

Pendeteksi Nilai Nominal Uang Kertas Rupiah

Christopher Justine William / 13519006
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung
E-mail : 13519006@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Uang merupakan suatu alat yang berperan penting dalam kehidupan manusia dalam kegiatan transaksi jual beli. Pada makalah ini sebuah program pendeteksian nilai nominal uang kertas rupiah berhasil diimplementasikan dan dapat melakukan deteksi nilai nominal dari citra masukkan berupa uang kertas rupiah dengan menggunakan teknik-teknik *image processing*.

Keywords—uang, nominal, deteksi, tepi, segmen, template matching

I. PENDAHULUAN

Uang merupakan alat yang memudahkan manusia dalam melakukan kegiatan jual dan beli. Uang terdiri atas banyak jenis, salah satu yang masih banyak digunakan adalah uang kertas. Di Indonesia, peredaran uang kertas dikelola oleh Bank Indonesia (BI), termasuk proses pengeluaran, pengelolaan, hingga pencabutan uang rupiah. Setiap uang kertas yang dikeluarkan oleh BI, memiliki nominalnya masing-masing yang dapat digunakan dalam melakukan transaksi untuk barang maupun jasa.



Gambar I.1 Ilustrasi Gambar Uang

Seiring berkembangnya teknologi, banyak proses kegiatan yang dapat dilakukan otomatisasinya dengan menggunakan bantuan komputer, salah satunya adalah untuk mendeteksi nilai nominal uang kertas. Adapun pengaplikasian pendeteksi nilai nominal uang kertas dapat diterapkan pada *currency monitoring systems*, *vending machine*, *money exchange machine*, dan sebagainya. Pada makalah ini akan dijelaskan pengimplementasian program untuk mendeteksi nilai nominal uang kertas rupiah.

II. LANDASAN TEORI

A. Citra Digital

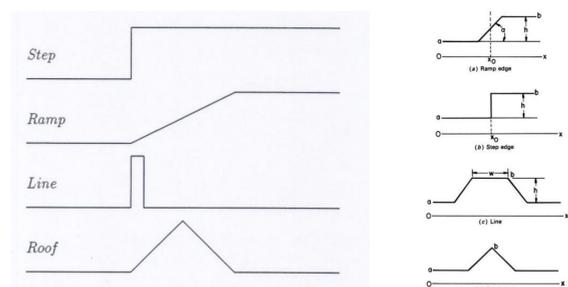
Citra merupakan sebuah sinyal dwimatra bersifat kontinu yang dapat diamati oleh sistem visual manusia. Untuk dapat diproses oleh komputer, citra perlu diubah kedalam bentuk digital melalui proses digitalisasi yang melibatkan Sampling dan Kuantisasi. Citra digital dapat direpresentasikan sebagai matriks dengan ukuran $M \times N$ yang menyatakan resolusi dari citra tersebut. Setiap elemen di dalam citra disusun oleh pixel yang menyatakan nilai keabuan atau nilai intensitas.

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix}$$

Gambar II.1 Ilustrasi Citra Digital

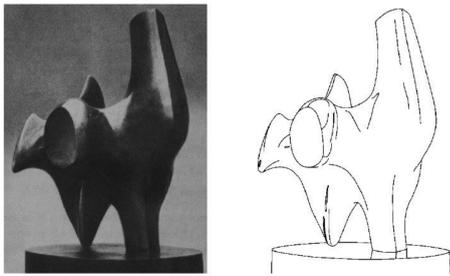
B. Pendeteksian Tepi

Tepi pada citra digital dapat diartikan sebagai perubahan intensitas nilai keabuan yang mendadak dalam jarak yang singkat. Tepi biasanya terletak pada suatu batas antara dua daerah yang memiliki perbedaan intensitas dengan perubahan yang sangat cepat. Tepi dapat dibagi menjadi beberapa jenis seperti tepi curam, tepi landai, tepi garis, dan tepi atap.



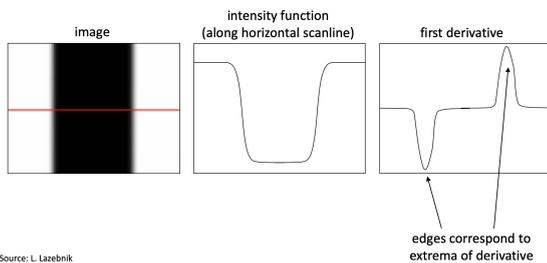
Gambar II.2 Ilustrasi Jenis Tepi pada Citra Digital

Pendeteksian tepi dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan garis batas suatu object di dalam citra. Dengan mengekstraksi garis-garis batas di dalam citra, pendeteksian objek dapat dilakukan sehingga pendeteksian tepi merupakan bagian dari *feature extraction* analisis citra.



Gambar II.3 Ilustrasi Garis Tepi

Perubahan intensitas yang besar dalam jarak yang singkat pada citra dapat dipandang sebagai fungsi yang memiliki kemiringan yang besar. Pendekatan tersebut dapat dipahami melalui kalkulus diferensial turunan pertama.



Source: L. Lazebnik

Gambar II.4 Operasi Turunan Pertama

Berikut merupakan beberapa operator yang pada umumnya digunakan untuk mendeteksi tepi.

1. Operator Laplace

Operator Laplace disebut juga sebagai operator turunan kedua. Operator tersebut dapat mendeteksi tepi dengan lebih akurat dibandingkan dengan turunan pertama, terutama untuk tepi yang curam karena turunan keduanya mempunyai persilangan nol atau *zero-crossing*, titik tempat pergantian tanda nilai turunan kedua dari positif ke negatif atau sebaliknya.

2. Operator Laplacian of Gaussian

Operator Laplacian of Gaussian atau LoG menggunakan penapis gaussian terlebih dahulu untuk mengurangi kemunculan tepi palsu yang disebabkan oleh derau pada citra.

3. Operator Sobel

Operator Sobel dihitung berdasarkan magnitudo dari gradien.

$$M = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} \quad (2.1)$$

dengan mask S_x dan S_y dapat dinyatakan sebagai berikut (konstanta $c = 2$).

$$S_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{dan} \quad S_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

Gambar II.5 Mask Operator Sobel

4. Operator Prewitt

Operator Prewitt pada umumnya mirip seperti Sobel dengan nilai konstanta $c = 1$.

$$P_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{dan} \quad P_y = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Gambar II.6 Mask Operator Prewitt

5. Operator Roberts

Operator Roberts merupakan operator silang dengan gradien x dan gradien y.

$$R_+(x, y) = f(x + 1, y + 1) - f(x, y) \quad (2.2)$$

$$R_-(x, y) = f(x, y + 1) - f(x + 1, y) \quad (2.3)$$

dengan bentuk mask konvolusi sebagai berikut.

$$R_+ = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \text{dan} \quad R_- = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Gambar II.7 Mask Operator Roberts

6. Operator Canny

Operator Canny merupakan operator deteksi tepi yang dapat menghasilkan tepi dengan ketebalan satu pixel. Operator Canny menggunakan dua nilai ambang, T_1 dan T_2 ($T_1 < T_2$) sehingga memungkinkan deteksi dua jenis tepi yaitu tepi kuat dan tepi lemah.

C. Citra Biner

Citra biner merupakan citra yang hanya memiliki dua nilai keabuan yaitu 0 untuk hitam dan 1 untuk putih. Citra biner diperlukan karena selain dapat menghemat ukuran memori dengan jumlah pixelnya yang lebih sedikit, citra biner juga dapat digunakan untuk merepresentasikan citra hasil pendeteksian tepi. Selain itu, citra biner juga berperan dalam segmentasi citra karena dapat memisahkan objek dari latar belakangnya. Konversi citra *grayscale* menjadi citra biner dapat dilakukan dengan menggunakan operasi pengambangan. Operasi pengambangan dilakukan dengan mengelompokkan nilai derajat keabuan setiap pixel ke dalam 2 kelas, hitam dan putih.



Gambar II.8 Ilustrasi Citra Biner Hasil Deteksi Tepi

D. Segmentasi Citra

Segmentasi citra merupakan operasi mempartisi citra menjadi sebuah koleksi yang terdiri dari sekumpulan pixel yang terhubung satu sama lain. Metode untuk melakukan segmentasi citra pada umumnya dikelompokkan menjadi dua pendekatan yaitu diskontinuitas yang mempartisi citra berdasarkan perubahan nilai intensitas pixel yang cepat seperti tepi dan similaritas yang mempartisi citra berdasarkan kemiripan area menurut properti yang ditentukan.



Gambar II.9 Ilustrasi Segmentasi Citra

E. Correlation Coefficient

Koefisien korelasi merupakan ukuran kekuatan hubungan linier antara dua variabel. Nilainya dapat berkisar antara -1 hingga 1. Koefisien korelasi -1 menggambarkan korelasi negatif sempurna, atau terbalik, dengan nilai dalam satu deret meningkat sementara deret lainnya menurun, dan sebaliknya. Koefisien 1 menunjukkan korelasi positif sempurna, atau hubungan langsung. Koefisien korelasi 0 berarti tidak ada hubungan linier. Untuk mencari koefisien korelasi dapat melalui persamaan berikut.

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (2.4)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Program yang telah diimplementasikan akan menerima sebuah citra uang kertas rupiah yang merupakan hasil foto dari kamera seperti yang terlihat pada Gambar III.1. Keluaran akhir dari program adalah jumlah nominal uang kertas yang tertera sesuai dengan jumlahnya.



Gambar III.1 Contoh Citra Masukan

Berikut merupakan program utama yang terdiri dari pembukaan file masukkan citra beserta pemanggilan fungsi untuk mendapatkan nilai nominal citra uang kertas tersebut

main.m

```
image = imread("test/test.jpg");
image = getCurrencyROI(image);
value = getCurrencyValue(image);
disp(value);
```

Setelah membaca file, program akan memanggil fungsi `getCurrencyROI(image)`, fungsi tersebut bertugas untuk mencari Region of Interest (ROI) dari citra uang kertas masukan.

getCurrencyROI.m

```
function currency = getCurrencyROI(image)

grayImg = im2gray(image);

level = graythresh(grayImg);

imbin = imbinarize(grayImg, level);
figure, imshow(imbin);

imbin = edge(imbin, 'sobel');
figure, imshow(imbin);

se90 = strel('line', 3, 90);
se0 = strel('line', 3, 0);

dilatedImg = imdilate(imbin, [se90 se0]);
filledImg = imfill(dilatedImg, 'holes');

clearedBorder = imclearborder(filledImg, 4);
```

```

se = strel('diamond', 3);
mask = imerode(clearedBorder, se);
mask = imerode(mask, se);

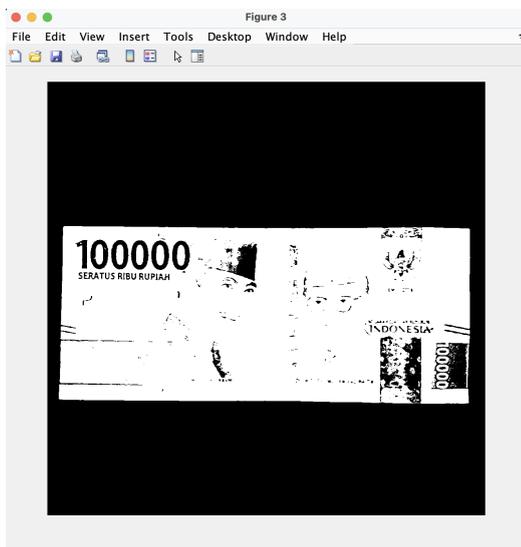
regions = regionprops(mask, 'BoundingBox',
'Area', 'Image');
boundingBox = regions.BoundingBox;
max = regions.Area;

for i = 1:numel(regions)
    if regions(i).Area > max
        max = regions(i).Area;
        boundingBox = regions(i).BoundingBox;
    end
end

currency = imcrop(image, boundingBox);
end

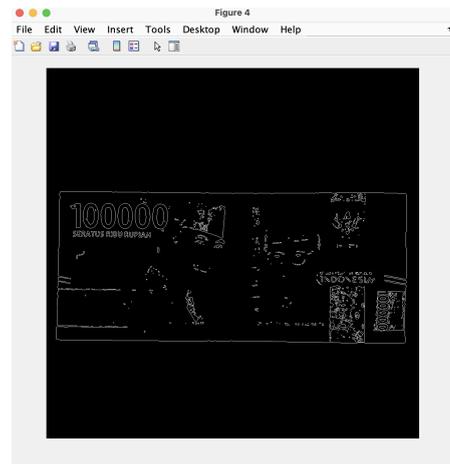
```

Program tersebut akan mengubah citra masukan menjadi *grayscale*, lalu mengubahnya menjadi citra biner seperti yang terlihat pada Gambar III.2.



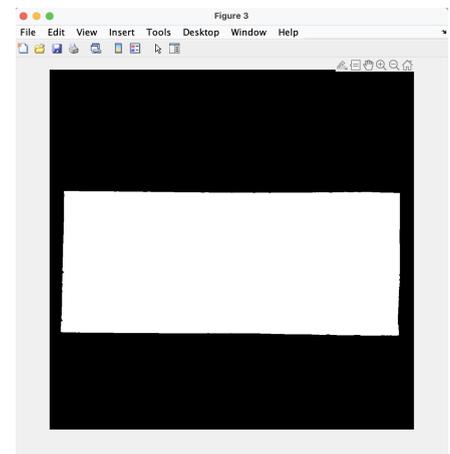
Gambar III.2 Hasil Konversi Citra Masukan ke Citra Biner

Pendeteksian tepi kemudian diterapkan untuk mendapatkan garis batas tepi pada citra yang telah dikonversi menjadi citra biner seperti yang terlihat pada Gambar III.3.



Gambar III.3 Hasil Deteksi Tepi Citra Biner

Citra hasil deteksi tepi kemudian akan diterapkan pengisian pada daerah kosong di dalam citra seperti pada Gambar III.4. Hasilnya akan digunakan sebagai daerah melakukan segmentasi pada citra masukan.



Gambar III.4 Citra Tepi Setelah Pengisian Area

Keluaran dari program tersebut adalah bagian ROI uang kertas seperti yang terlihat pada Gambar III.5.



Gambar III.5 ROI Uang Kertas Seratus Ribu

Setelah didapatkan ROI citra uang kertas, citra tersebut akan masuk pada fungsi `getCurrencyValue(image)` untuk mendapatkan nilai nominal uang kertas tersebut.

```

getCurrencyValue.m

function value = getCurrencyValue(image)
    files = dir('ref/*.png');

    label = [1000, 10000, 100000, 2000, 20000,
5000, 50000];

    [X, Y, ~] = size(image);
    X1 = X / 20;
    Y1 = Y / 40;

    X2 = X / 1.35;
    Y2 = Y / 10;

    image = imcrop(image,[X1 Y1 X2 Y2]);

    listcorr = [];

    for i = 1:length(files)
        imgRef = imread(files(i).name);

        corr = getCorrelation(imgRef, image);

        listcorr = [listcorr corr];
    end

    disp(listcorr);
    idx = find(listcorr == max(listcorr));
    value = label(idx);
end

```

Program tersebut akan membaca kumpulan file yang merupakan basis data template agar dapat dilakukannya template matching, contoh template pada kasus ini dapat dilihat di Gambar III.6.



Gambar III.6 Template Nominal Seratus Ribu Rupiah

Program kemudian akan mengambil bagian dari citra masukkan pada lokasi yang sudah ditentukan yang menandakan lokasi dari nilai nominal uang kertas seperti pada Gambar III.7. Selanjutnya akan dicari koefisien korelasi antara bagian yang telah dipotong dari citra masukkan dengan basis data template.



Gambar III.7 Bagian Citra Masukkan yang Dipotong

```

getCorrelation.m

function correlation = getCorrelation(ref, test)
    gray1 = rgb2gray(ref);
    gray2 = rgb2gray(test);

    T1 = graythresh(gray1);
    img1 = imbinarize(gray1, T1);
    img1 = bwareaopen(img1, round(0.001 *
numel(img1)));

    [rows, cols, ~] = size(img1);
    img2 = imresize(gray2, [rows, cols]);

    T2 = graythresh(gray2);
    img2 = imbinarize(img2, T2);
    img2 = bwareaopen(img2, round(0.001 *
numel(img2)));

    correlation = corr2(img1, img2);
end

```

Program kemudian akan memilih label dengan nilai koefisien korelasi terbesar yang akan dipilih sebagai nilai nominal dari uang kertas tersebut. Hasil deteksi seperti yang terlihat pada Gambar III.8.

```

>> main
Nominal      : Rp100000
Correlation  : 0.38708
fx >>

```

Gambar III.8 Hasil Pendeteksian Nominal Uang Kertas Seratus Ribu Rupiah

IV. KESIMPULAN

Persoalan pendeteksian nilai nominal uang kertas rupiah pada makalah ini berhasil diselesaikan dengan menggunakan teknik-teknik image processing. Program pendeteksi nilai nominal uang kertas rupiah telah berhasil diimplementasikan dan dapat melakukan pendeteksian. Namun, saat ini program tersebut masih dapat melakukan kesalahan deteksi yang disebabkan oleh derau pada citra masukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Rinaldi, M.T. selaku pengampu mata kuliah IF4073 Interpretasi dan Pengolahan Citra atas ajaran serta ilmu yang telah disampaikan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung penulis sehingga penulisan makalah ini dapat selesai.

REFERENCES

- [1] Rauyani, A. I., Ibrahim, M. H., & Pramono, S. (2020). ROI based Indonesian Paper Currency Recognition Using Canny Edge Detection. Journal of Electrical, Electronic, Information, and Communication Technology, 2(1). <https://doi.org/10.20961/jeeict.2.1.41349>
- [2] Munir, Rinaldi. 2022. Pengantar Interpretasi dan Pengolahan Citra Bagian 1. <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Citra/2022-2023/01-Pengantar-Pengolahan-Citra-Bag1-2022.pdf> diakses pada 18 Desember 2022
- [3] Munir, Rinaldi. 2022. Pendeteksian Tepi Bagian 1. <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Citra/2021-2022/18-Pendeteksian-Tepi-Bagian1-2022.pdf> diakses pada 18 Desember 2022
- [4] Munir, Rinaldi. 2022. Pendeteksian Tepi Bagian 2. <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Citra/2021-2022/19-Pendeteksian-Tepi-Bagian2-2022.pdf> diakses pada 18 Desember 2022

- [5] Munir, Rinaldi. 2022. Citra Biner. <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Citra/2021-2022/20-Citra-Biner-2021.pdf> diakses pada 18 Desember 2022
- [6] Munir, Rinaldi. 2022. Segmentasi Citra Bagian 1. <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Citra/2021-2022/22-Segmentasi-Citra-Bagian1-2022.pdf> diakses pada 18 Desember 2022

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 19 Desember 2022



Christopher Justine William