KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN BUAH KAKAO MENGGUNAKAN METODE DISCRETE COSINE TRANSFORM DAN K-NEARERST NEIGHBOR

CLASSIFICATION OF CACAO PODS RIPENESS LEVEL USING DISCRETE COSINE TRANSFORM AND K-NEAREST NEIGHBOR

Indriyana Naomi Clarita Sinaga[1], Iwan Iwut Tritoasmoro S.T., M.T.[2], Nor Caeccar Kumalasari S.T., M.T.[3]

[1,2,3]Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom,

[1]**indriyananaomi@ telkomuniversity.ac.id**, [2]**iwaniwut@telkomuniversity.ac.id**, [3]**caecarnkcp@telkomuniversity.ac.id**

Abstrak

Kakao atau Theobroma cacao L adalah bahan utama dalam pembuatan bubuk kokoa yang digunakan dalam membuat cokelat. Pada penelitian ini, digunakan kakao jenis triniterio yang paling dominan dibudidayakan di Indonesia karena kualitas bijinya yang baik dan ketahanannya terhadap penyakit.

Pada penelitian ini dibuat sebuah sistem yang dapat mendeteksi dan mengkualifikasikan buah kakao berdasarkan warna dan ukuran buahnya dengan melakukan pengolahan citra kakao dengan metode Discrete Cosine Transform untuk identifikasi dan metode K-Nearest Neighbor untuk klasifikasi.

Sistem menggunakan 90 sampel citra sebagai data latih yang disimpan di database dan 18 citra uji yang tidak disimpan di database yang akan digunakan sebagai citra pengujian. Dari hasil pengujian sistem, didapatkan akurasi tertinggi untuk klasifikasi kematangan buah kakao yaitu 83,33% dan waktu komputasi 21,13 detik.

Kata kunci: Discrete Cosine Transform, K-Nearest Neighbor, Kakao

Abstract

Cacao or Theobroma cacao L is the main ingredient in making cocoa powder, which will be used to make chocolate. In this final project, triniterio type cacao is used, which is the most dominant type of cacao cultivated in Indonesia because of the good quality of its seeds and its resistance to diseases.

In this research, a system that can detect and qualify cacao pods based on the color and size of the fruit is created by doing image processing to the cacao using the Discrete Cosine Transform method for identification and the K-Nearest Neighbor method for classification.

The system uses 90 sample images as training data stored in a database and 18 test images that are not stored in a database that will be used as test images. From the results of system testing, the highest accuracy obtained for the classification of the maturity of cocoa is 83.33% and computing time 21.13 seconds.

Keywords: Discrete Cosine Transform, K-Nearest neighbor, Cacao

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi bertujuan untuk membantu memudahkan pekerjaan manusia dalam kehidupannya. Peran teknologi dalam pekerjaan manusia sangatlah besar, salah satunya di bidang pertanian dan perkebunan. Buah kakao (Theobroma cacao L.) adalah bahan utama dalam pembuatan cokelat. Indonesia merupakan negara penghasil kakao ketiga terbesar di dunia [1]. Petani kakao di Indonesia masih menggunakan cara tradisional dalam produksi buah kakao. Hal ini menyebabkan waktu pengerjaan panen kurang efisien dan mutu dari biji kakao yang dipanen oleh petani Indonesia tidak konsisten, seperti ukuran biji dan cita rasa yang sangat beragam yang berdampak pada rendahnya harga biji kakao Indonesia dibandingkan dengan negara produsen lainnya.

Berdasarkan permasalahan diatas penulis membuat suatu sistem menggunakan Matlab yang dapat mengidentifikasi buah kakao agar dapat diperoleh klasifikasi tingkat kematangan dan ukuran buah kakao dengan menggunakan metode Discrete Cosine Transform (DCT) untuk ekstraksi ciri dan metode K-Nearest Neighbor (K-NN) untuk klasifikasi. Selain memiliki ketahanan yang tinggi terhadap noise dan blurring, metode Discrete Cosine Transform (DCT) melakukan ekstraksi ciri dengan mentransformasikan data dari domain ruang ke domain frekuensi sehingga dinilai menguntungkan untuk identifikasi citra karena dapat mewakili sebuah citra hanya dengan sebagian kecil koefisien hasil transformasi [3]. Metode K-Nearest Neighbor (K-NN) melakukan klasifikasi

berdasarkan data pembelajaran yang jaraknya terdekat dengan objek yang akan diklasifikasikan. Metode K-NN memiliki tingkat efektivitas dan akurasi yang tinggi.

2. Konsep Dasar

2.1 Kakao

Kakao atau *Theobroma cacao L* merujuk kepada tanaman, buah, dan biji kakao atau yang lebih dikenal dengan sebutan buah cokelat. Produk yang paling bermanfaat dari kakao adalah bijinya yang terdapat didalam buah kakao. Biji kakao inilah yang menjadi bahan utama dari pembuatan bubuk cokelat. Kakao merupakan satu-satunya dari 22 jenis marga Theobroma, suku *Sterculiaceae,* yang diusahakan secara komersial [1]. Kakao mengandung antioksidan yang sangat tinggi. Selain itu kakao juga kaya akan kandungan magnesium, zat besi, kalsium, flavonoid, apicatechin, dan quertin yan dapat melawan pertumbuhan sel kanker sehingga maanfaat kakao sangatlah baik untuk kesehatan.

2.2 Jenis Kakao

Tanaman kakao diperkirakan berasal dari lembah Amazon di Benua Amerika yang mempunyai iklim tropis. Jenis kakao dapat dibagi berdasarkan biji maupun tampak luar buahnya. Kakao terbagi menjadi 3 kelompok besar, yaitu *Criollo,* Forestero, Trinitario atau Hibrida [2].

Pada Tugas Akhir ini, jenis kakao yang akan diteliti adalah kakao *Triniterio* atau yang disebut juga kakao Hibrida.

2.3 Pengolahan Citra Digital

Citra atau gambar dapat didefinisikan sebagai fungsi dua dimensi, dimana x dan y adalah koordinat spasial (bidang), dan *amplitude f* pada setiap pasangan koordinat (x, y) disebut intensitas atau angka abu-abu dari gambar pada titik itu. Pada saat x, y, dan nilai-nilai intensitas f semuanya terbatas, dengan jumlah yang diskrit, maka gambar itu kita sebut sebagai gambar digital [3].

Pengolahan citra adalah pemrosesan citra dengan tujuan untuk memperbaiki kualitas citra keluarannya agar mudah untuk di intrepretasi. Teknik pengolahan citra mentransformasi citra masukkan yang memerlukan perbaikan citra karena citra tersebut sulit diinterpresentasikan karena informasi yang disampaikan berkurang menjadi citra keluaran yang memiliki kualitas lebih baik yang telah melewati beberapa proses yang menggunakan teknik pengolahan citra tertentu [4].

2.4 Citra RGB

Penelitian menunjukkan bahwa kombinasi warna dengan rentang paling lebar adalah *red* (R), *green* (G) dan *blue* (B). Ketiga warna ini adalah warna pokok yang biasa disebut RGB. Warna-warna lain dapat diperoleh dengan mencampurkan ketiga warna pokok tersebut dengan perbandingan tertentu. Warna pokok memiliki intensitas sendiri dengan nilai maksimum 255 (8-bit).

RGB disebut juga ruang warna yang dapat divisualisasikan sebagai sebuah kubus seperti gambar a, dengan tiga sumbunya yang mewakili komponen warna merah (*red*) R, hijau (*green*) G dan biru (*blue*) B. salah satu pojok alasnya yang berlawanan menyatakan warna hitam ketiga R = G = B= 0, sedangkan pojok atasnya yang berlawanan menyatakan warna putih ketika R = G = B =255 (sistem warna 8 bit untuk setiap komponennya).

2.5 Citra *Greyscale*

Citra *greyscale* merupakan citra digital yang memiliki satu nilai kanal pada setiap *pixel* nya, artinya nilai R=G= B. Nilai tersebut digunakan untuk menunjukkan intensitas warna. Citra yang ditampilkan pada citra *grayscale* terdiri atas warna abu-abu yang bervariasi sesuai dengan intensitas terkuat. Citra *greyscale* berbeda dengan citra hitam-putih yang hanya terdiri atas 2 warna yaitu "hitam" dan "putih". Pada citra *grayscale,* warna bervariasi antara hitam dan putih, dengan variasi warna diantaranya yang sangat banyak karena pada warna abu-abu di citra *greyscale* terdapat warna R (*Red*), G (*Green*), B (*Blue*) yang memiliki intensitas yang sama [5].

Gambar 2. 1 Citra greyscale

Citra *greyscale* seringkali merupakan perhitungan dari intensitas cahaya pada setiap *pixel* pada spektrum elektromagnetik *single band*. Citra *grayscale* disimpan dalam format 8bit untuk setiap sampel *pixel,* yang memungkinkan sebanyak 256 intensitas. Unutk mengubah citra warna yang mempunyai nilai matrik masing-masing R, G, dan B menjadi citra *grayscale* dengan nilai X, maka konversi dapat dilakukan dengan mengambil rata-rata dari nilai R, G, B sehungga dapat dituliskan menjadi:

$$X = 0.2989 * R + 0.5870 * G + 0.1140 * B \tag{2.1}$$

2.6 Ekstraksi Ciri

Ekstraksi ciri adalah tahapan untuk memperoleh informasi yang terkandung dalam suatu citra yang kemudian akan dijadikan sebgai acuan untuk menbedakan antara citra satu dan citra lainnya. Analisis tekstur biasanya digunakan untuk melakukan klasifikasi dan interpretasi citra. Ekstraksi ciri dapat dibagi menjadi 3, yaitu:

1. Ekstraksi ciri bentuk dan kontur
2. Ekstraksi ciri tekstur
3. Ekstraksi ciri warna

2.7 *Discrete Cosine Transform* (DCT)

Discrete Cosine Transform adalah teknik kompresi dasar yang terdiri dari 3 standar yaitu JPEG untuk gambar, MPEG untuk *video* dan H.261 untuk *video teleconference*. *Discrete Cosine Transform* adalah sebuah teknik untuk mengubah sebuah sinyal kedalam komponen frekuensi dasar. DCT merepresentasikam sebuah citra dari penjumlahan sinusoida dari magnitude dan frekuensi yang berubah-ubah. Pada DCT data direpresentasikan dalam komponen frekuensinya, dan dalam aplikasi dua dimensi DCT memetakan sebuah gambar atau segmen gambar kedalam komponen frekuensi dua dimensinya [6].

Discrete Cosine Transform adalah sebuah skema *lossy compression* dimana NxN blok ditransformasikan dari domain spasial ke domain DCT. DCT menyusun sinyal tersebut ke frekuensi spasial yang disebut keofisien DCT. Frekuensi DCT yang lebih rendah akan muncul pada kiri atas dari sebuah matriks DCT, dan frekuensi koefisien DCT yang lebih tinggi berada di bagian kanan bawah. Penglihatan manusia tidak begitu sensitif dengan *error-error* yang ada pada frekuensi tinggi disbanding dengan yang ada pada frekuensi rendah. Karena itu, frekuensi yang lebih tinggi tersebut dapat dikuantisasi.

$$C(u,v) = \frac{2}{\sqrt{MN}} C(u)C(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} f(x,y) \cos\left(\frac{(2x+1)u\pi}{2M}\right) \cos\left(\frac{(2x+1)u\pi}{2N}\right) \tag{2.2}$$

Dengan u = 0,….., N-1, dan v=0,1,2,…..,M-1, dimana $C(u)\{^{\frac{1}{\sqrt{2}}untuk\ u=0}_{1,untuk\ lainnya}$

Untuk rumus DCT 2 dimensi pada persamaan 2.2 dapat dihitung dengan menerapkan transformasi satu dimensi secara terpisahpada baris dan kolom. Setiap elemen c (*u,v*) dari transformasi merupakan *inner product* dari masukan dan basis fungsinya, dalam kasus ini, basis

fungsinya adalah matriks n x m. setiap dua-dimensi basis matriks merupakan produk keluaran dari dua basis vektor satu dimensinya [7].

2.9 *K-Nearest Neighbor* (K-NN)

Algoritma K-NN merupakan sebuah metode untuk melakukan klasifikasi terhadap objek berdasarkan satu pembelajaran yang jaraknya paling dekat dengan objek tersebut[8]. Data pembelajaran diproyeksikan ke ruang berdimensi banyak, dimana masing-masing dimensi merepresentasikam fitur dari data.

Algoritma K-NN menggunakan klasifikasi ketetanggaan sebagai nilai prediksi dari contoh data uji yang baru. Algoritma K-NN merupakan algoritma yang menentukan nilai jarak pada pengujian data percobaan dengan data latih berdasarkan nilai terkecil dari nilai ketetanggan terdekat. Pada K-NN terdapat beberapa aturan jarak yang dapat digunakan, yaitu [9]:

1. *Eucledian Distance*

   Jarak *euclidean* adalah jarak yang paling umum digunakan pada data numerik. Untuk menghitung jarak antara titik *X*s dan *X*t dengan metode *Euclidean* digunakan rumus:

$$d_{st} = \sqrt{\left(\sum_{j=1}^{n}(X_{st} - Y_{tj}\right)^2} \tag{2.3}$$

2. *Cityblock*

   Jarak antara titik *X*s dan *X*t pada Metode *cityblock* dihitung menggunakan rumus:

$$d_{st} = \sum_{i=1}^{n}\left|X_{sj} - Y_{tj}\right| \tag{2.4}$$

3. *Cosine*

   Pada metode *cosine* dilakukan pengukuran terhadap sudut antara titik *X*s dan *X*t yang telah dianggap sebagai vector. Jarak antara vektor *X*s dan *X*t dihitung menggunakan rumus:

$$d_{st} = 1 - \cos\theta \tag{2.5}$$

dengan

$$\cos\theta = \frac{X_s X_t}{|X_s||X_t|} \tag{2.6}$$

4. *Correlation*

   Pada metode *correlation* dilakukan pengukuran terhadap sudut antara titik *X*s dan *X*t yang telah dianggap sebagai barisan nilai dan dihitung menggunakan rumus:

$$d_{st} = 1 - \frac{(X_s - \bar{X}_s)(X_t - \bar{X}_t)}{\sqrt{(X_s - \bar{X}_s)(X_s - \bar{X}_s)\sqrt{(X_t - \bar{X}_t)(X_t - \bar{X}_t)}}} \tag{2.7}$$

dimana

$$\bar{X}_s = \frac{1}{n} + \sum_j X_{sj} \;\; dan \;\; \bar{X}_t = \frac{1}{n} + \sum_j X_{tj} \tag{2.8}$$

3. Perancangan Sistem

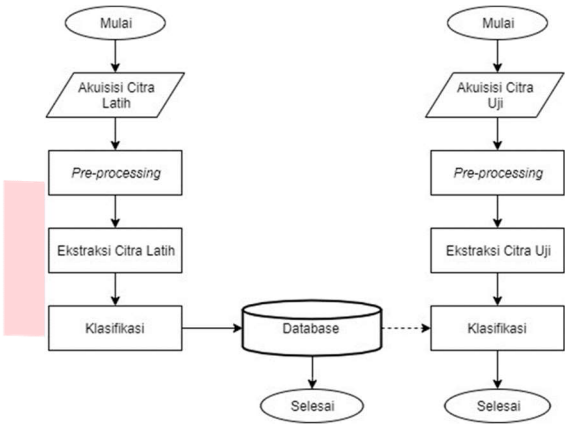
3.1 Diagram Blok

Pada perancangan sistem pada penelitian ini, diagram blok sistem ditunjukkan pada gambar 3 berikut:

Gambar 3. 1 Model Blok Sistem

3.2 Rancangan sistem

Input dari sistem berupa citra buah kakao yang dimasukkan kedalam database server yang berfungsi untuk menyimpan citra yang dihasilkan. Inputan citra tersebut kemudian akan memasuki proses pre-processing, pada pre-processing terjadi proses resize citra dan konversi citra RGB ke citra grayscale. Lalu, pada citra grayscale akan dilakukan ekstraksi ciri dengan menggunakan metode Discrete Cosine Transform (DCT) yang akan mendapatkan ciri khusus data yang kemudian akan diklasifikasikan dengan menggunakan metode K-Nearest Neighbor. Permodelan sistem dirancang melalui 2 tahapan yaitu tahap latih dan tahap uji. Tahap latih merupakan tahap pembentukan database yang akan menyimpan nilai vector dari ciri dari setiap citra yang akan digunakkan sebagai referensi untuk citra uji nantinya. Tahap uji adalah proses yang digunakan untuk menguji data citra sehingga dapat diklasifikasikan oleh sistem.



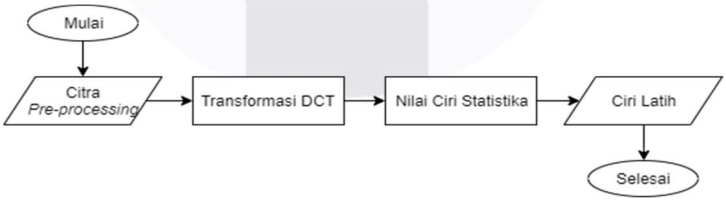
Gambar 3. 2 Diagram Alur Tahap Latih dan Tahap Uji

3.3 Akuisisi Citra

Akuisisi citra kakao diambil dengan dengan kamera handphone Samsung Galaxy J4 dengan latar background putih dan pengambilan gambar sejumlah satu kakao setiap akusisi citra. Kelas dari tugas akhir ini berjumlah 6 kelas berdasarkan tingkat kematangan yaitu mentah, mengkal, matang dan berdasarkan ukurannya yaitu kecil dan besar. Berikut gambar dari citra tersebut.

3.4 Pre-Processing

Pre-processing merupakan tahapan awal sebelum dilakukan ekstraksi ciri yang dilakukan unutk mempermudah komputasi citra masukkan yang berasal dari tahap akusisi citra sebelumnya. Tahapan-tahapan dari pre-processing adalah sebagai berikut



Gambar 3. 3 Diagram Alir Pre-processing

Penjelasan diagram alir pre-processing pada gambar 3.3 adalah sebagai berikut:

1. Citra masukkan, di proses ini diambil sebuah citra digital yang telah melewati tahap akuisisi citra sebelumnya dengan nilai ukuran gambar masukkan yaitu 3096×4128 piksel.
2. Resize citra, yaitu proses mengubah ukuran citra yang sebelumnya telah dimasukkan yaitu menjadi ukuran 128×128 piksel, 256×256 piksel dan 512×512 piksel agar ditahap pre-processing selanjutnya hasil yang didapat bias lebih akurat.

3. Konversi citra RGB ke citra grayscale, yaitu proses mengubah citra digital inputan yang sudah diresize dari elemen warna RGB menjadi warna abu-abu (greyscale). Hal ini dilakukan dikarenakan apabila format warna diubah menjadi nilai keabuan maka nilai intensitas dari setiap warna yang berbeda akan menjadi seragam, yaitu Red=Green=Blue¬. Dibawah ini merupakan rumus yang digunakan untuk melakukan konversi RGB ke grayscale.

$$grayscale=0.3R+0.6G+0.2R \quad (3.1)$$

4. Citra greyscale¸yaitu citra yang didapat setelah terjadi konversi RGB menjadi greyscale

3.5 Ekstraksi Ciri DCT

Di tahap ekstraksi ciri citra diubah ke domain frekuensi dengan menggunakan DCT-2D. Citra yang telah diubah ke domain frekuensi kemudian dibagi menjadi beberapa blok, lalu koefisien ciri DCT di setiap bloknya diambil ciri statistiknya. Ciri statistik yang didapatkan pada tugas akhir ini adalah kombinasi dari beberapa Ciri statistik, yaitu *mean, variance*, standar deviasi*, skewness, kurtosis, entrophy*.

3.6 Klasifikasi K-NN

Pada tahap klasifikasi semua parameter dari hasil ekstraksi ciri digunakan untuk melakukan klasifikasi tingkat kematangan buah kakao dengan menggunakan metode K-Nearest Neighbor. Adapun nilai k yang diuji di tugas akhir ini adalah 1, 3, dan 5. Jenis jarak yang diuji adalah eucledian, cityblock, cosine dan correlation. Untuk melakukan klasifikasi, pertama-tama dilakukan proses latih pada sampel citra. Nilai yang didapakan dari proses latih tersebut kemudian akan digunakan sebagai vektor input. Vektor input inilah yang kemudian akan digunakan dalam pembentukan *database*. Setelah database terbentuk dilakukanlah proses uji. Di proses pengujian dilakukan identifikasi citra kedalam kelas-kelas yang ada pada database.

3.7 Pengujian

3.7.1 Pengujian Parameter *Resize* Citra

Pengujian ini dilakukan dengan menguji pengaruh resize citra pada performansi sistem. Resize citra yang akan diujikan yaitu 128×128, 256×256, dan 512×512. Tabel 4.1 dibawah ini adalah data hasil pengujian terhadap parameter yang diujikan dengan blok DCT = ukuran resize citra, parameter ciri mean, k=1 dan jenis *distance euclidean*.

Tabel 1 Tabel Pengaruh Ukuran Resize Citra

Ukuran Citra	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (s)
128×128	38,89	23,39
256×256	38,89	23,67
512×512	83,33	21,13

Berdasarkan Tabel 4.1 didapatkan hasil akurasi tertinggi pada saat resize citra dilakukan dengan ukuran 512×512 piksel yaitu 83,33% dan waktu komputasi tercepat yaitu 21,13 detik.

3.7.2 Pengaruh Parameter Blok DCT

Pada pengujian ini, dilakukan pengujian pada parameter blok DCT yaitu 64, 128, 256 dan 512. Tabel berikut adalah data hasil pengujian terhadap parameter yang diujikan dengan ukuran citra 512×512 piksel, parameter ciri mean, k=1 dan jenis *distance euclidean*.

Tabel 2 Pengaruh Blok DCT Terhadap Performansi

Ukuran DCT	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (s)
32	16,67	32,85
64	44,44	39,54
128	27,78	24,47
256	27,78	24,34
512	83,33	21,13

Berdasarkan Tabel 2 nilai akurasi tertinggi didapatkan pada saat blok DCT = 512 yaitu 83,33%. Sedangkan waktu komputasi tercepat juga didapatkan saat blok DCT = 512 yaitu, 21,13 detik. Dari pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa pada Tugas Akhir ini parameter blok DCT hanya berpengaruh di nilai tertentu, yaitu 512.

3.7.3 Pengujian Parameter Ciri Statistik

Pada pengujian ini, dilakukan pengujian pada ciri statistik DCT yaitu *mean, variance,* standar deviasi, *skewness, entrophy, kurtosis* dan kombinasi beberapa ciri statistik. Tabel berikut adalah data hasil pengujian terhadap parameter yang diujikan dengan ukuran citra 512×512 piksel, Blok DCT = 512, k=1 dan jenis *distance euclidean*.

Tabel 3 Pengaruh Ciri statistik terhadap Performansi

Ciri Statistik	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (s)
Mean	83,33	21,13
Variance	33,33	24,43
Standar Deviasi	33,33	25,68
Skewness	50	24.83
Kurtosis	38,89	23,97
Entrophy	33,33	25,08

Berdasarkan Tabel 3 akurasi tertinggi didapatkan pada saat ciri statistik yang digunakan *mean*, yaitu 83,33%. Waktu komputasi tercepat didapat pada ciri statistik *mean* 21,13 detik.

3.7.4 Pengujian Parameter Nilai k

Pada pengujian ini, dilakukan pengujian pada nilai k pada K-NN dengan k bernilai 1, 3 dan 5. Tabel 4.4 berikut adalah data hasil pengujian terhadap parameter yang diujikan dengan ukuran citra 512×512 piksel, Blok DCT = 512, ciri statistik *mean* dan jenis *distance euclidean*.

Tabel 4 Pengaruh Nilai k Terhadap Performansi

k	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (s)
1	83,33	21,13
3	55,56	28,36
5	33,33	27,47

Berdasarkan Tabel 4 nilai akurasi tertinggi didapatkan pada saat nilai k = 1, yaitu 83,33%. waktu komputasi tercepat didapat pada saat nilai k = 1, yaitu 21,13 detik. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai k maka akan semakin kecil juga tingkat akurasinya.

3.7.5 Pengujian Jenis Distance

Pada pengujian ini, dilakukan pengujian jenis *distance* pada K-NN yaitu *Euclidean, cityblock, chebycev, cosine* dan *correlation*. Tabel 4.5 berikut adalah data hasil pengujian terhadap parameter yang diujikan dengan ukuran citra 512×512 piksel, Blok DCT = 512, ciri statistik *mean* dan k=1.

Tabel 5 Pengaruh Jenis *Distance* K-NN Terhadap Performansi

Jenis *Distance*	Akurasi (%)	Waktu Komputasi (s)
euclidean	83,33	21,13
cityblock	83,33	30,02
correlatiom	16,67	28,42
cosine	16,67	26,57

Berdasarkan Tabel 5 nilai akurasi tertinggi didapatkan pada saat digunakan jenis *distance euclidean*, yaitu 83,33%. Waktu komputasi tercepat didapat dengan jenis *distance euclidean* yaitu 21,13 detik. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian jenis *distance Euclidean* dan *cityblock* memiliki nilai akurasi yang sama tingginya namun waktu komputasi yang berbeda dimana pada jenis *distance* waktu komputasinya terlama yaitu 30,02 detik.

4. Simpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Sistem yang telah dibuat mampu melakukan klasifikasi tingkat kematangan buah kakao dengan menggunakan metode *K-Nearest Neibghbor* dan *Discrete Cosine Transform*.
2. Dari hasil pengujian dan analisis dapat disimpulkan bahwa parameter terbaik untuk sistem ini adalah ukuran *resize* citra 512×512 piksel, blok DCT 512, *mean* sebagai ciri statistik, nilai k=1, dan *eucledian* sebagai jenis *distance.*
3. Dari hasil pengujian sistem didapatkan akurasi tertinggi 83,33% dan waktu komputasi tercepat 21,12 detik.

Daftar Pustaka

[1] E. Karmawati, Z. Mahmud, M. Syakir, J. Munarso, I. K. Ardana, and Rubiyo, *Budidaya & Pascapanen Kakao*. 2010.
[2] Prawoto AA and Martini E, *Pedoman budi daya kakao pada kebun campur*. Bogor: World Agroforerstry Centre (ICRAF) Southeast Asia Regional Program, 2014.
[3] R. C. Gonzales and R. E. Woods, *Digital Image Processing, 4th edition*. Pearson, 2018.
[4] A. Fajar, *Pengolahan Citra Digital Konsep dan Teori*. Penerbit Andi Offset: Penerbit Andi Offset, 2013.
[5] S. J. Rambe, *Citra Digital*. Medan, 2014.
[6] F. A. Khan, M. A. Tahir, F. Khelifi, A. Bouridane, and R. Almotaeryi, "Robust Off-line Text Independent Writer Identification Using Bagged Discrete Cosine Transform," *Expert Syst. Appl.*, 2016.
[7] Watson, *On Image Processing and A Discrete Cosine Transform*. 1994.
[8] S. J. D. Padraig. Cunningham, "K-Nearest NeighborClassifier," *Tech. Rep. UCD-CSI,* vol. 4, pp. 1–2, 2007.
[9] S. Aksoy, "Non Bayesian Classifier, K-Nearest Neighbor Classifier and Distance Functions," *Ankara Bilkent Univ.*, vol. I, pp. 5–6, 2008.