

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA

2.1 Uang Kertas

Uang kertas rupiah adalah alat untuk transaksi perdagangan. Alat tukar ini mempunyai bentuk lembaran dari bahan baik kertas ataupun bahan lainnya yang memiliki karakteristik layaknya kertas. Uang ini memiliki izin penggunaan sebagai sarana pertukaran di seluruh Republik Indonesia yang terdapat pada Undang – Undang No. 23 tahun 1999, yang diadopsi oleh Pemerintah Indonesia, dalam hal ini Bank Indonesia.

Suatu identitas diaplikasikan dalam uang rupiah berupa tanda dengan simbol unik untuk mencegah manipulasi atau penyelewengan terhadap uang rupiah. Menurut informasi dari Bank Indonesia, pemahaman tentang karakteristik pencetakan uang didasarkan pada gagasan bahwa semakin banyak pengaman (*security features*) sebuah uang, maka semakin tinggi nilai nominalnya. Secara umum, ciri-ciri keaslian uang rupiah dapat dikenali berupa unsur pengaman yang tertanam pada bahan uang dan teknik cetak yang digunakan, yaitu sebagai berikut:

- 1) *Watermark* (tanda air), dengan menggunakan cahaya akan terdapat simbol gambar yang dapat dilihat secara tembus pandang.
- 2) *Security thread* (benang pengaman), ketika terkena sinar ultraviolet benang yang ditanam atau dipasang ke dalam bentuk garis lurus vertikal akan berkilau. Pada gambar 2.1. merupakan contoh uang kertas rupiah yang asli dengan tampilan visual *Security Thread*.



Gambar 2.1. *Security Thread*

- 3) *Intaglio* (cetak dalam), tanda pengaman berupa cetak dalam akan terasa kasar ketika disentuh. Pada gambar 2.2. merupakan contoh tampilan visual *Intaglio*.



Gambar 2.2. *Intaglio*

- 4) *Rectoverso* (gambar saling isi) merupakan metode pencetakan yang digunakan pada bagian depan dan belakang dengan bentuk tertentu, ketika diterangi cahaya, terlihat menggabungkan atau mengisi. pada Gambar 2.3. merupakan uang kertas rupiah yang asli dari tanda pengaman *Rectoverso*.



Gambar 2.3. *Rectoverso*

- 5) *Optically variable ink* (tinta berubah warna) yaitu perubahan warna pada tinta yang tercetak apabila dilihat dari berbagai sudut pandangan. Berikut contoh uang kertas rupiah pada Gambar 2.4 dengan tampilan visual *Optically Variable Ink*.



Gambar 2.4. *Optically Variable Ink*

- 6) *Invisible ink* (tinta tidak tampak) dengan penyinaran ultraviolet akan terlihat perubahan tinta bagian tertentu yang sebelumnya tidak tampak pada kondisi normal. Pada Gambar 2.5 berikut terdapat tampilan visual *Invisible Ink* pada uang kertas rupiah.



Gambar 2.5. *Invisible Ink*

- 7) *Latent image* (gambar tersembunyi) dengan penglihatan sudut pandang tertentu, akan terdapat suatu gambar tersembunyi terdapat pada uang. *Latent Image* dalam uang kertas rupiah terdapat pada Gambar 2.6. dibawah ini.

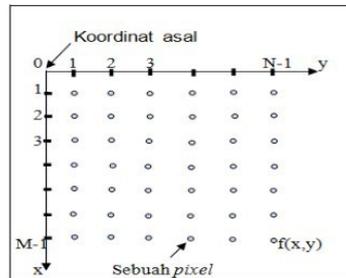


Gambar 2.6. *Latent Image*

2.2 Citra Digital

Dalam bentuk yang paling sederhana, citra adalah gambar atau representasi tampilan sebuah objek. Komputer tidak dapat mewakili visual analog; oleh karena itu, mereka tidak dapat memprosesnya secara langsung. Sebuah citra analog harus diubah menjadi citra digital sebelum dapat diproses oleh komputer. Gambar yang dapat diproses oleh komputer disebut citra digital. Sebuah citra yang dihasilkan oleh perangkat rekaman data dapat optik, seperti foto, analog, seperti sinyal video yang ditampilkan di televisi, atau digital, yang dapat langsung disimpan pada media penyimpanan..

Sebuah citra digital adalah matriks di mana terdiri dari indeks baris dan kolom menandai titik dalam gambar, dan elemen matriksnya (disebut sebagai elemen *pixel* atau gambar) menandakan tingkat keabuan di titik tersebut. Pada gambar 2.7, citra digital akan dinyatakan berupa matriks $N \times M$ (baris \times kolom).



Gambar 2.7. Koordinat Citra Digital

Ketika citra diproses menggunakan komputer digital, citra pertama kali diubah menjadi nilai diskrit dari tingkat abu-abu sesuai posisi dimana gambar atau elemen piksel berada. Sebuah citra digital adalah sebutan yang diberikan untuk pemrosesan citra ini. Setiap citra digital berbeda dalam hal ukuran citra, resolusi, dan format lainnya. citra digital biasanya memiliki bentuk persegi, lebar dan tinggi tertentu, dan diukur sebagai titik atau piksel.

2.3 Pengolahan Citra

Beberapa disiplin ilmu, termasuk fisika (optik, nuklir, gelombang, dll), elektronika, matematika, seni, fotografi, dan teknologi informasi, semuanya termasuk dalam bidang multidisiplin pemrosesan gambar. Komputer biasanya digunakan sebagai dasar untuk pemrosesan gambar dua dimensi yang merupakan pemrosesan gambar digital secara umum. Pengolahan gambar digital juga dapat diterapkan pada pengolahan data dua dimensi dalam arti yang lebih luas. Sebuah gambar digital adalah *array* yang mencakup nilai nyata dan kompleks, masing-masing diwakili oleh deret bit tertentu.

Pengolahan gambar digital adalah bidang yang menangani masalah seperti meningkatkan kualitas gambar, transformasi gambar, memilih fitur gambar terbaik untuk analisis, ekstraksi informasi, deskripsi objek, pengujian objek, dan kompresi. Untuk tujuan pemrosesan, transportasi, dan penyimpanan data, pengurangan data. Sebuah gambar berfungsi sebagai input untuk pemrosesan gambar, sementara gambar yang diproses berfungsi sebagai output..

2.3.1 Akusisi Citra

Tahap awal dalam membuat gambar digital biasanya adalah akuisisi citra. Menemukan data penting dan mempelajari cara menyimpan citra digital adalah dua tujuan pengambilan citra. Alat-alat untuk pencitraan dipersiapkan terlebih dahulu dalam langkah ini. Imaging adalah proses mengubah gambar yang terlihat – seperti foto, lukisan, patung, dll – menjadi gambar digital. Ini sering dilakukan melalui kamera digital, *scanner*, dan kamera tradisional.

2.3.2 Segmentasi Citra

Proses segmentasi citra melibatkan memisahkan hal-hal yang berbeda satu sama lain atau antara objek dan latar belakang. Setiap objek dalam citra dapat dipisahkan menggunakan metode segmentasi ini dan kemudian digunakan sebagai input untuk operasi lain. Metode pemrosesan citra yang dikenal sebagai segmentasi gambar yang juga dapat dipahami sebagai cara untuk analisa dan identifikasi objek yang membutuhkan persepsi visual dengan memisahkan area (*region*) objek dari area latarnya (*background*).

Hal ini dapat diklaim bahwa segmentasi citra dilakukan untuk menjaga objek dalam gambar atau untuk membagi gambar menjadi bagian yang berbeda, masing-masing akan memiliki atribut yang sama untuk objek atau wilayah. Gambar dengan objek tunggal dibedakan dari latar belakang mereka. Segmentasi sering dilakukan sebagai langkah pertama dalam mengkategorikan objek. Karakteristik objek akan ditentukan setelah segmen gambar selesai. Ciri-ciri item tersebut dapat ditentukan dengan membandingkan lebar dan panjang objek, warna, atau bahkan teksturnya.

2.3.3 Preprocessing

Pre-processing adalah langkah dalam proses pengolahan citra yang memperbaiki atau meningkatkan citra asli sebelum proses selanjutnya. Untuk membuat citra yang lebih baik selama tahap pemisahan data, pengolahan citra menggunakan teknik pra-pengolahan. Pengujian pola dan teknik pra-pengolahan memiliki banyak kesamaan. Ilmu pengujian pola menggunakan pengukuran numerik dari karakteristik atau kualitas objek untuk mengkategorikan atau mengklasifikasikan sesuatu. Satu hal yang dapat diidentifikasi dan diberi nama adalah model itu sendiri. Sidik Jari adalah ilustrasi dari sebuah pola. Sebuah pola adalah kumpulan hasil pengukuran atau observasi yang dapat dicitrakan sebagai vektor atau matriks.

2.3.4 Principles Component Analysis

Secara umum, *Principles Component Analysis* (PCA) adalah transformasi ruang vektor yang digunakan untuk mengurangi ukuran kumpulan data yang sangat besar. Dengan pemetaan, data asli dengan banyak variabel dapat diinterpretasikan menjadi beberapa hanya variabel. Tujuan dari metode ini adalah untuk menemukan komponen utama yang akan digunakan. PCA biasanya digunakan untuk mengurangi atau memilih fitur dalam data tanpa mengubah karakteristik data secara signifikan.

2.3.5 Klasifikasi Citra

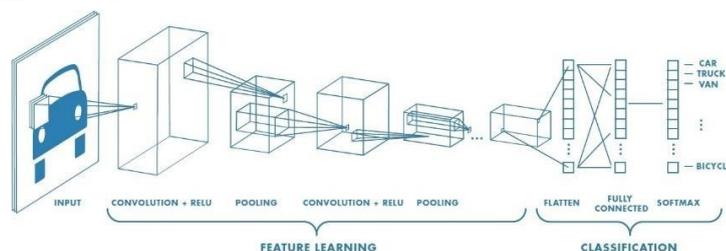
Klasifikasi citra yaitu cara untuk mengelompokkan piksel-piksel suatu citra ke dalam beberapa kelas sehingga setiap kelas dapat mendeskripsikan suatu entitas dengan karakteristik tertentu. Klasifikasi adalah teknik pengambilan data yang digunakan untuk membuat model sampel data yang tidak terklasifikasi yang digunakan untuk mengklasifikasikan sampel data baru ke dalam kelas yang sesuai. Pada tahap klasifikasi citra, nilai parameter yang merepresentasikan properti dari objek pada setiap kategori digunakan sebagai data masukan. Data masukan kemudian diproses untuk mendapatkan formula yang digunakan untuk mengidentifikasi objek.

Ada dua proses utama dalam tahap klasifikasi, yaitu proses pelatihan dan proses pengujian. Dalam proses pelatihan, data pelatihan dianalisis menggunakan algoritma klasifikasi. Data uji kemudian digunakan untuk memastikan keakuratan dari klasifikasi yang digunakan..

1) *Convolutional Neural Network* (CNN)

Salah satu algoritma *deep learning* yang memiliki konsep seperti *Multi Layer Perceptron* (MLP), *Convolutional Neural Network* (CNN), memproses data menjadi representasi dua dimensi seperti gambar atau suara. Menggunakan teknik pembelajaran terstruktur (*supervised learning*), CNN digunakan untuk mengkategorikan data label. Variabel yang ditargetkan dan data terlatih menjadi aspek penting dengan tujuan dari metode ini adalah untuk mengelompokkan suatu data pada kategori data yang sudah ada. Untuk deteksi, identifikasi, dan segmentasi objek, metode CNN sering digunakan. CNN menggunakan data gambar untuk belajar secara langsung sehingga menghilangkan persyaratan untuk ekstraksi fitur terpisah.

Terdapat beberapa langkah dan perencanaan arsitektur yang dapat digunakan secara teknis pada CNN. Sebuah peta fitur atau *feature map* berupa beberapa tabel merupakan tahapan dalam pemrosesan suatu masukan (*input*) hingga ke masukan (*output*). *convolution layer*, *pooling layer*, dan *fully connected layer* merupakan tiga lapisan utama yang terbagi pada proses *feature learning* dan *classification* dalam skema perancangan arsitektur metode CNN.



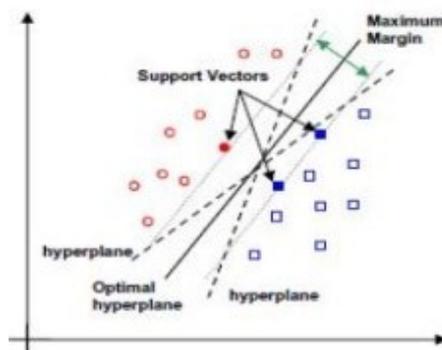
Gambar 2.8 Arsitektur *Convolutional Neural Network*

Pada **Gambar 2.8** yaitu lapisan – lapisan pada metode CNN terdiri dari neuron tiga dimensi yang berupa lebar, tinggi, dan kedalaman. Dimensi kedalaman menunjukkan jumlah lapisan, sedangkan lebar dan tinggi menunjukkan ukuran lapisan. *Convolution* adalah tahap awal dalam arsitektur CNN, yang didasarkan pada gambar-gambar tersebut. Penggunaan *kernel* dengan ukuran tertentu didasarkan pada perhitungan jumlah *kernel* yang akan digunakan memiliki keterkaitan dengan jumlah fitur yang dihasilkan. Setelah proses fungsi aktivitas selesai, proses berlanjut pada proses *pooling*. Biasanya, fungsi aktivasi dipertahankan dengan menggunakan fungsi Aktivasi ReLU (*Rectifier Linear Unit*). Sampai ada peta fitur yang cukup untuk pindah ke lapisan *fully connected* dan kelas output, proses ini dapat dilakukan secara berulang.

2) Support Vector Machine (SVM)

Tujuan utama dari Support Vector Machine (SVM) adalah untuk mengidentifikasi hyperplane terbaik di ruang input pemisahan setiap kelas. Dengan menggunakan fungsi kernel untuk menentukan margin maksimum dari hyperplane, maka akan didapat hyperplane optimal. Data yang telah diproses ke dimensi yang lebih lanjut menggunakan hyperplane dipisahkan menggunakan teknik kernel. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.10, dengan memaksimalkan jarak antara *hyperplane* dan *margin* didapatkan akurasi tertinggi dapat diperoleh.

Dalam SVM mencoba untuk menemukan fungsi *splitter* atau pemisah sebagai batasan setiap kelas, yaitu pemisahan kelas berbeda dengan optimalisasi *hyperplane*, sebagaimana diilustrasikan pada gambar 2.10.



Gambar 2.9 *Hyperplane* pada *Support Vector Machine* (SVM)

2.3.6 Confusion Matrix

Confusion Matrix merupakan metode untuk mendapatkan hasil prediksi dari pelatihan model yang telah dijalankan. Hasil dari *confusion matrix* merupakan hasil klasifikasi sistem yang telah melakukan prediksi pada data kemudian dikategorikan terhadap data aktual. Hasil dari *Confusion matrix* akan ditampilkan seperti pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Model *Confusion Matrix*

		<i>Predicted Value</i>	
		Positive (0)	Negative (1)
<i>Actual Value</i>	Positive (0)	TP	FN
	Negative (1)	FP	TN

Dimana :

TP = *true positive*, data aktual positif yang diprediksi benar

FP = *false positive*, data aktual negatif yang diprediksi positif

FN = *false negative*, data aktual positif yang diprediksi negatif

TN = *true negative*, data aktual negatif yang diprediksi benar

2.4 Library Keras & Scikit Learn

Keras adalah pustaka yang terdapat dalam pemrograman *python* berguna untuk memecahkan masalah terkait jaringan saraf. *Keras* dikembangkan untuk memungkinkan eksperimen cepat dengan jaringan saraf. Pemodelan keras mudah karena modul dasar sudah tersedia dan Anda tidak perlu menulis kode perhitungan satu per satu. Komputer yang dibuat dengan *Keras* dapat berjalan dengan baik saat menggunakan CPU atau GPU. Selanjutnya, terdapat *Scikit Learn* yang merupakan pustaka pada pemrograman *python* yang mengimplementasikan serangkaian pembelajaran mesin, pra-pemrosesan, validasi silang, dan algoritma untuk visualisasi melalui antarmuka terpadu. Manfaat *Scikit Learn* mencakup berbagai algoritma klasifikasi, regresi, dan pengelompokan untuk masalah terkait data..

2.5 Penelitian Terkait Pengolahan Citra Uang Kertas Rupiah

Beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan klasifikasi uang kertas rupiah telah dilakukan oleh beberapa peneliti, sehingga penulis menjadikan hal tersebut sebagai acuan agar terhindar dari adanya duplikasi dalam penelitian yang akan dilakukan. Beberapa penelitian yang telah dilakukan terhadap citra uang kertas rupiah dengan menggunakan metode klasifikasi CNN dan SVM dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 2.2 Perbandingan Studi Relevan Uang Kertas Rupiah

No	Judul	Objek	Data Sampel	Metode	Keterangan
1	Counterfeit Currency Detection using Deep Convolutional Neural Network (Kamble, K., 2019)	Uang Kertas Negara India	Total dataset yang digunakan sebanyak 10.000 gambar dengan bantuan proses augmentasi dari 100 gambar awal untuk setiap kelasnya yang terdiri dari ₹ 2000 asli, ₹ 2000 palsu, ₹ 500 asli dan ₹ 500 rupee palsu.	Convolutional Neural Network menggunakan model vgg16	Hasil eksperimen menunjukkan bahwa rasio pembagian data training-data validation sebesar 80% : 20% menghasilkan akurasi training 98.57% dan akurasi validation 96.55%.
2	Automated System for Indian Banknote Recognition using Image Processing and Deep Learning (Chowdhury, U.R. dkk, 2020)	Uang Kertas Negara India	Pecahan uang yang diteliti adalah ₹ 10, ₹ 20, ₹ 50, ₹ 100, ₹ 200, ₹ 500, dan ₹ 2000 yang masing berjumlah 10 gambar setiap nominalnya. Kemudian digunakan 34 gambar berbeda dengan nominal acak untuk dilakukan pengujian	k-Nearest Neighbors dan Convolutional Neural Network.	Hasil deteksi ciri uang pada metode k-NN menghasilkan akurasi sebesar 91,18% dan metode CNN menghasilkan akurasi sebesar 100%

3	Ethiopian Banknote Recognition and Fake Detection Using Support Vector Machine (Tessfaw, E. A., 2018)	Uang Kertas Negara Etiopia	Jumlah data 500 citra yang dibagi menjadi dua data set, yaitu 400 data train dan 100 data test dengan uang kertas nominal 1 etiopia birr, 5 etiopia birr, 10 etiopia birr, 50 etiopia birr, dan 100 etiopia birr	SVM dengan ekstraksi fitur LBP	Dengan pembagian data set 80% data uji dan 20% data latih dari total 500 citra menghasilkan akurasi terbaik sebesar 98%.
4	Mengenal Keaslian Mata Uang Kertas Rupiah Dengan Penerapan Metode Support Vector Machine (Sekarani, F. H., & Chamidah, N., 2020)	Uang Kertas Negara Indonesia	Citra uang kertas rupiah Tahun Emisi 2016 sejumlah 100 citra dengan nominal uang Rp 50.000,00 sebanyak 20 citra uang asli dan 24 citra uang palsu. Lalu untuk nominal uang Rp 100.000,00 menggunakan 30 citra uang asli dan 26 citra uang palsu.	SVM dengan ekstraksi fitur GLCM	Dalam proses identifikasi yang dilakukan, Sistem menghasilkan performa yang baik dengan mencapai rata – rata nilai akurasi sebesar 95%.

Pada penelitian kali ini, saya akan melakukan perbandingan antara metode CNN dan metode SVM dalam mendeteksi keaslian dan nominal uang kertas rupiah. Perbandingan ini dilakukan dengan cara yang berbeda dari penelitian tertera pada tabel 2.2 dimana untuk mendeteksi keaslian dan nominal uang kertas rupiah, penulis akan melakukan pembuatan arsitektur CNN menggunakan skema 3 layer dengan parameter yang akan penulis tentukan tanpa menggunakan pre-trained model seperti vgg16. Kemudian untuk metode SVM, penulis akan mengubah penggunaan metode ekstraksi fitur menjadi metode seleksi fitur yaitu *Principal Component Analysis* (PCA).