

RANCANG BANGUN SISTEM IDENTIFIKASI JENIS BURUNG BERKICAU BERDASARKAN POLA CORAK WARNA DAN BENTUK TUBUH

DESIGN IMPLEMENTATION IDENTIFICATION SYSTEM OF SONGBIRD BASED ON COLOR PATTERN AND BODY SHAPED

^[1]I Putu Hady Ambara Putra ^[2]Iwan Iwut Tritoasmoro, S.T., M.T. ^[3]Eko Susatio, S.T., M.T.

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
^[1]hadyjombeh@gmail.com ^[2]iwaniwut@telkomuniversity.ac.id ^[3]maharusdi@gmail.com

Abstrak

Burung berkicau merupakan jenis burung yang memiliki karakteristik suara yang merdu dan tidak jarang mampu meniru suara lingkungan sekitarnya. Untuk dipelihara biasanya masyarakat akan memilih burung berkicau dengan suara bagus dan juga bentuk dan warna bulu yang menawan. Namun dengan banyaknya jenis burung berkicau yang tersebar di Indonesia akan mengakibatkan kesulitan dalam hal mengenali dan membedakan jenis burung yang satu dengan yang lainnya terutama bagi masyarakat komunitas pencinta burung yang masih awam.

Untuk lebih memudahkan komunitas pecinta burung yang ingin memelihara burung berkicau dan juga agar didapat kualitas burung yang baik, maka dibutuhkan suatu sistem untuk mengidentifikasi dan membedakan jenis burung berkicau secara otomatis. Pada tugas akhir ini penulis akan membuat rancang bangun sistem identifikasi jenis burung berkicau otomatis berdasarkan pada pola corak warna dan bentuk tubuh burung tersebut berdasarkan pada pengolahan citra digital. Metode yang digunakan untuk ekstraksi ciri pada tugas akhir ini adalah ekstraksi ciri statistik orde pertama dan kedua, ekstraksi bentuk berdasarkan jarak titik berat, serta untuk metode klasifikasi digunakan metode k-Nearest Neighbor (K-NN). Sistem ini dirancang menggunakan software Matlab R2011b.

Berdasarkan hasil pengujian secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa rancang bangun sistem dapat mengidentifikasi jenis burung berkicau berdasarkan pola corak warna dan bentuk tubuh. Hasil akurasi tertinggi sebesar 90,67% diperoleh dengan parameter statistik mean orde pertama, correlation orde kedua, entropy orde kedua yang diterapkan pada layer red, green, blue dan grayscale dan dikombinasikan dengan ekstraksi ciri bentuk berdasarkan jarak titik berat dengan interval sudut 20 derajat. Hasil akurasi tersebut diperoleh dengan metode distance euclidean pada nilai k = 1 dengan waktu komputasi rata-rata 5,1887 detik.

Kata Kunci : **Burung berkicau, Corak warna, Bentuk tubuh, Ciri statistik, Ciri bentuk, K-NN**

Abstract

Songbird is kind of bird that has the characteristics of a melodious voice and often able to imitate the sound of the surrounding environment. For the purposes of preserved, public usually will choose a songbird with a good voice and also captivating body shape and feathers color. But with so many types of songbird spread in Indonesia would make difficulties in terms of recognizing and distinguishing bird species from each other, especially for the beginner bird lovers community.

To further facilitate the bird lovers community who want to preserve songbird and also to obtain a good quality bird, a system is needed to identify and distinguish the types of songbird automatically. In this final project, the writer will build design implementation identification system of songbird automatically based on color pattern and body shape with digital image processing. This system using first and second order statistical feature extraction method, shapes extraction based on distance of centroid, and for the classification method using k-Nearest Neighbor (K-NN). This system was built in Matlab R2011b software.

Based on the whole test result, it can be concluded that the system can identify the type of songbird based on color pattern and body shape. The highest accuracy is 90,67%, was obtained by combining statistical parameters include first order mean, second-order correlation, second order entropy that applied to layer red, green, blue and grayscale and combined with shapes extraction based on distance of centroid at intervals angle 20 degrees. The accuracy results was obtained by euclidean distance method at k = 1 with average computation time 5.1887 seconds.

Keywords: Songbird, Color pattern, Body shape, Statistical feature, Shape feature, K-NN

1. Pendahuluan

Burung berkicau banyak dipelihara karena suaranya yang merdu dan juga corak warna bulu dan bentuk tubuhnya yang menarik. Bagi komunitas pecinta burung berkicau tidaklah sulit untuk membedakan jenis – jenis burung berkicau yang begitu banyak, namun bagi yang masih pemula akan mengalami sedikit kesulitan jika

harus membedakan dan mengenali jenis – jenis burung berkicau karena keanekaragaman bentuk, warna dan juga suaranya yang hampir mirip antara satu jenis dengan jenis yang lain.

Untuk memudahkan komunitas pecinta burung berkicau terutama yang masih awam untuk mengenali jenis – jenis dari burung berkicau, maka dibutuhkan suatu sistem dapat mengidentifikasi dan membedakan jenis burung berkicau melalui pola corak warna bulu dan bentuk tubuhnya.

Pada penelitian ini akan dibuat rancang bangun sistem identifikasi jenis burung berkicau berdasarkan warna bulu dan bentuk tubuh. Foto citra burung berkicau yang diambil berasal dari jenis burung anis merah, burung cendet, burung kacer, burung murai batu dan burung trucukan, menggunakan kamera *handphone* 8MP dengan resolusi 3264x2448 piksel. Citra burung berkicau yang diambil merupakan burung yang ada di dalam sangkar. Dengan menggunakan metode ekstraksi ciri statistik orde pertama dan orde kedua dan juga metode ekstraksi ciri bentuk berdasarkan jarak titik berat untuk mencari ciri statistik dan juga ciri bentuk dari citra. Untuk proses klasifikasi digunakan metode klasifikasi *K-Nearest Neighbor (K-NN)*.

2. Dasar Teori dan Perancangan

2.1 Burung

Burung merupakan salah satu diantara lima kelas hewan bertulang belakang (*vertebrata*), berdarah panas dan berkembang biak melalui cara bertelur [5]. Ciri fisik yang paling menonjol adalah badan yang berbulu dan memiliki sayap. Terdapat berbagai variasi dari jenis – jenis burung yang ada di dunia, mulai dari burung kolibri yang kecil mungil hingga burung unta yang lebih tinggi dari orang. Diperkirakan terdapat sekitar 8.800 – 10.200 spesies burung di seluruh dunia, dan di Indonesia sendiri tercatat ada 1598 jenis burung yang telah ditemukan. Berbagai jenis burung ini memiliki karakteristik yang berbeda, baik dari suara kicau, warna, dan juga bentuk tubuh.

2.1.1 Burung Anis Merah

Anis merah (*Zoothera citrina*) atau yang lebih dikenal dengan punglor merupakan burung berkicau yang populer di kalangan komunitas pencinta burung berkicau. Anis merah mampu memberi pesona dan daya pikat tinggi kepada pecinta burung karena gaya telernya yang khas. Anis merah memiliki ciri bulu berwarna merah bata pada bagian kepala hingga badan.



Gambar 1. Burung Anis Merah

2.1.2 Burung Cendet

Burung cendet merupakan jenis burung berkicau yang bersifat predator dan memiliki suara variasi isian yang sangat baik. Cendet termasuk burung favorit untuk para penghobi yang senang dengan burung yang bisa menirukan berbagai suara burung lain. Burung ini memiliki habitat asli di hutan, terutama di pepohonan tinggi. Burung cendet memiliki panjang tubuh kurang lebih 25 cm dengan ciri berekor panjang, berwarna hitam, coklat dan putih pada badan.



Gambar 2. Burung Cendet

2.1.3 Burung Kacer

Burung kacer yang populer di Indonesia ini ada dua jenis, yakni kacer hitam yang sering disebut kacer jawa dan kacer poci atau yang sering disebut kacer sumatra. Burung kacer berukuran kurang lebih 20cm, memiliki ciri bulu berwarna hitam diseluruh tubuh kecuali pada bagian sayap yang berwarna putih dan pada bagian dada berwarna putih untuk jenis kacer poci.



Gambar 3. Burung Kacer

2.1.4 Burung Murai Batu

Burung murai batu (*Copsychus malabaricus*) dikenal memiliki kemampuan berkicau yang baik dengan suara merdu yang sangat bervariasi. Burung murai batu memiliki ciri bulu berwarna hitam pada bagian punggung dan merah kecoklatan pada bagian dada serta memiliki ciri ekor yang panjang.



Gambar 4. Burung Murai Batu

2.1.5 Burung Trucukan

Burung trucukan (*Pycnonotus goiavier*) merupakan salah satu jenis burung berkicau yang banyak digemari dan dipelihara karena suaranya yang mengalun dengan ropelannya yang khas. Burung trucukan memiliki ukuran kurang lebih 20cm dengan badan berwarna putih dan coklat pucat. Burung jenis ini sering dijumpai sehari-hari baik di taman dan juga pepohonan rimbun di pinggir jalan.



Gambar 5. Burung Trucukan

2.2 Citra Digital

Citra digital merupakan citra yang telah direpresentasikan secara numerik yang awalnya berupa fungsi malar (kontinyu) menjadi nilai – nilai diskrit melalui proses sampling (digitalisasi). Pada umumnya citra digital berbentuk persegi panjang, dan dimensi ukurannya dinyatakan sebagai tinggi x lebar (atau lebar x panjang). Persilangan antara baris dan kolom tertentu pada citra digital disebut dengan piksel [1].

2.2.1 Citra RGB

Warna – warna yang diterima oleh mata manusia merupakan hasil dari kombinasi cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda – beda. Penelitian memperlihatkan bahwa kombinasi warna yang memberikan rentang warna yang paling lebar adalah red (R), green (G), dan blue (B). Ketiga warna tersebut dinamakan warna pokok (primaries), dan sering disebut sebagai warna dasar RGB [1]. Dari pencampuran warna pokok dengan perbandingan yang berbeda - beda akan dapat diperoleh kombinasi warna – warna lain. Citra RGB disimpan dalam Matlab dengan array berukuran $m \times n \times 3$ yang mendefinisikan warna merah, hijau, dan biru untuk setiap pixelnya. Warna pada setiap pixel ditentukan dari kombinasi merah, hijau, dan biru [6].

2.2.2 Citra Grayscale

Citra grayscale merupakan citra digital yang hanya memiliki satu nilai kanal pada setiap pixelnya, dengan kata lain nilai baguan RED=GREEN=BLUE. Nilai tersebut digunakan untuk menunjukkan tingkat intensitas. Warna yang dimiliki adalah warna dari hitam, keabuan, dan putih. Tingkatan keabuan di sini merupakan warna abu dengan berbagai tingkatan dari hitam hingga mendekati putih. Citra grayscale berikut memiliki kedalaman warna 8bit (256 kombinasi warna keabuan) [4].

2.2.3 Citra Biner

Citra biner adalah citra digital yang hanya memiliki dua kemungkinan nilai pixel yaitu hitam dan putih. Citra biner juga disebut sebagai citra black and white atau citra monokrom. Hanya dibutuhkan satu bit untuk mewakili nilai setiap pixel dari citra biner, 1 untuk warna hitam dan 0 untuk warna putih [4].

2.3 Morfologi Citra

Kata morfologi (*morphology*) secara sederhana dapat diartikan sebagai bentuk dan struktur suatu objek. Pada morfologi, suatu citra dinyatakan sebagai himpunan koordinat diskrit (atau kontinu). Dalam hal ini, himpunan tersebut berhubungan dengan point atau pixel objek citra. Karena objek dianggap sebagai suatu himpunan maka operasi-operasi himpunan seperti (*union*), irisan (*intersection*), dan komplemen (*complement*) dapat dilakukan. Operasi morfologi menggunakan dua input himpunan yaitu suatu citra (pada umumnya citra biner) dan suatu kernel. Khusus dalam morfologi, istilah kernel biasa disebut dengan *structuring element* (SE) [4].

- a. Dilasi merupakan morfologi citra yang memberikan efek pada citra biner yaitu memperbesar batas dari objek yang ada sehingga objek terlihat semakin besar dan lubang-lubang yang terdapat ditengah objek akan tampak mengecil. Operasi dilasi dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$A \oplus B \quad (1)$$

- b. Erosi merupakan morfologi citra yang membuat objek citra biner menyempit (mengecil). Lubang pada objek juga akan tampak membesar seiring menyempitnya batas objek tersebut. Operasi erosi dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$A \ominus B \quad (2)$$

- c. *Opening* merupakan morfologi citra dengan melakukan operasi dilasi setelah melakukan operasi erosi. Operasi opening akan mencegah penurunan ukuran objek secara keseluruhan. Secara matematis, proses opening dapat dinyatakan dengan:

$$A \ominus B \oplus B \quad (3)$$

- d. *Closing* merupakan morfologi citra dengan melakukan operasi erosi setelah operasi dilasi. Operasi closing dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$A \oplus B \ominus B \quad (4)$$

Dengan A = citra input dan B = *structuring element* [4].

2.4 K-Nearest Neighbor

Prinsip kerja *K-Nearest Neighbor* (*K-NN*) adalah mencari jarak terdekat antara data yang dievaluasi dengan K tetangga (*neighbor*) terdekatnya alam data pelatihan. Mirip dengan teknik klastering, mengelompokkan suatu data baru berdasarkan jarak data baru itu ke beberapa data/tetangga terdekat [3].

- a. *Euclidean distance* adalah matrik yang paling sering digunakan untuk menghitung kesamaan dua vektor. *Euclidean Distance* menghitung akar dari kuadrat perbedaan dua vector [3].

$$\sqrt{\sum (x_i - y_i)^2} \quad (5)$$

- b. *Cityblock distance* juga disebut sebagai *Manhattan distance/ Boxcar distance/ Absolute value distance*. *Cityblock distance* menghitung nilai perbedaan absolut dari dua vector [3].

$$\sum |x_i - y_i| \quad (6)$$

- c. Dalam *Cosine distance*, titik-titik dianggap sebagai vektor, dan dilakukan pengukuran terhadap sudut antara dua vektor tersebut. Untuk memperoleh jarak dua vektor x_s dan x_t , memakai rumus sebagai berikut [3].

$$\cos^{-1} \left(\frac{x_s \cdot x_t}{\|x_s\| \|x_t\|} \right) \quad (7)$$

- d. Dalam *Correlation distance*, titik-titik dianggap sebagai barisan nilai, jarak antar nilai dan , memakai rumus sebagai berikut [3].

$$\frac{1}{\sqrt{(x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}} \quad (8)$$

2.5 Gambaran Umum Sistem

Secara garis besar, rancang bangun sistem ini terdiri dari beberapa proses, yaitu:

1. Akuisisi Citra
2. *Preprocessing*
3. Ekstraksi ciri statistik
4. Ekstraksi ciri bentuk
5. Penggabungan ciri statistik dan ciri bentuk
6. Klasifikasi

2.6 Akuisisi Citra

Citra burung yang digunakan dalam tugas akhir ini diperoleh dengan menggunakan kamera handphone. Citra yang dihasilkan oleh kamera handphone adalah citra RGB dengan format*.jpg dengan ukuran lebar 2448 pixel dan panjang 3264 pixel. Total jumlah citra yang diproses pada sistem adalah sebanyak 125 citra.

2.7 Preprocessing

Preprocessing yang dilakukan pada sistem diawali dengan mengubah citra RGB menjadi citra grayscale. Setelah menjadi citra grayscale, kemudian citra dikonversi lagi menjadi citra biner. Citra biner selanjutnya diproses menggunakan operasi morfologi citra dengan mengkombinasikan operasi erosi, dilasi, closing, dan opening untuk menghilangkan informasi yang tidak diinginkan pada citra. Sebelum melakukan cropping, terlebih dahulu dilakukan labelling untuk memberi label pada objek yang terindikasi sebagai burung dan juga thresholding untuk menentukan batas cropping objek yang dinyatakan sebagai burung. Karena *threshold* yang dipakai dalam *preprocessing* di set untuk dapat digunakan pada semua data latih dan data uji, maka kemungkinan besar pada beberapa gambar akan terjadi *data loss* atau kehilangan beberapa informasi (*pixel*) yang seharusnya dibutuhkan. Selain hal tersebut, ikut terambilnya beberapa data yang tidak dibutuhkan dalam proses cropping juga mungkin terjadi, sehingga hal ini dapat menyebabkan bagian gambar yang di *cropping* tidak sempurna.

2.8 Ekstraksi Ciri Statistik

Ekstraksi ciri statistik merupakan metode ekstraksi ciri yang melakukan pengambilan informasi dari citra menggunakan perhitungan statistik distribusi derajat keabuan (*histogram*) dengan mengukur tingkat kekontrasan, granularitas, dan kekasaran suatu daerah dari hubungan ketetanggaan antar piksel di dalam citra [2].

2.8.1 Ekstraksi Ciri Statistik Orde Pertama

Ekstraksi ciri orde pertama merupakan metode pengambilan ciri yang didasarkan pada karakteristik histogram citra. Histogram menunjukkan probabilitas kemunculan nilai derajat keabuan piksel pada suatu citra [2].

- a. *Mean* (μ) menunjukkan ukuran dispersi dari suatu citra.

$$\sum () \quad (9)$$

dimana f_n merupakan suatu nilai intensitas keabuan, sementara $p(f_n)$ menunjukkan nilai histogramnya

- b. *Variance* (σ^2) menunjukkan variasi elemen pada histogram dari suatu citra.

$$\sum () () \quad (10)$$

- c. *Skewness* (α^3) menunjukkan tingkat kemencengan relatif kurva histogram dari suatu citra.

$$-\sum () () \quad (11)$$

- d. *Kurtosis* (α^4) menunjukkan tingkat keruncingan relatif kurva histogram dari suatu citra.

$$-\sum () () \quad (12)$$

- e. *Entropy* (H) menunjukkan ukuran ketidakaturan bentuk dari suatu citra.

$$\sum () () \quad (13)$$

2.8.2 Ekstraksi Ciri Statistik Orde Kedua

Ekstraksi ciri statistik orde kedua melakukan pengambilan informasi dengan matriks kookurensi yaitu suatu matriks yang merepresentasikan hubungan ketetanggaan antar piksel dalam citra pada berbagai arah orientasi dan jarak spasial. Salah satu teknik untuk memperoleh ciri statistik orde kedua adalah dengan menghitung probabilitas hubungan ketetanggaan antara dua piksel pada jarak dan orientasi sudut tertentu [2].

- a. *Angular Second Moment* (ASM) menunjukkan ukuran sifat homogenitas citra.

$$\sum \sum * () + \quad (14)$$

Dimana $p(i,j)$ merupakan menyatakan nilai pada baris i dan kolom j pada matriks kookurensi.

- b. *Contrast*, merupakan parameter yang menunjukkan ukuran penyebaran (momen inersia) elemen-elemen matriks citra. Jika letaknya semakin jauh dari diagonal utama, maka nilai kekontrasannya akan semakin besar. Secara visual, nilai kekontrasan adalah ukuran variasi antar derajat keabuan suatu daerah citra.

$$\sum [\sum \sum ()] \text{ dimana } | \quad | \quad (15)$$

- c. *Correlation*, merupakan parameter yang menunjukkan ukuran ketergantungan linear derajat keabuan citra sehingga dapat memberikan petunjuk adanya struktur linear dalam citra.

$$\frac{\sum \sum () ()}{\sum \sum () ()} \quad (16)$$

- d. *Variance*, merupakan parameter yang menunjukkan variasi elemen-elemen matriks kookurensi. Citra dengan transisi derajat keabuan kecil akan memiliki variansi yang kecil pula.

$$\sum \sum () () () \quad (17)$$

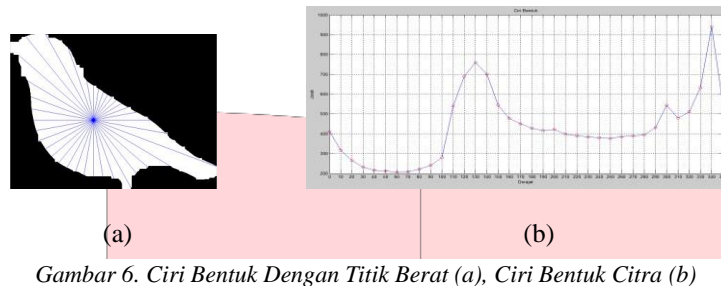
- e. *Inverse Different Moment* (IDM), merupakan parameter yang menunjukkan kehomogenan citra yang berderajat keabuan sejenis. Citra homogen akan memiliki harga IDM yang besar.

$$\sum \sum \frac{1}{()} () \quad (18)$$

- f. *Entropy*, merupakan ukuran ketidakteraturan bentuk dari suatu citra. Nilai entropy akan besar untuk citra dengan transisi derajat keabuan merata dan akan bernilai kecil jika struktur citra tidak teratur (bervariasi).
- $$\sum \sum () () \quad (19)$$

2.9 Ekstraksi Ciri Bentuk

Pada proses ekstraksi ciri bentuk, citra input yang digunakan adalah citra hasil labelling & thresholding. Langkah pertama yang dilakukan adalah pencarian titik berat dari citra input. Titik berat didapatkan dengan cara mencari pixel koordinat (y,x) pada gambar dimana pixel tersebut merupakan titik yang memberikan resultan gaya sama dengan nol dan membuat gambar burung dalam keseimbangan statik. Setelah didapat titik berat dari citra kemudian akan dihitung jarak pixel dari titik berat tersebut sampai ke batas luar citra dengan interval sudut tertentu. Jarak yang diperoleh nantinya akan digunakan sebagai ciri bentuk dari citra.



Gambar 6. Ciri Bentuk Dengan Titik Berat (a), Ciri Bentuk Citra (b)

Dari gambar 6 dapat dilihat, gambar (a) merupakan gambar citra hasil labelling & thresholding yang telah diketahui titik beratnya. Gambar (b) menunjukkan jarak pixel dari titik berat sampai bagian luar citra (pixel 1 / citra putih) dengan permisalan interval sudut 10 derajat sehingga berdasarkan ekstraksi ciri bentuk, citra diatas memiliki 36 vektor ciri.

2.10 Penggabungan Ciri Statistik dan Ciri Bentuk

Setelah dilakukan ekstraksi ciri statistik dan ekstraksi ciri bentuk pada citra input, vektor ciri yang didapatkan dari kedua ekstraksi ciri tersebut kemudian disatukan. Penggabungan ini bertujuan untuk membentuk vektor ciri dari sebuah citra yang dapat mewakili nilai statistik warna burung dan juga ciri bentuk burung tersebut. Sebelum digabungkan, vektor ciri statistik dan juga vektor ciri bentuk akan dinormalisasi terlebih dahulu dengan cara membagi nilai ciri statistik dengan nilai maksimumnya dan membagi nilai ciri bentuk dengan nilai maksimumnya. Normalisasi ini bertujuan untuk mendapatkan keseragaman nilai ciri yang berkisar dari -1 hingga 1 tanpa mengubah bentuk cirinya.

2.11 Klasifikasi

Setelah melalui ekstraksi ciri maka selanjutnya akan dilakukan klasifikasi pada citra dengan menggunakan metode *K - Nearest Neighbor*. Metode *K - Nearest Neighbor* menggunakan kombinasi nilai $k=1,3,5$ dan empat jenis distance yaitu *euclidean*, *cityblock*, *cosine*, *correlation*. Pada rancang bangun sistem ini, citra burung berkicau akan diklasifikasikan menjadi lima kelas yaitu anis merah, cendet, kaccer, murai batu dan trucukan. Untuk citra latih, data hasil ekstraksi ciri akan disimpan dalam database. Pada proses pengujian, citra hasil ekstraksi ciri yang didapat akan dicocokkan dengan data yang telah disimpan pada *database* untuk kemudian dilakukan pengklasifikasian.

3. Pembahasan

3.1 Pembentukan Vektor Ciri Statistik

Untuk mendapatkan informasi ciri statistik, sebelas parameter ekstraksi ciri statistik orde pertama dan orde kedua akan diterapkan pada masing-masing layer penyusun citra, mulai dari layer *red*, *green*, *blue* dan juga citra *grayscale*, sehingga satu citra input akan memiliki 44 informasi ciri. Dari sebelas parameter tersebut perlu ditentukan parameter mana saja yang akan digunakan sebagai penyusun vektor ciri pada rancang bangun sistem ini. Nantinya akan dipilih tiga parameter dari orde pertama dan tiga parameter orde kedua yang menghasilkan akurasi terbaik untuk digunakan sebagai penyusun vektor ciri dengan cara mengkombinasikan parameter-parameter tersebut. Akurasi yang dihasilkan oleh satu parameter merupakan hasil akurasi dari penggabungan nilai ciri parameter tersebut pada layer *red*, *green*, *blue* ditambah juga citra *grayscale*.

3.2 Hasil Pengujian Parameter Ekstraksi Ciri Statistik Orde Pertama dan Kedua

Proses ekstraksi ciri dilakukan dengan menghitung nilai parameter statistik orde pertama dan orde kedua pada citra latih, pada tugas akhir ini citra latih yang digunakan adalah sebanyak 25 citra dengan masing-masing

kelas memiliki lima citra latih. Setelah dilakukan pengujian didapatkan tiga parameter orde satu yang memberikan akurasi tertinggi yaitu, *mean* dengan akurasi 74,67%, *variance* dengan akurasi 73,33% dan *kurtosis* dengan akurasi 49,33%. Pada orde kedua, tiga parameter yang menghasilkan akurasi tertinggi antara lain *correlation* dengan akurasi 78,67%, *variance* dengan akurasi 76% dan *entropy* dengan akurasi 78,67%. Karena akurasi yang dihasilkan masih kecil dan vektor ciri yang dihasilkan masih dari satu parameter, maka pada percobaan selanjutnya akan dilakukan pengkombinasian dari parameter-parameter tersebut untuk mendapatkan hasil akurasi yang lebih baik.

3.3 Hasil Pengujian Kombinasi Parameter Ekstraksi Ciri Statistik Pada Citra RGB dan Citra Grayscale

Setelah ditentukan parameter-parameter yang akan digunakan sebagai penyusun vektor ciri, maka selanjutnya parameter-parameter tersebut akan dikombinasikan secara bersamaan demi mendapat vektor ciri yang lebih banyak dan akurasi yang lebih baik. Akurasi terbaik yang didapatkan adalah sebesar 78,67% dengan menggunakan kombinasi tiga parameter dari enam parameter yang dipilih, yaitu *mean*, *correlation* dan *entropy* sebagai parameter penyusun vektor ciri.

3.4 Hasil Pengujian Ekstraksi Ciri Bentuk

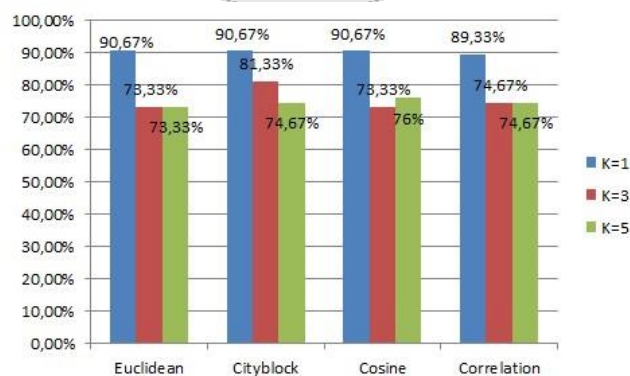
Pada proses ekstraksi ciri bentuk dilakukan penghitungan jarak pixel dari titik berat citra sampai ke batas luar citra putih dengan menggunakan interval sudut tertentu. Jarak yang diperoleh nantinya akan digunakan sebagai vektor ciri dari citra. Pada tugas akhir ini dilakukan beberapa kali percobaan penghitungan jarak dengan menggunakan interval sudut 5°, 10°, 15°, 20°, 30°, 60°, dan 90° pada 25 citra latih dan 75 citra uji. Semakin besar sudut, maka vektor ciri yang didapat akan semakin sedikit. Setelah dilakukan pengujian didapat interval sudut yang memberikan akurasi tertinggi adalah interval sudut 10° dan 20° dengan akurasi 85,33%.

3.5 Hasil Pengujian Kombinasi Ekstraksi Ciri Statistik dan Ekstraksi Ciri Bentuk

Dari percobaan sebelumnya telah diketahui bahwa pada ekstraksi ciri statistik parameter yang digunakan sebagai penyusun vektor ciri statistik adalah *mean* orde pertama, *correlation* orde kedua dan *entropy* orde kedua. Ketiga parameter tersebut diterapkan pada layer *red*, *green*, *blue*, dan juga *grayscale* sehingga pada satu citra akan memiliki 12 nilai ciri statistik. Vektor ciri tersebut selanjutnya akan digabungkan dengan vektor ciri bentuk yang telah diperoleh untuk mengetahui kombinasi ciri statistik dengan interval sudut berapa yang akan menghasilkan akurasi terbaik. Sebelum digabungkan, vektor ciri statistik dan juga vektor ciri bentuk akan dinormalisasi terlebih dahulu dengan cara membagi nilai ciri statistik dengan nilai maksimumnya dan membagi nilai ciri bentuk dengan nilai maksimumnya. Normalisasi ini bertujuan untuk mendapatkan keseragaman nilai ciri yang berkisar dari -1 hingga 1 tanpa mengubah bentuk cirinya. Setelah melakukan pengujian, didapat akurasi tertinggi sebesar 90,67% yang merupakan kombinasi parameter statistik dengan interval sudut ciri bentuk 20°.

3.6 Hasil Pengujian Sistem Terhadap Metode Klasifikasi K-NN

Pada pengujian klasifikasi K-NN digunakan metode *distance euclidean*, *city block*, *cosine* dan *correlation* dan nilai $k = 1, 3, \text{ dan } 5$ yang diterapkan untuk menguji parameter gabungan *mean*, *correlation*, *entropy* dan interval sudut 20°. Setelah dilakukan pengujian didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 7. Grafik Akurasi K-NN

3.7 Analisis Waktu Komputasi

Dari percobaan sebelumnya, metode distance euclidean, cityblock dan cosine dengan $k = 1$ memberikan nilai akurasi yang sama besar yaitu 90,67%. Untuk menentukan metode distance yang bekerja paling baik untuk rancang bangun sistem identifikasi jenis burung berkicau ini, maka akan dilakukan analisis waktu komputasi untuk proses klasifikasi pada sistem. Setelah sepuluh kali percobaan, didapatkan metode yang memberikan waktu komputasi tercepat adalah *euclidean* dengan waktu 5,1887 detik. Hal ini berarti dalam rancang bangun sistem yang dibuat, metode distance euclidean memiliki perhitungan klasifikasi yang paling cepat dengan inputan parameter ciri yang diberikan sehingga dapat memberikan performansi sistem paling optimal dalam rancang bangun sistem identifikasi jenis burung berkicau berdasarkan pola corak warna dan bentuk tubuh.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada rancang bangun sistem identifikasi jenis burung berkicau berdasarkan pola corak warna dan bentuk tubuh dengan menggunakan metode ekstraksi ciri statistik orde pertama dan orde kedua, ekstraksi ciri bentuk berdasarkan jarak titik berat, serta metode klasifikasi k-NN, memberikan kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode ekstraksi ciri statistik orde pertama dan orde kedua, ekstraksi ciri bentuk berdasarkan jarak titik berat dan metode klasifikasi k-NN dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis burung berkicau berdasarkan pola corak warna dan bentuk tubuh dengan akurasi tertinggi yang dihasilkan 90,67%.
2. Kombinasi parameter ekstraksi ciri statistik yang memberikan nilai akurasi tertinggi adalah mean orde pertama, correlation orde kedua dan entropy orde kedua yang diterapkan pada layer red, green, blue dan grayscale dengan akurasi 78,67%.
3. Ekstraksi ciri bentuk berdasarkan jarak titik berat memberikan akurasi tertinggi dengan interval sudut 10 derajat dan 20 derajat dengan akurasi yang dihasilkan sebesar 85,33%.
4. Kombinasi parameter ekstraksi ciri statistik dan parameter ekstraksi ciri bentuk yang memberikan akurasi tertinggi adalah kombinasi mean orde pertama, correlation orde kedua, entropy orde kedua, dengan interval sudut 20 derajat yang menghasilkan akurasi 90,67% pada metode distance euclidean, cityblock dan cosine pada sistem klasifikasi k-NN.
5. Rata-rata waktu komputasi terbaik dalam proses klasifikasi diperoleh dengan menggunakan metode distance euclidean dengan waktu komputasi 5,1887s.

4.2 Saran

Berikut adalah beberapa saran untuk pengembangan Tugas Akhir atau penelitian selanjutnya :

1. Perbanyak citra latih dengan menambahkan beberapa kelas baru yang terdiri dari jenis burung berkicau yang lain.
2. Menggunakan metode ekstraksi ciri lain dan metode klasifikasi selain k-NN untuk meningkatkan akurasi sistem.
3. Sistem dibuat real time.
4. Objek burung yang ada dalam satu citra berjumlah lebih dari satu

Daftar Pustaka:

- [1] Munir, Rinaldi. 2004. Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik. Bandung : Informatika.
- [2] Praktikum EL4027 Pengolahan Citra Biomedika. Modul 3 – Analisis Tekstur. Bandung : Universitas Komputer Indonesia
- [3] Prasetyo, Eko. 2012. Data Mining Konsep dan Aplikasi Menggunakan Matlab. Penerbit Andi
- [4] Putra, Darma. 2010. Pengolahan Citra Digital. Yogyakarta : ANDI.
- [5] Redaksi Ensiklopedia Indonesia, 1989. Ensiklopedi Indonesia Seri Fauna: Burung. Jakarta : PT. Intermedia.
- [6] Saraswati, Yulia. 2009. Sistem Klasifikasi Jenis Dan Kematangan Buah Tomat Berdasarkan Bentuk Dan Ukuran Serta Warna Permukaan Kulit Buah Berbasis Pengolahan Citra , Tugas Akhir, Bandung : Institut Teknologi Telkom.