

SISTEM IDENTIFIKASI MIKROANEURISMA PADA CITRA RETINA DIGITAL

Darma Putra¹, Wiskara²

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Kampus Bukit Jimbaran, Bali, 80361

Email¹: duglaire@yahoo.com

Abstrak

Sistem identifikasi mikroaneurisma pada citra retina digital adalah suatu sistem yang mampu untuk mendeteksi ada tidaknya suatu mikroaneurisma pada suatu citra retina. Sistem ini menggunakan lima buah nilai acuan untuk mengidentifikasi apakah suatu objek merupakan mikroaneurisma atau tidak. Sehingga setiap objek dihitung terlebih dahulu nilai-nilainya menggunakan metode yang ada, selanjutnya nilai-nilai setiap objek dicocokkan dengan nilai acuan yang telah ditetapkan sebelumnya. Suatu objek dapat dianggap sebagai calon mikroaneurisma jika memiliki nilai yang berada diantara batasan nilai acuan.

Akurasi sistem identifikasi mikroaneurisma ini dihitung dengan membandingkan jumlah mikroaneurisma yang ditandai oleh dokter dengan hasil identifikasi oleh sistem. Citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra retina digital yang sudah dilabeling berformat *bitmap*. Dalam penelitian ini diuji 20 sampel citra retina digital yang sudah dilabeling. Dari penelitian diperoleh tingkat akurasi terendah pada sistem identifikasi mikroaneurisma citra retina digital berdasarkan jumlah parameter yang digunakan adalah sebesar 12,09% dengan menggunakan satu parameter. Sedangkan tingkat akurasi tertinggi pada sistem identifikasi mikroaneurisma citra retina digital berdasarkan jumlah parameter yang digunakan adalah sebesar 91,34% dengan menggunakan lima parameter.

Kata kunci: retina, retinopati diabetes, mikroaneurisma, identifikasi.

1. PENDAHULUAN

Retinopati diabetes adalah komplikasi mikrovaskular yang dapat terjadi pada pasien diabetes yang tidak ditangani dengan baik. Penyakit tersebut dapat mengganggu penglihatan, sehingga pada suatu saat dapat menyebabkan kebutaan. Penyakit ini cukup banyak terjadi di Indonesia, oleh karena itu penelitian di bidang diagnosis retinopati diabetes menarik untuk dibahas. Pada penderita retinopati diabetes terdapat beberapa tanda-tanda kelainan pada retina salah satunya yaitu mikroaneurisma.

Gejala klinis dari penyakit ini adalah munculnya mikroaneurisma yang merupakan pembengkakan pembuluh darah berukuran mikro dan dapat terlihat sebagai titik-titik kemerahan pada retina. Penyakit ini dibagi ke dalam 2 kategori, yaitu *nonproliferasif* dan *proliferasif*. Retinopati diabetes *nonproliferasif* diklasifikasikan ke dalam 3 tingkatan, yaitu *mild*, *moderate*, dan *severe* dan masing-masing tingkatan dibutuhkan penanganan yang berbeda. Alat bantu diagnosa yang digunakan adalah kamera fundus yang berfungsi mendapatkan citra retina, dari citra retina tersebut dapat dilakukan pengamatan secara manual mengenai keberadaan mikroaneurisma [3]. Tetapi cara ini kurang efektif karena dibutuhkan waktu yang lama dan memungkinkan terjadi kesalahan dalam pengamatan. Hal ini menyulitkan dokter spesialis mata untuk menentukan dengan cepat terapi apa yang tepat diberikan pada pasien.

Mengacu pada permasalahan tersebut, dalam penelitian ini dibahas mengenai pengembangan sistem untuk mendeteksi mikroaneurisma sehingga dapat membantu dokter ahli mata dalam menentukan penanganan yang tepat untuk pasien.

2. PENGUMPULAN DATA (CITRA) RETINA

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sampel retina yang diambil internet pada basis data *Departement of Ophthalmology, University of Kuopio Finland Ophthalmology* [2] dan disimpan dalam media penyimpanan, serta telah dilakukan proses segmentasi dan labeling dari hasil penelitian sebelumnya[6].

3. PENDETEKSIAN MIKROANEURISMA

Proses pendeteksian mikroaneurisma terdiri dari beberapa proses sampai menghasilkan informasi. Image citra retina yang diproses adalah citra yang telah mengalami proses segmentasi dan *ter-labeling*. Tahapan proses pendeteksian mikroaneurisma dijelaskan sebagai berikut.

3.1 Cropping

Proses *cropping* berguna untuk melakukan pemisahan beberapa objek pada citra retina yang telah di labeling sehingga menjadi sebuah objek yang berdiri sendiri. Proses *cropping* terdiri dari langkah-langkah berikut:

- 1) Ambil koordinat titik awal, titik akhir, panjang dan lebar objek dari objek yang telah di *labeling*.

- 2) Lakukan proses pemotongan citra berdasarkan koordinat titik awal, titik akhir, panjang dan lebar citra.

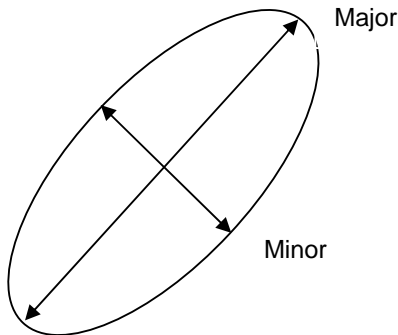
Citra yang telah di *cropping* tersebut dilakukan proses penghitungan nilai-nilai *Pixel count*, *Ratio of Minor to Major Axis*, *Compactness Test*, *Length Test*, *Hole Test*.

3.2 Pixel count

Pixel count berguna untuk menghitung jumlah *pixel* dari objek tersebut, dimana jumlah *pixel* dari objek tersebut dapat dijadikan salah satu acuan untuk menentukan apakah objek tersebut mikroaneurisma atau bukan. Pengecekan dilakukan terhadap *pixel* yang berwarna hitam, kemudian dihitung jumlahnya.

3.3 Ratio of minor to major axis

Secara umum mikroaneurisma memiliki bentuk lonjong / *elips* tetapi tidak semua objek yang berbentuk *elips* dapat dikatakan mikroaneurisma, sehingga diperlukan algoritma *ratio of minor to major axis* untuk mendapatkan nilai perbandingan antara lebar dan tinggi dari suatu objek *elips* tersebut, seperti terlihat pada Gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Major axis dan Minor axis

Langkah algoritma untuk mendapatkan nilai perbandingan antara lebar dan tinggi dari suatu objek *elips* tersebut adalah sebagai berikut [5]:

- 1) Cari pusat *moment* dari pusat objek tersebut
- 2) Cek setiap *pixel* apakah berwarna hitam, jika ya lanjutkan ke langkah 3.
- 3) Hitung nilai dari:

μ_{20} dengan rumus:

$$\frac{1}{K^2} \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K [x_k - x'_k]^2 F(J,K) \quad (1)$$

μ_{02} dengan rumus:

$$\frac{1}{J^2} \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K [y_k - y'_k]^2 F(J,K) \quad (2)$$

μ_{11} dengan rumus:

$$\frac{1}{JK}$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K [x_k - x'_k] [y_k - y'_k] F(J,K) \quad (3)$$

- 4) Hitung *ratio of minor to major axis* dengan rumus:

$$\frac{(\mu_{20} - \mu_{02})^2 + 4\mu_{11}}{\text{area}} \quad (4)$$

3.4 Compactness test

Metode *compactness test* berfungsi untuk mencari ratio perbandingan antara keliling dari objek dengan luas dari objek tersebut, sehingga dapat dihitung *MinRedSpotCompactRatio* dengan rumus:

$$\text{MinRedSpotCompactRatio} = \frac{\text{Filled object area}}{\text{total object area}} \quad (5)$$

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses *compactness test* adalah sebagai berikut:

- 1) Set nilai $Q_0=0$; $Q_1=0$; $Q_2=0$; $Q_3=0$; $Q_4=0$; $Q_5=0$;
- 2) Untuk setiap *pixel* dilakukan pengecekan, apakah nilai *pixel* di titik tersebut $(x,y) = 255$ (putih) dan $(x+1, y) = 255$ dan $(x, y+1) = 255$ dan $(x+1, y+1) = 255$. Jika ya $Q_0 = Q_0 + 1$, jika tidak lakukan langkah 3.
- 3) Cek apakah nilai *pixel* di titik tersebut $(x,y) = 0$ dan $(x+1,y) = 255$ dan $(x,y+1) = 255$ dan $(x+1,y+1) = 255$ atau $(x,y) = 255$ dan $(x+1,y) = 0$ dan $(x,y+1) = 255$ dan $(x+1,y+1) = 255$ atau $(x,y) = 255$ dan $(x+1,y) = 255$ dan $(x,y+1) = 255$ dan $(x+1,y+1) = 0$ atau $(x,y) = 255$ dan $(x+1,y) = 255$ dan $(x,y+1) = 0$ dan $(x+1,y+1) = 255$. Jika ya $Q_1 = Q_1 + 1$, jika tidak lakukan langkah 4.
- 4) Cek apakah nilai *pixel* di titik tersebut $(x,y) = 0$ dan $(x+1,y) = 0$ dan $(x,y+1) = 255$ dan $(x+1,y+1) = 255$ atau $(x,y) = 255$ dan $(x+1,y) = 0$ dan $(x,y+1) = 255$ dan $(x+1,y+1) = 0$ atau $(x,y) = 255$ dan $(x+1,y) = 255$ dan $(x,y+1) = 0$ dan $(x+1,y+1) = 0$ atau $(x,y) = 255$ dan $(x+1,y) = 0$ dan $(x,y+1) = 0$ dan $(x+1,y+1) = 255$. Jika ya $Q_2 = Q_2 + 1$, jika tidak lakukan langkah 5.
- 5) Cek apakah nilai *pixel* di titik tersebut $(x,y) = 0$ dan $(x+1,y) = 0$ dan $(x,y+1) = 255$ dan $(x+1,y+1) = 0$ atau $(x,y) = 255$ dan $(x+1,y) = 0$ dan $(x,y+1) = 0$ dan $(x+1,y+1) = 0$ atau $(x,y) = 0$ dan $(x+1,y) = 255$ dan $(x,y+1) = 0$ dan $(x+1,y+1) = 0$ atau $(x,y) = 0$ dan $(x+1,y) = 0$ dan $(x,y+1) = 0$ dan $(x+1,y+1) = 255$. Jika ya $Q_3 = Q_3 + 1$, jika tidak lakukan langkah 6.
- 6) Cek apakah nilai *pixel* di titik tersebut $(x,y) = 0$ dan $(x+1,y) = 0$ dan $(x,y+1) = 0$ dan $(x+1,y+1) =$

0. Jika ya $Q4 = Q4 + 1$, jika tidak lakukan langkah 7.
- 7) Cek apakah nilai *pixel* di titik tersebut $(x,y) = 0$ dan $(x+1,y) = 255$ dan $(x,y+1) = 255$ dan $(x+1,y+1) = 255$ atau $(x,y) = 255$ dan $(x+1,y) = 0$ dan $(x,y+1) = 0$ dan $(x+1,y+1) = 255$. Jika ya $Q5 = Q5 + 1$
- 8) Hitung area dengan rumus:

$$((0.25 * Q1) + (0.5 * Q2) + (0.875 * Q3) + (Q4) + (0.75 * Q5)) \quad (6)$$
- 9) Hitung perimeter dengan rumus:

$$((Q2) + (0.707 * ((Q1) + (Q3) + (2 * Q5)))) \quad (7)$$
- 10) Hitung *compactness test* dengan rumus:

$$\frac{(\text{Perimeter})^2}{4 * 3.14 * \text{Area}} \quad (8)$$

3.5 Length test

Metode *length test* digunakan untuk membedakan sebuah citra yang terdeteksi sebagai calon mikroaneurisma dengan citra pembuluh darah, dimana metode ini dapat menghitung panjang dari citra yang terdeteksi sebagai calon mikroaneurisma, sehingga dengan diketahui panjangnya maka dapat dibedakan mana citra pembuluh darah dan citra mikroaneurisma.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses *length test* adalah sebagai berikut:

- 1) Set nilai $Q1=0; Q2=0; Q3=0; Q5=0;$
- 2) Untuk setiap *pixel* dilakukan pengecekan, apakah nilai *pixel* di titik tersebut $(x,y) = 0$ dan $(x+1,y) = 255$ dan $(x,y+1) = 255$ dan $(x+1,y+1) = 255$ atau $(x,y) = 255$ dan $(x+1,y) = 0$ dan $(x,y+1) = 255$ dan $(x+1,y+1) = 255$ atau $(x,y) = 255$ dan $(x+1,y) = 255$ dan $(x,y+1) = 255$ dan $(x+1,y+1) = 0$ atau $(x,y) = 255$ dan $(x+1,y) = 255$ dan $(x,y+1) = 0$ dan $(x+1,y+1) = 255$. Jika ya $Q1 = Q1 + 1$, jika tidak lakukan langkah 3.
- 3) Cek apakah nilai *pixel* di titik tersebut $(x,y) = 0$ dan $(x+1,y) = 0$ dan $(x,y+1) = 255$ dan $(x+1,y+1) = 255$ atau $(x,y) = 255$ dan $(x+1,y) = 0$ dan $(x,y+1) = 255$ dan $(x+1,y+1) = 0$ atau $(x,y) = 255$ dan $(x+1,y) = 255$ dan $(x,y+1) = 0$ dan $(x+1,y+1) = 0$ atau $(x,y) = 0$ dan $(x+1,y) = 255$ dan $(x,y+1) = 0$ dan $(x+1,y+1) = 255$. Jika ya $Q2 = Q2 + 1$, jika tidak lakukan langkah 4.
- 4) Cek apakah nilai *pixel* di titik tersebut $(x,y) = 0$ dan $(x+1,y) = 0$ dan $(x,y+1) = 255$ dan $(x+1,y+1) = 0$ atau $(x,y) = 255$ dan $(x+1,y) = 0$ dan $(x,y+1) = 0$ dan $(x+1,y+1) = 0$ atau $(x,y) = 0$ dan $(x+1,y) = 255$ dan $(x,y+1) = 0$ dan $(x+1,y+1) = 0$ atau $(x,y) = 0$ dan $(x+1,y) = 0$ dan $(x,y+1) = 0$ dan $(x+1,y+1) = 255$. Jika ya $Q3 = Q3 + 1$, jika tidak lakukan langkah 9

- 5) Cek apakah nilai *pixel* di titik tersebut $(x,y) = 0$ dan $(x+1,y) = 255$ dan $(x,y+1) = 255$ dan $(x+1,y+1) = 255$ atau $(x,y) = 255$ dan $(x+1,y) = 0$ dan $(x,y+1) = 0$ dan $(x+1,y+1) = 255$. Jika ya $Q5 = Q5 + 1$
- 6) Hitung *length test* dengan rumus :

$$((Q2) + (0.707 * ((Q1) + (Q3) + (2 * Q5)))) \quad (9)$$

3.6 Hole test

Kepadatan suatu daerah juga diuji dalam rangka akhirnya menerimanya sebagai calon mikroaneurisma atau bukan dengan metode *hole test*. Karena suatu obyek dengan suatu lubang tidak bisa diambil sebagai calon mikroaneurisma tetapi bisa merupakan suatu pendarahan atau lain dan bukan citra mikroaneurisma.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses *length test* adalah sebagai berikut:

- 1) Set nilai $Q1=0; Q3=0; Q5=0;$
- 2) Untuk setiap *pixel* dilakukan pengecekan, apakah nilai *pixel* di titik tersebut $(x,y) = 0$ dan $(x+1,y) = 255$ dan $(x,y+1) = 255$ dan $(x+1,y+1) = 255$ atau $(x,y) = 255$ dan $(x+1,y) = 0$ dan $(x,y+1) = 255$ dan $(x+1,y+1) = 255$ atau $(x,y) = 255$ dan $(x+1,y) = 255$ dan $(x,y+1) = 255$ dan $(x+1,y+1) = 0$ atau $(x,y) = 255$ dan $(x+1,y) = 255$ dan $(x,y+1) = 0$ dan $(x+1,y+1) = 255$. Jika ya $Q1 = Q1 + 1$, jika tidak lakukan langkah 3.
- 3) Cek apakah nilai *pixel* di titik tersebut $(x,y) = 0$ dan $(x+1,y) = 0$ dan $(x,y+1) = 255$ dan $(x+1,y+1) = 0$ atau $(x,y) = 255$ dan $(x+1,y) = 0$ dan $(x,y+1) = 0$ dan $(x+1,y+1) = 0$ atau $(x,y) = 0$ dan $(x+1,y) = 0$ dan $(x,y+1) = 0$ dan $(x+1,y+1) = 0$ atau $(x,y) = 0$ dan $(x+1,y) = 0$ dan $(x,y+1) = 0$ dan $(x+1,y+1) = 255$. Jika ya $Q3 = Q3 + 1$, jika tidak lakukan langkah 4.
- 4) Cek apakah nilai *pixel* di titik tersebut $(x,y) = 0$ dan $(x+1,y) = 255$ dan $(x,y+1) = 255$ dan $(x+1,y+1) = 255$ atau $(x,y) = 255$ dan $(x+1,y) = 0$ dan $(x,y+1) = 0$ dan $(x+1,y+1) = 255$. Jika ya $Q5 = Q5 + 1$
- 5) Hitung *hole test* dengan rumus :

$$(0.25 * (Q1 - Q3 + (2 * Q5))) \quad (10)$$

4. PERCOBAAN DAN HASIL

Proses pengujian dilakukan dengan menghitung nilai *pixel count*, *ratio of minor to major axis*, *compactness test*, *length test*, *hole test* dari masing-masing objek pada citra retina yang telah di *labeling*. Dari hasil penghitungan nilai-nilai tersebut dilakukan seleksi berdasarkan *range* nilai yang telah ditentukan sebelumnya. Sehingga objek-objek yang memiliki nilai sesuai dengan *range* yang telah

ditentukan dapat dianggap sebagai calon mikroaneurisma.

Hasil dari pengujian citra retina dengan jumlah sampel sebanyak 5 citra untuk menentukan suatu objek termasuk mikroaneurisma atau tidak dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Hasil pengujian sampel 5 citra untuk mendapatkan nilai acuan parameter

| No | Pixel Counts | Ratio of Minor to Major Axis | Compactness Test | Length Test | Hole Test |
|----|--------------|------------------------------|------------------|-------------|-----------|
| 1 | 89 | 0.117851 | 0.002773 | 14.828 | 1 |
| 2 | 78 | 0.306247 | 0.747929 | 3.535 | 1 |
| 3 | 105 | 1.123636 | 0.128377 | 2.121 | 1 |
| 4 | 27 | 0.707106 | 0.517019 | 2.828 | 1 |
| 5 | 20 | 0.798595 | 0.509402 | 13.414 | 1 |
| 6 | 38 | 0.131675 | 0.618651 | 22.521 | 1 |
| 7 | 56 | 1.028518 | 0.309325 | 16.535 | 1 |
| 8 | 115 | 0.138675 | 0.013842 | 19.121 | 1 |
| 9 | 90 | 1.074535 | 0.045482 | 20.535 | 1 |
| 10 | 68 | 1.221881 | 0.212251 | 21.707 | 1 |

Melalui Tabel 1 di atas di dapat beberapa nilai-nilai acuan dari masing-masing parameter :

a. *Pixel Counts*

Jika pada objek jumlah *pixel* berada diantara 20 – 115 *pixel* maka dapat diambil kesimpulan awal bahwa objek tersebut kemungkinan mikroaneurisma.

b. *Ratio of Minor to Major Axis*

Jika hasilnya diantara 0,1 – 1,32 maka terdapat kemungkinan sebagai mikroaneurisma.

c. *Compactness Test*

Jika sebuah objek memiliki nilai *compactness* diantara 0,001 dari 0,75 maka terdapat kemungkinan sebagai mikroaneurisma.

d. *Length Test*

Sebuah objek dapat dikatakan sebagai calon mikroaneurisma jika nilai *length test*nya berada diantara 2 – 22,6.

e. *Hole Test*

Suatu objek dikatakan sebagai mikroaneurisma jika tidak memiliki lubang atau dengan nilai = -1.

Jika nilai sebuah objek memenuhi nilai acuan yang telah ditentukan maka objek tersebut dapat dianggap sebagai mikroaneurisma.

Pengujian tingkat keberhasilan dari sistem pengenalan mikroaneurisma dilakukan dengan mencari nilai perbandingan kesalahan perhitungan oleh sistem dibandingkan dengan perhitungan oleh dokter ahli. Pada penelitian ini, analisa citra retina digital secara konvensional dibantu oleh Dr. A.A.A. Sukartini D. SpM yang bertugas di RS. Sanglah – Denpasar.

Jumlah citra yang digunakan adalah 20 citra, dengan menggunakan berbagai jenis kombinasi dari parameter yang ada.

Hasil dari pengujian citra retina dengan jumlah sampel sebanyak 20 citra dengan menggunakan satu parameter yaitu *pixel count* adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil pengujian sampel 20 citra dengan menggunakan satu parameter yaitu *pixel count*

| No | Image | Analisa Awal | Hasil Cross check | Analisa Sistem | Akurasi |
|-----------|-----------|--------------|-------------------|----------------|---------|
| 1 | image001 | 6 | 8 | 52 | 15.38% |
| 2 | image002 | 5 | 6 | 68 | 8.82% |
| 3 | image003 | 7 | 7 | 99 | 7.07% |
| 4 | image004 | 5 | 5 | 52 | 9.62% |
| 5 | image005 | 5 | 6 | 26 | 23.08% |
| 6 | image006 | 6 | 7 | 54 | 12.96% |
| 7 | image007 | 4 | 4 | 133 | 3.01% |
| 8 | image008 | 6 | 6 | 64 | 9.38% |
| 9 | image009 | 5 | 6 | 189 | 3.17% |
| 10 | image0010 | 10 | 12 | 83 | 14.46% |
| 11 | image0011 | 11 | 12 | 100 | 12.00% |
| 12 | image0012 | 6 | 9 | 63 | 14.29% |
| 13 | image0013 | 5 | 7 | 104 | 6.73% |
| 14 | image0014 | 6 | 6 | 59 | 10.17% |
| 15 | image0015 | 15 | 15 | 56 | 26.79% |
| 16 | image0016 | 7 | 8 | 82 | 9.76% |
| 17 | image0017 | 4 | 4 | 132 | 3.03% |
| 18 | image0018 | 5 | 6 | 164 | 3.66% |
| 19 | image0019 | 17 | 17 | 52 | 32.69% |
| 20 | image0020 | 14 | 14 | 89 | 15.73% |
| Rata-rata | | | | | 12.09% |

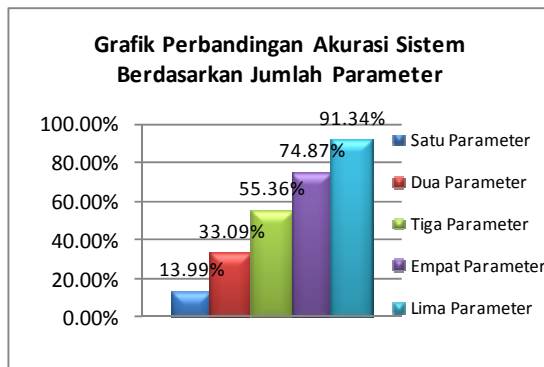
Hasil pengujian dengan menggunakan satu buah parameter yaitu *pixel count* didapat nilai akurasi tertinggi sebesar 32,69% pada *image0019* dan nilai akurasi terendah sebesar 3,01% pada *image007*, sedangkan nilai rata-rata dari akurasi sistem yaitu sebesar 12,09%.

Hasil dari pengujian citra retina dengan jumlah sampel sebanyak 20 citra dengan menggunakan lima parameter yaitu *pixel count*, *ratio of minor to major axis*, *compactness test*, *length test* dan *hole test* adalah seperti dalam tabel 3.

Hasil pengujian dengan menggunakan lima buah parameter *pixel count*, *ratio of minor to major axis*, *compactness test*, *length test* dan *hole* seperti gambar 2. Nilai akurasi tertinggi sebesar 100,00% pada *image001*, *image005*, *image006*, *image007*, *image008*, *image0017*, *image0018*, *image0019*, dan *image0020* dan nilai akurasi terendah sebesar 75,00% pada *image0011*, sedangkan nilai rata-rata dari akurasi sistem yaitu sebesar 91,34%.

Tabel 3. Hasil pengujian sampel 20 citra dengan menggunakan lima parameter yaitu *pixel count*, *ratio of minor to major axis*, *compactness test*, *length test* dan *hole test*

| No | Image | Analisa Awal | Hasil Cross check | Analisa Sistem | Akurasi Sistem |
|-----------|-----------|--------------|-------------------|----------------|----------------|
| 1 | image001 | 6 | 8 | 8 | 100.00% |
| 2 | image002 | 5 | 6 | 7 | 85.71% |
| 3 | image003 | 7 | 7 | 9 | 77.78% |
| 4 | image004 | 5 | 5 | 6 | 83.33% |
| 5 | image005 | 5 | 6 | 6 | 100.00% |
| 6 | image006 | 6 | 7 | 7 | 100.00% |
| 7 | image007 | 4 | 4 | 4 | 100.00% |
| 8 | image008 | 6 | 6 | 6 | 100.00% |
| 9 | image009 | 5 | 6 | 5 | 83.33% |
| 10 | image0010 | 10 | 12 | 11 | 91.67% |
| 11 | image0011 | 11 | 12 | 16 | 75.00% |
| 12 | image0012 | 6 | 9 | 8 | 88.89% |
| 13 | image0013 | 5 | 7 | 8 | 87.50% |
| 14 | image0014 | 6 | 6 | 7 | 85.71% |
| 15 | image0015 | 15 | 15 | 19 | 78.95% |
| 16 | image0016 | 7 | 8 | 9 | 88.89% |
| 17 | image0017 | 4 | 4 | 4 | 100.00% |
| 18 | image0018 | 5 | 6 | 6 | 100.00% |
| 19 | image0019 | 17 | 17 | 17 | 100.00% |
| 20 | image0020 | 14 | 14 | 14 | 100.00% |
| Rata-rata | | | | | 91.34% |



Gambar 2. Grafik Perbandingan Akurasi Sistem Berdasarkan Jumlah Parameter

Tingginya tingkat akurasi sistem dengan menggunakan lima parameter karena setiap objek untuk dapat dideteksi sebagai mikroaneurisma harus memenuhi kelima nilai acuan yang sudah ditetapkan, sedangkan rendahnya akurasi sistem dengan menggunakan satu parameter karena setiap objek hanya harus memenuhi salah satu nilai parameter.

Sebagai pembandingan dilakukan pengujian terhadap 5 citra retina yang normal sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil pengujian sampel 5 citra dengan retina normal

| No | Image | Analisa Awal | Hasil Cross check | Analisa Sistem | Akurasi Sistem |
|-----------|----------|--------------|-------------------|----------------|----------------|
| 1 | image001 | 0 | 0 | 0 | 100% |
| 2 | image002 | 0 | 0 | 0 | 100% |
| 3 | image003 | 0 | 0 | 1 | 50% |
| 4 | image004 | 0 | 0 | 0 | 100% |
| 5 | image005 | 0 | 0 | 0 | 100% |
| Rata-rata | | | | | 90% |

Hasil pengujian dengan menggunakan lima buah citra retina normal didapat nilai akurasi tertinggi sebesar 100,00% pada *image001*, *image002*, *image004*, dan *image005* dan nilai akurasi terendah sebesar 50,00% pada *image003*, sedangkan nilai rata-rata dari akurasi sistem yaitu sebesar 90,00%.

5. SIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil melakukan proses pendeteksian mikroaneurisma pada citra retina digital dengan melakukan proses *cropping* pada citra retina yang telah di *labeling* berdasarkan lokasi yang didapat, selanjutnya menghitung nilai *pixel count*, *ratio of minor to major axis*, *compactness test*, *length test*, *hole test* dari masing-masing objek. Tingkat akurasi tertinggi pada sistem identifikasi mikroaneurisma citra retina digital berdasarkan jumlah parameter yang digunakan adalah sebesar 91,34 % dengan menggunakan lima parameter, sedangkan jika menggunakan satu parameter hanya menghasilkan tingkat akurasi sebesar 13,99%.

Sebagai pengembangan lebih lanjut atas penelitian ini, diharapkan dilakukan dengan sistem terintegrasi dengan *camera fundus* sehingga pengambilan sampel citra uji dapat dilakukan secara langsung dan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mengenali jenis penyakit yang lain sehingga dapat diketahui kemungkinan penyakit yang diderita pasien secara lebih akurat.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Acharya Tinku, K Jay Ajoy.2005.**Image Processing Principles and Applications**. USA : A JOHN WILEY & SONS, MC., PUBLICATION
- [2] American Society of Hematology.-.**ASH Medical Image Bank**. <http://www.hematologyatlas.com/>. Akses tanggal : 18 Januari 2009.
- [3] Blekinge Institute of Technology. October 2006. **Automatic Diagnosis Of Diabetic Retinopathy Using Fundus Images**.
- [4] Darma Putra, IKG. 2009. **Sistem Biometrika Teori dan Aplikasi**. Andi Offset : Jogjakarta

- [5] Darma Putra, IKG. 2010. **Pengolahan Citra Digital**, Andi Offset, Yogyakarta.
- [6] Darma Putra, IKG, Gede Suarjana, 2009. **Segmentasi Citra Retina Digital Retinopati Diabetes Untuk Membantu Pendeteksian Mikroaneurisma**, Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Unud.
- [7] Lappeenranta University Of Technology Department Of Information Technology. June 2005. **Retinal Image Analysis Usingmachine Vision**.