

Jaringan Syaraf Tiruan LVQ Berbasis Parameter HSV dalam Penentuan Uang Rupiah Palsu

I Gusti Ayu Agung Diatri Indradewi¹, Made Suci Ariantini²

^{1,2}STMIK STIKOM Indonesia

¹ diatri.indradewi@stiki-indonesia.ac.id, ² suci.ariantini@stiki-indonesia.ac.id

ABSTRAK. Uang palsu jika dilihat sekilas memiliki fisik yang sama persis dengan uang asli yang dikeluarkan oleh Bank Indonesia. Untuk mencegah transaksi dengan tidak sengaja menggunakan uang palsu, pemerintah telah mensosialisasikan metode 3D (Dilihat, Diraba, dan Diterawang). Selain itu, di lembaga yang terkait langsung dengan keuangan seperti perbankan, serta di lokasi belanja sudah mulai menggunakan pemindai uang palsu yang memanfaatkan sinar ultraviolet. Kekurangan alat ini adalah memerlukan ketelitian mata manusia untuk menentukan uang yang asli atau palsu. Penentuan keaslian uang kertas Rupiah dapat dilakukan dengan menggunakan metode klasifikasi pola salah satunya dapat diakomodir oleh jaringan syaraf tiruan. LVQ (*Learning Vector Quantization*) melakukan pembelajaran terawasi untuk mengklasifikasikan suatu pola. Fitur gambar uang kertas dalam ruang warna HSV (*Hue Saturation Value*) diekstraksi dalam teknik yang diusulkan ini. Fitur-fitur yang telah diperoleh lebih lanjut diklasifikasikan menggunakan LVQ untuk menentukan keaslian uang kertas Rupiah.

Kata Kunci: uang palsu, uang kertas Rupiah, LVQ, HSV

ABSTRACT. Counterfeit money when viewed at a glance has the exact same physical with the original money issued by Bank Indonesia. To prevent unintentional transactions using counterfeit money, the government has socialized the 3D method (Dilihat, Diraba, dan Diterawang). In addition, in institutions directly related to finance such as banking, as well as on-site shopping have started using a counterfeit money scanner that utilizes ultraviolet light. The lack of this tool requires the accuracy of the human eye to determine genuine or fake money. Determination of authenticity of Rupiah banknotes can be done by using the pattern classification method one of which can be accommodated by artificial neural networks. LVQ (*Learning Vector Quantization*) performs supervised learning to classify a pattern. The feature of banknotes in HSV (*Hue Saturation Value*) color space is extracted in this proposed technique. The features that have been obtained are further classified using LVQ to determine the authenticity of the Rupiah banknotes.

Keywords: counterfeit money; Rupiah banknotes; LVQ; HSV

1. PENDAHULUAN

Tingginya kebutuhan masyarakat terhadap uang menyebabkan munculnya tindak kejahatan berupa peredaran uang kertas palsu. Uang palsu jika dilihat secara sekilas memiliki fisik yang sama persis dengan uang asli yang diedarkan oleh Bank Indonesia. Secara umum, unsur pengaman yang membedakan uang palsu dengan uang asli adalah adanya tanda air (*watermark*) dan benang pengaman (*security thread*). Selama uang menjadi alat tukar yang berlaku secara luas, selama itu pula uang palsu akan tetap beredar. Untuk mencegah masyarakat tanpa sengaja bertransaksi menggunakan uang palsu, pemerintah sebenarnya telah mensosialisasikan metode 3D (Dilihat, Diraba, dan Diterawang). Selain itu, di instansi yang langsung terkait dengan keuangan seperti perbankan, maupun di lokasi-lokasi perbelanjaan telah mulai digunakan alat pemindai uang palsu yang memanfaatkan sinar ultraviolet. Namun, seiring dengan teknologi yang berkembang semakin pesat, teknik pembuatan uang palsu tentunya juga akan mengalami perkembangan sehingga diperlukan metode pelengkap yang dapat digunakan untuk membantu mengidentifikasi uang palsu secara otomatis. Metode pelengkap ini disinergikan dengan sinar ultraviolet sebagai sumber pencahayaan citra.

Teknologi pengenalan keaslian uang kertas pada dasarnya adalah mencari dan mengekstraksi tanda keaslian yang terlihat maupun tersembunyi pada uang kertas agar proses klasifikasi berlangsung lebih efisien. Hingga kini, banyak metode yang diusulkan untuk pengenalan keaslian uang kertas. Salah satu metode yang sederhana dan memiliki kecepatan tinggi untuk menentukan keaslian uang kertas Rupee India diusulkan oleh (Prasanthi & Setty, 2015). Pada penelitian tersebut enam fitur karakteristik uang kertas diekstraksi. Pendekatan yang digunakan meliputi deteksi tepi Sobel, segmentasi citra, ekstraksi karakteristik, dan perbandingan citra. Untuk menentukan keaslian uang kertas dilakukan dengan cara menghitung piksel-piksel berwarna hitam untuk setiap fitur karakteristik. Hasil penghitungan piksel nantinya dibandingkan dengan suatu nilai untuk menghasilkan keputusan uang kertas tersebut asli atau palsu. Metode lainnya dilakukan dengan mensegmentasi fitur-fitur penanda keaslian uang kertas Rupee India menggunakan grid berukuran 3×3 (Chakraborty, dkk., 2016). *Grid* membagi citra uang kertas menjadi sembilan bagian pada setiap sisi yang akan mengurangi kompleksitas waktu dari teknik tersebut. *Grid* ke-2, 6, dan 15 di-*crop* dan fitur-fitur

potensial dari citra uang kertas diekstraksi. Untuk mengekstraksi fitur-fitur tersebut digunakan algoritma SIFT. Metode lain untuk pengenalan uang kertas asli adalah dengan mengekstraksi fitur bentuk dan warna (ruang warna HSI) dari kertas yang digunakan pada uang tersebut (Roy, dkk., 2015). Untuk menentukan uang kertas tersebut asli atau palsu digunakan jaringan syaraf tiruan *multilayer backpropagation*. Tahapan metode yang diusulkan pada penelitian tersebut terdiri dari mendeteksi *pulps* dengan menggunakan pemindai UV, ekstraksi fitur dari hasil pemindaian UV, melatih pengklasifikasi jaringan syaraf tiruan berbasis sampel pelatihan yang meliputi uang kertas asli dan palsu.

Berdasarkan ketiga penelitian terdahulu tersebut, maka pada penelitian ini diusulkan metode untuk menentukan uang kertas Rupiah palsu dengan cara memisahkan komponen HSV. Untuk melakukan pemisahan komponen warna pada ruang warna HSV, citra uang kertas yang berada pada ruang warna RGB dikonversi ke ruang warna HSV. Salah satu keunggulan ruang warna HSV adalah memiliki kemampuan untuk memisahkan komponen kromatik dan akromatik pada suatu citra (Pawar & Kale, 2014). Hasil pemisahan komponen tersebut digunakan untuk mengklasifikasikan apakah uang kertas tersebut merupakan uang asli atau palsu dengan jaringan syaraf tiruan LVQ.

2. TINJAUAN PUSTAKA

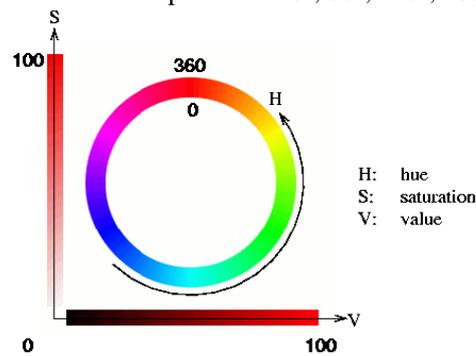
2.1 Ciri-Ciri Keaslian Uang Rupiah

Ciri Rupiah adalah tanda tertentu pada setiap Rupiah yang ditetapkan dengan tujuan untuk menunjukkan identitas, membedakan harga atau nilai nominal, dan mengamankan Rupiah tersebut dari upaya pemalsuan yang disebutkan pada Pasal 1 ayat 5 Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2011 tentang Mata Uang (“Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2011 tentang Mata Uang,” n.d.). Secara umum, ciri-ciri keaslian Rupiah dapat dikenali berupa unsur pengaman yang tertanam pada bahan uang dan teknik cetak yang digunakan, yang terdiri dari (Indonesia, 2010):

1. Tanda air berupa gambar
2. Benang pengaman yang berpendar jika disinari ultraviolet
3. Cetak dalam/*intaglio* yang terasa kasar jika diraba
4. Gambar saling isi (*rectoverso*) yang akan beradu tepat dan saling mengisi jika diterawang dengan cahaya
5. Tinta berubah warna (*optically variable ink*) jika dilihat dari sudut pandang yang berbeda
6. Tulisan mikro (*microtext*) yang hanya dapat dibaca jika menggunakan kaca pembesar
7. Cetakan tidak kasat mata (*invisible ink*) yang akan berpendar jika disinari dengan ultraviolet
8. Gambar tersembunyi (*latent image*) yang hanya dapat dilihat dari sudut pandang tertentu.

2.2 Ruang Warna HSV (Hue Saturation Value)

Model HSV ditunjukkan pada Gambar 1, yang terdiri dari tiga komponen utama, yakni *hue*, *saturation*, dan *value*. *Hue* merupakan jenis warna (corak warna) yaitu posisi warna tersebut berada dalam spektrum warna. Komponen *hue* ditunjukkan dalam bentuk sudut dari 0 sampai 360 derajat. Warna merah, kuning, hijau, cyan, biru, dan magenta berturut-turut berada pada sudut 0°, 60°, 120°, 180°, 240°, dan 300°.



Gambar 1. Nilai Hue, Saturation, dan Value

Ukuran seberapa besar kemurnian dari suatu warna disebut dengan istilah *saturation*. Nilai *saturation* umumnya berkisar pada rentang nilai 0 sampai 1 (0% sampai 100%). Kedua nilai tersebut menunjukkan tingkat keabuan suatu warna, dengan nilai 0 menunjukkan warna abu-abu dan 1 menunjukkan warna primer murni. *Value* (*intensity*) yang merupakan komponen ketiga dari model warna HSV menunjukkan seberapa besar tingkat kecerahan dari suatu warna atau seberapa besar suatu warna mengandung cahaya. Persentase dari 0% sampai 100% dapat digunakan untuk menyatakan nilai pada komponen *value*. Suatu warna akan

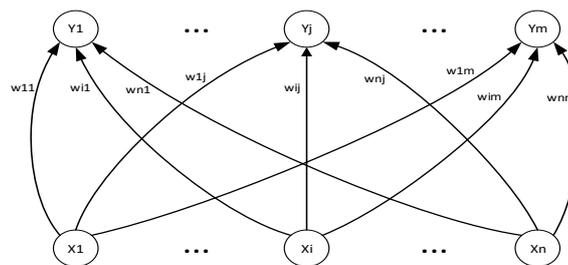
tampak semakin cerah jika komponen *value* bernilai 100%, sedangkan suatu warna dengan nilai *value* 0% akan tampak semakin gelap. Ilustrasi dari penggunaan model warna HSV adalah jika komponen *hue* bernilai merah dan komponen *value* bernilai 100% maka warna merah tersebut adalah warna merah yang cerah, tetapi ketika nilai komponen *value* adalah 0% maka warna merah tersebut akan kelihatan gelap (Putra, 2010).

2.3 Jaringan Syaraf Tiruan LVQ (*Learning Vector Quantization*)

LVQ adalah jaringan syaraf yang bertipe arsitektur *Single Layer Feedforward*, yakni sinyal masukan akan di-*propagate* menuju lapisan keluaran. Menurut Difla, LVQ mengklasifikasikan masukan secara berkelompok ke dalam kelas yang sudah didefinisikan melalui jaringan yang telah dilatih. Metode ini melakukan pembelajaran pada lapisan kompetitif yang terawasi. Suatu lapisan kompetitif akan secara otomatis belajar untuk mengklasifikasikan vektor-vektor masukan. Kelas-kelas yang didapatkan merupakan hasil dari lapisan kompetitif yang hanya bergantung pada jarak antara vektor-vektor masukan (Jasril dkk., 2015).

LVQ merupakan metode pengklasifikasian pola yang setiap keluarannya merepresentasikan suatu kelas atau kategori tertentu. Vektor bobot untuk suatu unit keluaran disebut sebagai vektor referensi (atau *codebook*) untuk kelas yang merepresentasikan unit tersebut. Selama pelatihan, unit keluaran diposisikan untuk mendekati permukaan keputusan pengklasifikasi Bayes yang teoritis. Setelah pelatihan, suatu jaringan LVQ mengklasifikasikan vektor masukan dengan menempatkannya ke kelas yang sama dengan unit keluaran yang memiliki bobot vektor (vektor referensi) terdekat dengan vektor masukan (Fausett, 1994).

Arsitektur dari jaringan syaraf tiruan LVQ ditunjukkan pada Gambar 2, yang pada dasarnya serupa dengan Kohonen self-organizing map (tanpa struktur topologi yang diasumsikan untuk unit keluaran). Sebagai tambahan, setiap unit keluaran mewakili kelas yang bersesuaian (Fausett, 1994).



Gambar 2. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan LVQ

3. METODE PENELITIAN

Penentuan keaslian uang kertas Rupiah dalam penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan yang terdiri dari akuisisi citra, pra-pemrosesan citra, ekstraksi fitur, klasifikasi, dan penentuan hasil.

3.1 Akuisisi Citra

Tahap akuisisi bertujuan untuk mendapatkan dan mengubah citra uang kertas Rupiah dari citra analog menjadi citra digital untuk mempermudah pemrosesan. Uang kertas yang digunakan adalah uang kertas nominal Rp 100.000,00 dengan komposisi 8 uang kertas palsu dan 10 uang kertas asli. Komposisi ini disesuaikan dengan jumlah data uang kertas palsu yang diperoleh dari koperasi STMIK STIKOM Indonesia dan bagian keuangan di Yayasan Dwijendra. Data uang kertas palsu yang ditemukan di kedua lokasi tersebut hanya dalam nominal Rp 100.000,00, sehingga dapat diasumsikan bahwa pemalsuan uang cenderung menggunakan nominal terbesar. Alat bantu yang digunakan untuk mendigitasi citra uang kertas Rupiah adalah dengan menggunakan lampu UV dan kamera digital. Akuisisi citra hanya dilakukan pada salah satu sisi uang kertas, yakni pada sisi yang tertera nomor seri.

3.2 Pra-pemrosesan Citra

Tahap pra-pemrosesan citra bertujuan untuk memastikan bahwa citra hasil akuisisi telah memiliki format yang sesuai untuk selanjutnya dilakukan ekstraksi fitur. Hasil pra-pemrosesan citra akan menentukan apakah tahap ekstraksi fitur mampu menghasilkan fitur-fitur yang jelas untuk penentuan keaslian uang kertas Rupiah. Citra uang kertas pada tahap ini dipisahkan dari *background* sehingga dihasilkan citra berukuran 181×425 pixel.



Gambar 3. Citra Uang Kertas (181×425 pixel)

3.3 Ekstraksi Fitur

Tahap ekstraksi fitur bertujuan untuk mengekstraksi fitur-fitur yang ada pada citra uang kertas. Ekstraksi fitur dilakukan terhadap citra uang kertas yang sebelumnya telah melewati tahap pra-pemrosesan citra. Sebelum ekstraksi fitur dilakukan, citra hasil pra-pemrosesan dikonversi dari ruang warna RGB ke ruang warna HSV. Nilai parameter *hue*, *saturation* dan *value* adalah fitur-fitur yang selanjutnya digunakan pada tahap klasifikasi.

Konversi nilai dari ruang warna RGB ke ruang warna HSV didahului dengan menormalisasi masing-masing komponen warna *red*, *green*, dan *blue*. Normalisasi ketiga komponen warna tersebut menggunakan formula berikut (Andono, dkk., 2018):

$$r = \frac{R}{R+G+B} \tag{1}$$

$$g = \frac{G}{R+G+B} \tag{2}$$

$$b = \frac{B}{R+G+B} \tag{3}$$

Nilai *r*, *g*, dan *b* yang telah dinormalisasi, selanjutnya ditransformasi ke ruang warna HSV dengan menggunakan formula berikut:

$$V = \max(r, g, b) \tag{4}$$

$$S = \begin{cases} 0 & \text{jika } V = 0 \\ V - \frac{\min(r,g,b)}{V} & \text{jika } V > 0 \end{cases} \tag{5}$$

$$H = \begin{cases} 0 & \text{jika } S = 0 \\ \frac{60 \times (g-b)}{S \times V} & \text{jika } V = r \\ 0 \times \left[2 + \frac{(b-r)}{S \times V} \right] & \text{jika } V = g \\ 60 \times \left[4 + \frac{(r-g)}{S \times V} \right] & \text{jika } V = b \end{cases} \tag{6}$$

$$H = H + 360 \quad \text{jika } H < 0 \tag{7}$$

3.4 Klasifikasi

Setelah mendapatkan fitur-fitur utama pada citra uang kertas, pola yang terdapat pada fitur-fitur tersebut perlu dikenali untuk mengetahui apakah pola tersebut diklasifikasikan sebagai uang kertas asli atau palsu. Melalui jaringan yang telah dilatih, LVQ mengklasifikasikan input secara berkelompok ke dalam kelas yang sudah didefinisikan. Pada penelitian ini, klasifikasi akan didasarkan pada hasil ekstraksi fitur yang berada pada ruang warna HSV. Penamaan yang digunakan dalam algoritma adalah sebagai berikut:

- x** vektor pelatihan ($x_1, \dots, x_i, \dots, x_n$)
- T** kategori atau kelas yang tepat untuk vektor pelatihan
- w_j** bobot vektor untuk unit keluaran ke-*j* ($w_1, \dots, w_i, \dots, w_n$)
- C_j** kategori atau kelas yang direpresentasikan oleh unit keluaran ke-*j*
- ||x - w_j||** jarak Euclidean antara vektor masukan dan unit keluaran ke-*j*

Algoritma jaringan LVQ adalah sebagai berikut:

Langkah 0 Inisialisasi vektor-vektor referensi, inisialisasi laju pembelajaran, $\alpha(0)$

- Langkah 1** Selama kondisi berhenti tidak terpenuhi, lakukan langkah 2 – 6
- Langkah 2** Untuk setiap vektor masukan pelatihan \mathbf{x} , lakukan langkah 3 – 4
- Langkah 3** Temukan J sehingga $\|\mathbf{x} - \mathbf{w}_j\|$ bernilai minimum
- Langkah 4** Perbarui nilai \mathbf{w}_j dengan cara sebagai berikut:
 Jika $T = C_j$, maka

$$\mathbf{w}_j(\text{baru}) = \mathbf{w}_j(\text{lama}) + \alpha[\mathbf{x} - \mathbf{w}_j(\text{lama})]$$
 Jika $T \neq C_j$, maka

$$\mathbf{w}_j(\text{baru}) = \mathbf{w}_j(\text{lama}) - \alpha[\mathbf{x} - \mathbf{w}_j(\text{lama})]$$
- Langkah 5** Kurangi laju pembelajaran
- Langkah 6** Uji kondisi berhenti:
 Kondisi berhenti dapat ditentukan oleh sejumlah iterasi atau ketika laju pembelajaran telah mencapai nilai yang cukup kecil

4. HASIL

4.1 Tahap Pelatihan

Tahap pelatihan terhadap metode yang digunakan dilakukan dengan menggunakan citra latih. Komposisi citra latih yang digunakan adalah 8 citra uang kertas palsu dan 10 citra uang kertas asli. Klasifikasi dibagi ke dalam 2 kategori. Kelas 1 untuk uang kertas asli, sedangkan kelas 2 untuk uang kertas palsu. Tabel 1 menunjukkan hasil dari tahap pelatihan.

Tabel 1. Hasil Tahap Pelatihan

| No. | Nama File (bmp) | Kelas | Akurasi |
|-----|-----------------|-------|---------|
| 1 | A-2014-001 | 1 | True |
| 2 | A-2014-002 | 1 | True |
| 3 | A-2014-003 | 1 | True |
| 4 | A-2014-004 | 1 | True |
| 5 | A-2014-005 | 1 | True |
| 6 | A-2014-006 | 1 | True |
| 7 | A-2014-007 | 1 | True |
| 8 | A-2014-008 | 1 | True |
| 9 | A-2014-009 | 1 | True |
| 10 | A-2013-001 | 1 | True |
| 13 | P-2004-001 | 2 | True |
| 14 | P-2004-002 | 2 | True |
| 15 | P-2004-003 | 2 | True |
| 16 | P-2011-001 | 2 | True |
| 17 | P-2011-002 | 2 | True |
| 18 | P-2011-003 | 2 | True |
| 19 | P-2014-001 | 2 | True |
| 20 | P-2014-002 | 2 | True |

Hasil tahap pelatihan pada Tabel 1 menunjukkan metode yang digunakan mampu mengenali dengan benar kelas dari masing-masing data citra yang digunakan. Gambar 4 menunjukkan *confusion matrix* yang dihasilkan pada tahap pelatihan. Terlihat bahwa pada Gambar 4, sistem mampu mengenali bahwa sebanyak 10 data citra latih (55,6%) merupakan uang kertas asli (kelas 1) dan 8 data citra latih (44,4%) merupakan uang kertas palsu (kelas 2).



Gambar 4. *Confusion Matrix* Tahap Pelatihan

4.2 Tahap Pengujian

Metode diuji dengan menggunakan jumlah data yang berbeda dengan tahap pelatihan. Jumlah data yang digunakan untuk citra uang kertas palsu adalah 80 citra, sedangkan citra uang kertas asli adalah 100 citra. Uang kertas palsu dan asli pada tahap pelatihan diakuisisi kembali dengan menggunakan kamera digital dan lampu UV, dengan masing-masing citra dilakukan 5 kali pengambilan gambar dengan arah pencahayaan dari arah samping kanan dan 5 kali pengambilan gambar dari arah samping kiri. Gambar 5 menunjukkan *confusion matrix* yang dihasilkan pada tahap pengujian. Hasil yang ditunjukkan pada Gambar 5 menandakan pada tahap pengujian metode ini juga mampu mengenali dengan benar kelas dari masing-masing data citra yang digunakan. Sebanyak 100 data citra uji (55,6%) berhasil dikenali sebagai uang kertas asli (kelas 1). Uang kertas palsu (kelas 2) juga berhasil dikenali dari 80 data citra uji (44,4%).

| Output Class | Target Class | |
|--------------|--------------|-------------|
| | 1 | 2 |
| 1 | 100 55.6% | 0 0.0% |
| 2 | 0 0.0% | 80 44.4% |

Gambar 5. *Confusion Matrix* Tahap Pengujian

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan LVQ berbasis parameter HSV mampu menghasilkan akurasi 100% pada tahap pelatihan dan pengujian dalam penentuan keaslian uang kertas. Penelitian selanjutnya diharapkan data citra uang kertas yang digunakan tidak hanya satu nominal mata uang saja, sehingga metode yang digunakan lebih relevan untuk diimplementasikan. Selain dari sisi nominal mata uang, diharapkan pada penelitian selanjutnya, akuisisi citra dapat dilakukan tanpa menggunakan pencahayaan UV. Untuk pengujian sistem, diharapkan indikator yang digunakan tidak hanya dengan menggunakan *confusion matrix*.

DAFTAR RUJUKAN

- Andono, P. N., Sutojo, T., & Muljono. (2018). *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Chakraborty, T., Nalawade, N., Manjre, A., Sarawgi, A., & Chaudhari, P. P. (2016). Review of Various Image Processing Techniques for Currency Note Authentication. *International Journal of Computer Engineering In Research Trends*, 3(3), 119–122.
- Fausett, L. (1994). *Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms, and Applications*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Indonesia, B. (2010). *Ciri-Ciri Keaslian dan Standar Kualitas Uang Rupiah*. Jakarta.
- Jasril, Cahyana, M. S., Handayani, L., & Budianita, E. (2015). Implementasi *Learning Vektor Quantization* (LVQ) dalam Mengidentifikasi Citra Daging Babi dan Daging Sapi. *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI)* 7, 176-184.
- Pawar, P. D. & Shrikant B. K. (2014). Recognition of Indian Currency Note Based on HSV Parameters. *International Journal of Science and Research*, 3(6), 132-137. Retrieved from www.ijrsret.org.
- Putra, D. (2010). *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Roy, A., Halder, B., Garain, U., & Doermann, D. S. (2015). Machine-assisted authentication of paper currency: an experiment on Indian banknotes. *International Journal on Document Analysis and Recognition*, 18(3), 271–285. <https://doi.org/10.1007/s10032-015-0246-y>
- Sai Prasanthi, B., & Setty, D. R. (2015). Indian Paper Currency Authentication System using Image processing. *International Journal of Scientific Research Engineering & Technology*, 4(9), 2278–2882. Retrieved from www.ijrsret.org
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2011 tentang Mata Uang. (n.d.). Retrieved from [http://www.bi.go.id/id/tentang-bi/uu-bi/Documents/UU 7 Tahun 2011.pdf](http://www.bi.go.id/id/tentang-bi/uu-bi/Documents/UU%207%20Tahun%202011.pdf)