

KLASIFIKASI SERAT MIRING PADA KAYU MENGGUNAKAN EKSTRAKSI CIRI STATISTIK BERDASARKAN PADA PENGOLAHAN CITRA

Dyah Norma Maharsi^[1], Junartha Halomoan^[2], Ratri Dwi Atmaja^[3]

Fakultas Elektro dan Komunikasi, Institut Teknologi Telkom

¹dvahnorma@vmail.com, ²int@itttelkom.ac.id, ³ratriidwiatmaja@yahoo.co.id

Abstrak

Dalam industri kayu, khususnya di Indonesia, proses pemilahan kelas dan kualitas kayu dilakukan secara manual dengan pengamatan visual. Sistem manual membutuhkan waktu yang lama dan menghasilkan produk dengan mutu yang tidak konsisten karena keterbatasan visual manusia, kelelahan, dan perbedaan persepsi masing-masing pengamat. Pada tugas akhir ini dirancang sebuah sistem klasifikasi untuk mengetahui kelas kayu berdasarkan serat miringnya dengan menggunakan analisis tekstur berbasis pengolahan citra digital. Data citra yang diambil menggunakan IP Camera 1 MP. Algoritma yang digunakan untuk ekstraksi ciri adalah statistik orde pertama dan orde kedua, serta klasifikasi kelas kayu menggunakan Euclidean Distance. Sistem akan disimulasikan dengan menggunakan bahasa pemrograman Lab View, agar lebih mudah diimplementasikan langsung ke dalam perangkat keras. Berdasarkan simulasi secara keseluruhan, maka dapat disimpulkan bahwa sistem dapat mengklasifikasikan kelas kayu berdasarkan dua tingkat kemiringan, yaitu kelas A dengan tingkat kemiringan rendah sampai sedang, dan kelas B dengan tingkat kemiringan tinggi. Hasil akurasi tertinggi diperoleh saat $k=3$ dengan citra grayscale yaitu sebesar 91,52 %.

Kata kunci : Klasifikasi Kayu otomatis, Serat miring kayu, euclidean distance, statistik feature extraction, LabView.

Abstract

In the wood industry , especially in Indonesia , wood sorting process usually done manually by visual observation . Manual sistem takes a long time and produces quality products that are not consistent because of visual limitations, fatigue, and differences in the perception of each observer. At this final project is designed a classification sistem to determine the class of wood from its fiber opaque grade, based on texture analysis using digital image processing, to get the right and objective result. Captured image data is sample of wood using IP Camera 1 MP. The algorithm that used for feature extraction is first order and second order of statistic method and classification quality of the wood using Euclidean Distance. Simulation is using Lab view program, so it is easier to be implemented directly into hardware. Based on the simulation, it can be concluded that the sistem can be classified according to two levels of wood, there are class, which is contain low until medium grade of fiber opaque, and class B which is contain high level grade of fiber opaque. The highest accuracy result obtained when $k = 3$ that is equal to 92,57 %.

Key word : wood sorting, classification, quality, texture analysis, statistic, Euclidean distance

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pengetahuan tentang sifat-sifat kayu pada industri sangat diperlukan, untuk memastikan bahwa spesifikasi kayu sesuai dengan yang dibutuhkan konsumen. Pembuatan barang tertentu terkadang membutuhkan kualitas kayu yang spesifik juga. Proses pemilahan kayu di Indonesia umumnya masih dilakukan secara manual oleh pengamatan visual tenaga kerja manusia. Hal ini tentu tidak efektif dari segi waktu dan akurasi. Sistem manual membutuhkan waktu yang lama dan menghasilkan produk dengan kualitas yang tidak merata karena keterbatasan visual, kelelahan, dan perbedaan persepsi masing-masing pengamat. Tentu hal menjadi masalah yang harus dipertimbangkan oleh perusahaan kayu, mengingat kesalahan yang terjadi dalam proses pemilahan kayu, akan berdampak pada keuntungan perusahaan dan juga kepercayaan konsumen.

Untuk mengatasi masalah tersebut, penulis mengusulkan penelitian yang bertujuan untuk mengklasifikasi citra kayu dengan menggunakan pengolahan citra digital. Penelitian tugas akhir ini akan difokuskan pada pendeteksian dan klasifikasi kelas untuk membedakan tingkat kemiringan pada serat kayu. Metode ekstraksi ciri yang akan digunakan menggunakan metode statistik orde satu dan orde dua. Sedangkan untuk proses klasifikasinya

akan menggunakan metode Jarak Euclidean. Hasil penelitian kemudian akan diimplementasikan ke dalam software dan bahasa pemrograman LabView.

1.2 Tujuan

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Merancang simulasi sistem yang dapat mengidentifikasi dan mengklasifikasi kelas kayu berdasarkan serat miringnya dengan ekstraksi ciri statistik orde pertama dan orde kedua, serta pengklasifikasian menggunakan metode jarak Euclidean.
2. Menganalisis performansi sistem klasifikasi kualitas kelas kayu berdasarkan tekstur serat miringnya dengan parameter tingkat akurasi dan waktu komputasi dalam pengklasifikasiannya menggunakan ekstraksi ciri statistik dan Jarak Euclidean.

Manfaat penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Menghasilkan sistem klasifikasi kayu yang dapat diaplikasikan ke perangkat industry.

1.3 Rumusan Masalah

Adapun masalah yang dibahas pada tugas akhir ini:

1. Membuat alur perancangan sistem yang dapat mengklasifikasikan kayu berbasis pengolahan citra digital menggunakan metode pemilihan ciri statistik dan proses klasifikasi dengan menggunakan metode Jarak Euclidean.
2. Membuat dan mengoptimasi desain pengklasifikasian kayu dengan menggunakan software Lab View.
3. Melakukan pengujian dan analisis terhadap tingkat akurasi desain pengklasifikasian kayu yang telah dibuat.

1.4 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam menyelesaikan tugas akhir ini adalah :

1. Studi Literatur
Studi Literatur merupakan pembelajaran dari sumber bacaan yang mendukung pengerjaan tugas akhir ini. Adapun referensi yang digunakan meliputi buku, jurnal, paper, laporan, penelitian sebelumnya yang terkait dengan proses pengklasifian kelas kayu, penelitian serat miring, serta informasi-informasi yang berguna untuk mengerjakan tugas akhir ini.
2. Analisis kebutuhan sistem berdasarkan permasalahan yang ada
3. Perancangan program untuk algoritma klasifikasi serat miring pada LabView
4. Analisis dan Optimisasi
Analisis dilakukan setelah proses perancangan. Dilakukan penelitian hasil akurasi dan dilakukan optimisasi agar sistem dapat berjalan sesuai yang diharapkan atau berjalan dengan lebih baik. Kemudian dilakukan analisis untuk setiap penyimpangan yang terjadi, dan bagaimana cara mengatasi masalah tersebut.
5. Penyusunan Laporan
Pengambilan kesimpulan dan Penyusunan Tugas akhir.

2. Dasar Teori

2.1 Kayu ^[1]

Kayu adalah bagian batang atau cabang serta ranting tumbuhan yang mengeras karena mengalami lignifikasi (pengayuan). Kayu digunakan untuk berbagai keperluan, mulai dari memasak, membuat perabot (meja kursi), bahan bangunan (pintu, jendela, rangka atap), bahan kertas, dan banyak lagi. Kayu juga dapat dimanfaatkan sebagai hiasan-hiasan rumah tangga dan sebagainya. Penyebab terbentuknya kayu adalah akibat akumulasi selulosa dan lignin pada dinding sel sebagai jaringan batang.



Gambar 1 Pola lapisan pada permukaan kayu^[1]

2.2 Analisis Tekstur^[5]

Tekstur merupakan karakteristik intrinsik dari suatu citra yang terkait dengan tingkat kekasaran (roughness), granularitas (granulation), dan keteraturan (regularity) susunan struktural piksel. Aspek tekstural dari sebuah citra dapat dimanfaatkan sebagai dasar dari segmentasi, klasifikasi, maupun interpretasi citra.

Analisis tekstur bekerja dengan mengamati pola ketetanggaan antar piksel dalam domain spasial. Analisis tekstur lazim dimanfaatkan sebagai proses antara untuk melakukan klasifikasi dan interpretasi citra

2.3 Ekstraksi Ciri Statistik^[5]

Ekstraksi ciri dilakukan untuk mendapatkan pola dari suatu citra yang akan dilatih maupun citra yang akan diuji. Metode ekstraksi ciri yang digunakan adalah ekstraksi ciri statistik. Metode ini menggunakan perhitungan statistik distribusi derajat keabuan (histogram) dengan mengukur tingkat kekontrasan, granularitas, dan kekasaran suatu daerah dari hubungan ketetanggaan antar piksel di dalam citra. Ekstraksi ciri statistik terbagi menjadi dua yaitu ekstraksi ciri statistik orde pertama dan orde kedua.

2.3.1 Ekstraksi ciri 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. Dari nilai-nilai pada histogram yang dihasilkan, dapat dihitung beberapa parameter ciri orde pertama, antara lain adalah *mean*, *skewness*, *variance*, *kurtosis*, dan *entropy*.

a) Mean (μ)

Menunjukkan ukuran dispersi dari suatu citra

$$\mu = \sum f_n p(f_n) \quad (2.1)$$

dimana f_n merupakan suatu nilai intensitas keabuan, sementara $p(f_n)$ menunjukkan nilai histogramnya (probabilitas kemunculan intensitas tersebut pada citra).

b) Variance (σ^2)

Menunjukkan variasi elemen pada histogram dari suatu citra

$$\sigma^2 = \sum_n (f_n - \mu)^2 p(f_n) \quad (2.2)$$

c) Skewness (α_3)

Menunjukkan tingkat kemencengan relatif kurva histogram dari suatu citra

(2.3)

d) Kurtosis (α_4)

$$\alpha_3 = \frac{1}{\sigma^3} \sum_n (f_n - \mu)^3 p(f_n)$$

Menunjukkan tingkat keruncingan relatif kurva histogram dari suatu citra

$$\alpha_4 = \frac{1}{\sigma^4} \sum_n (f_n - \mu)^4 p(f_n) - 3 \quad (2.4)$$

e) Entropy (H)

Menunjukkan ukuran ketidakaturan bentuk dari suatu citra

$$H = -\sum_n p(f_n) \cdot \log p(f_n) \tag{2.5}$$

2.3.2 Ekstraksi ciri orde kedua

Pada beberapa kasus, ciri orde pertama tidak lagi dapat digunakan untuk mengenali perbedaan antar citra. Pada kasus seperti ini, dibutuhkan pengambilan ciri statistik orde dua. Salah satu teknik untuk memperoleh ciri statistik orde dua adalah dengan menghitung probabilitas hubungan ketetanggaan antara dua piksel pada jarak dan orientasi sudut tertentu. Pendekatan ini bekerja dengan membentuk sebuah matriks kookurensi dari data citra, dilanjutkan dengan menentukan ciri sebagai fungsi dari matriks antara tersebut.

Kookurensi berarti kejadian bersama, yaitu jumlah kejadian satu level nilai piksel bertetangga dengan satu level nilai piksel lain dalam jarak (d) dan orientasi sudut (θ) tertentu. Jarak dinyatakan dalam piksel dan orientasi dinyatakan dalam derajat. Orientasi dibentuk dalam empat arah sudut dengan interval sudut 45°, yaitu 0°, 45°, 90°, dan 135°. Sedangkan jarak antar piksel biasanya ditetapkan sebesar 1 piksel. Ada perhitungan 6 ciri statistik orde dua, yaitu *Angular Second Moment*, *Contrast*, *Correlation*, *Variance*, *Inverse Difference Moment*, dan *Entropy*.

a. *Angular Second Moment*

Menunjukkan ukuran sifat homogenitas citra.

$$ASM = \sum_i \sum_j P_d^2(i,j) \quad Energi = \sqrt{ASM} \tag{2.6}$$

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

b. *Contrast*

Menunjukkan ukuran penyebaran (momen inersia) elemen-elemen matriks citra. Jika letaknya jauh dari diagonal utama, nilai kekontrasan besar. Secara visual, nilai kekontrasan adalah ukuran variasi antar derajat keabuan suatu daerah citra.

$$CONTRAST = \sum_i \sum_j (i-j)^2 P_d(i,j) \tag{2.7}$$

c. *Correlation*

Menunjukkan ukuran ketergantungan linear derajat keabuan citra sehingga dapat memberikan petunjuk adanya struktur linear dalam citra.

$$COR = \sum_i \sum_j \frac{ijP_d(i,j) - \mu_x\mu_y}{\sigma_x\sigma_y} \tag{2.8}$$

e. *Inverse Different Moment*

Menunjukkan kehomogenan citra yang berderajat keabuan sejenis. Citra homogen akan memiliki harga *IDM* yang besar.

$$IDM = \sum_i \sum_j \frac{1}{1+(i-j)^2} P_d(i,j) \tag{2.9}$$

f. *Entropy*

Menunjukkan ukuran ketidakaturan bentuk. Harga *ENT* besar untuk citra dengan transisi derajat keabuan merata dan bernilai kecil jika struktur citra tidak teratur (bervariasi).

$$ENT = -\sum_i \sum_j P_d(i,j) \log(P_d(i,j)) \tag{2.10}$$

2.4 Euclidean Distance

Euclidean distance atau jarak euclidean adalah metode yang digunakan untuk mengukur tingkat kemiripan (matching) sebuah obyek dan obyek lain. Euclidean distance dapat diukur dan dihasilkan oleh formula pythagoras.

Jarak Euclidean didefinisikan sebagai,

$$d_{Euclidean} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (2.12)$$

Sebagai contoh, misalnya kita punya suatu bentuk trajektori robot referensi di ruang 2D yang dinyatakan sebagai $t = (x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ dan trajektori aktual $t' = (x'_1, y'_1), (x'_2, y'_2), \dots, (x'_n, y'_n)$, maka jarak Euclidean antara dua fungsi ini adalah,

$$d_{Euclidean} = \sqrt{(x_1 - x'_1)^2 + (y_1 - y'_1)^2 + \dots + (x_n - x'_n)^2 + (y_n - y'_n)^2} \quad (2.13)$$

2.5 National Instrument Lab View^[6]

National Instrument LabView adalah bahasa pemrograman computer yang berbasis grafik. LabView digunakan untuk berhubungan dengan aplikasi lain melalui active, Web, DLL, dan Shared Library dan berbagai jenis protocol lainnya. LabView dapat digunakan secara intensif untuk berbagai aplikasi industri seperti telekomunikasi, manufaktur, automotive, semikonduktor, aerospace, elektronik.

3. Pembahasan

Di bawah ini akan diberikan tabel-tabel hasil percobaan dengan spesifikasi simulasi sebagai berikut :

1. Citra latih berjumlah 80 buah (masing-masing kelas memiliki data sebanyak 40 citra), sedangkan untuk kualitas ujinya berjumlah total sebanyak 283 citra (175 citra untuk kelas A dan 108 citra untuk kualitas B)
2. Citra yang diproses oleh sistem adalah citra 8 bit red, citra green, citra blue, dan citra grayscale.
3. Ciri statistik orde pertama yang diambil adalah energy, skewness, kurtosis, variance, dan standar deviasi.
4. Ciri statistik orde kedua yang diambil adalah entrophy, energy, Angular Second Moment, correlation dan contrast.
5. Parameter klasifikasi Euclidean distance pada simulasi ekstraksi ciri statistik orde pertama dan orde kedua menggunakan default : k=1.
6. Pada simulasi selanjutnya akan dibandingkan penggunaan k dengan nilai yang berbeda untuk melihat pengaruhnya terhadap akurasi sistem.

Tabel 1 Tabel Akurasi (a) Red (b) Green (c) Blue (d) Grayscale

CIRI STATISTIK	PARAMETER	Jumlah benar Kelas A	Jumlah benar Kelas B	Total Benar	Akurasi (%)	CIRI STATISTIK	PARAMETER	Jumlah benar Kelas A	Jumlah benar Kelas B	Total Benar	Akurasi (%)			
Orde satu	Kurtosis	117	69	186	65.72438	Orde satu	Kurtosis	116	47	163	57.59717			
	Skewness	114	71	185	65.37102		Orde satu	Skewness	100	54	154	54.41696		
	Standar deviasi	118	66	184	65.01767			Orde satu	Standar deviasi	112	46	158	61.4841	
	Mean	114	71	185	65.37102				Orde satu	Mean	100	54	154	54.41696
	Variance	118	61	179	63.25088					Orde satu	Variance	112	46	158
Orde dua	Entropy	151	99	250	88.33922	Orde dua					Entropy	155	100	255
	Contrast	139	90	229	80.91873		Orde dua				Contrast	135	72	207
	Correlation	147	84	231	81.6254			Orde dua			Correlation	151	88	239
	Energy	139	81	220	77.73852				Orde dua		Energy	141	77	218
	Angular Second Moment	144	90	234	82.68551					Orde dua	Angular Second Moment	157	96	253

(a)

(b)

CIRI STATISTIK	PARAMETER	Jumlah benar Kelas A	Jumlah benar Kelas B	Total Benar	Akurasi (%)
Orde satu	<i>Kurtosis</i>	117	69	186	62.54417
	<i>skewness</i>	114	71	185	58.30389
	<i>Standar deviasi</i>	118	66	184	71.02473
	<i>Mean</i>	114	71	185	58.30389
	<i>variance</i>	118	61	179	62.19081
Orde dua	<i>Entropy</i>	145	97	242	85.51237
	<i>Contrast</i>	141	83	224	79.15194
	<i>Correlation</i>	146	91	237	83.74558
	<i>Energy</i>	143	68	211	74.5583
	<i>Angular Second Moment</i>	151	97	248	82.12014

(c)

CIRI STATISTIK	PARAMETER	Jumlah benar Kelas A	Jumlah benar Kelas B	Total Benar	Akurasi (%)
Orde satu	<i>Kurtosis</i>	117	59	176	62.19081
	<i>skewness</i>	111	64	175	61.13074
	<i>Standar deviasi</i>	116	57	173	61.13074
	<i>Mean</i>	111	64	175	61.13074
	<i>variance</i>	111	62	173	61.13074
Orde dua	<i>Entropy</i>	158	101	259	91.51943
	<i>Contrast</i>	128	82	210	74.20495
	<i>Correlation</i>	152	92	244	86.21908
	<i>Energy</i>	132	69	201	71.02473
	<i>Angular Second Moment</i>	152	97	249	87.98587

(d)

Dari tabel 1(a) dapat dipilih atau ditentukan bahwa ada 10 ciri yang memberikan akurasi yang cukup signifikan, yaitu lebih dari 65 % pada citra red, yaitu kurtosis, skewness, standar deviasi, dan variance (orde 1), sedangkan untuk orde dua adalah entropy, contrast, correlation, energy, dan angular second moment. Dari table 1 (b) dapat dipilih atau ditentukan bahwa ada 5 ciri yang memberikan akurasi yang cukup pada citra green, yaitu entropy, contrast, correlation, energy, dan angular second moment. Dari tabel 1(c) dapat dipilih atau ditentukan bahwa ada 6 ciri yang memberikan akurasi yang cukup pada citra blue, yaitu standar deviasi, entropy, contrast, correlation, Energy, Angular Second Moment. Dari tabel 1(d) dapat dipilih atau ditentukan bahwa ada 5 ciri yang memberikan akurasi yang cukup signifikan pada citra grayscale, yaitu entropy, contrast, correlation, energy, dan angular second moment. Akurasi paling tinggi yang diperoleh Entrophy, menunjukkan transisi derajat keabuan pada kelas kayu berdasarkan serat miringnya merata.

3.1 Kombinasi Ciri

Karena citra grayscale mempunyai akurasi ciri tertinggi, maka akan dilakukan kombinasi ciri untuk citra grayscale.

3.1.1 Kombinasi Dua Ciri Citra Grayscale

Tabel 2 Hasil akurasi dari Kombinasi dua ciri citra grayscale

KOMBINASI CIRI CITRA GRAYSCALE	Jumlah Data Benar Kelas A	Jumlah Data Benar Kelas B	Total Benar	Akurasi (%)
<i>Entropy & Energy</i>	109	61	170	60.07067
<i>Entropy & Contrast</i>	131	64	195	68.90459
<i>Entropy & Correlation</i>	107	98	205	72.43816
<i>Entropy & Angular second moment</i>	90	102	192	67.84452
<i>Contrast & Angular second moment</i>	141	79	220	77.73852
<i>Contrast & Correlation</i>	143	93	236	83.39223
<i>Contrast & energy</i>	131	70	201	71.02473
<i>Correlation & Angular second moment</i>	100	75	175	61.83746
<i>Correlation & Angular second moment</i>	102	48	150	53.00353
<i>Angular second moment & Energy</i>	102	52	154	54.41696

Dari hasil kombinasi dua ciri pada tabel 2 dapat dipilih atau ditentukan bahwa kombinasi ciri yang menghasilkan akurasi paling tinggi yaitu kombinasi contrast dan correlation, hal ini menunjukkan penyebaran elemen-elemen matriks citra dan ukuran ketergantungan linear derajat keabuan citra menghasilkan nilai yang mirip di antara citra latih dan citra uji. Sedangkan kombinasi ciri correlation dan angular second moment menghasilkan nilai ciri yang kurang memiliki kemiripan antara citra latih dan citra uji.

3.1.2 Kombinasi Tiga Ciri Citra Grayscale

Tabel 3 Hasil akurasi dari Kombinasi tiga ciri citra grayscale

KOMBINASI CIRI CITRA GRAYSCALE	Jumlah Data Benar Kelas A	Jumlah Data Benar Kelas B	Total Benar	Akurasi (%)
<i>Contrast, correlation, dan Entrophy</i>	148	91	239	84.4523
<i>Contrast, Energy, Angular second moment</i>	138	82	220	77.73852
<i>Contrast, Energy, dan Entrophy</i>	112	79	191	67.49117
<i>Correlation, Energy, dan Contrast</i>	160	78	238	84.09894
<i>Correlation, Entrophy, dan Angular second moment</i>	141	79	220	77.73852
<i>Correlation, Energy, dan Entrophy</i>	123	64	187	66.07774

Dari hasil kombinasi tiga ciri pada tabel 3 dapat dipilih atau ditentukan bahwa kombinasi ciri yang menghasilkan akurasi paling tinggi yaitu kombinasi Correlation, Energy, dan Contrast, dengan nilai akurasi sebesar 84,09894 % hal ini menunjukkan penyebaran elemen-elemen matriks citra, kehomegenan citra yang berderajat keabuan sejenis, dan ukuran ketergantungan linear derajat keabuan citra menghasilkan nilai yang mirip di antara citra latih dan citra uji. Sedangkan kombinasi ciri correlation, Energy, dan Entrophy menghasilkan nilai ciri yang kurang memiliki kemiripan antara citra latih dan citra uji.

3.1.3 Analisis Akurasi Citra dengan Perbedaan nilai k

Di bawah ini adalah tabel hasil akurasi sistem dengan menggunakan spesifikasi simulasi sebagai berikut :

1. Citra yang akan digunakan adalah citra dengan mode warna Blue karena menghasilkan citra dengan akurasi yang paling tinggi dibandingkan mode warna Red, Green, dan Grayscale.
2. Nilai k yang diuji adalah 3,5,7.

Tabel 4 hasil akurasi dengan perubahan nilai k

Parameter	K=3	K=5	K=7
<i>ENTROPHY</i>	92.57951	92.57951	92.57951
<i>CONTRAST</i>	78.44523	78.44523	78.79859
<i>CORRELATION</i>	89.39929	89.04594	89.75265
<i>ENERGY</i>	75.26502	76.67845	78.44523
<i>HOMOGENITY</i>	91.87279	91.87279	91.87279
Rata-Rata	85.51237	85.72438	86.28975

Hasil akurasi tertinggi didapatkan oleh Entrophy. Nilai K dengan nilai akurasi rata-rata tertinggi diperoleh oleh nilai k = 7, dengan nilai akurasi rata-rata 86,28975. Nilai k berpengaruh untuk mengurangi efek noise.

3.7 Analisis Waktu Komputasi Sistem

Analisis waktu komputasi sistem bertujuan untuk mengetahui kecepatan kerja suatu sistem.. Tabel di bawah adalah total waktu komputasi dari pre-processing sampai proses klasifikasi berdasarkan orde ekstrasi ciri yang digunakan.

abel 5 waktu komputasi sistem

Layer Citra	Waktu komputasi rata-rata Orde Pertama (<i>milisecond</i>)	Waktu Komputasi rata-rata Orde Kedua (<i>milisecond</i>)
<i>Red</i>	34.6296	36.90459
<i>Green</i>	34.8889	36.48763
<i>Blue</i>	34.12345	36.43816
<i>Grayscale</i>	35.0423	37.65724

Waktu komputasi untuk orde satu lebih singkat daripada waktu komputasi untuk orde dua. Waktu komputasi citra *grayscale* memakan waktu lebih lama dibandingkan citra *red*, *green*, dan *blue* karena adanya proses konversi dari citra RGB ke *grayscale*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan dan analisis data pada sistem klasifikasi kualitas kayu berdasarkan ciri fisik ditinjau dari tekstur permukaan kayu menggunakan ekstrasi ciri statistik dari KNN dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Metode ekstraksi ciri statistik orde kedua, serta metode klasifikasi jarak Euclidean dapat digunakan untuk mengklasifikasikan kelas kayu berdasarkan serat miringnya dengan akurasi sebesar 92,5791 %.
2. Waktu komputasi sistem klasifikasi kelas kayu tergolong cepat, di kisaran 34-38 ms untuk satu image atau sekitar 0,034-0,038 detik per gambar.
3. Ciri yang menghasilkan akurasi paling baik adalah Entrophy , yaitu sebesar 91.5 % pada citra grayscale.
4. Citra grayscale menghasilkan sistem dengan akurasi paling baik dalam pengklasifikasian kualitas kelas kayu.
5. Model Jarak Euclidean dapat menghasilkan akurasi yang diharapkan pada sistem klasifikasi kelas kayu berdasarkan serat miringnya. Terbukti pada saat nilai k= 3,5, dan 7 dapat mengasilkan akurasi sebesar 92,5791 %.
6. Metode statistik ciri orde satu tidak cukup baik untuk mengenali kelas kayu berdasarkan serat miringnya karena rendahnya pengenalan untuk sampel yang telah dilatih.
7. Metode ciri statistik tidak terlalu cocok digunakan untuk mengklasifikasi kelas kayu berdasarkan serat miringnya, karena tidak mampu mengukur derajat kemiringan kayu, dapat dicoba digunakan metode edge detection.

DAFTAR PUSTAKA

1. Wikipedia. (2014) Kayu. [Online] Tersedia : <http://id.wikipedia.org/wiki/Kayu> [19 September 2014]
2. Sifat-sifat kayu dan penggunaannya. <http://dephut.go.id> . [Aksestanggal 14 Maret 2014]
3. Putra, Darma. 2010. Pengolahan Citra Digital. Yogyakarta :Andi.
4. Purnomo, Mauridhi Hery dan Arif Muntasa. 2010. Konsep Pengolahan Citra Digital dan Ekstraksi Fitur. Yogyakarta : Graha Ilmu.
5. Praktikum EL4027 Pengolahan Citra Biomedika. Modul 3 – Analisis Tekstur. [Online]. Tersedia : <http://elib.unikom.ac.id/download.php?id=107467>
6. Euclidean. www.mdp.ac.id/materi/.../TI215-032049-622-12.docx [Akses tanggal 13 April 2014]
7. Greg Bucks. Introduction to National Instruments Software and Hardware Options.<http://www.ni.com/academic>. [Aksestanggal 5 Maret 2014]
8. Mala Alfiyah Ningsih; Setiawardhana, S.T; Nana Ramadijanti, S.Kom,M.Kom.Klasifikasi ciri bentuk menggunakan metode fuzzy interference sistem. IEEE library. [Akses tanggal 5 Maret 2014]
9. Moriss, Tim. 2004. Computer Vison and Image Processing. New York L: Palgrave Macmillan.
10. Munir, Rinaldi. Pengolahan citra digital .<http://stei.itb.ac.id>. [Akses tanggal 14 Maret 2014]
11. Ratih S., Bambang H., dan Ratri D. A.,2013, “Klasifikasi kualitas beras berdasarkan ciri fisik berbasis pengolahan citra digital”, Bandung, IT Telkom.