

Klasifikasi Tekstur Parket Kayu dengan Menggunakan Metode Statistikal *Grey Level Run Length Matrix*

Diah Alfiani¹, Sulisty Puspitodjati², Suryarini Widodo³, Diah Ayu Septiana⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma

¹diah@staff.gunadarma.ac.id, ²sulisty@staff.gunadarma.ac.id, ³srini@staff.gunadarma.ac.id,

⁴diah_ayu@student.gunadarma.ac.id

Abstrak

Klasifikasi tekstur parket kayu bertujuan untuk mengenali beberapa jenis parket kayu yang berbeda berdasarkan nilai atribut (*features*) yang terkandung di dalam data parket. Pada penelitian ini, proses klasifikasi data parket menggunakan delapan jenis kayu yaitu Angus, Hevea, Kempas, Mahogany, Mindi, Oceanbangkirai, Palisander, dan Teak. Variabel-variabel yang digunakan dalam klasifikasi ini adalah *Short Runs Emphasis* (SRE), *Long Runs Emphasis* (LRE), *Grey Level Nonuniformity* (GLN), *Run Length Nonuniformity* (RLN), dan *Run Percentage* (RP). Dalam uji coba ini, klasifikasi tekstur dilakukan dengan menggunakan metode statistikal *Grey Level Run Length Matrix* (GLRLM) dengan perangkat lunak Matlab. Kedelapan data parket kayu dianalisis berdasarkan arah pergeseran 0^0 , 45^0 , 90^0 serta 135^0 . Hasilnya ke delapan parket kayu tersebut menghasilkan nilai *features* yang homogen. Namun, didapat nilai yang *extreme* pada perhitungan atribut GLN untuk jenis kayu Hevea. Nilai *extreme* tersebut dikarenakan nilai *runs* pada matrik citra Hevea beragam, sehingga nilai $g(i)$ nya beragam sehingga menghasilkan nilai GLN yang kecil.

Kata kunci: klasifikasi tekstur, *grey level run length matrix*, parket kayu

Abstract

Classification textural features from parquet wood is an important first step towards building classifier to identify the type of parquet wood. This paper proposed textural features of eight type of parquet wood, i.e: Angus, Hevea, Kempas, Mahogany, Mindi, Oceanbangkirai, Palisander, and Teak. Texture features classification from Grey Level Run Length Matrices (GLRLM) are Short Runs Emphasis (SRE), Long Runs Emphasis (LRE), Grey Level Nonuniformity (GLN), Run Length Nonuniformity (RLN), and Run Percentage (RP). GLRLM measurements made for angles: 0^0 , 45^0 , 90^0 serta 135^0 . Results show homogenous values of features classification using GLRLM, except the GLN of Hevea. Hevea has diverse values of runs that cause a small value of GLN.

Keywords: texture features classification, *grey level run length matrix*, parquet wood

1. Pendahuluan

Sistem *computer vision* telah banyak digunakan dalam proses manufaktur yang terotomatisasi, terutama dalam proses *quality control*. Selain untuk proses kontrol kualitas produksi, *computer vision* juga merupakan cara yang hebat untuk mengevaluasi jenis produksi dengan kata lain proses klasifikasi [6]. Sebelum adanya otomatisasi dalam pengklasifikasian jenis kayu dalam suatu pabrik industri kayu, sisa-sisa hasil potongan kayu yang akan dijadikan parket diklasifikasi dengan menggunakan indera penglihatan manusia guna mendapatkan jenis kayu yang sama atau mengklasifikasi kayu berdasarkan teksturnya. Hal ini membutuhkan tenaga kerja yang banyak dan terampil. Terkadang hasil penilaiannya pun tidak seragam karena penilaiannya secara visual (subjektif) sehingga hasil yang didapatkan tidak konsisten dan tidak dapat diandalkan sepenuhnya. Dengan adanya kendala di atas menjadi dorongan untuk membuat suatu aplikasi klasifikasi tekstur

parket kayu untuk mengklasifikasi jenis parket kayu. Klasifikasi kayu adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis kayu yang berbeda-beda tetapi memiliki sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok berdasarkan pemakaiannya [7].

Dalam menentukan klasifikasi otomatisasi maka harus ditentukan variabel yang akan digunakan dalam klasifikasi tekstur. Salah satu persoalan yang seringkali berkaitan dengan klasifikasi tekstur adalah ekstraksi ciri citra. Pada penelitian ini, kami mencoba melakukan ekstraksi ciri citra tekstur menggunakan Metode Statistikal *Grey Level Run Length Matrix* (GLRLM) [5]. Adapun aplikasi akan menghitung atribut-atribut (*features*) yang dapat digunakan untuk mengambil tekstural *properties*. Fitur ini tidak hanya terdiri dari informasi yang mewakili karakteristik *visual*, tetapi juga karakteristik yang tidak hanya dapat dibedakan secara *visual*/penglihatan.

Untuk membuat aplikasi klasifikasi tekstur pada citra beberapa parket kayu dengan metode Statistikal *Grey Level Run Length Matrix*

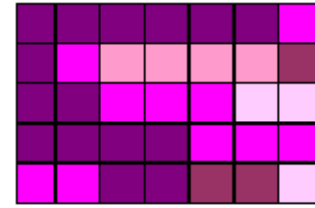
menggunakan program MATLAB 7.1. Langkah awal pada metode ini adalah mengubah citra ke dalam bentuk *Grayscale*. Citra *grayscale* tersebut dibaca kemudian dirubah ke dalam bentuk matriks dua dimensi berukuran 100 x 150 guna mengambil nilai matriks yang dibutuhkan sebagai variabel dalam perhitungan GLRLM. Setelah itu dilakukan klasifikasi GLRLM dari nilai yang telah diperoleh sesuai dengan empat arah utama pergeseran ($=0^{\circ}, 45^{\circ}, 90^{\circ}, 135^{\circ}$). File citra yang digunakan berekstention .jpg. Data citra yang digunakan adalah citra parket yang terdiri dari delapan jenis parket kayu.

Klasifikasi tekstur parket dilakukan berdasarkan nilai atribut *Short Runs Emphasis* (SRE), *Long Runs Emphasis* (LRE), *Grey Level Nonuniformity* (GLN), *Run Length Nonuniformity* (RLN) dan *Run Percentage* (RP) [4].

2. Kajian Pustaka

Tekstur merupakan karakteristik intrinsik dari suatu citra yang terkait dengan tingkat kekasaran (*roughness*), granularitas (*granulation*), dan keteraturan (*regularity*) susunan struktural piksel [4]. Tekstur biasa dikenal sebagai kunci untuk memvisualisasikan persepsi atau cara pandang seseorang dan peraturan yang sangat penting pada pekerjaan komputer visi [4]. Tekstur merupakan bawaan dari benda yang terlihat dari muka dan berisi informasi penting tentang struktur rancangan permukaan [3]. Tekstur dicirikan sebagai distribusi spasial dari derajat keabuan di dalam sekumpulan piksel-piksel yang bertetanga.

Klasifikasi tekstur bertujuan untuk mengidentifikasi parameter-parameter yang diasosiasikan dengan ciri dari objek di dalam citra. Klasifikasi tekstur bekerja dengan mengamati pola ketergantungan antar piksel dalam domain spasial. *Grey level run length matrix* (GLRLM) merupakan salah satu metode yang populer untuk mengekstrak tekstur sehingga diperoleh ciri statistik atau atribut yang terdapat dalam tekstur dengan mengestimasi piksel-piksel yang memiliki derajat keabuan yang sama. Ekstraksi tekstur dengan metode GLRLM dilakukan dengan membuat rangkaian pasangan nilai (i, j) pada setiap baris piksel. Perlu kita ketahui maksud dari *run length* itu sendiri adalah jumlah piksel berurutan dalam arah tertentu yang memiliki derajat keabuan/nilai intensitas yang sama. Jika diketahui sebuah matrik *run length* dengan elemen matrik $q (i, j | \theta)$ dimana i adalah derajat keabuan pada masing-masing piksel, j adalah nilai *run length*, dan θ adalah orientasi arah pergeseran tertentu yang dinyatakan dalam derajat. Orientasi dibentuk dengan empat arah pergeseran dengan interval 45° , yaitu $0^{\circ}, 45^{\circ}, 90^{\circ}$, dan 135° . Agar lebih jelas berikut akan dijelaskan cara untuk memasang nilai *run* yang terdapat pada citra 7 x 5 piksel, 8 derajat keabuan, dengan arah pergeseran $0^{\circ}, 45^{\circ}, 90^{\circ}$, dan 135° .



(a)

C	1	1	1	1	1	3
1	3	4	4	4	4	2
1	1	3	3	3	5	5
1	1	1	1	3	3	3
3	3	1	1	2	2	5

(b)

Gambar 1. (a) Citra Masukan dan (b) Derajat Keabuan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Galloway pada tahun 1975 [1], terdapat beberapa jenis ciri tekstural yang dapat diekstraksi dari matriks *run length*. Berikut variabel-variabel yang terdapat di dari ekstraksi citra dengan menggunakan metode statistik *Grey Level Run Length Matrix*:

- i = nilai derajat keabuan
- j = piksel yang berurutan (*run*)
- M = Jumlah derajat keabuan pada sebuah gambar
- N = Jumlah piksel berurutan pada sebuah gambar
- $r(j)$ = Jumlah piksel berurutan berdasarkan banyak urutannya (*run length*)
- $g(i)$ = Jumlah piksel berurutan berdasarkan nilai derajat keabuannya
- s = Jumlah total nilai *run* yang dihasilkan pada arah tertentu
- n = jumlah baris * jumlah kolom dalam perhitungan diatas $n = 35$

Dimana varibel-variabel tersebut akan digunakan untuk mencari nilai dari atribut-atribut tekstur sebagai berikut:

1. *Short Runs Emphasis* (SRE)

SRE mengukur distribusi *short run*. SRE sangat bergantung pada banyaknya *short run* dan diharapkan bernilai kecil pada tekstur halus dan bernilai besar pada terkstur kasar.

$$SRE = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \frac{p(i, j)/s}{j^2} = \sum_{j=1}^N \frac{r(j)/s}{j^2} \quad (1)$$

2. *Long Runs Emphasis* (LRE)

LRE mengukur distribusi *long run*. LRE sangat bergantung pada banyaknya *long run* dan diharapkan bernilai besar pada tekstur halus dan bernilai kecil pada tekstur kasar.

$$LRE = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \frac{j^2 p(i, j)/s}{j^2} = \sum_{j=1}^N \frac{r(j)j^2/s}{j^2} \quad (2)$$

3. *Grey Level Non-uniformity* (GLN)

GLN mengukur persamaan nilai derajat keabuan diseluruh citra dan diharapkan bernilai kecil jika nilai derajat keabuan serupa di seluruh citra.

$$GLN = \sum_{i=1}^M \left(\sum_{j=1}^N p(i,j) \right)^2 / s = \sum_{i=1}^M g(i)^2 / s \quad (3)$$

4. *Run Length Non-uniformity* (RLN)

RLN mengukur persamaan panjangnya *run* diseluruh citra dan diharapkan bernilai kecil jika panjangnya *run* serupa di seluruh citra.

$$RLN = \sum_{j=1}^N \left(\sum_{i=1}^M p(i,j) \right)^2 / s = \sum_{j=1}^N r(j)^2 / s \quad (4)$$

5. *Run Percentage* (RP)

RP mengukur keserbasamaan dan distribusi *run* dari sebuah citra pada arah tertentu. RP bernilai paling besar jika panjangnya *run* adalah 1 untuk semua derajat keabuan pada arah tertentu.

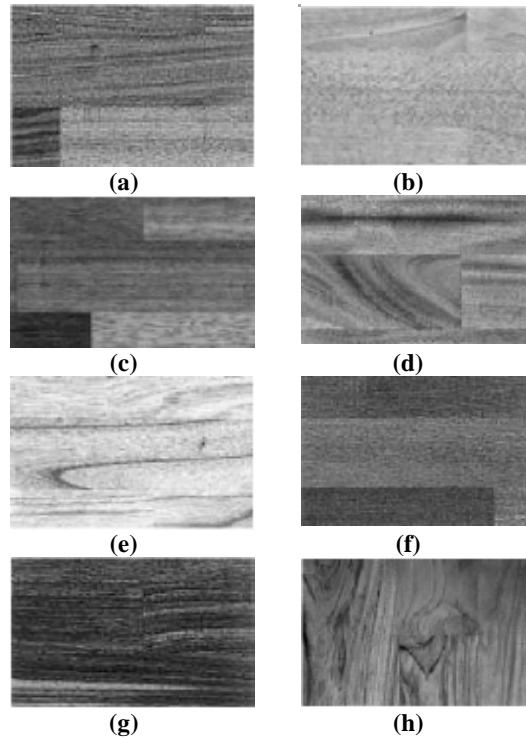
$$RP = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N p(i,j) / n = \sum_{j=1}^N r(j) / n \quad (5)$$

3. Klasifikasi Tekstur Paket Kayu dengan GLRLM

Proses klasifikasi tekstur parket kayu terdiri dari beberapa tahapan proses. Pertama, memilih data parket yang akan diklasifikasi dalam bentuk citra RGB dengan format file Jpeg (.jpg). Kedua, mengkonversi citra masukkan sehingga diperoleh citra *grayscale* dan menyimpan citra *grayscale* tersebut. Ketiga, menampilkan histogram citra *grayscale* hasil konversi. Keempat, masuk ke dalam tahap klasifikasi data dengan menggunakan variabel-variabel yang telah diambil dari hasil ekstraksi citra RGB menjadi citra *grayscale* yang telah dilakukan sebelumnya. Empat tahapan proses klasifikasi tekstur parket diatas dibagi kedalam 2 tahap, yaitu tahap konversi citra dan tahap klasifikasi GLRLM (*Grey Level Run Length Matrix*).

3.1 Data

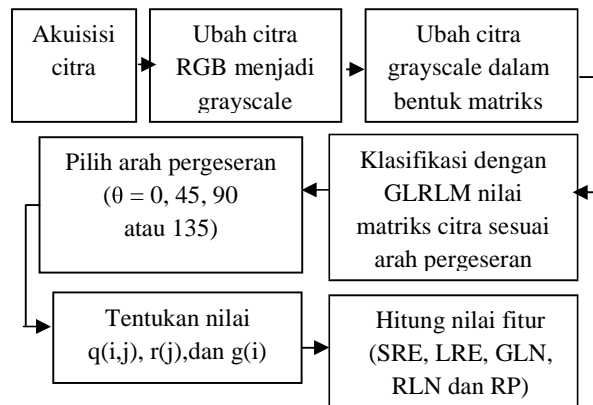
Input yang digunakan dalam mengklasifikasi jenis kayu ini adalah permukaan delapan jenis parket kayu dalam bentuk citra RGB. Data parket yang digunakan terdiri dari kayu Angus, Hevea, Kempas, Mahogany, Mindi, Oceanbangkirai, Palisander, dan Teak. Masing-masing jenis parket kayu terdiri dari satu sampel. Data awal adalah berupa data parket kayu asli yang di pindai dan disimpan dalam format jpg.



Gambar 2. (a) Angus-gs.jpg, (b) Hevea-gs.jpg, (c) Kempas-gs.jpg (d) Mahogany-gs.jpg, (e) Mini-gs.jpg (f) Oceanbangkirai-gs.jpg, (g) Palisander-gs.jpg, (h) Teak-gs.jpg

3.2. Klasifikasi Tekstur Parket Kayu Secara Umum

Gambaran umum klasifikasi tekstur parket kayu dengan GLRLM adalah:



Gambar 3. Gambaran Umum Klasifikasi Tekstur Parket Kayu dengan GRLM

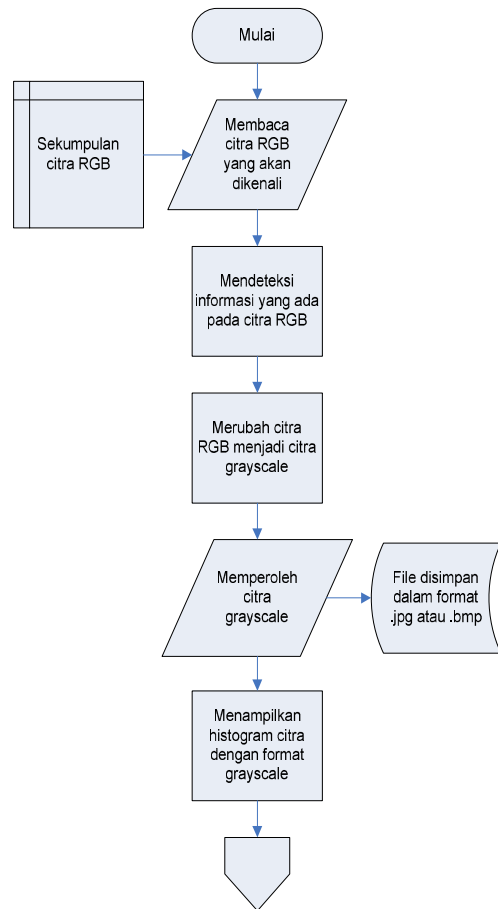
Dari gambaran umum di atas, proses klasifikasi tekstur parket kayu diawali dengan proses akuisisi citra, dengan memindai parket kayu asli dengan menggunakan scanner. Hasilnya berupa file citra RGB dalam format jpg, yang kemudian diubah menjadi *grayscale*. Kemudian dilakukan klasifikasi dengan nilai matriks dari citra *grayscale* tersebut sesuai arah

pergeseran. Arah pergeseran dapat dipilih dengan nilai $\theta = 0, 45, 90$ atau 135 .

Setelah itu akan diperoleh nilai $q(i,j)$, $r(j)$, dan $g(i)$. Dari hasil ini kemudian dapat dihitung nilai fitur untuk SRE, LRE, GLN, RLN dan RP.

3.3 Tahap Konversi Citra

Tahapan konversi citra dimulai dengan memilih citra paket yang akan diklasifikasi teksturnya, kemudian citra masukan (RGB) diubah menjadi citra keabuan (grayscale) yang memiliki nilai derajat keabuan 0-255. Kemudian hasil konversi disimpan dalam format .jpg. Lalu tampilkan histogram citra abu-abu. Histogram merupakan suatu bagan yang menampilkan distribusi intensitas dalam indeks atau intensitas warna citra dalam hal ini citra dengan format *grayscale*. Diagram alir pada tahap konversi terlihat seperti gambar 4 dan hasil konversi akan menjadi *input* pada tahap klasifikasi.

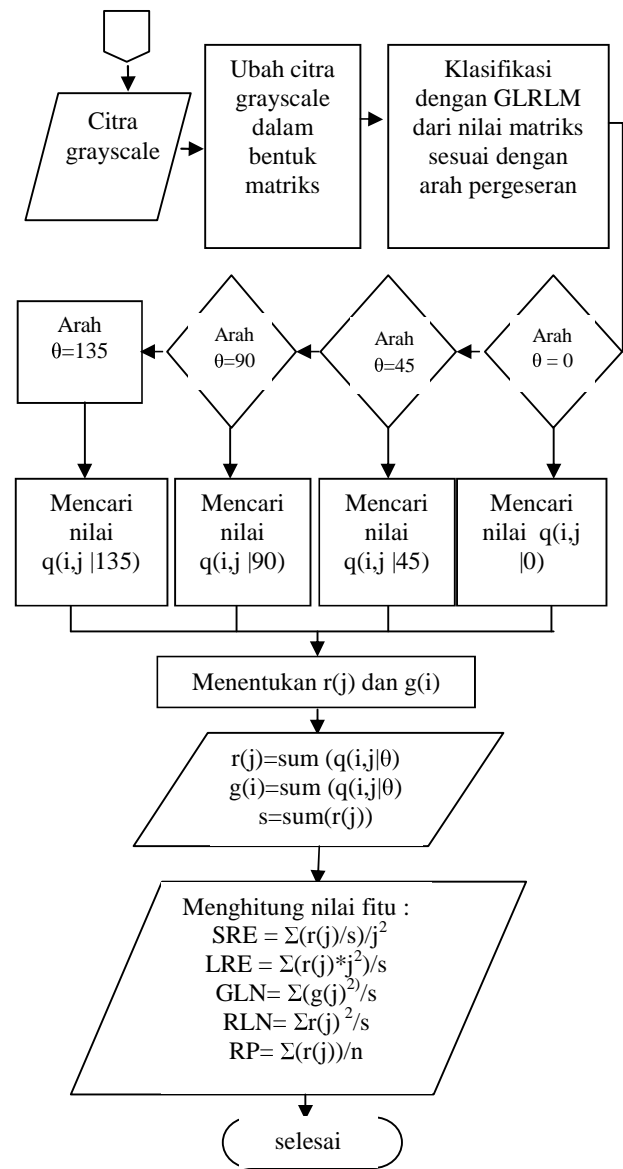


Gambar 4. Bagan Alir Tahap Konversi Citra

3.4. Tahap Klasifikasi GLRLM

Tahap klasifikasi merupakan kelanjutan dari tahap konversi citra. Setelah di dapat citra *grayscale* pada tahap konversi citra, citra *grayscale* tersebut

dibaca kemudian dirubah ke dalam bentuk matriks guna mengambil nilai matriks yang dibutuhkan sebagai variabel dalam perhitungan GLRLM. Setelah itu dilakukan klasifikasi GLRLM dari nilai yang telah diperoleh sesuai dengan sudut atau arah pergeserannya. Pada tahap klasifikasi akan didapat nilai $q(i, j | \theta)$ yang akan digunakan untuk menghitung nilai atribut (*features*) citra untuk tiap atribut. Atribut dalam metode statistikal *Grey Level Run Length Matrix* adalah SRE, LRE, GLN, RLN, dan RP. Perbedaan histogram dapat dilihat dari hasil konversi citra abu-abu menjadi histogram yang dihasilkan berdasarkan pengelompokkan deskripsi paket kayu yang digunakan. Penjabaran lebih rinci mengenai tahap klasifikasi dijabarkan pada diagram alir klasifikasi GLRLM, seperti terlihat pada gambar 5.



Gambar 5. Bagan Alir Tahap Klasifikasi GLRLM

4. Hasil Klasifikasi Tekstur Parket Kayu

Hasil klasifikasi tekstur parket kayu terhadap delapan data parket kayu yaitu Angus, Hevea, Kempas, Mahogany, Mindi, Oceanbangkirai, Palisander, dan Teak dengan menggunakan metode statistik *GLRLM* dapat dilihat pada tabel 1 sesuai dengan jenis parket dan nilai variabel dari masing-masing *nilai features*.

TABEL 1.
HASIL KLASIFIKASI UNTUK ATRIBUT SRE

Jenis Parket	Nilai SRE			
	Sudut 0	Sudut 45	Sudut 90	Sudut 135
Angus	0.977	0.990	0.988	0.989
Hevea	0.956	0.973	0.970	0.976
Kempas	0.944	0.976	0.974	0.977
Mahogany	0.978	0.964	0.980	0.975
Mindi	0.964	0.982	0.981	0.986
Oceanbangkirai	0.969	0.986	0.982	0.984
Palisander	0.969	0.987	0.989	0.988
Teak	0.974	0.976	0.931	0.977

Pada tabel 1 di atas, tabel nilai *features* untuk atribut SRE memperlihatkan nilai *feature* yang hampir sama untuk semua jenis parket kayu. Nilai *feature* berkisar antara 0.931 sampai dengan 0.990.

TABEL 2
HASIL KLASIFIKASI UNTUK ATRIBUT LRE

Jenis Parket	Nilai LRE			
	Sudut 0	Sudut 45	Sudut 90	Sudut 135
Angus	10.962	10.205	10.506	10.425
Hevea	12.039	11.129	11.285	11.062
Kempas	12.629	10.983	11.137	1.097
Mahogany	11.594	10.847	11.131	1.092
Mindi	11.664	10.748	10.775	10.575
Oceanbangkirai	11.338	10.695	1.076	10.671
Palisander	11.518	10.513	10.466	10.493
Teak	11.123	11.035	14.202	1.028

Hal yang hampir sama juga terlihat pada hasil klasifikasi jenis parket kayu dengan atribut LRE pada tabel 2. Nilai *feature* untuk semua jenis parket kayu menunjukkan kisaran nilai yang tidak jauh berbeda. Nilai kisaran untuk atribut RLE diatas nilai atribut SRE, yaitu antara 1.0205 untuk nilai terendah dan 1.2629 untuk nilai tertinggi.

TABEL 3
HASIL KLASIFIKASI UNTUK ATRIBUT GLN

Jenis Parket	Nilai GLN			
	Sudut 0	Sudut 45	Sudut 90	Sudut 135
Angus	25.699	26.443	26.192	26.526
Hevea	0	0	0	0
Kempas	80.479	84.255	83.668	83.989
Mahogany	9.519	10.010	10.002	10.050
Mindi	0.016	0.017	0.017	0.017
Oceanbangkirai	113.439	116.325	115.798	116.235
Palisander	160.102	165.145	165.263	165.175
Teak	256.839	258.066	237.136	257.291

Untuk atribut GLN pada tabel 3, nilai *feature* nya terlihat mempunyai pola yang sangat berbeda antara satu jenis parket kayu dengan jenis parket kayu lainnya. Jenis kayu Hevea menghasilkan nilai yang *extreme* yaitu nol untuk semua sudut. Hal ini disebabkan nilai *runs* pada matriks citra Hevea beragam, sehingga nilai *g(i)* nya pun beragam dan mengakibatkan nilai GLN yang kecil. Sedangkan jenis kayu Teak menghasilkan nilai *feature* yang paling besar, artinya kayu Teak mempunyai nilai derajat keabuan yang tidak serupa di seluruh citra. Kayu Mindi memiliki nilai derajat keabuan serupa di seluruh citra karena mempunyai nilai *feature* GLN kecil.

TABEL 4
HASIL KLASIFIKASI UNTUK ATRIBUT RLN

Jenis Parket	Nilai RLN			
	Sudut 0	Sudut 45	Sudut 90	Sudut 135
Angus	13689.03	14420.03	14272.97	14380.82
Hevea	12564.86	13480.00	13311.40	13598.78
Kempas	11974.42	13647.88	13498.43	13681.11
Mahogany	12975.70	13844.95	13561.13	13745.56
Mindi	12892.37	13968.71	13912.57	14183.02
Oceanbangkirai	13257.86	14041.46	13944.65	14071.65
Palisander	13213.98	14259.34	14326.85	14295.42
Teak	20273.64	20438.61	16912.25	20478.41

Nilai *feature* untuk atribut RLN, lebih tinggi dibanding dengan nilai *feature* atribut SRE dan LRE yaitu diatas 11.000 (11974.42). Jenis kayu Teak menghasilkan nilai *feature* yang paling besar, seperti terlihat pada tabel 4 diatas. Kayu Teak mempunyai panjang *run* yang tidak serupa di seluruh citra.

TABEL 5
HASIL KLASIFIKASI UNTUK ATRIBUT RP

Jenis Parket	Nilai RP			
	Sudut 0	Sudut 45	Sudut 90	Sudut 135
Angus	0.969	0.987	0.987	0.986
Hevea	0.940	0.965	0.965	0.967
Kempas	0.925	0.969	0.969	0.969
Mahogany	0.957	0.973	0.973	0.971
Mindi	0.951	0.977	0.977	0.981
Oceanbangkirai	0.959	0.978	0.978	0.979
Palisander	0.956	0.983	0.983	0.984
Teak	0.965	0.968	0.968	0.968

Tabel 5 menunjukkan, atribut RP mempunyai nilai *feature* dibawah satu (0.987) untuk semua jenis parket kayu. Nilai *feature* paling rendah adalah 0.898.

Pada tabel 1 – 5 di atas merupakan tabel nilai *features* untuk atribut SRE, LRE, GLN, RLN dan RP untuk mengklasifikasi jenis parket kayu dengan klasifikasi tekstur GLRLM. Setelah diuji coba maka akan didapat nilai *features* yang berbeda pada tiap jenis parket. Sehingga dapat ditentukan pengklasifikasian jenis parket kayu sesuai dengan nilai *features* dari klasifikasi metode statistikal GLRLM.

5. Kesimpulan

Berbagai jenis kayu yang ada dapat diklasifikasikan berdasarkan teksturnya. Klasifikasi tekstur kayu parket bertujuan untuk mengenali beberapa jenis parket kayu yang berbeda berdasarkan nilai atribut (*features*) yang terkandung di dalam data parket kayu. Nilai *features* terdiri dari 5 atribut yakni SRE, LRE, GLN, RLN dan RP. Atribut-atribut ini dapat dijadikan sebagai variabel untuk pengklasifikasian jenis parket kayu. Setelah diuji coba maka akan didapat nilai *features* yang berbeda pada tiap jenis parket. Sehingga dapat ditentukan pengklasifikasian jenis parket kayu sesuai dengan nilai *features* dari klasifikasi metode statistikal GLRLM

Klasifikasi data dilakukan pada delapan jenis kayu yaitu, Angus, Hevea, Kempas, Mahogany, Mindi, Oceanbangkirai, Palisander, dan Teak. Berdasarkan klasifikasi tekstur yang telah dilakukan terhadap delapan data parket kayu tersebut dengan menentukan *features* menggunakan metode statistikal *Grey Level Run Length Matrix (GLRLM)*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut. Delapan jenis parket kayu dianalisis berdasarkan arah pergeseran 0, 45, 90, dan 135.

Nilai *feature* paling besar adalah untuk atribut RLN, sedangkan nilai *feature* paling kecil adalah

untuk atribut RP. Untuk atribut SRE, LRE dan RP, setiap jenis parket kayu mempunyai nilai *feature* yang hampir sama. Nilai *feature* yang berbeda didapat dari hasil perhitungan dengan menggunakan atribut GLN, dimana terlihat hasil yang sangat beragam. Khusus jenis kayu Hevea menghasilkan nilai yang *extreme* pada perhitungan atribut GLN. Hal ini disebabkan nilai *runs* pada matrik citra Hevea beragam, sehingga nilai $g(i)$ nya pun beragam sehingga menghasilkan nilai GLN yang kecil.

Daftar Pustaka

- [1] A.Chu, C.M. Sehgal, J.F. Greenleaf., *Use of Gray Value Distribution of Run Lengths for Texture Analysis*, Pattern Recognition Letters 11, Hal:415-420, www.uphs.openn.edu/radiology/depa/ultrasoundlab/publication/1990/9901.pdf, Juni 1990. Diunduh tanggal 15 Mei 2009.
- [2] D. Rozman, M.Brezak, I. Petrovic., *Parquet Sorting and Grading Based Color and Texture Analysis*, IEEE International Symposium Volume 1, Juli 2006.
- [3] Imam Santoso, Achmad Hidayano, Andrio Graha Pratama., *Identifikasi Keberadaan Tumor Pada Citra Mamografi Menggunakan Metode Run Length*, Transmisi, Jurnal Teknik Elektro, Jilid 10, Nomor 1, Hal:4348, www.elektro.undip.ac.id/wpcontent/uploads/2009/06/mar08_t09_tumor_imam.pdf, Maret 2008. Diunduh tanggal 28 Juli 2009.
- [4] Mirhan Tuceryan, Anil K.Jain., *Texture Analysis, The Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision (2nd Edition)*, New Jersey: World Scientific Publishing Co, 1998, Hal : 207-248.
- [5] M.R. Chandraratne., *Comparison of Three Statistical Texture Measures for Lamb Grading*, First International Conference on Industrial and Information System, ICIIIS 2006, Sri Lanka, Agustus 2006.
- [6] Munir. Rinaldi., *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*, Bandung: Informatika, 2004.
- [7] URL : <http://www.tentangkayu.com>, 28 Maret 2009.