

Keunggulan Ekstraksi Fitur Ordo Kedua terhadap Ordo Pertama dalam Identifikasi Ciri Berbasis Tekstur Warna

M. Arief Bustomi*

*Departemen Fisika, Fakultas Sains, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS),
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111*

Intisari

Metode ekstraksi fitur untuk identifikasi ciri berbasis tekstur warna sudah banyak diterapkan pada berbagai bidang kehidupan manusia. Misalnya dalam bidang pertanian, metode ini dapat digunakan untuk melakukan proses identifikasi kematangan buah berdasarkan tekturt warna kulit buah. Metode ekstraksi fitur dilakukan dengan terlebih dulu mengkonversi citra RGB menjadi citra abu-abu (*grayscale*). Berdasarkan citra abu-abu ini dilakukan dua metode pemrosesan yang berbeda, yaitu ekstraksi fitur ordo pertama dan ekstraksi fitur ordo kedua. Pada ekstraksi fitur ordo pertama digunakan 5 parameter ciri, yaitu Mean, Variance, Skewness, Kurtosis, dan Entropy, sedangkan pada ekstraksi fitur ordo kedua digunakan 6 parameter ciri, yaitu Angular Second Moment, Contrast, Correlation, Standard Deviation, Inverse Difference Moment dan Homogeneity. Dari 11 parameter ciri tersebut selanjutnya akan diklasifikasikan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan LVQ untuk mencari bobot akhir yang digunakan sebagai bobot acuan untuk identifikasi ciri berbasis tekstur warna. Makalah ini membahas hasil penelitian identifikasi tekstur warna pada tiga kasus berbeda. Dalam setiap kasus digunakan 30 sampel citra (terdiri dari dua kategori masing-masing 15 sampel citra) yang dibagi menjadi 16 sampel citra untuk pelatihan dan 14 sampel citra untuk pengujian. Hasil penelitian memperlihatkan metode ekstraksi fitur ordo kedua selalu lebih unggul dibandingkan metode ekstraksi fitur ordo pertama dalam kemampuan melakukan identifikasi ciri yang berbasis tekstur warna pada setiap kasus tersebut.

Abstract

The feature extraction method for identifying color-based characteristics has been widely applied to various fields of human life. For example in agriculture, this method can be used to carry out the process of identifying fruit maturity based on fruit skin turtles. The feature extraction method is done by first converting RGB images into grayscale images. Based on the grayscale image, two different processing methods are carried out, namely first order feature extraction and second order feature extraction. The extraction features of the first order used 5 characteristic parameters, namely Mean, Variance, Skewness, Kurtosis, and Entropy, while the feature extraction of the second order used 6 characteristic parameters, namely Angular Second Moment, Contrast, Correlation, Standard Deviation, Inverse Difference Moment and Homogeneity . The 11 characteristic parameters will then be classified using the LVQ artificial neural network method to find the final weight used as the reference weight for color texture-based character identification. This paper discusses the results of research on identifying color textures in three different cases. In each case 30 image samples were used (consisting of two categories each of 15 image samples) which were divided into 16 image samples for training and 14 image samples for testing. The results showed that the second order feature extraction method was always superior to the first order feature extraction method in the ability to identify color-based traits in each case.

Keywords: characteristic identification; color texture; first order feature extraction; second order feature extraction.

*Corresponding author: ariefbustomi@gmail.com

<http://dx.doi.org/10.12962/j24604682.v15i3.5311>
2460-4682 ©Departemen Fisika, FSains-ITS

I. PENDAHULUAN

Metode ekstraksi fitur untuk identifikasi ciri berbasis tekstur warna sudah banyak diterapkan pada berbagai bidang kehidupan manusia [1, 2]. Sebagai contoh dalam bidang pertanian, metode ini dapat digunakan untuk melakukan proses

identifikasi kematangan buah berdasarkan warna kulit buah [3, 4]. Metode ekstraksi fitur juga merupakan salah satu metode analisis citra untuk mengidentifikasi bentuk objek pada sebuah citra berdasarkan ciri-ciri yang dimiliki oleh objek tersebut. Proses ekstraksi fitur merupakan tahapan yang menguraikan tentang proses untuk mendapatkan nilai ciri tek-

stur dari citra. Proses ini berkaitan dengan kuantisasi karakteristik citra ke dalam sekelompok nilai ciri yang sesuai. Proses ekstraksi fitur akan menghasilkan nilai-nilai parameter yang akan digunakan sebagai acuan untuk identifikasi ciri dari citra. Fitur merupakan data-data kumpulan ciri yang dimiliki suatu objek yang merupakan karakteristik pembeda antara satu objek dengan objek lainnya [5].

Ada banyak metode yang digunakan untuk identifikasi ciri [6]. Salah satunya adalah menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan metode *Learning Vector Quantization* (LVQ). Jaringan Syaraf Tiruan LVQ merupakan bentuk khusus dari Competitive Learning Algorithm. Kelebihan Jaringan LVQ adalah kemampuan belajar dari Jaringan LVQ dalam pengklasifikasian vektor masukan ke kelas target yang dapat ditentukan sendiri oleh pengguna [7]. Untuk ekstraksi fitur terdapat dua tingkatan ordo, yaitu ekstraksi fitur ordo pertama dan ekstraksi fitur ordo kedua [8, 9].

Pada identifikasi kematangan buah blewah berdasarkan tekstur warna kulit buah menggunakan dua metode ekstraksi fitur ordo pertama dan ekstraksi fitur ordo kedua telah dinyatakan bahwa ekstraksi fitur ordo kedua lebih unggul daripada ekstraksi fitur ordo pertama [9]. Dalam makalah ini akan diuraikan apakah keunggulan ekstraksi fitur ordo kedua terhadap ordo pertama tersebut juga berlaku untuk berbagai tekstur warna lainnya. Selain itu, dalam penelitian juga diukur dan dibahas seberapa besar keunggulan metode ekstraksi ciri ordo kedua terhadap metode ekstraksi ciri ordo pertama pada tiga kasus tekstur warna objek citra yang berbeda.

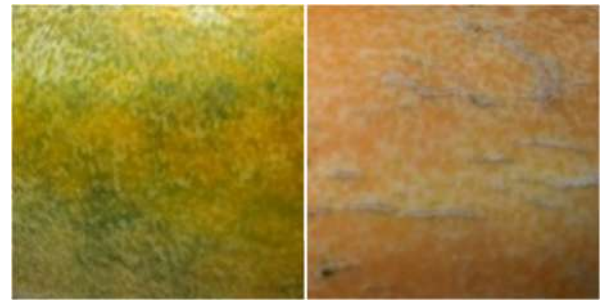
II. METODOLOGI PENELITIAN

Data citra yang digunakan

Penelitian dilakukan untuk tiga kasus identifikasi tekstur warna, yaitu identifikasi tekstur warna kulit buah, identifikasi tekstur warna kain, dan identifikasi tekstur warna daun pisang. Untuk setiap kasus identifikasi tekstur warna, data citra tekstur warna yang akan dijadikan data latih dan data uji adalah sebagai berikut :

1. Citra yang digunakan berjumlah 30 buah.
2. citra tekstur warna menggunakan camera smartphone Asus Zenfone 5, dengan resolusi 8 Megapixel.
3. yang digunakan dicrop menjadi berukuran 512×512 piksel dengan format ekstensi *.JPEG.
4. berupa citra tekstur warna dalam dua kategori, yaitu kategori A dan kategori B.

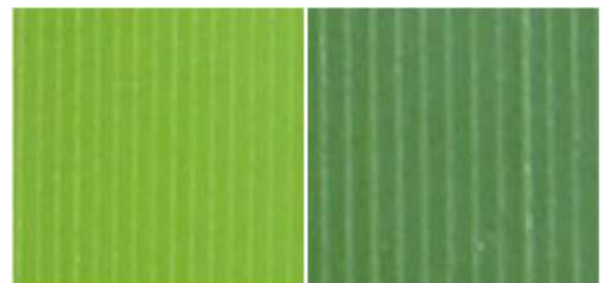
Pada identifikasi tekstur warna kulit buah, kategori A adalah tekstur warna kulit buah yang cenderung kehijauan (kulit buah berusia muda) dan kategori B adalah tekstur warna kulit buah yang cenderung hijau kekuningan (kulit buah berusia tua). Pada identifikasi tekstur warna kain, kategori A adalah tekstur warna kain merah muda yang sedikit cerah dan kategori B adalah tekstur warna kain merah muda yang sedikit gelap. Pada identifikasi tekstur warna daun pisang, kategori A



(a) Citra tekstur warna kulit buah



(b) Citra tekstur warna kain



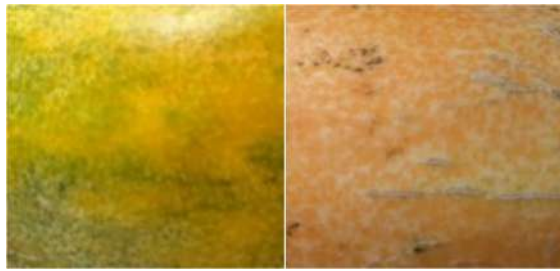
(c) Citra tekstur warna daun pisang

Gambar 1: Contoh citra tekstur warna yang dijadikan sebagai data latih.

adalah tekstur warna hijau yang sedikit cerah dan kategori B adalah tekstur warna hijau yang sedikit gelap.

Pada setiap kasus identifikasi tekstur warna, citra yang digunakan sebagai data latih untuk jaringan syaraf tiruan LVQ ada 16 buah citra. Citra-citra tersebut terdiri dari citra kategori A berjumlah 8 buah dan citra kategori B berjumlah 8 buah. Gambar 1 adalah contoh salah satu citra tekstur warna yang dijadikan sebagai data latih untuk setiap kasus identifikasi.

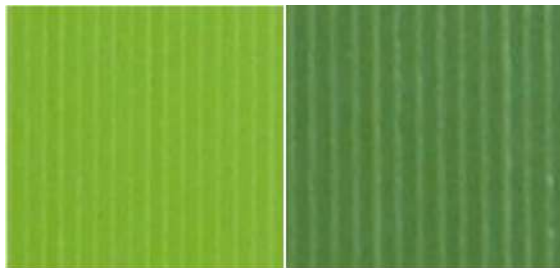
Data uji merupakan data citra masukan baru yang belum pernah dilatih sebelumnya dan dihitung dengan menggunakan bobot hasil pelatihan yang telah disimpan sebelumnya. Citra yang digunakan sebagai data uji untuk jaringan syaraf tiruan LVQ ada 14 buah citra. Citra-citra tersebut terdiri dari citra kategori A berjumlah 7 buah dan citra kategori B berjumlah 7 buah. Gambar 2 adalah contoh salah satu citra tekstur warna yang dijadikan sebagai data uji.



(a) Citra tekstur warna kulit buah



(b) Citra tekstur warna kain



(c) Citra tekstur warna daun pisang

Gambar 2: Contoh citra tekstur warna yang dijadikan sebagai data uji.

Rancangan Sistem Jaringan Syaraf Tiruan LVQ

Dalam penelitian ini, sistem jaringan syaraf tiruan LVQ dirancang dan dibuat menggunakan *software Matlab*. Diagram alir jaringan syaraf tiruan LVQ ini mencakup 3 proses, yaitu: proses awal (*pre-processing*), proses ekstraksi fitur (*feature extraction*) dan proses klasifikasi. Gambar 3 memperlihatkan diagram alir jaringan syaraf tiruan LVQ:

1. Proses Awal (*Pre-processing*)

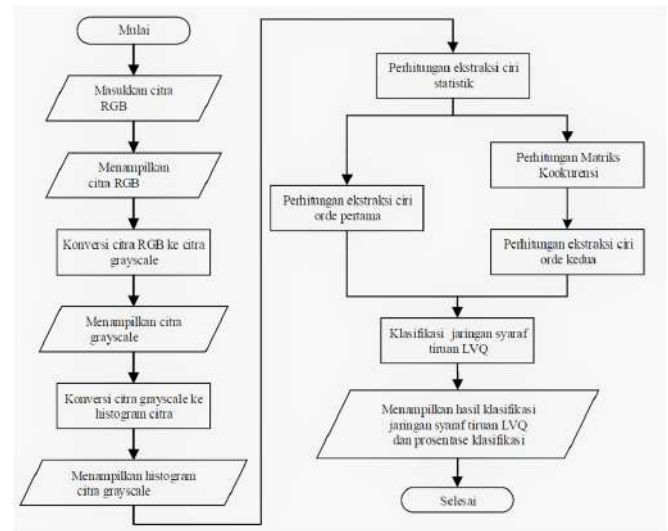
Pada proses ini citra RGB berukuran 512×512 dengan format *.JPEG diubah menjadi citra abu-abu dan selanjutnya dilakukan proses untuk mendapatkan nilai histogram dari citra abu-abu tersebut.

2. Proses Ekstraksi Fitur (*Feature Extraction*)

Proses ekstraksi fitur merupakan tahapan yang menguraikan tentang proses untuk mendapatkan nilai ciri tekstur dari citra warna (RGB). Ekstraksi fitur statistik dibagi menjadi dua metode ekstraksi fitur, yaitu:

• Ekstraksi Fitur Ordo Pertama

Nilai-nilai pada histogram dijadikan sebagai variabel-variabel ordo pertama menggunakan rumus perhitungan ekstraksi ciri ordo pertama,



Gambar 3: Diagram alir jaringan syaraf tiruan LVQ.

yaitu: *Mean, Variance, Skewness, Kurtosis* dan *Entropy* menurut Pers. (1) sampai dengan Pers. (5) [6, 9]:

$$\text{Mean} \quad \mu = \frac{1}{MN} \sum_i^M \sum_j^N P(i, j) \quad (1)$$

$$\text{Variance} \quad \sigma^2 = \sum_i^M \sum_j^N (i - \mu)^2 P(i, j) \quad (2)$$

$$\text{Skewness} \quad \alpha_3 = \frac{1}{\sigma^3} \sum_i^M \sum_j^N (i - \mu)^3 P(i, j) \quad (3)$$

$$\text{Kurtosis} \quad \alpha_4 = \frac{1}{\sigma^3} \sum_i^M \sum_j^N (i - \mu)^4 P(i, j) - 3 \quad (4)$$

$$\text{Entropy} \quad E = \sum_i^M \sum_j^N P(i, j) \log(P(i, j)) \quad (5)$$

dengan $P(i, j)$ adalah elemen matriks citra abu-abu baris ke- i kolom ke- j dari citra tekstur warna dengan ukuran $M = 512$ dan $N = 512$.

• Ekstraksi Fitur Ordo Kedua

Ekstraksi fitur ordo kedua tidak menggunakan nilai-nilai dari hasil perhitungan histogram melainkan 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 tersebut. Jarak dinyatakan dalam piksel dan orientasi dinyatakan dalam derajat. Orientasi dibentuk dalam empat arah sudut dengan interval sudut, yaitu 0, 45, 90, dan 135°. Setelah memperoleh matriks kookurensi, maka nilai yang dihasilkan dapat dimasukkan ke dalam variabel rumus ekstraksi ciri kedua, yaitu: *Contrast, Angular Second Moment, Inverse Difference Moment, Correlation, Homogeneity* dan *Standar Deviation* menurut Pers. (6) sampai dengan Pers. (11) [6, 8, 9]:

$$\text{Contrast} \quad \text{Cont} = \frac{1}{MN} \sum_i^M \sum_j^N P(i, j) \quad (6)$$

$$\text{AngularSecondMoment} \quad \text{ASM} = \sum_i^M \sum_j^N (i - \mu)^2 P(i, j) \quad (7)$$

$$\text{InverseDifferenceMoment} \quad \text{IDM} = \frac{1}{\sigma^3} \sum_i^M \sum_j^N (i - \mu)^3 P(i, j) \quad (8)$$

$$\text{Correlation} \quad \text{Corr} = \frac{1}{\sigma^3} \sum_i^M \sum_j^N (i - \mu)^4 P(i, j) - 3 \quad (9)$$

$$\text{Homogeneity} \quad \text{Hmgn} = \sum_i^M \sum_j^N P(i, j) \log(P(i, j)) \quad (10)$$

$$\text{StandarDeviation} \quad \text{Stdev} = \quad (11)$$

dengan $P(i, j)$ adalah elemen matriks kookurensi yang merupakan matriks distribusi probabilitas bersama (*join probability distribution*) baris ke- i kolom ke- j dari citra tekstur warna dengan ukuran $M = L =$ banyaknya tingkat keabuan citra dan $N = L =$ banyaknya tingkat keabuan citra.

Proses klasifikasi dengan jaringan syaraf tiruan

Dalam penelitian ini dibuat 2 jaringan syaraf tiruan masing-masing untuk metode ekstraksi fitur ordo pertama dan metode ekstraksi fitur ordo kedua. Sebelum membuat 2 jaringan LVQ untuk proses identifikasi, langkah awal yang dilakukan adalah menentukan nilai data latih dan nilai data uji untuk kebutuhan data yang akan diproses pada jaringan LVQ. Setelah itu dilakukan inisialisasi variabel yang ada di dalam kedua jaringan syaraf tiruan LVQ tersebut. Variabel yang digunakan antara lain vektor input (X_{ij}), iterasi (*Epoch*), bobot awal (W_{ij}), *learning rate* (α), Minimal Learning Rate ($\text{Min}\alpha$), pengurangan *learning rate* ($\text{Dec}\alpha$), *learning function* (LF), dan kelas target (T_k).

Variabel yang digunakan untuk membuat jaringan syaraf tiruan untuk metode ekstraksi fitur ordo pertama yaitu vektor input (X_{ij}) berjumlah 5 vektor, iterasi (*Epoch*) berjumlah 100 Epoch, bobot awal (W_{ij}) didapat dari 2 data baris 1 dan 2 pada data latih dan data uji, *node hidden layer* berjumlah 10, *learning rate* (α) secara umum bernilai 0,05, minimal *learning rate* ($\text{Min}\alpha$) bernilai 0,05, pengurangan *learning rate* ($\text{Dec}\alpha$) bernilai 0,005, *learning function* (LF) menggunakan "learnlv1", kelas target (T_k) bernilai 1 dan 2 (1 untuk kategori A dan 2 untuk kategori B), dan node output berjumlah 2. Sedangkan untuk jaringan syaraf tiruan LVQ metode ekstraksi fitur ordo kedua secara keseluruhan variabel yang digunakan sama dengan variabel yang dipakai untuk membuat jaringan syaraf tiruan LVQ metode ekstraksi fitur ordo pertama, hanya saja vektor input yang digunakan pada jaringan LVQ metode ekstraksi fitur ordo kedua berjumlah 6 vektor.

- Proses pelatihan

Pelatihan jaringan LVQ merupakan menggunakan data vektor citra tekstur warna dari hasil proses ekstraksi fitur dan menghasilkan nilai bobot akhir (W_{ij}) dengan inisialisasi iterasi (*Epoch*) = 100, *learning function* (LF) = "learnlv1", *learning rate* (α) = 0,05, pengurangan *learning rate* ($\text{Dec}\alpha$) bernilai 0,005 dan minimal *learning rate* ($\text{Min}\alpha$) = 0,05 yang akan digunakan untuk melakukan proses pengujian jaringan LVQ.

- Proses pengujian

Setelah dilatih maka selanjutnya dilakukan pengujian dengan menggunakan masukan dari satu vektor ciri. Kumpulan data tersebut diujikan keseluruhan jaringan LVQ. Hasil pengujian ditunjukkan dengan batasan nilai ambang tertentu terhadap persentase identifikasi pada masing-masing jaringan LVQ.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis fitur

Rumus-rumus perhitungan metode ekstraksi fitur ordo pertama dan ekstraksi fitur ordo kedua menggunakan data citra tekstur warna digunakan untuk mendapatkan data-data ciri untuk setiap citra. Setelah diperoleh data-data ciri tekstur menggunakan metode ekstraksi fitur ordo pertama dan ekstraksi fitur ordo kedua, lalu dilakukan pencarian nilai rata-rata (*Average*), minimum (*Min*), dan maksimum (*Max*) pada setiap parameter untuk setiap citra tekstur warna kategori A dan kategori B diperlihatkan pada Tabel I untuk ekstraksi fitur ordo pertama.

Kelima fitur ordo pertama tersebut merupakan seperangkat parameter ciri bagi setiap citra tekstur warna. Selanjutnya kelima nilai fitur tersebut menjadi variabel input bagi jaringan syaraf tiruan LVQ untuk melakukan identifikasi citra tekstur warna tersebut ke dalam kategori A atau kategori B untuk setiap kasus tekstur warna.

Nilai rata-rata (*Average*), minimum (*Min*), dan maksimum (*Max*) pada setiap parameter untuk setiap citra tekstur warna kategori A dan kategori B untuk ekstraksi fitur ordo kedua diperlihatkan pada Tabel II.

Keenam fitur ordo kedua tersebut merupakan seperangkat parameter ciri bagi setiap citra tekstur warna. Selanjutnya keenam nilai fitur tersebut menjadi variabel input bagi jaringan syaraf tiruan LVQ untuk melakukan identifikasi citra tekstur warna tersebut ke dalam kategori A atau kategori B untuk setiap kasus tekstur warna.

TABEL I: Range tekstur warna Ordo Pertama.

Kategori	Range	Parameter ciri tekstur warna Kulit buah				
		Mean	Variance	Skewness	Kurtosis	Entropy
Kategori A (kehijauan)	Average	135,5982	$1,0350 \times 10^{12}$	$57,5880 \times 10^6$	$1,7732 \times 10^8$	$-1,7627 \times 10^8$
	Max	163,4119	$1,3229 \times 10^{12}$	$856,1100 \times 10^6$	$2,8471 \times 10^8$	$-1,2572 \times 10^8$
	Min	101,9913	$0,7252 \times 10^{12}$	$0,4606 \times 10^6$	$1,4006 \times 10^8$	$-2,1982 \times 10^8$
Kategori B (kekuningan)	Average	123,9044	$1,0720 \times 10^{12}$	$0,6072 \times 10^6$	$1,8945 \times 10^8$	$-1,6868 \times 10^8$
	Max	169,9301	$1,2214 \times 10^{12}$	$0,7894 \times 10^6$	$2,7903 \times 10^8$	$-0,8228 \times 10^8$
	Min	37,0872	$0,7914 \times 10^{12}$	$0,4964 \times 10^6$	$1,4754 \times 10^8$	$-2,2934 \times 10^8$
Kategori	Range	Parameter ciri tekstur warna Kain				
		Mean	Variance	Skewness	Kurtosis	Entropy
Kategori A (merah muda cerah)	Average	141,5212	$2,3035 \times 10^{12}$	$45,5875 \times 10^6$	$0,9332 \times 10^8$	$-1,0827 \times 10^8$
	Max	169,3349	$2,5914 \times 10^{12}$	$844,1021 \times 10^6$	$2,0071 \times 10^8$	$-0,5772 \times 10^8$
	Min	107,9143	$1,9937 \times 10^{12}$	$1,5394 \times 10^6$	$0,5606 \times 10^8$	$-1,5182 \times 10^8$
Kategori B (merah muda gelap)	Average	119,5014	$0,0728 \times 10^{12}$	$0,6082 \times 10^6$	$2,1965 \times 10^8$	$-1,5337 \times 10^8$
	Max	165,5271	$0,2222 \times 10^{12}$	$0,7904 \times 10^6$	$3,0923 \times 10^8$	$-0,6697 \times 10^8$
	Min	32,6842	$0,0078 \times 10^{12}$	$0,4976 \times 10^6$	$1,7774 \times 10^8$	$-2,1403 \times 10^8$
Kategori	Range	Parameter ciri tekstur warna Daun pisang				
		Mean	Variance	Skewness	Kurtosis	Entropy
Kategori A (hijau cerah)	Average	143,5231	$3,6035 \times 10^{12}$	$43,8581 \times 10^6$	$1,8536 \times 10^8$	$-1,0827 \times 10^8$
	Max	171,3368	$3,8914 \times 10^{12}$	$842,3830 \times 10^6$	$2,9275 \times 10^8$	$-0,5772 \times 10^8$
	Min	109,9162	$3,2937 \times 10^{12}$	$3,2694 \times 10^6$	$1,4810 \times 10^8$	$-1,5182 \times 10^8$
Kategori B (hijau gelap)	Average	120,5142	$1,0535 \times 10^{12}$	$1,6028 \times 10^6$	$2,2965 \times 10^8$	$-2,1337 \times 10^8$
	Max	166,5399	$1,2029 \times 10^{12}$	$1,7854 \times 10^6$	$3,1923 \times 10^8$	$-1,2697 \times 10^8$
	Min	33,6976	$0,7729 \times 10^{12}$	$1,4923 \times 10^6$	$1,8774 \times 10^8$	$-2,7403 \times 10^8$

Hasil pelatihan jaringan syaraf tiruan LVQ

Hasil pelatihan jaringan syaraf tiruan LVQ menggunakan 16 data citra B untuk setiap kasus tekstur warna diperlihatkan pada Tabel III, Tabel IV dan Tabel V.

Pada Tabel III, Tabel IV dan Tabel V, kelas 1 berkorelasi dengan kategori A dan kelas 2 berkorelasi dengan kategori B. Penggunaan istilah kelas 1 dan kelas 2 dikarenakan format bentuk luaran jaringan syaraf tiruan LVQ berupa angka 1 dan 2 tersebut. Hasil identifikasi adalah ketepatan dari sistem Jaringan Syaraf Tiruan LVQ dalam menebak apakah suatu objek citra yang termasuk kategori A (kelas 1) dapat ditebak sebagai kategori A (kelas 1). Begitu pula sebaliknya, apakah suatu objek citra yang termasuk kategori B (kelas 2) dapat ditebak sebagai kategori B (kelas 2). Bila tebakan benar berarti sistem bekerja dengan baik, sebaliknya bila tebakan salah berarti sistem bekerja dengan buruk.

Pada Tabel III untuk kasus tekstur warna kulit buah, dari total keseluruhan data berjumlah 16 citra untuk identifikasi ordo pertama, jumlah citra yang sesuai dengan klasifikasi jaringan syaraf tiruan LVQ berjumlah 12 buah sedangkan jumlah citra

yang tidak sesuai berjumlah 4, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{akurasi keberhasilan} &= \frac{\text{jumlah benar}}{\text{jumlah data}} \times 100\% \\ &= \frac{12}{16} \times 100 = 75\% \end{aligned}$$

Pada Tabel IV untuk kasus tekstur warna kain:

$$\begin{aligned} \text{akurasi keberhasilan} &= \frac{\text{jumlah benar}}{\text{jumlah data}} \times 100\% \\ &= \frac{12}{16} \times 100 = 75\% \end{aligned}$$

dan pada Tabel V untuk kasus tekstur warna daun pisang:

$$\begin{aligned} \text{akurasi keberhasilan} &= \frac{\text{jumlah benar}}{\text{jumlah data}} \times 100\% \\ &= \frac{12}{16} \times 100 = 75\% \end{aligned}$$

Sedangkan identifikasi ciri ordo kedua pada Tabel III diperoleh hasil sebagai berikut. Untuk kasus tekstur warna kulit buah, dari total keseluruhan data berjumlah 16 citra untuk identifikasi ordo kedua, jumlah citra yang sesuai dengan klasifikasi jaringan syaraf tiruan LVQ berjumlah 14 buah sedang-

TABEL II: Range tekstur warna Ordo Kedua.

Kategori	Range	Parameter ciri tekstur warna Kulit buah					
		Contrast	St.Deviation	Correlation	ASM	Homogeneity	IDM
Kategori A (kehijauan)	Average	0,3069	23,1092	0,3774	0,5976	1,8507	1,8505
	Max	0,5471	28,2482	0,4411	0,7925	1,9510	1,9510
	Min	0,1020	17,7430	0,3046	0,4147	1,7380	1,7371
Kategori B (kekuningan)	Average	0,1795	22,4702	0,3733	0,7408	1,9125	1,9124
	Max	0,3246	24,8776	0,4713	1,0549	1,9470	1,9470
	Min	0,1099	19,5151	0,3142	0,5323	1,8408	1,8407
Kategori	Range	Parameter ciri tekstur warna Kain					
		Contrast	St.Deviation	Correlation	ASM	Homogeneity	IDM
Kategori A (merah muda cerah)	Average	0,4068	23,0294	0,3878	0,5025	1,7502	1,6005
	Max	0,6470	28,1684	0,4515	0,6974	1,8505	1,7010
	Min	0,2019	17,6632	0,3150	0,3196	1,6375	1,4871
Kategori B (merah muda gelap)	Average	0,1592	21,8204	0,3857	0,7508	2,0125	1,9025
	Max	0,3043	24,2278	0,4837	1,0649	2,0470	1,9371
	Min	0,0896	18,8653	0,3266	0,5423	1,9408	1,8308
Kategori	Range	Parameter ciri tekstur warna Daun pisang					
		Contrast	St.Deviation	Correlation	ASM	Homogeneity	IDM
Kategori A (hijau cerah)	Average	0,4025	23,5004	0,3862	0,5665	1,3504	1,7205
	Max	0,6427	28,6394	0,4499	0,7614	1,4507	1,8211
	Min	0,1976	18,1342	0,3134	0,3836	1,2377	1,6071
Kategori B (hijau gelap)	Average	0,1995	22,0421	0,5005	0,758	2,0154	1,8025
	Max	0,3446	24,4495	0,5985	1,0721	2,0499	1,8371
	Min	0,1299	19,0875	0,4414	0,5495	1,9437	1,7308

TABEL III: Hasil pelatihan jaringan syaraf tiruan LVQ citra tekstur warna Kulit buah.

Nomer citra tekstur warna Kulit buah	Kategori	Kelas	Hasil identifikasi	
			Ordo Pertama	Ordo Kedua
1	Kehijauan	1	2	1
2	Kekuningan	2	2	2
3	Kehijauan	1	1	1
4	Kekuningan	2	2	1
5	Kehijauan	1	2	1
6	Kekuningan	2	2	2
7	Kehijauan	1	1	1
8	Kekuningan	2	2	2
9	Kehijauan	1	1	1
10	Kekuningan	2	2	2
11	Kehijauan	1	1	1
12	Kekuningan	2	2	2
13	Kehijauan	1	2	1
14	Kekuningan	2	2	2
15	Kehijauan	1	2	1
16	Kekuningan	2	2	1
Jumlah data			16	16
Jumlah data yang benar			12	14
Jumlah data yang salah			4	2

TABEL IV: Hasil pelatihan jaringan syaraf tiruan LVQ Citra tekstur warna Kain.

Nomer citra tekstur warna Kain	Kategori	Kelas	Hasil identifikasi	
			Ordo Pertama	Ordo Kedua
1	Merah Muda Cerah	1	1	1
2	Merah Muda Gelap	2	2	2
3	Merah Muda Cerah	1	1	1
4	Merah Muda Gelap	2	2	2
5	Merah Muda Cerah	1	1	1
6	Merah Muda Gelap	2	1	2
7	Merah Muda Cerah	1	1	1
8	Merah Muda Gelap	2	2	2
9	Merah Muda Cerah	1	1	1
10	Merah Muda Gelap	2	1	2
11	Merah Muda Cerah	1	2	1
12	Merah Muda Gelap	2	2	2
13	Merah Muda Cerah	1	1	1
14	Merah Muda Gelap	2	2	2
15	Merah Muda Cerah	1	2	2
16	Merah Muda Gelap	2	2	2
Jumlah data			16	16
Jumlah data yang benar			12	15
Jumlah data yang salah			4	1

TABEL V: Hasil pelatihan jaringan syaraf tiruan LVQ citra tekstur warna Daun pisang.

Nomer citra tekstur Wwarna Daun pisang	Kategori	Kelas	H asil identifikasi	
			Ordo Pertama	Ordo Kedua
1	Hijau Cerah	1	1	1
2	Hijau Gelap	2	1	2
3	Hijau Cerah	1	1	1
4	Hijau Gelap	2	2	2
5	Hijau Cerah	1	1	1
6	Hijau Gelap	2	2	1
7	Hijau Cerah	1	2	1
8	Hijau Gelap	2	2	2
9	Hijau Cerah	1	1	1
10	Hijau Gelap	2	1	2
11	Hijau Cerah	1	1	1
12	Hijau Gelap	2	2	2
13	Hijau Cerah	1	1	1
14	Hijau Gelap	2	1	2
15	Hijau Cerah	1	1	1
16	Hijau Gelap	2	2	2
Jumlah data			16	16
Jumlah data yang benar			12	15
Jumlah data yang salah			4	1

kan jumlah citra yang tidak sesuai berjumlah 2, sehingga:

$$\begin{aligned}\text{akurasi keberhasilan} &= \frac{\text{jumlah benar}}{\text{jumlah data}} \times 100\% \\ &= \frac{14}{16} \times 100 = 87,5\%\end{aligned}$$

Untuk kasus tekstur warna kain:

$$\begin{aligned}\text{akurasi keberhasilan} &= \frac{\text{jumlah benar}}{\text{jumlah data}} \times 100\% \\ &= \frac{15}{16} \times 100 = 93,8\%\end{aligned}$$

Dan untuk kasus tekstur warna daun pisang:

$$\begin{aligned}\text{akurasi keberhasilan} &= \frac{\text{jumlah benar}}{\text{jumlah data}} \times 100\% \\ &= \frac{15}{16} \times 100 = 93,8\%\end{aligned}$$

Hasil pengujian Jaringan Syaraf Tiruan LVQ

Hasil pengujian jaringan syaraf tiruan LVQ menggunakan 14 data citra untuk setiap kasus tekstur warna diperlihatkan pada Tabel IV.

Pada Tabel VI untuk kasus tekstur warna kulit buah, dari total keseluruhan data berjumlah 14 citra untuk identifikasi ordo pertama, jumlah citra yang sesuai dengan klasifikasi jaringan syaraf tiruan LVQ berjumlah 11 buah sedangkan jumlah citra yang tidak sesuai berjumlah 3, sehingga:

$$\begin{aligned}\text{akurasi keberhasilan} &= \frac{\text{jumlah benar}}{\text{jumlah data}} \times 100\% \\ &= \frac{11}{14} \times 100 = 78,6\%\end{aligned}$$

TABEL VI: Hasil Pengujian Jaringan Syaraf Tiruan LVQ Citra Tekstur Warna Kulit Buah.

Nomer Citra Tekstur Warna Kulit Buah	Kategori	Kelas	H asil identifikasi	
			Ordo Pertama	Ordo Kedua
1	Kehijauan	1	1	1
2	Kekuningan	2	2	1
3	Kehijauan	1	2	1
4	Kekuningan	2	2	2
5	Kehijauan	1	1	1
6	Kekuningan	2	2	2
7	Kehijauan	1	2	1
8	Kekuningan	2	2	1
9	Kehijauan	1	1	1
10	Kekuningan	2	2	2
11	Kehijauan	1	2	1
12	Kekuningan	2	2	2
13	Kehijauan	1	1	1
14	Kekuningan	2	2	2
Jumlah data			14	14
Jumlah data yang benar			11	12
Jumlah data yang salah			3	2

TABEL VII: Hasil pengujian jaringan syaraf tiruan LVQ citra tekstur warna Kain.

Nomer citra tekstur warna Kain	Kategori	Kelas	H asil identifikasi	
			Ordo Pertama	Ordo Kedua
1	Merah Muda Cerah	1	1	1
2	Merah Muda Gelap	2	1	2
3	Merah Muda Cerah	1	1	1
4	Merah Muda Gelap	2	1	1
5	Merah Muda Cerah	1	1	1
6	Merah Muda Gelap	2	2	2
7	Merah Muda Cerah	1	1	1
8	Merah Muda Gelap	2	2	2
9	Merah Muda Cerah	1	1	1
10	Merah Muda Gelap	2	2	2
11	Merah Muda Cerah	1	1	1
12	Merah Muda Gelap	2	1	2
13	Merah Muda Cerah	1	1	1
14	Merah Muda Gelap	2	2	2
Jumlah data			14	14
Jumlah data yang benar			11	13
Jumlah data yang salah			3	1

Pada Tabel VII untuk kasus tekstur warna kain:

$$\begin{aligned}\text{akurasi keberhasilan} &= \frac{\text{jumlah benar}}{\text{jumlah data}} \times 100\% \\ &= \frac{11}{14} \times 100 = 78,6\%\end{aligned}$$

TABEL VIII: Hasil pengujian jaringan syaraf tiruan LVQ citra tekstur warna Daun pisang.

Nomer citra tekstur warna Daun pisang	Kategori	Kelas	Hasil identifikasi	
			Ordo Pertama	Ordo Kedua
1	Hijau Cerah	1	1	1
2	Hijau Gelap	2	2	2
3	Hijau Cerah	1	1	1
4	Hijau Gelap	2	2	2
5	Hijau Cerah	1	2	1
6	Hijau Gelap	2	2	2
7	Hijau Cerah	1	1	1
8	Hijau Gelap	2	2	2
9	Hijau Cerah	1	2	2
10	Hijau Gelap	2	2	2
11	Hijau Cerah	1	1	1
12	Hijau Gelap	2	1	2
13	Hijau Cerah	1	1	1
14	Hijau Gelap	2	2	2
Jumlah data			16	16
Jumlah data yang benar			12	15
Jumlah data yang salah			3	1

dan pada Tabel VIII untuk kasus tekstur warna daun pisang:

$$\begin{aligned}\text{akurasi keberhasilan} &= \frac{\text{jumlah benar}}{\text{jumlah data}} \times 100\% \\ &= \frac{11}{14} \times 100 = 78,6\%\end{aligned}$$

Sedangkan identifikasi ciri ordo kedua pada Tabel III diperoleh hasil sebagai berikut. Untuk kasus tekstur warna kulit buah, dari total keseluruhan data berjumlah 16 citra untuk identifikasi ordo kedua, jumlah citra yang sesuai dengan klasifikasi jaringan syaraf tiruan LVQ berjumlah 14 buah sedangkan jumlah citra yang tidak sesuai berjumlah 2, sehingga:

$$\begin{aligned}\text{akurasi keberhasilan} &= \frac{\text{jumlah benar}}{\text{jumlah data}} \times 100\% \\ &= \frac{12}{14} \times 100 = 85,7\%\end{aligned}$$

Untuk kasus tekstur warna kain:

$$\begin{aligned}\text{akurasi keberhasilan} &= \frac{\text{jumlah benar}}{\text{jumlah data}} \times 100\% \\ &= \frac{13}{14} \times 100 = 92,9\%\end{aligned}$$

dan untuk kasus tekstur warna daun pisang:

$$\begin{aligned}\text{akurasi keberhasilan} &= \frac{\text{jumlah benar}}{\text{jumlah data}} \times 100\% \\ &= \frac{13}{14} \times 100 = 92,9\%\end{aligned}$$

Pembahasan

Hasil pengujian jaringan syaraf tiruan LVQ pada kasus tekstur warna kulit buah adalah metode ekstraksi fitur ordo kedua dan ekstraksi fitur ordo pertama masing-masing memiliki persentase akurasi 85,7% dan 78,6%. Ternyata pada kasus tekstur warna kulit buah, metode ekstraksi fitur ordo kedua memiliki keunggulan sekitar 7,1% dibandingkan metode ekstraksi fitur ordo pertama. Pada kasus tekstur warna kain, metode ekstraksi fitur ordo kedua dan ekstraksi fitur ordo pertama masing-masing memiliki persentase akurasi 92,9% dan 78,1%. Ternyata pada kasus tekstur warna kain, metode ekstraksi fitur ordo kedua memiliki keunggulan sekitar 14,8% dibandingkan metode ekstraksi fitur ordo pertama. Hal yang sama terjadi pada kasus tekstur warna daun pisang, metode ekstraksi fitur ordo kedua dan ekstraksi fitur ordo pertama masing-masing memiliki persentase akurasi 92,9% dan 78,1% atau metode ekstraksi fitur ordo kedua memiliki keunggulan sekitar 14,8% dibandingkan metode ekstraksi fitur ordo pertama.

Bila dibandingkan dengan hasil pelatihan, metode ekstraksi fitur ordo kedua memiliki keunggulan sekitar 12,5% dibandingkan metode ekstraksi fitur ordo pertama pada kasus tekstur warna kulit buah. Pada kasus tekstur warna kain, metode ekstraksi fitur ordo kedua memiliki keunggulan sekitar 18,8% dibandingkan metode ekstraksi fitur ordo pertama. Dan pada kasus tekstur warna kulit buah, metode ekstraksi fitur ordo kedua memiliki keunggulan sekitar 18,8% dibandingkan metode ekstraksi fitur ordo pertama. Hasil pengujian kehandalan metode ekstraksi fitur ordo dua terhadap ordo pertama yang selalu lebih rendah bila dibandingkan dengan hasil dalam pelatihan pada setiap kasus tekstur warna adalah wajar karena data-data citra yang dipakai dalam pengujian bersifat lebih tidak dikenali oleh sistem jaringan LVQ dibandingkan dengan data-data citra yang dipakai dalam pelatihan. Dalam proses pelatihan, jaringan LVQ telah dilatih dengan 16 data citra sebagai citra latih yang terbagi dalam dua kategori agar jaringan mampu mengidentifikasi data-data citra latih dengan seoptimal mungkin. Berbeda dengan proses pelatihan, dalam proses pengujian jaringan LVQ diminta untuk mampu mengidentifikasi 14 data citra sisa dari 30 data citra sebagai citra uji yang juga terbagi dalam dua kategori. Pada proses pengujian jaringan LVQ mengidentifikasi data-data citra ujisecara apa adanya berdasarkan hasil yang telah diperoleh jaringan LVQ selama proses pelatihan. Sehingga akurasi keberhasilan pada pengujian jaringan selalu lebih rendah daripada akurasi keberhasilan pada pelatihan jaringan.

Hasil penelitian ini merupakan proses klarifikasi dan pengembangan hasil penelitian widyaningsih tentang penggunaan matiks *co-occurrence* dalam identifikasi kematangan buah apel dan hasil penelitian rizal tentang perbandingan metode ekstraksi ciri ordo pertama dan ordo kedua dalam identifikasi kematangan buah blewah [8, 9]. Kedua hasil penelitian tersebut menyiratkan adanya keunggulan penggunaan matiks *co-occurrence* dan ekstraksi ciri ordo kedua dibandingkan tanpa matiks *co-occurrence* dan ekstraksi ciri ordo kedua. Dalam penelitian ini, penggunaan matriks *co-occurrence* dan ekstraksi ciri ordo kedua tidak hanya untuk tekstur warna kulit buah, tapi juga telah diperluas ke tekstur-

tekstur warna lainnya yaitu tekstur warna kain dan tekstur warna daun pisang. Selain itu dalam penelitian ini, keunggulan matriks *co-occurrence* dan ekstraksi ciri ordo kedua telah disajikan secara eksplisit dan kuantitatif.

Berdasarkan hasil penelitian pada tiga kasus tekstur warna berbeda, dapat ditegaskan bahwa metode ekstraksi fitur ordo kedua selalu lebih unggul dibandingkan metode ekstraksi fitur ordo pertama. Perbedaan fitur antara ekstraksi fitur ordo pertama dan ordo kedua adalah fitur-fitur hasil ekstraksi ordo pertama berasal dari nilai-nilai hasil perhitungan histogram, sedangkan fitur-fitur hasil ekstraksi fitur ordo kedua berasal dari nilai-nilai pada matriks kookurensi data citra. Dengan kata lain ekstraksi ordo pertama berdasarkan hasil perhitungan pada histogram citra, sedangkan ekstraksi fitur ordo kedua berdasarkan hasil perhitungan pada matriks kookurensi citra. Dengan demikian hasil penelitian ini telah memperlihatkan bahwa penggunaan matriks *co-occurrence* citra memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan penggunaan murni histogram citra saja. Hal ini berarti penambahan penggunaan matriks *co-occurrence* terbukti mampu menaikkan kemam-

puan jaringan LVQ dalam mengidentifikasi data citra berbasis tekstur warna. Hasil ini dapat diterapkan pada berbagai bidang aplikasi lebih luas yang berkaitan dengan identifikasi objek berbasis data citra tekstur warna objek tersebut.

IV. SIMPULAN

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa pengujian jaringan syaraf tiruan LVQ menggunakan metode ekstraksi fitur ordo kedua memiliki keunggulan dibandingkan ordo pertama masing-masing sebesar 7,1%; 14,8%; dan 14,8% untuk masing-masing kasus tekstur warna kulit buah, kain dan daun pisang. Artinya metode ekstraksi fitur ordo kedua selalu lebih unggul dibandingkan metode ekstraksi fitur ordo pertama. Hasil ini juga memperlihatkan bahwa penggunaan matriks *co-occurrence* citra memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan penggunaan murni histogram citra saja.

-
- [1] Haralick, M. Robert, K. Shanmugam, and I. Dinstein, "Textural Features for Image Classification", IEEE Transaction on System, Man and Cybernetics, vol. 3, pp. 618-619, 1973.
 - [2] N. Pradeep, et al., "Feature Extraction of Mammograms", International Journal of Bioinformatics Research, vol. 4, pp. 241-244, 2012.
 - [3] R. N. Whidhiasih, S. Guritman dan P.T. Supriyo, "Identifikasi Tahap Kematangan Buah Manggis Berdasarkan Warna Menggunakan Fuzzy Neural Network", J. Teknologi Industri Pertanian, vol. 22, no. 2, pp. 82-91, 2012.
 - [4] Y. Permadi dan Murinto, "Aplikasi Pengolahan Citra Untuk Identifikasi Kematangan Mentimun Berdasarkan Tekstur Kulit Buah Menggunakan Metode Ekstraksi Ciri Statistik", J. Informatika, vol. 9, no. 1, pp. 1028-1038, 2015.
 - [5] Gonzalez, C. Rafael and R. E. Woods, "Digital Image Processing", Third Edition, Prentice Hall USA, 2002.
 - [6] S. Uyun, S. Hartati, A. Harjoko dan Subanar, "Selection Mammogram Texture Descriptors Based on Statistics Properties Backpropagation Structure", International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS), vol. 11, no. 5, pp. 1-5, 2013.
 - [7] E. Purwanti, F. Chandra, Pujiyanto dan M.A. Bustomi, "Desain Sistem Klasifikasi Kelainan Jantung menggunakan Learning Vector Quantization", J. Fisika dan Aplikasinya (JFA), vol. 9, no. 2, hlm. 57-62, 2013.
 - [8] M. Widyaningsih, "Identifikasi Kematangan Buah Apel Dengan Gray level Co-occurrence Matrix (GLCM)", J. Saintekom, vol. 6, no. 1, hlm. 71-88, 2016.
 - [9] M. Rizal, "Perbandingan Metode Ekstraksi Ciri Ordo Pertama dan Metode Ekstraksi Ciri Ordo Kedua untuk Mengidentifikasi Kematangan Buah Blewah Berdasarkan Tekstur Warna Kulit", Skripsi, UPN Veteran Jawa Timur, Surabaya, 2017.