

Deteksi Iris Mata Menggunakan *Watershed* dan *Circular Hough Transform*

Habib Ja'far, Hendro Nugroho, dan Andy Rachman

Jurusan Teknik Informatika, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

ABSTRACT

Biometrics is one of the rapidly developing technologies today, which allows computers to identify a person based on one part of the human body that is considered unique and will not change. One part of the human body that can be used for the process of recognizing someone is the iris. To get iris biometrics with good results, an iris detection process is needed. In this study, the Watershed and Circular Hough Transform methods are proposed. The data used in this research was obtained from the Multimedia University (MMU) database. From the results of the evaluation conducted on the 50 eye images, the average precision value was 99.3494% and recall was 87.4795%. And the average accuracy is 98.6081%.

Article History

Received 9 – 7 – 2020
Revised 15 – 12 – 2020
Accepted 12 – 9 – 2022

Key words

Watershed
Biometrik
Circular Hough Transform

ABSTRAK

Biometrik merupakan salah satu teknologi yang berkembang pesat saat ini, yang memungkinkan komputer untuk mengidentifikasi seseorang berdasarkan salah satu bagian tubuh manusia yang dinilai unik dan tidak akan berubah-ubah. Salah satu bagian tubuh manusia yang bisa digunakan untuk proses pengenalan seseorang adalah iris mata. Untuk mendapatkan biometrik iris dengan hasil yang baik maka diperlukan proses deteksi iris mata. Pada penelitian ini diusulkan metode *Watershed* dan *Circular Hough Transform*. Data yang digunakan dalam penilitan ini didapatkan dari database Multimedia University (MMU). Dari hasil evaluasi yang dilakukan terhadap 50 citra mata tersebut diperoleh nilai rata-rata presisi sebesar 99,3494% dan recall sebesar 87,4795%. Serta rata-rata akurasi sebesar 98,6081%.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang begitu sangat pesat menjadikan komputer semakindibutuhkan untuk membantu pekerjaan manusia agar lebih cepat dan lebih mudah. Banyak pekerjaan manusia yang telah dibantu oleh komputer. Salah satu contohnya adalah proses pengenalan seseorang. Biometrik merupakan salah satu teknologi yang berkembang pesat saat ini, yang memungkinkan komputer untuk mengidentifikasi seseorang berdasarkan salah satu bagian tubuh manusia yang dinilai unik dan tidak akan berubah-ubah. Salah satu bagian tubuh manusia yang bisa digunakan untuk proses pengenalan seseorang adalah iris mata.

Iris mata merupakan salah satu area yang berbentuk lingkaran pada mata yang dibatasi oleh pupil dan sclera (bagian putih pada mata). Iris mata berfungsi untuk memberi warna pada mata dan mengatur pembesaran atau pengecilan pupil sesuai dengan intensitas cahaya yang masuk, oleh karenanya iris mata dapat mengembang dan mengecil. Selain digunakan untuk biometrik, iris mata juga bisa digunakan untuk mendeteksi penyakit yang diderita oleh seseorang.

Biometrik menggunakan iris mata memiliki tingkat keakuratan lebih tinggi, karena tiap iris mata pada manusia memiliki tekstur yang berbeda antara sebelah kanan dan sebelah kiri. Bahkan pada orang yang kembar identik, iris mata mereka berbeda satu sama lain [1]. Salah satu tahapan penting dan mendasar dalam sistem pengenalan iris mata (biometrik) adalah mendeteksi batas luar dan dalam dari pola iris mata pada citra input. Untuk bisa mendeteksi batas luar dan dalam dari iris mata, maka diperlukan segmentasi. Semakin akurat hasil segmentasi maka semakin bagus pula kualitas hasil analisis atau biometrik citra iris mata. Segmentasi citra iris mata bertujuan untuk memisahkan area yang diinginkan (*foreground*) dari area yang tidak diinginkan (*background*).

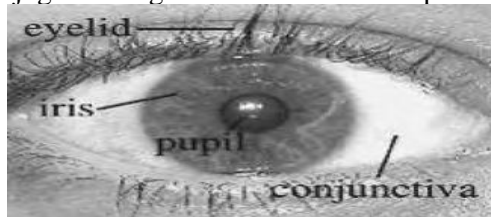
Beberapa penelitian mengenai deteksi iris mata telah dilakukan, antara lain : [2] mengusulkan metode Speeded up Robust Features (SURFs) untuk deteksi iris mata. Selanjutnya [3] mengusulkan metode untuk ekstraksi fitur citra iris menggunakan GLCM dengan menggunakan *Circular Hough Transform* dan *Deteksi Tepi Canny*. Kemudian [4] mengusulkan *Watershed Transform Based Iris Recognition System* (WIRE) untuk segmentasi citra iris.

Dalam penelitian ini, diusulkan deteksi citra iris mata dengan menggunakan metode *Watershed* dan *Circular Hough Transform*. Metode *Watershed* digunakan untuk segmentasi iris dari citra mata adapun *Circular Hough Transform* digunakan untuk deteksi tepi dari iris.

TINJAUAN PUSTAKA

Iris Mata

Iris atau selaput pelangi merupakan salah satu bagian pada organ mata. Iris berbentuk bulat dan terletak diantara sklera dan pupil. Iris berfungsi sebagai organ yang mengatur pembesaran atau pengecilan pupil sesuai dengan intensitas cahaya yang masuk, oleh karenanya iris mata dapat mengembang dan mengecil. Iris juga berfungsi memberikan warna pada mata.



Gambar 1. Gambar Mata

Iris dapat digunakan untuk mengenali seseorang dengan tingkat keakuratan yang tinggi. Iris merupakan salah satu bagian dari tubuh manusia yang memiliki sifat unik, karena setiap manusia memiliki tekstur iris yang berbeda antara sebelah kanan dan kirinya. Bahkan pada orang yang kembar identik, iris mata mereka berbeda satu sama lain [1]. Selain digunakan untuk mengenali seseorang, iris juga bisa digunakan untuk mendeteksi penyakit yang diderita seseorang.

Watershed

Dalam ilmu geografi, *watershed* adalah pertemuan dua lereng yang membagi daerah yang dikeluarkan oleh sistem sungai yang berbeda. *Catchment basin* adalah daerah geografis yang keluar menuju sungai atau *reservoir*. Sedangkan dalam pengolahan citra, *watershed* adalah sebuah metode untuk segmentasi citra yang memiliki konsep menganggap sebuah citra merupakan bentuk permukaan tiga dimensi yang mana x dan y merupakan nilai intensitas dari piksel-pikselynya. Adapun *catchment basin* adalah objek atau area yang ingin dipisahkan dari *background* (*Region of Interest*). Jika citra *grayscale* dianggap sebagai permukaan maka nilai piksel yang tinggi dianggap sebagai ketinggian (*peaks*) dan nilai piksel yang rendah dianggap sebagai lembah (*valley*). Dengan anggapan citra sebagai permukaan, maka terdapat tiga macam titik untuk menginterpretasikan metode *watershed*, yaitu:

1. Titik yang merupakan daerah terendah.
2. Titik yang merupakan tempat dimana jika tetesan air jatuh dititik tersebut, maka air akan jatuh ke posisi minimum tertentu.
3. Titik yang merupakan tempat dimana jika tetesan air jatuh dititik tersebut, maka air mempunyai kemungkinan untuk jatuh ke salah satu posisi minimum (tidak pasti jatuh ke sebuah titik minimum, tetapi dapat jatuh ke titik minimum tertentu atau titik minimum yang lain).

Untuk sebuah minimum regional tertentu, sekumpulan titik yang memenuhi kondisi (2) disebut sebagai *catchment basin*, sedangkan sekumpulan titik yang memenuhi kondisi (3) disebut sebagai *ridge line watershed*.

Ide dasar untuk cara kerja segmentasi ini adalah diasumsikan terdapat sebuah lubang yang dibuat pada minimum regional dan kemudian seluruh *topography* dialiri air yang barasal dari lubang tersebut dengan kecepatan konstan. Ketika air yang naik dari dua *catchment basin* hendak bergabung, maka dibangun sebuah dam untuk mencegah penggabungan tersebut. Aliran air akan mencapai tingkat yang diinginkan dan berhenti mengalir ketika hanya bagian atas dari dam yang terlihat. Tepi dam yang terlihat inilah yang disebut dengan garis *watershed*. Dan garis *watershed* inilah yang merupakan hasil dari segmentasi, dengan anggapan bahwa garis *watershed* tersebut merupakan tepi dari objek yang hendak disegmentasi.



Gambar 2. a) 2 dimensi transformasi watershed, b) 3 dimensi transformasi dasar Watershed.

Pada Gambar 2 (a) ditampilkan gambar dua dimensi dari konsep transformasi *watershed* dimana dua bagian yang berwarna gelap adalah dua buah *catchment basin* dan bagian ditengah kedua *catchment basin* merupakan daerah dimana garis *watershed* akan berada, sedangkan pada Gambar 2 (b) ditampilkan gambar tiga dimensi dari konsep transformasi *watershed*.

Proses Watershed pertama kali yang dilakukan adalah dengan membuat array $M_1, M_2, M_3, \dots, M_R$ dari koordinat titik daerah dengan nilai minimum pada citra $g(x,y)$. Kemudian dibuat $C(M_i)$ yaitu kumpulan koordinat pada *catchment basin* (daerah pengisian) yang memiliki hubungan dengan daerah minimum M_i , (dianggap daerah pengisian dan daerah minimum membentuk komponen yang saling tersambung). Penulisan min dan max digunakan untuk menandai nilai minimum dan nilai maksimum dari $g(x,y)$. Kemudian buat $T[n]$ menjadi kumpulan koordinat (s,t) dimana $g(s,t) < n$, sehingga dapat didefinisikan menjadi persamaan sebagai berikut:

$$T[n] = \{(s,t) | g(s,t) < n\} \dots (1)$$

$T[n]$ merupakan kumpulan koordinat dari $g(x,y)$ yang berada dibawah daerah $g(x,y)=n$. Topografi tersebut kemudian diisi dengan penambahan integer mulai dari $n=\min$ hingga $n=\max$. Pada setiap penambahan n , algoritma perlu mengetahui jumlah titik yang berada di bawah kedalaman n . Pada umumnya, daerah yang berada dibawah $g(x,y)=n$ diberi warna hitam atau nilai 0 dan yang berada di atasnya diberi warna putih atau nilai 1. Kemudian buat $C_n(M_i)$ menjadi kumpulan koordinat titik pada *catchment basin* (daerah pengisian) yang berhubungan dengan daerah minimum M_i yang diisi pada tahap n . $C_n(M_i)$ dapat dilihat sebagai citra biner menggunakan persamaan:

$$C_n(M_i) = C(M_i) \cap T[n] \dots (2)$$

Dengan kata lain, $C_n(M_i)$ adalah 1 pada lokasi (x,y) jika $(x,y) \in C(M_i)$ AND $(x,y) \in T[n]$, dan jika tidak pada lokasi tersebut maka $C_n(M_i)$ adalah 0. Interpretasi geometris hasil segmentasi hanya menggunakan operator AND untuk mengisolasi stage n dari pengisian citra biner dalam $T[n]$ yang diasosiasikan dengan regional minimum M_i . Dari sini dapat dikatakan bahwa $C[n]$ merupakan gabungan aliran di *catchment basin* pada tahap n menggunakan persamaan :

$$C[n] = \bigcup_{i=1}^R C_n(M_i) \dots (3)$$

Kemudian $C[\max+1]$ adalah gabungan dari semua *catchment basin*:

$$C[\max + 1] = \bigcup_{i=1}^R C_n(M_i) \dots (4)$$

$C[n-1]$ adalah subset dari $C[n]$ dan $C[n]$ adalah subset dari $T[n]$ maka $C[n-1]$ adalah subset dari $T[n]$. Dari sini didapatkan bahwa tiap komponen yang terhubung dari $C[n-1]$ memiliki 1 komponen yang terhubung dari $T[n]$. Diasumsikan Q adalah kumpulan komponen yang terhubung dalam $T[n]$, maka untuk tiap komponen yang terhubung $q \in Q[n]$, terdapat ada 3 kemungkinan:

- $q_a \cap C[n-1]$ adalah kosong
- $q_b \cap C[n-1]$ berisi satu komponen terkoneksi $C[n-1]$.
- $q_c \cap C[n-1]$ berisi lebih dari satu komponen terkoneksi $C[n-1]$.

Jika kondisi c terjadi maka pengisian akan menyebabkan 2 daerah menjadi 1, maka titik pada $C[n-1]$ menjadi milik dam atau watershed line [5].

Circular Hough Transform

Circular Hough Transform merupakan salah satu teknik Pengolahan Citra Digital yang digunakan untuk mendeteksi objek lingkaran pada suatu citra. *Circular Hough Transform* merupakan pengembangan dari *Hough Transform*. Sebuah lingkaran lebih mudah direpresentasikan dalam parameter ruang dibandingkan dengan sebuah garis. Karena parameter lingkaran dapat langsung dirubah ke dalam parameter ruang. Persamaan lingkaran dituliskan sebagai berikut:

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2 \dots (5)$$

Dari persamaan diatas, lingkaran mempunyai tiga parameter yaitu r , a , dan b . Dimana a dan b adalah pusat lingkaran dalam koordinat (x, y) dan r adalah radius lingkaran. Dalam bentuk trigonometri persamaan dapat ditulis menjadi:

$$x = a + R \cos(\theta) \dots (6)$$

$$y = b + R \sin(\theta) \dots (7)$$

Evaluasi Performa

Evaluasi Performa dilakukan untuk mengetahui keefektifan Segmentasi menggunakan *Watershed* dengan data citra mata yang didapatkan dari database Multimedia University (MMU). Evaluasi Performa yang akan dilakukan dengan membandingkan hasil segmentasi *Watershed* dengan citra *ground truth* yang disegmentasi secara manual. Piksel yang merupakan area dari objekiris (ROI) diklasifikasikan sebagai berikut :

1. *True Positive (TP)* : jumlah piksel area objek iris yang terdeteksi dengan benar sebagai objek iris, baik pada hasil segmentasi *Watershed* maupun secara manual.
2. *True Negative (TN)* : jumlah piksel yang bukan merupakan area objek iris yang terdeteksi dengan benar sebagai *background*, baik pada hasil segmentasi *Watershed* maupun secara manual.
3. *False Negative (FN)* : jumlah piksel yang bukan merupakan area objek iris yang terdeteksi sebagai area objek iris pada hasil segmentasi *Watershed* saja.
4. *False Positive (FP)* : jumlah piksel area objek iris yang terdeteksi dengan sebagai area *background* pada hasil segmentasi *Watershed* saja.

Untuk mengetahui akurasi dari hasil segmentasi *Watershed* dapat dilakukan dengan menghitung presisi (P) dengan menggunakan persamaan (7) dan *recall* (R) dengan persamaan (8).

$$P = \frac{TP}{TP+FP} \times 100\% \dots (7)$$

$$R = \frac{TP}{TP+FN} \times 100\% \dots (8)$$

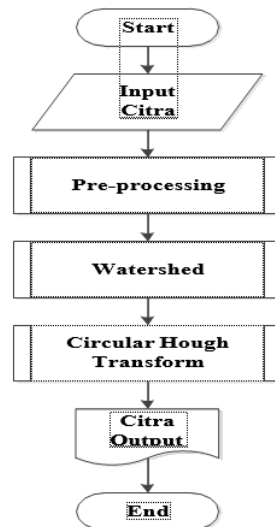
Sedangkan untuk mengetahui akurasi dari hasil segmentasi *Watershed* dengan hasil segmentasi citra *ground truth* dapat dilakukan dengan persamaan (9).

$$A = \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN} \times 100\% \dots (9)$$

METODE

Rancangan Sistem

Penelitian ini mengimplementasikan algoritma *Watershed* dan *Circular Hough Transform* untuk studi kasus deteksi iris mata. Dalam sistem tersebut terdapat proses input, pengolahan citra dan output berupa informasi citra iris mata. Dataset citra yang digunakan adalah citra mata yang didapatkan dari database Multimedia University (MMU) dengan dimensi 320x240 piksel. Citra mata tersebut berupa citra grayscale yang terdiri dari citra mata kanan dan citra mata kiri. Dataset citra mata tersebut akan diolah dengan melakukan proses binerisasi citra, kemudian proses mendeteksi objek iris pada mata menggunakan *Circular Hough Transform*, dan kemudian dilakukan segmentasi citra menggunakan algoritma *Watershed* untuk memisahkan objek iris dari citra. Setelah itu, dilakukan uji coba dan evaluasi hasil dari citra iris mata.

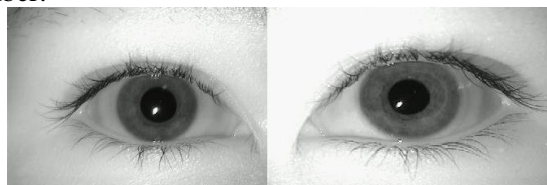


Gambar 3. Alur Penelitian

Gambar 3 merupakan alur dari keseluruhan program yang akan dibuat dalam penelitian ini, yang terdiri dari proses input citra, *pre-processing*, proses segmentasi citra menggunakan algoritma *Watershed*, proses binerisasi citra, proses pendeteksian objek iris dari citra mata menggunakan *Circular Hough Transform* sehingga menghasilkan citra output.

Sumber Data

Pada penelitian ini, Citra yang akan di proses adalah citra mata yang berukuran 320x240 piksel dan memiliki format BMP yang didapatkan dari database Multimedia University (MMU). Citra mata yang digunakan berjumlah 50 citra mata yang terdiri dari 5 subyek, masing-masing subyek terdiri dari 10 citra mata, 5 citra mata kanan dan 5 citra mata kiri. Serta citra *groundtruth* yang dibuat dari citra sumber.



Gambar 4. Data Citra mata



Gambar 5. Citra *Groundtruth*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem pada deteksi iris mata meliputi proses *watershed*, *circular hough transform* dan perhitungan akurasi. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 50 data citra. Hasil akhir yang dihasilkan oleh sistem adalah mendapatkan dan mendeteksi area objek iris mata. Berikut hasil akhir dari sistem dengan menggunakan data yang berjumlah 50 citra :

Tabel 1. Hasil akhir dari sistem

No	Nama File	TP	TN	FP	FN	Presisi (%)	Recall (%)	Akurasi (%)
1.	aeval1.bmp	6175	69421	17	1187	99,7255	83,8767	98,4323

2.	aeval2.bmp	6458	69426	20	896	99,6913	87,8162	98,8073
3.	aeval3.bmp	7758	68405	15	622	99,807	92,5776	99,1706
4.	aeval4.bmp	7121	68368	120	1191	98,3428	85,6713	98,293
5.	aeval5.bmp	6409	69802	26	563	99,596	91,9248	99,2331
6.	aevar1.bmp	4852	70899	36	1013	99,2635	82,728	98,6341
7.	aevar2.bmp	6132	70002	0	666	100	90,203	99,1328
8.	aevar3.bmp	5587	70522	9	682	99,8392	89,1211	99,1003
9.	aevar4.bmp	5865	70251	10	674	99,8298	89,6926	99,1094
10.	aevar5.bmp	6647	69364	0	789	100	89,3895	98,9727
11.	fatmal1.bmp	5858	69753	27	1162	99,5412	83,4473	98,4518
12.	fatmal2.bmp	5803	69716	99	1182	98,3226	83,078	98,332
13.	fatmal3.bmp	4696	71091	16	997	99,6604	82,4873	98,681
14.	fatmal4.bmp	4688	71035	7	1070	99,8509	81,4172	98,5977
15.	fatmal5.bmp	5348	70468	25	959	99,5347	84,7947	98,7188
16.	fatmar1.bmp	6033	69179	24	1564	99,6038	79,4129	97,9323
17.	fatmar2.bmp	5596	69798	9	1397	99,8394	80,0229	98,1693
18.	fatmar3.bmp	5559	69639	50	1552	99,1086	78,1747	97,9141
19.	fatmar4.bmp	5693	69355	57	1695	99,0087	77,0574	97,7188
20.	fatmar5.bmp	6205	69411	38	1146	99,3913	84,4103	98,4583
21.	vimalal1.bmp	7591	67468	109	1632	98,5844	82,3051	97,7331
22.	vimalal2.bmp	6749	68666	458	927	93,6451	87,9234	98,1966
23.	vimalal3.bmp	8563	66281	52	1904	99,3964	81,8095	97,4531
24.	vimalal4.bmp	8629	65893	328	1950	96,3381	81,5673	97,0339
25.	vimalal5.bmp	8519	66263	374	1644	95,7944	83,8237	97,3724
26.	vimalar1.bmp	7807	66179	0	2814	100	73,5053	96,3359
27.	vimalar2.bmp	8426	66366	176	1832	97,9540	82,1408	97,3854
28.	vimalar3.bmp	8702	66514	126	1458	98,5727	85,6496	97,9375
29.	vimalar4.bmp	8286	66432	0	2082	100	79,919	97,2891
30.	vimalar5.bmp	7930	67476	1	1393	99,9874	85,0585	98,1849
31.	zaridah1.bmp	8530	68081	0	189	100	97,8323	99,7539
32.	zaridah2.bmp	6405	70249	0	146	100	97,7713	99,8099
33.	zaridah3.bmp	8258	68413	0	129	100	98,4619	99,832
34.	zaridah4.bmp	7708	69061	0	31	100	99,5994	99,9596
35.	zaridah5.bmp	6366	70213	0	221	100	96,6449	99,7122
36.	zaridahr1.bmp	7900	68840	0	60	100	99,2462	99,9219
37.	zaridahr2.bmp	7956	68360	6	478	99,9246	94,3325	99,3698
38.	zaridahr3.bmp	8004	68322	18	456	99,7756	94,6099	99,3828
39.	zaridahr4.bmp	8794	67777	1	228	99,9886	97,4728	99,7018
40.	zaridahr5.bmp	8558	68134	0	108	100	98,7538	99,8594
41.	zulaikahl1.bmp	7879	68325	0	596	100	92,9676	99,224
42.	zulaikahl2.bmp	7638	68257	0	905	100	89,4065	98,8216
43.	zulaikahl3.bmp	7680	66082	95	2943	98,7781	72,296	96,0443
44.	zulaikahl4.bmp	7544	68412	2	842	99,9735	89,9595	98,901
45.	zulaikahl5.bmp	7527	68144	8	1121	99,8938	87,0375	98,5299
46.	zulaikahr1.bmp	6797	68933	9	1061	99,8678	86,4978	98,6068
47.	zulaikahr2.bmp	5984	70112	12	692	99,7999	89,6345	99,0833
48.	zulaikahr3.bmp	6228	70107	0	465	100	93,0524	99,3945
49.	zulaikahr4.bmp	6413	69619	13	755	99,7977	89,4671	99
50.	zulaikahr5.bmp	6911	68901	39	949	99,4388	87,9262	98,7135

Dari hasil 50 citra yang diuji dengan citra yang disegmentasi secara manual (groundtruth), didapatkan nilai rata-rata presisi, recall, dan akurasi dari persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Presisi} &= \frac{\sum \text{Presisi}}{50} = \frac{4967,4676}{50} = 99,3494 \% \\ \text{Recall} &= \frac{\sum \text{Recall}}{50} = \frac{4373,9755}{50} = 87,4795 \% \\ \text{Akurasi} &= \frac{\sum \text{Akurasi}}{50} = \frac{4930,4036}{50} = 98,6081 \% \end{aligned}$$

KESIMPULAN

Pada penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan metode *Watershed* dan *Circular Hough Transform* untuk deteksi obyek iris mata pada citra mata dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Proses segmentasi citra dengan menggunakan metode *Watershed* diawali dengan proses *pre-processing* yaitu : proses *Contrast Enhancement* dan Binerisasi Citra menggunakan metode Otsu. Kemudian dilakukan proses segmentasi citra menggunakan metode *Watershed*. Hasil dari segmentasi menggunakan metode *Watershed* menunjukkan hasil segmentasi yang berlebihan (*oversegmentation*).
2. Pada penelitian ini, objek iris mata telah berhasil dideteksi dengan menggunakan metode *Circular Hough Transform*. Hasil deteksi iris mata didapat dengan cara *men-scan* piksel citra yang telah dilakukan proses deteksi tepi menggunakan metode Canny kemudian menentukan titik x, y untuk titik tengah iris dan jari-jari dari iris.
3. Proses pengujian dilakukan menggunakan 50 citra mata dan menghasilkan rata-rata presisi sebesar 99,3494% dan recall sebesar 87,4795%. Serta rata-rata akurasi sebesar 98,6081%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sharma, S., Garg, Anupam Er. (2017). *Iris Recognition System using Watershed Transform and CHT*. Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR) Volume 3, Issue 8.
- [2] Ali, H.S., Ismail, A.I., Farag, F.A. et al. (2016). *Speeded up robust features for efficient iris recognition*. SIViP 10, 1385–1391. Electronics and Communication Department, Faculty of Engineering, Zagazig University, Zagazig, Egypt.
- [3] Grover, D., Devi, K., Gupta., Dhindsa, A. (2016). *An effective texture feature extraction approach for iris recognition system*. IEEE.
- [4] Frucci, M., Nappi, M., Riccio, Daniel. (2016). *Watershed Based Iris Recognition*. Pattern Recognition Volume 52, April 2016, Hal. 148-159.
- [5] Prasetyo, Eko. (2011). *Pengolahan Citra Digital dan Aplikasinya menggunakan Matlab*, Penerbit Andi, Yogyakarta.