

## SEGMENTASI PEMBULUH DARAH PADA CITRA RETINA MENGUNAKAN MAX-TREE DAN ATTRIBUTE FILTERING

Kadek Yota Ernanda Aryanto<sup>1,2</sup>, I Ketut Eddy Purnama<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro ITS Surabaya, Jawa Timur

<sup>2</sup>Universitas Pendidikan Ganesha Singaraja, Bali

E-mail: {deck, ketutedi}@elect-eng.its.ac.id

### ABSTRAK

Citra retina dapat memberikan informasi terhadap perubahan patologis yang disebabkan oleh penyakit dan sebagai penanda awal dari gejala penyakit sistem indera penglihatan tertentu. Diabetic retinopathy merupakan salah satu kelainan pada sistem indera penglihatan yang dapat menyebabkan gangguan penglihatan bahkan kebutaan. Pendeteksian dini terhadap gejala-gejala penderita ini penting untuk dapat mengetahui perlakuan atau perawatan yang bersesuaian. Karakteristik dari pembuluh darah pada retina dapat memberikan informasi terhadap perubahan secara patologis dan juga dapat membantu untuk menggolongkan tingkat keparahan penyakit ini, disamping juga dapat dijadikan sebagai petunjuk dalam perawatan atau pengobatan menggunakan laser.

Dalam makalah ini, diusulkan sebuah metode segmentasi pembuluh darah pada citra retina menggunakan attribute filtering yang menggunakan Max-Tree untuk merepresentasikan citra dan pendekatan branches filtering untuk proses filtering. Max-Tree digunakan untuk membangkitkan sebuah tree sebagai representasi citra berdasar tingkat keabuan. Untuk menentukan node-node yang akan disimpan atau disingkirkan digunakan pendekatan branches filtering, yang menggunakan leaf node-leaf node sebagai acuan awal dalam melakukan filtering.

Penelitian ini menggunakan 40 citra retina yang disertai oleh segmentasi manual yang dilakukan dan telah divalidasi oleh observer ahli. Rerata akurasi metode segmentasi pembuluh darah pada citra retina mencapai hasil 91,04% berdasar acuan segmentasi manual oleh observer ahli pertama dan 92,19% berdasar acuan segmentasi manual oleh observer ahli kedua.

**Kata Kunci:** Max-Tree, Branches Filtering, Fundus, Retina, Pembuluh Darah Mata

### 1. PENDAHULUAN

Diabetic retinopathy dapat menyebabkan kelainan pada sistem indera penglihatan bahkan kebutaan. Pendeteksian dini terhadap gejala-gejalanya penting untuk dapat mengetahui perlakuan atau perawatan yang bersesuaian. Pemeriksaan terhadap karakteristik dari pembuluh darah pada retina dapat memberikan informasi terhadap perubahan secara patologis dan juga dapat membantu untuk menggolongkan tingkat keparahan penyakit tersebut.

Teknik segmentasi pembuluh pada citra retina memanfaatkan perbedaan *contrast* antara pembuluh darah dan latar belakang di sekitarnya, dimana semua semua pembuluh darah saling terhubung (Heneghan, 2002). Beberapa teknik dan metode segmentasi pernah diusulkan sebelumnya. Sebuah pendekatan *2-D matched filter* diusulkan oleh Chauduri (1989). Segmen pembuluh darah dideteksi melalui konvolusi citra dengan *matched filter kernel* yang telah dirotasi dan menyimpan hanya yang memiliki respon maksimal. Hasilnya dapat *dithreshold* untuk memperoleh sebuah segmentasi biner dari segmen pembuluh darah. Martinez-Perez (1999) menggunakan kombinasi dari *scale space analysis* dan *region growing* untuk mensegmentasi pembuluh darah. Metode berbasis penggunaan matematika morfologi diusulkan oleh Zana (2001), yang melakukan perhitungan terhadap *supremum*

dari *opening*, meminimalan *noise* pada citra menggunakan *geodesic reconstruction*, dan penyingkiran *pattern* yang tidak dikehendaki dengan mengaplikasikan *Laplacian* serta filter yang didesain secara khusus sebelum akhirnya *dithreshold* untuk memperoleh hasil segmentasi pembuluh darah. Kerangka *threshold* lokal secara adaptif berbasiskan skema penelitian *verification-based multithreshold* diusulkan oleh Jiang (2003). Pembuluh darah retina tidak dapat disegmentasi menggunakan global *threshold* karena gradien pada latar dari citra. Sebagai gantinya, diusulkan penelitian terhadap citra menggunakan sejumlah *threshold*.

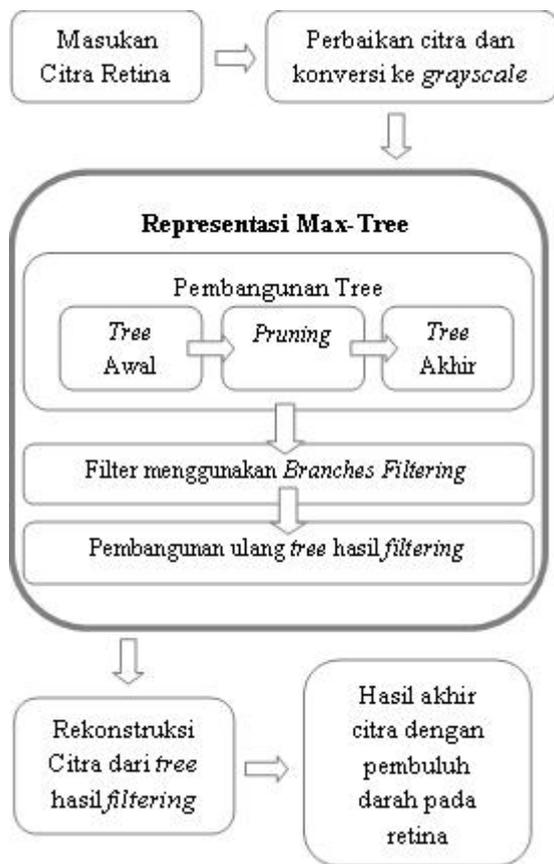
Dalam penelitian ini, diusulkan sebuah metode segmentasi pembuluh darah pada citra retina. Metode yang diusulkan terdiri atas perbaikan citra untuk mempertegas bagian pembuluh darah dari citra retina yang kemudian dilanjutkan dengan proses *filter* terhadap citra yang dihasilkan. Max-Tree digunakan untuk merepresentasikan citra berdasarkan tingkat keabuan citranya. Representasi tersebut kemudian difilter menggunakan pendekatan *Branches Filtering* berdasarkan *elongation attribute* untuk mensegmentasi pembuluh darah pada citra retina tersebut.

Paper ini disusun sebagai berikut. Pada bagian 2 dijelaskan metode yang digunakan pada proses segmentasi dalam penelitian ini, yang meliputi representasi citra berdasarkan tingkat keabuan

menggunakan Max-Tree dan proses filter yang memanfaatkan pendekatan *Branches Filtering* untuk dapat mensegmentasi pembuluh darah pada citra retina. Bagian 3 menunjukkan eksperimen yang dilakukan beserta hasil yang diperoleh pada proses segmentasi ini, dan membandingkannya dengan hasil yang diperoleh dengan menggunakan metode. Akhirnya proses tersebut akan disimpulkan pada bagian 4.

## 2. METODE

Diagram dari metode yang digunakan untuk melakukan segmentasi pembuluh darah pada citra retina dapat dilihat pada gambar 1.

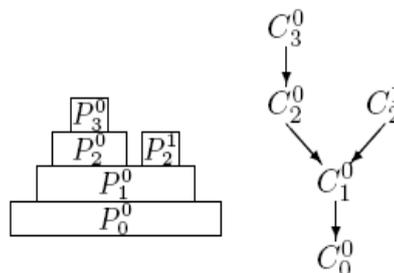


Gambar 1. Metode segmentasi pembuluh darah pada citra retina

### 2.1 Representasi Max-Tree

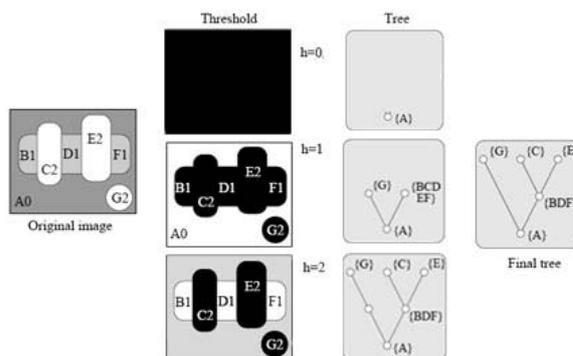
Max-Tree merupakan sebuah Tree dimana node-nodenya merepresentasikan sehimpunan zona datar (Urbach, 2002). Max-Tree diperkenalkan oleh Salembier (Salembier, 1998), sebagai sebuah struktur untuk memisahkan proses ke dalam tiga tahap : pembangkitan *tree*, *filtering*, dan rekonstruksi citra. Tahap konstruksi atau pembangkitan struktur dari *tree* ini disebut dengan *construction phase* sedangkan penggunaannya dalam proses filter disebut dengan *filtering phase*. Nama Max-Tree berhubungan dengan *regional maxima*, yang dapat digunakan untuk *attribute opening* atau *thinning*.

Max-Tree merupakan sebuah *rooted-tree*, dimana setiap *node* memiliki sebuah pointer menuju *parent*. *Root* merepresentasikan piksel dari *background* yang merupakan himpunan piksel dengan intensitas paling rendah dari citra. *Leaf* merupakan himpunan piksel dengan intensitas tertinggi dari citra (Lihat Gambar 2).



Gambar 2. Komponen tingkat keabuan dari citra (kiri) dan Max-Tree (kanan) (Meijster, 2002)

Pada Gambar 3 ditunjukkan sebuah ilustrasi dimana citra awal terdiri atas tujuh zona datar yang masing-masing diberi label huruf  $\{A, \dots, G\}$ . Setiap nomor yang mengikuti huruf merepresentasikan tingkatan tingkat keabuan pada zona datarnya. Pada gambar tengah, ditunjukkan obyek biner yang mengandung treshold dari semua kemungkinan tingkat keabuan. Pada sisi kanan ditampilkan Max-Tree yang dihasilkan. *Node-node* dari *tree* merepresentasikan himpunan dari komponen yang terhubung yang timbul dari *thresholding* terhadap citra pada tingkat keabuan tertentu. *Branches* dari *tree* merepresentasikan hubungan antar komponen yang terkoneksi berdasarkan nilai *thresholdnya*.



Gambar 3. Representasi citra menggunakan Max-Tree

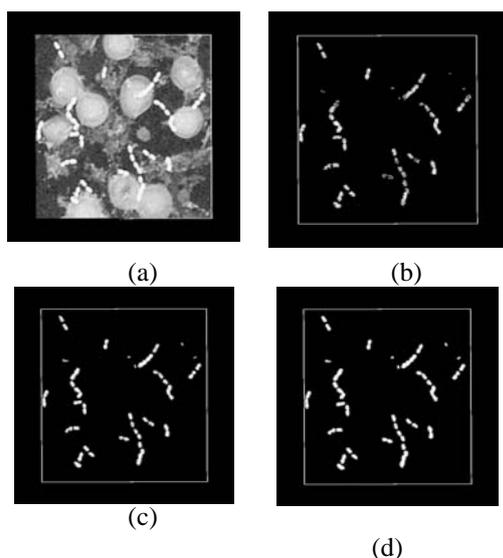
### 2.2 Branches Filtering

Kriteria filtering pada Max-Tree diaplikasikan terhadap semua node pada tree. *Branches filtering* (Purnama, 2007) melakukan pendekatan secara berbeda, dengan mengaplikasikan kriteria filtering hanya kepada *leaf nodenya*. Berdasarkan pada leaf node terpilih, sejumlah parent dari node-node tersebut akan disimpan dan node lainnya akan dihapus yang akan menghasilkan branches dari tree yang merepresentasikan obyek yang dikehendaki.

Dengan meningkatkan banyaknya parent yang terpilih selagi memeriksa image yang dihasilkan, nilai maksimum dari jumlah *parent* ( $PL_{max}$ ) dapat ditentukan.

Pemikiran dasar dari pendekatan *branches filtering* dimotivasi oleh fakta bahwa dalam sejumlah aplikasi, obyek yang diharapkan susah untuk dibedakan dari obyek tetangganya atau jika berada pada citra dengan banyak *noise*. Pendekatan *filtering* ini dapat diimplementasikan jika obyek yang diharapkan dapat dikenali walau dengan hanya sedikit informasi yang muncul dalam *leaf node* dari Max-Tree.

Pemrosesan *leaf node* pada Max-Tree dapat dibandingkan dengan ekstraksi terhadap *regional maxima* pada citra; (Vincent, 1993) menggunakan rekonstruksi skala keabuan untuk mengekstrak semua *regional maxima* (*h-domes*). Bagaimanapun, pendekatan *branches filtering* tidak memilih semua dari *maxima* yang ada akan tetapi hanya *maxima* yang memenuhi kriteria *filtering*. Gambar 4 menunjukkan pengaplikasian menggunakan pendekatan ini.



Gambar 4. Aplikasi pendekatan Branches Filtering terhadap sebuah citra (a) menggunakan beberapa nilai *threshold* berbeda (b,c, dan d) (Purnama, 2007)

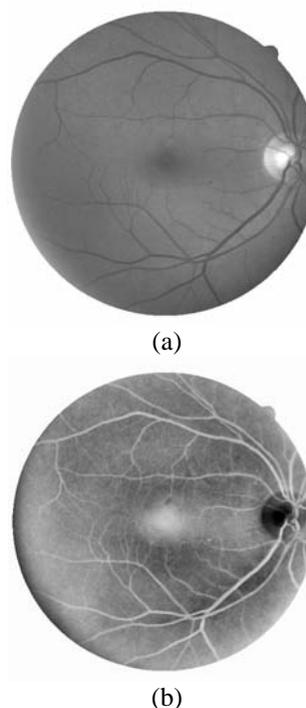
### 3. PERCOBAAN DAN HASIL

Pengujian dilakukan menggunakan citra dalam DRIVE (*Digital Retinal Images for Vessel Extraction*) database, terdiri atas 40 citra retina yang masing-masing berukuran 565x584 pixel. Di dalamnya disertakan juga hasil segmentasi yang dilakukan secara manual oleh *observer*. Hasil observasi manual ini nantinya dipergunakan untuk memperoleh hasil validasi dari metode yang digunakan.

### 3.1 Pre-Processing

Langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan konversi citra menjadi citra *grayscale*. Dalam proses konversi ini, *green channel* dari citra berwarna dipilih karena informasi pembuluh darah dalam citra retina terbanyak disimpan dalam komponen ini. *Noise* dari citra dikurangi dengan menggunakan *median filtering*. Kemudian untuk mempertegas tampilan pembuluh darah, perbaikan *contrast* citra dilakukan dengan menggunakan *Contrast-Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE). Teknik ini bekerja juga pada bagian-bagian kecil pada citra. Setiap *contrast* bagian kecil ditingkatkan menggunakan *histogram equalization*. Hasil perbaikan citra pada tahap ini dapat dilihat pada gambar 5.

Setelah peningkatan *contrast* terhadap citra dilakukan, citra yang akan diproses lebih lanjut adalah hasil komplemennya agar pembuluh darah pada citra memiliki intensitas yang tinggi.

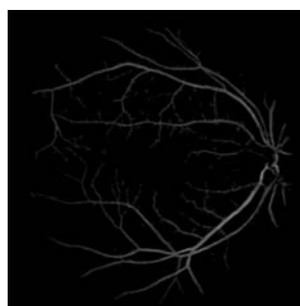


Gambar 5. Citra sebelum (a) dan setelah (b) melalui proses perbaikan *contrast*

### 3.2 Representasi Max-Tree dan Branches Filtering

Citra hasil *pre-processing* kemudian dibangkitkan representasinya dalam Max-Tree dan kemudian difilter menggunakan *Branches Filtering*. Proses pembangkitan representasi citra ini dilakukan dengan memanfaatkan aplikasi oleh Purnama (2007), yang telah dimodifikasi sedemikian rupa untuk dapat melakukan *filtering* menggunakan *Branch filtering* berdasar *Elongation Atributenya* selain intensitasnya pada citra retina.

*Elongation attribute* digunakan untuk melakukan seleksi terhadap *node-node* yang akan disimpan berdasarkan properti panjang maksimal yang dimilikinya. Atribut ini dipilih karena pembuluh darah pada citra hasil *pre-processing* dapat dibedakan selain oleh intensitasnya juga melalui panjangnya. Intensitas tetap digunakan untuk memastikan latar belakang yang merupakan *parent node* dari node terpilih tidak ikut disimpan. Dengan demikian bagian latar belakang dari pembuluh darah yang terpilih dapat diminalkan. Nilai *threshold* dari *elongation attribute* dan intensitas yang digunakan pada proses ini beragam dari citra satu dengan lainnya. Pemilihan nilai *threshold* tersebut masih dilakukan secara manual untuk dapat memperoleh hasil yang terbaik. Gambar 6 menunjukkan hasil dari proses pada tahap ini.



(a)



(b)

Gambar 6. Citra hasil *filtering* (a) dan citra tersebut jika diperkuat intensitasnya (b)

### 3.3 Hasil dan Diskusi

Empat nilai diperoleh dari hasil perbandingan antara citra hasil segmentasi dengan citra segmentasi manual oleh observer ahli, masing-masing adalah *true positive* (TP), *true negative* (TN), *false positive* (FP), dan *false negative* (FN). TP merupakan jumlah pixel yang tepat dideteksi sebagai pixel pembuluh darah, FP merupakan pixel yang secara tidak tepat ditandai sebagai pembuluh darah, TN merepresentasikan jumlah pixel bukan pembuluh darah yang tepat ditandai, serta FN merupakan jumlah pixel bukan pembuluh darah yang ditandai sebagai pembuluh darah.

Keempat nilai tersebut kemudian digunakan untuk melakukan perhitungan akurasi hasil segmentasi berdasarkan formula berikut.

$$ACC = \frac{TP+TN}{TP+FP+FN+1} \quad (1)$$

dimana :

TP = *True Positive*,

TN = *True Negative*,

FP = *False Positive*,

FN = *False Negative*.

Dari percobaan yang dilakukan, akurasi proses segmentasi berdasar observer ahli pertama mencapai rerata hasil 91,04% untuk keseluruhan 40 citra. Sedangkan akurasi metode jika hasil segmentasi berdasar observer ahli kedua mencapai 92,19% untuk 20 citra pada data uji dalam *database*. Persentase akurasi hasil tertinggi dan terendah beserta rerata akurasinya secara keseluruhannya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Rerata akurasi hasil segmentasi

	Terendah (%)	Tertinggi (%)	Rerata (%)
<i>Observer ahli pertama</i>	75,45	93,84	91,04
<i>Observer ahli kedua</i>	88,39	94,64	92,19

Jika dibandingkan dengan beberapa penelitian sebelumnya, maka penelitian ini memberikan hasil yang lebih baik dari sisi rerata akurasi maksimum terhadap beberapa penelitian terdahulu seperti terlihat pada tabel 2. Perbandingan yang dilakukan adalah dengan menggunakan hasil segmentasi dari 20 citra pada data uji saja seperti yang dilakukan oleh penelitian-penelitian lainnya.

Tabel 2. Perbandingan rerata akurasi maksimal

	Rerata Akurasi
<i>2<sup>nd</sup> Observer</i>	0.9473
<b><i>Branches Filtering</i></b>	<b>0.9262</b>
<i>Jiang et al.</i>	0.9212
<i>Martinez-Perez et al.</i>	0.9181
<i>Chauduri et al.</i>	0.8773

Terhadap beberapa hasil penelitian lainnya, penelitian ini memberikan hasil yang masih lebih rendah dalam hal rerata akurasi maksimalnya. Namun metode ini mampu memberikan nilai *true positive rate* atau ketepatan pendeteksian terhadap piksel yang merupakan piksel pembuluh darah jauh berada di atas hasil penelitian lain sebelumnya seperti terlihat pada tabel 3.

Akurasi rendah yang diperoleh cukup dipengaruhi oleh faktor intensitas pada ujung-ujung pembuluh darah yang *contrast* intensitasnya cukup rendah dibandingkan dengan intensitas latarnya. Hal ini yang dapat diperbaiki dengan mengimplementasikan teknik atau metode perbaikan

citra khususnya pada perbaikan *contrast* untuk memperkuat kemunculan bagian pembuluh darah kecil dan memiliki *contrast* intensitas rendah dibandingkan latar belakangnya.

Tabel 3. Perbandingan nilai *true positive rate*

	TPR
<i>2<sup>nd</sup> Observer</i>	0.7763
<b><i>Branches Filtering</i></b>	<b>0.7689</b>
<i>Niemeijer et al.</i>	0.6898
<i>Zana et al.</i>	0.6696
<i>Jiang et al.</i>	0.6478

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan :

1. Rerata akurasi metode segmentasi pembuluh darah pada citra retina menggunakan Max-Tree dengan pendekatan Branches Filtering mencapai hasil 91,04% pada perbandingannya dengan hasil segmentasi manual oleh observer ahli pertama.
2. Akurasi akan mencapai rerata hasil 92,19% pada perbandingannya terhadap hasil segmentasi manual oleh observer ahli kedua.
3. Segmentasi menggunakan metode pada penelitian ini mencapai persentase akurasi terendah 75,45% dan tertinggi 93,84% terhadap observer ahli pertama, sedangkan terendah 88,39% dan tertinggi 94,64% terhadap observer ahli kedua.
4. Metode ini memberikan nilai rerata akurasi maksimum yang lebih tinggi dibandingkan beberapa penelitian sebelumnya. Nilai *true positive rate* sebesar 76,89% merupakan yang tertinggi dibandingkan beberapa penelitian lainnya.

#### PUSTAKA

- Chaudhuri, S., Chatterjee, S., Katz, N., Nelson, M., & Goldbaum M (1989). "Detection of blood vessels in retinal images using two-dimensional matched filters". *IEEE Transactions on Medical Imaging* **8**(3), pp. 263–269.
- Heneghan, C., Flynn, J., O’Keefe, M., & Cahill, M (2002). "Characterization of changes in blood vessel width and tortuosity in retinopathy of prematurity using image analysis". *Medical Image Analysis* **6**, 407-29.
- Jiang, X., & Mojon, D. (2003). "Adaptive local thresholding by verification-based multithreshold probing with application to vessel detection in retinal images". *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* **25**(1), pp. 131–137.
- Martinez-Perez, M., Hughes, A., Stanton, A., Thom, S., Bharath, A., & Parker, K. (1999). "Scale-space analysis for the characterisation of retinal blood vessels", *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention - MICCAI’99*, C. Taylor and A. Colchester, eds., pp. 90–97.

Meijster, A., Westenberg, M. A., & Wilkinson, M. H. F. (2002). "Interactive Shape Preserving Filtering and Visualization of Volumetric Data", *IASTED International Conference Proceedings*, 640-643.

Purnama, K.E, Wilkinson, M.H.F, Veldhuizen, A.G, van-Ooijen, P.M.A, Lubbers, J., Sardjono, T.A, & Verkerke G.J (2007). "Branches Filtering Approach for Max-Tree". *The 2nd International Conference on Computer Vision Theory and Applications*.

Urbach, E.R. & Wilkinson, M. H. F. (2002). "Shape-only granulometries and gray-scale shape filters", *ISMM2002 proceedings*, 305-314.

Zana F dan Klein J (2001). "Segmentation of vessel-like patterns using mathematical morphology and curvature evaluation". *IEEE Transactions on Image Processing* **10**(7), pp. 1010–1019.