

PENENTUAN KUALITAS KAYU JATI SECARA VISUAL MENGUNAKAN METODE *LEARNING VECTOR QUANTIZATION*

Ignatius Ngesti Yuwono¹, Robertus Krismanto², Antonius Sugianto³

^{1,2,3}Program Studi Desain Interior Akademi Teknik PIKA Semarang
Email: ngesti.yuwono@atpika.com, krismanto@atpika.com, gianto@atpika.com

Masuk: 13-05-2020, revisi: 19-11-2021, diterima untuk diterbitkan: 16-03-2022

ABSTRAK

Kayu Jati (*Tectona Grandis*) adalah salah satu jenis kayu terbaik dari banyak jenis spesies kayu yang digunakan di Indonesia sebagai bahan untuk furnitur dan konstruksi bangunan. Kualitas kayu jati ditentukan oleh banyak faktor, salah satunya adalah pola serat kayu. Saat ini penentuan kualitas kayu jati secara visual dengan melihat pola serat kayu jati dilakukan oleh para ahli yang berpengalaman di lapangan. Klasifikasi visual jati berdasarkan kepadatan pola serat kayu dibagi menjadi tiga, yaitu: kelas A: pola serat kayu dengan kualitas tinggi; kelas B: pola serat kayu kualitas sedang; grade C: pola serat kayu dengan kualitas rendah. Jaringan syaraf tiruan adalah sistem pemrosesan informasi seperti pemrosesan di otak manusia. Jaringan syaraf tiruan telah banyak digunakan dalam banyak aplikasi untuk klasifikasi. Penelitian klasifikasi pola kayu jati ini menggunakan metode *Learning Vector Quantization (LVQ)*. Dan dari hasil pengujian menggunakan metode LVQ untuk klasifikasi pola kayu jati, diperoleh akurasi yang cukup yaitu sebesar 68,7%, ini berarti ada kecocokan yang cukup antara penilaian pola serat kayu oleh expert dengan penilaian pola serat kayu dengan menggunakan metode LVQ.

Kata Kunci: kayu jati; jaringan syaraf tiruan; pengolahan gambar; LVQ

ABSTRACT

Teak wood (Tectona Grandis) is one of the best types of wood from many types of wood species used in Indonesia as a material for furniture and building construction. The quality of teak wood is determined by many factors, one of which is the wood grain pattern. Currently, the determination of the quality of teak visually by looking at the pattern of teak wood fibers is carried out by experienced experts in the field. Visual classification of teak based on the density of the wood grain pattern is divided into three, namely: class A: high quality wood grain pattern; class B: medium quality wood grain pattern; grade C: wood grain pattern with low quality. An artificial neural network is an information processing system like the processing in the human brain. Artificial neural networks have been widely used in many applications for classification. This teak wood pattern classification study uses the Learning Vector Quantization (LVQ) method. And from the test results using the LVQ method for the classification of teak wood patterns, sufficient accuracy is obtained, which is 68.7%, this means that there is a sufficient match between the assessment of the wood grain pattern by the expert and the assessment of the wood grain pattern using the LVQ method.

Keywords: teak wood; artificial neural network; image processing; LVQ

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Melihat corak dekoratif dan kekuatan bahan, kayu jati merupakan primadona untuk konstruksi rumah kayu maupun bahan pembuatan furnitur (Martawijaya, Kartasujana, Kadir, & Prawira, 2005). Kayu Jati Grade A : Kayu Jati Grade A adalah kayu jati dengan kualitas terbaik. Kayu jati ini berasal dari bagian tengah atau jantung pohon jati (*heartwood*) dengan umur pohon paling sedikit 40 tahun. Grade A dapat dilihat dari seratnya yang lurus dan selaras, warnanya yang seragam, **seratnya sangat rapat**, dan terasa agak licin berminyak saat dipegang permukaan kayunya.

Kayu Jati Grade B : Kayu Jati Grade B berasal dari bagian terluar dari jantung pohon jati (*heartwood*), bagian ini merupakan 25% – 30% dari keseluruhan batang pohon. Dibandingkan dengan kayu jati grade A, kayu jati grade B memiliki warna yang sedikit lebih terang, **serat yang kurang beraturan**, dan kurang mengkilap, karena kandungan minyaknya pun lebih sedikit dibanding kayu jati grade A. Butiran

serat kayunya pun tidak serapat kayu grade A, tetapi kayu grade B masih baik untuk digunakan sebagai bahan baku mebel atau furniture.

Kayu Jati Grade C : Kualitas Kayu Jati Grade C bisa dibilang rendah. Kayu jati ini berasal dari bagian terluar batang pohon jati (*sapwood*) dan pohon jati yang belum dewasa. Bagian ini mengambil sekitar 40% dari seluruh bagian batang pohon jati. Kayu Jati Grade C **serat tidak tampak/samar**, tidak memiliki minyak yang mampu memproteksi kayu, warnanya putih, dan biasanya dipenuhi oleh goresan atau coretan kayu. Walaupun berasal dari pohon jati yang sama, grade C ini tidak memiliki kualitas atau ketahanan yang sama dengan grade A. Biasanya grade C ini harganya jauh dibawah harga grade B dan grade A. (Jahja, 2016)



Gambar 1: Warna dan serat kayu jati dalam satu pohon (Jahja, 2016)

Penelitian sebelumnya dilakukan Munawaroh (2009), terkait dengan kualitas kayu dengan Teknik skala keabuan, menyimpulkan bahwa untuk mengetahui umur kayu jati bisa ditentukan menggunakan lingkaran tahun pada kayu menggunakan teknik skala keabuan dengan pembacaan citra *grayscale*. Temuan lain dari Lukman (2012) tentang implementasi pengolahan citra dan algoritma LVQ untuk pengenalan pola buku, dikemukakan bahwa aplikasi menggunakan metode ini bisa mengenali *image* yang diujikan. Sementara Yuwono, Pramunendar, Andono, dan Subandi (2013) dalam penelitiannya menyoroti pengenalan grade kayu kelapa menggunakan LVQ, menyimpulkan bahwa tingkat akurasi pengujian metode ini adalah 65,71 %. Penelitian lainnya tentang Klasifikasi Kode Mutu Kayu Provinsi Sulawesi Selatan, dilakukan Khairil (2017) temuannya menunjukkan bahwa 12 dari 18 jenis kayu yang diteliti di provinsi Sulawesi Selatan memiliki kode mutu.

Identifikasi Jenis Kayu Menggunakan Learning Vector Quantization (LVQ) berdasarkan fitur tekstur Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) adalah penelitian yang dilakukan Fikri dan Pramunendar (Fikri & Pramunendar, 2015). Hasil dari metode ini untuk identifikasi jenis kayu didapat akurasi tertinggi sebesar 78,4% dan lebih baik dari cara grader secara manual. Metode yang dipakai untuk analisis penentuan jenis kayu yaitu dengan klasifikasi menggunakan sekumpulan data berdasar pelatihan data yang sudah diklasifikasi sebelumnya. Dengan mencari neuron dengan jarak terpendek memakai nilai dan layer yang sesuai pada citra uji terhadap citra latih tersebut maka citra uji akan masuk ke kelas dari data latih.

Penelitian selanjutnya yang berorientasi pada pengenalan citra adalah : Pengenalan Citra dengan obyek batik menggunakan fitur Color Histogram dengan fungsi LDA dan dengan fungsi MDA memberikan hasil pengenalan yang terbaik dibandingkan dengan menggunakan fitur *Daubechies wavelet* dan fitur gabungan, dengan hasil persentase 51.07% untuk pengujian data latih dan 72.80% untuk pengujian data baru. (Cynthia, Hendryli, & Herwindiyati, 2019).

Smoothing / Spatial Filtering : Image enhancement adalah proses agar gambar yang dihasilkan dari proses akuisisi gambar tersebut, ditingkatkan kualitasnya. Dalam penelitian ini metode image enhancement yang dilakukan adalah dengan metode Spatial Filtering (Ernawan, 2011); *Color Conversion*: Informasi warna sangat diperlukan sebagai pendeskripsian sebuah obyek gambar dalam analisis suatu citra tersebut. Proses identifikasi maupun klasifikasi suatu citra dapat dipermudah dengan menyertakan informasi warna. (Ahmad, 2005); *Noise Reduction*: ketika sebuah citra ditangkap oleh kamera, seringkali kualitasnya belum memenuhi persyaratan untuk pengolahan citra. Hal yang sering terjadi adalah

timbulnya noise atau gangguan atau distorsi dalam gambar tersebut, yang mengakibatkan turunnya kualitas gambar.

Citra atau gambar dengan kualitas seperti ini memerlukan langkah-langkah perbaikan sehingga kualitasnya bisa meningkat; *Morphology* : berhubungan dengan bentuk, morfologi digital adalah cara untuk menganalisis atau mendeskripsikan bentuk obyek digital. Citra mengandung serangkaian piksel-piksel yang membentuk sekumpulan data dalam struktur dua dimensi. Operasi matematika tertentu pada serangkaian piksel-piksel tadi dapat digunakan untuk meningkatkan aspek khusus dari bentuk (struktur) sehingga lebih mudah untuk proses selanjutnya (klasifikasi atau pengenalan) (Ahmad, 2005).

Jaringan *LVQ* (*learning vektor quantization*) termasuk di dalam Jaringan syaraf tiruan merupakan representasi buatan otak manusia yang mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut (Kusumadewi, 2003). *LVQ* adalah jaringan yang mengklasifikasikan pola sehingga setiap unit keluaran menyatakan suatu kelas atau kategori. Vektor bobot untuk unit keluaran sering disebut vektor referensi untuk kelas yang dinyatakan oleh unit tersebut. Selama pelatihan unit keluaran dicari posisinya dengan mengatur bobotnya lewat pelatihan terawasi.

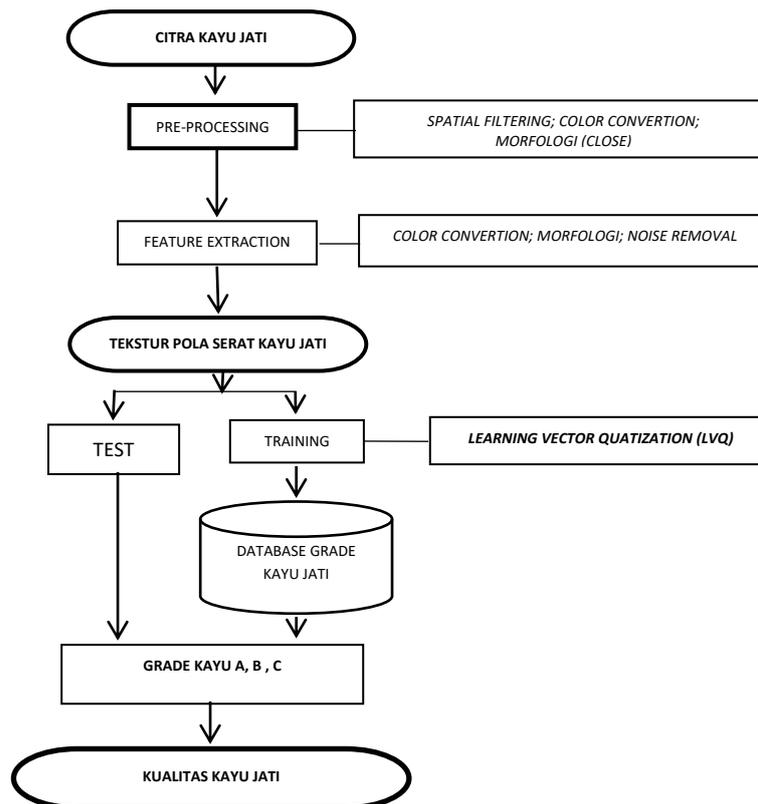
Dalam hal ini diberikan sehimpunan pola yang klasifikasinya diketahui diberikan bersama distribusi awal vektor referensi. Setelah pelatihan jaringan *LVQ* mengklasifikasikan vektor masukan dalam kelas yang sama dengan unit keluaran yang memiliki vektor bobot (referensi) yang paling dekat dengan vektor masukan (Widodo, 2005) Sistem pengolahan citra digital (*image processing*) untuk penentuan kualitas (*grade*) bahan baku dalam hal ini kayu jati, merupakan salah satu alternatif pemecahan untuk penentuan kualitas dengan tidak mengandalkan keahlian dan pengalaman manusia. Otomatisasi grading kayu jati ini ditentukan menggunakan variable-variable yang akan digunakan untuk menganalisa tekstur dari citra tersebut. Analisa tersebut bertujuan untuk mengidentifikasi parameter-parameter yang di-asosiasikan dengan ciri dari obyek dalam citra tersebut.

2. METODE PENELITIAN

Citra kayu jati yang akan digunakan dalam proses penelitian ini didapat dari Bengkel Pendidikan Akademi Teknik PIKA yang menggunakan kayu jati sebagai salah satu bahan untuk membuat mebel dan konstruksi kayu lainnya. Data mentah yang didapat dari digitalisasi potongan kayu jati dilakukan proses *pre-processing* guna mendapatkan citra data digital dari potongan tersebut.

Proses *pre processing* bertujuan memperbaiki kualitas citra data kayu kelapa untuk bisa layak diproses pada tahap selanjutnya. Tahapan *pre-processing* citra tersebut adalah *spatial filtering*, *color conversion*, *noise removal* dan *morfologi*. Untuk mendapatkan gambar yang hanya berisi pola kayu maka sebelum proses *pre-processing* dilakukan, diperlukan proses *cropping* gambar untuk mendapatkan gambar pola kayu yang diinginkan.

Pada tahap selanjutnya gambar yang sudah diperoleh dilakukan ekstraksi fitur dengan *color conversion* dan *morfologi*. Dari tahapan ini diharapkan data tersebut bisa diproses pada tahap selanjutnya yaitu pelatihan data menggunakan metode *Learning Vector Quantization* (*LVQ*) berdasarkan data grade kayu jati yang telah dilaksanakan secara manual oleh grader.



Gambar 2 : Metode Penelitian

Pengujian hasil pelatihan data menggunakan metode LVQ dilakukan dengan menggunakan citra-citra kayu jati lain yang telah ditentukan kualitasnya oleh grader, sehingga nantinya didapat prosentase akurasi dalam uji penentuan kualitas kayu jati berdasar pola seratnya. Untuk Metode Pengukuran akurasi menggunakan metode tabulasi silang (*cross tabulation*) dengan penilaian *kappa* (Santosa, 2003) (Laboratories, 2003)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Citra kayu jati yang akan digunakan dalam proses penelitian ini didapat dari bengkel kerja Akademi Teknik PIKA yang menggunakan kayu jati sebagai salah satu bahan untuk membuat mebel dan konstruksi kayu lainnya, didapatkan 80 potongan kayu jati dengan berbagai kualitas kayu jati. Dari setiap potongan kayu jati maka bisa didapat dua gambar pola dari sisi yang berbeda sehingga dengan demikian bisa didapatkan 160 gambar warna dan serat pada kayu jati. Dalam penelitian ini akan digunakan 160 gambar pola yang terdiri dari 100 gambar pola untuk pelatihan dan 30 gambar pola untuk pengujian. Gambar-gambar tersebut dijadikan dalam format digital dengan proses pemotretan dengan kamera Nikon 5100 dengan jarak 30 cm antara kamera dengan obyek dan dengan pencahayaan alami yang dilakukan di dalam ruangan.

Tahap pertama adalah pembacaan citra tersebut, dan karena ukuran gambar masing-masing data berbeda maka dilakukan cropping sebesar 256 x 256 pixel pada gambar tersebut untuk menentukan gambar pola serat dari potongan kayu jati tersebut. Proses cropping gambar data mentah ini melalui berbagai tahap yaitu:

- Proses segmentasi citra dengan menampilkan warna *monochrome* dan *negative image*.
- Morfologi* dalam pengolahan citra adalah untuk analisa bentuk dalam citra tersebut.
- Cropping*: proses untuk mengambil gambar yang diperlukan saja, dalam hal ini gambar pola serat pada kayu jati yang diperlukan untuk proses selanjutnya. Ukuran *cropping* yang ditentukan untuk penelitian ini adalah 256 x 256 pixel, sehingga didapat pola sbb:



Gambar 3 : Data gambar pola kayu jati ukuran 256 x 256 pixel

Ekstraksi Fitur

Setelah mendapatkan gambar pola dari potongan kayu jati tersebut maka perlu ditingkatkan kualitas gambarnya menggunakan: (1) *Color Conversion* : Merubah warna pola kayu jati yang sudah didapat lewat proses cropping dari RGB ke warna monochrome, Selanjutnya dilakukan konversi gambar ke gambar biner dengan thresholding. Konversi ini dilakukan dengan level 1-0 dimana nilai 1 untuk putih dan 0 untuk hitam, sehingga gambar yang dihasilkan adalah gambar hitam putih bukan grayscale (Ahmad, 2005). (2) *Morfologi* : Untuk mempertegas dan memperjelas pola yang sudah di dapat dari tahap sebelumnya maka perlu dilakukan proses morfologi yaitu dilasi dan erosi yaitu proses untuk mengkilis gambar biner (Ahmad, 2005). Maka hasil untuk proses morfologi terlihat pada gambar berikut



Gambar 4 : Pola kayu jati setelah dilakukan proses morfologi

Pelatihan Data Dengan Menggunakan LVQ

Leaning Vector Quantization adalah suatu metode jaringan syaraf tiruan yang digunakan dalam klasifikasi dan pengenalan pola. Pada metode ini masing-masing unit output mewakili kategori atau kelas tertentu. Pada jaringan LVQ proses pembelajaran atau pelatihan harus dilakukan terlebih dahulu. Dalam proses ini, vektor input yang diberikan akan terklasifikasikan secara otomatis. Apabila beberapa vektor input memiliki jarak yang sangat berdekatan, maka vektor-vektor input tersebut akan dikelompokkan dalam kelas yang sama (Kusumadewi, 2003) (Widodo, 2005).

Algoritma LVQ :

Notasi :

- X : Training Vektor
- T : Kategori Training Vektor yang benar
- W_j : Vektor bobot untuk kategori ke-j
- C_j : Kategori j (hasil training)
- $\|x-w_j\|$: Jarak Euclidian

Langkah 0 : Inialisasi

Langkah 1 : Jika kondisi stop salah, lakukan langkah 2 – 6

Langkah 2 : Untuk setiap training vektor lakukan step 3- 4

Langkah 3 : Dapatkan nilai j sehingga $\|w-w_j\|$ bernilai minimum

Langkah 4 : Update nilai bobot w_j
 Jika $T = C_j$

$$W_j(\text{baru}) = w_j(\text{lama}) + \alpha(x - w_j(\text{lama}))$$

 Jika $T \neq C_j$

$$W_j(\text{baru}) = w_j(\text{lama}) - \alpha(x - w_j(\text{lama}))$$

Grade Kayu Jati Menurut Penilaian Expert

Penilaian pola serat kayu dilakukan oleh para expert dengan melihat fisik dari potongan kayu jati dan hasil cropping gambar kayu jati. Penilaian ini dilakukan oleh 2 expert yang kompeten di bidang kayu jati.

Pelatihan Data

Data-data gambar pola serat pada kayu jati, dibuat vektor untuk dijadikan training vektor dengan code: `ascii=uint8(A)`; Sehingga didapat vektor dari masing-masing gambar. Vektor-vektor tersebut kemudian dibuat vektor dalam satu baris sepanjang $256 \times 256 = 65536$ vektor : `data=reshape(A,1,65536)`; Vektor-vektor ($x_1, x_2, x_3 \dots x_n$) satu baris tersebut menjadi vektor-vektor untuk pelatihan. Ditentukan juga T : kategori dari training vektor. Ada 3 kategori yang digunakan untuk pelatihan ini yaitu pola serat tinggi = grade A; pola serat sedang = grade B dan pola serat rendah = grade C. Penentuan kerapatan serat target (T_c) yang akan dilatihkan pada proses ini mengacu pada penilaian yang dilakukan oleh salah satu expert yang sangat kompeten di bidang kayu jati. Tahap-tahap pelatihan yang dilakukan dengan metode LVQ ini adalah sebagai berikut:

- Memasukkan data input ke dalam matriks P dan memasukkan data target ke dalam matriks T . Matriks P dihasilkan dari pengubahan gambar yang dihasilkan dari data gambar citra kayu jati hingga didapatkan gambar pola kayu jati sebesar 256×256 pixel menjadi vektor dengan dimensi 1×65536 . Matriks T adalah penentuan tingkat kerapatan serat kayu secara pengamatan yang dilakukan oleh expert pada bidang kayu jati ini. Penentuan kerapatan ini dibagi menjadi 3 yaitu : Rendah = C; Sedang = B dan Tinggi = A
- Akan dibentuk jaringan kompetitif dengan algoritma pembelajaran LVQ network, yang terdiri dari 4 neuron pada lapisan kompetitif (lapisan tersembunyi), 3 kelas dengan masing-masing kemungkinan kemunculan yang sama
- Jaringan ini akan dilatih dengan menggunakan algoritma LVQ dengan maksimum epoch = 500 dan toleransi kesalahan 0,001
- Kemudian hasilnya akan disimulasikan, dengan input yang sama dengan input data pelatihan (data training). Output hasil simulasi akan disimpan pada vector H .

Dari hasil pelatihan yang dilakukan bisa disimpulkan bahwa tingkat kecocokan antara penilaian yang dilakukan dengan algoritma LVQ dengan penilaian yang dilakukan oleh expert menunjukkan angka 100% dengan demikian penilaian yang dilakukan dengan metode LVQ dapat dikatakan sempurna. Berikut disajikan rekapitulasi dari perhitungan akurasi antara Penilaian Target dengan penilaian para expert dan pelatihan menggunakan metode LVQ

Tabel 1 : Rekapitulasi kecocokan penilaian serat kayu dan nilai kappa

Penilaian	Tingkat Kecocokan			TOTAL	Nilai Kappa
	Grade C	Grade B	Grade A		
Expert 1	35 %	35 %	30 %	100 %	1
Expert 2	31 %	32 %	28 %	91 %	0,814
Pelatihan LVQ	35 %	35 %	30 %	100 %	1

Dari tabel 1 di atas, terlihat bahwa tingkat akurasi dengan menggunakan metode LVQ menyamai expert 1 sebagai panduan grading kayu jati ini.

Pengujian (Testing) Data

Tahapan pengujian ini menggunakan metode dan algoritma yang ada pada pelatihan dengan penentuan kerapatan menggunakan database yang sudah ada pada pelatihan yang telah dilakukan: Secara garis besar tingkat kecocokan pada kualitas target dengan hasil pengujian dengan LVQ menunjukkan prosentase 68,7%. Berikut disajikan rekapitulasi dari perhitungan akurasi antara Penilaian Target dengan penilaian para expert dan pengujian menggunakan metode LVQ.

Tabel 2 : Rekapitulasi kecocokan penilaian serat kayu dan nilai kappa pada pengujian

Penilaian	Tingkat Kecocokan			TOTAL	Nilai Kappa
	Rendah	Sedang	Tinggi		
Expert 1	41,4%	35,7%	22,9%	100%	1
Expert 2	31,4%	30%	21,4%	82,85%	0,795
Pengujian LVQ	21,6%	30%	17,1%	68,7%	0,521

Dari tabel 2 tersebut, terlihat bahwa tingkat akurasi pengujian dengan menggunakan metode LVQ masih lebih buruk dibandingkan dengan penilaian para expert di bidang kayu jati. Perbedaan hasil tersebut terjadi bisa dikarenakan potongan citra kayu jati yang tidak sempurna, sehingga potongan kayu tersebut tidak bisa dibaca polanya. Hal ini di sebabkan karena :

- Waktu memotong potongan kayu tersebut, pisau yang digunakan sudah tumpul sehingga timbul guratan-guratan pada penampang potongan kayu tersebut.
- Terdapat noda-noda lain pada potongan kayu jati tersebut sehingga noda-noda tersebut dibaca sebagai pola kayu jati.
- Potongan kayu jati tersebut terpotong pada bagian luar kayu jati sehingga pada potongannya terdapat serabut-serabut kayu yang dibaca sebagai pola kayu jati.
- Terdapat cacat kayu pada kayu jati yang dibaca sebagai pola kayu jati misalnya terdapat retakan pada kayu tersebut.

Keterbatasan penelitian ini adalah penulis belum mendiskusikan hasil dari penelitian ini dengan riset lainnya atau teori yg digunakan sbg acuan dalam penelitian ini, Hal ini tentunya akan sangat bermanfaat bagi penelitian-penelitian selanjutnya yang mengambil tema ini.

Dari hasil penelitian yang dilakukan guna menentukan kualitas kayu jati secara visual dengan menggunakan neural network dengan pembelajaran Learning Vector Quantization (LVQ) dibandingkan dengan penentuan kerapatan kayu jati yang dilakukan oleh para expert menghasilkan bahwa: tingkat akurasinya sebesar **68,71%**. Dibandingkan dengan hasil penelitian terlebih dahulu dengan metode yang sama tetapi dengan obyek yang berbeda yaitu Kayu Kelapa menunjukkan tingkat akurasinya sebesar : **65,71%** (Yuwono, Pramunendar, Andono, & Subandi, 2013)

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Melihat hal tersebut tingkat akurasi dari grading kayu jati ini masih jauh dibawah penilaian expert, hal ini membuka peluang penelitian-penelitian selanjutnya agar prosentase akurasi penentuan grade kayu jati ini bisa mendekati prosentase penilaian dari expert dengan menggunakan metode-metode yang lain.

Ucapan Terima Kasih (*Acknowledgement*)

Terimakasih penulis sampaikan kepada para pendukung penelitian ini hingga dapat dipublikasikan yaitu Civitas Akademika Akademi Teknik PIKA Semarang; Bengkel Pendidikan Akademi Teknik PIKA, Mahasiswa Desain Interior Atpika yang telah membantu penulis untuk pengumpulan data dan mendokumentasikan data-data tersebut. Dan terimakasih juga kami sampaikan kepada pihak-pihak yang tidak bisa saya sebut satu persatu yang telah mendukung penulis hingga menjadi karya ilmiah ini.

REFERENSI

- Ahmad, U. (2005). *Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemrogramannya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Cynthia, Hendryli, J., & Herwindiyati, D. E. (2019). KLASIFIKASI CITRA BATIK INDONESIA DAN. *Computatio: Journal of Computer Science and Information Systems*, 11-20.
- Dumanauw, J. (1990). *Mengenal Kayu*. Semarang: Pendidikan Industri Kayu Atas (PIKA) Semarang - Kanisius.
- Ernawan, F. (2011). Image Enhancement in Spatial Domain. *Presentasi diktat kuliah Image Processing*(Universitas Dian Nuswantoro).
- Fikri, A. Y., & Pramunendar, R. A. (2015). Identifikasi Jenis Kayu Menggunakan Learning Vector Quantization Berdasarkan Fitur Tekstur Gray Level Co-occurrence Matrix. *Dokumen Karya Ilmiah*(Fakultas Ilmu Komputer Universitas Dian Nuswantoro Semarang).
- Jahja, J. (2016, 02 24). <https://custommebel.com/>. (Custom Mebel) Dipetik 01 31, 2020, dari <https://custommebel.com/2016/02/24/kesalahan-memilih-grade-kayu-jati-merugikan-anda-jutaan-rupiah/>
- Khairil. (2017). Klasifikasi Kode Mutu Kayu Provinsi Sulawesi Selatan. *INERSIA, XIII*(Politeknik Negeri Ujung Pandang), 41.
- Kusumadewi, S. (2003). *Artificial Intelligence* (1 ed.). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Laboratories, R. (2003). *Kappa Tool User's Guide*. Utah State University.
- Lukman, A. (2012). Implementasi Pengolahan Citra dan Algoritma LVQ Untuk Pengenalan Pola Buku. *STIMED Nusa Palapa*. Makasar.
- Martawijaya, A., Kartasujana, I., Kadir, K., & Prawira, S. A. (2005). *Atlas Kayu Indonesia*. Bogor: Badan Penelitian & Pengembangan Kehutanan Departemen Kehutanan .
- Munawaroh, S. (2009). Penentuan Kualitas Kayu Dengan Teknik Skala Keabuan. *Dinamika Informatika, 1 No 2*, 19.
- Santosa, S. (2003). *Mengatasi Berbagai Masalah Statistik dengan SPSS*. Jakarta, Indonesia: PT. Elex Media Komputindo.
- Widodo, T. S. (2005). *Sistem Neuro Fuzzy untuk Pengolahan Informasi, Pemodelan, dan Kendali* (1 ed.). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Yuwono, I. N., Pramunendar, A. R., Andono, P. N., & Subandi, R. A. (2013). The Quality Determination Of Coconut Wood Density Using Learning Vector Quantization. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 57, 82.