

Deteksi Nominal Rupiah Uang Kertas Berdasarkan Citra Warna Menggunakan Segmentasi K-Means Clustering dan Klasifikasi Random Forest

**Alecia Maharani Ektya Antara ¹⁾, Syafrina Aulia Sari ²⁾, Nita Riswanti ³⁾,
Dhestyara Alivia Amin ⁴⁾, Vebi Verdila ⁵⁾, Amin Padmo Azam Masa ⁶⁾**

Sistem Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman

E-Mail : alecia.maharani@gmail.com¹⁾; syafrina.auliasari@gmail.com²⁾; nittarswnt06@gmail.com³⁾;
destyaraolivia@gmail.com⁴⁾; vebyverdila24@gmail.com⁵⁾; aminpadmo@ft.unmul.ac.id⁶⁾;

ABSTRAK

Uang adalah sebuah benda yang digunakan oleh masyarakat sebagai alat tukar dan pembayaran barang yang sah, yang dikeluarkan oleh lembaga negara dengan bentuk dan gambar tertentu. Pada zaman kemajuan teknologi informasi, semakin banyak aplikasi yang dapat mempermudah aktivitas transaksi uang di masyarakat, salah satunya alat untuk mendeteksi nominal uang. Deteksi sendiri adalah suatu proses untuk memeriksa atau melakukan pemeriksaan terhadap suatu barang atau benda menggunakan cara atau teknik tertentu. Dalam penelitian ini, pengolahan citra dimulai dari akuisisi citra yang menggunakan 100 uang kertas rupiah yang terdiri dari nominal 1.000, 2.000, 5.000, 10.000, 20.000, 50.000, dan 100.000. Citra ini selanjutnya ditingkatkan mutunya dengan teknik enhancement melalui pengaturan kecerahan dan kontras. Selanjutnya citra diolah dengan metode segmentasi K-means untuk memperoleh segmentasi citra untuk selanjutnya diekstrak cirinya. Kemudian data hasil ekstraksi ciri tersebut digunakan dalam proses *training* untuk model klasifikasi Random Forest. Hasil akhir dari proses ini adalah, sebuah model Random Forest dengan 100 *decision tree* yang dapat memprediksi nominal rupiah uang kertas dari input gambar dengan tingkat akurasi mencapai 95%

Kata Kunci – Uang, Deteksi, Pengolahan Citra Digital, K-Means

1. PENDAHULUAN

Teknologi informasi digunakan dalam menyimpan dan mengolah data menjadi sedemikian rupa sehingga data yang telah diolah menyajikan informasi yang bermutu, relevan dan akurat. Dengan terus berkembangnya teknologi dan kebutuhan terhadap informasi, perkembangan juga turut ada pada internet. Teknologi informasi beriringan dengan internet sehingga dapat saling melengkapi yang membuatnya menjadi satu kesatuan. Dengan adanya teknologi informasi dibantu dengan internet kita dapat mengenal apa yang disebut dengan pengolahan citra digital. Pengolahan citra digital adalah ilmu mempelajari hal yang berkaitan dengan perbaikan kualitas terhadap suatu gambar (translasi, rotasi transformasi, skala, geometrik), melakukan pemilihan citra ciri (feature images) yang optimal untuk dianalisis, melakukan penyimpanan data yang sebelumnya dilakukan reduksi dan kompresi, transmisi data, dan waktu proses data. Umumnya pengolahan dalam sebuah citra digital memiliki arti pemrosesan gambar dua dimensi dengan bantuan komputer (Munantri, N. Z., Sofyan, H., & Florestiyanto, M. Y., 2020).

Uang kertas merupakan alat yang digunakan untuk melakukan pembayaran barang maupun jasa yang sering digunakan dalam kegiatan jual beli. Sebagai alat untuk melakukan transaksi, uang kertas telah digunakan seluruh manusia di setiap penjuru dunia dan tidak luput dari para penyandang disabilitas. Dengan keterbatasan yang dimiliki, maka ada kemungkinan hal seperti tertukar, salah ambil, dan hal terburuknya ada orang yang dengan jahat memanfaatkan situasi tersebut (Porbadi, D. A., Rif'an, M., & Siwindarto, P., 2014).

Kekeliruan juga dapat terjadi dimana saja, seperti pada waktu melakukan pembayaran dengan uang kertas, atau transaksi-transaksi yang membutuhkan identifikasi uang kertas secara cepat dan akurat, meskipun uang diberikan atau diterima waktu transaksi dalam keadaan acak atau tidak dikelompokkan terlebih dahulu (Munawaroh, S., & Sutanto, F. A. 2010). Berdasarkan tersebut, penelitian ini akan membahas sebuah model untuk mendeteksi nominal uang kertas rupiah secara digital agar dapat mempermudah dan membantu proses transaksi di masyarakat.

2. TINJAUAN PUSAKA

A. Uang Kertas

Uang kertas merupakan alat pembayaran yang sah, dimana uang tersebut memiliki gambar dan cap tertentu. Menurut penjelasan UU No. 23 tahun 1999 tentang Bank Indonesia, yang dimaksud dengan uang kertas adalah uang dalam bentuk lembaran yang terbuat dari bahan kertas atau bahan lainnya (yang menyerupai kertas). Uang kertas mempunyai nilai karena nominalnya. Uang kertas memiliki beberapa macam nilai seperti nilai tukar dan nilai nominalnya. Ada 2 (dua) macam uang kertas (Munawaroh, S., & Sutanto, F. A., 2010):

- Alat pembayaran yang sah ialah uang yang dikeluarkan oleh pemerintah dan ditandatangani menteri keuangan dengan jumlah yang terbatas.
- Uang yang dikeluarkan oleh bank sentral yaitu uang kertas bank.

B. Pengolahan Citra Digital

Secara harfiah, citra (image) adalah gambar pada bidang dwimatra (dua- dimensi). Ditinjau dari sudut pandangan matematis, citra merupakan fungsi menerus (continue) dari intensitas cahaya pada bidang dwimatra. Sumber cahaya menerangi objek, objek memantulkan kembali sebagian berkas cahaya tersebut, pantulan cahaya ini ditangkap oleh alat optik sehingga bayangan objek yang disebut citra tersebut terekam (Munir, R., 2004). Pengolahan citra (image processing) mempunyai keterkaitan yang erat dengan disiplin ilmu yang jika sebuah disiplin ilmu dinyatakan dalam bentuk proses suatu input menjadikan output, maka pengolahan citra memiliki input berupa citra serta output berupa citra. (Pambudi, A. R., 2020)

C. Akuisisi Citra

Akuisisi data adalah langkah dalam mendapatkan citra. Proses akuisisi data digunakan untuk menentukan data serta metode yang dibutuhkan untuk melakukan perekaman citra digital. Langkah yang dilakukan dalam proses akuisisi, umumnya dimulai dari persiapan objek yang citranya akan diambil, alat-alat hingga pada proses pencitraan (Kusumadewa, C. C., & Supatman, S., 2018). Tahap akuisisi citra adalah dilakukan dengan menangkap/mengambil gambar dapat dilakukan dengan menggunakan scanner, kamera, digital, kamera termal, mengunduh gambar di internet dan *tools-tools* lainnya.

D. Segmentasi Citra

Segmentasi citra merupakan bagian dari proses pengolahan citra. Segmentasi memiliki arti pembagian dalam suatu citra menjadi wilayah yang homogen berdasarkan kriteria kemiripan tertentu antara tingkat keabuan piksel dengan tingkat keabuan piksel dari tetangganya kemudian hasil dari proses segmentasi ini akan digunakan untuk proses lebih lanjut (Cahyaningsih, S., 2010)

E. Ekstraksi Citra

Metode ekstraksi ciri merupakan metode yang mengambil ciri berdasarkan karakteristik histogram citra. Dalam histogram ditunjukkan kemungkinan munculnya nilai derajat keabuan piksel pada suatu citra. Melalui nilai pada histogram yang dihasilkan, dapat dilakukan penghitungan parameter ciri, diantaranya *mean*, *variance*, *skewness*, *kurtosis*, dan *entropy* (Fadlil, A., 2012)

F. Means Clustering

Klustering adalah proses mengelompokkan sejumlah objek menjadi kelas-kelas objek yang serupa. Pengklasteran adalah salah satu fungsi dari proses pengolahan citra yang digunakan untuk menemukan kelompok atau kelas untuk mengidentifikasi objek berdasarkan kesamaan karakteristik. K-means adalah salah satu metode klustering data non-hirarkis yang bertujuan membagi data menjadi satu atau lebih kelompok. Metode ini dilakukan dengan membagi data ke dalam beberapa kelompok sehingga objek dengan karakteristik yang serupa (misal, warna, tekstur, bentuk, dan posisi piksel). Dalam k-means clustering, citra dikelompokkan dalam satu kelas yang sama, sementara objek dengan karakteristik yang berbeda dikelompokkan dalam kelas yang berbeda. (Misdiyanto, M., Suhandini, Y., & Aprilia, I., 2020).

G. Klasifikasi Random Forest

Metode Random Forest dapat digunakan untuk meningkatkan hasil akurasi karena anak node akan di acak dalam proses pembuatan. Algoritma klasifikasi Random Forest merupakan pengembangan dari *Decision Tree*, dimana model ini menggabungkan hasil prediksi dari sejumlah *decision tree* untuk memberikan tingkat akurasi prediksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan *decision tree* tunggal (Anzila, C. A., 2014).

H. Decision Tree

Han, J., & Kamber, M., (2006) menyatakan decision tree adalah algoritma yang paling banyak digunakan untuk masalah klasifikasi. Decision tree terdiri dari simpul yang berupa tree's root, internal node dan leafs. Konsep entropi dapat digunakan untuk menentukan pada atribut mana sebuah pohon akan terbagi (split). Semakin tinggi entropy dalam sebuah sampel maka mengurangi atau semakin tidak murni sampel tersebut. Rumus yang digunakan untuk menghitung entropy sampel S adalah

$$Entropy(S) = -p_1 \log_2 p_1 - p_2 \log_2 p_2$$

Dimana:

p1 : proporsi sampel dalam kelas 1

p2 : adalah proporsi sampel dalam kelas 2

3. METODE PENELITIAN

A. Akusisi Citra

Tahap ini proses pengambilan citra uang kertas dilakukan menggunakan kamera smartphone resolusi 15 MP berlatar belakang gelap di ruangan terbuka. Data pada penelitian ini mencakup 100 citra uang kertas rupiah motif baru (tahun emisi 2016) dari nominal Rp. 1.000 hingga Rp. 100.000. Citra yang diperoleh dari tahap ini memiliki sejumlah variasi termasuk, tampak depan dan tampak belakang uang kertas, kondisi uang yang masih rapi dan yang sudah kusut, dan beberapa variasi tingkat kecerahan cahaya saat mengambil citra.



Gambar 1. Proses Akusisi Citra Mata Uang Kertas Indonesia

B. Pre-Process

Setelah gambar ditangkap menggunakan kamera, selanjutnya gambar di-*crop* hingga menyisakan citra uang saja seperti yang terlihat pada gambar sebelumnya. Selanjutnya gambar-gambar ini dipisahkan menjadi dua kategori yakni, *training dataset* dan *test dataset*. Pembagian *dataset* ini diatur dengan skala 80:20, dimana 80 citra menjadi data *training* dan 20 citra menjadi data *test*.

C. Enhacement

Tahap ini kedua citra dari *dataset training* dan *test* akan melalui proses *image enhacement* yang menggunakan metode *brightness* dan *contrast* control dari *function addWeighted* menggunakan *library* OpenCV. Pada proses ini kontras ditingkatkan sebanyak 1.28 kali dan tingkat kecerahan diturunkan sebanyak 7.8 kali dari tingkat kontras dan kecerahan asli. Proses ini dilakukan untuk membuat warna pada citra terlihat lebih cerah dan kontras satu sama lain sehingga memudahkan proses segmentasi dan meningkatkan tingkat akurasi dari hasil ekstraksi ciri yang dapat lebih diandalkan.



Gambar 2. Hasil enhacement *contrast* dan *brightness*

D. Segmentasi K-Means

Selanjutnya, citra yang telah ditingkatkan kualitasnya pada tahap sebelumnya kini diolah dalam algoritma K-means *clustering* untuk menghasilkan gambar yang telah disegmentasi. Proses segmentasi ini berguna untuk menyederhanakan warna pada tiap citra agar menghasilkan ekstraksi ciri yang kontras pada nominal yang berbeda sehingga hasil klasifikasi akan lebih akurat. Melalui beberapa percobaan didapati bahwa jumlah kluster 6 dan percobaan 20 merupakan kriteria teroptimal untuk menghasilkan segmentasi citra dengan tingkat akurasi klasifikasi di atas 85%. Gambar berikut merupakan contoh hasil segmentasi dari algoritma K-means yang dimaksud.



Gambar 3. Hasil Segmentasi K-Means

E. Ekstraksi HSV

Setelah tahap segmentasi citra dilakukan, selanjutnya memasuki tahap ekstraksi fitur untuk memperoleh data rata-rata hue, rata-rata saturation, dan rata-rata value dari setiap citra yang telah disegmentasi. Data ini akan menjadi informasi penting yang akan digunakan dalam pelatihan model pada tahap berikutnya. Pemilihan ekstraksi nilai HSV dipertimbangkan berdasarkan fakta bahwa warna merupakan salah satu faktor yang umum dan mudah dalam membedakan nominal uang. Dengan demikian, hasil klasifikasi dari data ekstraksi HSV akan dapat lebih diandalkan untuk kasus ini.

F. Pelatihan Model

Tahap ini dilakukan pelatihan model Random Forest yang dibangun dengan algoritma Random Forest Classifier menggunakan library Scikit-learn untuk membuat sejumlah model *decision tree* independen. Proses pelatihan dilakukan dengan menerapkan metode fit pada model menggunakan data HSV yang telah diekstrak pada *training dataset*. Selanjutnya algoritma akan mempelajari pola-pola nilai HSV yang ada dalam data *training* dan menciptakan pohon-pohon *decision tree* dalam model Random Forest. Untuk memastikan hasil *decision tree* yang lebih variatif. Maka data pelatihan tiap *decision tree* diambil sebagian secara acak. Proses ini juga bertujuan untuk mencari keterkaitan antara fitur-fitur yang ada dalam data *training* dengan label kelas yang sesuai.





















G. Pengujian Data Test

Setelah proses pelatihan menggunakan data pelatihan selesai, model Random Forest kemudian digunakan untuk memprediksi kelas pada data pengujian yang berjumlah 20. Proses prediksi ini dilakukan dengan mencocokkan data HSV yang diekstrak dari data *test* dengan pola data HSV dari data *training* menggunakan setiap *decision tree* yang ada dalam model Random Forest. Selanjutnya hasil prediksi dari setiap *decision tree* digabungkan untuk melihat kelas dengan voting tertinggi untuk menentukan label data *test*. Melalui pendekatan ini, model mampu mengenali pola-pola yang ada dalam data dan memberikan keputusan klasifikasi yang lebih akurat.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan pengujian dataset test menggunakan model klasifikasi Random Forest, langkah selanjutnya adalah mengevaluasi performa model. Hal ini dilakukan dengan menghitung tingkat akurasi model, dengan membandingkan proporsi jumlah prediksi yang benar dengan jumlah total data pengujian. Berikut ini merupakan data dari dataset test yang telah diprediksi

Tabel 1. Hasil Pengujian Dataset untuk Prediksi

No	Citra Asli Dataset	Ekstraksi Ciri			Label Prediksi	Hasil Prediksi
		Mean Hue	Mean Saturation	Mean Value		
1		75.81898259	33.61507468	227.317725	100000	Benar
2		44.8009478	22.49958496	242.922701	100000	Benar
3		60.31622898	30.10709382	226.264127	100000	Benar
4		94.31837178	34.78915226	235.586715	10000	Benar
5		94.8794487	20.11310591	227.763190	10000	Benar
6		43.96898677	17.45896264	208.165080	1000	Benar
7		76.5652623	13.97560419	231.552145	1000	Benar
8		69.02583386	23.83419595	212.021743	1000	Benar
9		82.0543326	92.19522905	213.2254351	20000	Benar
10		87.01147512	39.17132978	235.015710	20000	Benar
11		80.12217614	54.9337971	218.077779	20000	Benar
12		88.86110531	45.95280702	223.3300896	2000	Benar
13		84.10112799	12.89712895	241.7623717	2000	Benar
14		84.60716834	37.97561855	217.7775652	2000	Benar
15		91.95062047	83.56648061	233.122944	50000	Benar
16		88.22310953	62.37437835	245.91947967	50000	Benar
17		87.89365632	59.25461714	241.7217837	50000	Benar
18		48.82187306	12.09176017	244.9909375	5000	Benar
19		25.7846679	20.21163636	214.7787718	5000	Benar
20		47.82409196	17.95037128	240.5613181	100000	Salah

Berdasarkan tabel di atas, dari 20 *test dataset* sebanyak 19/20 label berhasil diprediksi dengan benar, menyisakan hanya satu kesalahan. Artinya, model Random Forest yang telah dibangun memiliki tingkat akurasi mencapai 95%. Angka ini menunjukkan model memiliki kemampuan yang baik dalam mengenali pola-pola dalam data dan memberikan keputusan klasifikasi yang tepat. Evaluasi performa model ini penting untuk mengukur sejauh mana model dapat diandalkan dalam memprediksi nominal uang kertas rupiah dengan akurasi yang tinggi.

Data di atas merupakan hasil klasifikasi nominal uang berdasarkan ekstraksi warna HSV dari model random forest. Pada setiap data *test*, dilakukan ekstraksi ciri dalam bentuk *Mean Hue*, *Mean Saturation*, dan *Mean Value*. Kemudian dilakukan label prediksi dengan variasi antara 1000 hingga 100,000. Dari hasil prediksi tersebut, hanya satu data yang terklasifikasi "Salah" dengan label prediksi 100,000. Hal ini menunjukkan efektivitas dari model random forest dalam melakukan prediksi dengan keakuratan yang tinggi.

Metode ekstraksi ciri *Mean Hue*, *Mean Saturation*, dan *Mean Value* merupakan metode yang efektif dalam menghasilkan informasi ciri-ciri warna dari sebuah citra. Penggunaan model random forest dapat membantu dalam klasifikasi nominal uang dengan hasil prediksi yang sudah teruji keakuratannya. Namun, perlu diketahui bahwa dalam pengklasifikasian data *test* tidak selalu berhasil dengan baik, terbukti dengan salah satu data *test* yang terklasifikasi "Salah". Oleh karena itu, masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi prediksi dalam klasifikasi nominal uang.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji coba dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan dalam melakukan klasifikasi nominal uang kertas berdasarkan warna menggunakan metode *Random Forest*. Proses penelitian melibatkan beberapa tahap, termasuk akuisisi citra, *pre-process* citra (*cropping*), *enhancement* (penyesuaian kontras dan kecerahan), segmentasi citra menggunakan algoritma K-means, ekstraksi fitur HSV (rata-rata *hue*, rata-rata *saturation*, dan rata-rata *value*), serta pelatihan model klasifikasi *Random Forest*. Metode *Random Forest* berhasil dikembangkan dengan tingkat akurasi yang tinggi pada proses pengujian prediksi label data *test*, yang memiliki tingkat akurasi mencapai 95%. Namun, perlu diperhatikan bahwa peningkatan akurasi dapat dilakukan dengan lebih baik melalui *pre-process* citra yang lebih optimal untuk menghasilkan segmentasi citra yang lebih akurat.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anzila, C. A. (2014). *Klasifikasi dengan metode random forest dan analisis diskriminan linear* (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Cahyaningsih, S. (2010). *Deteksi osteoporosis dengan thresholding Metode otsu pada citra x-ray tulang rahang* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Fadlil, A. (2012). Modul Kuliah Pengenalan Pola. *Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta*.
- Han, J., & Kamber, M. (2006). *Data Mining: Concepts and Techniques* 2e. Morgan Kaufmann Publishers.
- Kusumadewa, C. C., & Supatman, S. (2018). Identifikasi Citra Daun Teh Menggunakan Metode Histogram untuk Deteksi Dini Serangan Awal Hama Empoasca. *JMAI (Jurnal Multimedia & Artificial Intelligence)*, 2(1), 27-36.
- Misdiyanto, M., Suhandini, Y., & Aprilia, I. (2020). Identifikasi Jenis-Jenis Burung Lovebird Menggunakan Pengolahan Citra Digital Dengan Metode K-Means *Clustering*. *J-SAKTI (Jurnal Sains Komputer dan Informatika)*, 4(2), 445-456.
- Munantri, N. Z., Sofyan, H., & Florestiyanto, M. Y. (2020). Aplikasi Pengolahan Citra Digital Untuk Identifikasi Umur Pohon. *Telematika: Jurnal Informatika dan Teknologi Informasi*, 16(2), 97-104.
- Munawaroh, S., & Sutanto, F. A. (2010). Pengolah Citra Digital untuk Identifikasi Uang Kertas. *Dinamik*, 15(1).
- Munir, R. (2004). Pengolahan citra digital dengan pendekatan algoritmik. *Informatika, Bandung*, 260.
- Pambudi, A. R. (2020). Deteksi keaslian uang kertas berdasarkan watermark dengan pengolahan citra digital. *Jurnal Informatika Polinema*, 6(4), 69-74.
- Porbadi, D. A., Rif'an, M., & Siwindarto, P. (2014). Alat Deteksi Nominal Uang Kertas Untuk Penyandang Tuna Netra. *Penerbit Universitas Brawijaya Malang*.