubahan yang drastis di dalam properti sebuah citra biasanya menandai suatu *event* penting yang berisi informasi. *Edge detection* memberlakukan lokalisasi terhadap variasi yang signifikan dari tingkat keabuan suatu citra dan pengidentifikasian properti-properti fisik dan geometris dari suatu objek. Variasi tingkat keabuan umumnya mencakup diskontinuitas (*step edges*), ekstrim lokal (*line edges*) dan persimpangan (*junctions*) (Argialas & Mavranta 2004).

Edge detection yang diberlakukan terhadap suatu citra secara signifikan mereduksi jumlah data dan membuang informasi-informasi yang tidak berguna, sekaligus menandai informasi struktural yang berguna di dalam citra.

Algoritma-algoritma pendeteksi garis tepi pada umumnya terdiri dari tiga tahap proses utama yaitu: penghalusan (*smoothing*), pembedaan (*differentiation*) dan pelabelan (*labeling*). *Edge detectors* sangat bervariasi dalam hal pemrosesan tersebut, bergantung pada tujuan akhir dan tingkat kompleksitas secara matematis dan komputasi dari masing-masing algoritma (Ziou & Tabbone dalam Argialas & Mavranta 2004).

Canny Edge Detector

Canny edge detector merupakan salah satu metode pendeteksi tepi yang dikembangkan untuk mendeteksi tepian secara optimal (berdasarkan beberapa kriteria di mana terdapat beberapa metode pendeteksi tepi lainnya yang diklaim optimal dengan tingkat perbedaan yang tipis) (Fisher *et al.* 1994).

Kriteria pertama adalah tingkat kesalahan yang rendah. Garis tepi yang ditemukan pada citra tidak boleh ada yang terlewatkan dan tidak boleh merespon terhadap informasi citra *non-tepian* atau *noise*. Kriteria kedua adalah bahwa titik-titik tepi yang ditemukan haruslah terlokalisasi dengan benar. Dengan kata lain, jarak antara titik tepi yang ditemukan dengan

tepiannya yang sebenarnya haruslah minimum. Sedangkan kriteria yang ketiga adalah hanya memiliki satu respon terhadap sebuah garis tepi tunggal. Pendeteksi tepi harus dapat menghilangkan kemungkinan sejumlah respon terhadap sebuah garis tepi tunggal (Green 2002).

Berdasarkan kriteria tersebut, pendeteksi tepi *Canny* pertama-tama menghaluskan citra terlebih dahulu untuk menghilangkan gangguan (*noise*). Kemudian mencari nilai gradien pada citra untuk menandai wilayah-wilayah dengan nilai turunan spasial yang cukup besar. Setelah itu mencari di sepanjang wilayah tersebut sekaligus menghilangkan piksel-piksel yang nilainya tidak pada nilai maximum (*nonmaximum suppression*). Algoritma *Canny* lalu menggunakan nilai *threshold* untuk memproses piksel-piksel lainnya yang tidak dihilangkan. Apabila piksel-piksel tersebut nilai *magnitude*-nya di bawah nilai *threshold* maka piksel tersebut diset menjadi nol (0). Sebaliknya jika nilai *magnitude* berada di atas nilai *threshold*, maka piksel tersebut dijadikan titik tepi bernilai satu (1).

Algoritma *Canny* telah berhasil diterapkan pada objek-objek natural dengan hasil yang cukup memuaskan (citra biner dengan ketebalan satu piksel, panjang serta konektivitas piksel yang efisien) (Argialas & Mavranta 2004).

Hough Transform

Hough transform (HT) merupakan suatu metode global untuk menemukan garis lurus yang berada di antara data-data lain dalam jumlah yang besar (Storkey 2000). *Hough transform* pertama kali diperkenalkan oleh Paul Hough pada tahun 1962, kemudian pada tahun 1972 digunakan untuk mendeteksi keberadaan garis di dalam citra oleh Richard Duda dan Peter Hart (Duda & Hart 1972). Meski pada awalnya *Hough transform* digunakan untuk mengidentifikasi garis (*lines*) di dalam citra, namun sekarang telah banyak dikembangkan untuk mengidentifikasi bentuk-bentuk tertentu dalam citra seperti lingkaran dan elips.

Hough transform dikatakan sebagai suatu teknik yang ampuh dalam menghubungkan piksel-piksel dalam proses ekstraksi garis dan kurva. Kelebihan dari penggunaan *Hough transform* adalah ketidakefektifannya terhadap *noise* dan kemampuannya untuk mengekstraksi garis ataupun kurva bahkan di dalam suatu area dengan ketidakhadiran piksel (*pixel gaps*)

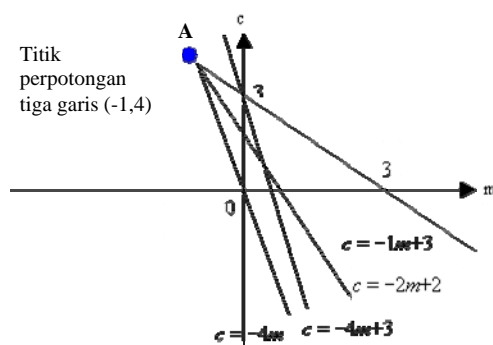
(Argialas & Mavranta 2004). Konsep dasar dari *Hough transform* adalah bahwa terdapat garis dan kurva potensial yang tak terhitung jumlahnya di dalam gambar yang melalui titik mana saja pada berbagai ukuran dan orientasi. Tujuan dari transformasi yang dilakukan adalah untuk menemukan garis dan kurva tersebut yang melewati banyak titik-titik (*features*) di dalam gambar, yaitu garis dan kurva terdekat yang paling sesuai dengan data di dalam gambar (Wikipedia 2005c).

Standard Hough transform (SHT) yang diusulkan oleh Duda dan Hart telah banyak digunakan untuk mengekstraksi garis pada objek-objek natural, sementara beberapa hasil modifikasinya telah disesuaikan untuk tujuan ekstraksi *geologic lineament* (Karnieli, et.al., 1996; Fitton and Cox, 1998 dalam Argialas & Mavranta 2004).

Suatu garis lurus yang menghubungkan sederetan piksel dapat digambarkan melalui persamaan: $y = mx + c$. Kemudian persamaan tadi diubah menjadi $c = (-x)m + y$ (Tabel 1). Dengan demikian sebuah titik (x_i, y_i) dalam ruang koordiant- xy dapat ditransformasi menjadi sebuah persamaan garis pada ruang koordinat- mc .

Tabel 1 Transformasi persamaan garis ke dalam bentuk $c = (-x)m + y$

x	y	$y = mx + c$	$c = (-x)m + y$
1	3	$3 = m \cdot 1 + c$	$c = -1m + 3$
2	2	$2 = m \cdot 2 + c$	$c = -2m + 3$
3	3	$3 = m \cdot 4 + c$	$c = -3m + 3$
4	0	$0 = m \cdot 4 + c$	$c = -4m + 3$

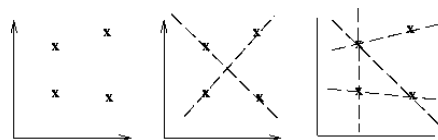


Gambar 3 Representasi titik (x,y) pada ruang koordinat mc .

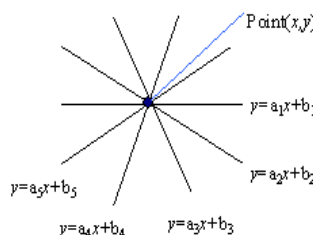
Dengan mendistribusikan semua nilai m dan c hasil transformasi tersebut, akan didapatkan sejumlah garis lurus dalam ruang koordinat- mc . Kemudian setiap perpotongan garis yang terjadi dicatat dalam suatu akumulator $(A[m,c])$ dan dihitung banyaknya jumlah garis yang saling berpotongan pada

koordinat tersebut. Berdasarkan transformasi pada Tabel 1 didapat sebuah titik perpotongan pada $(-1,4)$ dengan jumlah garis yang berpotongan berjumlah 3 atau dinotasikan sebagai $A(-1,4) = 3$. Hal tersebut menandakan bahwa garis $y = -1x + 4$ melalui tiga buah titik pada ruang koordinat- xy (Gambar 3).

Dengan memproses semua titik pada citra, dapat dilihat semua kemungkinan perpotongan garis di dalam ruang koordinat- mc (Gambar 4). Pada akhir proses, nilai pada akumulator diakumulasi dan semakin tinggi nilai pada akumulator menandakan semakin banyak garis yang berpotongan di titik tersebut pada ruang koordinat- mc . Hal ini berarti semakin banyak titik yang berada pada suatu garis lurus yang diperkirakan berada di dalam citra.



Gambar 4 Kemungkinan garis yang melalui titik-titik pada bidang koordinat.



Gambar 5 Banyaknya kemungkinan nilai m dan b .

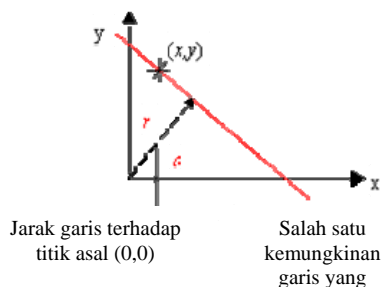
Namun, terdapat kelemahan jika menggunakan persamaan garis $y = mx + c$. Dengan persamaan tersebut kemungkinan nilai m dan c yang terbentuk untuk tiap transformasi titik (x,y) menjadi tak terhingga (Gambar 5). Oleh karena itu, pada SHT (Duda & Hart 1972) diusulkan parameterisasi normal untuk garis lurus, yaitu:

$$r = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (1)$$

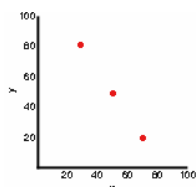
di mana r adalah jarak suatu garis terhadap titik asal (x,y) , sedangkan θ merupakan orientasi garis tersebut terhadap sumbu- x (Gambar 6).

Untuk persamaan (1), setiap titik pada koordinat- xy akan ditransformasi menjadi sebuah kurva sinusoidal pada ruang koordinat- θr . Akumulator mencatat semua perpotongan kurva dan mem-*voting* jumlah kurva yang berpotongan pada masing-masing perpotongan.

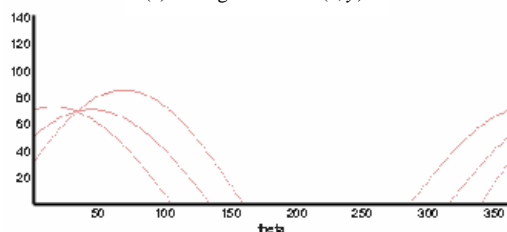
Jika terdapat tiga titik (x_1, y_1) , (x_2, y_2) dan (x_3, y_3) maka representasi dari ketiganya akan nampak seperti pada Gambar 7.



Gambar 6 Representasi garis lurus dengan persamaan $r = x \cos \theta + y \sin \theta$.



(a) Ruang koordinat (x, y)



(b) Ruang koordinat (r, θ)

Gambar 7 Representasi titik pada koordinat-xy dalam bidang koordinat (r, θ) .

Hough Circle

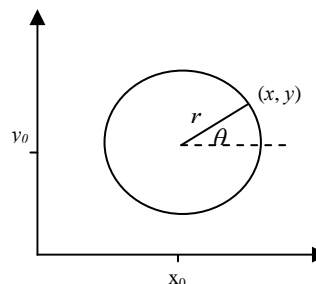
Parameterisasi *Hough transform* untuk lingkaran diberikan dengan (x_i, y_i, r) di mana (x_i, y_i) adalah titik pusat lingkaran dan r adalah jari-jari dari lingkaran tersebut (Gambar 8). Persamaan lingkaran yang umum digunakan adalah:

$$(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 = r^2 \quad (2)$$

Pada *Hough transform* dengan pendekatan lingkaran (*circle*), digunakan persamaan lingkaran pada persamaan (2) yaitu lingkaran didefinisikan sebagai semua titik (x, y) yang berada pada suatu radius r terhadap titik pusat (x_0, y_0) ataupun sebaliknya semua titik (x_0, y_0) yang berada pada radius r terhadap titik pusat (x, y) (Nixon & Aguado 2002).

Metode *Hough transform* mendefinisikan semua kemungkinan lingkaran dalam berbagai kemungkinan radius yang berpusat pada titik

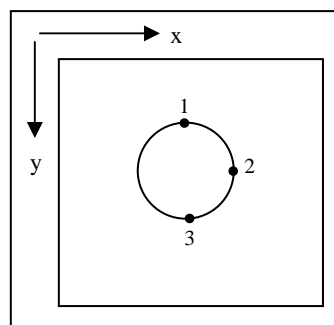
tepi yang berada di dalam citra biner hasil pendeteksi tepi. Dari setiap titik tepi didefinisikan sebuah lingkaran untuk setiap kemungkinan nilai radius kemudian melakukan *voting* terhadap titik-titik lain yang dilalui oleh setiap lingkaran tadi (Gambar 9).



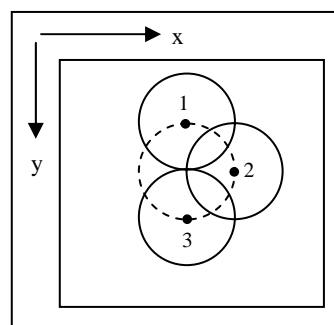
Gambar 8 Lingkaran yang berpusat di (x_0, y_0) dengan panjang radius r .

Untuk melakukan hal tersebut, persamaan lingkaran terlebih dahulu diubah ke dalam bentuk parameterik menjadi sebagai berikut (Hearn & Baker 2004):

$$\begin{aligned} x &= x_0 + r \cos \theta \\ y &= y_0 + r \sin \theta \end{aligned} \quad (3)$$



(a) Citra dengan pola tepi berupa lingkaran



(b) Lingkaran yang dibentuk dari titik tepi

Gambar 9 Ilustrasi lingkaran yang dibentuk dari titik tepi.

Dengan menggunakan persamaan (3) akan lebih mudah menyelesaikan parameter-parameter yang dibutuhkan untuk mendefinisikan sebuah lingkaran

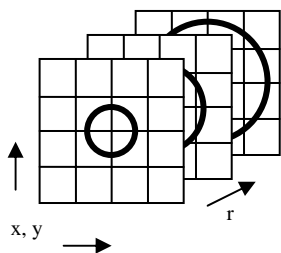
menggunakan titik-titik tepi pada citra sebagai titik pusat lingkaran dengan radius sebesar r .

Tujuan dari *Hough transform* adalah untuk menemukan titik pusat lingkaran yang sebenarnya menggunakan titik-titik tepi pada citra biner, dengan cara mentransformasi persamaan (3) menjadi sebagai berikut (Nixon & Aguado 2002):

$$\begin{aligned} x_0 &= x - r \cos \theta \\ y_0 &= y - r \sin \theta \end{aligned} \quad (4)$$

Persamaan (4) kemudian digunakan untuk menyelesaikan parameter-parameter yang dibutuhkan dalam mencari keberadaan lingkaran. Setiap pembentukan lingkaran diakumulasi di dalam sebuah *array* tiga dimensi yang merepresentasikan ketiga parameter dari lingkaran yaitu x_0 , y_0 , dan r (Gambar 10).

Nilai akumulator tertinggi pada *array* (x_0 , y_0 , r) merupakan akumulasi dari semua lingkaran dengan radius r yang melalui titik (x_0 , y_0). Semakin besar nilai akumulator, semakin besar pula peluang adanya lingkaran pada citra yang berpusat di (x_0 , y_0) dengan radius r .



Gambar 10 *Accumulator array* untuk *Hough transform* lingkaran.

Hough Ellipse

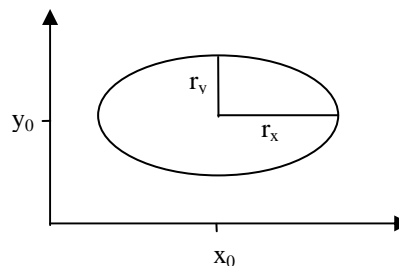
Metode *Hough transform* dengan pendekatan bentuk elips tidak jauh berbeda dengan pendekatan menggunakan bentuk lingkaran. Hal mendasar yang membedakan adalah persamaan bentuk yang digunakan untuk mencari keberadaan bentuk atau kurva dalam proses transformasi. Pada *Hough transform* elips diberikan parameter (x_i , y_i , r_x , r_y , θ), dengan (x_i , y_i) adalah titik pusat dari elips, r_x dan r_y sebagai sumbu mayor dan minor elips, dan θ adalah orientasi dari sumbu mayor elips (Gambar 11).

Persamaan elips yang umum digunakan adalah:

$$\left(\frac{x - x_0}{r_x} \right)^2 + \left(\frac{y - y_0}{r_y} \right)^2 = 1 \quad (5)$$

Namun, persamaan (5) dapat pula ditulis ke dalam bentuk parametris sebagai berikut (Hearn & Baker 2004):

$$\begin{aligned} x &= x_0 + r_x \cos \theta \\ y &= y_0 + r_y \sin \theta \end{aligned} \quad (6)$$

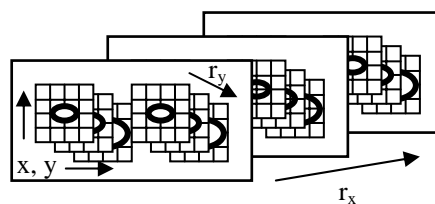


Gambar 11 Elips yang berpusat pada (x_0 , y_0) dengan sumbu mayor r_x dan sumbu minor r_y .

Dengan begitu dapat dilakukan pendekatan *Hough transform* elips untuk menyelesaikan parameter-parameter yang dibutuhkan dalam mencari keberadaan elips dengan mengubah persamaan (6) menjadi (Nixon & Aguado 2002):

$$\begin{aligned} x_0 &= x - r_x \cos \theta \\ y_0 &= y - r_y \sin \theta \end{aligned} \quad (7)$$

Sama seperti pada *Hough transform* lingkaran, pada *Hough transform* elips juga digunakan titik-titik tepi hasil pendeteksi tepi untuk mendefinisikan elips pada setiap kemungkinan nilai mayor dan minor. Setelah itu dilakukan *voting* terhadap titik-titik yang dilalui oleh setiap elips yang terbentuk dan pada akhir proses diakumulasi sesuai parameter-parameternya dalam *array* empat dimensi (Gambar 12).



Gambar 12 *Accumulator array* untuk *Hough transform* elips.

Fuzzy Color Histogram

Warna merupakan salah satu ciri yang paling fundamental untuk mendiskriminasi citra. Representasi warna dapat memberikan beragam informasi. *Fuzzy Color Histogram* (FCH) adalah salah satu metode yang merepresentasikan informasi warna dalam citra digital ke dalam bentuk histogram. Perbedaan

antara FCH dengan histogram warna yang pada umumnya adalah bahwa di dalam FCH setiap warna direpresentasikan dengan himpunan fuzzy (*fuzzy set*). Hubungan antara warna dimodelkan dengan fungsi keanggotaan (*membership function*) terhadap *fuzzy set*. *Fuzzy set F* pada ruang ciri R^n didefinisikan oleh $\mu_F : R^n \rightarrow [0, 1]$ yang biasa disebut *membership function*. Untuk tiap vektor ciri $f \in R^n$, nilai dari $\mu_F(f)$ disebut derajat keanggotaan dari f terhadap *fuzzy set F* (derajat keanggotaan F). Nilai $\mu_F(f)$ yang mendekati 1 lebih representatif terhadap vektor ciri f terhadap *fuzzy set F* (Zhang & Zhang 2004)

Kelebihan dari FCH dibandingkan dengan histogram warna biasa adalah FCH dapat mengatasi kesalahan penafsiran warna pada histogram warna biasa akibat adanya pengaruh *noise* seperti perubahan iluminasi dan kesalahan kuantisasi warna. FCH mempertimbangkan persamaan warna pada tiap piksel warna yang terasosiasikan ke semua *bin* histogram melalui *fuzzy set membership function* (Balqis 2006).

Fuzzy C-Means Clustering

Fuzzy c-means clustering (FCM) adalah suatu teknik pengelompokan data (*clustering*) tanpa proses pelatihan (*unsupervised learning*). Teknik ini diperkenalkan pertama kali oleh Jim Bezdek pada tahun 1981. Metode ini didasarkan pada minimisasi fungsi objektif dengan cara memperbaiki pusat *cluster* dan derajat keanggotaan setiap titik data secara berulang. *Output* dari FCM adalah sejumlah pusat *cluster* dengan derajat keanggotaan setiap titik data terhadap *cluster* tersebut. Algoritma FCM adalah sebagai berikut (Han & Ma 2002) :

1. *Input* jumlah *cluster c*, konstanta pembobot m , toleransi nilai *error*.
2. Inisialisasi pusat *cluster* v_i , untuk $1 \leq i \leq c$.
3. Data *input* $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$.
4. Menghitung pusat *cluster* $v_i^{(l)}$ dengan

$$v_i^{(l)} = \frac{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m x_k}{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m}$$

5. Perbaharui nilai keanggotaan $U^{(l)}$ dengan $i = 1, 2, \dots, c$ dan $k = 1, 2, \dots, n$.

Recall dan Precision

Dua parameter utama untuk keefektifan temu kembali yang telah digunakan sejak lama adalah *recall* dan *precision*. *Recall* adalah

perbandingan jumlah materi relevan yang ditemukembalikan terhadap jumlah materi yang relevan. Sedangkan *precision* adalah perbandingan jumlah materi relevan yang ditemukembalikan terhadap jumlah materi yang ditemukembalikan.

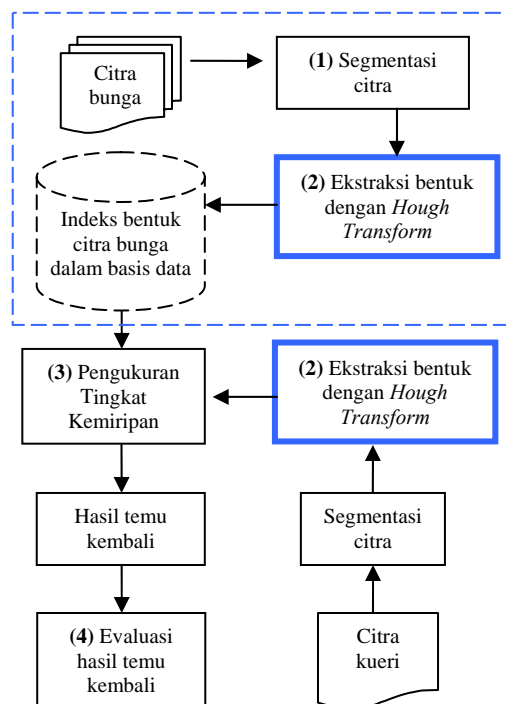
$$\text{recall} = \frac{\text{jumlah citra relevan hasil temu kembali}}{\text{jumlah citra relevan dalam basis data}}$$

$$\text{precision} = \frac{\text{jumlah citra relevan yang terambil}}{\text{jumlah seluruh citra yang terambil}}$$

Average precision adalah suatu ukuran evaluasi yang diperoleh dengan menghitung rata-rata tingkat *precision* pada berbagai tingkat *recall* (Grossman 2002).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahap yaitu: (1) Pra Proses, (2) Ekstraksi ciri bentuk dengan *Hough Transform*, (3) Pengukuran tingkat kemiripan, dan (4) Evaluasi hasil temu kembali, sebagaimana terlihat pada Gambar 13.



Gambar 13 Skema penelitian.

1 Pra Proses

Tahap pra proses bertujuan untuk mempersiapkan citra yang akan digunakan sebelum diproses lebih lanjut ke proses utama yaitu ekstraksi dengan *Hough Transform*. *Input* untuk *Hough Transform* adalah berupa citra biner dari hasil pendeteksian tepi,

sehingga hasil dari pendeteksian tepi sangat menentukan hasil dari *Hough Transform*. Untuk mendapatkan hasil pendeteksian tepi yang baik digunakan metode pendeteksi tepi yang tepat dan menggunakan citra yang terfokus pada bagian objek yang diminati.

Edge Detection

Citra diproses untuk pendeteksian tepi menggunakan metode *Canny Edge Detector*. Pendeteksi *Canny* akan menandai piksel-piksel yang mengalami perubahan intensitas gradien yang cukup signifikan dan memberi nilai nol (0) pada piksel-piksel lain yang tidak mengalami perubahan intensitas gradien yang signifikan. Dalam proses ini juga dihilangkan *noise* pada citra dan hanya meninggalkan pola tepian berupa citra biner.

2 Penerapan Metode Hough Transform

Pada tahap ini, citra biner hasil pendeteksian tepi diproses untuk memastikan keberadaan sejumlah garis dan bentuk-bentuk lainnya yang ada di dalam citra. Algoritma *Hough transform* harus dapat merepresentasikan setiap bentuk garis dan kurva pada bentukan pola bunga yang cenderung tidak teratur. Setiap pembentukan garis ataupun kurva dicatat sebagai penanda keberadaan suatu kurva di dalam citra.

Tiap piksel yang ditandai oleh pendeteksi tepi atau yang bernilai 1, diperiksa untuk mencari semua kemungkinan garis, kurva atau representasi bentuk lainnya yang melalui piksel tersebut. Setiap piksel pada citra yang dilalui representasi bentuk diberi *voting* 1. Begitu seterusnya sampai semua piksel pada citra biner diperiksa. Pada bagian akhir, semua nilai diakumulasi untuk masing-masing piksel untuk mengetahui kemungkinan bentuk yang terbaca pada citra. Nilai-nilai tersebut menandakan frekuensi banyaknya representasi bentuk yang melalui titik tersebut dan nilai-nilai yang tertinggi menandakan bahwa kemungkinan besar bentuk-bentuk yang (membentuk *voting*) melalui titik-titik tersebut memang berada di dalam citra. Titik-titik yang memiliki nilai *voting* tertinggi disebut sebagai *peak* atau *local maxima*. Kemudian *peak* yang ditemukan diperiksa kembali apakah kurva yang berasal dari titik tersebut benar mendekati data sebenarnya dalam citra. *Peak* yang nantinya menjadi fitur ciri dari citra adalah *peak* yang setelah diperiksa kembali merupakan titik asal dari kurva yang paling banyak mendekati data pada citra sebenarnya.

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan seratus buah *peak* yang memiliki nilai *voting* tertinggi melalui *Hough transform*. Dari seratus buah *peak* tersebut dibuat *threshold* untuk pengambilan jumlah kurva yang paling dekat dengan citra sebenarnya. Nilai *threshold* yang diambil mulai dari 5, 10, 15, dan 20. Pengambilan nilai *threshold* yang bervariasi bertujuan untuk melihat banyaknya jumlah kurva yang paling optimal dalam mendekati data dalam citra.

3 Pengukuran Tingkat Kemiripan

Pengukuran tingkat kemiripan (*similarity measurement*) citra dilakukan dengan dengan mengukur nilai kedekatan antara citra dalam basis data dengan beberapa citra kueri menggunakan jarak *Euclidean*.

Matriks ciri hasil *Hough transform* dari masing-masing citra pada basis data disimpan sebagai indeks dalam proses temu kembali berdasarkan tingkat kemiripan dari ciri yang dihasilkan oleh *Hough transform*.

4 Evaluasi hasil temu kembali

Pada tahap evaluasi dilakukan penilaian tingkat keberhasilan dalam proses temu kembali terhadap sejumlah koleksi pengujian dengan menghitung nilai *recall* dan *precision* dari proses temu kembali citra berdasarkan penilaian relevansinya (gugus jawaban). Perhitungan nilai *recall* dilakukan dengan membandingkan citra hasil temu kembali dengan citra relevan di dalam basis data. Sementara untuk *precision*, nilai diperoleh dengan membandingkan citra hasil temu kembali dengan citra relevan yang berhasil ditemukembalikan.

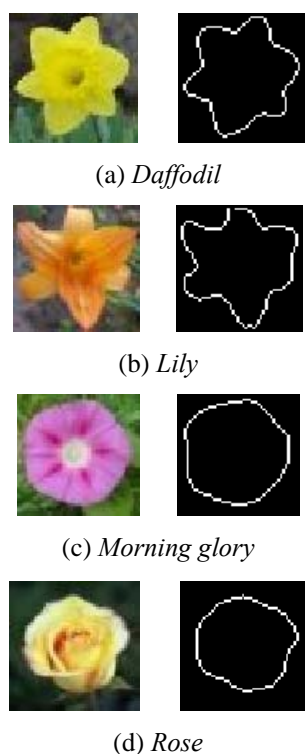
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menekankan pada penerapan metode *Hough transform* untuk mengekstraksi bentuk dalam citra dengan objek berupa bunga. Citra yang digunakan diperoleh dari www.flowers.vg sebanyak 200 buah dengan format JPG yang kemudian distandarkan ke dalam ukuran 50x50 piksel. Terdapat empat jenis bunga yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Daffodil*, *Lily*, *Morning glory*, dan *Rose*.

Hasil Pra Proses

Pada tahap pra proses dilakukan proses pendeteksian tepi menggunakan pendeteksi tepi *Canny* dengan nilai *threshold* 0.5. Nilai tersebut didapat berdasarkan percobaan

sebelumnya untuk melihat nilai *threshold* yang paling sesuai untuk mendapatkan pola tepian yang cukup baik dari citra bunga di dalam koleksi. Dari citra biner hasil deteksi tepian pada Gambar 14 dapat dilihat bahwa pendeteksi *Canny* cukup optimal dalam mendeteksi tepian pada citra bunga tersebut. Citra biner menunjukkan bentuk dari keempat jenis bunga tersebut dengan jelas. Hasil citra biner yang demikian kemudian menjadi *input* bagi penerapan metode *Hough transform*.



Gambar 14 Hasil deteksi tepi *Canny*.

Hasil Metode *Hough Transform*

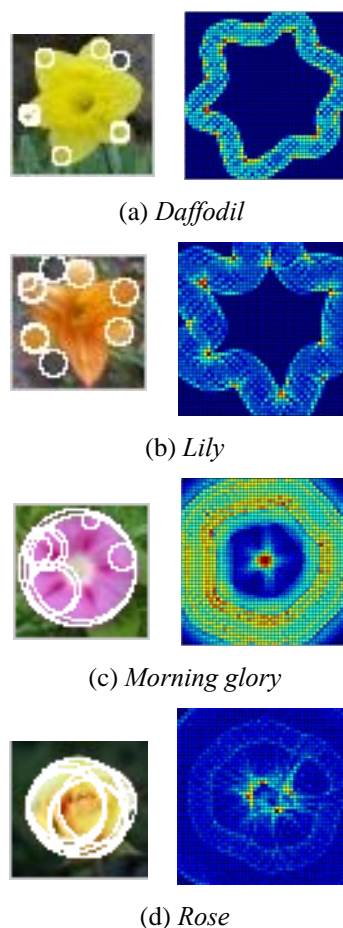
Pada penelitian ini dilakukan dua buah pendekatan *Hough transform* yaitu lingkaran dan elips. Masing-masing pendekatan menggunakan *input* yang sama namun menghasilkan *output* yang berbeda.

Hasil *Hough Circle*

Pada *Hough transform* menggunakan pendekatan lingkaran, dari tiap titik tepi pada citra biner akan dibuat sejumlah lingkaran dengan nilai radius yang berbeda-beda pada rentang nilai $r = 1$ piksel hingga $r = N$ piksel dengan N adalah ukuran panjang citra maksimum. Hal tersebut dilakukan untuk mendefinisikan semua kemungkinan lingkaran yang terdapat pada citra yang dipusatkan pada titik tepi tersebut. *Accumulator array* (x_0, y_0, r)

mencatat jumlah lingkaran dengan radius r yang melalui (x_0, y_0) .

Pada akhir proses *Hough transform*, dipilih jumlah *voting* pada *accumulator array* yang bernilai paling besar atau yang memiliki *voting* paling banyak untuk masing-masing nilai radius yang disebut sebagai nilai *peak*. Kemudian diperiksa kembali apakah kurva (lingkaran) yang ditandai oleh *peak* tersebut benar mendekati data sebenarnya di dalam citra. Dari proses tersebut dihasilkan matriks dua dimensi berukuran sama dengan ukuran citra yang diolah, di mana di dalam matriks tersebut terdapat sejumlah *peaks* yang menandai keberadaan kurva (lingkaran) yang sesuai dengan citra (Gambar 15). Untuk setiap percobaan dilakukan pengambilan jumlah *peak* yang berbeda untuk hasil matriks *Hough transform* yang berbeda pula.



Gambar 15 Hasil *Hough transform* lingkaran.

Hasil *Hough Ellipse*

Hough transform elips menggunakan cara yang hampir sama dengan *Hough transform* lingkaran sebagaimana dijelaskan sebelumnya. Dari setiap titik tepi pada citra biner hasil pendeteksi tepi dibuat sejumlah elips dengan

panjang sumbu mayor dan sumbu minor yang berbeda-beda yang dipusatkan pada titik tepi tersebut.

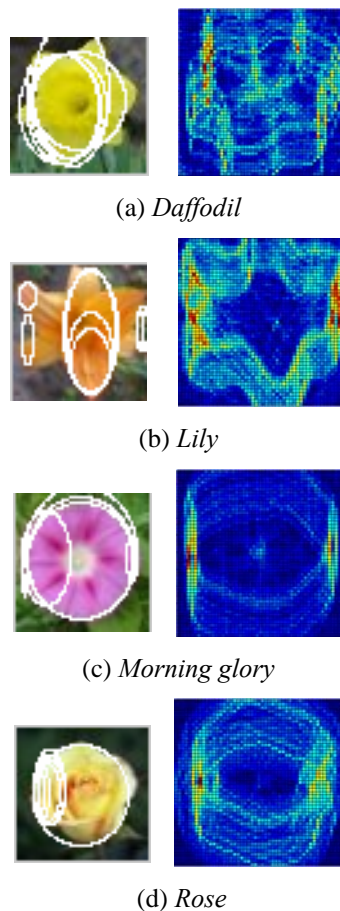
Panjang sumbu mayor elips didefinisikan pada rentang $major = 2$ piksel hingga $major = N$ piksel dengan N adalah ukuran panjang citra maksimum. Sedangkan panjang sumbu minor didefinisikan pada rentang $minor = 1$ piksel hingga $minor = N - 1$ piksel. Dengan seluruh kemungkinan panjang sumbu mayor dan minor tersebut *Hough transform* akan dapat mendefinisikan semua kemungkinan elips yang terdapat pada citra yang dipusatkan pada titik-titik tepi citra biner. *Accumulator array* (x_0, y_0, r_x, r_y) mencatat jumlah elips dengan panjang sumbu mayor r_x dan minor r_y yang melalui (x_0, y_0) .

Pada akhir proses *Hough transform* elips, dipilih jumlah *voting* pada *accumulator array* yang bernilai paling besar atau yang memiliki *voting* paling banyak untuk masing-masing panjang sumbu mayor dan minor yang disebut sebagai *peak*. Kemudian diperiksa kembali apakah kurva (elips) yang ditandai oleh *peak* tersebut benar mendekati data sebenarnya di dalam citra. Dari proses tersebut dihasilkan matriks dua dimensi berukuran sama dengan ukuran citra yang diolah, di mana di dalam matriks tersebut terdapat sejumlah *peak* yang menandai keberadaan kurva (elips) yang sesuai dengan citra (Gambar 16). Untuk setiap percobaan dilakukan pengambilan jumlah *peak* yang berbeda.

Perbedaan hasil *Hough transform* lingkaran dan elips terlihat jelas pada Gambar 15 dan 16. Pada *Hough transform* lingkaran matriks ciri yang dihasilkan memiliki nilai *voting* yang lebih terfokus pada titik-titik di sekitar titik tepi sebagai titik asal dari transformasi. Hal tersebut disebabkan pendekatan lingkaran yang digunakan ditentukan oleh besar radius dari lingkaran dan pengambilan radius yang paling optimal dengan memilih *voting* terbesar pada *accumulator array*.

Sementara pada *Hough transform* elips matriks ciri yang dihasilkan lebih menyebar di sekitar titik tepi sebagai titik asal transformasi. Selain itu sebaran *voting* juga tidak merata seperti pada *Hough transform* lingkaran, di mana dapat terlihat bahwa sebagian nampak melebar dan sebagian lagi agak menyempit seperti pada Gambar 16. Hal tersebut dikarenakan pendekatan elips yang digunakan ditentukan oleh besar sumbu mayor dan sumbu minor yang panjangnya tidak sama. Daerah

pada gambar yang terlihat melebar merupakan hasil dari pembentukan elips yaitu sumbu mayor yang lebih panjang dari sumbu minor. Sementara untuk sumbu minor dapat terlihat dengan adanya wilayah *voting* yang menyempit dibanding sekitarnya.



Gambar 16 Hasil *Hough transform* elips.

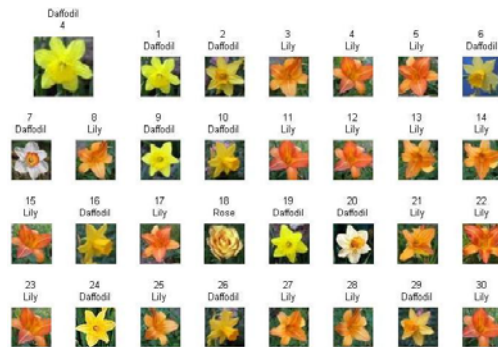
Pengukuran Tingkat Kemiripan

Dengan menggunakan sejumlah koleksi pengujian dilakukan proses temu kembali citra untuk mengukur tingkat kemiripan berdasarkan kedekatan ciri yang didapat melalui *Hough transform* menggunakan perhitungan jarak *Euclidean*. Temu kembali dilakukan dengan menggunakan masing-masing lima buah citra yang mewakili keempat kelas bunga di dalam koleksi. Selain itu temu kembali juga dilakukan untuk kedua pendekatan *Hough transform* yaitu lingkaran dan elips menggunakan beberapa nilai *threshold* untuk jumlah *peaks* yang berbeda-beda. Kemudian hasil temu kembali dievaluasi untuk melihat tingkat keberhasilan temu kembali menggunakan fitur bentuk yang dihasilkan oleh *Hough transform* dan menentukan jumlah *peak* yang paling optimal untuk digunakan dalam temu kembali.

Penentuan relevansi citra

Penentuan relevansi citra hasil temu kembali dibuat berdasarkan kelas bunga di dalam koleksi di mana terdapat empat kelas bunga yang berbeda yaitu (1) *Daffodil*, (2) *Lily*, (3) *Morning glory*, (4) *Rose*.

Di dalam basis data terdapat 200 buah citra dari keempat kelas bunga tersebut dengan masing-masing 50 buah citra untuk setiap kelas bunga. Dengan demikian untuk setiap kueri terdapat 50 buah citra relevan di dalam basis data yang penilaian relevansinya didasarkan atas kesamaan kelas bunga.



Gambar 17 Contoh hasil temu kembali menggunakan fitur bentuk *Hough transform* lingkaran.

Penilaian relevansi tersebut kemudian digunakan sebagai acuan pada saat melakukan evaluasi terhadap hasil temu kembali untuk masing-masing citra kueri. Sebagaimana terlihat pada contoh hasil temu kembali untuk fitur bentuk dari *Hough transform* lingkaran pada Gambar 17, citra hasil temu kembali tidak sepenuhnya berasal dari kelas yang sama dengan citra kueri. Kemudian untuk melihat tingkat keberhasilan temu kembali dengan fitur bentuk dari *Hough transform* lingkaran tersebut dilakukan evaluasi dengan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2 nilai rataan *precision* untuk hasil temu kembali citra menggunakan fitur bentuk dari *Hough transform* lingkaran dengan rata-rata keseluruhan mencapai 21,6%. Rataan yang paling besar hanya mencapai 26% sementara yang paling kecil hanya mencapai 19%. Dari hasil tersebut juga dapat dilihat bahwa jumlah *peak* yang dianggap paling optimal dalam temu kembali adalah sebanyak lima buah, karena berdasarkan hasil percobaan jumlah *peak* sebanyak itu memberikan nilai rataan *precision* yang paling besar dibandingkan jumlah *peak* lainnya.

Tabel 2 Nilai rataan *precision* menggunakan HT lingkaran

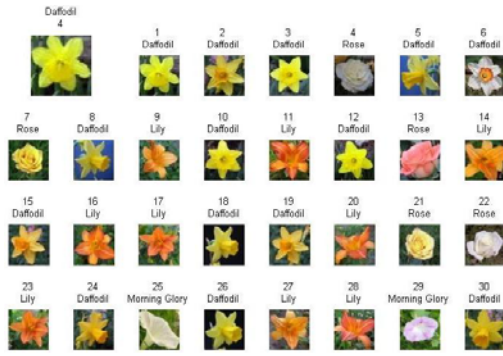
Recall	5 peaks	10 peaks	15 peaks	20 peaks
	precision	precision	precision	precision
0	1	1	1	1
0.1	0.485424	0.491793	0.452318	0.468546
0.2	0.416563	0.333814	0.324464	0.303095
0.3	0.336449	0.252716	0.228966	0.202798
0.4	0.247234	0.137063	0.149876	0.076059
0.5	0.170847	0.09521	0.058405	0.054083
0.6	0.11369	0	0	0
0.7	0.107887	0	0	0
0.8	0	0	0	0
0.9	0	0	0	0
1	0	0	0	0
Rataan	0.261645	0.210054	0.201275	0.191326

Tabel 3 Nilai rataan *precision* menggunakan HT elips

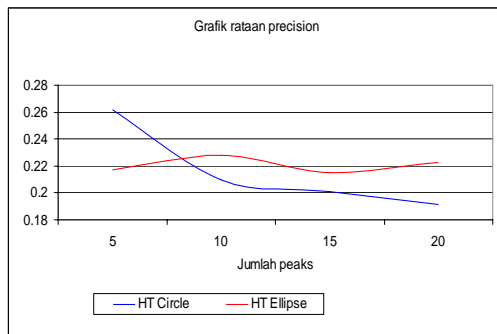
Recall	5 peaks	10 peaks	15 peaks	20 peaks
	Precision	Precision	Precision	Precision
0	1	1	1	1
0.1	0.480476	0.504396	0.496945	0.562843
0.2	0.374261	0.392318	0.418665	0.417287
0.3	0.312542	0.304608	0.310716	0.304095
0.4	0.138018	0.210553	0.143268	0.160743
0.5	0.085901	0.097448	0	0
0.6	0	0	0	0
0.7	0	0	0	0
0.8	0	0	0	0
0.9	0	0	0	0
1	0	0	0	0
Rataan	0.217382	0.22812	0.215418	0.22227

Sementara itu, untuk hasil temu kembali menggunakan fitur bentuk dari *Hough transform* elips dapat dilihat pada Gambar 18. Evaluasi yang dilakukan untuk hasil temu kembali menggunakan fitur bentuk dari *Hough transform* elips memberikan hasil sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan nilai rataan *precision* hasil temu kembali menggunakan fitur bentuk dari *Hough transform* elips rata-rata keseluruhan mencapai 22%. Nilai rataan yang tertinggi mencapai 23% sementara yang paling rendah mencapai 21,5%. Berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat bahwa *peak* yang paling optimal dalam temu kembali sebanyak sepuluh buah. Hal tersebut dikarenakan jumlah *peak* sebanyak itu memberikan nilai rataan *precision* yang tertinggi dibandingkan dengan jumlah *peak* lainnya.



Gambar 18 Contoh hasil temu kembali menggunakan fitur bentuk *Hough transform* elips.

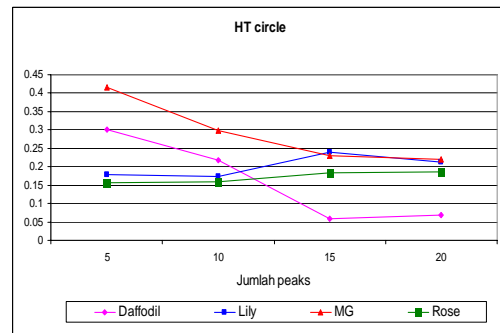


Gambar 19 Grafik nilai rataan *precision* untuk fitur HT lingkaran dan elips.

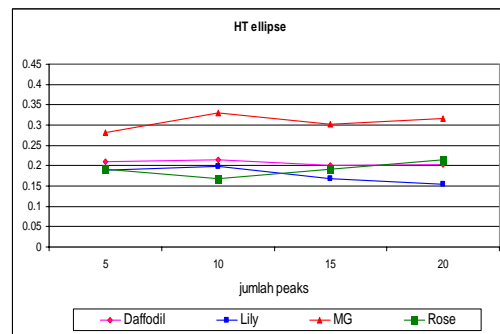
Nilai rataan *precision* dari hasil temu kembali menggunakan fitur bentuk dari *Hough transform* lingkaran dan elips menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda. Namun, satu hal yang dapat diperhatikan berdasarkan hasil temu kembali adalah bahwa dengan fitur bentuk hasil *Hough transform* lingkaran, semakin banyak jumlah *peak* yang digunakan maka nilai *precision* menjadi semakin menurun sebagaimana terlihat pada Gambar 19. Sementara untuk fitur bentuk hasil *Hough transform* elips, penambahan jumlah *peak* tidak selalu menurunkan nilai rataan *precision* sehingga grafiknya relatif lebih stabil.

Berdasarkan Gambar 20 dapat terlihat bahwa dari kedua percobaan menggunakan fitur bentuk dari *Hough transform* lingkaran dan elips, kelas bunga *Morning glory* memiliki nilai rataan *precision* yang selalu lebih tinggi dibandingkan kelas bunga lainnya. Alasan yang mendasar mengapa kelas *Morning glory* memiliki nilai *precision* yang selalu lebih tinggi dibandingkan kelas bunga lainnya baik menggunakan fitur bentuk dari *Hough transform* lingkaran dan elips adalah dikarenakan kelas *Morning glory* secara umum memiliki bentuk yang paling sederhana dibandingkan kelas bunga lainnya. Bentuk dasar yang cenderung bulat menjadikan kelas

Morning glory memiliki kemungkinan kurva yang tidak jauh berbeda satu sama lain, dengan kata lain *Hough transform* dapat menemukan kurva-kurva baik lingkaran maupun elips yang relatif mirip baik dari segi posisi maupun ukuran. Sehingga pada saat temu kembali dengan kueri dari kelas *Morning glory* didapatkan hasil yang lebih baik dibandingkan kueri dari kelas bunga yang lainnya.



(a) HT lingkaran



(b) HT elips

Gambar 20 Grafik rataan *precision* untuk masing-masing kelas bunga.

Selain itu, berdasarkan Gambar 20 juga dapat dilihat bahwa kelas *Rose* cenderung memiliki nilai rataan *precision* yang tidak banyak berubah baik menggunakan fitur bentuk hasil *Hough transform* lingkaran maupun elips karena kedua-duanya menunjukkan nilai yang relatif stabil. Hal tersebut dikarenakan bentuk dasar dari kelas bunga *Rose* yang terdapat di dalam koleksi secara umum sebagian cenderung bulat dan sebagian lagi cenderung lonjong. Dengan begitu, beberapa koleksi bunga *Rose* yang memiliki bentuk cenderung bulat mudah ditemukembalikan pada saat temu kembali dengan fitur bentuk dari *Hough transform* lingkaran. Di sisi lain, sebagian lagi yang bentuknya cenderung lonjong (tidak bulat) mendukung temu kembali menggunakan fitur bentuk dari *Hough transform* elips. Dengan kata lain kelas bunga *Rose* mendukung untuk

temu kembali dengan kedua pendekatan *Hough transform* tersebut sehingga hasil dari temu kembali menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda.

Penambahan ciri warna

Pada penelitian ini juga dilakukan percobaan dengan penambahan ciri warna pada saat proses temu kembali citra. Ciri warna diperoleh dari *Fuzzy Color Histogram* dengan 25 buah bin warna menggunakan *Fuzzy c-means clustering*. Penambahan ciri warna tersebut dimaksudkan untuk melihat pengaruh dari masing-masing ciri bentuk dan warna dalam proses temu kembali. Bobot yang digunakan dalam mengabungkan kedua ciri bentuk dan warna adalah 0.3 untuk ciri bentuk dan 0.7 untuk ciri warna. Pembobotan tersebut didasarkan pada beberapa percobaan yang dilakukan untuk melihat besar bobot yang paling optimal untuk masing-masing fitur bentuk dan warna.

Penambahan fitur warna dilakukan untuk kedua pendekatan *Hough transform* lingkaran dan elips. Hasil dari penambahan fitur warna tersebut pada temu kembali menggunakan fitur bentuk hasil *Hough transform* lingkaran dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Nilai rataan *precision* menggunakan HT lingkaran dan FCH 25 bin

Recall	5 circle	10 circle	15 circle	20 circle
	precision	precision	precision	precision
0	1	1	1	1
0.1	0.812359	0.817217	0.830247	0.831763
0.2	0.66124	0.680501	0.671499	0.683759
0.3	0.567092	0.605269	0.586085	0.576702
0.4	0.500115	0.490064	0.440431	0.483042
0.5	0.414149	0.355754	0.352804	0.355696
0.6	0.326108	0.318301	0.325953	0.334385
0.7	0.315747	0.23011	0.169545	0.212551
0.8	0.261429	0.089357	0.090208	0.092243
0.9	0	0	0	0
1	0	0	0	0
Rataan	0.441658	0.416961	0.40607	0.415467

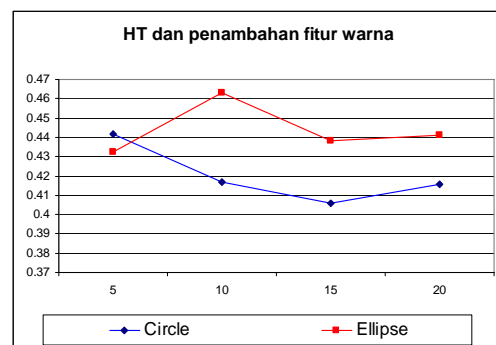
Berdasarkan hasil percobaan pada Tabel 4 didapat nilai rataan *precision* untuk hasil temu kembali citra menggunakan fitur bentuk dari *Hough transform* lingkaran dengan penambahan fitur warna FCH 25 bin secara keseluruhan memiliki nilai rata-rata mencapai 42%. Rataan yang paling besar mencapai 44% sementara yang paling kecil mencapai 40,6%. Dari hasil tersebut juga dapat dilihat bahwa

terjadi peningkatan nilai rataan *precision* sebanyak dua kali lipat dari sebelumnya yang hanya mencapai 21,6%. Sementara untuk hasil temu kembali dengan fitur bentuk *Hough transform* elips, juga terjadi peningkatan nilai rataan *precision* sebanyak dua kali lipat hingga mencapai rata-rata 44% dengan rataan tertinggi mencapai 46% dan yang terendah mencapai 43%, Tabel 5.

Tabel 5 Nilai rataan *precision* menggunakan HT elips dan FCH 25 bin

Recall	5 ellipse	10 ellipse	15 ellipse	20 ellipse
	Precision	Precision	Precision	Precision
0	1	1	1	1
0.1	0.829244	0.853802	0.81641	0.814071
0.2	0.680257	0.729193	0.693198	0.684912
0.3	0.622021	0.645079	0.599679	0.601518
0.4	0.474412	0.539413	0.531421	0.529659
0.5	0.431879	0.43339	0.413536	0.412524
0.6	0.303193	0.31948	0.34838	0.344537
0.7	0.235868	0.304956	0.231596	0.236007
0.8	0.179002	0.221097	0.184646	0.226353
0.9	0	0.045	0	0
1	0	0	0	0
Rataan	0.432352	0.462856	0.438079	0.440871

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa penambahan fitur warna dapat meningkatkan rataan *precision* temu kembali hingga mencapai dua kali lipat dari hasil temu kembali menggunakan fitur bentuk dari *Hough transform* saja. Hal itu menandakan pengaruh fitur warna cukup besar dalam proses temu kembali sehingga mampu meningkatkan hasil temu kembali sedemikian rupa menjadi lebih baik dari sebelumnya.

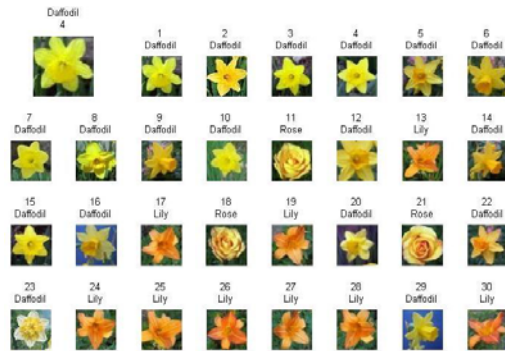


Gambar 21 Grafik nilai rataan *precision* menggunakan HT dan FCH.

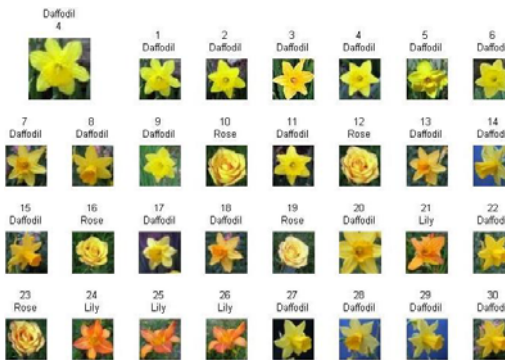
Berdasarkan hasil percobaan, meski terjadi peningkatan nilai rataan *precision*, namun jumlah *peak* optimal untuk masing-masing pendekatan *Hough transform* tidak

mengalami perubahan. Untuk *Hough transform* lingkaran, jumlah *peak* optimal tetap sebanyak lima buah dan untuk *Hough transform* elips, jumlah *peak* optimal tetap sebanyak sepuluh buah, Gambar 21.

Contoh hasil temu kembali dengan fitur bentuk HT dan fitur warna dari FCH 25 bin ditunjukkan pada Gambar 22 dan 23.

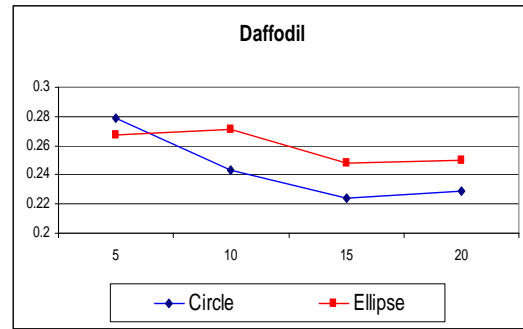


Gambar 22 Contoh hasil temu kembali menggunakan HT lingkaran dan FCH 25 bin.

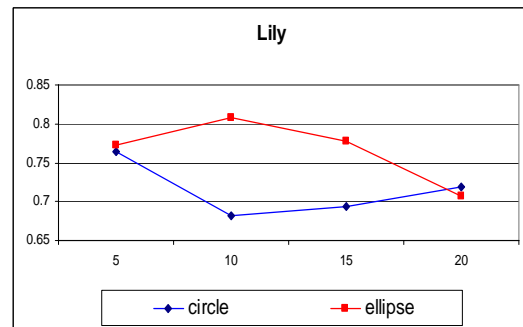


Gambar 23 Contoh hasil temu kembali menggunakan HT elips dan FCH 25 bin.

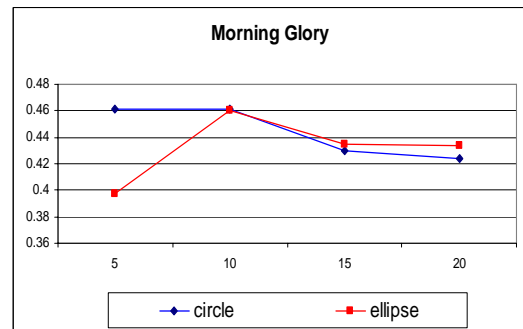
Berdasarkan Gambar 24, nilai rata-rata *precision* hasil temu kembali menggunakan penambahan fitur warna dari FCH 25 bin untuk masing-masing kelas bunga, terlihat bahwa secara umum temu kembali menggunakan fitur bentuk hasil *Hough transform* elips memberikan nilai rata-rata *precision* yang lebih baik dari *Hough transform* lingkaran. Hal tersebut ditunjukkan dengan grafiknya yang secara umum selalu berada di atas grafik *Hough transform* lingkaran terutama untuk kelas bunga *Daffodil* dan *Lily*.



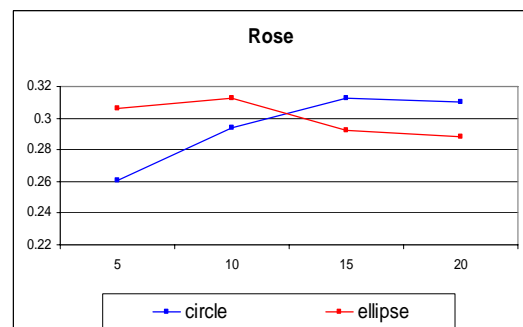
(a) Kelas *Daffodil*



(b) Kelas *Lily*



(c) Kelas *Morning glory*



(c) Kelas *Rose*

Gambar 24 Grafik rata-rata *precision* menggunakan HT dan FCH 25 bin.

Nilai rata-rata *precision* untuk kedua kelas lainnya yaitu kelas bunga *Morning glory* dan *Rose*, perbedaan grafik *Hough transform*

lingkaran dan elips pada Gambar 24 terlihat tidak terlalu signifikan. Hal tersebut didasarkan pada nilai rataan *precision* untuk kedua kelas bunga tersebut, *Hough transform* elips tidak terlalu memberikan hasil yang berbeda jauh dengan *Hough transform* lingkaran.

Berdasarkan pengamatan tersebut, dapat dikatakan bahwa fitur bentuk yang dihasilkan *Hough transform* lingkaran bekerja lebih baik dibandingkan *Hough transform* elips untuk representasi bentuk bunga yang relatif teratur (sederhana) atau bahkan cenderung bulat. Dalam hal ini, kelas bunga *Morning glory* relatif memiliki bentuk yang bulat, sementara kelas bunga *Rose* sebagian besar memiliki bentuk yang juga relatif bulat. Oleh sebab itu, grafik *Hough transform* lingkaran menunjukkan hasil yang hampir sama dengan grafik *Hough transform* elips.

Sementara itu, berdasarkan pengamatan yang sama dapat juga dikatakan bahwa untuk bentuk-bentuk yang relatif tidak teratur dan lebih kompleks, fitur bentuk yang dihasilkan *Hough transform* elips lebih baik daripada fitur bentuk hasil *Hough transform* lingkaran. Grafik rataan *precision* untuk kelas bunga *Daffodil* dan *Lily* menunjukkan nilai yang lebih tinggi untuk hasil temu kembali menggunakan fitur bentuk hasil *Hough transform* elips. Hal tersebut dikarenakan pendekatan bentuk elips mampu mengakomodasi bentuk-bentuk yang relatif lebih tidak teratur.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari keseluruhan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode *Hough transform* telah berhasil mengekstraksi ciri bentuk dari citra bunga menggunakan pendekatan lingkaran dan elips.
2. Nilai rataan *precision* untuk temu kembali menggunakan ciri bentuk dari proses *Hough transform* lingkaran mencapai rata-rata 21,6%. Kemudian setelah dilakukan penambahan fitur warna, nilai rataan *precision* meningkat hingga mencapai rata-rata 42%. Jumlah *peak* yang paling optimal untuk temu kembali menggunakan fitur bentuk hasil *Hough transform* lingkaran adalah sebanyak lima buah.

3. Nilai rataan *precision* untuk temu kembali menggunakan ciri bentuk dari proses *Hough transform* elips mencapai rata-rata 22%. Kemudian setelah dilakukan penambahan fitur warna, nilai rataan *precision* meningkat hingga mencapai rata-rata 44%. Jumlah *peak* yang paling optimal untuk temu kembali menggunakan fitur bentuk hasil *Hough transform* elips adalah sebanyak sepuluh buah.
4. Proses temu kembali menggunakan ciri bentuk merupakan proses yang cukup sulit dikarenakan variasi bentuk bunga dalam koleksi citra di dalam basis data sangat bervariasi.
5. Penambahan ciri warna dapat meningkatkan hasil temu kembali, hal tersebut dibuktikan dengan peningkatan nilai rataan *precision* hingga mencapai dua kali lipat dari sebelumnya.
6. Berdasarkan keseluruhan hasil percobaan, *Hough transform* dengan pendekatan elips mampu mengakomodasi bentuk bunga yang relatif tidak teratur dan lebih kompleks seperti pada kelas bunga *Daffodil* dan *Lily*.

Saran

1. Penggunaan metode segmentasi yang lebih baik sehingga dapat menghasilkan ciri bentuk dari *Hough transform* yang lebih baik.
2. Penggunaan metode yang lebih baik dalam proses temu kembali untuk meningkatkan hasil dari temu kembali.
3. Penggunaan metode klasifikasi secara bertahap berdasarkan ciri warna dan bentuk dalam penentuan relevansi.

DAFTAR PUSTAKA

- Argialas, D P & Mavrantza, O D. 2004. *Comparison of Edge Detection and Hough Transform Techniques for The Extraction of Geologic Features*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, Vol. 34, Part XXX.
- Balqis, D P. 2006. *Metode Fuzzy Color Histogram untuk temu kembali citra bunga*. Departemen Ilmu Komputer, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Duda, R. O & P. E. Hart, 1972. *Use of the Hough Transform to Detect Curves and Lines in Pictures*. Communications of the Association for Computing Machinery, 15(1), pp. 11-15.
- Fisher B, Simon P, Ashley W, Erik W. 1994. *Canny Edge Detectors*. www.cee.hw.ac.uk/hipr/html/canny.html. [21 Desember 2005]
- Gonzalez RC, Woods RE, Eddins SL. 2004. *Digital Image Processing Using Matlab*. Pearson Prentice Hall. New Jersey.
- Green B. 2002. *Canny Edge Detection Tutorial*. www.pages.drexel.edu/%7Eweg22/edge.html. [21 Desember 2005].
- Grossman D. *IR Book*. www.ir.iit.edu/~dagr/cs529/files/ir_book/ [7 Maret 2002].
- Han J & Ma KK, *Fuzzy Color Histogram and Its Use in Color Image Retrieval*. IEEE Transaction on Image Processing, vol. 11, no. 8, 2002
- Hearn D & Baker MP. 2004. *Computer Graphics with OpenGL*. Pearson Prentice Hall. New Jersey.
- Nixon MS & Aguado AS. 2002. *Feature Extraction and Image Processing*. Newnes. London.
- Pitas I. 1993. *Digital Image Processing Algorithms*. Prentice Hall. United Kingdom
- Storkey, A. 2005. *Amos Storkey: Hough Transform*. www.anc.ed.ac.uk/~amos/hough.html. [6 Desember 2005].
- Wikipedia. 2005a. *Content Based Image Retrieval*. en.wikipedia.org/wiki/Content_based_image_retrieval [10 Januari 2006].
- _____. 2005b. *Feature Extraction*. en.wikipedia.org/wiki/Feature_extraction. [10 Januari 2006].
- _____. 2005c. *Hough Transform*. en.wikipedia.org/wiki/Hough_transform. [10 Januari 2006].
- Zhang R & Zhang Z, *A Robust Color Object Analysis Approach to Efficient Image Retrieval*. EURASIP Journal on Applied Signal Processing, 6, 2004, 871-885

Lampiran 1 Seluruh citra dalam basis data.



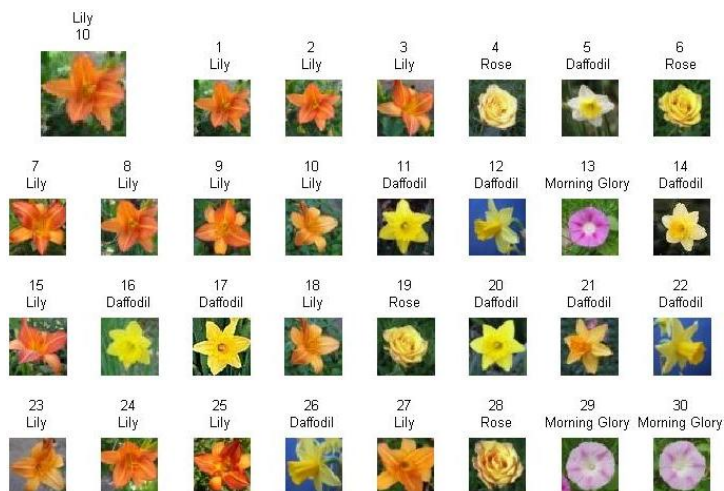
Galeri citra mitra IPB University

IPB University

Lanjutan Lampiran 1 Seluruh citra dalam basis data.



Lampiran 4 Contoh hasil temu kembali dengan HT elips.



(a) Contoh kelas bunga *Lily*.

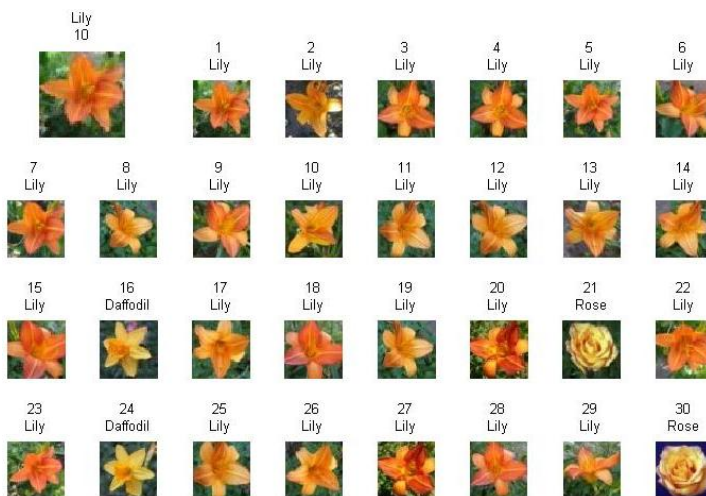


(b) Contoh kelas bunga *Morning glory*.



(c) Contoh kelas bunga *Rose*.

Lampiran 5 Contoh hasil temu kembali dengan HT lingkaran dan FCH 25 bin.



(a) Contoh kelas bunga *Lily*.

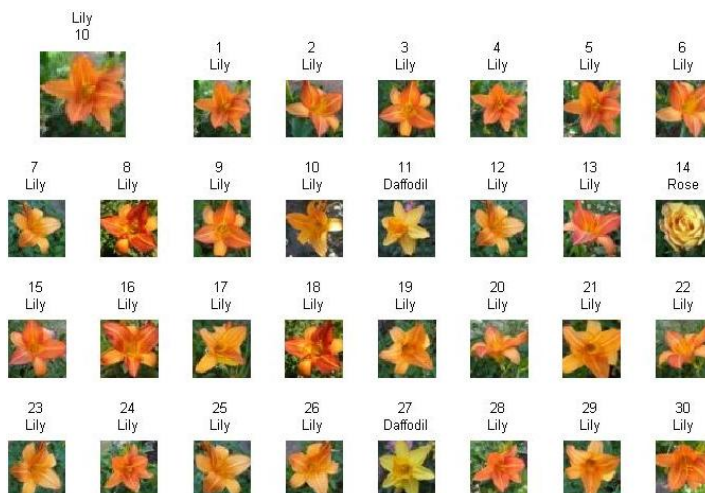


(b) Contoh kelas bunga *Morning glory*.



(c) Contoh kelas bunga *Rose*.

Lampiran 6 Contoh hasil temu kembali dengan HT elips dan FCH 25 bin.



(a) Contoh kelas bunga *Lily*.



(b) Contoh kelas bunga *Morning glory*.



(c) Contoh kelas bunga *Rose*.