

## Deteksi *Microaneurysms* Pada Citra Retina Mata Menggunakan *Matched Filter*

Muhammad Santoso<sup>1</sup>, Tutuk Indriyani<sup>2</sup>, Ricky Eka Putra<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

<sup>3</sup>Jurusan T. Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: <sup>1</sup>santosomad@gmail.com

**Abstract** *Diabetic retinopathy is one of diabetes mellitus on eyes which causes permanent blindness. Microaneurysm becomes its symptom which is signed by a spot with dark red in circle shape. A detection system on microaneurysms is designed to help medical experts. This research employed matched filter method to detect microaneurysms. Matched filter refers to one of matching template techniques. Microaneurysms have intensity profile in Gaussian, therefore a Gaussian matched filter can be used for detecting them. The searching on the sensitivity, specificity, and accuracy was calculated by ROC (Receiver Operating Characteristics). The research results obtained from 30 retina images of DIAETDB1 showed the average levels of sensitivity 64.53%, specificity 99.94%, and accuracy 99.90%.*

**Keywords:** *Diabetic Retinopathy, Microaneurysm, Matched Filter, Gaussian Matched Filter, ROC, DIAETDB1.*

**Abstrak** *Diabetic retinopathy merupakan salah satu komplikasi diabetes melitus pada mata. Penyakit ini menyebabkan kebutaan permanen. Gejala yang ditunjukkan oleh penderita diabetic retinopathy antara lain adalah microaneurysms. Adanya kelainan ini berupa bintik merah gelap dan berbentuk bulat. Sebuah sistem pendeteksi microaneurysms dibuat untuk membantu para pakar kesehatan. Pada penelitian ini metode matched filter digunakan dalam mendeteksi microaneurysms. Matched filter adalah salah satu dari teknik template matching. Microaneurysms memiliki profil intensitas berbentuk gaussian, oleh karena itu sebuah gaussian matched filter digunakan dalam mendeteksi microaneurysms. Pencarian nilai tingkat sensitifitas, spesifisitas dan akurasi, dihitung dengan menggunakan ROC (Receiver Operating Characteristics). Hasil penelitian berdasarkan 30 citra retina mata DIAETDB1, didapatkan hasil rata-rata tingkat sensitifitas 64.53%, spesifisitas 99.94% dan akurasi 99.90%.*

**Kata kunci:** *Diabetic Retinopathy, Microaneurysms, Matched Filter, Gaussian matched filter, ROC (Receiver Operating Characteristics), DIAETDB1.*

### 1. PENDAHULUAN

Mata merupakan salah satu organ penting bagi manusia. Mata berfungsi sebagai indra pengelihatan yang sangat sensitif. Terjadinya ketidaknormalan pada mata akan sangat mengganggu manusia dalam menjalankan aktivitas sehari-hari. Saat ini, penyakit dan gangguan mata berjumlah lebih dari 200 jenis. Sebagian besar menimpa kaum berusia 65 tahun keatas. Hampir semua penyakit mata tersebut masih memungkinkan untuk dicegah. Beberapa penyakit mata dapat diatasi dengan diagnosa awal yang tepat sehingga akan memudahkan dalam proses penyembuhannya. Salah satu jenis gangguan penglihatan pada mata disebabkan oleh penyakit diabetes. Gangguan mata ini menimbulkan komplikasi dan mengakibatkan mata penderita terkena penyakit serius.

Gejala yang ditunjukkan oleh penderita *diabetic retinopathy* antara lain adalah *microaneurysms*. Kelainan ini terlihat berupa bintik merah gelap dan berbentuk bulat. Pada

umumnya pemeriksaan medis terhadap penderita *diabetic retinopathy* adalah dengan melakukan pengamatan secara langsung pada citra retina yang diambil menggunakan kamera fundus. Dokter mata akan melakukan diagnosa apakah penderita diabetes tersebut menderita *diabetic retinopathy* atau tidak. Hal ini menyulitkan dokter mata untuk menentukan dengan cepat terapi apa yang tepat diberikan kepada pasien penderita diabetes. Untuk mengatasi masalah tersebut perlu dibangun sebuah aplikasi pendeteksi *microaneurysms* untuk mendeteksi penyakit *diabetic retinopathy* secara dini.

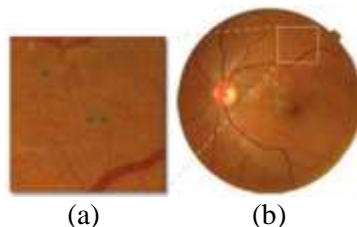
Beberapa penelitian tentang deteksi *microaneurysms* yang telah dilakukan, diantaranya Hipwell et al (2000) menerapkan *Gaussian filter* untuk mempertahankan calon *microaneurysms*. Kahai et al (2006) menggunakan respon dari *matched filtering* yang telah di sesuaikan untuk mendeteksi *microaneurysms* ukuran 2x2. Sebuah gambar yang belum diolah di konvolusikan dengan *matched filter* dan *threshold* yang telah ditentukan untuk menentukan letak *microaneurysms*. Dua *circular symmetric Gaussian kernels* (lebar = 17 dan 13) diterapkan pada citra hasil *top-hat*. Hasil dari metode tersebut berupa citra yang terdiri dari gambar calon *microaneurysms*. Sebuah algoritma *region growing* diterapkan pada tahap akhir (Streeter et al, 2003). Prakash et al (2013) menggunakan *Matching Multiple Gaussian Masks* untuk mendeteksi *microaneurysms* dan *Support Vector Machine* untuk klasifikasinya.

Kesulitan dalam ekstraksi *microaneurysms* pada dasarnya adalah warna *microaneurysms* yang sama dengan pembuluh darah, berwarna merah gelap serta memiliki ukuran yang sangat kecil dan dapat dengan mudah dibingungkan dengan banyak *noise* dan telah banyak metode yang diajukan, misalnya metode *filtering*, *mathematical morphology*, *machine-learning* dan lain-lain. Diantara berbagai macam metode ekstraksi, *matched filter* merupakan metode yang representatif, sederhana dan efektif. Kekurangan dari metode *matched filter* adalah metode ini tidak hanya mengekstraksi *microaneurysms*, tetapi juga *non-microaneurysms*. Dalam penelitian ini penulis mengimplementasikan ekstraksi *microaneurysms* pada citra retina menggunakan metode *matched filter*. Kontribusi utama dari penelitian ini adalah mendeteksi *microaneurysms* pada bagian retina mata serta deteksi *blood vessels* dan melakukan eliminasi *blood vessels* pada citra retina.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1. *Microaneurysms*

*Microaneurysms* merupakan ciri pertama yang terdeteksi. *Microaneurysms* terlihat berupa titik merah dan kadang-kadang terlihat di sebelah pembuluh darah kecil. *Microaneurysms* umumnya tidak muncul pada pasien yang telah menderita diabetes selama kurang dari tiga tahun. Sekitar 70% dari orang-orang yang telah menderita diabetes tipe 1 (*insulin dependent diabetes*) selama 10 tahun akan muncul *microaneurysms* ini. Tapi dalam kasus orang yang menderita diabetes tipe 2 (*non-insulin dependent diabetes*) hanya 55% dari penderita diabetes tipe ini yang akan muncul *microaneurysms* (Gonzalez, 2011). Contoh *microaneurysms* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 (a) *Microaneurysms*. (b) Gambar fundus.[Luca Giancardo,2012]

### 2.2. *Contrast-Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)*

Peningkatan kontras citra bertujuan untuk dapat meningkatkan kualitas citra dan dapat memperoleh citra yang dapat memberikan informasi yang sesuai dengan tujuan pengolahan

citra. Peningkatan kontras citra dalam penelitian ini menggunakan metode *contrast limited adaptive histogram equalization* (CLAHE).

CLAHE merupakan metode untuk mengatasi keterbatasan standar pemerataan histogram pada suatu citra. CLAHE merupakan metode kelanjutan dari metode *adaptive histogram equalization* (AHE). Metode AHE cenderung masih banyak mengalami masalah *noise* di daerah yang relatif homogen dari suatu citra dan dengan CLAHE dapat mengatasi masalah tersebut dengan membatasi peningkatan contrast khususnya di daerah yang homogen (Sharma, 2013). Untuk mengontrol kualitas citra, CLAHE mempunyai dua parameter yaitu *block size* dan *clip limit* yang memiliki beberapa nilai *default* dan juga bisa ditentukan oleh pengguna (Singh et al., 2015).

### 2.3. Median Filter

*Median filter* adalah salah satu *filtering* non-linear yang mengurutkan nilai intensitas sekelompok piksel, kemudian mengganti nilai piksel yang diproses dengan nilai mediannya. *Median filter* biasanya digunakan untuk menghaluskan dan mengurangi *noise* atau gangguan pada citra.

### 2.4. Definisi Matched Filter

*Matched filter* adalah salah satu dari teknik *template matching* (Hipwell et al., 2000). Hal ini berdasarkan pada sifat-sifat objek spasial yang akan dikenali. *Matched filtering* di konvolusikan dengan sebuah kernel pada citra retina. Sebuah kernel dirancang pada sebuah model properti pada sebuah gambar pada beberapa posisi yang tidak diketahui orientasinya dan *matched filter* respon menunjukkan adanya fitur tersebut. *Microaneurysms* memiliki profil intensitas berbentuk *Gaussian*, oleh karena itu sebuah *Gaussian matched filter* biasanya digunakan dalam mendeteksi *microaneurysms*. Sebuah kernel *matched filter* dapat dinyatakan dengan persamaan 1.

$$f(x, y) = -\exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \text{ for } |y| \leq L/2 \quad (1)$$

### 2.5. Gaussian Filter

*Gaussian filter* adalah salah satu filter linier dengan nilai pembobotan untuk setiap anggotanya dipilih berdasarkan bentuk fungsi *gaussian*. Filter ini sangat baik untuk menghilangkan derau yang bersifat sebaran normal. Secara alami derau juga memiliki sebaran *gaussian*, sehingga secara teoritis akan menjadi netral jika dilawan dengan fungsi lain yang juga memiliki fungsi *gaussian*, hal ini disebut sebagai *zero mean*. *Zero mean* dari fungsi *gaussian* dengan nilai pembobotan 2 dimensi ditunjukkan pada persamaan 2.

$$g(x, y) = e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

dengan  $\sigma$  merupakan standar deviasi. Semakin besar nilai  $\sigma$  maka kurva distribusi *gaussian* semakin melebar dan puncaknya menurun. (Wahyudi Setiawan, 2012) Bentuk 2-D dari fungsi *gaussian* ditunjukkan pada persamaan 3.

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \cdot e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

### 2.6. Konvolusi

Konvolusi adalah operasi untuk menghaluskan suatu citra atau memperjelas citra dengan menggantikan nilai piksel dengan sejumlah nilai piksel yang sesuai atau berdekatan dengan piksel aslinya. Tetapi dengan adanya konvolusi, ukuran dari citra tetap sama, tidak berubah. (Wakaria Gazali, dkk, 2012). Perkalian citra juga dapat digunakan untuk

menghilangkan bagian tertentu pada citra dengan cara mengalikan citra dengan citra *mask* yang merupakan citra biner. Perkalian citra ditunjukkan pada persamaan 4.

$$h(x) = f(x) * g(x) \quad (4)$$

Dimana  $h(x)$  adalah piksel citra hasil perkalian sedangkan  $f(x)$  adalah piksel citra asal dan  $g(x)$  disebut juga konvolusi filter, konvolusi *mask*, konvolusi kernel, atau *template*.

### 2.7. Thresholding

Proses *thresholding* menggunakan nilai batas (*threshold*) untuk mengubah nilai piksel pada citra keabuan menjadi hitam atau putih. Jika nilai piksel pada citra keabuan lebih besar dari *threshold*, maka nilai piksel akan diganti dengan 1 (putih), sebaliknya jika nilai piksel citra keabuan lebih kecil dari *threshold* maka nilai piksel akan diganti dengan 0 (hitam). *Thresholding* ditunjukkan pada persamaan 5.

$$g(x, y) \begin{cases} 1 & \text{if } f(x, y) > T \\ 0 & \text{if } f(x, y) \leq T \end{cases} \quad (5)$$

Dimana  $g(x,y)$  adalah piksel citra hasil binerisasi,  $f(x,y)$  adalah piksel citra asal dan  $T$  adalah nilai *Threshold*.

### 2.8. Inversi Citra

Inversi merupakan proses negatif pada citra, dimana setiap nilai piksel pada citra dibalik dengan acuan *threshold* yang diberikan. Inversi sering digunakan untuk memperjelas warna putih atau abu-abu pada bagian gelap di sebuah citra (Jain, 1989). Untuk citra 8 bit atau citra dengan derajat keabuan 256, proses inversi ditunjukkan pada persamaan 6.

$$g(x, y) = 255 - f(x, y) \quad (6)$$

Dimana  $g(x,y)$  adalah piksel setelah inverse dan  $f(x,y)$  adalah piksel citra asal.

### 2.9. ROC (Receiver Operating Characteristics)

ROC (*Receiver Operating Characteristics*) merupakan suatu pengukuran dalam uji diagnostik, dalam dunia medis pengukuran tersebut digunakan untuk evaluasi tes medis, misalkan untuk membandingkan suatu alat baru dengan standar alat medis yang sudah baku. Suatu aplikasi segmentasi harus memiliki akurasi yang cukup, untuk memenuhi persyaratan tersebut, peneliti menggunakan metode pengukuran ROC yaitu menghitung nilai akurasi, sensitifitas, dan spesifitas pada citra hasil segmentasi dengan membandingkan hasil segmentasi citra ujicoba pada citra asli (Lailyana, 2009).

$$\text{Sensitivity} = \frac{\text{True Positive}}{\text{True Positive} + \text{False Negative}} \quad (7)$$

$$\text{Specificity} = \frac{\text{True Negative}}{\text{True Negative} + \text{False Positive}} \quad (8)$$

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{True Positive} + \text{True Negative}}{\text{True Positive} + \text{True Negative} + \text{False Positive} + \text{False Negative}} \quad (9)$$

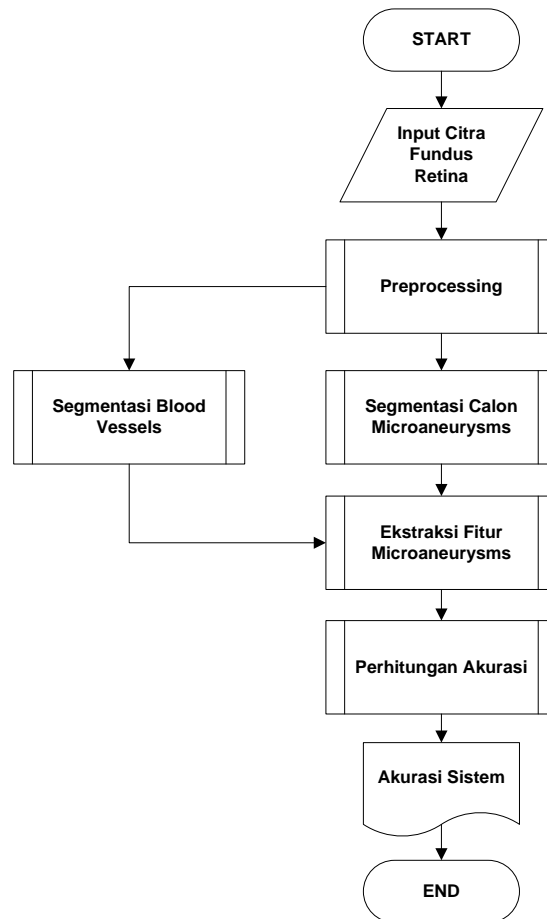
## 3. ANALISA DAN PERANCANGAN SISTEM

### 3.1. Uraian Sistem

Dalam pembuatan aplikasi ini terdapat tiga komponen utama yang merupakan satu kesatuan dari sebuah sistem, yaitu input, proses dan output. Input disini adalah pengambilan sample data retina yang berupa citra retina. Dari sudut pandang pengolahan citra deteksi

*microaneurysms* memiliki beberapa kesulitan dalam pendeteksiannya, diantaranya (Luca Giancardo, dkk. 2010): 1) Warna *microaneurysms* yang sama dengan pembuluh darah, berwarna merah gelap. 2) *Microaneurysms* memiliki ukuran yang sangat kecil dan dapat dengan mudah dibingungkan dengan banyak *noise*. 3) Bahkan dokter ahli mata tidak selalu setuju apakah *red lesion* adalah *microaneurysms* atau *small dot hemorrhages*. Satu-satunya cara untuk memastikan adalah melalui angiografi fluorescein, prosedur invasif yang melibatkan injeksi agen kontras pada pasien. 4) Retina manusia memiliki tingkat keragaman yang besar; pigmentasi, tekstur dan ukuran dan posisi fitur manusia berubah dari orang ke orang.

Selanjutnya dari citra yang diperoleh nantinya akan diolah dengan metode yang diusulkan, yaitu menggunakan metode *matched filter* untuk mendapatkan *microaneurysms* yang dicari. Dalam pengolahan citra diperlukan beberapa tahap agar bisa mendapatkan hasil yang diharapkan. Tahapan dari proses deteksi *microaneurysms* terdiri dari proses *preprocessing*, proses segmentasi calon *microaneurysms*, proses segmentasi *blood vessels*, ekstraksi fitur *microaneurysms* dan perhitungan nilai akurasi sistem deteksi yang akan dibuat. Proses yang akan dilakukan dalam pembuatan sistem ini secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Sistem

### 3.2 . Proses Input Citra

Dalam proses ini pengambilan citra dilakukan dengan menggunakan peralatan pencitraan digital berupa kamera fundus oleh para pakar kesehatan mata yang akan menghasilkan citra retina yang telah disimpan dengan format PNG. Data citra retina yang telah diperoleh kemudian digunakan untuk melakukan proses *preprocessing*, segmentasi calon *microaneurysms*, segmentasi *blood vessels*, ekstraksi fitur *microaneurysms* serta perhitungan nilai akurasi dari sistem.

### 3.3. Preprocessing

*Preprocessing* bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra dengan cara memanipulasi parameter-parameter citra. Tahapan awal dari *preprocessing* adalah proses pemilihan komponen citra *green channel*, citra masukan awalnya berupa citra fundus mata RGB. Pada *green channel* ini fitur *blood vessels* dan *microaneurysms* lebih terlihat menonjol. Selanjutnya komponen warna dari citra masukan hanya akan diambil komponen *green* sedangkan komponen lain yang terdapat pada citra akan dihilangkan. Tidak semua citra hasil *green channel* dari citra retina layak langsung dilakukan klasifikasi atau segmentasi. Hal ini disebabkan karena kualitas citra yang kurang baik sehingga apabila langsung dilakukan proses segmentasi hasilnya kurang akurat

Oleh karena itu pada penelitian ini digunakan *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) yang merupakan teknik perbaikan citra yang digunakan untuk memperbaiki kontras pada citra hasil *green channel* pada citra retina. CLAHE memperbaiki lokal kontras pada citra sehingga memunculkan bagian – bagian yang tidak terlihat (*hidden feature*) yang dalam penelitian ini adalah *microaneurysms*. CLAHE beroperasi pada region yang kecil dan disebut dengan tile. Sebagai tambahan, untuk mengeliminasi adanya region boundaries, CLAHE menerapkan interpolasi bilinear. Oleh karena itu, region - region kecil yang bertetangga tidak terlihat batasnya, atau terlihat lebih halus. Masukan dari tahap ini adalah citra hasil *green channel* dan keluarannya adalah citra hasil *green channel* yang telah di perbaiki sehingga citra yang warna pikselnya agak gelap menjadi tambah gelap dan citra yang memiliki warna cerah semakin cerah.

Pada citra retina sering mengandung intensitas yang beragam pada gambar *background*, yang disebut "*vignetting*". Efek ini dapat memperburuk kinerja sistem dalam deteksi *microaneurysms*. Pencahayaan yang tidak seragam pada gambar harus dikoreksi jika *microaneurysms* di area citra ingin terdeteksi dengan benar. Pencahayaan yang tidak seragam dikoreksi dengan menerapkan *shade correction*. *Shade correction* dilakukan dengan pencarian citra *background* dan mengurangi dari gambar hasil CLAHE. Hasil pencarian citra *background* dilakukan dengan menerapkan *median filter* pada citra hasil CLAHE.

### 3.4. Segmentasi Calon *Microaneurysms*

Tujuan dari tahapan ini adalah untuk menemukan calon yang dianggap sebagai *microaneurysms* dari citra hasil *preprocessing*. Dalam penelitian ini, citra hasil *shade correction* yang dihasilkan dari proses sebelumnya dilakukan proses inversi dan *top-hat transform*, dimana piksel putih akan diubah menjadi piksel hitam dan piksel hitam akan diubah menjadi piksel putih. Pada proses *top-hat transform* menggunakan struktur elemen berbentuk *line* dengan panjang piksel 11 pada sudut antara  $0^\circ$  sampai  $165^\circ$  dengan selisih sudut sebesar  $15^\circ$ . Dari proses ini akan menghasilkan 12 citra respon *top-hat transform*.

Kemudian nilai maksimum dari semua citra respon dari proses *top-hat transform* diambil dan terbentuk citra baru yang akan menghasilkan citra dengan *blood vessels* dan calon *microaneurysms*. Selanjutnya dilakukan pengurangan citra dari hasil proses inversi citra dengan hasil proses *top-hat transform* dengan citra hasil keluaran dengan yang menonjolkan fitur *blood vessels* dan calon *microaneurysms*.

Untuk meningkatkan kontras antara *background* dengan calon *microaneurysms* dilakukan proses *matched filter*. *Matched filter* menggunakan *gaussian kernel* dengan ukuran kernel  $11 \times 11$  piksel,  $\sigma = 1$  yang diterapkan pada citra dari proses sebelumnya. Hasil dari proses *matched filter* menghasilkan citra yang menonjolkan *blood vessels* dan calon *microaneurysms* dan berkurangnya *noise* pada citra hasil *matched filter*.

Kemudian pada citra hasil proses *matched filter* dilakukan proses inversi *thresholding*, dimana pada proses ini piksel putih akan diubah menjadi piksel hitam dan piksel hitam akan diubah menjadi piksel putih dan perubahan citra menjadi citra biner yang berisi fitur *blood vessels* dan calon *microaneurysms*.

### 3.5. Segmentasi *Blood Vessels*

Segmentasi *blood vessels* merupakan tahapan yang cukup membantu dalam tahapan deteksi *microaneurysms* yang ada pada penelitian ini. Pada hasil citra pada proses sebelumnya masih terdapat *blood vessels*, oleh karena itu perlu dilakukan penghapusan *blood vessels*. Tahapan awal dari segmentasi *blood vessels* adalah pencarian *green channel* pada citra fundus retina. Pemilihan *green channel* ini dikarenakan fitur *blood vessels* dan *microaneurysms* lebih terlihat menonjol. Setelah itu, dilanjutkan dengan proses *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) untuk memperbaiki kontras pada citra hasil *green channel*. Selanjutnya penerapan proses *median filter* untuk menghilangkan *noise* pada segmentasi *blood vessels*.

Kemudian penerapan *bottom-hat transform* menggunakan *structuring element* berbentuk *diamond* sehingga menghasilkan citra *blood vessels* yang belum terlihat jelas. Citra yang pada umumnya masih belum baik, perlu dilakukan perbaikan citra. Untuk memperbaiki dan menghilangkan *noise* pada segmentasi *blood vessels*, rekonstruksi citra dilakukan dengan membuat *mask* dari proses erosi pada citra hasil *bottom-hat* menggunakan *structuring element* berbentuk *disk* yang nantinya akan digunakan pada proses rekonstruksi citra.

Lalu hasil citra proses *bottom-hat* dilakukan rekonstruksi citra dengan hasil erosi sebagai *mask* sehingga menghasilkan citra dengan *blood vessels*. Kemudian dilakukan proses *thresholding* untuk citra biner yang berisi fitur *blood vessels*.

### 3.6. Ekstraksi Fitur *Microaneurysms*

Pada proses ini merupakan tahapan untuk mendeteksi fitur yang benar-benar dianggap sebagai *microaneurysms* yang ada pada penelitian ini. Proses ini adalah pengurangan citra hasil segmentasi calon *microaneurysms* dengan citra hasil segmentasi *blood vessels*. Dari hasil pengurangan citra sebelumnya menghasilkan citra *microaneurysms* dan *non-microaneurysms*.

Kemudian dilakukan penghapusan *non-microaneurysms* berdasarkan bentuk bulat dan luas area sehingga nantinya akan menghasilkan citra dengan *microaneurysms*.

### 3.7. Perhitungan Nilai Akurasi

Tahapan ini merupakan adalah sebuah perhitungan nilai akurasi dari hasil yang diperoleh yang berupa gambar *microaneurysms* dengan *groundtruth* yang diperoleh menggunakan perbandingan dengan mencari nilai piksel antar kedua gambar tersebut untuk mencari nilai TP (*True Positive*), TN (*True Negative*), FP (*False Positive*), dan FN (*False Positive*). Dari 4 nilai karakteristik tersebut akan diperoleh hasil perhitungan akurasi dengan *range* antara 0% sampai 100% yang diperoleh oleh sistem.

### 3.8. Data Retina

Data citra retina yang telah diperoleh akan dilakukan deteksi *microaneurysms*. Dan kemudian akan dilakukan perbandingan dengan *groundtruth* yang dilakukan secara manual guna mengetahui tingkat akurasi pada sistem yang akan dibuat nantinya.

Data *Groundtruth* yang telah diperoleh disini tidak langsung digunakan secara langsung, ini dikarenakan data yang diperoleh masih berupa data *groundtruth* yang hanya menunjukkan area dimana letak *microaneurysms* itu berada, sehingga perlu dilakukan pengolahan data secara manual sehingga didapat data *groundtruth* yang menunjukkan area *microaneurysms*. Sehingga data *groundtruth* yang ada dapat digunakan untuk mengukur hasil akurasi dengan lebih baik lagi. Untuk perbandingan antara kedua data *Groundtruth* ditunjukkan pada gambar Gambar 3.



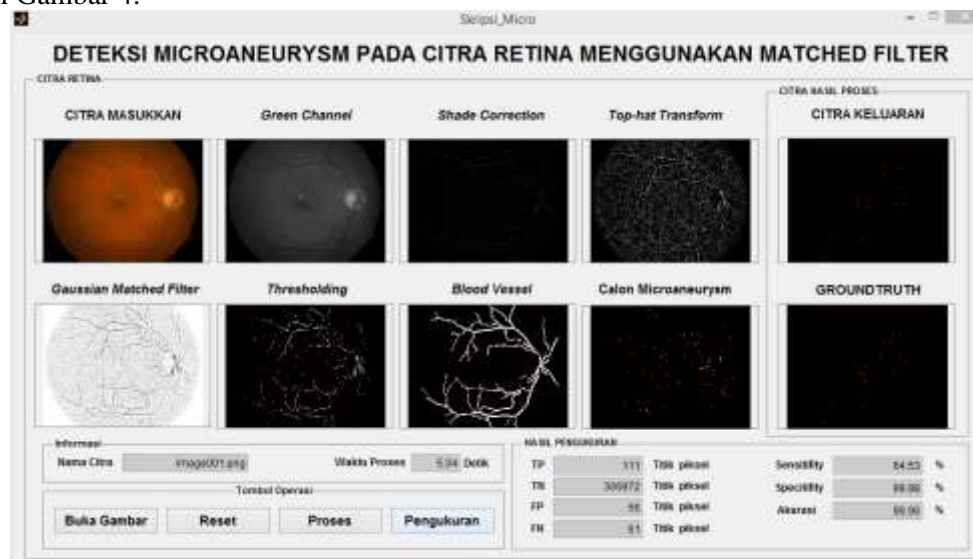
Gambar 3. Data *Groundtruth* Retina DIARETDB1 (a) Citra *groundtruth* dari pakar . (b) Citra *groundtruth* manual

#### 4. IMPLEMENTASI SISTEM

Pada bab ini akan membahas tentang implementasi sistem. Implementasi disini merupakan hasil dari analisa dan perancangan sistem yang telah dibuat serta bagaimana sistem ini dijalankan dan beberapa hasil penelitian menggunakan aplikasi ini beserta nilai akurasi yang diperoleh pada setiap data citra retina yang diolah.

##### 4.1 Hasil Ujicoba Program

Berikut merupakan hasil dari pengujian program berdasarkan data retina mata yang sudah ada. Salah satu contoh hasil Pengujian terhadap sebuah data di program, yaitu terlihat seperti Gambar 4.



Gambar 4. Proses citra image001.jpg

Dari gambar diatas dapat terlihat sebuah pengujian pada citra image001.jpg untuk mendapatkan hasil citra *microaneurysms* dan menghitung tingkat akurasi dari hasil keluaran dan *groundtruth*.

Dimana: *True Positive (TP)* adalah *microaneurysms* terdeteksi dan ditampilkan terdeteksi. *True Negative (TN)* adalah *microaneurysms* tidak terdeteksi, ditampilkan tidak terdeteksi. *False Positive (FP)* adalah *microaneurysms* tidak terdeteksi namun ditampilkan terdeteksi, (juga dikenal sebagai *false alarms*). *False Negative (FN)* adalah *microaneurysms* terdeteksi namun ditampilkan tidak terdeteksi. (Juga dikenal sebagai *misses*)

Untuk perhitungan nilai *sensitivity*, *specificity*, serta akurasi yang diperoleh pada citra image001.jpg yaitu: *True Positive (TP)* = 111, *True Negative (TN)* = 306972, *False Positive (FP)* = 56, *False Negative (FN)* = 61.



Perhitungan :

$$\text{Sensitivity} = \left(\frac{111}{111 + 61}\right) \times 100\% = 0,6453 \times 100\% = 64,53\%$$

$$\text{Specificity} = \left(\frac{306972}{306972 + 56}\right) \times 100\% = 0,9998 \times 100\% = 99,98\%$$

$$\text{Akurasi} = \left(\frac{111 + 306972}{111 + 306972 + 61 + 56}\right) \times 100\% = 0,99961 \times 100\% = 99,96\%$$

Untuk hasil pengujian seluruh pada 30 dataset citra terlihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Hasil Pengujian Program**

No	Nama Citra	TP	TN	FP	FN	Sensitivity	Specitifity	Akurasi
1	image001	111	306972	56	61	64.53	99.98	99.96
2	image002	79	307039	45	37	68.10	99.99	99.97
3	image003	121	306929	71	79	60.50	99.98	99.95
4	image004	124	306953	42	81	60.49	99.99	99.96
5	image005	302	306167	580	151	66.67	99.81	99.76
6	image006	120	306856	156	68	63.83	99.95	99.93
7	image007	143	306835	136	86	62.45	99.96	99.93
8	image008	127	306601	414	58	68.65	99.87	99.85
9	image009	137	306859	131	73	65.24	99.96	99.93
10	image010	261	306466	302	171	60.42	99.90	99.85
11	image011	353	306381	280	186	65.49	99.91	99.85
12	image012	99	306989	57	55	64.29	99.98	99.96
13	image013	204	306812	56	128	61.45	99.98	99.94
14	image014	147	306830	137	86	63.09	99.96	99.93
15	image015	411	306202	343	244	62.75	99.89	99.81
16	image016	289	306546	198	167	63.38	99.94	99.88
17	image017	81	307012	75	32	71.68	99.98	99.97
18	image018	218	306745	97	140	60.89	99.97	99.92
19	image019	502	305918	455	325	60.70	99.85	99.75
20	image020	417	306154	359	270	60.70	99.88	99.80
21	image021	299	306290	415	196	60.40	99.86	99.80
22	image022	212	306752	111	125	62.91	99.96	99.92
23	image023	24	307158	6	12	66.67	100.00	99.99
24	image024	71	307067	34	28	71.72	99.99	99.98
25	image025	296	306503	209	192	60.66	99.93	99.87
26	image026	96	306986	63	55	63.58	99.98	99.96
27	image027	64	307016	86	34	65.31	99.97	99.96
28	image028	236	306667	163	134	63.78	99.95	99.90
29	image029	101	306784	266	49	67.33	99.91	99.90
30	image030	40	307133	16	11	78.43	99.99	99.99
Rata-rata						64.53	99.94	99.90

Berdasarkan tabel ujicoba di atas, setelah dilakukan percobaan pada 30 dataset citra retina untuk memperoleh hasil citra *microaneurysms*, dapat terlihat sistem ini memiliki rata-rata nilai *sensitivity* 64.53%, *specificity* 99.94%, serta akurasi sebesar 99.90%. Untuk *sensitivity* yang mencapai 64.53% dipengaruhi oleh jumlah piksel FN (*True Negative*) yang cukup besar, melebihi setengah dari jumlah piksel TP (*True Positive*) pada setiap citra masukan.

## 5. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Kesimpulan pembuatan sistem deteksi *Microaneurysms* pada Citra Retina Menggunakan *Matched Filter* ini antara lain: 1) Sistem Deteksi *Microaneurysms* Pada Citra Retina Menggunakan *Matched Filter* ini berhasil dibuat dengan sensitivitas mencapai 64.53%, spesitifitas 99.94% dan akurasi 99.90%. 2) Sistem ini mampu mendeteksi *blood vessels* dan

*microaneurysms* serta mampu mengeliminasi *blood vessels* dalam pendeteksian *microaneurysms*.

## 5.2. Saran dan Pengembangan

Dari hasil implementasi dan evaluasi yang telah dilakukan, dapat disampaikan saran guna pengembangan sistem deteksi *microaneurysms* ini, yaitu: 1) Data retina yang memiliki tingkat kecerahan yang beragam dan tidak merata, sehingga ada *microaneurysms* yang berada pada area dengan tingkat kecerahan yang rendah, maka dari itu diperlukan ditambahkan beberapa metode perbaikan kecerahan pada citra retina. 2) Dikarenakan data *groundtruth* yang digunakan adalah data hasil pencarian *microaneurysms* dengan cara manual. Perlu dilakukan pembuatan data *groundtruth* yang lebih baik, karena ada beberapa titik *microaneurysms* yang pada data citra retina terdeteksi sebagai *microaneurysms* tetapi pada data *groundtruth* tidak dideteksi. 3) Guna pengembangan aplikasi ini, dapat dilakukan beberapa fitur tambahan guna menyempurnakan aplikasi ini seperti penambahan fitur menghitung jumlah titik *microaneurysms* yang dideteksi. Dan penambahan beberapa metode segmentasi yang cocok sehingga dapat meningkatkan hasil *sensitivity*, *specificity*, serta akurasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Cree, J.M. Streeter, L. (2003). *Microaneurysm Detection in Colour Fundus Images*. Dept. Physics and Electronic Engineering. University of Waikato. Hamilton. New Zealand.
- Gonzalez, Ana Guadalupe Salazar. (2011). *Structure Analysis And Lesion Detection From Retinal Fundus Images*. Tesis. Brunei Univesity.
- Gazali Wikaria, Soeparno Haryono, Ohliati Jenny. (2012). Penerapan Metode Konvolusi Dalam Pengolahan Citra Digital. Jurnal. Universitas Binus. Jakarta Barat
- J. H. Hipwell, F. Strachan, J. A. Olson, K. C. McHardy, P. F. Sharp and J. V. Forrester. (2000). "Automated detection of microaneurysms in digital red-free photographs: A diabetic retinopathy screening tool", *Diabet. Med.*, 17, 588-594.
- Jain, A.K. (1989). *Fundamentals of Digital Image Processing*. New Jersey: Prentice Hall.
- Lailyana, E. (2009). Segmentasi Paru-paru pada citra X-ray menggunakan Level Set. Tesis. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Luca Giancardo, Fabrice Meriaudeau, Thomas P.Karnowski, Kenneth W.Tobin, Yaqin Li and Edward Chaum, M.D. (2010). *Microaneurysms Detection With The Radon Cliff Operator In Retinal Fundus Images*. Journal.
- Putra, D. & Wiskara. (2010). Sistem identifikasi mikroneurisma pada citra retina digital. *Teknologi Elektro* 9(2): 159-164.
- Prakash J. Sumathi K. (2013). *Detection and Classification of Microaneurysms for Diabetic Retinopathy*. Dept. of Embedded system technologies, Sri Sairam Engineering college, Chennai, India.
- Sharma, D.P. (2013). Intensity Transformation using Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization. *International Journal of Engineering Research* 2(4) : 282:285.
- Setiawan, Wahyudi. (2012). Sistem Deteksi Retinopati Diabetik Menggunakan Support Vector Machine. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Singh, R.P., Dixit, M. (2015). *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition* 8(8) : 345-352.