IMPLEMENTASI SISTEM PENDETEKSI CACAT PADA KAYU MENGGUNAKAN METODE GABOR WAVELET TRANSFORM

IMPLEMENTATION OF WOOD DEFECT DETECTOR SYSTEM BY USING GABOR WAVELET TRANSFORM METHOD

Muhammad Panji Kusuma Praja[1], Ratri Dwi Atmaja[2], Suci Aulia[3]

[1, 2] Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
[3]Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

[1]panjipradja@student.telkomuniversity.ac.id [2]ratridwiatmaja@telkomuniversity.ac.id
[3]suciaulia@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan kayu sebagai bahan konstruksi di Indonesia masih menjadi pilihan utama bagi masyarakat. Hal ini disebabkan oleh sifat kayu yang mudah didapat, mudah dalam pengerjaan dan mempunyai nilai estetika bagi jenis kayu tertentu. Kualitas kayu merupakan hal yang sangat penting dalam bidang industri kayu. Selama ini, proses pemilahan kayu normal dan kayu cacat masih dilakukan secara manual dengan tenaga manusia. Tentu saja, hal ini bukan merupakan hal yang efisien. Oleh sebab itu diperlukan suatu metode pemilahan kayu normal dan kayu cacat dengan bantuan *computer vision.* Pada penelitian ini, telah dilakukan perancangan dan implementasi simulasi sistem yang dapat mendeteksi cacat pada kayu menggunakan metode *Gabor Wavelet Transform* dan metode klasifikasi K-*nearest neighbor*. Parameter terbaik dari *Filter Gabor* dan K-NN menghasilkan nilai akurasi sebesar 75.6% untuk data pengujian sejumlah 500 buah citra dengan waktu komputasi 1,27 detik untuk tiap citra.

Kata kunci : cacat kayu, *computer vision, Gabor Wavelet,* K-NN.

Abstract

The use of wood as construction material in Indonesia is a primary option for society . This is due to the nature of the wood that is easy to get, easy to be shaped and have aesthetic value for certain types of wood. The quality of the wood is very important in the field of wood industry. During this time, the process of sorting the normal wood and wood defects are still done manually by human resource. Of course, this is not an efficient thing. Therefore, we need a method of sorting normal wood and wood defects based on computer vision process. In this research, we conducted design and implementation of a simulation system that can detect defects in the wood using Gabor Wavelet Transform method and the method of K-nearest neighbor for classification. The best parameters of Gabor filters and K-NN produces a 75.6% accuracy rate for test data of 500 pieces of the image with the computing time of 1.27 seconds for each image.

Keywords : wood defect, computer vision, Gabor Wavelet, K-NN

1. Pendahuluan

Pemanfaatan kayu sebagai bahan konstruksi di Indonesia masih menjadi pilihan utama bagi masyarakat. Hal ini disebabkan oleh sifat kayu yang mudah didapat, mudah dibentuk dan mempunyai nilai estetika yang dimiliki oleh jenis kayu tertentu. Kualitas kayu menjadi prioritas utama bagi sebuag industri kayu. Selama ini, proses pemilahan kayu normal dan kayu cacat dilakukan dengan mengamati performa tiap kayu menggunkan sumber daya manusia. Tenu saja, hal ini bukan merupakan suatu proses yang efisien. Oleh sebeb itu, diperlukan adanya pemilahan kayu normal dan kayu cacat menggunakan bantuan *computer vision.*

Pada penelitian ini, proses deteksi kayu cacat dan kayu normal berdasarkan pada pengolah citra digital. Citra kayu diambil menggunakan kamera, kemudian melalui proses yang dapat mendeteksi cacat pada kayu. Cacat kayu yang dimaksud dalam penelitian ini adalah cacat kayu berlubang, cacat mata kayu dan retak atau belah.

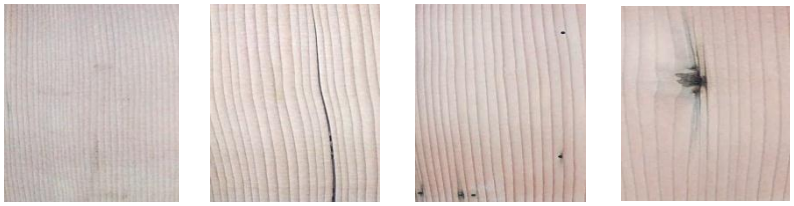
Deteksi cacat kayu yang dibahas dalam penelitian ini berdasarkan pengolahan digital. Citra kayu diperoleh menggunakan kamera untuk setiap kayu, baik kayu cacat maupun kayu normal. Citra kayu tersebut melalui proses ekstraksi ciri untuk mendapatkan ciri tertentu dengan menggunakan metode *Gabor Wavelet Transform*. Kemudian, ciri tersebut akan diklasifikasikan berdasarkan *database* pada sistem menggunakan metode K-Nearest neighbor.

2. Dasar Teori

2.1 Kayu [3] [4]

Kayu sebagai hasil hutan sekaligus sumber kekayaan alam, merupakan bahan mentah yang mudah diproses untuk dijadikan barang sesuai dengan kemajuan teknologi. Kayu memiliki beberapa sifat yang istimewa, karena tidak dapat ditiru oleh bahan-bahan lain

Cacat dalam kayu dapat diartikan sebagai kelainan atau penyimpangan yang dapat menurunkan nilai komersial dari suatu kayu. Cacat kayu tersebut dapat mengurangi ketahanan dan penurunan pemanfaatan pada kayu. Taka ada satupun kayu yang terbebas dari cacat kayu. Bebrapa jenis cacat kayu muncul pada kayu yang berbeda, dan terdapat beberapa jenis caact kayu muncul pada spesies yang sama. Ketidaksempurnaan tertentu seperti lubang tidak dapat dihindari karena sifat alamiah dari pertumbuhan pohon. Selain sifat alamiah, cacat kayu juga dapat disebabkan oleh faktor eksternal, misalnya : penanganan yang salah selama proses pengolahan, serangga pemakan kayu, gangguan jamur maupun terpaan angin dan lain sebagainya.



(a) (b) (c) (d)

Gambar 2.1 (a) Kayu normal (b) Cacat retak
(c) cacat berlubang (d) cacat mata kayu

2.3 Gabor Wavelet Transform [2] [5]

Transformasi Gabor Wavelet merupakan suatu filter Gaussian yang dimodulasi oleh sinyal sinusoidal. Filter ini memili prinsip kerja multi resolusi dan multi oreientasi. Berikut respon filter Gabor :

$$g(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y}\exp\left(-\frac{1}{2}\left[\frac{x'^2}{\sigma_x^2}+\frac{y'^2}{\sigma_y^2}\right]\right)\exp(j2\pi Fx') \quad (2.7)$$

Output dari filter gabor adalah hasil magnitude antara penjumlahan komponen *real* dan *imaginer* Berikut persamaan output filter gabor :

$$Output = \sqrt{I_{ave}^2 + R_{ave}^2}. \quad (2.8)$$

Setelah didapat hasil magnitude dari gabungan kedua komponen hasil konvolusi, maka hitunglah nilai energi dari citra tersebut. Nilai energi inilah yang akan menjadi nilai ciri dari citra tersebut. Nilai energi dapat diketahui melalui persamaan berikut :

$$e(x) = \frac{1}{MN}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}|x(m,n)|^2 \quad (2.9)$$

Dimana, M = panjang citra
N = lebar citra

2.4 K-*nearest neighbor* [7]

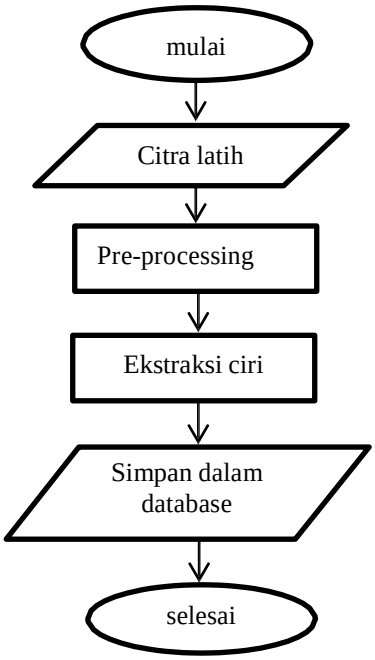
Algoritma K-NN merupakan algoritma sederhana, bekerja dengan berdasarkan pada jarak terpendek dari nilai sampel uji ke sampel latih dengan mencari nilai k untuk K-NN. Setelah mendapat nilai K, kemudian diambil mayoritas dari K-NN untuk dijadikan prediksi dari sampel uji. K-NN memiliki beberapa kelebihan yaitu tangguh terhadap training data yang memiliki noise dan efektif apabila data latihnya besar. Sedangkan kelemahan dari K-NN adalah K-NN perlu menentukan nilai dari parameter K (jumlah dari nilai tetangga terdekat), pembelajaran berdasarkan jarak tidak jelas mengenai jarak apa yang harus digunakan dan atribut mana yang harus digunakan untuk mendapat hasil yang paling baik dan biaya komputasi yang cukup tinggi karena diperlukan perhitungan jarak dari tiap sampel uji pada keseluruhan sampel latih.

Pengujian titik uji dengan *database* dilakukan berdasarkan jarak terpendek antara titik uji dan titik terdekat. Pencarian jarak tersebut menggunakan konsep *Euclidean distance*. Persamaan *Euclidean distance* adalah sebagai berikut :

$$D_{i,j} = \sqrt{\sum_{k=1}^{n}(x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (2.10)$$

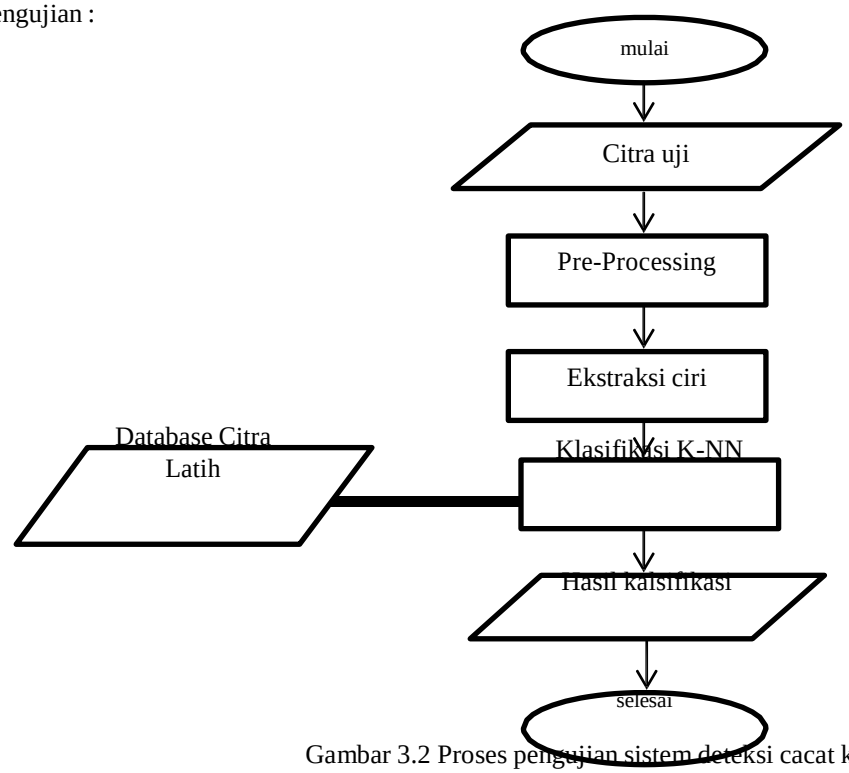
3.1 Rancangan Sistem

Proses perancangan sistem dimulai dari pembangunan database yang terdiri dari 100 citra normal dan 90 citra kayu cacat. Kemudian ciri dari citra-citra tersebut disimpan dalam *database* yang selanjutnya akan digunakan sebagai acauan dalam prose pengujian. Berikut diagram alir untuk sistem *training* :



Gambar 3.1 Diagram alir Sistem *training*

Untuk proses *testing* atau pengujian, citra uji melalui tahap proses yang sama mulai dari tahap *pre-processing* hingga didapatkan vector ciri yang mewakili nilai dari citra uji. Ciri dari citra uji tersebut akan dicocokkan dengan *database* yang telah dibuat sebelumnya dalam proses *training.* Berikut diagram alir untuk proses pengujian :



Gambar 3.2 Proses pengujian sistem deteksi cacat kayu

Filter gabor merupakan suatu filter yang terbentuk atas filter Gaussian yang dimodulasi oleh sinyal sinusoidal. Filter ini mempempunyai beberapa parameter yang dapat mempengaruhi kinerja dari filter, seperti frekuensi dan sudut. Nilai ciri yang terbentuk dari proses pemfilteran gabor adalah nilai ciri yang terdiri dari perpaduan antara frekuensi dan sudut yang berbeda-beda. Pada penelitian ini digunkan 8 frkeuensi (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) dan 5 arah orientasi sudut (30^0 : 0^0, 30^0, 60^0, 90^0, 120^0) dan (45^0 : 0^0, 45^0, 90^0, 135^0, 180^0). Sehingga menghasilkan 40 ciri untuk tiap citra. Nilai ciri tersebut akan disimpan sebagai matriks ciri atau yang selanjutnya disebut *database*.

3.2 Hasil Pengujian

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, terdapat dua skenario pengujian, yaitu menggunakan 180 citra uji dan 500 citra uji. Pada pengujian 180 citra uji, citra terdiri dari 90 citra akyu normal dan citra kayu cacat. Sedangkan pada pengujian 500 citra, citra terdiri dari 410 citra kayu normal dan 90 citra kayu cacat.

Filter Gabor yang digunkan untuk ekstraksi ciri dalam penelitian ini mempunyai dua parameter, yaitu frekuensi dan sudut. Parameter frekuensi merupakan frekuensi yang digunakan dalam sinyal sinusoidal. Semakin tinggi level frekuensi yang digunakan, maka akan semakin baik respon filter dari filter Gabor. Berikut hasil Akurasi sistem berdasarkan parameter frekuensi pada citra uji berjumlah 180 citra :

Tabel 4.1 Nilai Akurasi Sistem Berdasarkan Parameter Frekuensi

Frekuensi	Flag Normal	Flag Cacat	Akurasi Normal (%)	Akurasi Cacat (%)	Akurasi Rata-rata (%)
5 level	59	64	65.56	71.11	68.33
6 level	57	66	63.33	73.33	68.33
7 level	60	64	66.67	71.11	68.89
8 level	62	64	68.89	71.11	70.00

Keterangan :
5 level : frekuensi 0, 1 ,2, 3 dan 4.
6 level : frekuensi 0, 1, 2, 3, 4 dan 5.
7 level : frekuensi 0, 1, 2, 3, 4, 5 dan 6.
8 level : frekuensi 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 dan 7.

Level frekuensi yang digunakan mempengaruhi jumlah ciri yang dihasilkan oleh filter Gabor, karena filter Gabor dibentuk dari kombinasi level frekuensi dan sudut orientasi. Dapat dilihat pada tabel 4.1 bahwa penggunaan 8 level frekuensi menghasilkan akurasi sebesar 70 %. Parameter frekuensi merupakan frekuensi yang digunakan oleh sinyal sinusoidal yang memodulasi sinyal *Gaussian*. Frekuensi merupakan getaran yang terjadi dalam tiap detik. Semakin tinggi frekuensi, maka akan semakin rapat gelombang yang dihasilkan. Oleh sebab itu, penggunaan level frekuensi yang tinggi dapat menghasilkan keluaran filter Gabor yang baik.

Selain, parameter frekuensi, filter Gabor juga mempunyai parameter sudut. Sudut yang dimaksud adalah sudut dari filter yang dihasilkan. Berikut hasil Akurasi pada parameter sudut pada citra uji berjumlah 180 citra :

Tabel 4.2 Nilai Akurasi Sistem Berdasarkan Parameter Sudut

Sudut	Flag Normal	Flag Cacat	Akurasi Normal (%)	Akurasi Cacat (%)	Akurasi Rata-rata (%)
30°	64	51	71.11	56.67	63.89
45°	62	64	68.89	71.11	70.00

Pada umumya, suatu filter bekerja berdasarkan arah orientasi yang digunakan, yaitu mulai sudut 0° hingga 180°. Suatu filter yang dapat meng-*cover* semua sisi objek merupakan suatu filter ideal yang dapat menghasilkan *output* yang baik. Pada tugas akhir ini, terdapat 5 variasi arah orientasi. Hal ini berlaku untuk orientasi 30° maupun 45°. Penggunaan 5 arah orientasi berdasarkan sudut 30° menghasilkan sudut 0°, 30°, 60°, 90° dan 120°. Sedangkan penggunaan 5 arah orientasi berdasarkan sudut 45° menghasilkan sudut 0°, 45°, 90°, 135° dan 180°. Sehingga, cukup jelas terlihat penggunaan sudut 45° merupakan sudut paling ideal yang digunakan dalam filter gabor, karena dapat meng-*cover* semua sisi objek yang difilter sehingga menghasilkan *output* ciri gabor yang baik.

Sistem yag telah dibangun untuk mendeteksi cacat kayu ini, menggunakan filter Gabor untuk tahap ekstraksi ciri, yaitu untuk mendapatkan ciri dari tiap citra yang diujikan. Untuk tahap selanjutnya, adalah tahap kalsifikasi. Klasifikasimerupakan tahap menentukan kelas untuk ciri citra uji terhadap *database* yang telah dibangun sebelumnya. Pada proses kalsifikasi, terdapat dua parameter pengujian, yaitu niali K dan parameter pendekatan jarak. Berikut hasil pengujian pada data uji berjumlah 180 citra berdasrakan parameter nilai K :

Tabel 4.3 Nilai Akurasi Sistem Berdasarkan Parameter Nilai K

Nilai K	Flag normal	Flag cacat	Akurasi Normal (%)	Akurasi Cacat (%)	Akurasi Rata-rata (%)
1	61	57	67.78	63.33	65.56
3	64	61	71.11	67.78	69.44
5	62	64	68.89	71.11	70.00
7	56	70	62.22	77.78	70.00
9	53	67	58.89	74.44	66.67

Nilai K merupakan jumlah titik pembanding yang dibandingkan dengan titik uji. Jumlah titik pembanding haruslah berjumlah ganjil, karena proses kalsifikasi berdasrakan jarak yang paling dekat dan berdasarkan *voting* terhadap kelas yang mempunyai mayoritas. Dalam pengujian ini, nilai K=5 dan nilai K=7 mempunyai hasil akurasi sistem yang sama, yaitu 70 %. Tetapi pada nilai K=7, nilai akurasi normal dan nilai akurasi cacat tidak berimbang. Sehingga dipilihlah nilai K=5 yang mempunyai keseimbangan dalam mendeteksi citra kayu normal dan citra kayu cacat.

Parameter kedua dari proses klasifikasi adalah parameter pendekatan jarak. Awalnya, metode ini bekerja berdasarkan konsep *Euclidean distance.* Pada perkembangannya, pendekatan lain seperti *cityblock, cosine* dan *correlation* juga digunakan dalam metode kalsifikasi K-NN. Berikut hasil perbandingan nilai akurasi pada parameter pendekatan jarak :

Tabel 4.4 Nilai Akurasi Sistem Berdasrkan Parameter Jarak

Jarak	Flag Normal	Flag Cacat	Akurasi Normal (%)	Akurasi Cacat (%)	Akurasi Rata-rata (%)
Euclidean	62	64	68.89	71.11	70.00
Cosine	71	45	78.89	50.00	64.44
Cityblock	61	63	67.78	70.00	68.89
Correlation	71	46	78.89	51.11	65.00

Pada tabel 4.4 dapat dilihat bahawa penggunaan jarak *euclidean distance* memberikan hasil terbaik yaitu 70% pada pengujian citra berjumlah 180 citra. Hal ini disebebkan oleh prinsip kerja dari metode *euclidean distance* yang mencari jarak terdekat seperti konsep mencari sisi miring dalam konsep *phytagoras.* Sehingga, dapat disimpulkan bahwa penggunaan pendekatan jarak menggunakan *euclidean distance* merpakan metode yang paling efektif dalam proses klasifikasi menggunakan K-NN.

Nilai akurasi sistem didapt dari jumlah data pengujian benar dibagi dengan jemlah seluruh data uji yang digunakan. Oleh sebab itu, pada penelitian iini juga dilakukan pengujian terhadapa data uji yang bervarias, yaitu pada 180 citra uji yang terdiri 90 citra kayu normal dan 90 citra kayu cacat. Sedangkan pada pengujian yang kedua, menggunakan 500 citra uji yang terdiri dari 410 citra kayu normal dan 90 citra kayu cacat. Berikut perbandingan hasil pengujian pada jumlah data uji 180 citar uji dan 500 citra uji.

Tabel 4.5 Nilai Akurasi Sistem Berdasarkan Parameter Jumlah Data Pengujian

Data Uji	Flag Normal	Flag Cacat	Akurasi Normal (%)	Akurasi Cacat (%)	Akurasi Rata-rata (%)
180	62	64	68.89	71.11	70.00
500	314	64	76.59	71.11	75.60

Berdasarkan pengujian yang dilakukan terhadap jumlah data uji yang berbeda, akurasi sistem secara keseluruhan meningkat menjadi 75.6 %. Hal ni disebabkan oleh jumlah data benar yang semakin meningkat dibandingakan dengan jumlah data pengujian yang dilakukan sebelumnya.

Sistem untuk mendeteksi cacat pada kyu ini, juga telah diujikan dengan penambahan *noise*, sehingga dapat diketahui sebepa jauh ketahanan dari sistem yang telah dibangun ini. Berikut oengujian *noise salt and pepper* dan *noise Gaussian* dengan variasi nilai variansi yang digunakan.

Tabel 4.6 Nilai Akurasi Sistem Berdasrakan Parameter Pengujian *Noise*

Noise	Flag normal	Flag cacat	Akurasi Normal (%)	Akurasi Cacat (%)	Akurasi Rata-rata (%)
Gaussian, variansi = 0.01	74	19	82.22	21.11	51.67
Gaussian, variansi = 0.005	76	19	84.44	21.11	52.78
Gaussian, variansi = 0.001	74	18	82.22	20.00	51.11
Salt and Pepper, variansi = 0.05	29	78	32.22	86.67	59.44
Salt and Pepper, variansi = 0.02	38	72	42.22	80.00	61.11
Salt and Pepper, variansi = 0.01	62	65	68.89	72.22	70.56

, Derau *Gaussian* merupakan derau putih yang tersebar secara acak didalam suatu citra. Tentu saja, derau ini dapat mengacaukan deteksi sehingga menyebabkan akurasi menurun. Piksel putih yang dibangkitkan oleh derau *Gaussian* dapat menghilangkan informasi citra kayu sebagai citra kayu cacat yang sebagian besar mempunyai corak atau bercak berwarna hitam. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.6 untuk pengujian derau *Gaussian* yang menghasilkan akurasi cacat sangat rendah yang berkisar antara 20 % hingga 21 %. Sedangkan pada akurasi normal menghasilkan akurasi yang cukup tinggi, berkisar antara 82 % hingga 84 % karena citra akan semakin jelas terlihat bahwa citra tersebut citra kayu normal dengan tanpa corak atau bercak yang terdapat dalam citra. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan filter Median dalam mereduksi derau *Gaussian* belum cukup efektif yang ditunjukkan dengan tidak mampunya mereduksi derau putih yang terdapat pada citra.

Sedangkan derau *salt and pepper* umumnya berupa titik-titik hitam dan putih yang tersebar secara merata pada citra yang terkena derau. Hal ini menyebabkan proses pendeteksian menjadi kacau seperti yang ditampakkan oleh hasil akurasi dalam mendeteksi kayu normal. Citra kayu yang terkena derau akan terdeteksi sebagai citra kayu cacat karena pada citra tersebut mengandung corak atau ciri yang mencerminkan sebagai citra kayu cacat. Sebaliknya, hasil deteksi citra kayu cacat semakin meningkat dibandingkan dengan hasil pada tabel 4.9 dikarenakan derau yang terdapat pada citra kayu uji cacat akan semakin menguatkan ciri kayu sebagai citra kayu cacat.

Pada pegujian derau *salt and pepper* dengan nilai variansi = 0.01 menunjukkan hasil yang tidak cukup jauh berbeda dengan hasil akurasi sistem tanpa menggunakan panambahan derau pada citra, yaitu akurasi sebesar 68.89 % pada akurasi sistem dalam mendeteksi citra kayu sebagai kayu normal dan akurasi sebesar 72.22 % pada akurasi sistem dalam mendeteksi citra kayu sebagai citra kayu cacat. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan filter Median dengan ukuran kernel 3 x 3 cukup efektif dalam mereduksi derau *salt and pepper*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian dan pengujian, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Implementasi sistem dalam mendeteksi cacat kayu menggunakan ekstraksi ciri *gabor Wavelet Transform* dan klasifikasi K-NN dapat menghasilkan akurasi sistem terbaik sebesar 75.6 % pada pengujian 500 citra uji.
2. Pada parameter frekuensi filter gabor, penggunaan level frekuensi yang semakin besar menyebabkan filter semakin handal. Dengan hasil akurasi 70% pada penggunaan frekuensi tinggi dan akurasi sebesar 68.33% pada penggunaan nilai frekuensi rendah.
3. Parameter nilai K pada parameter K-NN menghasilkan akurasi terbaik pada saat nilai K=5. Hal ini disebabkan oleh karakter dari klasifikasi K-NN yang memeprhitungkan jarak terdekat untuk ketetanggannya, yang selanjutnya dilakukan voting berdasarkan mayoritas keberadaan kelas yang terdekat.

4. Pengujian derau *salt and pepper* dengan nilai variansi 0.01 dapat dihilangkan dengan menggunakan filter Median yang mempunyai ukura kernel 3 x 3. Sehingga pada pengujian derau *salt and pepper* nilai akurasi yang diidapatkan tidak berbeda jauh dengan nilai akurasi tanpa penambahan derau, yaitu sebesar 70.5 %.

Daftar Pustaka

[1] Chao, Wei-lun. "Gabor Wavelet and its Applications" R98942073
[2] Ding, Prof. Jian Jiun. "Time Frequency Analysis Tutorial Gabor Feature and its Application." R99942057 .
[3] Dumanauw, J.F. *Mengenal Kayu.* Yogyakarta: Kanisius, 2001.
[4] H. P. Brown, PH.D. *Textbook of Wood Technology.* New York: Mc. Graw Hill, 1949.
[5] "Modul 6 Analisis Tekstur & ekstraksi ciri." (accessed Agustus 10, 2014).
[6] Munir, Rinaldi. *Pengolahan citra Digital.* Bandung: Informatika, 2004.
[7] Putra, Darma. *Pengolahan Citra Digital.* Yogyakarta: Andi Publisher, 2010.
[8] Sianipar, R.H. *Pemrograman MATLAB Dalam Contoh dan Penerapan.* Bandung: Informatika, 2013