

Aplikasi Penerapan Pengolahan Citra Digital Untuk Pengenalan Objek Menggunakan Pengembangan Metode Otsu

Oktonius¹, Lukman², Riyadi J. Iskandar³

^{1,2,3}Teknik Informatika, STMIK Widya Dharma, Pontianak

e-mail: ¹okto.cnc@gmail.com, ²loekmanzhang@gmail.com, ³riyadi@stmik-widyadhharma.ac.id

Abstract

This research is conducted to produce an application which can imitate a bit part of human vision system's mechanism by applying digital image processing for object recognition process.

This research produces an application which consists of two main functions that referred as object training and recognition by applying digital image processing methods. The application can be implemented to recognizes simple objects that are represented in two dimensional digital images which are not influenced by the rotation. Based on the conducted testing the writer known some factors which are the major contributive factor for recognition result's accuracy, those are lightning, image acquisition's angle and distance. By considering the analysis result, the writer conclude that the application has an ability to recognizes a simple object which had previously trained, although it is not as perfect as human vision system. For further development, the writer suggest to develop a real time object processing application, minimalize the effects of lightning to image acquisition's quality, application development for recognizing a more complex object's shape and color, and implementation in robotics.

Keywords—*Digital Image Processing, Object Recognition, Computer Vision, Otsu Method, Canberra Distance.*

Abstrak

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk menghasilkan aplikasi yang mampu meniru sebagian kecil mekanisme sistem *visual* manusia dengan menerapkan pengolahan citra *digital* untuk proses pengenalan objek. Penelitian ini menghasilkan sebuah aplikasi yang terdiri dari dua fungsi utama yaitu pelatihan dan pengenalan objek, dengan menerapkan metode-metode pengolahan citra *digital*. Aplikasi dapat diterapkan untuk mengenali objek-objek sederhana yang direpresentasikan dalam citra *digital* dua dimensi dengan ketakubahan terhadap rotasi. Berdasarkan pengujian yang dilakukan penulis mengetahui beberapa faktor yang sangat mempengaruhi hasil pengenalan, yaitu pencahayaan, sudut dan jarak akuisisi citra. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, penulis menyimpulkan bahwa aplikasi dapat mengenali objek sederhana yang telah dilatih sebelumnya, meskipun tidak sempurna sistem *visual* manusia.

Untuk pengembangan lebih lanjut, penulis menyarankan untuk mengembangkan aplikasi yang mampu memproses objek dalam citra secara *realtime*, meminimalisir pengaruh pencahayaan terhadap kualitas citra yang diakuisisi, pengembangan aplikasi untuk mengenali bentuk dan warna objek yang lebih rumit, dan penerapan dalam robotika.

Kata kunci—*Pengolahan Citra Digital, Object Recognition, Komputer Vision, Metode Otsu, Jarak Canberra.*

1. PENDAHULUAN

Pengolahan citra *digital* merupakan satu di antara bidang ilmu dalam dunia teknologi yang berkembang sangat pesat pada era teknologi modern ini. Perkembangan itu terjadi karena ilmu dalam pengolahan citra *digital* yang sangat menarik untuk dikembangkan dan sangat berguna dalam berbagai bidang, seperti bidang biologi, kedokteran, militer, perdagangan, hiburan, robotika, geologi, hukum, dan lain-lain.

Pengembangan yang dilakukan dalam dunia informatika dewasa ini cenderung mengarah kepada perancangan sebuah alat (termasuk komputer) agar dapat berperan fleksibel layaknya manusia. Manusia dalam memecahkan masalah dan mengambil keputusan selalu menggunakan intuisi dan indranya sebagai

sarana yang membantu, satu di antaranya adalah sistem *visual* (penglihatan) manusia. Bertolak belakang dari pemikiran tersebut, pengolahan citra *digital* sebagai suatu disiplin ilmu dikembangkan untuk meniru sistem kerja *visual* dari seorang manusia. Sebagai suatu disiplin ilmu, pengolahan citra *digital* merupakan serangkaian teknik-teknik yang dikombinasikan dalam mengolah citra masukan agar memperoleh citra keluaran yang sesuai dengan teknik yang diterapkan, misalnya segmentasi citra untuk memperoleh objek dalam citra yang terpisah dari latarnya.

Segmentasi citra sebagai satu di antara tahapan dalam pengolahan citra itu sendiri juga mencakup serangkaian metode yang dapat digunakan, seperti deteksi tepi, pengambangan lokal dan pengambangan global. Pengambangan disebut global ketika nilai ambang yang digunakan diterapkan untuk keseluruhan titik (piksel) dalam citra, contohnya adalah metode Otsu. Sebagai suatu optimum *global thresholding*, metode ini menentukan nilai ambang dari citra digital secara otomatis tanpa memerlukan bantuan users. Cara penentuan nilai ambang menggunakan metode Otsu yaitu dengan menganalisis histogram dari citra digital dan membagi ke dalam dua wilayah yaitu latar depan dan latar belakang.

Untuk itu, penelitian yang dilakukan akan difokuskan kepada pengambangan citra dengan metode Otsu dalam merancang aplikasi pengenalan objek.

2. METODE PENELITIAN

Pada aplikasi pengenalan objek ini, masukan citra *digital* berasal dari *webcam*, objek yang dikenali adalah objek tiga dimensi yang selanjutnya direpresentasikan dalam bentuk dua dimensi, latar belakang dari objek yang akan dikenali sederhana, pengenalan satu objek dalam satu kali eksekusi (*single recognition*), ukuran objek yang dikenali tidak terlalu besar, segmentasi citra dengan pengambangan metode Otsu, klasifikasi menggunakan Canberra *distance*.

Berikut akan ditampilkan bagan secara umum dari sistem pengenalan objek yang akan dibangun:



Gambar 1 Bagan Dasar Pengenalan Objek

2.1 Akuisisi Citra

Tahap awal yang menjadi bagian vital dalam aplikasi yang akan dibangun yaitu akuisisi citra *digital* atau input. Akuisisi citra adalah tahap awal dalam mendapatkan citra *digital* yang dapat diolah oleh komputer [1]. Pada tahap ini perlu disiapkan alat akuisisi citra yaitu *web* kamera. Citra yang dihasilkan berupa citra *digital* bertipe RGB.

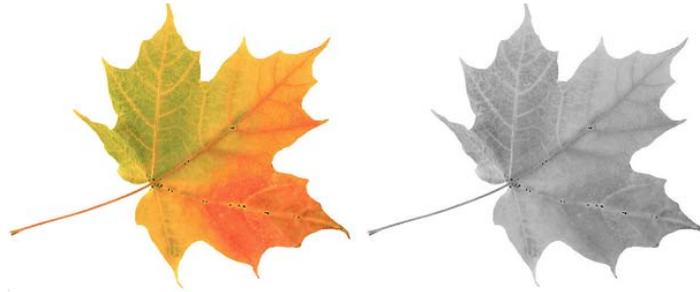
2.2 Pengolahan Citra Digital

Pada tahap selanjutnya, citra *digital* yang telah didapat akan diolah dengan metode-metode dalam pengolahan citra *digital*, sehingga menghasilkan citra *digital* yang diinginkan. Berikut metode-metode yang digunakan dalam membangun aplikasi pengenalan objek.

2.2.1 Konversi Citra RGB ke Grayscale

Citra grayscale merupakan citra yang mempunyai rentang intensitas antara hitam dan putih (0-255) [2]. Pada proses ini citra RGB yang berasal dari akuisisi citra menggunakan *web* kamera akan dikonversi ke dalam bentuk citra Grayscale (Keabuan) dengan menggunakan persamaan berikut [2].

$$I = 0,2989 \times R + 0,5870 \times G + 0,1141 \times B \dots\dots\dots(1)$$



Gambar 2 Citra RGB dan Citra Grayscale

2.2.2 Pengembangan Metode Otsu

Proses setelah citra *grayscale* diperoleh adalah melakukan pengembangan citra menggunakan metode Otsu. Metode ini menentukan nilai ambang dengan cara membedakan dua kelompok, yaitu objek dan latar belakang, yang memiliki bagian saling bertumpukan [2].

Prinsip dari metode Otsu awalnya mencari histogram dalam citra grayscale dan mencari probabilitas dengan persamaan berikut [3].

$$p(i) = \frac{n_i}{N}, p(i) \geq 0, \sum_{i=0}^{L-1} p(i) = 1 \quad (2)$$

$p(i)$ merupakan probabilitas nilai intensitas dari citra, n_i merupakan jumlah piksel berintensitas i dan N menyatakan jumlah semua piksel dalam citra.

Kumulatif sum dengan menggunakan persamaan.

$$p_1(k) = \sum_{i=0}^k p_i \quad (3)$$

$$p_2(k) = \sum_{i=k+1}^{L-1} p_i = 1 - p_1(k) \quad (4)$$

$p_1(k)$ hasil penjumlahan probabilitas kumulatif dari setiap intensitas kelas pertama, $p_2(k)$ pada kelas kedua dan L menyatakan aras keabuan.

Kemudian untuk mencari rerata kumulatif dari citra menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$m(k) = \sum_{i=0}^{L-1} ip_i \quad (5)$$

merupakan jumlah rerata dari semua piksel(0-255).

Menentukan *globalmean* atau mean total dengan persamaan.

$$m_G = \sum_{i=0}^{L-1} ip_i \quad (6)$$

Dengan m_G merupakan mean total atau *globalmean* dari citra.

Between-class Variance, melalui persamaan berikut.

$$\sigma_B^2(k) = \frac{[m_G p_1(k) - m(k)]^2}{p_1(k)[1 - p_1(k)]} \quad (7)$$

$\sigma_B^2(k)$ merupakan nilai *between class-variance* dari setiap intensitas.

Untuk menentukan nilai *threshold* yaitu memaksimumkan nilai $\sigma_B^2(k)$ sebagai berikut.

$$\sigma_B^2(k^*) = \max_{0 \leq k \leq L-1} \sigma_B^2(k) \quad (8)$$

k^* merupakan nilai intensitas yang akan dipilih sebagai nilai ambang atau *threshold* untuk proses binerisasi selanjutnya.

2.2.3 Binerisasi

Binerisasi atau *Thresholding* merupakan transformasi citra ke citra kedalam bentuk himpunan bilangan biner 0 dan 1 [4]. Adapun persamaan dasar dari binerisasi citra sebagai berikut.

$$b(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } I(x, y) > T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

$b(x, y)$ merupakan hasil dari *thresholding* pada piksel posisi x, y , $I(x, y)$ merupakan posisi piksel x, y yang akan dilakukan *thresholding* dan T merupakan nilai ambang[5].

2.3 Ekstraksi Fitur

Fitur merupakan semua hasil pengukuran yang bisa diperoleh dan merupakan karakteristik pembeda dari objek fitur dapat berupa simbol seperti warna, numerik seperti berat, atau gabungan keduanya[6].

2.3.1 Zernike Moment Descriptor

Pada bidang pengolahan citra *digital* momen Zernike diterapkan atau diperkenalkan pertama kali oleh M.R.Teague pada tahun 1980 berupa Zernike Moment Descriptors (ZMD) [2]. Zernike moments termasuk pada *region-based descriptor*. Zernike moments sering digunakan dalam pengenalan pola sebab memiliki sifat ortogonal terhadap lingkaran $x^2 + y^2 \leq 1$, dinyatakan sebagai berikut[7]:

$$V_{nl}(x, y) = V_{nl}(\rho \sin\theta, \rho \cos\theta) = V_{nl}(\rho, \theta) = R_{nl}(\rho) \exp(il\theta) \quad (10)$$

Dengan n adalah bilangan bulat positif atau nol, l adalah bilangan bulat positif atau negatif, i adalah bilangan kompleks, ρ adalah panjang vektor dari awal sampai (x, y) piksel, dan θ adalah sudut antara vektor ρ dan sumbu x dan R_{nl} adalah polinomial radial ortogonal dinyatakan sebagai berikut[7]:

$$R_{nl}(\rho) = \sum_{s=0}^{n-|l|/2} \frac{(-1)^s [(n-s)!] \rho^{n-2s}}{S! \left(\frac{n+|l|}{2} - s\right)! \left(\frac{n-|l|}{2} - s\right)!} \quad (11)$$

Momen Zernike berorde p dengan pengulangan fungsi kontinu $f(x, y)$ sebanyak q dinyatakan berikut [8]:

$$A_{pq} = \frac{P+1}{\pi} \iint f(x, y) V_{pq}(x, y) dx dy \quad (12)$$

Adapun sembilan polinomial pertama yang digunakan pada Zernike Moments sebagai berikut [2]:

Tabel 1 Sembilan Polinomial Pertama pada Zernike Moments

$R_{00}(r) = 1$	$R_{66}(r) = r^6$
$R_{11}(r) = r$	$R_{71}(r) = 35r^6 - 60r^5 + 30r^3 - 4r$
$R_{20}(r) = 2r^2 - 1$	$R_{73}(r) = 21r^7 - 30r^5 + 10r^3$
$R_{22}(r) = r^2$	$R_{75}(r) = 7r^7 - 6r^5$
$R_{31}(r) = 3r^2 - 2r$	$R_{77}(r) = 7r^7$
$R_{33}(r) = r^3$	$R_{80}(r) = 70r^8 - 140r^6 + 90r^4 - 20r^2 + 1$
$R_{40}(r) = 6r^4 - 6r^2 + 1$	$R_{82}(r) = 56r^8 - 105r^6 + 60r^4 - 10r^2$
$R_{42}(r) = 4r^4 - 3r^2$	$R_{84}(r) = 28r^8 - 42r^6 + 15r^4$
$R_{44}(r) = r^4$	$R_{86}(r) = 8r^8 - 7r^6$
$R_{51}(r) = 10r^5 - 12r^2 + 3r$	$R_{88}(r) = r^8$
$R_{53}(r) = 5r^5 - 4r^3$	$R_{91}(r) = 126r^9 - 280r^7 + 210r^5 + 60r^3 + 5r$
$R_{55}(r) = r^5$	$R_{93}(r) = 84r^9 - 168r^7 + 105r^5 - 20r^3$
$R_{60}(r) = 20r^6 - 30r^4 + 12r^2 - 1$	$R_{95}(r) = 36r^9 - 56r^7 + 21r^5$
$R_{62}(r) = 15r^6 - 20r^4 + 6r^2$	$R_{97}(r) = 9r^9 - 8r^7$
$R_{64}(r) = 6r^6 - 5r^4$	$R_{99}(r) = r^9$

2.4 Canberra Distance

Canberra *Distance* mengukur penjumlahan yang mutlak dari perbedaan pecahan antara fitur dari sepasang objek[9]. Sebagai catatan jika antara dua fitur bernilai 0, maka asumsinya $\frac{0}{0} = 0$. Berikut persamaan dari canberra distance[9]:

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^n \frac{|x_{ik} - x_{jk}|}{|x_{ik}| + |x_{jk}|} \quad (13)$$

2.5 Insertion Sort

Metode ini dimulai dari list yang sudah terurut dengan satu elemen saja, kemudian menyisipkan elemen-elemen berikutnya ke dalam list dengan tetap menjaga agar list dalam keadaan urut. Deskripsi untuk algoritma ini[10]:

- a. Mulai dengan elemen pertama list. List ini pasti sudah dalam keadaan urut.
- b. Untuk i dalam range 2 s.d. N , dengan N adalah jumlah elemen list, misalkan sudah dipunyai list dengan $i-1$ elemen pertama yang sudah urut, baca elemen ke- i dan cari lokasi yang tepat untuk elemen itu dalam list $i-1$ elemen tadi. Segera setelah lokasi yang tepat ditemukan, sisipkan elemen ke- i pada lokasi tersebut, dan akan diperoleh list dengan i elemen yang urut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

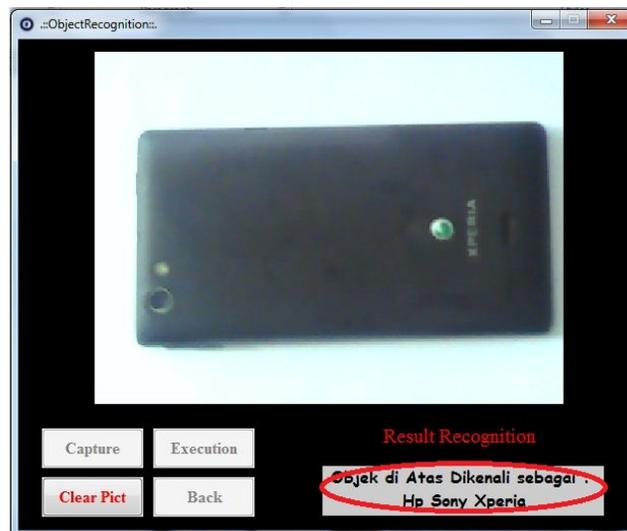
3.1 Tampilan Form Aplikasi

Form Train Object merupakan *form* yang digunakan untuk menambahkan *database* objek. *Form* tersebut akan ditampilkan sebagai berikut:



Gambar 3 Form Train Object

Selanjutnya untuk proses pengenalan objek akan ditampilkan *form Object Recognition*. *Form* ini berfungsi untuk melakukan *capture* citra atau *input* kemudian proses pengenalan.



Gambar 4 Form Object Recognition

3.2 Pengujian Aplikasi

Pada pengujian aplikasi dibagi menjadi beberapa bagian yaitu kasus uji *thresholding* dengan metode Otsu, ekstraksi fitur, dan pengenalan objek.

3.2.1 Kasus Uji Thresholding metode Otsu

Sampel uji yang digunakan berupa tiga objek dengan masing-masing objek terdiri dari lima sampel yaitu koin, kunci, dan hp sony. Berikut ditampilkan dalam bentuk tabel hasil nilai ambang dari metode Otsu:

Tabel 2 Nilai Threshold dengan metode Otsu

NOMOR	NAMA CITRA BENTUK RGB	NILAI T
1	0001-Kunci.jpg	149
2	0002-Kunci.jpg	146
3	0003-Kunci.jpg	149
4	0004-Kunci.jpg	146
5	0005-Kunci.jpg	152
6	0006-Koin.jpg	147
7	0007-Koin.jpg	153
8	0008-Koin.jpg	152
9	0009-Koin.jpg	172
10	0010-Koin.jpg	147
11	0011-Hp Sony Xperia.jpg	156
12	0012-Hp Sony Xperia.jpg	153
13	0013-Hp Sony Xperia.jpg	156
14	0014-Hp Sony Xperia.jpg	156
15	0015-Hp Sony Xperia.jpg	142

3.2.2 Kasus Uji Ekstraksi Fitur

Pengujian dilakukan dengan menggunakan citra biner yang telah dibinerisasi menggunakan nilai ambang(T) yang didapatkan dari metode Otsu. Berikut tabel fitur yang didapat dengan menggunakan Zernike Moment Descriptors(ZMD) berorde sepuluh:

Tabel 3 Hasil Ekstraksi dari Citra Sampel Part 1

No	Nama Objek	Moment									
		0.0995	0.6883	0.0472	0.0973	0.0491	0.2656	0.6435	0.0362	0.1068	0.2557
1	0001-Kunci	0.0995	0.6883	0.0472	0.0973	0.0491	0.2656	0.6435	0.0362	0.1068	0.2557
2	0002-Kunci	0.0997	0.6927	0.05	0.1012	0.0513	0.2623	0.6678	0.0387	0.1101	0.2778
3	0003-Kunci	0.1444	0.5711	0.0834	0.1679	0.1008	0.2461	0.469	0.0897	0.064	0.2154
4	0004-Kunci	0.0375	0.8516	0.0107	0.0178	0.006	0.1574	1.1272	0.0026	0.051	0.0923
5	0005-Kunci	0.1146	0.6453	0.0605	0.121	0.0667	0.2598	0.5649	0.0535	0.1011	0.2558
6	0006-Koin	0.0185	0.5001	0.0048	0.0039	0.0021	0.0344	0.0425	0.0003	0.0119	0.0043
7	0007-Koin	0.0176	0.5155	0.0034	0.005	0.0015	0.0336	0.0718	0.0005	0.0082	0.0014
8	0008-Koin	0.0165	0.5025	0.0023	0.0032	0.0034	0.0304	0.0469	0.0009	0.0059	0.002
9	0009-Koin	0.3874	0.161	0.229	0.7099	0.3846	0.3024	0.125	0.3364	0.4308	0.5147
10	0010-Koin	0.0206	0.5	0.0019	0.0034	0.0037	0.0383	0.0429	0.0015	0.0045	0.0042
11	0011-Sony Xperia	0.1085	0.5728	0.007	0.0054	0.0153	0.2802	0.2637	0.007	0.0127	0.0136
12	0012-Sony Xperia	0.1084	0.5729	0.0053	0.0069	0.0159	0.2798	0.2629	0.0058	0.0096	0.0123
13	0013-Sony Xperia	0.0949	0.6112	0.0022	0.004	0.0097	0.2681	0.3419	0.0024	0.0056	0.0069
14	0014-Sony Xperia	0.094	0.6226	0.0006	0.0031	0.0091	0.2738	0.37	0.0006	0.0017	0.0025
15	0015-Sony Xperia	0.1115	0.5542	0.0073	0.0071	0.0115	0.2766	0.2266	0.0035	0.0162	0.0068

Tabel 4 Hasil Ekstraksi dari Citra Sampel Part 2

Moment											
0.0307	0.1453	0.3063	0.4488	0.0241	0.1127	0.0687	0.2165	0.0199	0.10699	0.1661	0.2461
0.033	0.1481	0.3044	0.4955	0.0264	0.1171	0.0648	0.2561	0.0219	0.11221	0.1648	0.2674
0.0898	0.1249	0.2607	0.2269	0.0845	0.0966	0.0483	0.0683	0.0825	0.10316	0.1032	0.1668
0.0012	0.0335	0.3371	1.1137	0.0006	0.0168	0.122	0.2284	0.0003	0.00885	0.095	0.5022
0.0491	0.1513	0.2622	0.365	0.0417	0.1225	0.0448	0.1404	0.0373	0.12535	0.1258	0.2059
0.0007	0.007	0.0034	0.2821	0.0003	0.0007	0.0054	0.0062	0.0003	0.00265	0.0081	0.0442
0.0005	0.0062	0.0026	0.2831	0.0007	0.0013	0.0027	0.0071	0.0001	0.0023	0.0101	0.045
0.0015	0.0104	0.0041	0.2828	0.0007	0.0035	0.0029	0.0051	0.0002	0.00625	0.0101	0.0401
0.3814	0.1823	0.61	0.3702	0.3612	0.1197	0.8261	0.155	0.3628	0.15315	0.3129	0.7916
0.0006	0.0123	0.004	0.2811	0.001	0.0048	0.0022	0.0053	0.0004	0.00236	0.0135	0.0495
0.0118	0.0453	0.2246	0.0388	0.0037	0.0221	0.0061	0.0015	0.0085	0.05002	0.0339	0.0429
0.0105	0.0485	0.2223	0.0417	0.0027	0.0187	0.0026	0.0079	0.0079	0.04564	0.0389	0.0486
0.0085	0.0343	0.2641	0.0178	0.0009	0.0094	0.0034	0.005	0.0057	0.0406	0.0391	0.0224
0.0078	0.0342	0.2907	0.0037	0.0007	0.0019	0.0031	0.0035	0.0048	0.03854	0.0456	0.0582
0.0146	0.0353	0.1957	0.051	0.0006	0.0107	0.0079	0.0024	0.0107	0.0597	0.0241	0.0738

Tabel 5 Hasil Ekstraksi dari Citra Sampel Part 3

Moment											
0.2385	0.01572	0.0894	0.1316	0.0333	0.0018	0.01282	0.0809	0.14486	0.0346	0.1503	0.0701
0.2772	0.01765	0.0957	0.1298	0.0245	0.0538	0.01449	0.08686	0.14631	0.0505	0.1963	0.0803
0.0586	0.07804	0.0925	0.0837	0.1208	0.0782	0.07524	0.09502	0.07887	0.7534	0.009	0.0701
0.8968	0.00012	0.0044	0.0541	0.1954	0.3733	5.45E-05	0.00227	0.03199	0.1811	0.5795	0.6101
0.1355	0.03197	0.1103	0.0976	0.0706	0.0736	0.02825	0.10798	0.11382	0.2192	0.0699	0.0334
0.0548	0.00017	0.0014	0.0012	0.0117	0.0044	7.62E-05	0.00136	0.00294	0.0054	0.0069	0.2091
0.0906	0.0003	0.0029	0.0038	0.0103	0.0017	4.40E-05	0.00062	0.0045	0.0049	0.0106	0.201
0.0604	0.0002	0.0033	0.0052	0.006	0.0014	0.00043	0.00099	0.00998	0.0122	0.0049	0.209
0.8912	0.34404	0.0718	0.6292	0.5155	0.2554	0.32914	0.17174	0.03589	3.1643	0.2058	0.0432
0.0554	0.00042	0.0044	0.0042	0.0044	0.0047	0.00016	0.00187	0.0039	0.0088	0.008	0.2066
0.0213	0.0013	0.0154	0.021	0.0169	0.0164	0.00268	0.04224	0.08993	0.0805	0.1773	0.0229
0.0242	8.31E-05	0.0121	0.0183	0.0126	0.0107	0.00266	0.03974	0.08407	0.0776	0.1811	0.0203
0.071	0.00019	0.0047	0.0138	0.0039	0.0047	0.00149	0.03189	0.08522	0.0297	0.1861	0.0164
0.0674	0.0003	0.0029	0.0019	0.0056	0.0074	0.00096	0.02818	0.08471	0.0108	0.1721	0.0239
0.0097	0.00184	0.0026	0.0113	0.0127	0.0132	0.00265	0.05063	0.09803	0.0726	0.1714	0.0096

3.2.3 Kasus Uji Pengenalan Objek

Pada bagian pengujian pengenalan objek akan dieksekusi sebanyak dua puluh kali terhadap objek yang telah dilatih sebelumnya. Hasil pengujian akan ditampilkan melalui tabel berikut:

Tabel 6 Hasil Pengujian Pengenalan Objek

No.	Input Citra	Hasil	Jarak Citra	Keterangan
1	Koin Seribu Rupiah (320x240) 	Koin	5.6418	Berhasil Dikenal sebagai Koin
2	Koin Dua Ratus (320x240) 	Kunci	18.3354	Tidak Berhasil Dikenal sebagai Koin

3	Koin Lima Ratus (320x240) 	Koin	6.8371	BerhasilDikenalisebagaiKoin
4	KunciKepalaSegi Lima (320x240) 	Kunci	2.5971	BerhasilDikenalisebagaiKunci
5	KunciKepalaBulat (320x240) 	Kunci	1.9569	BerhasilDikenalisebagaiKunci
6	Kunci Kecil (320x240) 	Kunci	2.4278	BerhasilDikenalisebagaiKunci
7	Hp Sony XperiaDepan (320x240) 	Hp Sony Xperia	7.1093	BerhasilDikenalisebagaiHp Sony Xperia
8	Hp Sony XperiaBelakang (320x240) 	Hp Sony Xperia	5.5649	BerhasilDikenalisebagaiHp Sony Xperia
9	KunciTerpotong(320x240) 	Kunci	7.7155	BerhasilDikenaliSebagaiKunci
10	KoinSeribuLatarBiru(320x240) 	Kunci	12.6265	TidakBerhasilDikenalisebagai Koin
11	Kunci Kecil LatarBiru(320x240)	Hp	10.5722	TidakBerhasilDikenalisebagai

		Sony Xperia		Kunci
12	KunciKepalaSegiLimaLatarBiru(320x240) 	Hp Sony Xperia	12.5764	TidakBerhasilDikenalisebagai Kunci
13	Hp Sony XperiaBelakangLatarBiru (320x240) 	Hp Sony Xperia	4.8450	BerhasilDikenalisebagaiHp Sony Xperia
14	Hp Sony XperiaDepanLatarBiru(320x240) 	Hp Sony Xperia	6.7363	BerhasilDikenalisebagaiHp Sony Xperia
15	Hp Sony Xperia ¼ bagian (320x240) 	Hp Sony Xperia	13.2320	BerhasilDikenaliSebagaiHp Sony Xperia
16	Hp Sony XperiaLatarUngu(320x240) 	Hp Sony Xperia	11.4467	BerhasilDikenaliSebagaiHp Sony Xperia
17	KunciLatarUngu (320x240) 	Kunci	10.4006	BerhasilDikenaliSebagaiKunci
18	KoinSeribuLatarUngu (320x240) 	Kunci	11.8658	TidakBerhasilDikenaliSebagai Koin
19	Hp Sony XperialatarBertulisan	Hp	6.3053	BerhasilDikenaliSebagaiHp

	(320x240) 	Sony Xperia		Sony Xperia
20	KunciLatarBertulisan (320x240) 	Kunci	9.1754	BerhasilDikenaliSebagaiKunci

Berdasarkan hasil pengujian dari tabel di atas, persentase pengenalan dapat dihitung sebagai berikut:

Jumlahberhasil = 15

Jumlah data = 20

$$\text{Persentase keberhasilan} = \frac{\text{jumlah berhasil}}{\text{jumlah data}} \times 100 = 75.00 \%$$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan analisis yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Proses segmentasi citra dengan menggunakan metode Otsu untuk mencari nilai ambang atau *Threshold* dapat disesuaikan dengan citra masukan yang akan dikonversi ke citra biner (nilai ambang *dynamic*).
- Citra biner hasil *Thresholding* metode Otsu dapat digunakan cukup baik pada saat proses operasi pengolahan citra selanjutnya yaitu perhitungan fitur citra yang akan digunakan dalam proses perbandingan atau klasifikasi.
- Objek dengan luas penampang yang besar persentase keberhasilan pengenalan lebih besar.
- Pada saat akuisisi citra *digital* yang digunakan sebagai masukan citra untuk perangkat lunak masih bergantung terhadap kondisi lingkungan sekitar objek. Misalnya perbedaan hasil akuisisi citra *digital* pada malam hari dan pagi hari.
- Objek yang dikenali tidak diklasifikasi secara detail. Contohnya membedakan antara koin seribu rupiah dan seratus rupiah.
- Perangkat lunak tidak akan dapat beroperasi dengan baik dalam kondisi latar objek dengan *noise* yang kompleks.
- Proses eksekusi pengenalan dan pelatihan objek yang memerlukan waktu yang cukup banyak.

5. SARAN

Dalam rangka meningkatkan kemampuan aplikasi yang dihasilkan, maka adapun beberapa saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

- Pengembangan terhadap perangkat lunak *object recognition* yang *real time* atau *live* untuk diterapkan pada perancangan mata *robotic*.
- Perangkat lunak pengenalan objek yang dirancang masih rentan terhadap cahaya yang diterima oleh objek dapat dikembangkan lebih lanjut cara mengatasi pengaruh cahaya dalam proses akuisisi citra *digital*.
- Pengembangan lebih lanjut ke arah pengenalan objek lebih dari satu dalam satu kali eksekusi.
- Latar yang digunakan berupa latar yang kompleks akan warna dan tekstur-tekstur rumit.
- Pengembangan dalam konteks kecepatan eksekusi perangkat lunak dan penyerdehanaan struktur koding perangkat lunak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Widya Dharma Pontianak yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sutoyo, T, EdyMulyanto, Vincent Suhartono, OkyDwiNurhayati, danWijanarto. (2009). *TeoriPengolahanCitra Digital*. Andi, Yogyakarta.
- [2] Kadir, Abdul, dan Adhi Susanto. (2013). *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*. Andi. Yogyakarta.
- [3] Gonzalez, Rafael C., dan Richard E. Woods. (2008). *Digital Image Processing Third Edition*. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey.
- [4] Zhou, Huiyu, Jiahua Wu, dan Jianguo Zhang. (2010). *Digital Image Processing Part II*. Ventus Publising ApS.
- [5] Solomon, Chris, dan Tony Breckon. (2011). *Fundamentals of Digital Image Processing A Practical Approach with Examples in Matlab*. John Wiley & Sons, Inc. River Street, Hoboken.
- [6] Utra, Dharma. (2010). *Pengolahan Citra Digital*. Andi. Yogyakarta.
- [7] Cios, Krzysztof J., Witold Predrycz, Roman W. Swiniarski, Lukasz A. Kurgan. (2007). *Data Mining A Knowledge Discovery Approach*. Springer Science+Bussines Media, LLC. New York.
- [8] Tavares, Joao Manuel R.S., R.M. Natal Jorge. (2010). *Computational Vision and Medical Image Processing*. Springer Science+Bussines Media B.V. New York.
- [9] Bandyopadhyay, Sanghamitra, dan Sriparna Saha. (2013). *Unsupervised Classification Similarity Measures, Classical and Metaheuristic Approaches, and Applications*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [10] Sismoro, Heri, dan Kusrini Iskandar. (2004). *Struktur Data dan Pemrograman dengan Pascal*. Andi. Yogyakarta